

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Βασιλική Σ. Κάζη ΜΕ/0462

Η εργασία υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με  
στόχο την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Σπουδών στη  
Διδακτική της Τεχνολογίας και τα Ψηφιακά Συστήματα

Σεπτέμβριος 2006

*Αφιερώνεται στους γονείς και φίλους μου*

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης στο πεδίο των δικτύων υπολογιστών. Πιο συγκεκριμένα θα μετατρέψουμε το υπάρχον διδακτικό υλικό του μαθήματος Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών, που διδάσκεται στις δύο τελευταίες τάξεις του Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων Η/Υ των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (Τ.Ε.Ε.), σε ηλεκτρονική μορφή μέσω της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class». Αυτό το σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης απευθύνεται στους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και εκεί έγκειται η πρωτοτυπία του. Πρωταρχικός σκοπός του συστήματος είναι η διευκόλυνση των εκπαιδευομένων στο να κατανοούν και να αφομοιώνουν εύκολα, γρήγορα και αποτελεσματικά βασικές αλλά και προχωρημένου επιπέδου έννοιες.

Σήμερα η εκπαίδευση από απόσταση βρίσκεται σε μια αρκετά ώριμη μορφή καθώς διανύει την τέταρτη (ή κατά άλλους πέμπτη) φάση της εξέλιξής της. Η ευρεία χρήση του Διαδικτύου σε συνδυασμό με τους χρονικούς και τοπικούς περιορισμούς που παρουσιάζει η παραδοσιακή μάθηση και η τρέχουσα υποδομή του Web, ευνοούν την αποδοτική και αποτελεσματική εφαρμογή της ηλεκτρονικής μάθησης. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα, η εκπαίδευση από απόσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συμπληρωματική της «πρόσωπο με πρόσωπο» εκπαίδευσης προκειμένου να ικανοποιήσει την ανάγκη των μαθητών για μάθηση οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Αυτή η αυξανόμενη ανάγκη συνετέλεσε στην εισαγωγή μιας μεγάλης ποικιλίας προϊόντων ηλεκτρονικής μάθησης στην αγορά. Κάθε ένα από αυτά παρουσιάζει μια μεγάλη ποικιλία χαρακτηριστικών και υπηρεσιών ανάλογα με την παιδαγωγική προσέγγιση που ακολουθεί για την εξυπηρέτηση των αναγκών των τελικών χρηστών και τις τεχνολογικές λύσεις που υιοθετεί για την υποστήριξη της διαδικασίας μάθησης.

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες διευκολύνει την εισαγωγή νέων υπηρεσιών και λειτουργικοτήτων σε τέτοιες πλατφόρμες, που λίγα χρόνια πριν δε θα μπορούσαμε ούτε να φανταστούμε. Παρόλα αυτά, η δημιουργία και η παράδοση του περιεχομένου θεωρούνται οι δύο κρίσιμοι παράγοντες για κάθε σύστημα παροχής ηλεκτρονικής μάθησης.

Τα περιβάλλοντα ηλεκτρονικής μάθησης αναμένεται σήμερα, περισσότερο από ποτέ, να αναπτύσσονται και να χειρίζονται περιεχόμενο που να μπορεί εύκολα να αναζητηθεί και να ανακτηθεί κατά τη διάρκεια μιας φάσης αυτό-μάθησης, αλλά και να επαναχρησιμοποιηθεί για διαφορετικούς εκπαιδευτικούς σκοπούς. Μια άλλη σημαντική λειτουργικότητα που τα σύγχρονα περιβάλλοντα ηλεκτρονικής μάθησης θα πρέπει να παρουσιάζουν είναι η «παρακολούθηση» των αλληλεπιδράσεων των χρηστών με το περιεχόμενο.

Ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης αποτελεί και η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκαίδευσης «GUnet e-Class» που χρησιμοποιήθηκε, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για τη δημιουργία ηλεκτρονικού υλικού μάθησης. Στόχος της ηλεκτρονικής πλατφόρμας «GUnet e-Class» είναι η παροχή υποδομών εκπαίδευσης και κατάρτισης, ανεξάρτητα από τους περιοριστικούς παράγοντες του χώρου και του χρόνου της κλασικής διδασκαλίας, προσφέροντας στον εκπαιδευόμενο τη δυνατότητα να καθορίζει μόνος του το πρόγραμμα εκπαίδευσής του. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου η πλατφόρμα υποστηρίζει την ηλεκτρονική οργάνωση, αποθήκευση και παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού, που προσφέρεται σήμερα στους εκπαιδευόμενους με παραδοσιακά μέσα (βιβλία, σημειώσεις, κλπ.), σε ψηφιακή μορφή άμεσα προσβάσιμη από το διαδίκτυο Internet.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στον Επίκουρο Καθηγητή κο Παναγιώτη Δεμέστιχα για την επίβλεψη και τη βοήθεια που μου παρείχε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου. Ευχαριστίες επίσης οφείλονται στους συνεξεταστές Καθηγητή κύριο Ιωάννη Παραβάντη και Καθηγήτρια κυρία Φωτεινή Παρασκευά.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στον κύριο Κωνσταντίνο Τσιμπάνη και την κυρία Νίκη Λαμπροπούλου, ειδικοί σχετικά με την πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» για τα δεδομένα που μου κατέστησαν διαθέσιμα.

Τέλος εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου, τον αδελφό μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη και βοήθειά τους σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	- 2 -
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	- 4 -
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	- 5 -
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	- 7 -
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	- 7 -
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	- 7 -
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	- 11 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	- 15 -
Εισαγωγή .....	- 15 -
1.1. Εισαγωγή.....	- 15 -
1.2. Δομή της παρούσας εργασίας .....	- 18 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	- 19 -
2.1. Εισαγωγή.....	- 19 -
2.2. Ηλεκτρονική μάθηση .....	- 20 -
2.3. Πλατφόρμα Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class».....	- 23 -
2.4. Εφαρμογές της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» στην ενδοχώρα.....	- 24 -
2.5. Κριτήρια ελέγχου ποιότητας του συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης της ασύγχρονης εκπαίδευσης από απόσταση (E-Learning) .....	- 27 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	- 35 -
Μεθοδολογική Προσέγγιση.....	- 35 -
3.1. Εισαγωγή.....	- 35 -
3.2. Βήματα ερευνητικής εργασίας .....	- 35 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	- 38 -
Παρουσίαση εκπαιδευτικού υλικού .....	- 38 -
4.1. Εισαγωγή.....	- 38 -
4.2. Ενότητα 1: Εισαγωγή.....	- 38 -
4.3. Ενότητα 2: Υλικό Δικτύων .....	- 51 -
4.4. Ενότητα 3: Λογισμικό Δικτύων .....	- 58 -
4.5. Ενότητα 4: Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων -	80 -
4.6. Ενότητα 5: Μοντέλο αναφοράς TCP/IP .....	- 97 -
4.7. Ενότητα 6: Τεχνολογίες Δικτύων .....	- 115 -
4.8. Ενότητα 7: Εισαγωγή στα τοπικά δίκτυα .....	- 135 -
4.9. Ενότητα 8: Πρότυπα τοπικών δικτύων .....	- 155 -

4.10. Ενότητα 9: Εισαγωγή στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων .....	- 173 -
4.11. Ενότητα 10: Πρότυπα τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων .....	- 186 -
4.12. Ενότητα 11: Εισαγωγή στα δίκτυα ευρείας περιοχής .....	- 200 -
4.13. Ενότητα 12: Πρότυπα δικτύων ευρείας περιοχής .....	- 222 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	- 239 -
Συμπεράσματα .....	- 239 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	- 242 -
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι .....	- 248 -
Λύσεις των ερωτήσεων αυτοαξιολόγησης .....	- 248 -
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ .....	- 301 -
Ασκήσεις τύπου σωστό – λάθος και πολλαπλής επιλογής και οι λύσεις τους..	- 301 -

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πιν. 4.1	Συνδυασμοί ασύρματων δικτύων και υπολογιστικής επεξεργασίας εν κινήσει	Σελ.56
Πιν. 4.2	Συνοπτική σύγκριση προτύπων	Σελ.171
Πιν. 4.3	Συγκριτικοί χρόνοι ρυθμού μετάδοσης και όγκου δεδομένων	Σελ.173
Πιν. 4.4	Πίνακας επίλυσης προτεραιοτήτων στην αυτόματη διαπραγμάτευση	Σελ.195
Πιν. 4.5	Σύγκριση Τοπικών Δικτύων με Ευρείας Περιοχής Δίκτυα	Σελ.201
Πιν. 4.6	Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα τοπολογιών ΔΕΠ	Σελ.203
Πιν. 4.7	Σύγκριση των τεχνικών μεταγωγής στα ΔΕΠ	Σελ.216
Πιν. 4.8	Σύγκριση προτύπων μεταγωγής πλαισίου, Χ.25 και μισθωμένων κυκλωμάτων	Σελ.232

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχ. 4.1	Διαχρονική εξέλιξη υπηρεσιών δικτύων τηλεπικοινωνίας	Σελ.39
Σχ. 4.2	Δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών	Σελ.41
Σχ. 4.3	Δίκτυο επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο	Σελ.43
Σχ. 4.4	Δίκτυο ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής	Σελ.44
Σχ. 4.5	Δίκτυο τοπολογίας διαύλου	Σελ.45
Σχ. 4.6	Δίκτυο τοπολογίας δακτυλίου	Σελ.46
Σχ. 4.7	Δίκτυο τοπολογίας άστρου	Σελ.46
Σχ. 4.8	Δίκτυο τοπολογίας δέντρου	Σελ.47
Σχ. 4.9	Δίκτυο τοπολογίας δικτυωτού	Σελ.47
Σχ. 4.10	Δίκτυο μεικτής τοπολογίας	Σελ.48



Σχ. 4.11	Τοπικό δίκτυο	Σελ.51
Σχ. 4.12	Χρήση μητροπολιτικού δικτύου που παρέχει κοινή πρόσβαση σε δίκτυο ευρείας περιοχής	Σελ.54
Σχ. 4.13	Δίκτυο πέντε επιπέδων	Σελ.59
Σχ. 4.14	Επικοινωνία επιχειρηματιών	Σελ.61
Σχ. 4.15	Η αρχιτεκτονική SNA	Σελ.62
Σχ. 4.16	Η αρχιτεκτονική NetWare	Σελ.63
Σχ. 4.17	Η αρχιτεκτονική AppleTalk	Σελ.64
Σχ. 4.18	Η αρχιτεκτονική DNA	Σελ.65
Σχ. 4.19	Ενθυλάκωση δεδομένων	Σελ.69
Σχ. 4.20	Δίκτυο πέντε επιπέδων (επίπεδα - πρωτόκολλα - διεπαφές)	Σελ.73
Σχ. 4.21	Σημεία πρόσβασης υπηρεσίας	Σελ.74
Σχ. 4.22	Τηλεφωνική επικοινωνία προσανατολισμένη στη σύνδεση	Σελ.76
Σχ. 4.23	Μοντέλο αναφοράς OSI επτά επιπέδων	Σελ.82
Σχ. 4.24	Επικοινωνία σταθμών σε δίκτυο μοντέλου αναφοράς OSI	Σελ.84
Σχ. 4.25	Μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής	Σελ.85
Σχ. 4.26	Τα τέσσερα επίπεδα του TCP/IP	Σελ.97
Σχ. 4.27	Αντιστοίχιση στοιβών TCP/IP και OSI	Σελ.111
Σχ. 4.28	Δίκτυο διασύνδεσης 6 κόμβων που χρησιμοποιεί μόνο απευθείας συνδέσεις	Σελ.116
Σχ. 4.29	Δίκτυο μεταγωγής για την έμμεση διασύνδεση 6 κόμβων	Σελ.116
Σχ. 4.30	Δίκτυο επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο	Σελ.117
Σχ. 4.31	Παράδειγμα δικτύου μεταγωγής κυκλώματος. Η μετάδοση είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση του κυκλώματος μεταγωγής H/Y 6 - K1 - K5 - K4 - H/Y 3, το οποίο παραμένει ενεργό σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας και αποδεσμεύεται με τον τερματισμό της	Σελ.119

- Σχ. 4.32 Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή μηνύματος. Η μετάδοση γίνεται Σελ.121 μέσω της διαδρομής H/Y 1 - K3 - K7 - K6 - H/Y 5 και εναλλακτικά, αν ο κόμβος K 7 δε λειτουργεί, μέσω της διαδρομής H/Y 1 - K3 - K1 - K6 - H/Y 5. Κάθε σύνδεσμος παραμένει ενεργός μόνο κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των κόμβων του
- Σχ. 4.33 Μετάδοση με αποθήκευση και προώθηση. Τα πακέτα αποστέλλονται Σελ.123 συνεχόμενα στο δίκτυο και έτσι μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος μετάδοσης της πληροφορίας
- Σχ. 4.34 Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου Σελ.126
- Σχ. 4.35 Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή νοητού κυκλώματος Σελ.128
- Σχ. 4.36 Το σχολικό τοπικό δίκτυο Σελ.136
- Σχ. 4.37 Ένα τοπικό δίκτυο σε περιβάλλον γραφείου Σελ.137
- Σχ. 4.38 Συνδυασμός τοπικού ενσύρματου δικτύου με τοπικό ασύρματο δίκτυο Σελ.138
- Σχ. 4.39 Τοπολογία διαύλου Σελ.143
- Σχ. 4.40 Τοπολογία δέντρου Σελ.145
- Σχ. 4.41 Τοπολογία δακτυλίου Σελ.146
- Σχ. 4.42 Τοπολογία αστέρα Σελ.148
- Σχ. 4.43 Παράσταση σύγκρουσης στο ασυγχρόνιστο και στο συγχρονισμένο Σελ.157  
ALOHA
- Σχ. 4.44 Παρουσίαση της συμπεριφοράς του ασυγχρόνιστου και του Σελ.159 συγχρονισμένου ALOHA
- Σχ. 4.45 Παραλλαγές του πρωτοκόλλου CSMA Σελ.160
- Σχ. 4.46 Το CSMA/CD μπορεί να βρίσκεται είτε σε κατάσταση αργίας είτε σε Σελ.162 κατάσταση ανταγωνισμού είτε σε κατάσταση μετάδοσης
- Σχ. 4.47 Η αναγνώριση της σύγκρουσης μπορεί να έχει μέγιστη διάρκεια 2τ. Σελ.163  
(α) Τη χρονική στιγμή 0 ο κόμβος A στέλνει ένα πλαίσιο, (β) Το πλαίσιο προσεγγίζει τον κόμβο B σε χρόνο  $\tau - \epsilon$ , (γ) Ακριβώς πριν το πλαίσιο τον κόμβου A φθάσει στον κόμβο B, αυτός αρχίζει τη

μετάδοση του δικού του πλαισίου. Όταν ο κόμβος Β διαπιστώσει ότι έλαβε περισσότερη ισχύ σήματος από αυτήν που έστειλε, αντιλαμβάνεται ότι έχει εμπλακεί σε σύγκρουση, οπότε σταματά τη μετάδοση του και στέλνει αμέσως ένα σήμα θορύβου 48 bits στους άλλους κόμβους, (δ) Το σήμα θορύβου φθάνει στον κόμβο Α σε χρόνο  $2\tau$ , οπότε αυτός σταματά τη μετάδοση του

Σχ. 4.48	Πρότυπο IEEE 802.4 - Token Passing Bus (α)	Σελ.167
Σχ. 4.49	Πρότυπο IEEE 802.4 - Token Passing Bus (β)	Σελ.167
Σχ. 4.50	(α) Κατάσταση ακρόασης, (β) Κατάσταση μετάδοσης	Σελ.170
Σχ. 4.51	Παράδειγμα τοπικού δικτύου υψηλών επιδόσεων (δίκτυο Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών)	Σελ.175
Σχ. 4.52	Παράδειγμα ενδοδικτύου	Σελ.181
Σχ. 4.53	Σε τοπολογία δακτυλίου χωρίς συλλέκτες ένας κόμβος απέχει από τον επόμενο του 2km το πολύ, με αποτέλεσμα ο πρώτος να απέχει, για παράδειγμα, από τον πέμπτο 10 km. Σε τοπολογία δακτυλίου με συλλέκτες όσοι κόμβοι δε βρίσκονται επάνω στον κύριο δακτύλιο θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους απόσταση 2 km	Σελ.187
Σχ. 4.54	Τα στοιχεία ενός δικτύου FDDI-I	Σελ.188
Σχ. 4.55	Αρχιτεκτονική του FDDI-I	Σελ.191
Σχ. 4.56	Αρχιτεκτονική του FDDI-II	Σελ.192
Σχ. 4.57	Οι τρεις τύποι φυσικού μέσου για το πρότυπο 100 Mbps Ethernet	Σελ.194
Σχ. 4.58	Σχεδιάγραμμα μιας 100 Mbps δικτυακής σύνδεσης	Σελ.196
Σχ. 4.59	Υποδίκτυα σύγκρουσης, επαναλήπτες και γέφυρες πολλών θυρών	Σελ.199
Σχ. 4.60	Κανάλια βασικού (α) και πρωτεύοντος (β) ρυθμού	Σελ.205
Σχ. 4.61	Τοπολογία ομότιμου δικτύου	Σελ.206
Σχ. 4.62	Τοπολογία δακτυλίου	Σελ.208
Σχ. 4.63	Τοπολογία άστρου	Σελ.209

Σχ. 4.64	Πλήρως συνεκτική τοπολογία (δικτυωτό)	Σελ.211
Σχ. 4.65	Μερικώς συνεκτική τοπολογία	Σελ.212
Σχ. 4.66	Δίκτυο μεταγωγής	Σελ.214
Σχ. 4.67	Αντιστοιχία ανάμεσα στις τεχνικές των ΔΕΠ και το μοντέλο αναφοράς OSI	Σελ.217
Σχ. 4.68	Τυπικό πρωτόκολλο HSSI	Σελ.219
Σχ. 4.69	Το περιβάλλον του προτύπου ISDN	Σελ.220
Σχ. 4.70	Το περιβάλλον του προτύπου PPP	Σελ.220
Σχ. 4.71	Ένα τυπικό δίκτυο X.25	Σελ.224
Σχ. 4.72	Η δομή του προτύπου X.25	Σελ.226
Σχ. 4.73	Ιδιωτικό δίκτυο μεταγωγής πλαισίου	Σελ.228
Σχ. 4.74	Δημόσιο δίκτυο μεταγωγής πλαισίου	Σελ.228
Σχ. 4.75	Δομή πλαισίου μεταγωγής	Σελ.229
Σχ. 4.76	Η λειτουργία της μεταγωγής πλαισίου	Σελ.231

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

### Λατινικές

ALSs	Acknowledged ConnectionLess Services
ARP	Address Resolution Protocol
ASN-1	Abstract Syntax Notation-One
APDU	Application Protocol Data Unit
CDDI	Cable Distributed Data Interface
CLSs	ConnectionLess Services

COSs	Connection Oriented Services
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DCE	Data Circuit Terminating Equipment
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DLPDU	Data Link Protocol Data Unit
DNS	Domain Name System
DQDB	Distributed Queue Dual Bus
DTE	Data Terminal Equipment
EIA/TIA	Electronic Industries Association και Telecommunications Industries Association
FCS	Frame Check Sequence
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FR	Frame Relay
FTP	File Transfer Protocol
H-MUX	Hybrid MUltipleXer
HRC	Hybrid Ring Control
HSSI	High Speed Serial Interface
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ICI	Interface Control Information
ICMP	Internet Control Messaging Protocol
I-MAC	Isochronous Media Access Control

IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standards Organization
ITU	International Telecommunications Union
LAN	Local Area Networks
LLC	Logical Link Control
MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Networks
MDI	Medium Dependent Interface
MII	Media Independent Interface
NPDU	Network Protocol Data Unit
NVT	Network Virtual Terminal
OSI	Open Systems Interconnection
PAD	Packet Assembler – Disassembler
PAU	Portable Access Unit
PCI	Protocol Control Information
PDA	Personal Digital Assistants
PDU	Protocol Data Unit
PHY	PHYSical Layer Device
PMD	Physical sublayer Medium Dependent
PPCI	Presentation Protocol Control Information
PPDU	Physical Protocol Data Unit
PPDU	Presentetion Protocol Data Unit
PVCs	Permanent Virtual Circuits
RARP	Reverse Address Resolution Protocol

RIP	Router Information Protocol
RSA	Rivest-Shamir-Adlerman
SAPs	Service Access Protocol
SDLC	Synchronous Data Link Control
S-HTTP	Secure HTTP
SMDS	Switched Multimegabit Data Service
SMT	Station Management
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNA	System Network Architecture
SONET	Synchronous Optical NETWORK
SPDU	Session Protocol Data Unit
SSL	Secure Sockets Layer
SVCs	Switched Virtual Circuits
TCP	Transmission Control Protocol
TPDDI	Twisted-Pair Distributed Data Interface
TPDU	Transport Protocol Data Unit
UDP	User Datagram Protocol
VSAT	Very Small Aperture Terminals
WAN	Wide Area Networks

### **Ελληνικές**

ΔΕΠ	Δίκτυα Ευρείας Περιοχής
-----	-------------------------

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή

### 1.1. Εισαγωγή

Το διαδίκτυο μπορεί να καταστήσει τη μάθηση πιο προσιτή και να τη βελτιώσει ποιοτικά κυρίως με βάση τις νέες επικοινωνιακές διαδικασίες που αναπτύσσονται. (Owston, 1997). Στη σύγχρονη Κοινωνία της Πληροφορίας (ΚτΠ), εντούτοις, καθώς τα εκπαιδευτικά ιδρύματα προσπαθούν να ικανοποιήσουν την απαίτηση για ασύγχρονη μάθηση, η ποιότητα της συχνά ποικίλλει. Πολλά εξ αποστάσεως συστήματα τηλεκαίδευσης αλλά και μαθήματα που προσφέρονται μέσω αυτών των συστημάτων εστιάζουν την προσοχή τους στην παρουσίαση μονάχα του περιεχομένου παρέχοντας ελάχιστες ευκαιρίες για αλληλεπιδράσεις και ενεργητική μάθηση. Γενικά, η ασύγχρονη μάθηση έχει συχνά τη δυνατότητα να παρέχει στους μαθητές την πρόσβαση στις ενημερωμένες πληροφορίες οπουδήποτε και οποτεδήποτε και να προωθεί την ανεξάρτητη μάθηση αλλά και να διευρύνει τη δυνατότητά τους να προσαρμόζονται δυναμικά και με κριτικό τρόπο στις συνεχείς αλλαγές που λαμβάνουν χώρα σ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. (Αναστασιάδης, 2004).

Αναμφισβήτητο γεγονός αποτελεί, παράλληλα, και η ραγδαία ανάπτυξη και εφαρμογή των δικτύων δεδομένων παγκοσμίως δημιουργώντας ζήτηση για εξειδικευμένο προσωπικό από την αγορά εργασίας. (Αδαμόπουλος, 2005).

Στην προσέγγιση του ηλεκτρονικού περιεχομένου ως στοιχείου που συνδιαμορφώνει το διδακτικό περιβάλλον στην ασύγχρονη μάθηση σε αντιδιαστολή από την αντιμετώπισή του ως προκατασκευασμένο υλικό επικεντρώνεται τελευταία το θεωρητικό και ερευνητικό ενδιαφέρον πολλών εκπαιδευτικών και ερευνητών. Το παιδαγωγικό υλικό αποτελεί το μέσο επικοινωνίας που κατασκευάζει το μήνυμα, δηλαδή την επιστημονική γνώση αλλά διαμορφώνει επίσης το δέκτη, δηλαδή το μαθητή αν καταφύγουμε στους δύο αυτούς συμβατικούς και διακριτούς ταυτόχρονα εκπαιδευτικούς ρόλους. (Kalogiannakis, 2004).

Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα προσωπικά μου ενδιαφέροντα σχετικά με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης στο χώρο των



δικτύων υπολογιστών, αποτέλεσε το κίνητρο για την πραγματοποίηση της παρούσας έρευνας.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μετατροπή του υπάρχοντος διδακτικού υλικού του μαθήματος Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών, που διδάσκεται στις δύο τελευταίες τάξεις του Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων Η/Υ των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (Τ.Ε.Ε.), σε ηλεκτρονική μορφή μέσω της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» για τη διευκόλυνση δασκάλων και εκπαιδευτών στο να δημιουργούν, εύκολα, αντικείμενα μάθησης προκειμένου να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των εξ αποστάσεως μαθητών τους. Πρέπει να επισημάνουμε ότι αυτό το βιβλίο χωρίζεται σε δύο μέρη, αυτό της μετάδοσης των δεδομένων και αυτό των δικτύων υπολογιστών. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα ασχοληθούμε μόνο με το μέρος των δικτύων υπολογιστών και θα θεωρήσουμε ότι το μέρος της μετάδοσης των δεδομένων έχει ήδη διδαχθεί στους μαθητές. Αυτό γίνεται γιατί ήταν αδύνατη η μετατροπή ενός τόσο εκτενούς μαθήματος σε ηλεκτρονική μορφή.

Βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη της εφαρμογής αποτέλεσε η ευρεία εξάπλωση του Internet σε συνδυασμό με την τρέχουσα υποδομή του Παγκόσμιου Ιστού Πληροφοριών, αλλά και τους τοπικούς και χρονικούς περιορισμούς που συνεπάγεται η παραδοσιακή μάθηση. Οι παράγοντες αυτοί ευνοούν την αποδοτική και αποτελεσματική εφαρμογή ηλεκτρονικής μάθησης για την ικανοποίηση της ανάγκης των μαθητών για οποτεδήποτε και οπουδήποτε μάθησης. Αυτή η αυξανόμενη ανάγκη συνετέλεσε στη δημιουργία μιας μεγάλης ποικιλίας προϊόντων ηλεκτρονικής μάθησης, καθένα από τα οποία επιδεικνύει διαφορετικά χαρακτηριστικά ανάλογα με τις ανάγκες των τελικών χρηστών. Παρόλα αυτά, η δημιουργία και η παράδοση του περιεχομένου παραμένουν οι δύο σημαντικότεροι παράγοντες για κάθε σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης. (Νάνη, 2004). Σκοπός μας είναι η μετατροπή του διδακτικού υλικού σε ηλεκτρονική μορφή έτσι ώστε το εκπαιδευτικό υλικό να προκαλεί το ενδιαφέρον του εκπαιδευόμενου και κατά συνέπεια να πραγματοποιείται η κατανόηση και η αφομοίωση του εκπαιδευτικού υλικού με έναν εύκολο, γρήγορο και ευχάριστο τρόπο.

Ωστόσο, πρέπει να αναφέρουμε τους λόγους για τους οποίους επιλέξαμε το συγκεκριμένο μάθημα και επιπρόσθετα τη συγκεκριμένη πλατφόρμα.

Οι λόγοι επιλογής του συγκεκριμένου μαθήματος ήταν οι ακόλουθοι:

- ✓ Η ραγδαία ανάπτυξη και εφαρμογή των δικτύων δεδομένων παγκοσμίως, δημιουργώντας ζήτηση για εξειδικευμένο προσωπικό από την αγορά εργασίας. (Αδαμόπουλος, 2005).
- ✓ Το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο δεν καλύπτεται επαρκώς από τη σχετική βιβλιογραφία της διδακτικής. Οι περισσότερες μελέτες αφορούν στον προγραμματισμό και στην αξιοποίηση των υπηρεσιών του Διαδικτύου. (Αδαμόπουλος, 2005).
- ✓ Η δυσκολία προσέγγισης εξειδικευμένων θεμάτων, όπως είναι, για παράδειγμα, η «Διαχείριση Δικτύων Ευρείας Περιοχής». (Αδαμόπουλος, 2005).
- ✓ Το μάθημα θεωρείται βασικό στην Τεχνική & Επαγγελματική Εκπαίδευση αφού διδάσκεται σε δύο σχολικά έτη και αποτελεί το πανελλαδικώς εξεταζόμενο μάθημα ειδικότητας για την εισαγωγή των αποφοίτων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. (Αδαμόπουλος, 2005).

Οι λόγοι επιλογής της συγκεκριμένης πλατφόρμας (e-class) ήταν οι εξής:

- ✓ Ο προσανατολισμός της πλατφόρμας στην ενίσχυση και υποστήριξη της εκπαιδευτικής δραστηριότητας και όχι στην αντικατάστασή της.
- ✓ Ο εκπαιδευτικός κατέχει τον κεντρικό ρόλο.
- ✓ Η ευκολία χρήσης του.
- ✓ Η προσαρμοστικότητα στις απαιτήσεις.
- ✓ Η ευελιξία του.
- ✓ Η ευκολία αναβάθμισης, επέκτασης και η έμμεση υποστήριξη προτύπων μαθησιακών αντικειμένων.
- ✓ Η αδυναμία στο υψηλό κόστος εγκατάστασης, αδειών χρήσης και συντήρησης εμπορικών πλατφόρμων ασύγχρονης εκπαίδευσης, ενδυνάμωσε την απόφασή μας να χρησιμοποιήσουμε μια πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού.

## 1.2. Δομή της παρούσας εργασίας

Η εργασία δομείται σε κεφάλαια ως εξής:

- ✓ Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται αρχικά μια εισαγωγή στην έννοια της ασύγχρονης μάθησης από απόσταση (e-learning). Πιο συγκεκριμένα, μέσα από έρευνες θα αναφερθούμε στη σπουδαιότητα αυτού του τρόπου διδασκαλίας στη σημερινή εποχή και στο κατά πόσο χρησιμοποιείται αυτός ο τρόπος μάθησης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Κατόπιν, θα παραθέσουμε κάποιες πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» παρουσιάζοντας τα βασικά χαρακτηριστικά της. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε σε μια σειρά από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην ενδοχώρα σχετικά με τη χρησιμοποίηση αυτής της πλατφόρμας για την ανάπτυξη ηλεκτρονικών μαθημάτων σε διάφορα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Τέλος, θα αναφερθούμε στα κριτήρια ελέγχου ποιότητας του συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης της ασύγχρονης εκπαίδευσης από απόσταση.
- ✓ Στο Κεφάλαιο 3, θα παρουσιάσουμε τα σημαντικότερα βήματα που ακολουθούνται στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας.
- ✓ Στο Κεφάλαιο 4, το οποίο το χωρίζουμε σε δώδεκα ενότητες, γίνεται η παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού, αναλυτικά, το οποίο έχει καταχωρηθεί στην πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class».
- ✓ Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα.
- ✓ Στο Παράρτημα Ι παρουσιάζεται ο τρόπος επίλυσης των ερωτήσεων αυτοαξιολόγησης που υπάρχουν μέσα σε κάθε ενότητα για τη βοήθεια κατανόησης του διδακτικού υλικού από το μαθητή.
- ✓ Στο Παράρτημα ΙΙ παρουσιάζονται οι ασκήσεις τύπου σωστό – λάθος και πολλαπλής επιλογής καθώς και οι λύσεις τους που υπάρχουν μέσα στην πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» και συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση και αφομοίωση βασικών αλλά και προχωρημένων εννοιών από τους μαθητές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Βιβλιογραφική Επισκόπηση

#### 2.1. Εισαγωγή

Δεδομένου ότι αενάως η μάθηση συντελείται πάντα και με διάφορους τρόπους, αυτό που αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις μέρες μας, είναι η προσαρμογή της εκπαιδευτικής διαδικασίας στη σύγχρονη πραγματικότητα των νέων συνθηκών, που υπαγορεύονται από την κοινωνία της πληροφορίας, την ενωμένη Ευρώπη και την παγκοσμιοποιημένη αγορά. Αναμφισβήτητα, και κυρίως με την συνδρομή των νέων τεχνολογιών, η εκπαίδευση ολοένα και περισσότερο αποϊδρυματοποιείται. (Σταχτέας, 2005).

Αναλογιζόμενοι την επίδραση της νέας τεχνολογίας στην εκπαίδευση, διαπιστώνουμε ότι προβάλλει μια εικόνα βάσει της οποίας η λεγόμενη πληροφορική αγορά είναι έτοιμη να λειτουργήσει με σκοπό τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας αυξάνοντας και επαυξάνοντας, μάλλον, παρά αντικαθιστώντας τους τρόπους διδασκαλίας και μάθησης που απαιτούν φυσική αμεσότητα (Δερτούζος, 1998). Και αυτό συμβαίνει όχι μόνο γιατί οι νέες τεχνολογίες μπορούν, υπό συνθήκες, να βελτιώσουν τη μαθησιακή διαδικασία ή να ενισχύσουν τη διδακτική πρακτική, αλλά και διότι είναι δυνατό να εγκαινιάσουν μιας νέας μορφής εκπαίδευσης μαθητών, προσφιλή και ευέλικτη, που θα λειτουργήσει ανατροφοδοτικά και θα συμβάλει αποφασιστικά στην αύξηση της παραγωγικότητας της εκπαίδευσης των μαθητών.

Η δημιουργική επίδραση των νέων τεχνολογιών (συχνά αποκαλούνται τεχνολογίες της πληροφορίας και επικοινωνίας) στην ισχυροποίηση της εκπαίδευσης των μαθητών, οφείλεται τόσο στη χρήση επιτυχημένου διαδραστικού εκπαιδευτικού λογισμικού όσο και στη χρήση της τηλεεκπαίδευσης. Παρακάτω θα αναφερθούμε στη σπουδαιότητα της τηλεεκπαίδευσης ή αλλιώς ασύγχρονης μάθησης από απόσταση (e-learning) στη σημερινή εποχή αλλά και στα βασικά χαρακτηριστικά που διαθέτει η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class», που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, προκειμένου να πραγματοποιείται επιτυχώς η εκπαιδευτική διαδικασία.

## 2.2. Ηλεκτρονική μάθηση

Η ηλεκτρονική μάθηση ή όπως αλλιώς αναφέρεται ως ασύγχρονη μάθηση από απόσταση είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα για το σχεδιασμό, τη μεταφορά και τη διαχείριση προγραμμάτων εκπαίδευσης με χρήση προηγμένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. (Βαζέος και Τσιντήλας, 1997· Σταχτέας, 2005).

Στην ουσία, ηλεκτρονική μάθηση ή ασύγχρονη μάθηση από απόσταση ή τηλεεκπαίδευση ονομάζουμε την παροχή διδακτικών και συμβουλευτικών υπηρεσιών, με τη βοήθεια της δικτυακής τεχνολογίας, από ένα κέντρο στο οποίο εδρεύει κάποιος φορέας παροχής εκπαιδευτικού προϊόντος προς μία περιφέρεια που συναποτελείται από μία ομάδα ατόμων που ενδιαφέρονται για το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό προϊόν. (Σταχτέας, 2002).

Η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση επιτρέπει στους οργανισμούς να προσφέρουν εκπαίδευση σε απομακρυσμένους χρήστες που βρίσκονται οπουδήποτε στον κόσμο. Οι μαθητές μπορούν να επικοινωνούν τόσο με τους εκπαιδευτές όσο και με τους άλλους μαθητές. Η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση ή τηλεεκπαίδευση, αναγνωρίζεται ευρέως ως το κλειδί για την παροχή περισσότερης εκπαίδευσης σε περισσότερους ανθρώπους, σε περισσότερα ζητήματα, με πολύ πιο αποδοτικό τρόπο και μάλιστα με πολύ πιο οικονομικό τρόπο. Κάθε οργανισμός που θέλει να είναι ανταγωνιστικός, χρειάζεται το προσωπικό του να μαθαίνει γρήγορα αλλά και να ενημερώνεται συνεχώς για τις νέες εξελίξεις. Στην έννοια του οργανισμού μπορούν να συμπεριληφθούν τόσο εταιρείες όσο και εκπαιδευτικά ιδρύματα. Με τη χρήση της ασύγχρονης μάθησης από απόσταση οι μαθητές δε θα πρέπει να μετακινούνται σε κάποιες «αίθουσες διδασκαλίας», αλλά θα μπορούν μέσω ενός πληροφοριακού συστήματος τηλεεκπαίδευσης να έχουν πρόσβαση στη ζητούμενη πληροφορία όταν τη χρειάζονται και στη μορφή που είναι βολική για αυτούς. (Βαζέος και Τσιντήλας, 1997· Σταχτέας, 2005).

Πρέπει να επισημάνουμε ότι η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση (e-learning) καταρρίπτει τοπικούς και χρονικούς φραγμούς, παρέχει πρόσβαση στην εκπαίδευση από οποιονδήποτε, επιτρέπει διάφορα υπόβαθρα και καθιστά ικανή τη διεθνοποίηση της μάθησης. (Νάνη, 2004).

Η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών καθώς και εκπαιδευτών. Είναι κοινός τόπος ότι έχει διεξαχθεί ένας μεγάλος αριθμός ερευνών σχετικά με το κατά πόσο αποτελεσματική είναι η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση, πού εφαρμόζεται (σε σχολικό, προπτυχιακό ή μεταπτυχιακό επίπεδο σπουδών), σε ποια γνωστικά πεδία (ιατρικές επιστήμες, θετικές επιστήμες, θεωρητικές επιστήμες, τεχνικού επιπέδου επιστήμες), ποιες είναι οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών αλλά και των μαθητών και ποιες οι επιδόσεις των τελευταίων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν, από την πλειοψηφία των ερευνών, αφορούν στη θετική στάση τόσο των καθηγητών όσο και των μαθητών για αυτή τη νέα μορφή εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ακολούθως, θα αναφερθούμε σε μερικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό να αποδείξουμε όσα ελέγχθησαν παραπάνω.

Η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση είναι σχετικά καινούργια μέθοδος διδασκαλίας σε σχολικό επίπεδο. Στο εξωτερικό, έχουν διεξαχθεί έρευνες είτε πραγματοποιώντας πειραματικές μελέτες είτε αντλώντας πληροφοριακό υλικό από καθηγητές μέσω συνεντεύξεων είτε συμπληρώνοντας ερωτηματολόγια οι μαθητές και οι καθηγητές καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι παρά τις δυσκολίες που υπάρχουν ο νέος τρόπος μάθησης είναι αποτελεσματικός. Πιο συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν ότι η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση είναι αποτελεσματική όταν χρησιμοποιείται συμπληρωματικά της παραδοσιακής μάθησης. Επισημαίνεται όμως, ότι για να λειτουργήσει αποτελεσματικά πρέπει οι εκπαιδευτικοί να έχουν προετοιμαστεί κατάλληλα και να έχουν βελτιώσει τις δεξιότητές τους όσον αφορά την τεχνολογία. Επίσης, θα πρέπει να παρέχεται στους μαθητές η κατάλληλη υποστήριξη τόσο σε ψυχολογικό επίπεδο (μέσω της συνεχής ανατροφοδότησης) όσο και σε τεχνικό επίπεδο. Το e-learning δηλαδή δε θα αντικαταστήσει τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας αλλά θα τον ενισχύσει. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού θα είναι αυτός του διευκολυντή. (Muirhead, 2000· Education Review Office, 2005· Zhang et al., 2004· Burgess και Strong, 2003).

Η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (τόσο σε προπτυχιακό όσο και σε μεταπτυχιακό επίπεδο) είναι αρκετά ανεπτυγμένη και εφαρμόζεται σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα όχι μόνο ως συμπληρωματικό μέσο αλλά και ως βασικό μέσο υλοποίησης του μαθήματος. Φυσικά, πρέπει να

επισημάνουμε ότι και σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν κάποιοι κρίσιμοι παράγοντες προκειμένου η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση να εφαρμόζεται αποτελεσματικά.

Οι σημαντικότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι η τεχνολογία, ο ρόλος του εκπαιδευτικού και η προηγούμενη εμπειρία των μαθητών με την τεχνολογία. Πιο συγκεκριμένα, η σωστή κατάρτιση των εκπαιδευτών τόσο με τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες όσο και με τη νέα φιλοσοφία που εισάγει στο χώρο της εκπαίδευσης η τηλεεκπαίδευση είναι ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες καθώς και η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία δηλαδή η ποιότητά της, η αξιοπιστία της και το φιλικό περιβάλλον που παρέχει στους μαθητές. Δεν πρέπει να παραλείψουμε τον αποφασιστικό παράγοντα που διαδραματίζουν τα χαρακτηριστικά των μαθητών και οι σχέσεις τους με την τεχνολογία στην αποτελεσματική χρήση του ασύγχρονου τρόπου μάθησης. (Lord και Volery, 2000).

Συμπερασματικά, αξίζει να αναφέρουμε ότι από την πλειοψηφία των ερευνών διαφαίνεται ότι η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση αποφέρει θετικά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται ως βοηθητικό μαθησιακό «εργαλείο» στην τριτοβάθμια εκπαίδευση όπως και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. (Liaw et al., 2006· Lee και Pituch, 2004). Μελλοντικά, η ασύγχρονη μάθηση από απόσταση θα εξελιχθεί με ταχείς ρυθμούς σε όλα τα επίπεδα (σχολικό, προπτυχιακό, μεταπτυχιακό) λαμβάνοντας υπόψη της τους κρίσιμους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω, επιφέροντας θετικά αποτελέσματα στη διαδικασία της μάθησης. (Edelson, 2004).

### 2.3. Πλατφόρμα Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class»

Η ηλεκτρονική πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» υποστηρίζει τις υπηρεσίες ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα τόσο σε προπτυχιακό όσο και σε μεταπτυχιακό επίπεδο. Ειδικότερα, υποστηρίζει την ηλεκτρονική οργάνωση, αποθήκευση και παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού, που προσφέρεται σήμερα στους εκπαιδευόμενους με παραδοσιακά μέσα (βιβλία, σημειώσεις, κλπ.), σε ψηφιακή μορφή άμεσα προσβάσιμη από το διαδίκτυο Internet.

Η πλατφόρμα είναι σχεδιασμένη με προσανατολισμό την ενίσχυση και υποστήριξη της εκπαιδευτικής δραστηριότητας και σε καμία περίπτωση την αντικατάστασή της. Στη βάση της φιλοσοφίας δεν βρίσκουν πρόσφορο έδαφος επιστημονικές αντιρρήσεις που διατυπώνονται κατά καιρούς και αφορούν την εξατομικευμένη διδασκαλία που διεξάγεται αποκλειστικά μέσω του υπολογιστή.

Οι ρόλοι των χρηστών που υποστηρίζει η πλατφόρμα είναι τρεις. Κεντρικός ρόλος είναι αυτός του καθηγητή ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών μαθημάτων. Μπορεί να εγγράψει/διαγράψει σε ένα μάθημα χρήστες - εκπαιδευόμενους, να εισάγει το ψηφιακό υλικό του μαθήματος (κείμενα, εικόνες, παρουσιάσεις, video, κλπ.), να δημιουργήσει ομάδες συζητήσεων, εργασίες για τους φοιτητές και κυρίως, ασκήσεις αυτό-αξιολόγησης. Από την άλλη πλευρά, ο χρήστης - εκπαιδευόμενος μπορεί να εγγραφεί σε όσα μαθήματα του επιτρέπεται, να μελετήσει το ψηφιακό υλικό, να συμμετάσχει σε ομάδες συζητήσεων και να επιλύει τις ασκήσεις αυτό-αξιολόγησης του. Τέλος, την εποπτεία όλης της πλατφόρμας έχει ο διαχειριστής, που δημιουργεί τους λογαριασμούς των καθηγητών, παρακολουθεί και διαχειρίζεται τη μηχανή που φιλοξενεί την πλατφόρμα, παρακολουθεί και διαχειρίζεται τη βάση δεδομένων, διαχειρίζεται τα μαθήματα όλων των καθηγητών, διαχειρίζεται τους λογαριασμούς όλων των χρηστών και ανανεώνει τα μαθήματα (ανά εξάμηνο).

Ισάριθμες είναι και οι κατηγορίες μαθημάτων που υποστηρίζονται. Πρόκειται για τα «ανοικτά» μαθήματα στα οποία μπορεί να έχει πρόσβαση ένας χρήστης ακόμα κι αν δεν έχει δικό του λογαριασμό στην πλατφόρμα, τα «ανοικτά σε εγγραφή μαθήματα» στα οποία μπορεί να έχει πρόσβαση ένας χρήστης μόνο αν έχει λογαριασμό στην



πλατφόρμα και τα «κλειστά» μαθήματα στα οποία δεν μπορεί να εγγραφεί ένας χρήστης ακόμα κι αν έχει λογαριασμό στην πλατφόρμα. Στην τελευταία περίπτωση πρόσβαση στα μαθήματα αυτά έχουν χρήστες που εγγράφηκαν όταν το μάθημα ήταν σε άλλη κατάσταση (ανοικτό, ανοικτό σε εγγραφή) ή εγγράφηκαν από τον ίδιο τον καθηγητή.

#### **2.4. Εφαρμογές της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class» στην ενδοχώρα**

Η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class» χρησιμοποιείται ευρέως στη χώρα μας στην πλειοψηφία των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων τόσο σε προπτυχιακό όσο και σε μεταπτυχιακό επίπεδο. Η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class» δημιουργήθηκε το 2003 σε συνεργασία με το «Gunet» και στον αρχικό του σχεδιασμό βασίστηκε στο ανοικτό λογισμικό σύστημα classroom online του Καθολικού Πανεπιστημίου του Λουβαίν. Αυτή η πλατφόρμα εφαρμόζεται σε 720 μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών και έχει 16.346 χρήστες συμπεριλαμβανομένου καθηγητές και φοιτητές. Επίσης, η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class» χρησιμοποιείται σε προπτυχιακό και σε μεταπτυχιακό επίπεδο όχι ως βασικό μέσο αλλά ως συμπληρωματικό μέσο υλοποίησης του μαθήματος. (Τσιμπάνης, 2006).

Από μια καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης που επικρατεί στην ενδοχώρα καταγράψαμε ότι η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class» χρησιμοποιείται στο Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, στο Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο Πανεπιστήμιο Πειραιά, στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου, στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο Πανεπιστήμιο Πάτρας καθώς και σε τεχνολογικά εκπαιδευτικά ιδρύματα όπως της Αθήνας, της Πάτρας, της Κρήτης, της Ηπείρου, της Μακεδονίας, της Λαμίας, του Μεσολογγίου και της Καλαμάτας.

Επιπρόσθετα, έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες έρευνες στο τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα της Κρήτης, της Ηπείρου καθώς και στο Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών σχετικά με την αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας

ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» και έχουν ρωτηθεί τόσο οι καθηγητές όσο και οι φοιτητές.

Πιο συγκεκριμένα, στο Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «e-Class» ενσωματώθηκε στην εκπαιδευτική διαδικασία των εργαστηρίων του μαθήματος «Βάσεις και Διαχείριση Δεδομένων» ώστε να εμπλουτίσει την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας αναπτύσσοντας αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ διδασκόντων, φοιτητών και εκπαιδευτικού υλικού. Επισήμαναν ότι οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποίησαν την πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «e-Class» ήταν για να προβάλλουν ένα νέο, πολυμορφικό εκπαιδευτικό υλικό σε ηλεκτρονική μορφή, το οποίο θα καθοδηγεί τους φοιτητές στη μελέτη τους εντός και εκτός εργαστηρίων και στην απόκτηση συγκεκριμένων δεξιοτήτων αλλά και για να πετύχουν μια οργάνωση μαθήματος τέτοια ώστε να εξασφαλίσουν την επικοινωνία μεταξύ των φοιτητών αλλά και με τους διδάσκοντες για ανταλλαγή απόψεων, συνεργασία και καθοδήγηση για επίλυση αποριών. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά τόσο από την πλευρά των διδασκόντων όσο και από τη πλευρά των φοιτητών. Και οι δύο προσαρμόστηκαν εύκολα σε αυτό το νέο εργαλείο διδασκαλίας. Ο διδάσκων έχει το ρόλο του τηλεσυμβούλου και είναι ο υποκινητής της γνώσης, αξιολογεί, ανατροφοδοτεί και δίνει οδηγίες για περαιτέρω διερεύνηση από τους φοιτητές. Οι φοιτητές από την άλλη, δραστηριοποιούνται, συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης όμως φαίνονται λίγο διστακτικοί στο να αξιοποιήσουν πλήρως όλα τα εργαλεία της πλατφόρμας. (Λεβεντίδης et al., 2005).

Το Τμήμα Τηλεπληροφορικής και Διοίκησης του τεχνολογικού εκπαιδευτικού ιδρύματος Ηπείρου παρέχει υπηρεσίες ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης σε επιλεγμένες φάσεις των δραστηριοτήτων του. Στο μάθημα «Διαχείρισης Δικτύων» 151 σπουδαστές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, εκ των οποίων η μία έκανε χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου υλικού μέσω της πλατφόρμας «e-Class». Στην συνέχεια με την βοήθεια ενός ερωτηματολογίου αναζητήθηκαν οι απόψεις των εκπαιδευομένων για τις διαδικτυακές υπηρεσίες του Τμήματος και διερευνήθηκε η προστιθέμενη αξία τους στις τελικές επιδόσεις κάθε ομάδας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των απαντήσεων εμφάνισαν θετική στάση και διάθεση επανάληψης συμμετοχής σπουδαστών σε παρόμοια εγχειρήματα, ενώ οι μέσες τιμές στις βαθμολογίες των τελικών εξετάσεων παρουσίασαν μικρή διαφοροποίηση στις

επιδόσεις εκείνων που ενεπλάκησαν ενεργά στην ασύγχρονη τηλεκαίδευση. Όπως γίνεται αντιληπτό λοιπόν και σε αυτή την περίπτωση η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκαίδευσης «e-Class» επέφερε θετικά αποτελέσματα στον τρόπο εκμάθησης των εκπαιδευομένων. (Γιαννέλου et al., 2005).

Στο τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα της Κρήτης έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες σχετικά με τη χρήση της πλατφόρμας «e-Class» και την αποτελεσματικότητά της στην εκμάθηση των φοιτητών. Ειδικότερα, πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και διερευνούν το ρόλο των εκπαιδευτικών σε ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης καθώς και τη στάση των φοιτητών καθώς επίσης και κατά πόσο η ασύγχρονη εκπαίδευση αποτελεί βασικό ή συμπληρωματικό μέσο υλοποίησης του μαθήματος. Τα βασικά μεθοδολογικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι τα ερωτηματολόγια και οι συνεντεύξεις που απευθύνονται στους χρήστες της ασύγχρονης εκπαίδευσης στο τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα της Κρήτης. Το δείγμα της έρευνας ήταν 129 φοιτητές και 17 καθηγητές και η διάρκεια της ήταν οκτώ μήνες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι σημαντικός είναι ο ρόλος των αντιλήψεων των φοιτητών και των καθηγητών για τη χρήση της ασύγχρονης τηλεκαίδευσης σ' ένα ίδρυμα ανώτατης εκπαίδευσης ως πρόσθετο εργαλείο της συμβατικής εκπαιδευτικής διαδικασίας. Οι φοιτητές και οι καθηγητές φαίνονται να συμφωνούν ότι ένα καλό μαθησιακό περιβάλλον εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης απαιτεί ευκαιρίες για αλληλεπίδραση και ανατροφοδότηση αν και αρκετά συχνά ένα τέτοιο εργαλείο χρησιμοποιείται ως ένα απλό σύστημα παροχής πληροφοριών. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι αυτός του καθοδηγητή, διευκολυντή, διαχειριστή, συμβουλευτή και υποστηρικτή στη μαθησιακή διαδικασία. Οι φοιτητές έδειξαν να εξοικειώνονται σχετικά γρήγορα ενώ οι καθηγητές φαίνεται να ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο για το καινούργιο αυτό εργαλείο διαχείρισης των μαθημάτων. (Βασιλάκης et al., 2005a· Βασιλάκης et al., 2005b· Βασιλάκης et al., 2005c· Βασιλάκης et al., 2005d).

Επιπρόσθετα, η πλατφόρμα «e-Class» αυτούσια ή τροποποιημένη, κατά περίπτωση, έχει κάνει την εμφάνισή της σε διάφορα προγράμματα συνεχιζόμενης εκπαίδευσης που προσφέρουν σχεδόν όλα τα ελληνικά πανεπιστήμια και αρκετά τεχνολογικά εκπαιδευτικά ιδρύματα. Απ' αυτά τα προγράμματα, άλλα είναι βραχυχρόνια και άλλα με μεγαλύτερη διάρκεια. Τα περισσότερα απευθύνονται σε εργαζόμενους που επιθυμούν να αναβαθμίσουν τις γνώσεις τους ή σε ανέργους που σκοπεύουν να

πετύχουν ευκολότερα ανεύρεση εργασίας. Η πλατφόρμα «e-Class» έχει μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί και για την παροχή επιμορφωτικών προγραμμάτων σε εκπαιδευτικούς. Ως παράδειγμα, αναφέρεται το πρόγραμμα: «Εξειδίκευση των καθηγητών Β/βάθμιας εκπαίδευσης στις Δυσκολίες Μάθησης» που υλοποιείται από το τμήμα Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι το εν λόγω μεγάλης διάρκειας επιμορφωτικό πρόγραμμα, ανήκει στην κατηγορία εκείνων που συνδυάζουν, με εναλλαγή, συμβατικό τρόπο διδασκαλίας και τηλεεκπαίδευση. (Σταχτέας, 2005).

Όσον αφορά τη χρήση της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class» στο εξωτερικό αξίζει να επισημανθεί ότι έχει αναπτυχθεί πολύ στο Βέλγιο καθώς και στις γειτονικές χώρες με άλλη ονομασία. (Cheong, Dutton και Park 2004). Το «e-Class» στηρίζεται στην πλατφόρμα που λεγόταν claroline και τώρα λέγεται dokeos. Περαιτέρω διερεύνηση της χρήσης της πλατφόρμας «e-Class» στο εξωτερικό δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. (Λαμπροπούλου, 2006).

## **2.5. Κριτήρια ελέγχου ποιότητας του συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης της ασύγχρονης εκπαίδευσης από απόσταση (E-Learning)**

### **2.5.1 Κριτήρια αξιολόγησης του συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης**

Κατά την αξιολόγηση ενός διδακτικού συστήματος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τρεις παράγοντες: το περιεχόμενο (μαθησιακό υλικό), η διεπαφή και το γραφιστικό περιβάλλον. Λέγοντας διεπαφή αναφερόμαστε στο μέρος εκείνο με το οποίο γίνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητή και συστήματος. Η διεπαφή θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από φιλικότητα, απλότητα, συνέπεια, εξοικονόμηση χρόνου και ευχρηστία. Το σύστημα θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί με τρόπο φιλικό και εύχρηστο για το χρήστη. Τα σύμβολα, τα εικονίδια, οι εικόνες και άλλα στοιχεία του γραφιστικού περιβάλλοντος πρέπει να είναι αισθητικά, να μη χρειάζεται, δηλαδή, να σκεφτεί ο χρήστης τι σημαίνει και να αντιλαμβάνεται εύκολα το αποτέλεσμα της ενέργειάς του. Η ανάδραση, επίσης, είναι πολύ σημαντική στο βαθμό που

προσανατολίζεται στη στήριξη του εκπαιδευόμενου μέσα από ένα σύστημα διορθωτικής ανατροφοδότησης και δεν ενισχύει απλώς το χρήστη σε περίπτωση σωστής απάντησης ή τον αναγκάζει να επαναλάβει την ενέργειά του σε περίπτωση λάθους. Η ανάδραση δηλαδή είναι σημαντική όταν δηλαδή δίνονται συμβουλές και σχόλια για τις λανθασμένες απαντήσεις ή προτροπές και καθοδήγηση για να φτάσει ο μαθητής στη σωστή απάντηση. (Μακράκης, 2001· Ματθαίου, Μουζάκης και Ρουσσάκης 2001· Μικρόπουλος, 2000· Μουζάκης, 2003).

Τα κριτήρια αξιολόγησης ενός διδακτικού συστήματος είναι η αυθεντικότητα, η πολλαπλότητα, το πλαίσιο στήριξης, η οικοδόμηση της γνώσης και ο κριτικός στοχασμός. Καθένα από αυτά θα αναλυθούν παρακάτω. (Μακράκης, 2001).

1. Το ζητούμενο στην αξιολόγηση ενός διδακτικού συστήματος από τη σκοπιά του κριτηρίου της αυθεντικότητας είναι να αξιολογείται κατά πόσον:
  - ✓ Το μαθησιακό υλικό που ενσωματώνεται στο σύστημα σχετίζεται με τις εμπειρίες, τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των μαθητών.
  - ✓ Συμπεριλαμβάνει δραστηριότητες που δίνει τη δυνατότητα στους διδασκόμενους να δράσουν οι ίδιοι.
  - ✓ Κρατά τους μαθητές σε ενεργό διερευνητική συμμετοχή στα μαθησιακά δρώμενα.
  - ✓ Ο βαθμός δυσκολίας του μαθησιακού υλικού ανταποκρίνεται στις ικανότητες και τα διαφορετικά στυλ μάθησης.
  - ✓ Οι μαθητές μπορούν να μεταφέρουν και να εφαρμόσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα και τις διαδικασίες που αποκτώνται μέσα από τη χρήση του διδακτικού συστήματος σε ευρύ φάσμα προβλημάτων.
2. Το ζητούμενο σύμφωνα με το κριτήριο της πολλαπλότητας είναι να αξιολογείται κατά πόσο το διδακτικό σύστημα:
  - ✓ Παρέχει τη δυνατότητα στο μαθητή να αναζητά σχέσεις και να επιλύει προβληματικές καταστάσεις.
  - ✓ Συνδυάζει πολλαπλούς τρόπους αναπαράστασης της πληροφορίας (εικόνα, κίνηση, κείμενο, γραφικά).

- ✓ Παρέχει πολλαπλούς τρόπους επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης καθώς και πολλαπλούς τρόπους απόκτησης και οικοδόμησης νοήματος πάνω στο περιεχόμενο της μάθησης.
  - ✓ Ενσωματώνει δραστηριότητες και στρατηγικές που ενθαρρύνουν την αυτενέργεια, τον προβληματισμό, την κριτική και τη συλλογιστική σκέψη.
3. Στην περίπτωση του κριτηρίου πλαισίου στηριξης, η αξιολόγηση διδακτικού συστήματος θα πρέπει να εξετάζει αν και κατά πόσο το εξεταζόμενο σύστημα υποστηρίζει:
- ✓ Την ενεργό αναζήτηση νοήματος και συμμετοχή στα μαθησιακά δρώμενα.
  - ✓ Τη σταδιακή απόσυρση της καθοδηγούμενης μάθησης προς όφελος της μεγαλύτερης αυτονομίας.
  - ✓ Το ενδιαφέρον του μαθητή για μάθηση.
  - ✓ Την ενθάρρυνση και τη διορθωτική ανατροφοδότηση του μαθητή ακόμα και όταν κάνει λάθη και την καλλιέργεια της ομαδικής, δημιουργικής και κριτικής σκέψης.
4. Στο πλαίσιο του κριτηρίου της οικοδόμησης της γνώσης η αξιολόγηση του διδακτικού συστήματος θα πρέπει να εξετάζει αν το σύστημα δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές:
- ✓ Να ενεργοποιούν τις ανώτερες νοητικές δεξιότητες της σκέψης.
  - ✓ Να προάγουν τη δημιουργία νέων μορφών αντίληψης, την αναζήτηση νοήματος στην εμπειρία και στο περιεχόμενο της μάθησης καθώς και τη μεταφορά της νέας γνώσης σε νέες καταστάσεις.
5. Το κριτήριο του κριτικού στοχασμού συνεπάγεται ότι η αξιολόγηση διδακτικού συστήματος θα πρέπει να διερευνά κατά πόσο το υπό αξιολόγηση σύστημα:
- ✓ Ενσωματώνει ή διευκολύνει τη συσχέτιση γνώσεων από διαφορετικούς γνωστικούς χώρους.
  - ✓ Προάγει μαθησιακές δραστηριότητες οι οποίες ενεργοποιούν τη προηγούμενη γνώση.

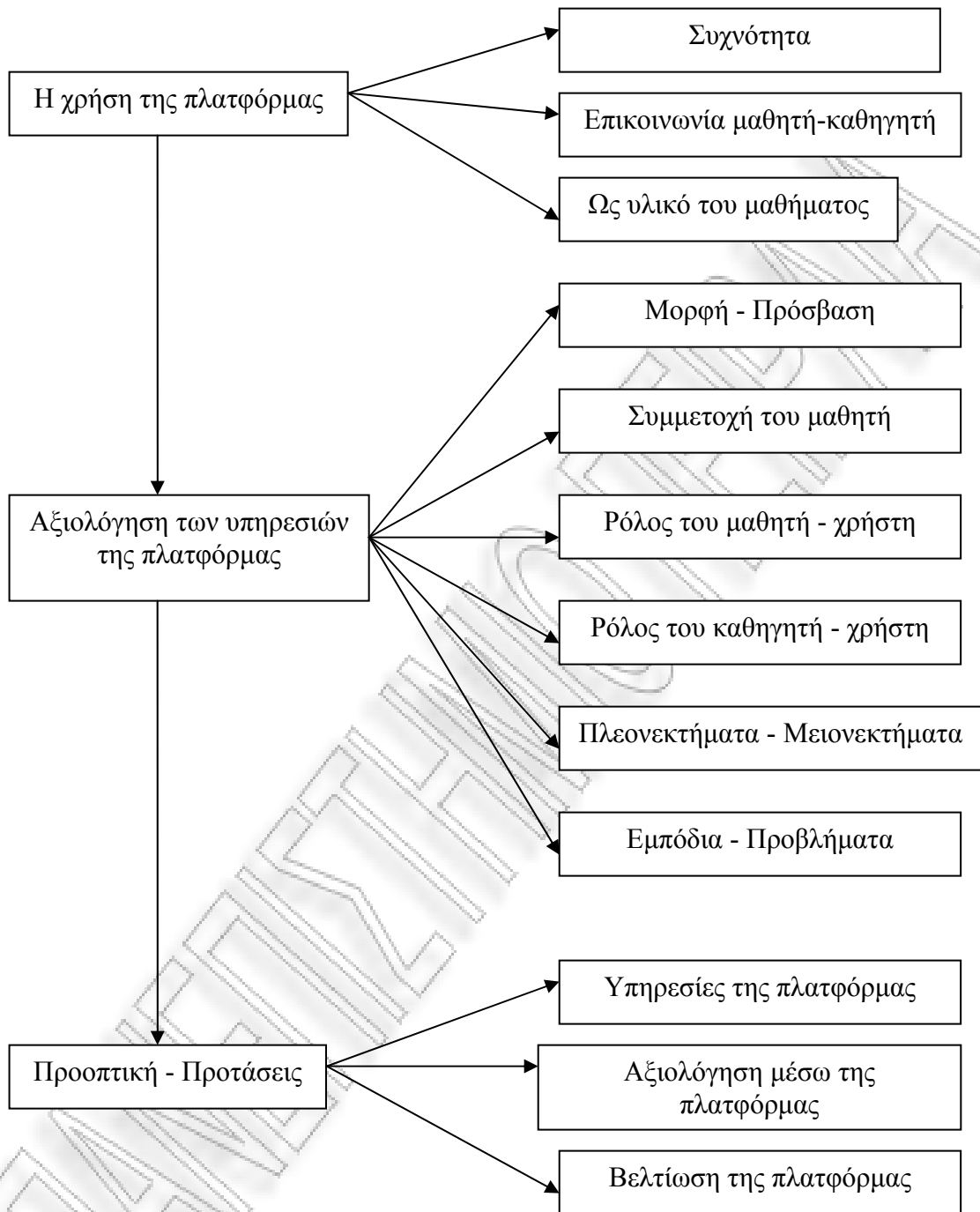
- ✓ Ενθαρρύνει τη διερεύνηση της πολυπλοκότητας και της συνθετότητας των κοινωνικών προβλημάτων τα οποία βιώνει ο μαθητής.

(Μακράκης, 1998· Μακράκης, 2001· Πιντέλας, 1999· Chinapah και Miron 1990).

### **2.5.2 Ένα σενάριο - Μέσα συλλογής δεδομένων**

Όπως αναφέραμε στην υποενότητα 2.4 έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» σε πολλά πανεπιστημιακά και τεχνολογικά ιδρύματα της χώρας μας. Η εφαρμογή του παρόντος εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε πειραματικό επίπεδο και η αξιολόγηση του διδακτικού υλικού μέσα από τα εξαγόμενα αποτελέσματα θα μπορούσε να αποτελέσει την περαιτέρω μελέτη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στηριζόμενοι στις προηγούμενες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, σε ένα μεγάλο δείγμα μαθητών της τελευταίας τάξης του Λυκείου θα μπορούσε να εφαρμοστεί το εκπαιδευτικό υλικό της παρούσας διπλωματικής εργασίας για διάρκεια ενός σχολικού έτους και κατόπιν να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά του μέσω ενός ερωτηματολογίου ή ακόμα και μέσω συνεντεύξεων τόσο στους μαθητές όσο και στους καθηγητές.

Ύστερα από κάποιες ημι-κατευθυνόμενες συνεντεύξεις τόσο με τους καθηγητές όσο και με τους μαθητές θα οδηγηθούμε στην πρώτη μορφή του ερωτηματολογίου μελέτης και εν συνεχεία, μετά το pilot test σε μικρή ομάδα μαθητών και καθηγητών θα οδηγηθούμε στην τελική μορφή του ερωτηματολογίου μελέτης. Οι θεματικοί άξονες του ερωτηματολογίου θα μπορούσαν να ήταν οι ακόλουθοι:



**Διάγραμμα 4.1: Οι θεματικοί άξονες του ερωτηματολογίου έρευνας (Βασιλάκης, Καλογιαννάκης και Ψαρρός, 2005)**



Επιπρόσθετα, στον πρώτο θεματικό άξονα του ερωτηματολογίου («Ως υλικό του μαθήματος») θα μπορούσαμε να ενσωματώσουμε ένα σύνολο ερωτήσεων σχετικά με την ποιότητα του εκπαιδευτικού υλικού που περιείχε η πλατφόρμα. Αυτές οι ερωτήσεις θα αφορούσαν:

- ✓ Το σκοπό και τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα της εκπαίδευσης.
- ✓ Τη δομή και το σχεδιασμό του υλικού.
- ✓ Τις ασκήσεις αυτοαξιολόγησης.
- ✓ Την ανατροφοδότηση στις ασκήσεις αυτοαξιολόγησης.
- ✓ Τις εισαγωγές και ανακεφαλαιώσεις.
- ✓ Το βασικό κείμενο.
- ✓ Το οπτικό υλικό (σχήματα, πίνακες κτλ.).

Αναλυτικότερα, κάθε μια κατηγορία από τις παραπάνω ερωτήσεις θα μπορούσε να περιέχει τα ακόλουθα υποερωτήματα:

1. Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα της εκπαίδευσης:
  - Διατυπώνεται σαφώς ο σκοπός κάθε κεφαλαίου στην αρχή του;
  - Οι προαπαιτούμενες γνώσεις ή δεξιότητες υποδεικνύονται σαφώς;
  - Τα προσδοκώμενα αποτελέσματα διατυπώνονται σε απλή γλώσσα, με σαφήνεια και χωρίς δυσνόητους όρους;
  - Παρουσιάζονται τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα με φιλικό και λειτουργικό τρόπο;

## 2. Δομή και σχεδιασμός του υλικού:

- Το υλικό είναι οπτικά ελκυστικό ώστε να υποκινεί τους εκπαιδευόμενους να το μελετήσουν;
- Το υλικό διαθέτει καλή «σήμανση» και δομή ώστε να είναι εύκολο στην πλοήγηση;
- Το υλικό χωρίζεται σε μικρές ενότητες το περιεχόμενο των οποίων να είναι εύληπτο από τους εκπαιδευόμενους;

## 3. Ασκήσεις αυτοαξιολόγησης:

- Το υλικό ενθαρρύνει την εφαρμογή; Υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός ασκήσεων στο υλικό;
- Οι εκφωνήσεις των ασκήσεων είναι σαφείς και πλήρεις; Παρουσιάζονται με κατάλληλη αλληλουχία;
- Οι ασκήσεις είναι ελκυστικές και συνδέονται με τις εμπειρίες των εκπαιδευόμενων ώστε να υποκινούν το ενδιαφέρον τους;
- Οι ασκήσεις συνδέονται με τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα, έτσι που να βοηθούν τους εκπαιδευόμενους να αξιολογήσουν ποιους από αυτούς πέτυχαν;

## 4. Ανατροφοδότηση στις ασκήσεις αυτοαξιολόγησης:

- Οι ανατροφοδοτήσεις στις ασκήσεις είναι πλήρεις; Καλύπτουν τα συνήθη λάθη των εκπαιδευόμενων;
- Οι ανατροφοδοτήσεις των ασκήσεων τοποθετούνται κάτω από κάθε άσκηση, μέσα στη ροή του κειμένου ή βρίσκονται συγκεντρωμένες στο τέλος του υλικού;
- Οι ανατροφοδοτήσεις παρέχουν ενθάρρυνση στους εκπαιδευόμενους που απάντησαν ορθά στις ασκήσεις; Επίσης, περιέχουν στοιχεία τέτοια που να εμπυχώνουν τους εκπαιδευόμενους που έδωσαν λανθασμένες απαντήσεις, να συνεχίσουν την προσπάθειά τους για μάθηση;

5. Εισαγωγές και Ανασκοπήσεις:

- Υπάρχει στην αρχή κάθε κεφαλαίου μια εισαγωγή η οποία να υποκινεί το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων;
- Οι εισαγωγές είναι κατατοπιστικές σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το υλικό;
- Υπάρχουν στο τέλος κάθε κεφαλαίου σύντομες και περιεκτικές ανασκοπήσεις;
- Περιέχουν οι ανασκοπήσεις τα κύρια σημεία κάθε κεφαλαίου βοηθώντας τον εκπαιδευόμενο να αφομοιώσει και να συγκρατήσει την απαιτούμενη ύλη;

6. Το βασικό κείμενο:

- Είναι το κείμενο ευανάγνωστο, εύκολο στην πλοήγηση και την κατανόηση (μικρές λέξεις και σαφείς προτάσεις, σειρά ιδεών σε μορφή καταλόγου και όχι σε σειρά, κατατοπιστικοί τίτλοι και υπότιτλοι);
- Είναι το κείμενο γραμμένο σε απλή και φιλική γλώσσα με τόνο εμπνευστικό (όχι χρήση τρίτου προσώπου, λέξεις με αποχρώσεις, συναιρέσεις, χρήση ερωτημάτων παρά αφήγηση, θαυμαστικά όπου είναι απαραίτητο);
- Υπάρχουν στο κείμενο επαρκή παραδείγματα και μελέτες περίπτωσης;
- Υπάρχει στην αρχή κάθε ενότητας ένας σύντομος κατάλογος (5-20 λέξεις) με τις βασικές έννοιες τις οποίες πραγματεύεται η ενότητα;

7. Οπτικό υλικό (Πίνακες, Σχήματα κλπ):

- Είναι το υλικό διανθισμένο με αρκετό οπτικό υλικό;
- Επεξηγείται ο ρόλος κάθε σχήματος ή πίνακα σαφώς;

(Βεργίδης et al., 1998, Κόκκος, 2001, Χασάπης, 2000, Banyard και Hayes, 1999, Kearsley και Moore, 1996, Race, 1999, Race, 2001, Rowntree, 1994).

Απαντώντας οι μαθητές και οι καθηγητές σε αυτά τα ερωτήματα, θα εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης και γενικά συμπεράσματα που καλύπτουν τους παραπάνω θεματικούς άξονες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Μεθοδολογική Προσέγγιση

#### 3.1. Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τα σημαντικότερα βήματα που ακολουθήσαμε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

#### 3.2. Βήματα ερευνητικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μετατροπή του υπάρχοντος διδακτικού υλικού του μαθήματος Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών, που διδάσκεται στις δύο τελευταίες τάξεις του Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων Η/Υ των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (Τ.Ε.Ε.), σε ηλεκτρονική μορφή μέσω της πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεκαίδευσης «GUnet e-Class». Πληθυσμό – στόχο αποτελούν οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα του Λυκείου.

Η μετατροπή του διδακτικού υλικού σε ηλεκτρονική μορφή πραγματοποιήθηκε έχοντας ως βάση κάποιες βασικές αρχές που πρέπει να τηρούνται στα ηλεκτρονικά περιβάλλοντα μάθησης. Ο σχεδιασμός του παρόντος μαθησιακού υλικού πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη ότι ο μαθητής μελετά κατ' ιδίαν, έχει σπάνια επαφή με έναν σύμβουλο – καθοδηγητή και ορισμένοι μαθητές δεν σπουδάζουν κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Γι' αυτό το λόγο το μαθησιακό υλικό χρειάζεται να περιέχει μια σειρά από πρόσθετα στοιχεία που στόχο έχουν να διευκολύνουν και να εμπυχώνουν το μαθητή στη μελέτη του. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να αποσκοπούν να δίνουν οδηγίες στους μαθητές, να τους διδάσκουν, να τους δίνουν εναύσματα για να αναπτύξουν το δικό τους προβληματισμό, να επεξηγούν, να οδηγούν σε περαιτέρω

διερευνήσεις, να συνδέουν τη θεωρία με τη πράξη και το πιο σημαντικό να εμπλέκουν τους μαθητές ενεργητικά και κριτικά στη λογική του κειμένου που επεξεργάζονται. (Race, 1999· Rogers, 1999). Τα στοιχεία αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία μπορούν να καταταχθούν στις εξής κατηγορίες:

1. Πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές θα μπορέσουν να οργανώσουν καλύτερα την πρόσβαση στο κείμενο, ώστε να τους γίνει περισσότερο κατανοητό και οικείο.

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται στοιχεία όπως ο σκοπός, τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, οι έννοιες κλειδιά, οι εισαγωγικές παρατηρήσεις και οι συχνοί και επεξηγηματικοί υπότιτλοι.

2. Πληροφορίες για πηγές γνώσεων συμπληρωματικές προς το κείμενο.

Οι πηγές αυτές είναι οι βιβλιογραφικές αναφορές και οι διευθύνσεις του Διαδικτύου για περαιτέρω μελέτη από τους μαθητές.

3. Στοιχεία που αποσκοπούν να προσδώσουν μεγαλύτερη σαφήνεια και ενέργεια στο κείμενο.

Εδώ κατατάσσονται κάθε είδους επεξηγήσεις, υποσημειώσεις, παραδείγματα, ορισμοί, γλωσσάρια, σχήματα, πίνακες καθώς και τυπογραφικές παρεμβάσεις όπως το είδος των γραμμάτων, οι γραμματοσειρές και οι υπογραμμίσεις.

4. Ασκήσεις κάθε είδους (Προερωτήσεις, Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης, Ασκήσεις αυτοαξιολόγησης).

Οι ασκήσεις που περιέχει το διδακτικό υλικό διατρέχουν όλο το κείμενο και κάποιες εκπονούνται στην αρχή της ενότητας (προερωτήσεις), κάποιες στη διάρκεια της ενότητας και κάποιες άλλες στο τέλος της ενότητας (ερωτήσεις και ασκήσεις αυτοαξιολόγησης).

5. Στοιχεία που παρουσιάζονται μετά το κείμενο και αποσκοπούν να υποκινήσουν τους μαθητές να σκεφτούν ξανά σε σχέση με όσα έμαθαν, να τα εμπεδώσουν, να τα αναδιοργανώσουν, να τα κάνουν εφόδιο για επόμενα στάδια μελέτης.

Στην αυτή κατατάσσονται στοιχεία όπως η ανακεφαλαίωση και οι ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης.

Για τον καλύτερο σχεδιασμό του ηλεκτρονικού διδακτικού υλικού χωρίσαμε τη διδακτέα ύλη σε δώδεκα ενότητες, για την ανάπτυξη των οποίων χρησιμοποιήσαμε τη γλώσσα σήμανσης HTML με σκοπό την καλύτερη, ευκολότερη και πιο ευχάριστη ανάγνωση του κειμένου από τους μαθητές. Κατόπιν, ασχοληθήκαμε με την ενσωμάτωση του διδακτικού υλικού στην πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUNet e-Class 1.5» χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες και τα στοιχεία που παρέχει αυτή η πλατφόρμα. Πρέπει να αναφέρουμε ότι η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUNet e-Class 1.5» έχει δοκιμαστεί και λειτουργεί κανονικά σε περιβάλλον Ms Windows (WinNT, Win2000, WinXP, Win2003), σε διάφορες διανομές Linux (π.χ. RedHat, Debian, Suse κ.λπ.) και σε περιβάλλον UNIX (π.χ. Solaris). Στην παρούσα διπλωματική εργασία η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUNet e-Class 1.5» λειτουργεί σε Ms Windows.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Παρουσίαση εκπαιδευτικού υλικού

#### 4.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε το εκπαιδευτικό υλικό που έχει καταχωρηθεί στην πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class». Το κεφάλαιο αυτό το χωρίζουμε σε δώδεκα διαφορετικές ενότητες έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη δόμηση της διδακτέας ύλης με σκοπό την καλύτερη κατανόησή της από τους μαθητές.

#### 4.2. Ενότητα 1: Εισαγωγή

##### 4.2.1 Εισαγωγή στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών

Τα δίκτυα επικοινωνίας ηλεκτρονικών υπολογιστών ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των *τηλεπικοινωνιακών δικτύων*, δηλαδή σε εκείνα τα συστήματα που επιτρέπουν στους χρήστες τους να μεταβιβάζουν ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες, ενώ βρίσκονται σε απόσταση. Τα πλέον γνωστά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι το τηλεφωνικό δίκτυο και τα δίκτυα της τηλεόρασης.

Τα δίκτυα επικοινωνίας ηλεκτρονικών υπολογιστών λειτουργούν κυρίως με προγραμματιζόμενες συσκευές γενικού σκοπού. Για παράδειγμα, μια τερματική συσκευή δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορεί να είναι ένας προσωπικός υπολογιστής ή και συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση πολλών διαφορετικών μορφών αναπαράστασης της πληροφορίας. Με τον τρόπο αυτό τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να υποστηρίξουν μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών.

Χρονολογία	Υπηρεσίες δικτύων τηλεπικοινωνίας
1850-1900	Τηλέγραφος Τηλέφωνο
1901-1950	Ραδιόφωνο Τηλεομοιοτυπία ( <i>fax</i> ) Τηλεόραση <i>Telex</i>
1951-1960	Ασύρματη τηλεφωνία Τηλέτυπο
1961-1970	Δορυφορικές επικοινωνίες Έγχρωμη τηλεόραση
1971-1980	Δίκτυα υπολογιστών μεταγωγής κυκλώματος Καλωδιακή τηλεόραση Δίκτυα υπολογιστών μεταγωγής πακέτων Κινητή τηλεφωνία Οπτική τηλεδιάσκεψη
1981-1990	Δίκτυα ψηφιακής μετάδοσης <i>Videotex</i> <i>Teletex</i> Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο Δίκτυα <i>ISDN</i>
1991-2000	Παγκόσμιος ιστός - Διαδίκτυο Δίκτυα <i>ATM</i> Ψηφιακή τηλεόραση <i>B-ISDN</i> Κατ' απαίτηση βίντεο ( <i>Video on demand</i> ) Βιντεοτηλεφωνία Ηλεκτρονικό εμπόριο Πρωτόκολλο ασύρματων εφαρμογών ( <i>WAP: Wireless Applications Protocol</i> )

**Σχήμα 4.1.** Διαχρονική εξέλιξη υπηρεσιών δικτύων τηλεπικοινωνίας

Σε ένα οποιοδήποτε δίκτυο είναι δυνατόν να διακρίνουμε τους κόμβους που το αποτελούν, τις πληροφορίες που ανταλλάσσουν οι κόμβοι αυτοί, καθώς και το κανάλι επικοινωνίας μέσω του οποίου διακινούνται οι πληροφορίες. Για παράδειγμα, το οδικό δίκτυο συνδέει πόλεις, το κανάλι επικοινωνίας είναι οι δρόμοι και το υλικό που διακινείται μέσω αυτού είναι τα οχήματα και οι άνθρωποι.

Σε αναλογία, ένα δίκτυο υπολογιστών συνδέει συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, αυτόνομους υπολογιστές και άλλες περιφερειακές συσκευές και γενικώς κάθε είδους τερματικές διατάξεις που διαθέτουν επεξεργαστή. Το κανάλι



επικοινωνίας μπορεί να είναι τα καλώδια, τα λέιζερ, τα μικροκύματα μέσω των οποίων μεταφέρονται από τον έναν υπολογιστή στον άλλο διάφορες πληροφορίες.

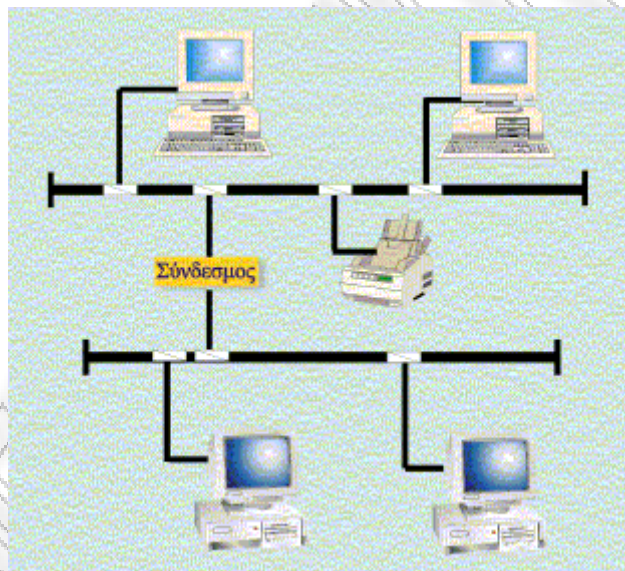
Επομένως ένα *δίκτυο υπολογιστών* είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων μεταξύ τους ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλων τερματικών διατάξεων, που επικοινωνούν με συγκεκριμένους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί λέγονται *πρωτόκολλα επικοινωνίας* και είναι υπεύθυνα για την ποιότητα και την πιστότητα των πληροφοριών που μεταδίδονται στο κανάλι επικοινωνίας. Η αποτελεσματικότητα αυτών των κανόνων καθορίζει και την αποδοτικότητα του δικτύου.

Πιο αναλυτικά, τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου υπολογιστών είναι τα ακόλουθα:

- Οι *κόμβοι επικοινωνίας* (hosts). Γενικά, οι κόμβοι είναι ηλεκτρονικά συστήματα που διαθέτουν τουλάχιστον επεξεργαστή και μνήμη. Στην πράξη, ένας κόμβος μπορεί να είναι ένα σύστημα υπολογιστών, σταθμοί αναμετάδοσης ραδιοκυμάτων - μικροκυμάτων, επίγειοι δορυφορικοί σταθμοί που αναμεταδίδουν και αποκωδικοποιούν δορυφορικά σήματα ή, τέλος, ένας απλός ηλεκτρονικός υπολογιστής οποιουδήποτε είδους και μεγέθους. Οι κόμβοι χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δύο ή περισσότερων γραμμών μετάδοσης. Ο ρόλος τους είναι να στέλνουν σωστά τα δεδομένα στον προορισμό τους και να ελέγχουν την κυκλοφορία στο δίκτυο. Επίσης, πολλές φορές διορθώνουν σφάλματα που παρουσιάζονται στα δεδομένα, ενισχύουν σήματα που εξασθενούν από την απόσταση την οποία έχουν διανύσει και ειδοποιούν τον αποστολέα για ενδεχόμενες απώλειες δεδομένων.
- Το *φυσικό μέσο μετάδοσης ή σύνδεσμος*. Είναι το μέσο από το οποίο θα περάσουν τα δεδομένα υπό μορφή σημάτων επικοινωνίας. Τέτοιου είδους μέσα μπορεί να είναι καλώδια διάφορων τύπων, οπτικές ίνες και ασύρματες ζεύξεις.
- Οι *διατάξεις διασύνδεσης*. Πρόκειται για μονάδες υλικού που εξασφαλίζουν τη διασύνδεση των συσκευών και τη μεταφορά των πληροφοριών ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου. Συνήθως, οι διατάξεις αυτές παρεμβάλλονται ανάμεσα στον κόμβο και στο φυσικό μέσο μετάδοσης. Τυπικές λειτουργίες που

εκτελούν τέτοιου είδους διατάξεις είναι η διαμόρφωση και η αποδιαμόρφωση, καθώς και ο έλεγχος ορθότητας των μεταφερόμενων δεδομένων.

- *Το λογισμικό δικτύου.* Πρόκειται για το σύνολο των προγραμμάτων που εξασφαλίζουν τη σύνδεση και ελέγχουν την επικοινωνία των υπολογιστών του δικτύου. Τυπικές λειτουργίες του λογισμικού είναι ο έλεγχος και η εκχώρηση του δικαιώματος πρόσβασης στους χρήστες του δικτύου.
- *Το λογισμικό εφαρμογών δικτύου.* Πρόκειται για προγράμματα εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες που τους προσφέρει ένα δίκτυο υπολογιστών. Προγράμματα αυτής της μορφής είναι ενδεχόμενο να αποτελούν απλές ή σύνθετες επεκτάσεις δικτυακών εφαρμογών, που έχουν αναπτυχθεί για περιβάλλον αυτόνομων συστημάτων υπολογιστών.



**Σχήμα 4.2.** Δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών

## 4.2.2 Δικτυακά μοντέλα υπολογιστών

Τα δίκτυα υπολογιστών είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά τους. Αν και τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου ποικίλλουν, πολλά από αυτά μπορεί να υπάρχουν αυτόνομα ή σε συνδυασμό με άλλα, προκειμένου να οριοθετήσουν κάποιας μορφής ταξινόμηση.

### 4.2.2.1 Ταξινόμηση ως προς το μέσο μετάδοσης

Στην απλούστερη μορφή σύνδεσης οι κόμβοι συνδέονται απευθείας με κάποιο φυσικό μέσο ή σύνδεσμο, όπως είναι για παράδειγμα ένα καλώδιο χαλκού, μια οπτική ίνα ή μια ασύρματη ζεύξη. Δύο είναι οι κυριότερες μορφές συνδέσεων:

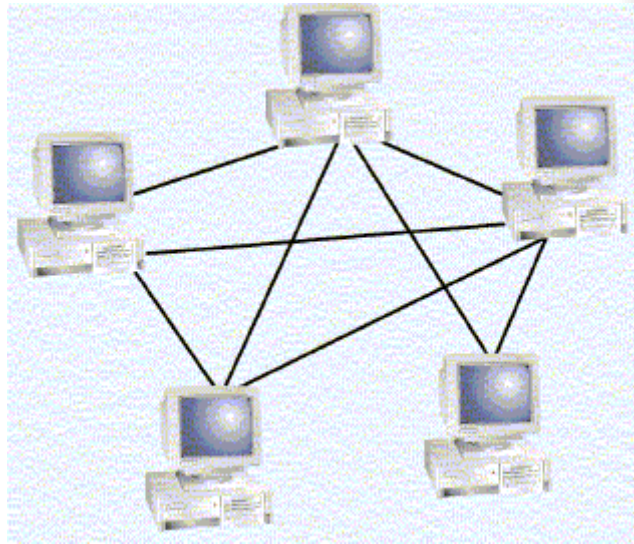
- Η *καλωδιακή ή ενσύρματη επικοινωνία*, η οποία περιλαμβάνει όλων των ειδών τις εναέριες, τις επίγειες ή τις υπόγειες συνδέσεις αυτού του είδους. Παραδείγματα τέτοιων δικτύων αποτελούν όλα τα χάλκινα καλωδιακά δίκτυα, όπως επίσης και τα οπτικά δίκτυα.
- Η *ασύρματη επικοινωνία*, στην οποία το μέσο μετάδοσης είναι η γήινη ατμόσφαιρα ή το διάστημα. Στα δίκτυα αυτά η πληροφορία μεταφέρεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα που εξαρτάται κάθε φορά από το ρυθμό μετάδοσης που απαιτείται να έχει το δίκτυο. Παραδείγματα τέτοιων δικτύων αποτελούν τα δίκτυα μικροκυματικών ζεύξεων, τα δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών, καθώς και τα δορυφορικά δίκτυα.

### 4.2.2.2 Ταξινόμηση ως προς το είδος της σύνδεσης

Με κριτήριο το είδος της σύνδεσης οι σύνδεσμοι διακρίνονται στις ακόλουθες δύο κατηγορίες:

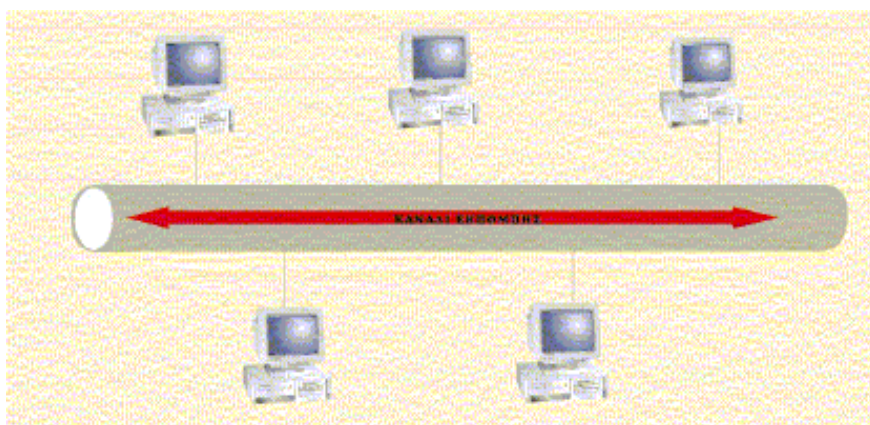
- *Σύνδεσμος σημείου προς σημείο* (point-to-point connection), ο οποίος συνδέει δύο μόνο κόμβους κάθε φορά. Πρόκειται για την απλούστερη μορφή επικοινωνίας μεταξύ δύο κόμβων, που επιτυγχάνεται με απευθείας σύνδεσή τους με κάποια γραμμή επικοινωνίας. Όταν δύο κόμβοι δεν επικοινωνούν με απευθείας σύνδεση, έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνήσουν μέσω κάποιων άλλων κόμβων, με αποτέλεσμα η

επικοινωνία να γίνεται τμηματικά. Γνωστά δίκτυα με συνδέσεις σημείου προς σημείο είναι τα δίκτυα δεδομένων ευρείας περιοχής, το Διαδίκτυο, καθώς και άλλα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπως για παράδειγμα, το τηλεφωνικό δίκτυο και τα παλαιά τηλεγραφικά δίκτυα.



**Σχήμα 4.3.** Δίκτυο επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο

- *Σύνδεσμος ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής (broadcasting)*, ο οποίος συνδέει δύο ή και περισσότερους κόμβους ταυτόχρονα. Τα δίκτυα ευρείας εκπομπής διαθέτουν ένα μόνο κανάλι επικοινωνίας, το οποίο μοιράζονται όλοι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Αποτέλεσμα αυτής της σύνδεσης είναι κάθε μήνυμα που αποστέλλεται να παραλαμβάνεται από όλους ανεξαιρέτως τους χρήστες που βρίσκονται στο δίκτυο. Για το λόγο αυτό ο σύνδεσμος αυτής της μορφής λέγεται και σύνδεσμος σημείου με πολλαπλά σημεία (point to multipoint connection). Το μήνυμα που στέλνεται από έναν κόμβο σε έναν άλλο είναι εφοδιασμένο με τη διεύθυνση του παραλήπτη και λαμβάνεται από όλους τους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Όταν ένας κόμβος δεχτεί το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη. Αν η διεύθυνση είναι του παραλήπτη, τότε παραλαμβάνει και καταχωρίζει το μήνυμα στον αποταμιευτή του buffer για περαιτέρω επεξεργασία, διαφορετικά το αγνοεί.



Σχήμα 4.4. Δίκτυο ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής

#### 4.2.2.3 Ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη

Ένα άλλο κριτήριο ταξινόμησης των δικτύων υπολογιστών είναι η έκταση την οποία αυτά καταλαμβάνουν. Τρεις είναι οι κύριες μορφές δικτύων αυτής της ταξινόμησης, που όμως έχουν ασαφή γεωγραφικά όρια διαχωρισμού και τείνουν να προδιαγράψουν τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται σε κάθε κατηγορία. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- *τοπικά δίκτυα* (LAN: Local Area Networks).
- *μητροπολιτικά δίκτυα* (MAN: Metropolitan Area Networks).
- *δίκτυα ευρείας περιοχής* (WAN: Wide Area Networks).

Η ταξινόμηση αυτή οφείλεται στο IEEE και λαμβάνει υπόψη της, πέρα από τη γεωγραφική εμβέλεια του δικτύου, και άλλα χαρακτηριστικά, τα σπουδαιότερα των οποίων είναι:

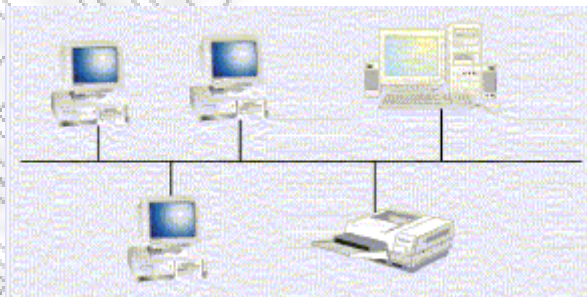
- Ο αριθμός των χρηστών που μπορεί το δίκτυο να εξυπηρετήσει.
- Ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων.

- Το περιθώριο λάθους που υπάρχει κατά τη μετάδοση των δεδομένων.
- Ο τρόπος με τον οποίο το δίκτυο δρομολογεί τα δεδομένα από τον έναν κόμβο στον άλλο.
- Η καθυστέρηση της μετάδοσης των δεδομένων.
- Το μέγεθος του συντελεστή σύζευξης.

#### 4.2.2.4 Ταξινόμηση ως προς την τοπολογία

Ως *τοπολογία δικτύου* χαρακτηρίζεται η φυσική διάταξη των καλωδίων που συνδέουν τους κόμβους του δικτύου. Μερικές από τις πιο γνωστές τοπολογίες είναι οι ακόλουθες:

- *Διαύλου, λεωφόρου ή αρτηρίας (bus)*. Στην περίπτωση αυτή οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται μέσω ενός καλωδίου του οποίου τα άκρα είναι ανοικτά. Η χρήση αυτής της τοπολογίας περιορίζεται συνήθως σε μικρά τοπικά δίκτυα. Μειονέκτημα αυτού του είδους σύνδεσης είναι ότι, αν το καλώδιο κοπεί σε κάποιο σημείο, το δίκτυο δεν μπορεί να λειτουργήσει.



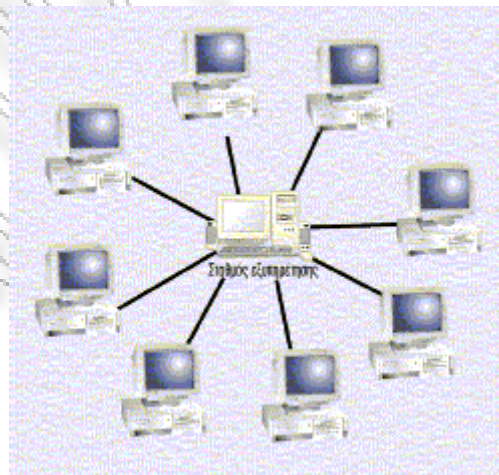
**Σχήμα 4.5.** Δίκτυο τοπολογίας διαύλου

- *Δακτυλίου (ring)*. Στην τοπολογία αυτή οι υπολογιστές του δικτύου συνδέονται επίσης μέσω ενός μόνο καλωδίου, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, με τη διαφορά ότι τα άκρα του είναι μεταξύ τους ενωμένα.



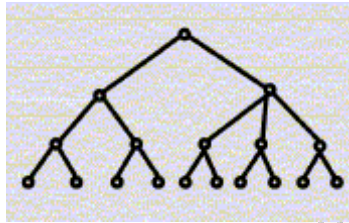
**Σχήμα 4.6.** Δίκτυο τοπολογίας δακτυλίου

- *Άστρου* (star). Στην τοπολογία αυτή υπάρχει ένας κατακεντρωμένος ή κεντρικός υπολογιστής ο οποίος συνδέεται με κάθε υπολογιστή του δικτύου απευθείας με μια μόνιμη γραμμή σύνδεσης. Δύο υπολογιστές του δικτύου της μορφής αυτής μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους μόνο μέσω του κεντρικού υπολογιστή.



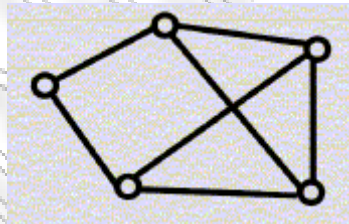
**Σχήμα 4.7.** Δίκτυο τοπολογίας άστρου

- *Δέντρο* (tree). Η τοπολογία του δέντρου, η οποία είναι παράγωγη της τοπολογίας του άστρου, έχει ιεραρχική δομή σχήματος δέντρου. Η ρίζα έχει την κύρια ευθύνη και μοιράζεται ιεραρχικά τους κόμβους των κλάδων του δέντρου.



**Σχήμα 4.8.** Δίκτυο τοπολογίας δέντρου

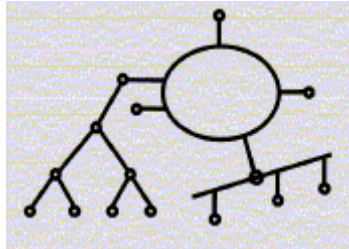
- *Δικτυωτού* (mesh). Η τοπολογία αυτή, η οποία λέγεται και πλέγμα, δεν έχει κάποια συγκεκριμένη μορφή ούτε αποτελεί συνένωση άλλων δικτύων γνωστής μορφής.



**Σχήμα 4.9.** Δίκτυο τοπολογίας δικτυωτού



- *Μεικτή* (mixed). Η μεικτή τοπολογία αποτελεί συνένωση πολλών διαφορετικών τοπολογιών.



**Σχήμα 4.10.** Δίκτυο μεικτής τοπολογίας

#### 4.2.2.5 Ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία

Ως προς την τεχνολογία των δικτύων, οι πρώτες προσπάθειες ταξινόμησης αφορούν τη διασύνδεση δύο μόνο υπολογιστών. Όπως είναι γνωστό, οι προσπάθειες αυτές κατέληξαν στη δημιουργία των προτύπων της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης μετάδοσης. Τα πρότυπα αυτά έχουν ως ακολούθως:

- *Πρότυπο RS-232C* και μετέπειτα *RS-422*, *RS-423* και *RS-449*. Το πρότυπο αυτό αφορά την έως 38 Kbps σειριακή μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο υπολογιστών οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση που δεν υπερβαίνει τα 30 μέτρα. Πρόκειται για χαμηλού ρυθμού μεταφορά δεδομένων, κατάλληλη για κοντινές αποστάσεις, η οποία γίνεται σειριακή, δηλαδή μεταφέρεται ένας χαρακτήρας κάθε φορά.
- *Πρότυπο ελέγχου συγχρονισμένης γραμμής δεδομένων (SDLC: Synchronous Data Link Control)*. Το πρότυπο αυτό, που είναι γνωστό ως SDLC, στηρίζεται στη δημιουργία πακέτων και επομένως στην εξοικονόμηση του χρόνου που χάνεται από τα κενά των διαδοχικών χαρακτήρων της σειριακής μετάδοσης.

### 4.2.3 Χρήση Δικτύων

Η ευρύτατη χρήση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει επιφέρει ριζικές αλλαγές σε πολλούς τομείς της οικονομικής και της κοινωνικής ζωής, όπως είναι η αμεσότητα στην πληροφόρηση, η νέα (ηλεκτρονική) οικονομία, η αναμόρφωση της όλης εκπαιδευτικής διαδικασίας, η υγεία και η ψυχαγωγία. Η ευρεία χρήση τους οφείλεται τόσο στη συνεχή μείωση του κόστους των υπολογιστών όσο και στην παράλληλη αύξηση των δυνατοτήτων τους. Τα οφέλη των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως ακολούθως:

- *Διαμοιρασμός πόρων δικτύου.* Η διασύνδεση των υπολογιστών έχει μεγάλη επίδραση στον εργασιακό χώρο, αφού αυξάνει τη λειτουργικότητά του προσθέτοντας δυνατότητες, όπως είναι για παράδειγμα:
  - *Ο διαμοιρασμός εφαρμογών.* Οι εφαρμογές λογισμικού υψηλού κόστους, όπως ένας προσομοιωτής ή ένα στατιστικό ή σχεδιαστικό πακέτο, μπορούν να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα από διάφορους χρήστες στο δίκτυο, χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάστασή τους σε καθέναν υπολογιστή ξεχωριστά.
  - *Ο διαμοιρασμός περιφερειακών συσκευών.* Όλα τα συστήματα ενός δικτύου μπορούν να χρησιμοποιούν οποιαδήποτε περιφερειακή συσκευή, όπως έναν έγχρωμο εκτυπωτή λέιζερ και ένα σαρωτή υψηλής ευκρίνειας.
  - *Ο διαμοιρασμός αρχείων.* Διάφορα κοινόχρηστα αρχεία μπορούν να αποθηκεύονται σε ένα μόνο υπολογιστή του δικτύου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόσβασή τους σε όλους τους υπολογιστές των ενδιαφερόμενων χρηστών.
- *Επικοινωνία και πληροφόρηση.* Οι υπηρεσίες του Διαδικτύου αποτελούν εύχρηστους και άμεσους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η οπτική τηλεδιάσκεψη και οι ειδήσεις είναι

σήμερα πραγματικότητα για εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Ταυτόχρονα παραδοσιακές και νέες πηγές πληροφόρησης, όπως οι εφημερίδες, η τηλεόραση, το ραδιόφωνο, τα περιοδικά, είναι διαθέσιμα στο Διαδίκτυο για τους συνδρομητές - χρήστες του.

Οι εφαρμογές που ήδη αναπτύσσονται στα δίκτυα νέων τεχνολογιών είναι πάρα πολλές και αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά αρκετούς τομείς της κοινωνικής και της οικονομικής δραστηριότητας. Αναλυτικότερα, μερικές τέτοιες εφαρμογές είναι:

- Η τηλεδιάσκεψη
- Η τηλεϊατρική
- Η τηλεεκπαίδευση
- Το ηλεκτρονικό εμπόριο
- Τα ψυχαγωγικά προγράμματα

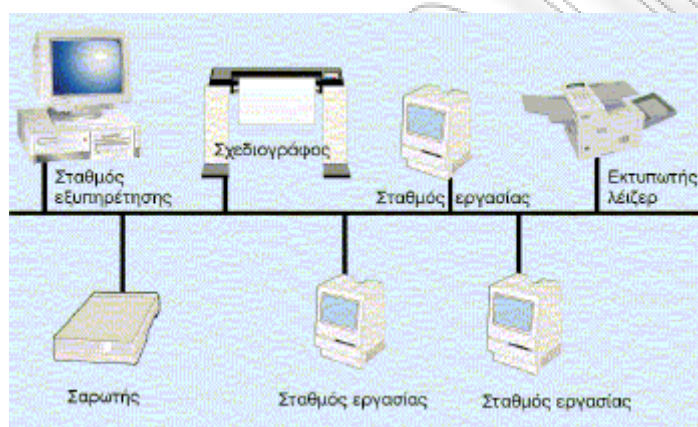
#### **4.2.4 Ανακεφαλαίωση**

Τα δίκτυα επικοινωνίας ηλεκτρονικών υπολογιστών ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Ένα δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών αποτελείται από τα στοιχεία που επικοινωνούν μεταξύ τους, το υλικό (πληροφορία) που ανταλλάσσουν τα στοιχεία αυτά, καθώς και τις γραμμές επικοινωνίας μέσω των οποίων διακινείται η πληροφορία. Σε αυτή την ενότητα εξετάσαμε όλα τα επιμέρους στοιχεία που απαρτίζουν το δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών και ειδικότερα τους κόμβους, τα φυσικά μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται, τις διατάξεις διασύνδεσης και το λογισμικό διαχείρισης του δικτύου. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη ταξινόμηση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών σύμφωνα με ορισμένα καίρια χαρακτηριστικά τους.

## 4.3. Ενότητα 2: Υλικό Δικτύων

### 4.3.1 Τοπικά Δίκτυα

Τοπικά δίκτυα (LAN: Local Area Networks) ονομάζονται τα δίκτυα των οποίων η γεωγραφική κάλυψη είναι περιορισμένη. Ενσύρματα δίκτυα αυτής της κατηγορίας συνήθως δεν εκτείνονται πέρα από 100 km. Τα πρώτα τοπικά δίκτυα περιορίζονταν σε μήκος καλωδίωσης έως 20 km και έδιναν ρυθμούς μετάδοσης έως 16 Mbps. Μετέπειτα επεκτάθηκαν σε μήκος έως 100 km, δίνοντας ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως 100 Mbps. Με τις σημερινές τεχνολογίες οι ρυθμοί μετάδοσης υπερβαίνουν το 1 Gbps και τείνουν να φτάσουν τα 2 Gbps.



Σχήμα 4.11. Τοπικό δίκτυο

Τοπικό μπορεί να είναι το δίκτυο ενός ή περισσότερων δωματίων, ενός κτιρίου ή ακόμα και κοντινών κτιρίων. Για παράδειγμα, το δίκτυο μιας εταιρείας που διασυνδέει τις αποθήκες, το τμήμα παραγγελιών, το λογιστήριο και τις άλλες υπηρεσίες της στο ίδιο κτίριο αποτελεί ένα τοπικό δίκτυο. Τοπικά δίκτυα συγκροτούνται συνήθως ανάμεσα σε προσωπικούς υπολογιστές, χωρίς να αποκλείεται και ο συνδυασμός μεσαίων ή μεγάλων υπολογιστών. Το φυσικό μέσο μετάδοσης είναι συνήθως κάποιος τύπος χάλκινου καλωδίου (π.χ. ομοαξονικό, συνεστραμμένου ζεύγους) ή ακόμα και οπτικές ίνες. Το λειτουργικό σύστημα μπορεί να είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα δικτύου ή ένας συνδυασμός λειτουργικών συστημάτων με δικτυακές δυνατότητες ή επεκτάσεις. Οι υπολογιστές αυτοί μπορεί να

είναι οποιοδήποτε μεγέθους και ποικίλων δυνατοτήτων. Συνήθως, τα φυσικά μέσα μετάδοσης των τοπικών δικτύων είναι ιδιόκτητα.

Ενδεικτικά, ένα τοπικό δίκτυο θα μπορούσε να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Γεωγραφική κάλυψη: 0 - 100 km
- Αριθμός υπολογιστών: περίπου 1.000
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων: 1 Mbps - 1 Gbps
- Ρυθμός λαθών: 1 bit στα  $10^9$  bits
- Καθυστέρηση μετάδοσης: 1 - 100 ms
- Συντελεστής σύζευξης:  $0 < \alpha < < 1$

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο χαρακτηρισμός ενός δικτύου ως τοπικού δε συνεπάγεται αυτόματα και την ικανοποίηση όλων των τιμών των παραπάνω χαρακτηριστικών. Απλές μέθοδοι δρομολόγησης συναντώνται στα μεγαλύτερα τοπικά δίκτυα, που χρησιμοποιούν ειδικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές για τη διασύνδεσή τους, όπως διακοπτικά στοιχεία, δρομολογητές, γέφυρες και επαναλήπτες.

Πολλά πρότυπα τοπικών δικτύων έχουν αναπτυχθεί έως σήμερα, δύο όμως είναι τα κυριότερα, του *Ethernet* και του *Token Ring*.

### 4.3.2 Μητροπολιτικά Δίκτυα

*Μητροπολιτικά δίκτυα (MAN: Metropolitan Area Networks)* ονομάζονται τα δίκτυα των οποίων η γεωγραφική κάλυψη βρίσκεται στο ενδιάμεσο μεταξύ των τοπικών και των δικτύων ευρείας περιοχής. Προέκυψαν από την ανάγκη να καλυφθούν μεγάλες γεωγραφικά αποστάσεις με δίκτυα που έχουν χαρακτηριστικά τοπικών δικτύων, τουλάχιστον όσον αφορά το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων. Ενσύρματα δίκτυα αυτής της κατηγορίας δεν υπερβαίνουν σε μήκος εγκατεστημένης καλωδίωσης τα 200 km, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης μπορεί να κυμαίνονται από 56 Kbps έως 100

Mbps, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Συνήθως τα φυσικά μέσα μετάδοσης των μητροπολιτικών δικτύων είναι ιδιόκτητα.

Ενδεικτικά, ένα μητροπολιτικό δίκτυο θα μπορούσε να διαθέτει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Γεωγραφική κάλυψη: 100 - 200 km
- Αριθμός υπολογιστών: 5.000 - 10.000
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων: 100 Mbps
- Ρυθμός λαθών: 1 bit στα  $10^9$  bits
- Καθυστέρηση μετάδοσης: 1 - 100 ms
- Συντελεστής σύζευξης: περίπου 1 ( $0,1 < \alpha \ll 10$ )

Δύο είναι τα κυριότερα πρότυπα επικοινωνίας που αντιπροσωπεύουν τα μητροπολιτικά δίκτυα: το δίκτυο οπτικής διασύνδεσης καταναμημένων δεδομένων (*FDDI: Fiber Distributed Data Interface*) και το δίκτυο διπλού διαύλου καταναμημένης ουράς (*DQDB: Distributed Queue Dual Bus*). Όσον αφορά την τεχνολογία τους, τα δίκτυα *FDDI* τείνουν να αφομοιωθούν από τα τοπικά δίκτυα, ενώ τα δίκτυα *DQDB* από τα δίκτυα ευρείας περιοχής.

### 4.3.3 Δίκτυα Ευρείας Περιοχής

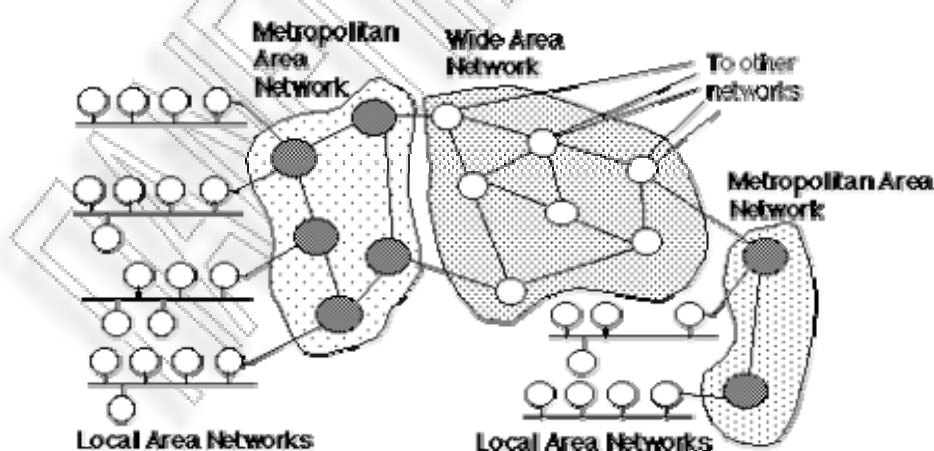
Δίκτυα ευρείας περιοχής (*WAN: Wide Area Networks*) ονομάζονται τα δίκτυα των οποίων η γεωγραφική κάλυψη υπερβαίνει τα 200 km, ενώ οι υπολογιστές που τα αποτελούν βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους. Τα δίκτυα αυτά είναι συνήθως υπεραστικά ή διεθνή. Οι ρυθμοί μετάδοσής τους διαβαθμίζονται ανάλογα με την τεχνολογία τους, σήμερα όμως ξεπερνούν τα 622 Mbps φτάνοντας και το 1 Gbps. Το πλήθος των υπολογιστών και των λειτουργικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο ευρείας περιοχής μπορεί να είναι τεράστιο, ενώ σε αρκετά εκατομμύρια ανέρχεται και ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν μέσω αυτού, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με το Διαδίκτυο. Σε ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να ενώνονται άλλα μικρότερα δίκτυα ευρείας περιοχής,

μητροπολιτικά δίκτυα, τοπικά δίκτυα και αυτόνομοι υπολογιστές. Για τη διασύνδεση δύο ή περισσότερων δικτύων χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές, όπως είναι οι δρομολογητές και οι καταναμητές.

Ενδεικτικά και κατά την ταξινόμηση του IEEE, τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου ευρείας περιοχής είναι τα ακόλουθα:

- Γεωγραφική κάλυψη:  $>200$  km
- Αριθμός υπολογιστών:  $>10.000$
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων:  $>1$  Mbps
- Ρυθμός λαθών: 1 bit στα  $10^6$  bits
- Καθυστέρηση μετάδοσης: 100 - 1.000 ms
- Συντελεστής σύζευξης:  $\alpha \gg 1$

Αρχικά ο εξοπλισμός διασύνδεσης και τα φυσικά μέσα σύνδεσης των δικτύων ευρείας περιοχής είχαν δημόσιο χαρακτήρα, σήμερα όμως αυτό δεν είναι απαραίτητο να ισχύει. Παραδείγματα δικτύων ευρείας περιοχής συνιστούν το τηλεφωνικό δίκτυο, άλλα δημόσια δίκτυα μεταφοράς δεδομένων, καθώς και το Διαδίκτυο.



**Σχήμα 4.12.** Χρήση μητροπολιτικού δικτύου που παρέχει κοινή πρόσβαση σε δίκτυο ευρείας περιοχής

#### 4.3.4 Ασύρματα Δίκτυα

Οι κινητοί υπολογιστές, όπως οι φορητοί υπολογιστές και οι προσωπικοί βοηθοί PDA (Personal Digital Assistants), αποτελούν τον πλέον γοργά αναπτυσσόμενο τομέα της βιομηχανίας των υπολογιστών. Πολλοί από τους ιδιοκτήτες αυτών των υπολογιστών διαθέτουν στο γραφείο τους επιτραπέζιες μηχανές συνδεδεμένες σε LAN ή σε WAN και επιθυμούν να είναι συνδεδεμένοι με τη βάση τους ακόμη και όταν απουσιάζουν ή βρίσκονται στο δρόμο. Εφόσον είναι αδύνατη η ενσύρματη σύνδεση μέσα σε αυτοκίνητα και αεροπλάνα, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για ασύρματα δίκτυα.

Τα ασύρματα δίκτυα έχουν πολλές χρήσεις. Μια συνηθισμένη είναι το φορητό γραφείο. Επίσης, τα ασύρματα δίκτυα είναι πολύτιμα για στόλους φορητών, ταξί, λεωφορεία ώστε να διατηρούν επαφή με τη βάση τους αλλά και για συνεργεία διάσωσης σε περιοχές που συνέβησαν καταστροφές, όπου το τηλεφωνικό σύστημα έχει καταστραφεί. Τέλος, τα ασύρματα δίκτυα είναι σημαντικά για το στρατό.

Αν και η ασύρματη δικτύωση και η υπολογιστική επεξεργασία εν κινήσει συχνά σχετίζονται δεν ταυτίζονται. Για παράδειγμα, αν ένας ταξιδιώτης συνδέει το φορητό υπολογιστή στη τηλεφωνική πρίζα ενός ξενοδοχείου, έχουμε κινητικότητα χωρίς ασύρματο δίκτυο. Από την άλλη πλευρά, κάποιοι ασύρματοι υπολογιστές δεν είναι φορητοί. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα εδώ είναι αυτό μιας εταιρείας που διαθέτει ένα παλιό κτίριο, το οποίο δεν έχει εγκατεστημένη δικτυακή καλωδίωση και θέλει να συνδέσει τους υπολογιστές της. Η εγκατάσταση ενός ασύρματου LAN ίσως να μην απαιτεί πολύ περισσότερα από την αγορά ενός μικρού κουτιού με κάποια ηλεκτρονικά και την εγκατάσταση μερικών κεραιών. Αυτή η λύση μπορεί να είναι φθηνότερη από το να καλωδιωθεί το κτίριο.

Υπάρχουν βέβαια και οι πραγματικά κινητές ασύρματες εφαρμογές. Για παράδειγμα, σε πολλά αεροδρόμια οι υπάλληλοι που παραλαμβάνουν τα ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα δουλεύουν στους χώρους στάθμευσης με ασύρματους φορητούς υπολογιστές.



Τα ασύρματα δίκτυα εμφανίζονται με πολλές μορφές. Μερικά πανεπιστήμια εγκαθιστούν κεραιές σε όλη την έκταση των εγκαταστάσεών τους, ώστε να μπορούν οι φοιτητές από οπουδήποτε κι αν βρίσκονται να συμβουλευονται τους καταλόγους της βιβλιοθήκης. Οι υπολογιστές εδώ επικοινωνούν άμεσα με τα ασύρματα LAN σε ψηφιακή μορφή. Τέλος, είναι δυνατό να έχουμε διαφορετικούς συνδυασμούς ασύρματης και ενσύρματης δικτύωσης.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι στην ενσύρματη πρόσβαση δίνεται έμφαση στην ταχύτητα και οι τεχνολογίες που ανήκουν εδώ είναι: η Dial up, ISDN, ADSL, ATM, τα Optical Networks καθώς και άλλες. Εν αντιθέσει οι τεχνολογίες που υπάρχουν στην ασύρματη πρόσβαση είναι: η κινητή τηλεφωνία, η ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση όπως το Bluetooth, η ψηφιακή τηλεόραση καθώς και άλλες.

Ασύρματη	Κινητή	Εφαρμογές
Όχι	Όχι	Στάσιμοι σταθμοί εργασίας στα γραφεία
Όχι	Ναι	Χρήση φορητού υπολογιστή στο ξενοδοχείο Συντήρηση τραίνου
Ναι	Όχι	Τα LAN σε παλαιότερα κτίρια, χωρίς καλωδίωση
Ναι	Ναι	Κινητό γραφείο, PDA για απογραφή αποθεμάτων

**Πίνακας 4.1.** Συνδυασμοί ασύρματων δικτύων και υπολογιστικής επεξεργασίας εν κινήσει

#### 4.3.5 Διαδίκτυα

Υπάρχουν πολλά δίκτυα στον κόσμο συχνά με διαφορετικό υλικό και λογισμικό. Αυτοί που έχουν συνδεθεί σε δίκτυο συχνά θέλουν να επικοινωνήσουν με άλλους συνδεδεμένους σε ένα διαφορετικό δίκτυο. Η επιθυμία αυτή απαιτεί τη σύνδεση διαφορετικών και συχνά ασύμβατων δικτύων χρησιμοποιώντας μερικές φορές μηχανές, που αποκαλούνται *πύλες (gateways)*, για τη διασύνδεση και την απαραίτητη μετάφραση, τόσο για το υλικό όσο και το λογισμικό. Ένα σύνολο διασυνδεδεμένων

δικτύων ονομάζεται *Διαδίκτυο*. Ένα Διαδίκτυο σχηματίζεται όταν διασυνδέονται ξεχωριστά δίκτυα. Η σύνδεση ενός LAN και ενός WAN ή η διασύνδεση δύο LAN σχηματίζει ένα Διαδίκτυο.

#### **4.3.6 Ανακεφαλαίωση**

Τρεις είναι οι κύριες μορφές δικτύων της ταξινόμησης ως προς τη γεωγραφική κάλυψη: τα τοπικά δίκτυα, τα μητροπολιτικά δίκτυα και τα δίκτυα ευρείας περιοχής. Η ταξινόμηση αυτή οφείλεται στο *IEEE*. Τα τοπικά δίκτυα στην αρχή περιορίζονταν σε μήκος καλωδίωσης έως 20 km και έδιναν ρυθμούς μετάδοσης έως 16 Mbps. Μετέπειτα επεκτάθηκαν σε μήκος έως 100 km, δίνοντας ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως 100 Mbps. Με τις σημερινές τεχνολογίες οι ρυθμοί μετάδοσης υπερβαίνουν το 1 Gbps και τείνουν να φτάσουν τα 2 Gbps. Η γεωγραφική κάλυψη των μητροπολιτικών δικτύων βρίσκεται στο ενδιάμεσο μεταξύ των τοπικών και των δικτύων ευρείας περιοχής. Η γεωγραφική κάλυψη των δικτύων ευρείας περιοχής υπερβαίνει τα 200 km, ενώ οι υπολογιστές που τα αποτελούν βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους. Τα δίκτυα αυτά είναι συνήθως υπεραστικά ή διεθνή. Τέλος, εξετάστηκαν τα ασύρματα δίκτυα και οι εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς της ζωής μας.

## 4.4. Ενότητα 3: Λογισμικό Δικτύων

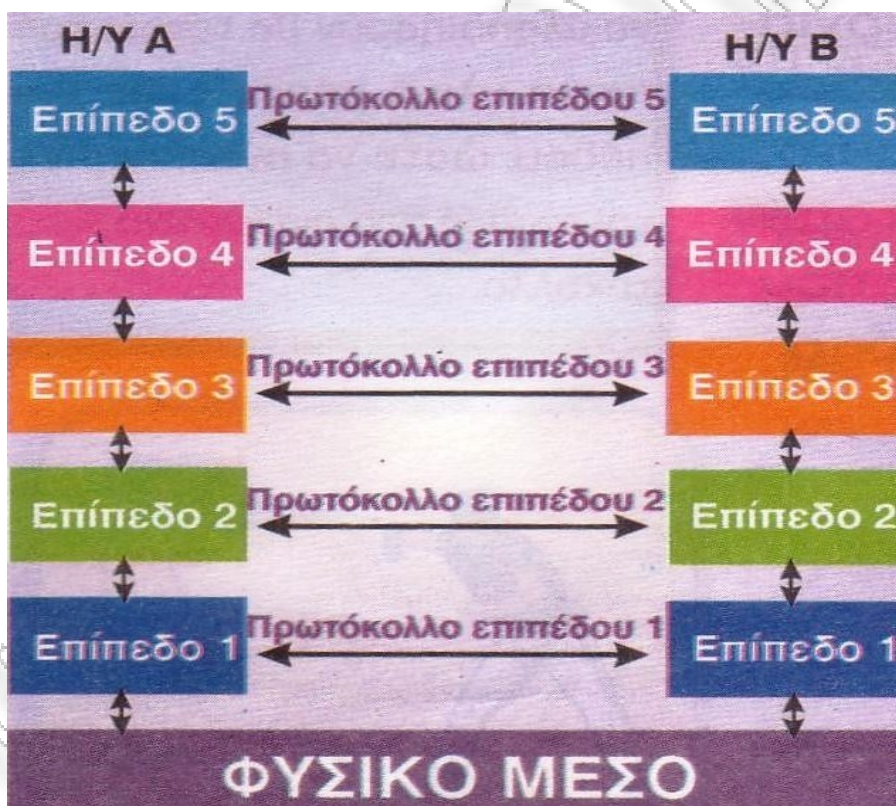
### 4.4.1 Πρωτόκολλα επικοινωνίας

Η επικοινωνία στα δίκτυα καθορίζεται από κανόνες που υπάρχουν και ενεργοποιούνται κατά τη σύνδεση δύο ή περισσότερων χρηστών. Κανόνες εξάλλου χρησιμοποιούνται σε όλες τις μορφές επικοινωνίας. Όταν οι άνθρωποι μιλούν, διαβάζουν, βλέπουν ή ακούν, τότε επικοινωνούν μεταξύ τους υιοθετώντας κανόνες, ώστε να μπορούν όλοι οι συμμετέχοντες να παρακολουθούν. Για παράδειγμα, σε ένα διεθνές συνέδριο ένας τέτοιος κανόνας επικοινωνίας είναι η χρήση μιας συγκεκριμένης γλώσσας. Με τον ίδιο τρόπο, προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, θα πρέπει να υιοθετήσουν κάποιους κανόνες ή παραδοχές, που λέγονται πρωτόκολλα επικοινωνίας. Επομένως, ένα *πρωτόκολλο (protocol) επικοινωνίας* είναι ένα σύνολο κανόνων ή παραδοχών που πρέπει να ακολουθήσουν δύο τουλάχιστον υπολογιστές προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Το σύνολο των επιπέδων και των πρωτοκόλλων αποτελεί την *αρχιτεκτονική του δικτύου (network architecture)*.

#### 4.4.1.1 Ιεραρχία πρωτοκόλλων

Τα δίκτυα οργανώνονται σε επίπεδα προκειμένου να μειωθεί η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού τους. Έτσι, όταν λέμε ότι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές επικοινωνούν, στην ουσία εννοούμε ότι αυτό επιτυγχάνεται λόγω της επικοινωνίας των αντίστοιχων επιπέδων τους. Δηλαδή, αν κάποιο δίκτυο έχει οργανωθεί σε η επίπεδα, τότε κάθε επίπεδο του ενός υπολογιστή επικοινωνεί με το αντίστοιχο επίπεδο του άλλου υπολογιστή, με κοινό σκοπό να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται, για να λειτουργήσει αυτή η επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων επιπέδων των δύο υπολογιστών, αποτελούν το πρωτόκολλο του συγκεκριμένου επιπέδου. Για παράδειγμα, προκειμένου να επικοινωνήσει το επίπεδο  $k$  του ενός υπολογιστή με το επίπεδο  $k$  του άλλου υπολογιστή, χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο του επιπέδου  $k$ .

Το σχήμα 4.13 μας δείχνει τη σχέση μεταξύ επιπέδων και πρωτοκόλλων σε ένα δίκτυο του οποίου η επικοινωνία βασίζεται σε πέντε επίπεδα. Τα αντίστοιχα επίπεδα σε κάθε υπολογιστή ονομάζονται ομότιμα, ενώ οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτά ονομάζονται ομότιμες διεργασίες. Τα ομότιμα επίπεδα επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Το πρωτόκολλο ενός επιπέδου δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένο. Πολλές φορές σε ένα επίπεδο χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα πρωτόκολλα, ανάλογα με την υπηρεσία που το επίπεδο αυτό είναι προγραμματισμένο να προσφέρει στο ανώτερο επίπεδο.



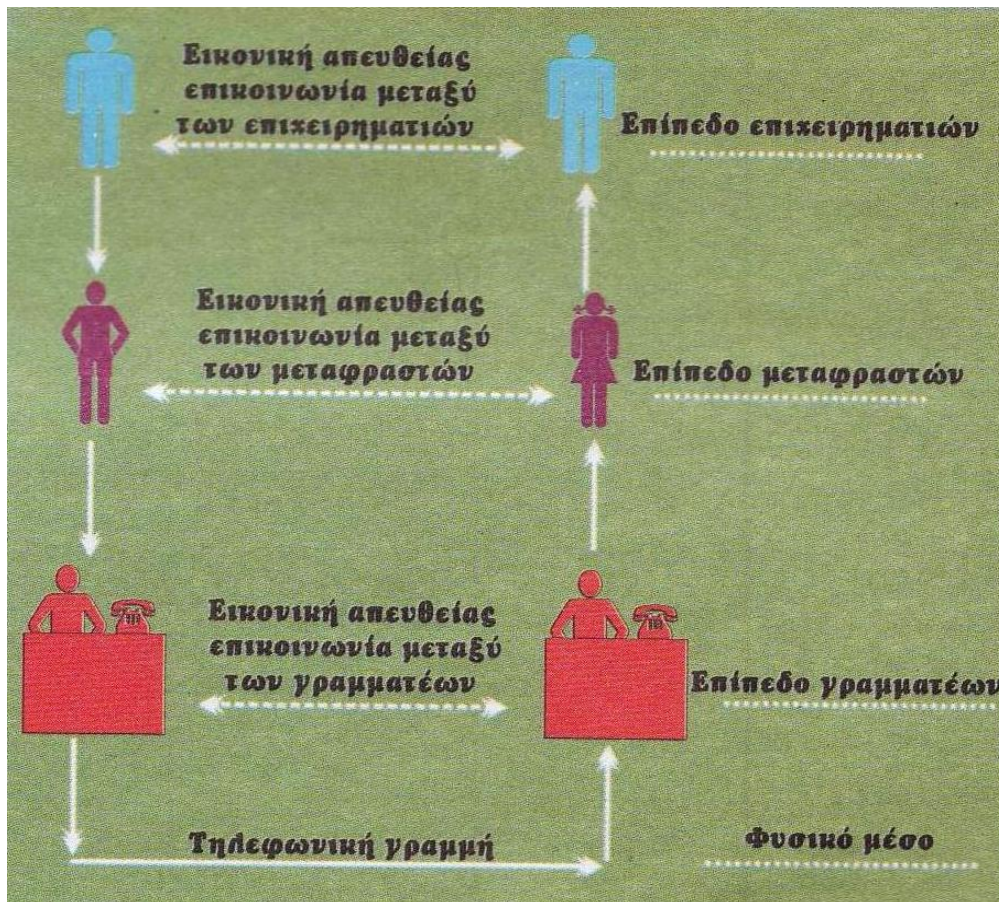
Σχήμα 4.13. Δίκτυο πέντε επιπέδων

### Παράδειγμα 1

Έστω όχι δύο επιχειρηματίες, ένας Κινέζος και ένας Έλληνας, που βρίσκεται ο καθένας στη χώρα του, θέλουν να επικοινωνήσουν τηλεφωνικά, για να συνεργαστούν

(σχήμα 4.14). Έστω επίσης ότι κανένας από αυτούς δε μιλά άλλη γλώσσα εκτός από τη μητρική του. Οι δύο επιχειρηματίες αποτελούν το 3ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο επιχειρηματιών). Ο μόνος τρόπος να επικοινωνήσουν είναι μέσω μεταφραστών. Ο Κινέζος προσλαμβάνει ένα μεταφραστή που μιλά κινέζικα, αγγλικά και γαλλικά, ενώ ο Έλληνας προσλαμβάνει κάποιον που μιλά ελληνικά, αγγλικά και γαλλικά. Οι δύο μεταφραστές συμφωνούν να επικοινωνούν μέσω της αγγλικής γλώσσας. Αυτοί αποτελούν το 2ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο μεταφραστών). Κάθε φορά που ένας μεταφραστής παίρνει ένα μήνυμα από τον εργοδότη του, το μεταφράζει στα αγγλικά και παραδίδει το κείμενο στη γραμματέα προκειμένου αυτή να το προωθήσει μέσω του τηλεομοιοτυπικού μηχανήματος (fax) στην άλλη πλευρά. Οι γραμματείς αποτελούν το 1ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο γραμματέων). Αντίστροφα, όταν η γραμματέας λάβει ένα τηλεομοιοτυπικό μήνυμα, το παραδίδει στο μεταφραστή, ο οποίος το μεταφράζει από τα αγγλικά στη γλώσσα του εργοδότη του και του το παραδίδει. Έτσι επιτυγχάνουν τελικά οι δύο επιχειρηματίες να επικοινωνήσουν.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δύο επιχειρηματίες, δηλαδή το επίπεδο 3, επικοινωνούν μεταξύ τους απευθείας αλλά εικονικά, όπως δείχνει το σχήμα 4.14, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τους μεταφραστές και τις γραμματείς, δηλαδή τα επίπεδα 2 και 1 αντίστοιχα. Από τα ανωτέρω είναι φανερό ότι, στην πραγματικότητα, η επικοινωνία μεταξύ των ομότιμων μερών δε γίνεται απευθείας, αλλά ακολουθεί τη ροή του σχήματος. Η πραγματική επικοινωνία γίνεται από το φυσικό μέσο από το οποίο μεταφέρονται οι πληροφορίες, δηλαδή τα τηλεφωνικά καλώδια.



Σχήμα 4.14. Επικοινωνία επιχειρηματιών

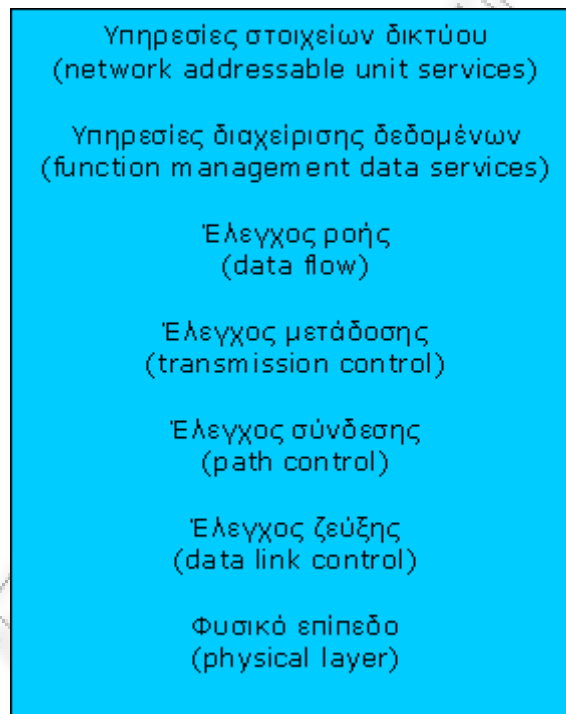
#### 4.4.1.2 Τύποι πρωτοκόλλων

Υπάρχουν αρκετές κατηγορίες πρωτοκόλλων, οι σπουδαιότερες των οποίων μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

- Πρωτόκολλα που αναπτύσσονται και υποστηρίζονται από τους κατασκευαστές για ειδικά συστήματα. Ορισμένα τέτοια πρωτόκολλα είναι τα εξής:
  - SNA

Η αρχιτεκτονική SNA (System Network Architecture) αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970 από την IBM, με σκοπό να εξυπηρετήσει τις επικοινωνίες μεταξύ υπολογιστών - σταθμών εξυπηρέτησης και υπολογιστών

- τερματικών, σύμφωνα με το σχήμα πελάτης - εξυπηρέτηση. Από τότε βελτιώθηκε, έτσι ώστε να καλύπτει και τις ανάγκες των ομοτίμων. Η αρχιτεκτονική SNA οργανώθηκε σε επτά επίπεδα και αποτέλεσε, όπως θα δούμε αργότερα αναλυτικά, το πρότυπο επάνω στο οποίο στηρίχθηκε και η αρχιτεκτονική OSI (Open System Interconnection) του ISO (International Standards Organization). Η ονομασία των 7 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 4.15.

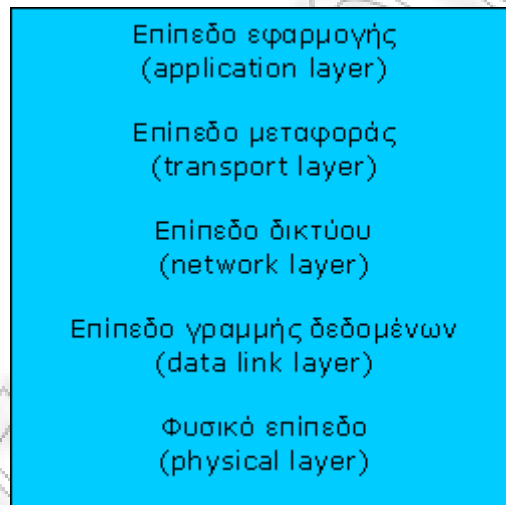


**Σχήμα 4.15.** Η αρχιτεκτονική SNA

- NetWare

*Η αρχιτεκτονική NetWare αναπτύχθηκε από την Novell Corporation και στα τέλη της δεκαετίας του 1980 - αρχές της δεκαετίας του 1990 υπήρξε η πιο δημοφιλής αρχιτεκτονική τοπικών δικτύων. Σχεδιάστηκε με σκοπό να αντικαταστήσει τα μεγάλα συστήματα κατανεμημένης επεξεργασίας των οργανισμών με δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για το λόγο αυτό κάποιοι ισχυρότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, που έχουν το ρόλο των σταθμών εξυπηρέτησης, παρέχουν ποικίλες υπηρεσίες σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές -*

πελάτες, όπως υπηρεσίες αρχείων και υπηρεσίες βάσεων δεδομένων. Η αρχιτεκτονική *NetWare* οργανώθηκε σε πέντε επίπεδα, για να καλύψει τις ανάγκες επικοινωνίας των υπολογιστών που συνδέονται σε ένα τοπικό δίκτυο. Συγκρίνοντας την αρχιτεκτονική *NetWare* με το μοντέλο αναφοράς *OSI* και το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, τις δύο σημαντικότερες αρχιτεκτονικές που θα μελετηθούν αναλυτικά στα παρακάτω μαθήματα, παρατηρείται μια ομοιότητα του μοντέλου *NetWare* με το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, τουλάχιστον όσον αφορά το πλήθος των επιπέδων. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το μοντέλο αναφοράς *NetWare* προηγείται χρονικά του *OSI* και προφανώς δε στηρίζεται σε αυτό, όπως άλλα μεταγενέστερα μοντέλα αναφοράς. Η ονομασία των 5 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 4.16.



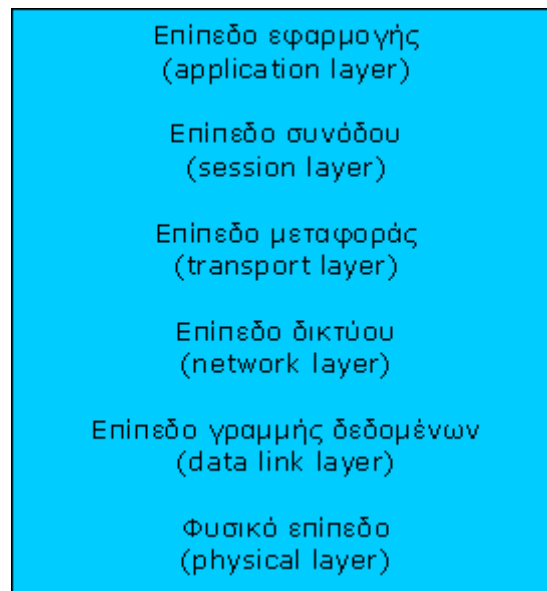
Σχήμα 4.16. Η αρχιτεκτονική *NetWare*

- **AppleTalk**

Η αρχιτεκτονική *AppleTalk* αναπτύχθηκε από την εταιρεία *Apple*. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία των ανοικτών συστημάτων, που θέλει τους υπολογιστές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από το λειτουργικό τους σύστημα και τη στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούν, η αρχιτεκτονική *AppleTalk* έχει σκοπό τη διασύνδεση των υπολογιστών της *Macintosh* τόσο μεταξύ τους όσο και με τα δίκτυα άλλων κατασκευαστών. Η *Apple*, στα πρότυπα του μοντέλου



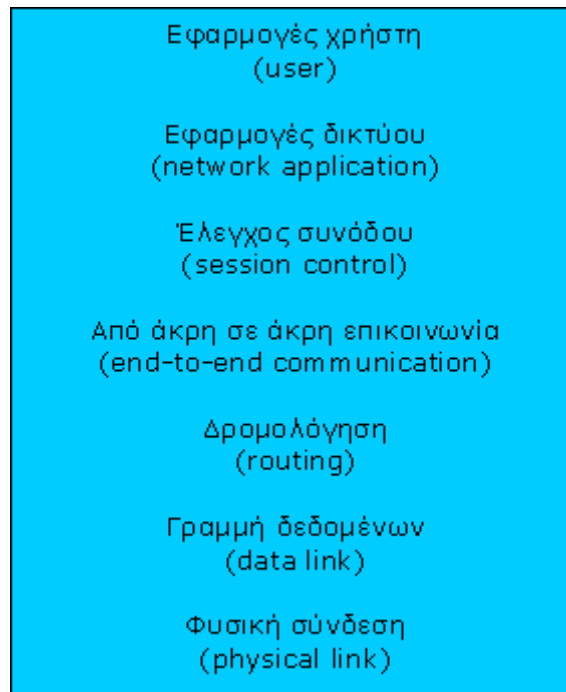
επιπέδων, ανέπτυξε το μοντέλο αναφοράς *AppleTalk*, το οποίο οργανώθηκε σε έξι επίπεδα. Η ονομασία των 6 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 4.17.



**Σχήμα 4.17.** Η αρχιτεκτονική AppleTalk

- DNA

*DECnet* (Digital Equipment Corporation NETwork) είναι το όνομα των δικτύων της ομώνυμης εταιρείας κατασκευής τους και *DNA* είναι το μοντέλο αναφοράς που χρησιμοποιούν τα εν λόγω δίκτυα, για να επικοινωνήσουν. Η λειτουργία του μοντέλου βασίζεται σε ένα σύστημα επτά επιπέδων κατά το πρότυπο του *OSI*. Η αρχιτεκτονική *DNA* είναι από τις τελευταίες που αναπτύχθηκαν. Είναι ένα εξελίξιμο μοντέλο και έχει εμφανιστεί ως τώρα σε διάφορες εκδόσεις. Η έκδοση IV του *DNA* οργανώθηκε σε επτά επίπεδα, ενώ η έκδοση V έχει πλήρως υιοθετήσει το μοντέλο αναφοράς *OSI*, το οποίο θα εξετάσουμε αναλυτικά σε επόμενη ενότητα. Η ονομασία των 7 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 4.18.



**Σχήμα 4.18.** Η αρχιτεκτονική DNA

- Πρωτόκολλα για δημόσια και ελεύθερη χρήση που αναπτύσσονται και διατίθενται δωρεάν.
- Πρωτόκολλα που αναπτύσσονται από διεθνείς οργανισμούς, όπως είναι ο *ISO* (*International Standards Organization*), η *ITU* (*International Telecommunications Union*) και το *IEEE*, με στόχο να προωθήσουν διεθνή και κοινώς αποδεκτά πρωτόκολλα.

Συμπερασματικά, η ταξινόμηση των πρωτοκόλλων περιλαμβάνει τα εξής:

- *Σχήμα πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης* (*client - server*) και *ομότιμα* (*peer to peer*) πρωτόκολλα. Στην πρώτη περίπτωση ο σταθμός εξυπηρέτησης έχει τον έλεγχο της επικοινωνίας. Μόλις επιτευχθεί η επικοινωνία, αυτός είναι υπεύθυνος για τη γραμμή επικοινωνίας και τη μεταφορά των δεδομένων. Αντίθετα, στα ομότιμα πρωτόκολλα δεν υπάρχει αυτή η έννοια του ελέγχου.
- *Πρωτόκολλα χωρίς σύνδεση* (*connectionless*), *πρωτόκολλα με σύνδεση* (*connection oriented*) και *πρωτόκολλα «στείλε και προσευχήσου»* (*send and pray*). Τα πρωτόκολλα αυτά αντιστοιχούν στους ποικίλους τρόπους με τους οποίους η

πληροφορία μεταφέρεται μεταξύ των χρηστών. Η διαφορά τους έγκειται κυρίως στο διαφορετικό βαθμό αξιοπιστίας της μετάδοσης των δεδομένων.

- *Συγχρονισμένα και ασυγχρόνιστα πρωτόκολλα (synchronous, asynchronous).* Στα ασυγχρόνιστα πρωτόκολλα τα δεδομένα μεταδίδονται ανά ένα δυαδικό ψηφίο στη μονάδα του χρόνου. Στα συγχρονισμένα πρωτόκολλα μια ομάδα από δυαδικά ψηφία μεταδίδεται συνεχώς και ο δέκτης συγχρονίζεται με τον πομπό, ώστε να δεχτεί τα δεδομένα.
- *Ιεραρχημένα και μονολιθικά πρωτόκολλα.* Τα ιεραρχημένα βασίζονται σε σύγχρονες αρχιτεκτονικές και ακολουθούν το πρότυπο της αυστηρής ιεραρχίας του μοντέλου *OSI*. Αντίθετα, τα μονολιθικά είναι πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν ένα μόνο επίπεδο, περιοριζόμενα στην αυστηρώς απαραίτητη λειτουργία που χρειάζονται.
- *Βαριά και ελαφριά πρωτόκολλα (heavy, light).* Τα βαριά πρωτόκολλα είναι αυτά που παρέχουν ένα ευρύ πλήθος λειτουργιών, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καθυστερήσεις στη μετάδοση των δεδομένων. Αντίθετα, τα ελαφριά πρωτόκολλα διαθέτουν ελάχιστες λειτουργίες, αλλά δε δημιουργούνται καθυστερήσεις στη μετάδοση των δεδομένων.

#### **4.4.1.3 Μεταφορά δεδομένων μέσω πρωτοκόλλων**

Όταν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους, υπάρχει πάντα η πιθανότητα μερικές από τις πληροφορίες που ανταλλάσσουν να χαθούν ή να αλλοιωθούν. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι υπεύθυνα για να ανιχνεύουν την απώλεια ή την αλλοίωση και να αποκαθιστούν τη βλάβη κατά περίπτωση. Συνήθως, όταν ένας υπολογιστής στέλνει πακέτα δεδομένων σε έναν άλλο υπολογιστή, ο δέκτης επιβεβαιώνει τη λήψη των πακέτων στέλνοντας στον αποστολέα μια επιβεβαίωση λήψης (ACK: Acknowledgment). Στην περίπτωση που ένα πακέτο χαθεί, τότε ο αποστολέας λαμβάνει αρνητική επιβεβαίωση (NACK: Not Acknowledgment), οπότε και ξαναστέλνει το πακέτο.

Και οι δύο περιπτώσεις αφορούν την αποστολή ενός σήματος από το δέκτη στον αποστολέα ότι έλαβε (ACK) ή δεν έλαβε (NACK) κάποιο συγκεκριμένο πακέτο, αν βέβαια ανιχνεύσει την απώλεια ή την εσφαλμένη λήψη δεδομένων. Σημειώνεται ότι

είναι δυνατόν η μη λήψη επιβεβαίωσης για κάποιο πακέτο εντός ορισμένου χρονικού διαστήματος να ισοδυναμεί με αρνητική επιβεβαίωση. Βέβαια υπάρχουν τεχνικές που διορθώνουν τις απώλειες και τα λάθη, χωρίς να ακολουθείται αυτή η διαδικασία επιβεβαίωσης από το δέκτη. Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται σε δίκτυα στα οποία διαπιστώνεται υψηλή συχνότητα λάθους, της τάξης του  $10^{-5}$ , δηλαδή του 1 στα  $10^5$  δυαδικά ψηφία περίπου.

Τα πρωτόκολλα που επιστρατεύονται, για να αναμεταδώσουν τα δεδομένα που χάθηκαν ή αλλοιώθηκαν, ποικίλλουν ανάλογα με την ποιότητα του καναλιού μετάδοσης.

#### **4.4.1.4 Λειτουργίες πρωτοκόλλων**

Αν και κάθε πρωτόκολλο επικοινωνίας διαθέτει το δικό του σύνολο κανόνων, οι βασικές λειτουργίες που αναπτύσσει έχουν ομαδοποιηθεί και σαφώς καθορίζεται ως ακολούθως:

- ✓ Κατάτμηση μηνυμάτων
- ✓ Επανασύνθεση
- ✓ Ενθυλάκωση
- ✓ Έλεγχος σύνδεσης
- ✓ Έλεγχος ροής
- ✓ Έλεγχος σφαλμάτων
- ✓ Τμηματοποίηση
- ✓ Διευθυνσιοδότηση
- ✓ Προτεραιότητα διεκπεραίωσης
- ✓ Ασφάλεια

Οι διακριτές αυτές λειτουργίες θα αναπτυχθούν στη συνέχεια λεπτομερέστερα, ώστε να γίνει αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο εξασφαλίζεται η επικοινωνία.

- Κατάτμηση μηνυμάτων

Οι πληροφορίες που στέλνονται από έναν υπολογιστή σε κάποιον άλλο χωρίζονται σε μικρότερες ομάδες δεδομένων, το μέγεθος των οποίων ποικίλλει. Αυτές οι τεμαχισμένες πληροφορίες ονομάζονται *μονάδες δεδομένων πρωτοκόλλου (PDUs: Protocol Data Units)*, ενώ η λειτουργία τεμαχισμού ονομάζεται *κατάτμηση (segmentation ή fragmentation)* μηνυμάτων. Το μέγεθος των PDUs μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το δίκτυο, το πρωτόκολλο επικοινωνίας ή και την επιμέρους συμφωνία των χρηστών. Για παράδειγμα, ένα πρωτόκολλο μπορεί να ορίζει το μέγεθος της PDU σε 8.000 χαρακτήρες, όμως ένας χρήστης μπορεί να το περιορίσει στο μέγεθος ενός τυπικού πακέτου, δηλαδή σε 1.000 περίπου χαρακτήρες. Η κατάτμηση πραγματοποιείται για διάφορους λόγους, όπως είναι:

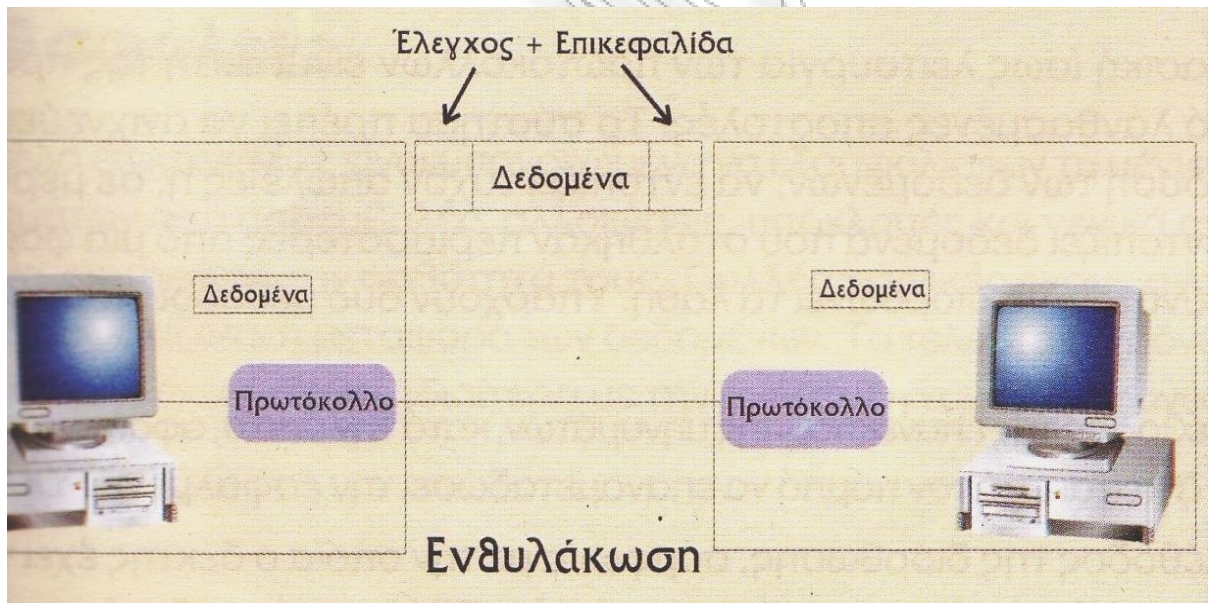
- ✓ Ο ευκολότερος έλεγχος της μετάδοσης των δεδομένων.
- ✓ Η σαφώς καλύτερη συνολική απόδοση του δικτύου, ειδικότερα στις περιπτώσεις δικτύων πολλαπλής πρόσβασης με μικρό μέγεθος PDU.
- ✓ Η συμβατότητα με το υλικό, τα ποικίλα λειτουργικά συστήματα και τα διεθνή πρότυπα.
- ✓ Η ευκολότερη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων που παρουσιάζονται κατά τη μετάδοση των δεδομένων ή κατά την επαναμετάδοση των λανθασμένων PDUs.
- ✓ Η ανάγκη για μικρή παρουσία των PDUs στο κανάλι επικοινωνίας. Σημειώνεται ότι το μέγεθος των PDUs παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του καναλιού επικοινωνίας, ενώ ο ακριβής καθορισμός του αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης.

- Επανασύνθεση

Η *επανασύνθεση (re-assembly)* είναι η αντίθετη λειτουργία της κατάτμησης. Οι PDUs του ίδιου μηνύματος, μέσω ειδικών λειτουργιών, επανασυντίθενται, όταν φθάσουν στον προορισμό τους, προκειμένου να δημιουργήσουν το αρχικό μήνυμα.

- Ενθυλάκωση

Μια πρόσθετη λειτουργία των πρωτοκόλλων αφορά την *ενθυλάκωση (encapsulation)* όπου στα προς μετάδοση δεδομένα προστίθενται οι αναγκαίες πληροφορίες ελέγχου υπό μορφή περιβλήματος δημιουργώντας έτσι τα πακέτα. Όμως είναι δυνατό ολόκληρα πακέτα να ενθυλακώνονται, να ενσωματώνονται δηλαδή σε άλλα μεγαλύτερα πακέτα για να είναι δυνατή η μεταφορά τους από συγκεκριμένου τύπου πρωτόκολλα ή δίκτυα. Σε αναλογία βρίσκεται η μεταφορά ενός οχήματος, που αδυνατεί να μετακινηθεί μόνο του, γιατί χάλασε, τοποθετημένου πάνω στην πλατφόρμα ενός οχήματος οδικής βοήθειας. Άλλο παράδειγμα είναι η μεταφορά ενός οχήματος με τη βοήθεια ενός οχηματογωγού πλοίου για να μετακινηθεί μέσα από μια θαλάσσια οδό!



Σχήμα 4.19. Ενθυλάκωση δεδομένων

- Έλεγχος σύνδεσης

Η λειτουργία *ελέγχου σύνδεσης* (*connection control*) των πρωτοκόλλων περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ δύο υπολογιστών. Για την πραγματοποίηση της σύνδεσης ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- ✓ εγκατάσταση σύνδεσης,
- ✓ ανταλλαγή πληροφοριών,
- ✓ αποκατάσταση σύνδεσης σε περιπτώσεις σφαλμάτων ή άλλων διακοπών,
- ✓ τερματισμός και απενεργοποίηση της σύνδεσης.

- Έλεγχος ροής

Με τη λειτουργία του *ελέγχου ροής* (*flow control*) καθορίζεται ο ανώτατος ρυθμός μεταφοράς των δεδομένων στον παραλήπτη. Αναλυτικότερα, η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει τις διαδικασίες εκείνες σύμφωνα με τις οποίες η ροή των PDUs σταματά ή περιορίζεται, όταν ο δέκτης έχει γεμίσει από πακέτα και δεν είναι σε θέση να δεχτεί άλλα. Οι συνηθέστερες τεχνικές ελέγχου ροής είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Η τεχνική σύμφωνα με την οποία ο δέκτης πρέπει πρώτα να επιβεβαιώσει την ορθή λήψη ενός πακέτου, πριν ο πομπός στείλει το επόμενο πακέτο (*stop and wait ARQ*).
- ✓ Η τεχνική του παραθύρου, σύμφωνα με την οποία ο πομπός αποστέλλει έναν ορισμένο αριθμό πακέτων χωρίς να περιμένει επιβεβαίωση σωστής λήψης από το δέκτη.
- ✓ Η τεχνική σύμφωνα με την οποία ο δέκτης στέλνει αρνητική απάντηση ή δεν απαντά στην κλήση του πομπού.

- Έλεγχος σφαλμάτων

Η πιο βασική ίσως λειτουργία των πρωτοκόλλων είναι αυτή της προστασίας των PDUs από λανθασμένες αποστολές. Το σύστημα πρέπει να ανιχνεύει τις διακοπές στη

μετάδοση των δεδομένων, να εντοπίζει τυχόν απώλειες ή, σε μερικές περιπτώσεις, να εντοπίζει δεδομένα που στάλθηκαν περισσότερες από μία φορές και τέλος, αν είναι δυνατόν, να διορθώνει τα λάθη. Υπάρχουν δύο μέθοδοι διόρθωσης:

- ✓ Η μέθοδος της επανεκπομπής μηνυμάτων, κατά την οποία, αφού εντοπισθεί το σφάλμα, ζητείται από τον πομπό να επαναμεταδώσει την εσφαλμένη PDU (ARQ).
- ✓ Η μέθοδος της διόρθωσης, σύμφωνα με την οποία ο δέκτης έχει την ικανότητα να διορθώσει μόνος του την εσφαλμένη PDU, χωρίς να ζητήσει από τον πομπό να την ξαναστείλει (AEC).

- Τμηματοποίηση

Στη λειτουργία αυτή γίνεται η αριθμοδότηση των PDUs, ώστε αυτές να ληφθούν σωστά από το δέκτη. Αρκετά δίκτυα έχουν πολλές επιλογές διαδρομών τις οποίες μπορούν να ακολουθήσουν οι PDUs προκειμένου να φθάσουν στο δέκτη, αφού αυτές φτάνουν στο δέκτη με διαφορετική σειρά από αυτήν που έφυγαν από τον πομπό. Επομένως είναι ευθύνη των πρωτοκόλλων του δέκτη να επανασυναρμολογήσουν το αρχικό μήνυμα, τοποθετώντας τις PDUs στη σωστή σειρά.

- Διευθυνσιοδότηση

Κάθε υπολογιστής, για να επικοινωνήσει, πρέπει να είναι εφοδιασμένος με μία μοναδική διεύθυνση. Η διεύθυνση αυτή τον ξεχωρίζει από τους άλλους υπολογιστές, καθώς δείχνει ποιος στέλνει και ποιος λαμβάνει τις PDUs. Η πιο γνωστή μέθοδος διευθυνσιοδότησης είναι η IP, που χρησιμοποιείται από το Διαδίκτυο. Η διεύθυνση αυτή δίνει τη δυνατότητα στο Διαδίκτυο να παραδώσει σωστά τις PDUs που αντιστοιχούν σε κάθε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

- Προτεραιότητα διεκπεραίωσης

Είναι δυνατόν οι PDUs που μεταδίδονται να έχουν διαφορετική προτεραιότητα μετάδοσης. Αν κάποιες PDUs συμβαίνει να έχουν υψηλότερη προτεραιότητα διεκπεραίωσης από κάποιες άλλες, το δίκτυο είναι υποχρεωμένο να εξυπηρετήσει



πρώτα αυτές και σε δεύτερη φάση όσες έχουν χαμηλότερη προτεραιότητα. Τέτοια περίπτωση είναι η προτεραιότητα των μηνυμάτων του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, δηλαδή η αποστολή κάποιου ηλεκτρονικού μηνύματος με κανονική (*normal*), πολύ υψηλή (*higher*), ή πάρα πολύ υψηλή (*highest*) προτεραιότητα.

- Ασφάλεια

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι υποχρεωμένα να εξασφαλίσουν τη μέγιστη ασφάλεια των μηνυμάτων από παρεμβολές, αλλοιώσεις, υποκλοπές και γενικά από οτιδήποτε μπορεί να επηρεάσει την ορθότητα τους. Πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η μεταφορά των δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα σ' αυτό τον τομέα έχει ενταθεί, ιδιαίτερα με την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου (*e-commerce*).

- Συγχρονισμός

Σε μια συνεχή ροή δυαδικών ψηφίων οι δέκτες πρέπει να είναι σε θέση να καθορίζουν τη θέση του πρώτου δυαδικού ψηφίου, του πρώτου χαρακτήρα, του πρώτου πακέτου, καθώς και του πλαισίου (*PDU's*), έτσι ώστε να μπορούν να διαγράψουν την πρόσθετη πληροφορία (*overhead*) ελέγχου με την οποία επιβαρύνονται τα δεδομένα κατά τη δημιουργία του αρχικού μηνύματος.

## **4.4.2 Διεπαφές και Υπηρεσίες Δικτύων**

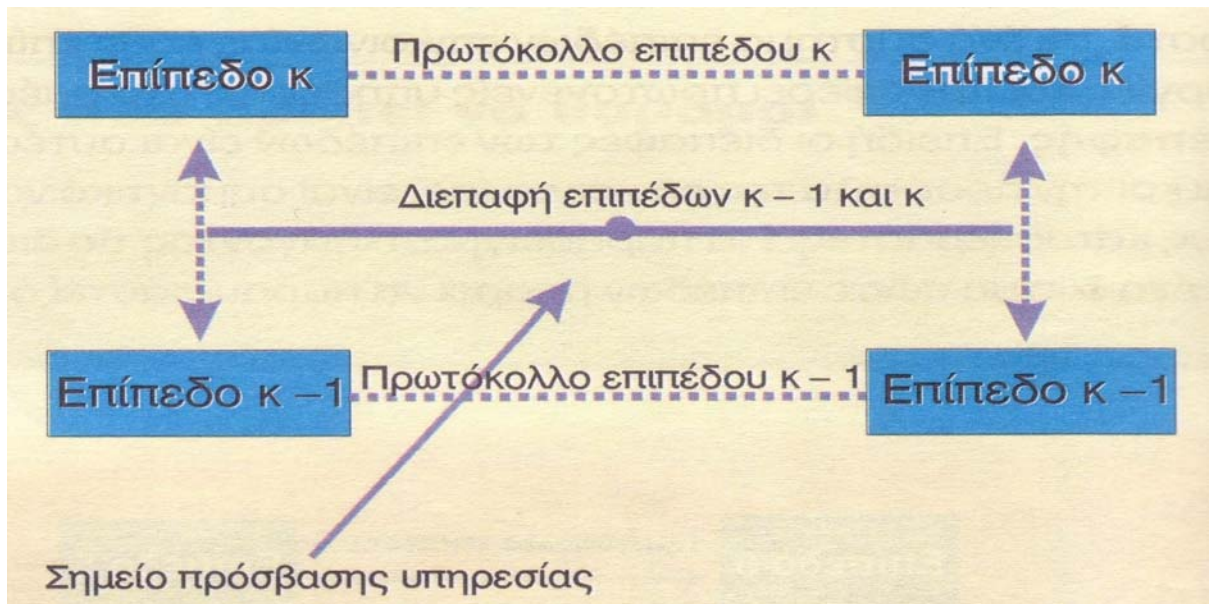
### **4.4.2.1 Διεπαφές**

Σε ένα σύστημα επιπέδων επικοινωνίας κάθε επίπεδο επιτελεί ορισμένες λειτουργίες και προσφέρει πρωτογενείς υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερο του μέσω μιας διεπαφής. Επειδή οι διεπαφές των επιπέδων είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα της επικοινωνίας, είναι σημαντικό να ορίζονται με ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Για παράδειγμα, εισάγοντας τις διεπαφές μεταξύ των επιπέδων, ένα δίκτυο πέντε επιπέδων μπορεί να παρουσιαστεί όπως στο σχήμα 4.20.



**Σχήμα 4.20.** Δίκτυο πέντε επιπέδων (επίπεδα - πρωτόκολλα - διεπαφές)

Όπως συνήθως συμβαίνει στα υπολογιστικά συστήματα, τα στοιχεία που καθορίζουν τη λειτουργία ενός επιπέδου είναι δύο ειδών: το υλικό, όπως είναι κάποιο κύκλωμα, και το λογισμικό, όπως είναι κάποιος κώδικας. Για να μπορεί ένα επίπεδο να προσφέρει τις υπηρεσίες του στο αμέσως ανώτερο του, είναι ενδεχόμενο να χρησιμοποιεί υπηρεσίες που του προσφέρονται από το αμέσως κατώτερο του. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από το ένα επίπεδο στο άλλο μπορούν να είναι διάφορων κατηγοριών, όπως, για παράδειγμα, ακριβή και γρήγορη επικοινωνία ή φτηνή και αργή. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.21, οι υπηρεσίες κάποιου επιπέδου στο αμέσως ανώτερο του προσφέρονται στα *σημεία πρόσβασης υπηρεσίας (SAPs: Service Access Protocol)*. Τα σημεία πρόσβασης της υπηρεσίας βρίσκονται επάνω στη διεπαφή των δύο επιπέδων.



Σχήμα 4.21. Σημεία πρόσβασης υπηρεσίας

#### 4.4.2.2 Υπηρεσίες

Ένα σύστημα επικοινωνίας χρειάζεται απαραίτητα μία τουλάχιστον υπηρεσία με σύνδεση. Η υπηρεσία αυτή είναι προγραμματισμένη να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα που στάλθηκαν από τον πομπό παραλήφθηκαν πράγματι από το δέκτη, δηλαδή ότι δεν υπήρξαν απώλειες δεδομένων για οποιονδήποτε λόγο. Σημειώνεται ότι η απώλεια δεδομένων κατά τη διέλευση τους μέσα από το δίκτυο, η οποία συμβαίνει είτε λόγω καταστροφής τους είτε λόγω ανεπανόρθωτα λανθασμένης λήψης τους, καθιστά μια υπηρεσία μη αξιόπιστη, δηλαδή χαρακτηρίζει την ποιότητα της. Επομένως, κάποιες υπηρεσίες θεωρούνται λιγότερο αξιόπιστες από κάποιες άλλες, ανάλογα με τον όγκο των δεδομένων που χάνουν. Οι πιο αξιόπιστες δε χάνουν ποτέ δεδομένα και συνήθως είναι αυτές που ο πομπός λαμβάνει μια επιβεβαίωση από το δέκτη ότι πράγματι έλαβε τα δεδομένα που εκείνος έστειλε. Όμως η συνεχής επιβεβαίωση λήψης δημιουργεί καθυστερήσεις, αφού αυξάνει την ποσότητα των δεδομένων που περιμένουν να μεταβιβαστούν από το ένα μέρος στο άλλο, μειώνοντας έτσι την απόδοση του όλου συστήματος επικοινωνίας. Οι πλεοναστικές αυτές πληροφορίες, αν και είναι πολύ χρήσιμες για την αξιόπιστη μετάδοση των πληροφοριών, στην πράξη όμως δεν ενδιαφέρουν το χρήστη.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται κάθε φορά από το ένα επίπεδο επικοινωνίας στο άλλο εξαρτώνται και από τις ανάγκες των χρηστών για αξιόπιστη επικοινωνία. Για παράδειγμα, κατά τη μεταφορά ενός αρχείου από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή σε έναν άλλο χρειαζόμαστε αξιόπιστη επικοινωνία, γιατί η απώλεια ακόμα και ελάχιστων δυαδικών ψηφίων ίσως να αποδειχτεί καταστροφική για την ολοκληρωμένη και σωστή μεταφορά του αρχείου. Στην περίπτωση όμως της οπτικής τηλεδιάσκεψης ή της τηλεφωνικής επικοινωνίας, η απώλεια κάποιων πλαισίων εικόνας ή κάποιων λέξεων, αντίστοιχα, δεν αποτελεί καταστροφή, αφού αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο είναι ο ρυθμός μετάδοσης και όχι η απόλυτη ακρίβεια των δεδομένων που μεταφέρονται.

Ένα επίπεδο μπορεί να προσφέρει στο ανώτερό του επίπεδο δύο ειδών υπηρεσίες:

- ✓ *προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (COSs: Connection Oriented Services) και*
- ✓ *μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (CLSs: ConnectionLess Services).*

Οι παραπάνω υπηρεσίες λειτουργούν και με ορισμένες παραλλαγές, που είναι οι ακόλουθες:

- ✓ *επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (ALSs: Acknowledged ConnectionLess Services) και*
- ✓ *ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (Unconfirmed Connection Oriented Services).*

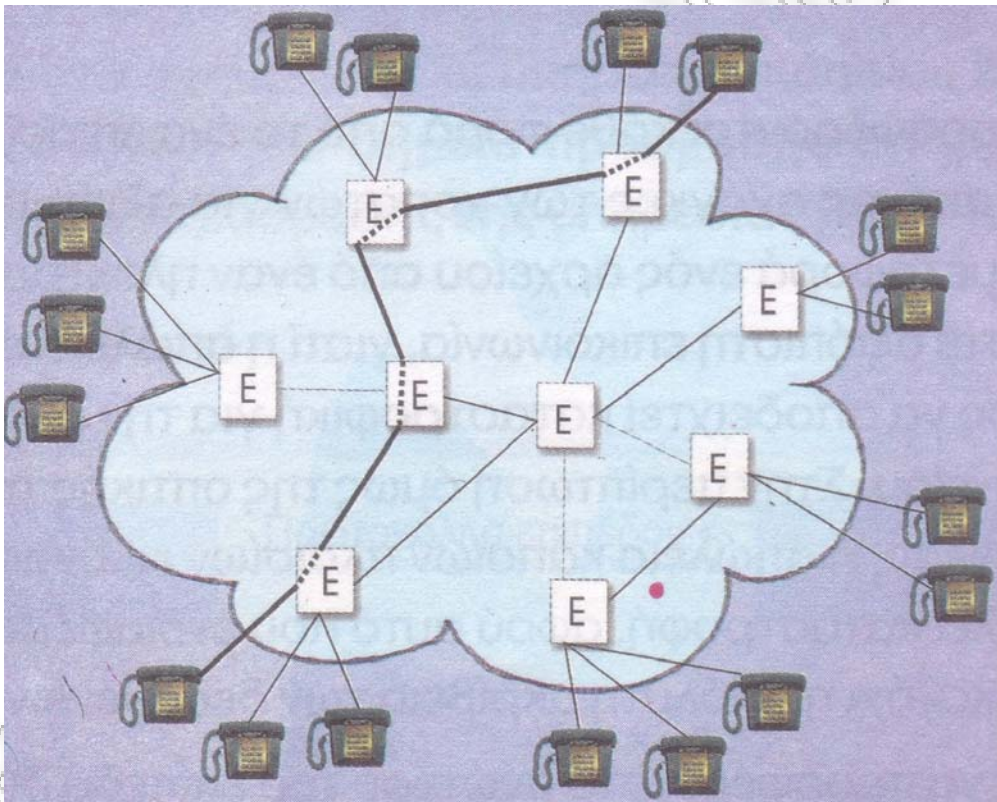
#### **4.4.2.3 Προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες**

Οι *προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (COSs: Connection Oriented Services)* διακρίνονται σε υπηρεσίες με **σύνδεση** και σε υπηρεσίες *νοητού κυκλώματος (virtual circuit)*. Οι υπηρεσίες αυτές βασίζονται στις αρχές του τηλεφωνικού συστήματος,

σύμφωνα με το οποίο, πριν αρχίσει η μετάδοση των δεδομένων, απαιτείται να έχει αποκατασταθεί η μεταξύ των δύο μερών σύνδεση με ένα κανάλι επικοινωνίας.

## Παράδειγμα 2

Παράδειγμα υπηρεσίας με σύνδεση είναι η πραγματοποίηση μιας τηλεφωνικής συνομιλίας (σχήμα 4.22). Η επικοινωνία μεταξύ των δυο συνομιλητών καθίσταται εφικτή, όταν εξασφαλιστεί η σύνδεση, από άκρο σε άκρο, όλων των επιμέρους τμημάτων της διαδρομής. Οι επιμέρους συνδέσεις παραμένουν ενεργές σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας, έστω και αν στην πράξη δε μεταδίδονται δεδομένα συνεχώς.



**Σχήμα 4.22.** Τηλεφωνική επικοινωνία προσανατολισμένη στη σύνδεση

#### 4.4.2.4 Μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (CLSs: *ConnectionLess Services*) δεν απαιτούν την εγκατάσταση κάποιας συγκεκριμένης από άκρο σε άκρο γραμμής επικοινωνίας. Οι υπηρεσίες αυτές έχουν βασιστεί στις αρχές του ταχυδρομικού συστήματος.

#### Παράδειγμα 3

Το δέμα που αποστέλλεται ταχυδρομικά σε κάποιον πρέπει να αναγράφει την πλήρη διεύθυνση του. Για να φτάσει στον παραλήπτη, ακολουθεί μια διαδρομή που δεν είναι απαραίτητο να είναι προκαθορισμένη από την αρχή, θα πρέπει όμως να είναι η όσο το δυνατόν συντομότερη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση μιας υπηρεσίας χωρίς σύνδεση. Το πακέτο δεδομένων πρέπει να εφοδιαστεί με τα στοιχεία διεύθυνσης του παραλήπτη και να αποσταλεί, χωρίς να είναι προκαθορισμένη η διαδρομή που θα ακολουθήσει.

Σημειώνεται ότι ο παραλήπτης δε γνωρίζει για την αποστολή του δέματος. Αν το δέμα χαθεί, ο μόνος που μπορεί να κάνει κάτι, για να μάθει αν έφτασε στον προορισμό του, είναι ο αποστολέας. Για να περιοριστούν λοιπόν οι απώλειες, θα πρέπει το δέμα να φέρει πλήρη στοιχεία με τη διεύθυνση του παραλήπτη.

Επιπλέον, στην περίπτωση των δικτύων θα πρέπει να ανιχνεύονται τα λάθη που ίσως παρουσιαστούν κατά τη μεταφορά και, αν είναι δυνατόν, να διορθώνονται αυτόματα. Τέλος, αν αποσταλούν ταυτόχρονα και από το ίδιο σημείο δύο ή περισσότερα πακέτα ενός μηνύματος, δεν είναι βέβαιο ότι θα φθάσουν ταυτόχρονα στον παραλήπτη ο οποίος οφείλει να επανασυναρμολογήσει το μήνυμα.

#### 4.4.2.5 Επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (ALSs: *Acknowledged ConnectionLess Services*) είναι παρόμοιες με τις υπηρεσίες χωρίς σύνδεση με τη διαφορά ότι ο παραλήπτης επιβεβαιώνει τον αποστολέα ότι πράγματι έλαβε ό,τι του εστάλη. Συνήθως, οι υπηρεσίες αυτές προσφέρονται από συστήματα με

πολύ μικρή πιθανότητα εσφαλμένης μετάδοσης, τα οποία διαθέτουν τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία.

#### **Παράδειγμα 4**

Οι υπηρεσίες αυτές βασίζονται στο ταχυδρομικό σύστημα, όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι ο παραλήπτης ειδοποιεί με κάποιον τρόπο τον αποστολέα ότι πράγματι έλαβε το φάκελο.

##### **4.4.2.6 Ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες**

Οι *ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες* (*Unconfirmed Connection Oriented Services*) αναφέρονται, με χιούμορ, και ως υπηρεσίες «στείλε και προσευχήσου» (*send and pray*). Πρωτοπαρουσιάστηκαν από την IBM, η οποία θεωρούσε ότι για τη μεταφορά των δεδομένων θα έπρεπε να αποκατασταθεί πρώτα ένα κανάλι επικοινωνίας. Η διαφορά με τις υπηρεσίες με σύνδεση είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση ο αποστολέας ζητά σύνδεση και στέλνει τα δεδομένα ανεξάρτητα από την κατάσταση που μπορεί να βρίσκεται ο παραλήπτης εκείνη τη στιγμή. Δεν περιμένει δηλαδή από τον παραλήπτη να επιβεβαιώσει ότι είναι διαθέσιμος για να επικοινωνήσει.

#### **4.4.3 Ανακεφαλαίωση**

Τα τελευταία χρόνια, με την αλματώδη ανάπτυξη των επικοινωνιών, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των δικτύων υπολογιστών βασίστηκε όχι μόνο στην ανάπτυξη του υλικού, όπως συνέβαινε κατά τα πρώτα χρόνια, αλλά και του λογισμικού. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα και να οργανωθεί καλύτερα η όλη λειτουργία, το λογισμικό σχεδιάστηκε υπό μορφή επιπέδων ή στρωμάτων (*layers*), τα οποία δομούνται διαδοχικά το ένα επάνω στο άλλο. Η επικοινωνία ελέγχεται από ορισμένους κανόνες, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, που ενεργοποιούνται στα αντίστοιχα επίπεδα των συνδεδεμένων χρηστών.

Σήμερα υπάρχουν πολλές κατηγορίες πρωτοκόλλων, τα οποία ταξινομούνται ανάλογα με τη λειτουργία τους, τη σκοπιμότητα τους και πολλές φορές τον κατασκευαστή τους. Οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων εντοπίζονται κυρίως στην κατάτμηση και

στην επανασύνθεση των μηνυμάτων, στην ενθυλάκωση, στη διευθυνσιοδότηση, στον έλεγχο σύνδεσης, στον έλεγχο ροής, στον έλεγχο σφαλμάτων, στην τμηματοποίηση, στην προτεραιότητα και τέλος στην ασφάλεια.

Κάθε επίπεδο προσφέρει πρωτογενείς υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο μέσω μιας διεπαφής. Οι διεπαφές των επιπέδων είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα της επικοινωνίας και γι' αυτό είναι σημαντικό να ορίζονται με ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Οι υπηρεσίες που προσφέρει ένα επίπεδο στο αμέσως υψηλότερο από αυτό διακρίνονται σε υπηρεσίες προσανατολισμένες στη σύνδεση (*COSs: Connection Oriented Services*) και σε υπηρεσίες μη προσανατολισμένες στη σύνδεση (*CLSs: ConnectionLess Services*).



## 4.5. Ενότητα 4: Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων

### 4.5.1 Μετάδοση δεδομένων στο OSI

Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων (*OSI - RM: Open Systems Interconnection - Reference Model*) αναπτύχθηκε από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης *ISO (International Standards Organization)* και ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων. Στόχος της ανάπτυξης αυτού του μοντέλου ήταν η δυνατότητα επικοινωνίας των συστημάτων που προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και η υποστήριξη εφαρμογών κατανεμημένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό. Το μοντέλο αναφοράς OSI αποτελείται από επτά ανεξάρτητα μεταξύ τους *επίπεδα* ή *στρώματα* (*layers*), καθένα από τα οποία υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο.

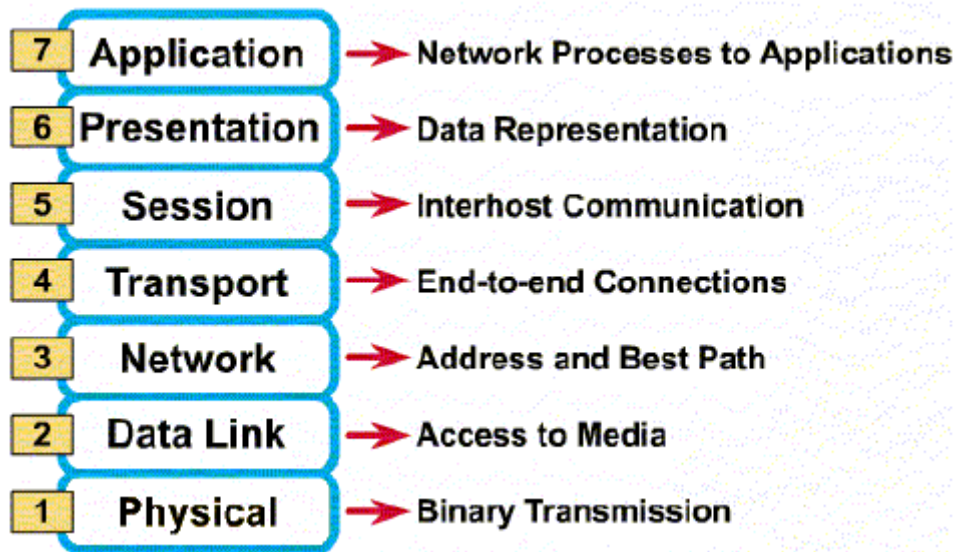
Το μοντέλο αναφοράς OSI ακολουθεί την *αρχιτεκτονική των στρωμάτων* ή *επιπέδων*, σύμφωνα με την οποία οι λειτουργίες του ανοικτού συστήματος στο οποίο αναφέρεται διαμοιράζονται σε ένα σύνολο κατακόρυφα διαρθρωμένων επιπέδων. Κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι τέτοιος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και διακριτές λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα.

Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς OSI, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 7), είναι το ακόλουθο:

- *Επίπεδο 1* ή *φυσικό επίπεδο (L1: physical layer)*. Αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης.

- *Επίπεδο 2 ή επίπεδο γραμμής δεδομένων (L2: data link layer)*. Αναλαμβάνει την προσαρμογή και τη μεταφορά των δεδομένων στο κανάλι μετάδοσης. Παραδίδει τα δεδομένα στο L1 προκειμένου να μεταδοθούν.
- *Επίπεδο 3 ή επίπεδο δικτύου (L3: network layer)*. Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
- *Επίπεδο 4 ή επίπεδο μεταφοράς (L4: transport layer)*. Αναλαμβάνει, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη στο δίκτυο.
- *Επίπεδο 5 ή επίπεδο συνόδου (L5: session layer)*. Ελέγχει τη δημιουργία και τον τερματισμό των συνδέσεων του L4.
- *Επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης (L6: presentation layer)*. Αναλαμβάνει τη μορφοποίηση και την κωδικοποίηση των δεδομένων.
- *Επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής (L7: application layer)*. Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

Στο σχήμα 4.23 παρουσιάζονται σχηματικά τα επτά επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI. Τα L1 έως L3 αφορούν τις υπηρεσίες - λειτουργίες που προσφέρονται από το δίκτυο, ενώ τα L4 έως L7 είναι προσανατολισμένα στις λειτουργίες της εφαρμογής του χρήστη. Σε κάθε τερματική διάταξη ή σταθμό εργασίας ενός δικτύου που ακολουθεί την αρχιτεκτονική επιπέδων του μοντέλου αναφοράς OSI υλοποιούνται και τα επτά επίπεδα. Η υλοποίηση γίνεται είτε με τη μορφή υλικού, και αφορά τα δύο χαμηλότερα επίπεδα, είτε με τη χρήση λογισμικού, και αφορά τα υπόλοιπα. Αντίθετα, σε κάθε κόμβο του δικτύου υλοποιούνται μόνο τα επίπεδα που σχετίζονται με το δίκτυο, δηλαδή το L1 έως το L3.



Σχήμα 4.23. Μοντέλο αναφοράς OSI επτά επιπέδων

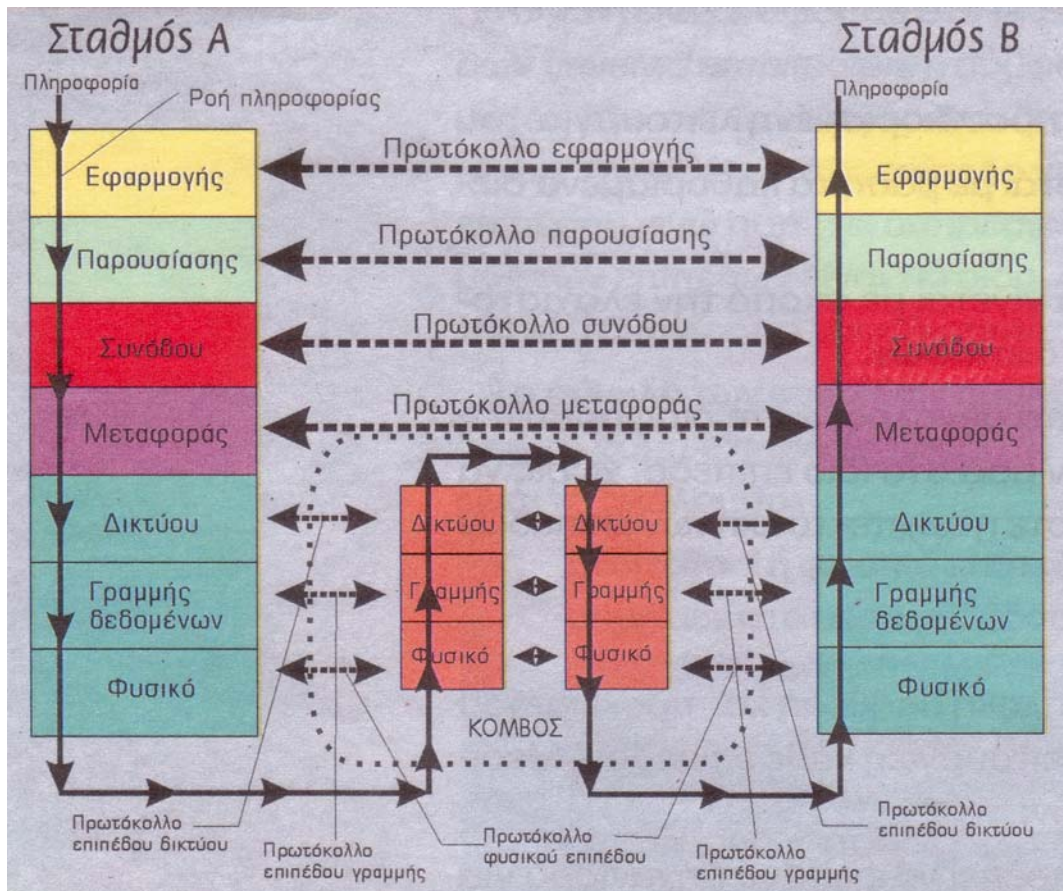
Οι γενικές αρχές επάνω στις οποίες βασίστηκε η δημιουργία των επιπέδων αυτών είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Ένα επίπεδο πρέπει να δημιουργείται εκεί που χρειάζεται διαφορετικός βαθμός αφαίρεσης.
- ✓ Κάθε επίπεδο πρέπει να επιτελεί μια αυστηρά προσδιορισμένη λειτουργία.
- ✓ Η λειτουργία κάθε επιπέδου πρέπει να επιλέγεται με βάση τα καθορισμένα διεθνώς (τυποποιημένα) πρωτόκολλα.
- ✓ Η επιλογή των ορίων των επιπέδων πρέπει να γίνεται με σκοπό την ελαχιστοποίηση της ροής των πληροφοριών μέσω των διεπαφών.
- ✓ Ο αριθμός των επιπέδων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος, ώστε διαφορετικές λειτουργίες να μη χρειάζεται να τοποθετηθούν μαζί στο ίδιο επίπεδο, χωρίς να υπάρχει απόλυτη ανάγκη, και αρκετά μικρός, ώστε η αρχιτεκτονική των επιπέδων να μη γίνεται πολύπλοκη.

Ο σχεδιασμός των επιπέδων είναι μια αρκετά πολύπλοκη υπόθεση και, προκειμένου να απλοποιηθεί, πρέπει να οριστούν με ακρίβεια οι λειτουργίες κάθε επιπέδου. Οι βασικές λειτουργίες που είναι κοινές σε όλα τα επίπεδα είναι:

- ✓ Ενθυλάκωση
- ✓ Τμηματοποίηση
- ✓ Εγκατάσταση σύνδεσης
- ✓ Έλεγχος ροής
- ✓ Έλεγχος σφάλματος
- ✓ Πολυπλεξία

Για να ανταλλάξουν δεδομένα δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, πρέπει να λειτουργούν με κοινά πρωτόκολλα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ τους. Κατά αυτό τον τρόπο η επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων επιπέδων δύο υπολογιστών έχει νόημα. Όμως, στην πραγματικότητα, δε μεταφέρονται απευθείας τα δεδομένα από το επίπεδο του ενός μηχανήματος στο αντίστοιχο επίπεδο (ομότιμο) του άλλου μηχανήματος. Εκείνο το οποίο συμβαίνει είναι η διαδοχική μετάδοση των δεδομένων από το ένα επίπεδο στο αμέσως χαμηλότερο του, μέχρι να φτάσουν αυτά στο φυσικό επίπεδο, να περάσουν στο άλλο μηχάνημα και να συνεχίσουν την προς τα επάνω ροή τους (σχήμα 4.24).



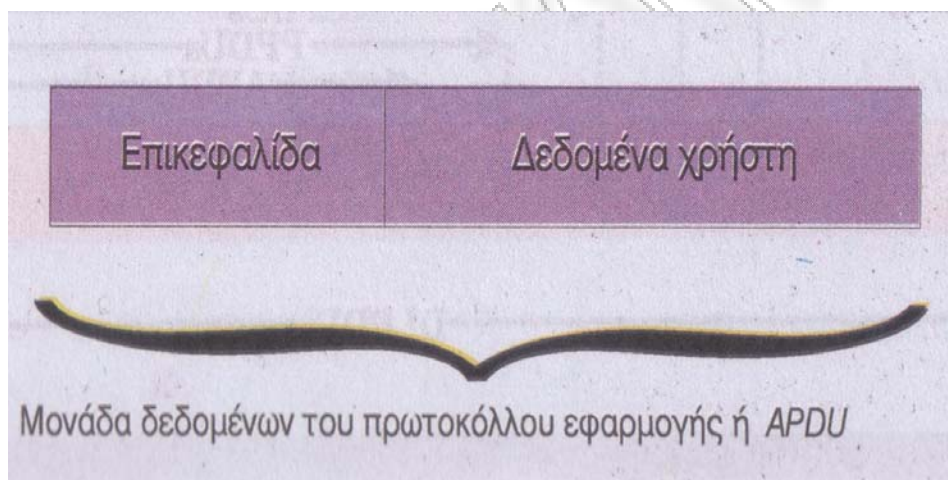
**Σχήμα 4.24.** Επικοινωνία σταθμών σε δίκτυο μοντέλου αναφοράς OSI

Στο σχήμα 4.24 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα επικοινωνίας μεταξύ δύο σταθμών σε ένα δίκτυο που είναι συμβατό με το μοντέλο αναφοράς OSI. Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός Α μεταδίδει στο σταθμό Β. Δηλαδή το L7 του σταθμού Α ανταλλάσσει δεδομένα με το L7 του σταθμού Β, με το οποίο είναι ομότιμο, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων έξι επιπέδων. Ομοίως το L4 του σταθμού Α είναι ομότιμο με το L4 του σταθμού Β και ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων τριών επιπέδων. Οι επικοινωνίες αυτού του είδους ονομάζονται *ομότιμες επικοινωνίες* και θεωρούνται ως *νοητές επικοινωνίες*.

Σημειώνεται ότι τα δεδομένα, καθώς διαπερνούν κάθε επίπεδο προκειμένου να φτάσουν στο φυσικό επίπεδο και να μεταδοθούν από το κανάλι, υφίστανται διαφορετική επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή, που βασίζεται στην ιεραρχική δομή του συνόλου των πρωτοκόλλων του OSI, έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζουν τη δομή

και το περιεχόμενο των δεδομένων, καθώς αυτά διαπερνούν τα επίπεδα σε όλο το μήκος της διαδρομής από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη.

Ο πομπός, μέσω της εφαρμογής που χρησιμοποιεί, δίνει τα αρχικά δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, το οποίο προσθέτει σ' αυτά πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν μόνο από το ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη. Αυτές οι πληροφορίες περιέχονται σε μια επικεφαλίδα, που επικολλάται στην αρχή του αρχικού πακέτου των δεδομένων και ονομάζεται *πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου (PCI: Protocol Control Information)*. Η επικεφαλίδα, μαζί με τα αρχικά δεδομένα του χρήστη, σχηματίζει ένα νέο πλαίσιο δεδομένων (σχήμα 4.25), που ονομάζεται *μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής (APDU: Application Protocol Data Unit)*.



**Σχήμα 4.25.** Μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής

Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής αντιστοιχεί νοητά στο ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη, στην πραγματικότητα όμως περνά στο αμέσως επόμενο επίπεδο παρουσίασης. Το επίπεδο εφαρμογής, μόλις παραλάβει τη μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης, επεξεργάζεται τα δεδομένα, προσθέτει τη δική του επικεφαλίδα, που ονομάζεται *πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου παρουσίασης (PPCI: Presentation Protocol Control Information)*, και σχηματίζει τη *μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης (PPDU: Presentation Protocol Data Unit)*. Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης διαπερνά στη συνέχεια το επίπεδο συνόδου, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, μέχρι τα

δεδομένα να διοχετευθούν στο φυσικό κανάλι επικοινωνίας, για να οδεύσουν προς τον παραλήπτη.

Μερικά επίπεδα, όπως για παράδειγμα τα επίπεδα μεταφοράς, δικτύου και γραμμής δεδομένων, έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν κατάτμηση, δηλαδή διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερες μονάδες, τις PDUs. Σε καθεμιά από αυτές τις μονάδες δεδομένων προστίθεται η πληροφορία ελέγχου διεπαφής του πρωτοκόλλου επικοινωνίας (*ICI: Interface Control Information* ή *PCI: Protocol Control Information*), η οποία εκτός των άλλων περιέχει πληροφορίες προκειμένου να καταστεί δυνατή η σωστή επανασυναρμολόγηση των PDUs στο ομότιμο επίπεδο. Αυτή η κατάτμηση των δεδομένων σε PDUs (ή πακέτα) έχει σκοπό να βελτιώσει την αποδοτικότητα των καναλιών επικοινωνίας.

Συμπερασματικά, σε κάθε επίπεδο προστίθεται νέα πληροφορία στα δεδομένα που έρχονται από το προηγούμενο επίπεδο, η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου. Τα νέα δεδομένα που σχηματίζονται σε κάθε επίπεδο μετά την προσθήκη της πληροφορίας ελέγχου φέρουν τις ακόλουθες ονομασίες:

- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής (*APDU: Application Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης (*PPDU: Presentation Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου συνόδου (*SPDU: Session Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς (*TPDU: Transport Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου δικτύου (*NPDU: Network Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου γραμμής δεδομένων (*DLPDU: Data Link Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του φυσικού πρωτοκόλλου (*PPDU: Physical Protocol Data Unit*).

## 4.5.2 Υπηρεσίες και λειτουργίες των επιπέδων του OSI

### 4.5.2.1 Φυσικό επίπεδο

Το *φυσικό επίπεδο* (*physical layer*) αποτελεί το πρώτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI. Είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή των δυαδικών ψηφίων που παραλαμβάνονται από το δέκτη σε σήμα κατάλληλο για μετάδοση από το μέσο επικοινωνίας, τη μετάδοση τους και την επαναφορά τους σε δυαδική μορφή. Τα χαρακτηριστικά του δικτύου που ορίζει το φυσικό επίπεδο αφορούν κυρίως το χρησιμοποιούμενο κανάλι επικοινωνίας. Έτσι το φυσικό επίπεδο ορίζει τις στάθμες οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων μέσα από το κανάλι, καθώς και τον τρόπο κωδικοποίησης της πληροφορίας.

Άλλα στοιχεία τα οποία αναλαμβάνει να ορίσει το φυσικό επίπεδο είναι ο τύπος και τα χαρακτηριστικά των ακροδεκτών που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του σταθμού με τη γραμμή επικοινωνίας, δηλαδή τον αριθμό τους, τις διαστάσεις τους κτλ. Τέλος, το φυσικό επίπεδο ορίζει το είδος της μετάδοσης, δηλαδή αν θα είναι αναλογική ή ψηφιακή, καθώς και τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης, εάν, για παράδειγμα, θα χρησιμοποιηθεί στη σύνδεση απλό χάλκινο καλώδιο, ομοαξονικό καλώδιο ή οπτική ίνα.

Όλα τα παραπάνω αφορούν τις προδιαγραφές που ορίζει το φυσικό επίπεδο για το μέσο μετάδοσης. Επιπλέον το φυσικό επίπεδο επικοινωνεί, όπως είναι γνωστό, μόνο με το επίπεδο γραμμής δεδομένων και έχει την υποχρέωση να του παρέχει μια σειρά δυαδικών ψηφίων χωρίς να ελέγχει την ορθότητα τους, αν δηλαδή παραλήφθηκαν με τον τρόπο που στάλθηκαν. Ο έλεγχος αυτός είναι υποχρέωση του επιπέδου γραμμής δεδομένων, η περιγραφή του οποίου γίνεται στην επόμενη παράγραφο.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το φυσικό επίπεδο είναι:

- Ενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- Απενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή δυαδικού ψηφίου.



- Επισημαίνει τα σφάλματα στη μετάδοση.

Γνωστά παραδείγματα προτύπων σε αυτό το επίπεδο είναι τα EIA-RS-232-C, EIA-RS-449/422/423, CCITT X.21/X.21 bits, CCITT V.35, IEEE 802 LAN, ISO 9314 FDDI, HSSI.

#### 4.5.2.2 Επίπεδο γραμμής δεδομένων

Το *επίπεδο γραμμής δεδομένων (data link layer)* βρίσκεται μία θέση πιο πάνω από το φυσικό επίπεδο και είναι υπεύθυνο για τη διόρθωση των σφαλμάτων των δεδομένων. Πρέπει δηλαδή να παραδώσει στο φυσικό επίπεδο μία σειρά από δυαδικά ψηφία η οποία δε θα περιέχει σφάλματα. Επίσης φροντίζει να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα πράγματι παραλήφθηκαν από την άλλη πλευρά και αυτό γίνεται με τα πλαίσια επιβεβαίωσης λήψης που στέλνονται από το δέκτη. Σημειώνεται ότι, αφού το φυσικό επίπεδο ασχολείται αποκλειστικά και μόνο με τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων, είναι υποχρέωση του επιπέδου γραμμής να καθορίζει τα όρια των πλαισίων που στέλνει και να αναγνωρίζει τα όρια των πλαισίων που δέχεται.

Το επίπεδο αυτό χωρίζεται σε δύο επιμέρους υποεπίπεδα, καθένα από τα οποία υλοποιεί ορισμένες λειτουργίες. Το πρώτο ονομάζεται *υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC: Media Access Control)*, εκτελεί το πρωτόκολλο πρόσβασης στο δίκτυο και επικοινωνεί με το φυσικό επίπεδο, ενώ το δεύτερο ονομάζεται *υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής (LLC: Logical Link Control)* και επικοινωνεί με το επίπεδο δικτύου.

- ✓ *Υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο:* Το υποεπίπεδο αυτό αναλαμβάνει την επικοινωνία με το φυσικό επίπεδο. Σκοπός του είναι να ελέγχει τη ροή της πληροφορίας από και προς τον κόμβο στον οποίο βρίσκεται. Σ' αυτό το υποεπίπεδο υπάρχει συνήθως ένας χώρος αποθήκευσης πληροφοριών, αφού ο σταθμός δε γνωρίζει αν το κανάλι είναι ελεύθερο, για να μεταδώσει την πληροφορία. Ο αποθηκευτικός αυτός χώρος είναι αρκετός, ώστε ο σταθμός να μπορέσει να μεταδώσει την πληροφορία σε πεπερασμένο χρονικό διάστημα. Ειδικά σε πρωτοκόλλα που κάνουν χρήση της διαδικασίας του κουπονιού διέλευσης, το υποεπίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την αναγνώριση του και

την παραπέρα επεξεργασία του. Επίσης, εάν η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με συγχρονισμένο τρόπο, το υποεπίπεδο αυτό αναλαμβάνει τον έλεγχο του συγχρονισμού, καθώς και την έναρξη της μετάδοσης ή της λήψης.

- ✓ *Υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής:* Το υποεπίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την τοποθέτηση της επικεφαλίδας, που περιλαμβάνει τα στοιχεία του πλαισίου, καθώς και την ταυτότητα (διεύθυνση) του σταθμού για τον οποίο προορίζεται. Τέλος, υλοποιεί τις διαδικασίες επικοινωνίας με το υψηλότερο επίπεδο δικτύου.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι:

- Αποκαθιστά και ελευθερώνει τη ζεύξη των δεδομένων.
- Μεταφέρει δεδομένα.
- Αριθμεί και συγχρονίζει τα πλαίσια που διοχετεύονται στο φυσικό επίπεδο.
- Ανιχνεύει και διορθώνει τα σφάλματα των πλαισίων.
- Ελέγχει τη ροή των πλαισίων.

Γνωστά παραδείγματα προτύπων σε αυτό το επίπεδο είναι το HDLC (High-level Data Link Control), LAP-B (Link Access Procedure-Balanced), LAP-D (Link Access Procedure-D channel), LLC (Logical Link Control).

#### **4.5.2.3 Επίπεδο δικτύου**

Το *επίπεδο δικτύου (network layer)* ασχολείται με τη μεταφορά των πακέτων από τον πομπό προς το δέκτη, διαδικασία η οποία απαιτεί τη δρομολόγηση των πακέτων από ενδιάμεσους κόμβους. Η βασική επομένως ασχολία του επιπέδου είναι να δρομολογήσει τη ροή των πακέτων από τον πομπό προς το δέκτη, καθώς επίσης να τα αναριθμήσει και να τα ταξινομήσει. Επιπλέον, το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της συμφόρησης στο δίκτυο και, μερικές φορές, για τη χρέωση των πελατών που χρησιμοποιούν το υποδίκτυο. Τέλος, το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη λύση των προβλημάτων που δημιουργούνται, όταν ετερογενή δίκτυα προσπαθούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Επομένως οι βασικές λειτουργίες του επιπέδου δικτύου είναι:

- ✓ η διευθυνσιοδότηση (ένας τρόπος αντιστοίχισης μίας μοναδικής διεύθυνσης σε καθέναν υπολογιστή που συμμετέχει στο δίκτυο),
- ✓ η δρομολόγηση των δεδομένων,
- ✓ η οργάνωση τους σε πακέτα,
- ✓ η απαρίθμηση τους και
- ✓ η ταξινόμηση τους.

Για να επιτελέσει τις παραπάνω λειτουργίες, το επίπεδο αυτό πρέπει να γνωρίζει την τοπολογία του δικτύου και να επιλέγει τις κατάλληλες διαδρομές. Όταν ο πομπός και ο δέκτης ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα, είναι αρμοδιότητα του επιπέδου δικτύου να μεσολαβήσει για την ορθή μετάδοση των πακέτων και να κάνει τη διασύνδεση μεταξύ των διαφορετικών δικτύων. Τέλος, το επίπεδο δικτύου ασχολείται και με τον έλεγχο της συμφόρησης στο δίκτυο. Ο έλεγχος της συμφόρησης έχει σχέση με το πρόβλημα που ανακύπτει, όταν σε έναν υπολογιστή (κόμβο) φτάνουν περισσότερα πακέτα από αυτά που μπορεί να δεχτεί. Ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας των δεδομένων σε κάθε υπολογιστή και η απαγόρευση μεταβίβασης τους σε άλλον υπολογιστή, όταν αυτός δε μπορεί να τα δεχτεί και να τα επεξεργαστεί.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο δικτύου είναι:

- Αποκαθιστά και τερματίζει τις συνδέσεις μεταξύ διάφορων ηλεκτρονικών υπολογιστών συνδεδεμένων στο δίκτυο.
- Προσδιορίζει, με τη χρήση του συστήματος διευθυνσιοδότησης, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που επιθυμούν να επικοινωνήσουν.
- Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή πακέτων ή μηνυμάτων.
- Ελέγχει για σφάλματα.
- Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.

Γνωστά παραδείγματα προτύπων σε αυτό το επίπεδο είναι τα X.25, X.75 της CCITT, το IP (Internet Protocol), τα πρωτόκολλα Q.931, Q.933, Q.2931 της CCITT/ITU και το OSI CLNP.

#### 4.5.2.4 Επίπεδο μεταφοράς

Η βασική λειτουργία του επιπέδου μεταφοράς (*transport layer*) είναι η παραλαβή των δεδομένων από το αμέσως υψηλότερο επίπεδο (το επίπεδο συνόδου), ο τεμαχισμός τους (αν χρειαστεί) σε μικρότερες μονάδες, η παράδοση τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο (το επίπεδο δικτύου) και η διασφάλιση ότι όλες οι μονάδες θα φτάσουν σωστά στην άλλη πλευρά. Όλα αυτά πρέπει να γίνονται έτσι, ώστε να μην επηρεάζεται το επίπεδο συνόδου από τις αλλαγές της τεχνολογίας υλικού. Να επισημάνουμε ότι το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που συνδέει τα χαμηλότερα επίπεδα (κατά το πρότυπο του OSI), τα οποία υλοποιούνται κυρίως μέσω του υλικού, μετά υψηλότερα επίπεδα, τα οποία υλοποιούνται κυρίως μέσω του λογισμικού. Επομένως το επίπεδο μεταφοράς, αφού αποτελεί το σύνορο μεταξύ των τριών χαμηλότερων και των τριών υψηλότερων επιπέδων, έχει ως σκοπό να παρέχει μια ομοιογενή διασύνδεση επικοινωνίας στο επίπεδο συνόδου, ανεξάρτητα από την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών από το επίπεδο δικτύου.

Γενικά, το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για τη συνολικά επιτυχημένη και χωρίς λάθη μετάδοση δεδομένων. Παρ' ότι το επίπεδο δικτύου ελέγχει τη μεταφορά των πληροφοριών από κόμβο σε κόμβο, το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που εξασφαλίζει την αξιοπιστία της μετάδοσης και την αποφυγή δυσμενών καταστάσεων, όπως είναι η δημιουργία σφαλμάτων σε ενδιάμεσους κόμβους της γραμμής επικοινωνίας. Για να επιτευχθεί η καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου και για να εξασφαλιστεί η ποιότητα των υπηρεσιών που το επίπεδο συνόδου μπορεί να ζητήσει από το επίπεδο μεταφοράς, επιτελούνται διάφορες λειτουργίες σ' αυτό το επίπεδο, όπως είναι ο κατακερματισμός και η επανασυγκόλληση των δεδομένων.

Το επίπεδο μεταφοράς επιτελεί επίσης εκείνες τις λειτουργίες οι οποίες συμβάλλουν:

- ✓ στη σωστή λήψη των πακέτων, ακόμη και αν έχει συμβεί κάποιο προσωρινό λάθος, κάτι που διορθώνεται με αναμετάδοση του λανθασμένου πακέτου,
- ✓ στον έλεγχο ροής των δεδομένων από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη, η οποία σταματά ή περιορίζεται με ενέργειες του δέκτη,
- ✓ στον έλεγχο ακολουθίας των πακέτων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο μεταφοράς είναι:

- Αποκαθιστά και τερματίζει τη σύνδεση στο επίπεδο του.
- Μεταδίδει τα δεδομένα στο βαθμό αξιοπιστίας που απαιτεί ο χρήστης.
- Επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την ποιότητα εξυπηρέτησης της σύνδεσης.
- Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.
- Παρέχει τη δυνατότητα πολυπλεξίας μέσω της ίδιας ζεύξης.

Γνωστά παραδείγματα προτύπων σε αυτό το επίπεδο είναι το TCP (Transmission Control Protocol) του Internet, το πρωτόκολλο μεταφοράς (TP4) του OSI και το πρωτόκολλο X.224.

#### 4.5.2.5 Επίπεδο συνόδου

Το *επίπεδο συνόδου* (*session layer*) επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών υπολογιστών να δημιουργούν συνόδους μεταξύ τους. Μια σύνοδος, για παράδειγμα, μπορεί να είναι η σύνδεση ενός χρήστη με ένα απομακρυσμένο σύστημα ή η μεταφορά αρχείων ανάμεσα σε δύο υπολογιστές. Το επίπεδο συνόδου ελέγχει επίσης την κυκλοφορία ανάμεσα στις δύο κατευθύνσεις, ενώ πολλές φορές παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης κουπονιού, καθώς επίσης και υπηρεσίες συγχρονισμού ανάμεσα στις δύο πλευρές. Στην ουσία το επίπεδο αυτό δεν ασχολείται με τη μεταφορά των δεδομένων, για την οποία ευθύνη έχουν άλλα επίπεδα, αλλά αναλαμβάνει κυρίως τη διαχείριση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των εφαρμογών.

Έτσι το επίπεδο συνόδου αναλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ✓ Την εγκατάσταση μιας συνόδου με έναν ή περισσότερους σταθμούς.
- ✓ Την εξακρίβωση του χρήστη.
- ✓ Την εξακρίβωση της ποιότητας της συνόδου.
- ✓ Τον έλεγχο της ανταλλαγής δεδομένων.

- ✓ Τη διαχείριση της κατεύθυνσης της πληροφορίας. Οι σύνοδοι μπορούν να επιτρέψουν την ταυτόχρονη και προς τις δύο κατευθύνσεις ροή δεδομένων μεταξύ δύο σταθμών ή προς τη μία κατεύθυνση κάθε στιγμή.
- ✓ Τον τερματισμό της σύνδεσης. Ο τερματισμός μπορεί να είναι είτε ομαλός είτε αποτέλεσμα κάποιου προβλήματος ή σφάλματος του χρήστη ή του δικτύου. Στην περίπτωση μη ομαλού τερματισμού πιθανόν να υπάρξει και απώλεια δεδομένων.
- ✓ Το συγχρονισμό των δεδομένων. Στόχος είναι η εισαγωγή σημείων ελέγχου μέσα στη διαδικασία μεταφοράς δεδομένων, ώστε σε περίπτωση σφάλματος ή προβλήματος κατά τη μετάδοση να μη χρειαστεί η επανεκπομπή όλων των δεδομένων, αλλά μόνο αυτών που δεν παραλήφθηκαν μετά το τελευταίο σημείο ελέγχου που είχε αποσταλεί πριν από το σφάλμα.
- ✓ Τη διαχείριση κουπονιού (*token management*). Για να μην παρουσιάζεται το φαινόμενο και οι δύο πλευρές σε μια σύνδεση να προσπαθούν να κάνουν ταυτόχρονα την ίδια ενέργεια, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα, κάθε πλευρά, πριν προχωρήσει σε μια λειτουργία, ζητά άδεια από το επίπεδο συνόδου, το οποίο της παρέχει ένα ειδικό πακέτο που ονομάζεται *κουπόνι (token)* και της επιτρέπει τη συγκεκριμένη λειτουργία. Επομένως, εάν η άλλη πλευρά σκοπεύει να κάνει την ίδια ενέργεια, το κουπόνι το έχει ο άλλος σταθμός και αποτρέπεται έτσι η σύγκρουση. Βέβαια η λειτουργία με τη χρήση κουπονιού δε συναντάται σε όλα τα δίκτυα.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο συνόδου είναι:

- Αποκαθιστά και συντηρεί το διάλογο μεταξύ των δύο πλευρών, ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχής μεταφορά των δεδομένων.
- Διαχειρίζεται και ελέγχει την πρόσβαση σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Κάνει επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου.

Το πρότυπο του ISO για το προσανατολισμένο προς τη σύνδεση πρωτόκολλο του επιπέδου συνόδου είναι το ISO 8327/X.225.

#### 4.5.2.6 Επίπεδο παρουσίασης

Το *επίπεδο παρουσίασης* (*presentation layer*) ασχολείται με την ορθότητα της σύνταξης των δεδομένων που μεταδίδονται, αντίθετα με τα άλλα επίπεδα που ασχολούνται με την αξιόπιστη μεταβίβαση των δυαδικών ψηφίων από το ένα μέρος στο άλλο. Επομένως το επίπεδο αυτό δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες για την αναπαράσταση και σύνταξη των δεδομένων, έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν οι εφαρμογές των σταθμών. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι δύο διαφορετικοί υπολογιστές που επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσουν απλούς χαρακτήρες, όπως ονόματα, ημερομηνίες, αριθμούς κ.ά. Έστω ότι αυτοί οι δύο υπολογιστές χρησιμοποιούν διαφορετικούς κώδικες αναπαράστασης των χαρακτήρων: ο ένας χρησιμοποιεί τη γνωστή μας κωδικοποίηση ASCII και ο άλλος τη UNICODE, που συναντάται στο λειτουργικό σύστημα Windows NT. Για να γίνει δυνατή η επικοινωνία των συστημάτων αυτών, θα πρέπει οι χαρακτήρες της πληροφορίας να αναπαρασταθούν με έναν άλλο (συμβολικό) τρόπο, ώστε να είναι κατανοητοί και από τους δύο υπολογιστές. Βέβαια αυτός ο τρόπος θα πρέπει να έχει από κοινού συμφωνηθεί και να υλοποιείται από το πρωτόκολλο του επιπέδου παρουσίασης. Ένα παράδειγμα συμβολικού τρόπου αναπαράστασης των δεδομένων είναι η κωδικοποίηση ASN-1 (Abstract Syntax Notation-One).

Μια άλλη βασική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η *συμπίεση* και η *αποσυμπίεση* των δεδομένων, με την οποία μπορεί να ελαττωθεί ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται προσαρμόζοντας το ρυθμό μετάδοσης στο διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού. Μ' αυτό τον τρόπο γίνεται οικονομία στο εύρος ζώνης του καναλιού αλλά και στο χρόνο μετάδοσης. Τέλος, μια σημαντική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η *κρυπτογράφηση* των δεδομένων, η οποία αποσκοπεί στο να διασφαλιστεί το απόρρητο των διακινούμενων πληροφοριών, πράγμα που συχνά επιβάλλεται στις επικοινωνίες (τράπεζες, αγορές, τηλεδιασκέψεις κ.ά.). Αξίζει να σημειωθεί ότι η κρυπτογράφηση μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε χαμηλότερα επίπεδα (L2, L3), όμως όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο στο οποίο γίνεται αυτή η διαδικασία, τόσο ασφαλέστερη είναι. Γενικά, η αρχή της κρυπτογράφησης συνίσταται

στο να κωδικοποιούνται τα αποστέλλομενα δεδομένα με τη βοήθεια ενός κλειδιού κωδικοποίησης (*encryption key*), ώστε ο παραλήπτης να μπορεί να τα αποκωδικοποιήσει μέσω της αντίστροφης διαδικασίας.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο παρουσίασης είναι:

- Μετατρέπει τη σύνταξη των δεδομένων.
- Συμπιέζει και αποσυμπιέζει τα δεδομένα (*data compression - decompression*).
- Κρυπτογραφεί τα δεδομένα (*data encryption*).

Ενδεικτικά παραδείγματα πρωτοκόλλων του επιπέδου παρουσίασης περιγράφονται στα πρότυπα X.410 και X.226.

#### 4.5.2.7 Επίπεδο εφαρμογής

Το επίπεδο εφαρμογής (*application layer*) αναλαμβάνει τη σωστή επικοινωνία ασύμβατων εφαρμογών οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους χρήστες που επιθυμούν να επικοινωνήσουν, π.χ. e-mail, ftp.

Το επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του επιπέδου παρουσίασης και κατ' επέκταση όλων των χαμηλότερων επιπέδων. Είναι το υψηλότερο επίπεδο και ουσιαστικά προσφέρει τις επικοινωνιακές υπηρεσίες που υποστηρίζουν την εφαρμογή την οποία υλοποιεί ο χρήστης (δηλαδή το πρόγραμμα που δουλεύει). Οι εφαρμογές που μπορεί να έχουμε είναι αμέτρητες, από απλές μεταφορές αρχείων έως πολυσύνθετα πακέτα τηλεεργασίας και τηλεεκπαίδευσης με χρήση πολυμέσων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο εφαρμογής είναι:

- Εξακριβώνει την ταυτότητα των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν.
- Επιβεβαιώνει το κατά πόσο οι εφαρμογές είναι διαθέσιμες για το διάλογο που πρόκειται να ακολουθήσει.
- Παρέχει επιβεβαίωση και έλεγχο στο δικαίωμα διαλόγου.



Παραδείγματα τυποποιημένων πρωτοκόλλων αυτού του επιπέδου αποτελούν τα: X.400, X.500, X.520, το ISO 8613/CCITT T.411-419 και το ISO 10026.

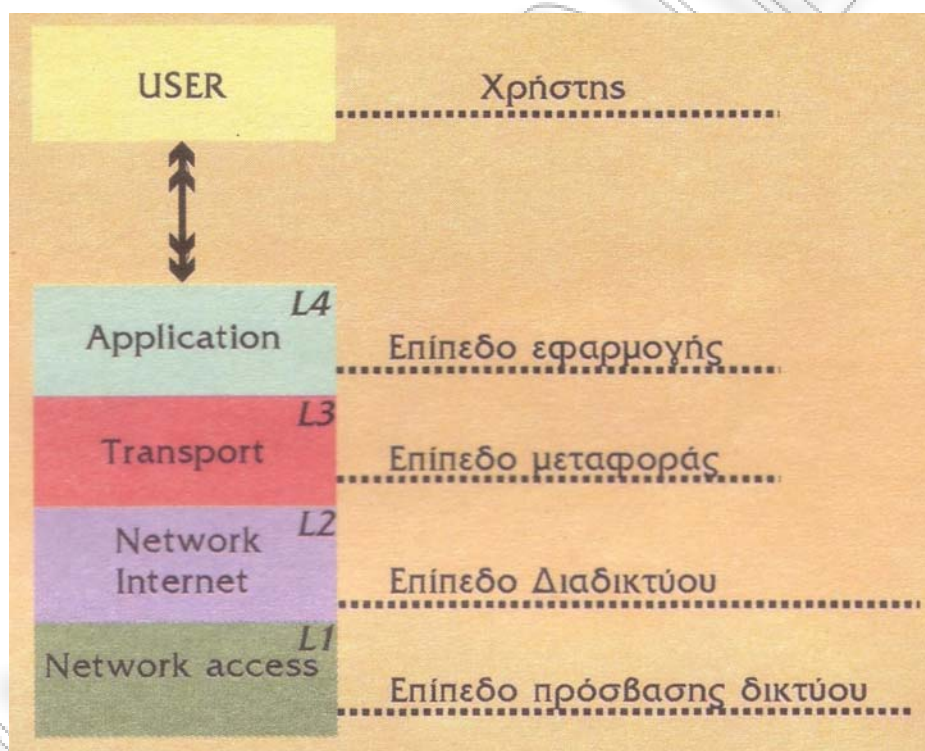
### 4.5.3 Ανακεφαλαίωση

Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI - RM: Open Systems Interconnection Standards Organization*) ακολουθεί και αυτό την αρχιτεκτονική κατά στρώματα ή επίπεδα και αναπτύχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (*ISO: International Standards Organization*). Ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων. Εμφανής στόχος των δημιουργών του μοντέλου αυτού ήταν η δυνατότητα επικοινωνίας των συστημάτων που προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και η υποστήριξη εφαρμογών κατακεντρωμένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό. Το OSI υλοποιεί ένα σύνολο επτά επιπέδων αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 7). Τα επτά αυτά επίπεδα είναι το επίπεδο 1 ή φυσικό επίπεδο, το επίπεδο 2 ή επίπεδο γραμμής δεδομένων, το επίπεδο 3 ή επίπεδο δικτύου, το επίπεδο 4 ή επίπεδο μεταφοράς, το επίπεδο 5 ή επίπεδο συνόδου, το επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης και τέλος το επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής.

## 4.6. Ενότητα 5: Μοντέλο αναφοράς TCP/IP

### 4.6.1 Μετάδοση δεδομένων TCP/IP

Το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* πήρε το όνομα του από τα δύο κυριότερα πρωτόκολλα του μοντέλου, το TCP και το IP. Σε αντιστοιχία με την αρχιτεκτονική του OSI, το μοντέλο αναφοράς TCP/IP αποτελείται από τέσσερα επίπεδα ή στρώματα (layers), ενώ κάθε επίπεδο, όπως και στην περίπτωση του OSI, υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Στο σχήμα 4.26 απεικονίζονται παραστατικά αυτά τα επίπεδα, δηλαδή το επίπεδο πρόσβασης δικτύου, το επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο μεταφοράς και το επίπεδο εφαρμογής.



Σχήμα 4.26: Τα τέσσερα επίπεδα του TCP/IP

Όπως γίνεται σε όλες τις αρχιτεκτονικές κατά στρώματα ή επίπεδα, κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι ο πλέον πρόσφορος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και ταυτόχρονα αυστηρά προσδιορισμένες λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα.

Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 4), είναι το ακόλουθο:

- *Επίπεδο 1 ή επίπεδο πρόσβασης δικτύου (L1: Network Access layer)*. Αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης και είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με το δίκτυο.
- *Επίπεδο 2 ή επίπεδο Διαδικτύου ή δικτύου (L2: Internet layer)*. Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
- *Επίπεδο 3 ή επίπεδο μεταφοράς (L3: Transport layer)*. Αναλαμβάνει, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων προς αυτό επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη στο δίκτυο.
- *Επίπεδο 4 ή επίπεδο εφαρμογής (L4: Application layer)*. Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

Τα L1 έως L3 αφορούν τις υπηρεσίες - λειτουργίες που προσφέρονται από το δίκτυο, ενώ το L4 είναι προσανατολισμένο στις λειτουργίες της εφαρμογής του χρήστη.

Για να επικοινωνήσουν δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πρέπει, όπως ήδη έχει αναφερθεί, να διαθέτουν το ίδιο σύνολο πρωτοκόλλων. Όταν αυτό εξασφαλιστεί, οι υπολογιστές μπορούν να ανταλλάξουν δεδομένα. Όπως και στην περίπτωση του μοντέλου αναφοράς OSI, τα δεδομένα μεταδίδονται από το ένα επίπεδο στο αμέσως χαμηλότερο του και προωθούνται μέχρι να φθάσουν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου. Κατόπιν περνούν στο άλλο μηχάνημα, για να συνεχίσουν τη ροή τους προς τα επάνω, φθάνοντας στο αντίστοιχο ομότιμο επίπεδο εκείνου από το οποίο ξεκίνησαν. Σημειώνεται ότι κάθε επίπεδο επικοινωνεί μόνο με τα γειτονικά του επίπεδα μέσω μιας *διεπαφής*, η οποία καθορίζει τις λειτουργίες που επιτελεί και τις υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο.

Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός A μεταδίδει στο σταθμό B. Δηλαδή το L4 του σταθμού A ανταλλάσσει δεδομένα με το L4 του σταθμού B, με το οποίο είναι ομότιμο,

χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων τριών επιπέδων. Ομοίως το L3 του σταθμού Α είναι ομότιμο με το L3 του σταθμού Β και ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων δύο επιπέδων κτλ.

Κατά τη διεκπεραίωση αυτής της λειτουργίας τα δεδομένα υφίστανται επεξεργασία η οποία βασίζεται στην ιεραρχική δομή του συνόλου των πρωτοκόλλων του TCP/IP, με αποτέλεσμα η δομή και το περιεχόμενο των δεδομένων να αλλάζουν, καθώς διαπερνούν τα επίπεδα σε όλο το μήκος της διαδρομής από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη. Σημειώνεται ότι τα δεδομένα που διαπερνούν κάποιο επίπεδο προκειμένου να φτάσουν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου υφίστανται διαφορετική επεξεργασία.

Η επικοινωνία δύο υπολογιστών που χρησιμοποιούν το μοντέλο αναφοράς TCP/IP πραγματοποιείται μέσω των ακόλουθων δύο μορφών διευθυνσιοδότησης:

- ✓ Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε υπολογιστή που συνδέεται στο δίκτυο. Αυτή είναι γνωστή ως *διεύθυνση IP* (IP address) και μπορεί να παρομοιαστεί με το μοναδικό αριθμό κλήσης τηλεφώνου. Η διεύθυνση αυτή αποτελείται από 32 δυαδικά ψηφία, χωρισμένα ανά οκτώ με μια τελεία. Μία IP διεύθυνση είναι, για παράδειγμα: 10000001.00010100.00010000.00001101.
- ✓ Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε εφαρμογή που λειτουργεί στον κάθε υπολογιστή. Αυτό επιτρέπει στο επίπεδο μεταφοράς να παραδίδει τα δεδομένα στη σωστή εφαρμογή. Οι διευθύνσεις αυτές είναι γνωστές ως *θύρες* (ports).

Ο πομπός, μέσω της εφαρμογής που χρησιμοποιεί, δίνει τα αρχικά δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, το οποίο προσθέτει σ' αυτά πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν μόνο από το ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη. Αυτές οι πληροφορίες περιέχονται σε μια επικεφαλίδα, η οποία επικολλάται στην αρχή του αρχικού πακέτου των δεδομένων και ονομάζεται *πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου* (PCI: Protocol Control Information). Η επικεφαλίδα, μαζί με τα αρχικά δεδομένα του χρήστη, σχηματίζει ένα νέο πλαίσιο δεδομένων, που ονομάζεται

μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής (*APDU: Application Protocol Data Unit*).

Η μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής αντιστοιχεί νοητά στο ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη, στην πραγματικότητα όμως περνά στο αμέσως επόμενο επίπεδο μεταφοράς. Το επίπεδο μεταφοράς, μόλις την παραλάβει, επεξεργάζεται τα δεδομένα και προσθέτει τη δική του επικεφαλίδα, που ονομάζεται πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου μεταφοράς (*TPCI: Transport Protocol Control Information*), σχηματίζοντας τη μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς (*TPDU: Transport Protocol Data Unit*). Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς διαπερνά στη συνέχεια το επίπεδο Διαδικτύου, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, μέχρι τα δεδομένα να διοχετευθούν στο φυσικό κανάλι επικοινωνίας, για να οδεύσουν προς τον παραλήπτη.

Τα επίπεδα μεταφοράς και Διαδικτύου προκαλούν κατάτμηση, δηλαδή διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερες μονάδες πληροφορίας, τις PDUs. Σε καθεμιά από αυτές τις μονάδες προστίθεται η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου (PCI), η οποία εκτός των άλλων περιέχει πληροφορίες προκειμένου να καταστεί δυνατή η σωστή συναρμολόγηση των πακέτων στο ομότιμο επίπεδο. Αυτή η κατάτμηση των δεδομένων σε μικρότερα πακέτα έχει σκοπό να βελτιώσει την αποδοτικότητα των καναλιών επικοινωνίας.

Συμπερασματικά, σε κάθε επίπεδο προστίθεται νέα πληροφορία στα δεδομένα που έρχονται από το προηγούμενο επίπεδο, η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου. Τα νέα δεδομένα που σχηματίζονται σε κάθε επίπεδο μετά την προσθήκη της πληροφορίας ελέγχου φέρουν τις ακόλουθες ονομασίες:

- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής (*APDU: Application Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς (*TPDU: Transport Protocol Data Unit*),
- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου Διαδικτύου ή Δικτύου (*NPDU: Network/Internet Protocol Data Unit*),

- ✓ μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου πρόσβασης δικτύου (PPDU: *Physical Protocol Data Unit*).

## Παράδειγμα 1

Θα περιγράψουμε τη διαδρομή ενός πακέτου που στέλνεται από τον υπολογιστή A στον υπολογιστή B μέσω ενός TCP/IP δικτύου. Ο χρήστης του υπολογιστή A θέλει να επικοινωνήσει, μέσω κάποιας εφαρμογής A που χρησιμοποιεί τη θύρα 1, με τον υπολογιστή B, στον οποίο η αντίστοιχη εφαρμογή B χρησιμοποιεί τη θύρα 2. Ο χρήστης, μέσω της εφαρμογής A, δίνει τα δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, που με τη σειρά του τα περνά στο επόμενο επίπεδο, και συγκεκριμένα στο πρωτόκολλο TCP, με οδηγίες να τα παραδώσει στον υπολογιστή B, θύρα 2. Το TCP κατακερματίζει τα δεδομένα σε PDUs και δίνει καθεμία από αυτές στο επόμενο επίπεδο, με την οδηγία να την παραδώσει στον υπολογιστή B. Το IP προσθέτει σε καθεμία από τις PDUs την IP διεύθυνση του παραλήπτη, του υπολογιστή B στη συγκεκριμένη περίπτωση, και τη δίνει στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου, με την οδηγία να τη στείλει στο δρομολογητή 1, που είναι ο πρώτος σταθμός στη διαδρομή των πακέτων προς τον υπολογιστή B. Ο δρομολογητής 1 διαβάζει τη διεύθυνση του παραλήπτη και, αν τη γνωρίζει, ξέρει πώς να στείλει τις PDUs στον υπολογιστή B, αν δεν τη γνωρίζει, συνομιλεί με τους γειτονικούς δρομολογητές, για να πάρει πληροφορίες σχετικά με την καλύτερη δρομολόγηση των PDUs προς τον παραλήπτη. Τελικά οι PDUs φτάνουν στον προορισμό τους και παραδίδονται στον υπολογιστή B. Ανεβαίνοντας προς τα υψηλότερα επίπεδα οι PDUs φτάνουν στο επίπεδο μεταφοράς και στο πρωτόκολλο TCP του παραλήπτη, επανασυναρμολογούνται και παραδίδονται στη θύρα 2 και στην αντίστοιχη εφαρμογή.

## 4.6.2 Τα επίπεδα του TCP/IP

### 4.6.2.1 Επίπεδο πρόσβασης δικτύου

Το *επίπεδο πρόσβασης δικτύου (Network Access Layer)* είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία του σταθμού με το δίκτυο. Ανιχνεύει την αρχιτεκτονική του δικτύου και ανάλογα διοχετεύει τα πακέτα στο κανάλι επικοινωνίας. Επίσης είναι υπεύθυνο για

την παροχή μιας διεπαφής που θα του επιτρέψει την επικοινωνία με το επίπεδο Διαδικτύου.

Το επίπεδο αυτό καθορίζει το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συσκευών μετάδοσης δεδομένων (σταθμών εργασίας ή προσωπικών υπολογιστών) με το δίκτυο. Το κύριο τμήμα του Διαδικτύου αποτελείται από έναν αριθμό υπολογιστών ειδικού σκοπού, που διασυνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας γραμμές επικοινωνίας παντός τύπου. Όλοι οι υπόλοιποι υπολογιστές και τα τοπικά δίκτυα συνδέονται στη συνέχεια σ' αυτούς τους ειδικού σκοπού υπολογιστές. Κατ' αυτό τον τρόπο διασυνδέονται μεταξύ τους οι υπολογιστές, χρησιμοποιώντας μια μεγάλη ποικιλία φυσικών μέσων, από τηλεφωνικές γραμμές (κοινές ή μισθωμένες) έως δορυφορικές ζεύξεις.

Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP δεν περιγράφει αναλυτικά το συγκεκριμένο επίπεδο ούτε τα πρωτόκολλα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, για να επιτευχθεί η πρόσβαση στο δίκτυο, με αποτέλεσμα τα χρησιμοποιούμενα σ' αυτό το επίπεδο πρωτόκολλα να ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος ή το είδος του δικτύου.

#### **4.6.2.2 Επίπεδο Διαδικτύου**

Το *επίπεδο Διαδικτύου (Internet layer)* είναι το ζωτικό επίπεδο του μοντέλου. Ο σκοπός του είναι η δρομολόγηση και η παράδοση των PDUs στον παραλήπτη. Προσθέτει στις PDUs τη διεύθυνση του παραλήπτη και τις στέλνει στο δίκτυο, προκειμένου αυτές να φθάσουν, ανεξάρτητα η μία από την άλλη, στον προορισμό τους, περνώντας από διάφορους ενδιάμεσους σταθμούς οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Στις περιπτώσεις που δύο συστήματα είναι συνδεδεμένα σε διαφορετικά δίκτυα, απαιτούνται διαδικασίες οι οποίες θα επιτρέψουν τη μετάβαση των δεδομένων στον προορισμό τους διαμέσου πολλαπλών διασυνδεδεμένων δικτύων.

Το πρωτόκολλο της οικογένειας TCP/IP που είναι υπεύθυνο για την παροχή υπηρεσιών σ' αυτό το επίπεδο είναι το Internet Protocol (IP). Η μονάδα μεταφερόμενων δεδομένων σ' αυτό το επίπεδο είναι το πακέτο IP ή, όπως συνήθως λέγεται, IP datagram, εμπεριέχοντας έτσι την έννοια του αυτοδύναμου πακέτου,

αυτού δηλαδή που διανύει ανεξάρτητα και με δικές του δυνάμεις προς τον προορισμό του. Το πακέτο IP περιέχει τόσο τη διεύθυνση του αποστολέα όσο και τη διεύθυνση του παραλήπτη, έτσι ώστε να μπορεί να διανεμηθεί και να δρομολογηθεί ανεξάρτητα από τα άλλα.

Καθεμία από τις διευθύνσεις IP έχει μήκος 32 δυαδικά ψηφία. Επειδή η απομνημόνευση τους είναι εξαιρετικά δύσκολη, έχει επινοηθεί η παράσταση της διεύθυνσης με έναν τρόπο απλούστερο, χρησιμοποιώντας δεκαδικούς αριθμούς. Μία IP διεύθυνση 32 δυαδικών ψηφίων χωρίζεται με τελείες σε τέσσερα πεδία των 8 δυαδικών ψηφίων. Κάθε πεδίο μετατρέπεται στον ισοδύναμο δεκαδικό αριθμό, ώστε τελικά η IP διεύθυνση να περιγράφεται από τέσσερις δεκαδικούς αριθμούς χωρισμένους με τελείες. Στην πράξη έχει επικρατήσει αυτός ο τρόπος παρουσίασης των IP διευθύνσεων, ο οποίος εκτός από την ευκολία απομνημόνευσης έχει και το πλεονέκτημα της ιεράρχησης των διευθύνσεων αυτών. Για παράδειγμα, η IP διεύθυνση: 10110011111001000100100100001011 γίνεται 10110011.11100100.01001001.00001011 και στη συνέχεια 179.228.73.12. Τα πρωτόκολλα που συνήθως χρησιμοποιούνται σ' αυτό το επίπεδο, εκτός από το IP, είναι το *ICMP (Internet Control Messaging Protocol)*, το *ARP (Address Resolution Protocol)*, και το *RARP (Reverse Address Resolution Protocol)*.

### **Πρωτόκολλο Διαδικτύου**

Το *πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP: Internet Protocol)* είναι πρωτόκολλο του επιπέδου Διαδικτύου, δηλαδή του τρίτου επιπέδου κατά την ορολογία που έχει καθιερωθεί για να περιγράψει το OSI, και χρησιμοποιείται στη διασύνδεση ηλεκτρονικών υπολογιστών που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά δίκτυα.

Το IP υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ✓ Καθορίζει τη διευθυνσιοδότηση, τη δρομολόγηση, την τμηματοποίηση και την επανασυναρμολόγηση των δεδομένων. Για παράδειγμα, αν κάποιος ενδιαμέσος υπολογιστής παραλάβει μία μονάδα δεδομένων που είναι πολύ μεγάλη για να μεταδοθεί στο επόμενο δίκτυο, τότε αυτή τμηματοποιείται σε πακέτα από το IP, τα οποία μεταδίδονται ανεξάρτητα. Οι PDUs



επανασυναρμολογούνται σε μία μονάδα, μόνο όταν φτάσουν στον παραλήπτη. Αν κάποια PDU χαθεί, τότε απορρίπτεται όλη η μονάδα.

- ✓ Παρέχει ένα στοιχειώδη τρόπο ελέγχου ροής, έτσι ώστε, όταν μια πηγή δεδομένων αποστέλλει με μεγαλύτερους ρυθμούς από αυτούς που μπορεί να διαχειριστεί ο δέκτης, αυτό (IP) να ενημερώνεται με κατάλληλα μηνύματα προκειμένου να συμμορφωθεί στον απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης.
- ✓ Παραλαμβάνει από το επίπεδο μεταφοράς δεδομένα μεγέθους 64 Kbytes το πολύ, τα τεμαχίζει σε μικρότερα τμήματα, αν το κρίνει απαραίτητο, και τα μεταδίδει στο δίκτυο. Η τμηματοποίηση των πακέτων γίνεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες αυτά πρέπει, για να φτάσουν στον προορισμό τους, να περάσουν από δίκτυα που δεν μπορούν να χειριστούν μεγάλα πακέτα. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο Ethernet μπορεί να χειριστεί PDUs από 64 έως 1.500 Kbytes, οπότε σ' αυτή την περίπτωση το IP μπορεί παρεμβαίνοντας να τμηματοποιήσει τις PDUs των 64 Kbytes που παίρνει από το επίπεδο μεταφοράς σε μικρότερες PDUs των 1.500 bytes το πολύ.
- ✓ Το IP δεν εγγυάται ότι οι μονάδες δεδομένων θα διανεμηθούν οπωσδήποτε ή ότι θα διανεμηθούν σωστά. Επομένως, όταν μία PDU απορρίπτεται, δεν είναι δεδομένο ότι κάποιο ανώτερο πρωτόκολλο θα φροντίσει για την επαναμετάδοσή της.

### **Πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων**

Το *πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων (ARP: Address Resolution Protocol)* χρησιμοποιείται από το μοντέλο TCP/IP για τη μετατροπή της IP διεύθυνσης της συσκευής στην πραγματική φυσική διεύθυνση *ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC: Media Access Control)* του υλικού. Το TCP/IP χρησιμοποιεί πακέτα αιτήσεων ARP, για να πάρει τη φυσική διεύθυνση κάθε συσκευής του δικτύου, και στη συνέχεια αντιστοιχίζει αυτή τη διεύθυνση στη διεύθυνση IP. Όταν δηλαδή χρειάζεται να σταλεί ένα πακέτο σε ένα συγκεκριμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή, θα πρέπει το δίκτυο - και ειδικότερα ο τελευταίος ενδιάμεσος σταθμός - πέρα από την IP διεύθυνση να γνωρίζει

και τη φυσική MAC διεύθυνση του παραλήπτη. Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων κάνει ακριβώς αυτή τη δουλειά, δίνοντας στο σταθμό τη φυσική διεύθυνση της αντίστοιχης IP διεύθυνσης του υπολογιστή - παραλήπτη.

### **Πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου**

Το *πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου (ICMP: Internet Control Message Protocol)* χρησιμοποιείται κυρίως από το πρόγραμμα Ping. Τα πακέτα ICMP ενθυλακώνονται μέσα στα πακέτα IP, επιτρέποντας σε δύο κόμβους του δικτύου να χρησιμοποιούν από κοινού πληροφορίες για την κατάσταση και τα σφάλματα των πακέτων IP. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα Ping με τη μορφή μηνυμάτων *αιτήσεων αντήχησης (echo request)* και *απαντήσεων αντήχησης (echo reply)*, για να διαπιστωθεί κατά πόσο υπάρχει μια συγκεκριμένη IP διεύθυνση στο δίκτυο.

#### **4.6.2.3 Επίπεδο μεταφοράς**

Ανεξάρτητα από τη φύση των εφαρμογών που ανταλλάσσουν δεδομένα, υπάρχει απαίτηση για αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων με τη σειρά που στάλθηκαν. Οι μηχανισμοί που παρέχουν αυτού του είδους την αξιοπιστία είναι ανεξάρτητοι από τη φύση των εφαρμογών, οπότε δικαιολογείται η ομαδοποίηση τους σε ένα επίπεδο διαμοιρασμένο σε όλες τις εφαρμογές, το οποίο αποκαλείται *επίπεδο μεταφοράς (transport layer)*.

Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την παραλαβή των δεδομένων από το επίπεδο εφαρμογής, τη διάσπαση τους σε μικρότερα μηνύματα, αν χρειαστεί, την παράδοση τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο του Διαδικτύου και τη διασφάλιση ότι όλα τα μηνύματα φτάνουν σωστά στην άλλη πλευρά. Αν οι PDUs δε φτάσουν με τη σωστή σειρά στον παραλήπτη ή περιέχουν λάθη ή χαθούν, είναι ευθύνη των πρωτοκόλλων του επιπέδου αυτού να τις τοποθετήσουν στη σωστή σειρά ή και να ζητήσουν την επαναμετάδοση των λανθασμένων ή απολεσθέντων PDUs. Οι υπηρεσίες αυτού του επιπέδου παρέχονται από δύο πρωτόκολλα, το TCP και το UDP.

## Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης

Το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (*TCP: Transmission Control Protocol*) είναι το κυριότερο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP. Αυτό παραλαμβάνει τα δεδομένα από το επίπεδο εφαρμογής και τα τεμαχίζει σε τμήματα των 64 Kbytes το πολύ, τα οποία και στέλνει μέσω του δικτύου στο ομότιμο επίπεδο ως ξεχωριστά πακέτα. Ειδικότερα, το TCP είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- ✓ Είναι *προσανατολισμένο στη σύνδεση (connection-oriented)*. Το TCP φροντίζει για τη σύνδεση δύο σημείων, καθώς και για τη μεταξύ τους επικοινωνία, εξασφαλίζοντας την αποστολή και τη λήψη των PDUs.
- ✓ Η σύνδεση παρέχεται *από το ένα άκρο στο άλλο (end-to-end)*. Κάθε PDU του TCP έχει ένα συγκεκριμένο τελικό άκρο (σημείο προορισμού), το οποίο προσδιορίζεται μέσα στην PDU. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής της μέσα από τα κανάλια επικοινωνίας η PDU αγνοείται από όλα τα σημεία (ηλεκτρονικούς υπολογιστές ή άλλες διατάξεις) από τα οποία περνάει, για να καταλήξει στο τελικό σημείο που είναι και ο προορισμός της.
- ✓ Είναι *αξιόπιστο (reliable)*. Πρόκειται για το πιο βασικό και χαρακτηριστικό γνώρισμα του TCP. Το πρωτόκολλο φροντίζει να εξασφαλιστεί όχι μόνο η άφιξη των PDUs που στέλνονται στον προορισμό τους, αλλά και ότι αυτές φτάνουν εκεί με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν. Αν κάποια PDU λείπει, το πρωτόκολλο θα ειδοποιήσει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή - αποστολέα προκειμένου αυτή να σταλεί ξανά.

Το TCP υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ✓ τη λογική σύνδεση και αποσύνδεση με το ομότιμο του πρωτόκολλο,
- ✓ τη μετάδοση των δεδομένων σε πακέτα που δεν υπερβαίνουν τα 64 Kbytes,
- ✓ την αξιοπιστία της μετάδοσης,
- ✓ τον έλεγχο ροής των δεδομένων,

- ✓ την ολικά αμφίδρομη επικοινωνία κ.ά.

### **Πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη**

Το πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη (*UDP: User Datagram Protocol*) είναι και αυτό ένα βασικό πρωτόκολλο μεταφοράς πακέτων δικτύου. Τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου αυτού είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Είναι μη βασισμένο στη σύνδεση (*connectionless*). Αυτό σημαίνει ότι το πακέτο UDP που στέλνεται από ένα πρόγραμμα σε ολόκληρο το δίκτυο έχει την ελπίδα ότι θα καταλήξει στον προορισμό του και ότι θα φτάσει στη σωστή σειρά.
- ✓ Θεωρείται απλό στην υλοποίηση του.
- ✓ Δεν προσφέρει μηχανισμούς αξιοπιστίας και ελέγχου ροής.

#### **4.6.2.4 Επίπεδο εφαρμογής**

Επάνω από το επίπεδο μεταφοράς στο μοντέλο TCP/IP είναι το *επίπεδο εφαρμογής (Application layer)*. Δεν υπάρχουν στο μοντέλο TCP/IP τα επίπεδα συνόδου και παρουσίασης όπως στο OSI, που έτσι κι αλλιώς, όπως έχει δείξει η έως τώρα εμπειρία, ελάχιστα χρησιμοποιούνται. Στο επίπεδο εφαρμογής υπάρχουν πολλά ευρέως διαδεδομένα πρωτόκολλα, όπως το *πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού (terminal emulator protocol)*, γνωστό και ως Telnet, που επιτρέπει σε κάποιον χρήστη να συνδεθεί από τον υπολογιστή του με κάποιο απομακρυσμένο μηχάνημα, το *πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (FTP: File Transfer Protocol)*, που χρησιμοποιείται για μεταφορά αρχείων από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο, το *πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (SMTP: Simple Mail Transfer Protocol)* για αποστολή και λήψη ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, το *πρωτόκολλο HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)* για μεταφορά ιστοσελίδων από το Διαδίκτυο στον υπολογιστή μας και πολλά άλλα.

## **Πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού**

Το πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού (*Telnet*) χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση μιας σύνδεσης με κάποιον απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η λειτουργία του πρωτοκόλλου αυτού υλοποιείται μέσω της αρχιτεκτονικής πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης. Το Telnet προσφέρει υπηρεσίες που επιτρέπουν στο χρήστη να επικοινωνήσει με το λειτουργικό σύστημα ενός απομακρυσμένου ηλεκτρονικού υπολογιστή και να χρησιμοποιήσει τα εγκατεστημένα προγράμματα του, όπως για παράδειγμα τον επεξεργαστή κειμένου ή την ηλεκτρονική αλληλογραφία του.

Όλες οι εντολές του χρήστη περνούν μέσω του τοπικού λειτουργικού συστήματος στον πελάτη Telnet και στη συνέχεια μέσω του μοντέλου TCP στο σταθμό εξυπηρέτησης Telnet, δηλαδή στο απομακρυσμένο μηχάνημα. Με τον ίδιο τρόπο τα αποτελέσματα επιστρέφονται στον πελάτη Telnet και μέσω του τοπικού λειτουργικού συστήματος στο χρήστη.

Τα δύο πρωτόκολλα Telnet, του πελάτη και του σταθμού εξυπηρέτησης, επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας εντολές που είναι κωδικοποιημένες σε ένα πρότυπο το οποίο ονομάζεται *δίκτυο νοητού τερματικού (NVT: Network Virtual Terminal)*. Για να αποδοθούν οι εντολές αυτές, χρησιμοποιείται το σύνολο των χαρακτήρων ASCII. Όλα τα δεδομένα εισόδου και εξόδου που σχετίζονται με την επικοινωνία των δύο ομότιμων πρωτοκόλλων πελάτη και σταθμού εξυπηρέτησης μεταφέρονται προς μία κατεύθυνση με σειρές χαρακτήρων ASCII. Αν τα δύο μηχανήματα δε χρησιμοποιούντο ίδιο σύνολο χαρακτήρων, τότε τα αντίστοιχα πρωτόκολλα Telnet μεταφέρουν μαζί τους και την πληροφορία για την αντιστοίχιση των δύο συνόλων, αναλαμβάνοντας έτσι και το ρόλο του επιπέδου παρουσίασης του μοντέλου αναφοράς OSI.

## **Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων**

Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (*FTP: File Transfer Protocol*) επιτρέπει την πρόσβαση και τη διαχείριση ενός απομακρυσμένου σταθμού εξυπηρέτησης αρχείων (file server). Η λειτουργία και αυτού του πρωτοκόλλου υλοποιείται μέσω της αρχιτεκτονικής πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης.

Το ftp προσφέρει υπηρεσίες που επιτρέπουν στο χρήστη να διαχειριστεί ένα σύστημα αρχείων που βρίσκεται σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αναλυτικότερα, ο χρήστης μπορεί να δει τη δομή του απομακρυσμένου συστήματος αρχείων, να διαγράψει, να μετονομάσει, να δημιουργήσει, να μεταφέρει αρχεία και γενικά να χρησιμοποιήσει όλες τις λειτουργίες ενός συστήματος αρχείων. Ο πελάτης FTP επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει τη δομή των αρχείων και τον τύπο των δεδομένων τα οποία εμπλέκονται στις τυχόν διεργασίες του.

### **Πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου**

Το *ηλεκτρονικό ταχυδρομείο*, γνωστότερο και ως e-mail, είναι η πιο διαδεδομένη υπηρεσία που προσφέρουν τα δίκτυα. Τα τοπικά συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου έκαναν την εμφάνιση τους ταυτόχρονα με την εμφάνιση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ήταν θέμα χρόνου να επεκταθεί αυτή η υπηρεσία και στα διασυνδεδεμένα δίκτυα. Το *πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (SMTP: Simple Mail Transfer Protocol)* είναι ένα πρωτόκολλο που διαχειρίζεται τη μεταφορά του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε απομακρυσμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και δίκτυα. Να σημειωθεί ότι το SMTP δε διαχειρίζεται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο χρηστών που συνδέονται σε ένα τοπικό δίκτυο, αφού αυτό είναι αρμοδιότητα του τοπικού συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Διαχειρίζεται όμως την εξωτερική αλληλογραφία του τοπικού δικτύου, σε συνεργασία πάντα με το τοπικό σύστημα.

### **Υπηρεσίες καταλόγου**

Σε ένα οποιοδήποτε τηλεπικοινωνιακό σύστημα είναι απαραίτητο να υπάρχουν υπηρεσίες καταλόγου, με σκοπό τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα οι χρήστες του τηλεφωνικού συστήματος χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες καταλόγου, το γνωστό 131, για να βρουν το τηλέφωνο κάποιου συνδρομητή με τον οποίο θέλουν να επικοινωνήσουν. Αντίστοιχα, το μοντέλο αναφοράς TCP/IP έχει τη δική του υπηρεσία καταλόγου, η οποία είναι γνωστή ως *σύστημα ονομασίας περιοχών (DNS: Domain Name System)*. Η αντίστοιχη υπηρεσία στο μοντέλο αναφοράς OSI ονομάζεται *κατάλογος X.500*.

## **Πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου**

Η αλματώδης ανάπτυξη του Διαδικτύου τα τελευταία χρόνια οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ευελιξία του, η οποία σε μεγάλο βαθμό είναι αποτέλεσμα της χρήσης του πρωτοκόλλου μεταφοράς υπερκειμένου (*HTTP: HyperText Transfer Protocol*). Το πρωτόκολλο αυτό καθορίζει τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων υπερκειμένου μέσω των δικτύων TCP/IP. Τα δεδομένα υπερκειμένου διαμορφώνονται μέσω της γλώσσας μορφοποίησης υπερκειμένου (*HTML: HyperText Markup Language*). Μια σελίδα υπερκειμένου μπορεί να έχει δεσμούς (συνδέσεις) με άλλες σελίδες υπερκειμένου, επιτρέποντας έτσι στην ίδια σελίδα να περιέχει γραφικά, κείμενο, αρχεία ήχου, βίντεο κτλ. Ειδικά προγράμματα, οι *φωλλομετρητές παγκόσμιου ιστού (Web-browsers)*, χρησιμοποιούνται μέσω του HTTP, ώστε να μπορεί κανείς να δει HTML σελίδες.

### **4.6.3 Σύγκριση του μοντέλου αναφοράς TCP/IP και OSI**

#### **Ομοιότητες**

- Και τα δύο μοντέλα αναφοράς περιγράφονται υπό μορφή επιπέδων.
- Σε κάθε επίπεδο δρουν κάποια πρωτόκολλα, που αναφέρονται και ως πρωτόκολλα του αντίστοιχου επιπέδου. Για παράδειγμα, στο επίπεδο μεταφοράς του μοντέλου TCP/IP μπορούμε να συναντήσουμε δύο πρωτόκολλα, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, το TCP και το UDP. Άρα η αντιστοιχία πρωτοκόλλων - επιπέδων δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένη.
- Συνήθως κάθε επίπεδο περιλαμβάνει περισσότερα από ένα πρωτόκολλα. Το ποιο πρωτόκολλο θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις απαιτήσεις των χρηστών και της εφαρμογής που επιλέγουν για να επικοινωνήσουν.
- Και στα δύο μοντέλα αναφοράς τα πρωτόκολλα των υψηλότερων επιπέδων από το επίπεδο μεταφοράς (του επιπέδου μεταφοράς συμπεριλαμβανομένου) είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η επικοινωνία.

Application	Application
	Presentation
	Session
Transport	Transport
	Network
Internet	Network
Network Access	Data link
Physical	Physical

Σχήμα 4.27. Αντιστοίχιση στοιβών TCP/IP και OSI

### Διαφορές

- Η περιγραφή του OSI θεωρείται πληρέστερη από αυτήν του TCP/IP, αν και στην πορεία αποδείχτηκε ότι και στο OSI υπήρχαν ελλείψεις οι οποίες έπρεπε να συμπληρωθούν. Η μεγαλύτερη προσφορά του OSI είναι το γεγονός ότι κάνει ένα σαφή διαχωρισμό ανάμεσα στις έννοιες της υπηρεσίας, της διεπαφής και του πρωτοκόλλου. Στο TCP/IP ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι ευδιάκριτος. Αν και έγιναν αρκετές προσπάθειες προκειμένου να οριοθετηθούν σαφέστερα οι έννοιες αυτές, δεν υπήρξε σημαντική βελτίωση. Ο λόγος που παρουσιάζεται αυτή η διαφορά στα δύο μοντέλα είναι ο εξής: το μοντέλο OSI πρώτα περιγράφηκε από τους ειδικούς και μετά γράφτηκαν τα πρωτόκολλα και όλο το σχετικό λογισμικό που αφορούσε τη λειτουργία των διεπαφών και των υπηρεσιών που προσφέρονται. Αντίθετα, στην περίπτωση του TCP/IP τα πράγματα ακολούθησαν διαφορετική πορεία. Πρώτα δημιουργήθηκαν τα πρωτόκολλα, τα οποία βέβαια πράγματι έκαναν τη δουλειά τους, και μετά, με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, δημιουργήθηκε το μοντέλο. Αυτό φυσικά είχε πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα.
- Στην περίπτωση του TCP/IP δεν υπήρξε πρόβλημα συμφωνίας πρωτοκόλλων - μοντέλου, καθώς το μοντέλο περιγράφηκε με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, με αποτέλεσμα αυτά να ταιριάζουν (εκ των υστέρων) απόλυτα στο μοντέλο.



Βέβαια, όπως προαναφέρθηκε, στο TCP/IP δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός ανάμεσα στις έννοιες του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας.

- Στην περίπτωση του OSI το μοντέλο περιγράφηκε κάνοντας σαφή διαχωρισμό στις έννοιες που υιοθετήθηκαν από τα πρωτόκολλα. Ωστόσο η ανυπαρξία κάποιων έτοιμων πρωτοκόλλων τα οποία θα προσδιόριζαν (εκ των προτέρων) με ακρίβεια τον ορισμό του μοντέλου είχε ως αποτέλεσμα το μοντέλο που δημιουργήθηκε να είναι αρκετά γενικό. Όταν λοιπόν υλοποιήθηκαν δίκτυα που χρησιμοποιούσαν λειτουργικά το μοντέλο OSI, τότε εμφανίστηκαν τα προβλήματα, τα οποία έγινε προσπάθει να επιλυθούν με την επέκταση, τις περισσότερες φορές, του ορισμού και της λειτουργικότητας του μοντέλου. Για παράδειγμα, αρχικά το OSI στο επίπεδο γραμμής δεδομένων αναφερόταν μόνο σε δίκτυα σημείου προς σημείο και δεν είχε λάβει υπόψη του τα δίκτυα εκπομπής, τα οποία εμφανίστηκαν στο προσκήνιο αργότερα. Έτσι λοιπόν προστέθηκε ένα υποεπίπεδο στο επίπεδο γραμμής δεδομένων το οποίο ασχολείται με τα δίκτυα εκπομπής.
- Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων είναι αυτή του αριθμού των επιπέδων τους. Στο OSI έχουμε επτά επίπεδα, ενώ στο TCP/IP τέσσερα. Η χρήση των επτά επιπέδων κρίνεται σήμερα υπερβολική, την εποχή όμως που γινόταν η συζήτηση για την περιγραφή του μοντέλου OSI η συγκεκριμένη λύση φαινόταν η καλύτερη.
- Το επίπεδο συνόδου του OSI έχει στην πραγματικότητα πολύ μικρή εφαρμογή, ενώ το επίπεδο παρουσίασης απουσιάζει εντελώς από τις περισσότερες εφαρμογές, πράγμα που δικαιώνει αυτούς που υποστήριζαν την περιγραφή ενός μοντέλου με λιγότερα επίπεδα, όπως το μοντέλο αναφοράς TCP/IP, στο οποίο και τα δύο αυτά επίπεδα απουσιάζουν.
- Αντίθετα από το OSI, το TCP/IP δεν κάνει σαφή διαχωρισμό μεταξύ του φυσικού επιπέδου και του επιπέδου γραμμής δεδομένων. Αυτό όμως αποτελεί μειονέκτημα για το TCP/IP, αφού τα δύο αυτά επίπεδα είναι εντελώς διαφορετικά και ο διαχωρισμός τους είναι απαραίτητος. Το επίπεδο γραμμής δεδομένων ασχολείται

με την οριοθέτηση των πακέτων και την αξιόπιστη μετάδοση τους, ενώ το φυσικό επίπεδο ασχολείται με τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης.

- Στο επίπεδο δικτύου το OSI υποστηρίζει τόσο την προσανατολισμένη όσο και τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Όμως στο επίπεδο μεταφοράς υποστηρίζει μόνο την προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Αντίθετα, το μοντέλο TCP/IP υποστηρίζει στο επίπεδο Διαδικτύου μόνο τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία, ενώ υποστηρίζει και τους δύστροπους επικοινωνίας στο επίπεδο μεταφοράς.
- Η διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων εντοπίζεται και στην ικανότητα κάθε μοντέλου να περιγράφει διαφορετικές οικογένειες πρωτοκόλλων που δεν ανήκουν σ' αυτό. Η περιγραφή, για παράδειγμα, του SNA της IBM χρησιμοποιώντας το μοντέλο TCP/IP είναι αδύνατη, αφού το μοντέλο TCP/IP δημιουργήθηκε για να περιγράψει συγκεκριμένα πρωτόκολλα. Αντίθετα, το OSI είναι ένα γενικό μοντέλο αναφοράς, μέσα από το οποίο μπορούν να περιγραφούν και να υλοποιηθούν και άλλες στοίβες πρωτοκόλλων.
- Το TCP/IP έτυχε ευρύτερης αποδοχής από τον κόσμο των επικοινωνιών σε σύγκριση με το OSI.

#### **4.6.4 Ανακεφαλαίωση**

Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP (Transmission Control Protocol) είναι μια εναλλακτική πρόταση στο OSI, που σήμερα έχει κυριαρχήσει σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο. Δημιουργήθηκε για να υποστηρίξει την επικοινωνία του ARPANET, ενός δικτύου που προηγήθηκε του Διαδικτύου και που αργότερα μετεξελίχθηκε στη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα. Και αυτό το μοντέλο αναφοράς ακολουθεί την αρχιτεκτονική κατά στρώματα, υλοποιώντας όμως ένα σύνολο τεσσάρων επιπέδων. Τα επίπεδα αυτά είναι το επίπεδο 1 ή επίπεδο πρόσβασης δικτύου, το επίπεδο 2 ή επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο 3 ή επίπεδο μεταφοράς και τέλος το επίπεδο 4 ή επίπεδο εφαρμογής.

Τα πρωτόκολλα του TCP/IP στο επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιούνται ευρύτατα και είναι αυτά που επιτρέπουν στο χρήστη να ωφεληθεί από τις υπηρεσίες που προσφέρει

το Διαδίκτυο. Τα κυριότερα από αυτά είναι το πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού (Telnet), το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (FTP: File Transfer Protocol), το πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (SMTP: Simple Mail Transfer Protocol), το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου κ.ά. Τα μοντέλα αναφοράς OSI και TCP/IP παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, που οφείλονται κυρίως στο χρόνο εμφάνισης τους, καθώς και στην προσπάθεια που έγινε από τους υποστηρικτές κάθε μοντέλου προκειμένου να επικρατήσει στην παγκόσμια κοινότητα.

## 4.7. Ενότητα 6: Τεχνολογίες Δικτύων

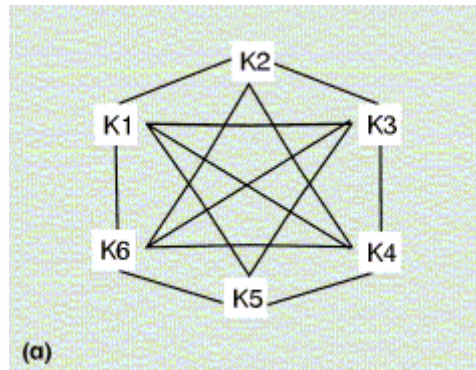
### 4.7.1 Τεχνολογία σημείου προς σημείο - Μεταγωγή

#### 4.7.1.1 Δίκτυα μεταγωγής

Για τη διασύνδεση απομακρυσμένων υπολογιστικών συστημάτων χρησιμοποιούνται σύνδεσμοι σημείου προς σημείο. Η τεχνολογία που αναπτύχθηκε για τη διασύνδεση αυτού του τύπου δικτύων είναι συνυφασμένη με την έννοια της μεταγωγής. Ιστορικά, από τις τρεις μεγάλες περιόδους στις οποίες διακρίνεται η εξέλιξη της τεχνολογίας των δικτύων υπολογιστών, η τεχνολογία μεταγωγής απασχόλησε τους ειδικούς πολλά χρόνια πριν. Έτσι η τεχνική *μεταγωγής κυκλώματος* είναι η πρώτη που εμφανίστηκε και έχει τη βάση της στο τηλεφωνικό σύστημα, ενώ η τεχνική *αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής* δρομολογήθηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 και αφορά δίκτυα δεδομένων. Σύγχρονες τεχνολογίες που εξασφαλίζουν μετάδοση πληροφοριών πολλών τύπων από το ίδιο μέσο (πολυμέσα) στηρίζονται σε *υβριδικές τεχνικές*, οι οποίες έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη των πρόσφατων τεχνικών ISDN και ATM.

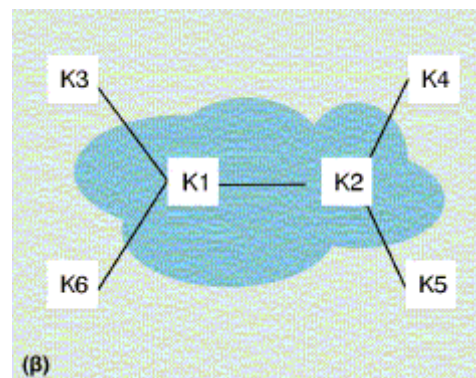
Σ' αυτή την ενότητα θα ασχοληθούμε με την τεχνολογία της μεταγωγής, η οποία αποτέλεσε άλλωστε και το θεμέλιο για τη διασύνδεση των δικτύων δεδομένων και ιδιαίτερα για την ανάπτυξη του Διαδικτύου. Σημειώνεται ότι ως *δίκτυα μεταγωγής* μπορεί να θεωρηθούν όλα τα δίκτυα σημείου προς σημείο που εφαρμόζουν την τεχνική αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής.

Η έννοια της μεταγωγής μπορεί να γίνει κατανοητή με το ακόλουθο παράδειγμα. Έστω ότι διασυνδέονται 6 απομακρυσμένοι κόμβοι. Αν έπρεπε να χρησιμοποιηθούν μόνο απευθείας συνδέσεις μεταξύ των κόμβων, τότε θα σχεδιαζόταν ένα δίκτυο όπως αυτό του σχήματος 4.28, λύση με αυξημένο διαχειριστικό φόρτο. Εναλλακτικά, αναπτύχθηκαν τεχνικές *έμμεσης διασύνδεσης*, η οποία πραγματοποιείται με τη συνεργασία ενδιάμεσων κόμβων, που ονομάζονται *μεταγωγείς* (switches).



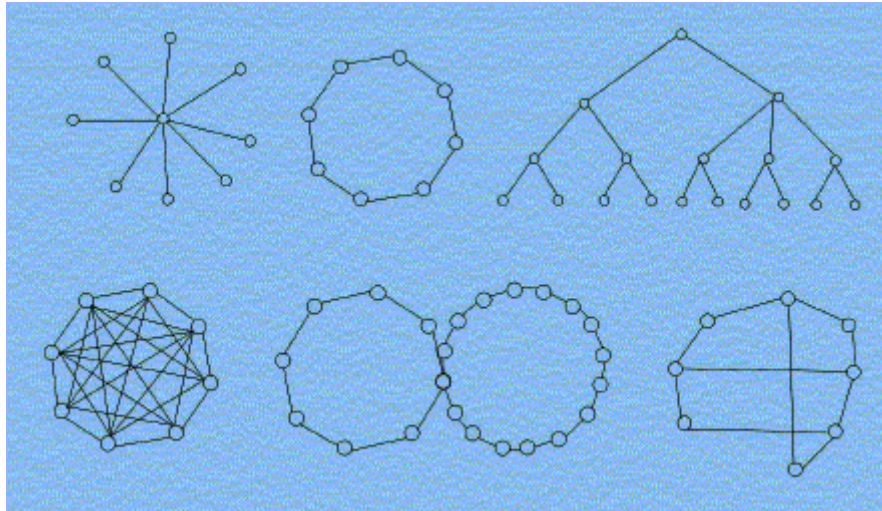
**Σχήμα 4.28.** Δίκτυο διασύνδεσης 6 κόμβων που χρησιμοποιεί μόνο απευθείας συνδέσεις

Οι μεταγωγείς είναι εξοπλισμένοι με δύο ή περισσότερους συνδέσμους και μία από τις κύριες λειτουργίες τους είναι η προώθηση των δεδομένων που λαμβάνουν από ένα σύνδεσμο τους σε έναν άλλο. Στο σχήμα 4.29 απεικονίζεται ένα δίκτυο μεταγωγής για τη διασύνδεση 6 κόμβων. Οι δύο ενδιάμεσοι κόμβοι παίζουν το ρόλο του μεταγωγού, ενώ ο σύνδεσμος που τους ενώνει λέγεται διαμοιρασμένος σύνδεσμος (shared link), αφού χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πληροφοριών και σε κόμβους διαφορετικούς από αυτούς που συνδέει άμεσα.



**Σχήμα 4.29.** Δίκτυο μεταγωγής για την έμμεση διασύνδεση 6 κόμβων

Παραδείγματα δικτύων επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο και με διαφορετικές τοπολογίες φαίνονται στο σχήμα 4.30.



**Σχήμα 4.30.** Δίκτυο επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο

Ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης της πληροφορίας, τα δίκτυα μεταγωγής διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (*circuit switching networks*),
- ✓ δίκτυα μεταγωγής μηνύματος (*message switching networks*) και
- ✓ δίκτυα μεταγωγής πακέτου (*packet switching networks*).

Οι συνηθέστεροι τύποι είναι αυτοί του δικτύου μεταγωγής κυκλώματος, που χρησιμοποιείται αποκλειστικά στο τηλεφωνικό δίκτυο, και του δικτύου μεταγωγής πακέτου, που χρησιμοποιείται στα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

## 4.7.2 Τεχνική μεταγωγής κυκλώματος - μηνύματος

### 4.7.2.1 Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος

Στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (*circuit switching networks*) η μετάδοση δεδομένων είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση μιας φυσικής ζεύξης - κυκλώματος μεταξύ δύο κόμβων. Η μετάδοση τους είναι *διαφανής*, με την έννοια ότι τα δεδομένα δεν υποβάλλονται σε καμία επεξεργασία κατά τη διέλευση τους από το δίκτυο. Αυτό το κύκλωμα παραμένει ενεργό σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας των κόμβων, ακόμα και όταν αυτοί δεν ανταλλάσσουν δεδομένα.

Η τεχνική μεταγωγής κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε πρωταρχικά στο τηλεφωνικό δίκτυο για τη μετάδοση της φωνής, όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη μετάδοση δεδομένων. Κάθε κέντρο υποστηρίζει έναν αριθμό γραμμών και περιέχει έναν πίνακα που μπορεί να υποστηρίξει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς. Χαρακτηριστικό ενός τέτοιου συστήματος είναι ότι κάθε κέντρο μπορεί να εξυπηρετήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό χρηστών. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει όταν ένα πολύ σημαντικό πρόσωπο, για παράδειγμα ένας αρχηγός κράτους σε επίσημη επίσκεψη, πρέπει να μετακινηθεί μέσα σε μια πόλη. Πριν καν αυτός ξεκινήσει, η τροχαία δεσμεύει ολόκληρη την απαιτούμενη διαδρομή, σταματώντας την κυκλοφορία των υπόλοιπων οχημάτων στα σταυροδρόμια.

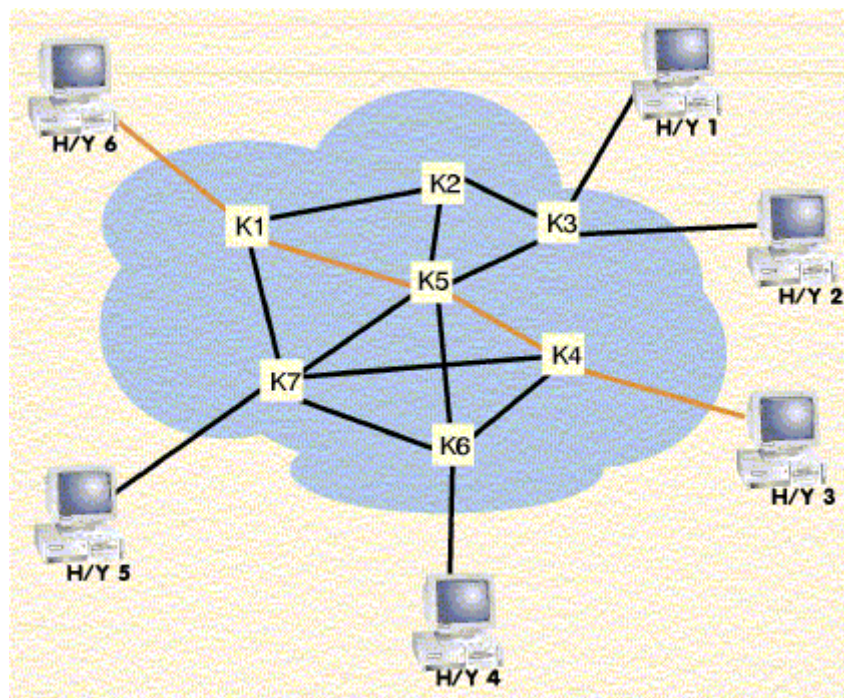
### **Παράδειγμα 1**

Όταν υπάρχει κλήση για κάποιον συνδρομητή του ΟΤΕ, αυτή μεταφέρεται από κέντρο σε κέντρο σταδιακά, μέχρι να εντοπιστεί η συσκευή του συνδρομητή. Από τη στιγμή που αυτός απαντήσει, δημιουργείται ένα φυσικό κανάλι επικοινωνίας, το οποίο παραμένει ανοικτό όσο κρατά η συνδιάλεξη. Ανάλογη είναι και η συμπεριφορά ενός δικτύου μεταγωγής κυκλώματος για τη μετάδοση δεδομένων. Όταν ένας υπολογιστής καλεί κάποιον άλλο, η κλήση προωθείται τμηματικά από κόμβο σε κόμβο, μέχρι να φτάσει στο δέκτη. Αν ο δέκτης θέλει να επικοινωνήσει, απαντά θετικά στην πρόσκληση, οπότε και δημιουργείται μια αποκλειστική φυσική ζεύξη μεταξύ των δύο μερών για όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας τους.

### **Παράδειγμα 2**

Στο σχήμα 4.31 ο Η/Υ 6 θέλει να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 3. Ας υποθέσουμε ότι η σύνδεση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας το υποδίκτυο των κόμβων Κ1 έως Κ7, μέσω κάποιου συνδυασμού συνδέσεων μεταξύ των κόμβων. Ο Η/Υ 6 στέλνει το σχετικό αίτημα μέσω του κόμβου Κ1. Βασισμένος σε ορισμένα κριτήρια, ο κόμβος Κ1 μεταδίδει την πληροφορία μέσω του συνδέσμου Κ1 - Κ5. Αν ο διαμοιρασμένος σύνδεσμος Κ1 - Κ5 έχει διαθέσιμο κανάλι, αυτό δεσμεύεται και το αίτημα προωθείται στον κόμβο Κ5. Με τον ίδιο τρόπο ο Κ5 επιλέγει να προωθήσει το αίτημα του Η/Υ 6, μέσω του κόμβου Κ4, καταλαμβάνοντας ένα από τα κανάλια σύνδεσης του μ' αυτόν. Ο κόμβος Κ4 προωθεί το αίτημα του Η/Υ 6 στον Η/Υ 3, ο οποίος, αν είναι

διαθέσιμος, δέχεται το αίτημα, και οι δυο ηλεκτρονικοί υπολογιστές μπορούν να αρχίσουν την επικοινωνία τους.



**Σχήμα 4.31.** Παράδειγμα δικτύου μεταγωγής κυκλώματος. Η μετάδοση είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση του κυκλώματος μεταγωγής H/Y 6 - K1 - K5 - K4 - H/Y 3, το οποίο παραμένει ενεργό σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας και αποδεσμεύεται με τον τερματισμό της.

Το κύκλωμα επικοινωνίας που δημιουργείται (H/Y 6 - K1 - K5 - K4 - H/Y 3) διατίθεται αποκλειστικά στους δυο υπολογιστές που το χρησιμοποιούν, σαν να υπήρχε μία και μόνο γραμμή σύνδεσης, χωρίς τίποτα να παρεμβάλλεται μεταξύ τους. Μόλις τα δυο μέρη αποφασίσουν να τερματίσουν την επικοινωνία, ειδοποιούνται ταυτόχρονα οι ενδιάμεσοι κόμβοι, για να διακόψουν και αυτοί τη μεταξύ τους σύνδεση, απελευθερώνοντας τα κανάλια τους για κάποιες άλλες συνδέσεις. Αν οι δυο ηλεκτρονικοί υπολογιστές θελήσουν να επικοινωνήσουν και πάλι στο μέλλον, δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί η ίδια διαδρομή, για να επιτευχθεί η σύνδεση τους.



Η επικοινωνία με τη χρήση μεταγωγής κυκλώματος περιλαμβάνει τρεις φάσεις:

- ✓ *Εγκατάσταση φυσικής ζεύξης.* Σ' αυτή τη φάση γίνεται η δέσμευση των φυσικών συνδέσεων που θα αποτελέσουν το κανάλι επικοινωνίας ανάμεσα στους δύο σταθμούς.
- ✓ *Μετάδοση δεδομένων.* Σ' αυτή τη φάση γίνεται η μετάδοση των δεδομένων ανάμεσα στους δύο σταθμούς. Η μετάδοση μπορεί να είναι ψηφιακή ή αναλογική, ανάλογα με τη φύση του δικτύου. Γενικά, η σύνδεση που επιτυγχάνεται παρέχει τη δυνατότητα να μεταδοθούν δεδομένα και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα (full-duplex).
- ✓ *Αποσύνδεση.* Η σύνδεση ανάμεσα στους δύο σταθμούς τερματίζεται μετά από απαίτηση ενός από τους δύο σταθμούς, οπότε και αποδεσμεύονται οι φυσικές ζεύξεις.

#### 4.7.2.2 Δίκτυα μεταγωγής μηνύματος

Η *μεταγωγή μηνύματος (message switching)* είναι η τεχνική κατά την οποία ο πομπός οργανώνει την πληροφορία που θέλει να στείλει στο δέκτη σε ένα μήνυμα, που περιέχει τη διεύθυνση του παραλήπτη. Στη συνέχεια το μήνυμα παραδίδεται στο δίκτυο, το οποίο αναλαμβάνει την αποστολή του στον αποδέκτη. Σ' αυτή την περίπτωση το δίκτυο δεν εγκαθιστά ένα φυσικό κανάλι μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη, αλλά η αποστολή του μηνύματος γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο.

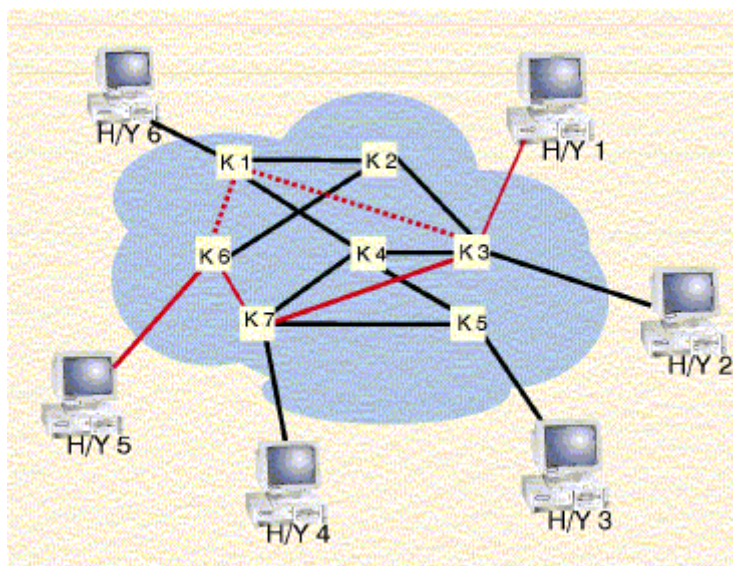
Το μήνυμα αποστέλλεται από τον πομπό στο δέκτη περνώντας από έναν ή περισσότερους ενδιάμεσους κόμβους (σχήμα 4.32). Κάθε κόμβος λαμβάνει ολόκληρο το μήνυμα, το αποθηκεύει και, μόλις βρει την κατάλληλη ευκαιρία, το αποστέλλει στον αμέσως επόμενο κόμβο που θεωρεί ότι είναι η καλύτερη επιλογή για να φτάσει αυτό σύντομα και με ασφάλεια στον προορισμό του.

Η τεχνική αυτή, λόγω του ότι κάθε μήνυμα αρχικά αποθηκεύεται σε έναν κόμβο και στη συνέχεια προωθείται στον επόμενο, ονομάζεται *τεχνική αποθήκευσης και προώθησης*. Ο τρόπος με τον οποίο η πληροφορία προωθείται στον προορισμό της

προϋποθέτει κόμβους με αυξημένες δυνατότητες αποθήκευσης, καθώς θα πρέπει να αποθηκεύουν όλα τα μηνύματα που λαμβάνουν από γειτονικούς κόμβους, μέχρι να βρουν την κατάλληλη ευκαιρία να τα προωθήσουν.

### Παράδειγμα 3

Στο σχήμα 4.32 ο Η/Υ 1 επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 5. Οργανώνει την πληροφορία που θέλει να αποστείλει σε ένα μήνυμα προσαρτώντας και τη διεύθυνση του Η/Υ 5. Σε πρώτη φάση το μήνυμα αποστέλλεται στον κόμβο Κ3. Ο Κ3, αφού λάβει όλο το μήνυμα, το αποθηκεύει και στη συνέχεια, μόλις βρει ελεύθερο κανάλι, το προωθεί στον κόμβο Κ7. Ο Κ7 με τη σειρά του το προωθεί στον Κ6 και αυτός στον τελικό παραλήπτη, που είναι ο Η/Υ 5. Αν ο Η/Υ 5 για κάποιους λόγους είναι εκτός λειτουργίας, το μήνυμα παραμένει αποθηκευμένο στον κόμβο Κ6, μέχρι ο Η/Υ 5 να λειτουργήσει και πάλι. Τέλος, αν για κάποιους λόγους ο κόμβος Κ3 δεν μπορεί να βρει ελεύθερο τον Κ7, τότε είναι δυνατόν να προωθήσει το μήνυμα μέσω του κόμβου Κ1 (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή) και το μήνυμα να ακολουθήσει ένα διαφορετικό δρομολόγιο, μέχρι να φτάσει στον προορισμό του.



**Σχήμα 4.32.** Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή μηνύματος. Η μετάδοση γίνεται μέσω της διαδρομής Η/Υ 1 - Κ3 - Κ7 - Κ6 - Η/Υ 5 και εναλλακτικά, αν ο κόμβος Κ 7 δε λειτουργεί, μέσω της διαδρομής Η/Υ 1 - Κ3 - Κ1 - Κ6 - Η/Υ 5. Κάθε σύνδεσμος παραμένει ενεργός μόνο κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των κόμβων του.

Αξίζει να επισημανθεί μια σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταγωγής κυκλώματος και της μεταγωγής μηνύματος, που γίνεται αμέσως αντιληπτή από τα παραπάνω παραδείγματα (2 και 3). Η διαφορά αυτή έγκειται στο ότι, για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ δύο ηλεκτρονικών υπολογιστών με την τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος, πρέπει ο παραλήπτης να είναι σε θέση να δεχτεί την κλήση, αντίθετα με την τεχνική της μεταγωγής μηνύματος στην οποία αυτό δεν είναι αναγκαίο. Σ' αυτή την περίπτωση, αν ο παραλήπτης δεν είναι διαθέσιμος, το μήνυμα φυλάσσεται στον τελευταίο κόμβο με τον οποίο αυτός συνδέεται και παραλαμβάνει το μήνυμα, μόλις η σύνδεση του με τον κόμβο γίνει εφικτή.

### **4.7.3 Τεχνικές μεταγωγής πακέτου**

#### **4.7.3.1 Δίκτυα μεταγωγής πακέτου**

Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων τα δεδομένα χωρίζονται σε μικρότερα τμήματα πριν από τη μετάδοση τους. Αυτά τα τμήματα δεδομένων ονομάζονται *πακέτα*. Το μέγεθος κάθε πακέτου ποικίλλει, αλλά ένα τυπικό ανώτατο όριο μήκους είναι οι 1.000 χαρακτήρες (bytes) ή οκτάδες δυαδικών ψηφίων. Μικρά σε μέγεθος πακέτα (128 έως 256 δυαδικών ψηφίων) είναι συνήθως προτιμότερα, προκειμένου να ελέγχεται καλύτερα η κυκλοφορία στο δίκτυο.

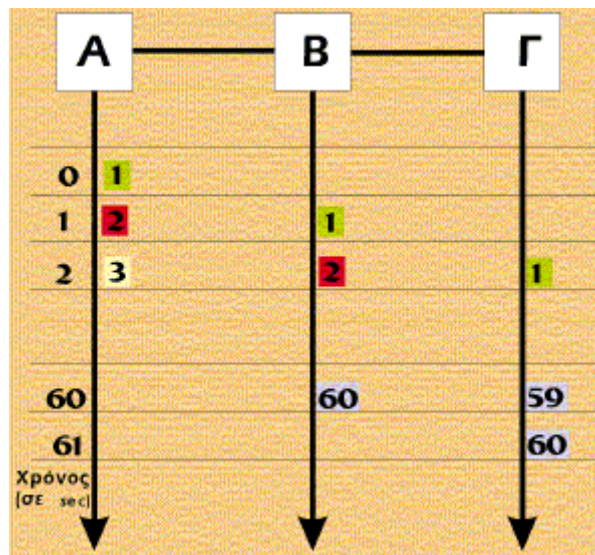
Κάθε πακέτο περιέχει ένα τμήμα του μηνύματος προς αποστολή και επιπλέον πληροφορίες ελέγχου. Οι πληροφορίες ελέγχου είναι απαραίτητες, γιατί επιτρέπουν τη σωστή δρομολόγηση του πακέτου μέσα στο δίκτυο, έτσι ώστε να φτάσει στο σωστό προορισμό. Όταν τα πακέτα φτάσουν στον κόμβο προορισμού, τα αρχικά δεδομένα που περιέχουν επανασυνθέτονται. Οι κόμβοι σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων χρειάζεται να έχουν ικανότητες επεξεργασίας και αποθήκευσης, για να προωθούν τα πακέτα, αλλά και για να τα αποθηκεύουν προσωρινά, αν χρειαστεί, μέχρι να βρουν την καταλληλότερη διαδρομή.

Η τεχνική που ακολουθείται για τη μετάδοση των πακέτων λέγεται τεχνική αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής. Σύμφωνα μ' αυτήν, τα πακέτα στέλνονται συνεχόμενα στο δίκτυο, χωρίς να εγκαθίσταται εκ των προτέρων κάποια μόνιμη σύνδεση ανάμεσα στον πομπό και στο δέκτη, όπως γίνεται στη μεταγωγή

κυκλώματος. Στη μεταγωγή πακέτου αυτά κυκλοφορούν μέσα στο δίκτυο από κόμβο σε κόμβο, αποθηκεύονται προσωρινά σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο και στη συνέχεια προωθούνται στον επόμενο.

#### Παράδειγμα 4

Έστω ότι θέλουμε να μεταδώσουμε, μέσω του δικτύου μεταγωγής πακέτων του σχήματος 4.33, ένα αρχείο δεδομένων από τον κόμβο Α στον κόμβο Γ. Αν οι χρόνοι μετάδοσης του αρχείου από τον Α στο Β κόμβο και από το Β στο Γ κόμβο είναι ίδιοι και ίσοι με 60 sec, τότε ο συνολικός χρόνος μετάδοσης θα είναι ίσος με 120 sec. Αν χωριστεί το αρχείο σε 60 ισομεγέθη πακέτα, τότε ο χρόνος μετάδοσης ενός πακέτου από τον Α στο Β ή από το Β στο Γ κόμβο θα είναι ίσος με 1 sec. Στο 1<sup>ο</sup> sec το πρώτο πακέτο του αρχείου θα σταλεί από τον Α στο Β κόμβο. Στο 2<sup>ο</sup> sec το δεύτερο πακέτο θα σταλεί από τον Α στο Β κόμβο, ενώ ταυτόχρονα το πρώτο πακέτο θα σταλεί από το Β στο Γ κόμβο. Έτσι ο συνολικός χρόνος μετάδοσης του αρχείου θα είναι ίσος με 61 sec. Η εξοικονόμηση στο χρόνο μετάδοσης των πακέτων θα είναι μεγαλύτερη όσο περισσότεροι είναι οι ενδιάμεσοι κόμβοι.



**Σχήμα 4.33.** Μετάδοση με αποθήκευση και προώθηση. Τα πακέτα αποστέλλονται συνεχόμενα στο δίκτυο και έτσι μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος μετάδοσης της πληροφορίας.

Η τεχνική αυτή έχει αποδειχτεί εξαιρετικά αποδοτική. Τα πλεονεκτήματα της είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Η αποδοτικότητα της γραμμής είναι πολύ καλύτερη, αφού κάθε σύνδεση από κόμβο σε κόμβο μπορεί να μοιραστεί συγχρόνως και δυναμικά σε πολλές ροές πακέτων.
- ✓ Μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους σταθμοί με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης, αφού ο κάθε σταθμός συνδέεται με το δίκτυο στο ρυθμό που επιθυμεί και μπορεί να επιτύχει.
- ✓ Δεν απορρίπτονται πακέτα, όταν υπάρχει μεγάλος φόρτος στο δίκτυο, μειώνεται όμως η απόδοση του δικτύου.

Μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στη μετάδοση ορισμένων πακέτων. Αυτό σημαίνει πως αν υπάρχουν αποθηκευμένα σε κάποιον κόμβο του δικτύου πακέτα που περιμένουν να μεταδοθούν, ο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πρώτα αυτά τα πακέτα που έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έτσι αυτά θα μεταδοθούν πιο σύντομα από τα πακέτα με χαμηλότερη προτεραιότητα.

Γενικά υπάρχουν δύο τεχνικές μεταγωγής πακέτου. Η πρώτη είναι η τεχνική των *αυτοδύναμων πακέτων* και η δεύτερη των *νοητών κυκλωμάτων* (*virtual circuits*). Στην πρώτη περίπτωση το δίκτυο χειρίζεται κάθε πακέτο ανεξάρτητα, ενώ στη δεύτερη εγκαθίσταται μια νοητή σύνδεση μεταξύ των δύο κόμβων που πρόκειται να επικοινωνήσουν.

#### **4.7.3.2 Δίκτυα μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου**

Πιο αναλυτικά, η αρχή λειτουργίας των δικτύων μεταγωγής με αυτοδύναμα πακέτα έχει ως ακολούθως. Κάθε πακέτο που φτάνει σε έναν ενδιάμεσο κόμβο αντιμετωπίζεται ανεξάρτητα από τα άλλα. Ο κόμβος αποφασίζει εκείνη τη στιγμή ποιος είναι ο συντομότερος και καταλληλότερος δρόμος για να προωθηθεί το πακέτο στον προορισμό του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην ακολουθούν όλα τα πακέτα την ίδια διαδρομή, καθώς, όταν φτάνουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές σε κάποιον κόμβο, είναι πιθανόν οι συνθήκες στο δίκτυο να είναι διαφορετικές. Μπορεί

δηλαδή, ενώ κάποια πακέτα έχουν ήδη προωθηθεί σε έναν κόμβο, η κίνηση σ' αυτή την περιοχή του δικτύου να μεταβλήθηκε ξαφνικά, οπότε τα πακέτα που ακολουθούν να προωθηθούν στον προορισμό τους μέσω ενός άλλου κόμβου που εκείνη τη στιγμή θεωρείται καταλληλότερος. Επομένως, επειδή οι μεταγωγείς του δικτύου επιλέγουν το σύνδεσμο προώθησης κάθε πακέτου της ροής δεδομένων ξεχωριστά, τα πακέτα μπορεί να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές κατά τη διέλευση τους από το δίκτυο.

Ένα ανάλογο παράδειγμα του μοντέλου που εξετάζουμε μπορούμε να βρούμε στο ταχυδρομικό δίκτυο, όπου τα γράμματα που στέλνουμε στον ίδιο παραλήπτη αντιμετωπίζονται ξεχωριστά από την ταχυδρομική υπηρεσία και μπορεί να φτάσουν στον προορισμό τους ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές. Τυπικό παράδειγμα δικτύου μεταγωγής πακέτων είναι το Διαδίκτυο. Ένα άλλο παράδειγμα είναι σε μια σχολική εκδρομή όπου οι μαθητές μεταφέρονται με μερικά λεωφορεία, υπάρχει περίπτωση οι οδηγοί να ακολουθήσουν ο καθένας διαφορετική πορεία, οπότε μπορεί να φθάσουν στον προορισμό με διαφορετική σειρά και χρονική καθυστέρηση.

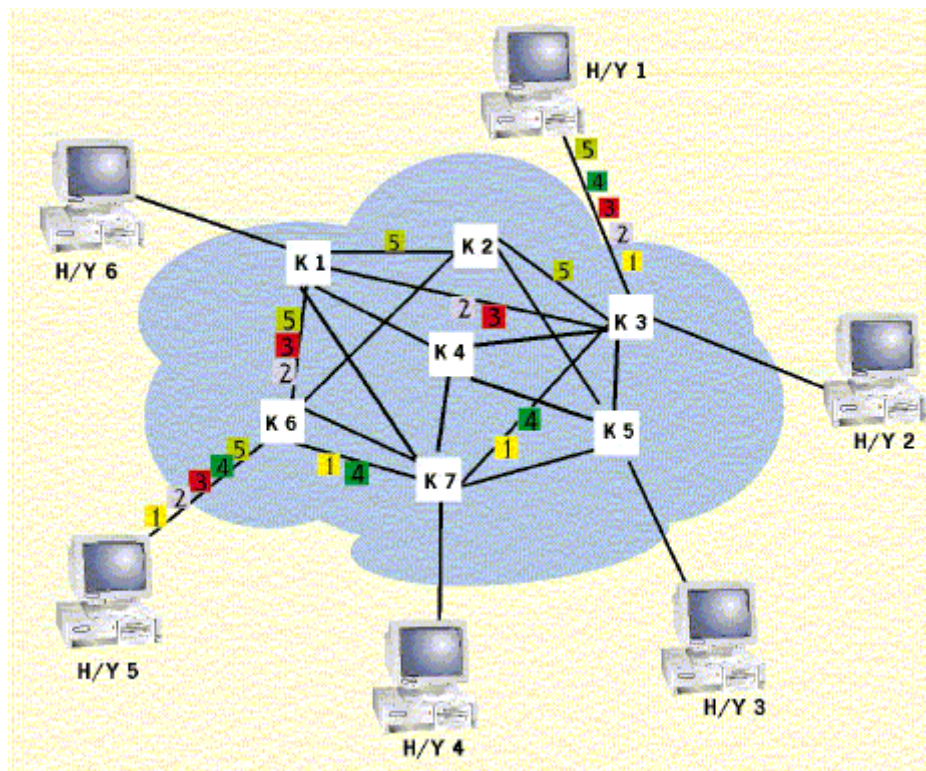
### **Παράδειγμα 5**

Στο σχήμα 4.34 ο Η/Υ 1 επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 5. Χωρίζει την πληροφορία που θέλει να αποστείλει σε πακέτα προσαρτώντας σε καθένα από αυτά τη διεύθυνση του Η/Υ 5. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι έχουμε 5 πακέτα, τα 1, 2, 3, 4 και 5. Αρχικά όλα τα πακέτα αποστέλλονται στον κόμβο Κ3. Ο Κ3 προωθεί κάθε πακέτο στον προορισμό του στέλνοντας το στον καταλληλότερο γειτονικό του κόμβο.

Ο κόμβος Κ3 προωθεί το πακέτο 1 (κίτρινο χρώμα) μέσω της διαδρομής Κ3 - Κ7 - Κ6 - Η/Υ 5. Για το πακέτο 2 (μωβ χρώμα) αλλάζει γνώμη για κάποιους λόγους, για παράδειγμα λόγω υπερφόρτωσης της γραμμής που οδηγεί στον Κ7, και γι' αυτό το στέλνει μέσω της διαδρομής Κ3 - Κ1 - Κ6 - Η/Υ 5. Το πακέτο 3 (κόκκινο χρώμα) το στέλνει μέσω της ίδιας διαδρομής Κ3 - Κ1 - Κ6 - Η/Υ 5, γιατί οι συνθήκες παραμένουν οι ίδιες. Το πακέτο 4 (πράσινο χρώμα) αποφασίζει να το στείλει και πάλι μέσω της διαδρομής Κ3 - Κ7 - Κ6 - Η/Υ 5, γιατί στην παρούσα φάση φαίνεται να είναι ο συμφερότερος δρόμος, για να φτάσει το πακέτο στον προορισμό του. Τέλος, το πακέτο 5 (πράσινο ανοικτό χρώμα) το στέλνει μέσω μιας νέας διαδρομής, της Κ3 -

K2 - K1 - K6 - H/Y 5, γιατί οι συνθήκες άλλαξαν πάλι. Τελικά όλα τα πακέτα παραλαμβάνονται από τον παραλήπτη. Στην περίπτωση που δε φτάσουν με τη σωστή σειρά, ο παραλήπτης έχει τη δυνατότητα να επανασυναρμολογήσει την πληροφορία συνθέτοντας τα πακέτα με τη σωστή σειρά.

Φυσικά κάθε άλλος ενδιαμέσος κόμβος μπορεί να αλλάξει τη διαδρομή ενός πακέτου, πράγμα που σημαίνει ότι ο κόμβος K3 δεν αποφασίζει οριστικά για όλη τη διαδρομή που θα ακολουθήσει το πακέτο. Κάθε κόμβος αποφασίζει οριστικά μόνο για τον αμέσως επόμενο σταθμό στον οποίο θα προωθήσει το πακέτο, με βάση τις πληροφορίες που διαθέτει εκείνη τη στιγμή για την καταλληλότερη διαδρομή.



Σχήμα 4.34. Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου

#### 4.7.3.3 Δίκτυα μεταγωγής πακέτου με νοητά κυκλώματα

Εάν οι μεταγωγείς του δικτύου δρομολογούν τα πακέτα μιας ροής δεδομένων από τον ίδιο πάντα σύνδεσμο, τότε το δίκτυο ονομάζεται *δίκτυο μεταγωγής πακέτων με νοητά κυκλώματα*. Ως *ροή δεδομένων* ορίζεται η ακολουθία πακέτων που έχουν τον ίδιο αποστολέα και τον ίδιο παραλήπτη. Σ' αυτή την περίπτωση σκιαγραφείται στο δίκτυο ένα *νοητό κύκλωμα (virtual circuit)*. Η διαδικασία εγκατάστασης του νοητού κυκλώματος προηγείται της μεταφοράς των δεδομένων και είναι ανάλογη μ' αυτήν των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος.

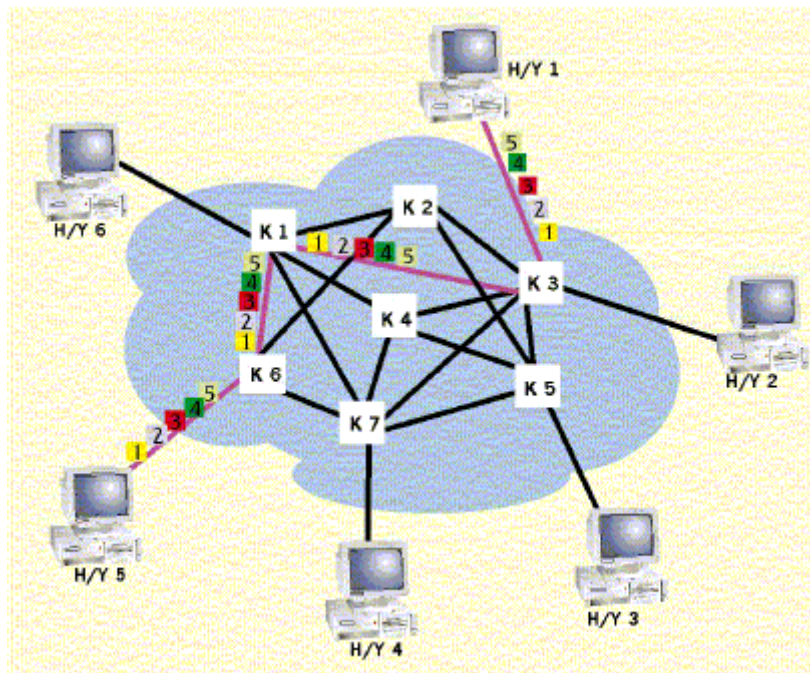
Η *μεταγωγή νοητού κυκλώματος (virtual circuit switching)* είναι η τεχνική κατά την οποία ο πομπός οργανώνει την πληροφορία που θέλει να στείλει στο δέκτη σε πακέτα, τα οποία περιέχουν τη διεύθυνση του παραλήπτη. Στη συνέχεια δημιουργείται ένα νοητό κύκλωμα μεταξύ των δύο κόμβων που επιθυμούν να επικοινωνήσουν και τα πακέτα στέλνονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, ακολουθούν όμως την ίδια διαδρομή.

Πρόκειται για μια τεχνική που συνδυάζει τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου και τη μεταγωγή κυκλώματος. Η διαφορά είναι ότι δεν εγκαθίσταται ένα πραγματικό φυσικό κανάλι επικοινωνίας μεταξύ των δύο ηλεκτρονικών υπολογιστών που θέλουν να επικοινωνήσουν, αλλά ένα νοητό κανάλι, με την έννοια ότι όλα τα πακέτα θα περάσουν από την ίδια διαδρομή, όπως συμβαίνει δηλαδή με τα δεδομένα στην περίπτωση της μεταγωγής κυκλώματος. Η διαφορά της με τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου είναι ότι κάθε κόμβος, από τη στιγμή που επιλεγεί η διαδρομή, στέλνει όλα τα πακέτα εκεί και δεν αποφασίζει για κάθε πακέτο ποια είναι η καταλληλότερη διαδρομή. Ανάλογα, στο παράδειγμα της σχολικής εκδρομής, μπορεί για λόγους ασφαλείας οι οδηγοί να πρέπει να ακολουθήσουν ο ένας μετά τον άλλο την ίδια προαποφασισμένη πορεία ενώ με τη χρήση του αυτοδύναμου πακέτου οι μαθητές μεταφέρονται με μερικά λεωφορεία οπότε υπάρχει περίπτωση οι οδηγοί να ακολουθήσουν ο καθένας διαφορετική πορεία, κι επομένως μπορεί να φθάσουν στον προορισμό με διαφορετική σειρά και χρονική καθυστέρηση, όπως προαναφέραμε.



## Παράδειγμα 6

Στο σχήμα 4.35 ο Η/Υ 1 επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 5. Αρχικά ο Η/Υ 1 στέλνει μια αίτηση επικοινωνίας στον Η/Υ 5 μέσω του κόμβου Κ3. Ο Κ3 προωθεί το αίτημα, διαλέγοντας εκείνη τη στιγμή ως καταλληλότερη διαδρομή τον κόμβο Κ1, ο οποίος με τη σειρά του στέλνει το αίτημα στον κόμβο Κ6 και αυτός τελικά στον Η/Υ 5. Αν ο Η/Υ 5 είναι σε θέση να επικοινωνήσει, στέλνει μια θετική απάντηση στον Η/Υ 1 μέσω της ίδιας διαδρομής, δηλαδή μέσω των κόμβων Κ6, Κ1, Κ3. Έκτοτε οι πληροφορίες που ανταλλάσσουν οι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές περνούν από το νοητό αυτό κύκλωμα (Η/Υ 1 - Κ3 - Κ1 -Κ6 - Η/Υ 5, χρώμα μωβ) υπό μορφή πακέτων, μέχρι το τέλος της επικοινωνίας. Η επικοινωνία μπορεί να διακοπεί, όταν κάποιος από τους δύο ηλεκτρονικούς υπολογιστές θελήσει να την τερματίσει, στέλνοντας ένα σχετικό αίτημα.



Σχήμα 4.35. Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή νοητού κυκλώματος

#### 4.7.4 Σύγκριση τεχνικών μεταγωγής

Κοινό χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής είναι η δυνατότητα που έχει κάθε χρήστης να καλέσει το συνομιλητή του, όπως ακριβώς γίνεται και με τις τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, κάτι που δε συναντάμε στα δίκτυα εκπομπής, όπως θα δούμε σε επόμενα μαθήματα. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι η κατάληψη της γραμμής για όση ώρα διαρκεί η επικοινωνία των δύο μερών. Όπως γνωρίζουμε και από τις τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, κατά τη διάρκεια της συνομιλίας δε γίνεται συνεχώς μεταφορά κάποιου μηνύματος από τον ένα συνομιλητή στον άλλο, η γραμμή όμως παραμένει ανοικτή. Με απλά λόγια αυτό σημαίνει ότι στις τηλεφωνικές συνδιαλέξεις μεταδίδονται και οι παύσεις της συνομιλίας. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση μεταφοράς δεδομένων μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος. Παρ' ότι υπάρχει η φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο μερών που επικοινωνούν, δε μεταφέρονται δεδομένα συνεχώς. Μάλιστα ο χρόνος που το κανάλι παραμένει κενό από δεδομένα θεωρείται αρκετά μεγάλος, γεγονός που καταγράφεται ως μειονεκτημάτων δικτύων μεταγωγής κυκλώματος.

Όταν η κίνηση στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος είναι αυξημένη, παρατηρείται το φαινόμενο να μη γίνονται δεκτές κλήσεις για επικοινωνία, καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμο κανάλι, για να επιτευχθεί η σύνδεση. Αντίθετα, σε όλα τα άλλα δίκτυα μεταγωγής η πληροφορία, είτε σε μορφή μηνύματος είτε σε μορφή πακέτου, θα γίνει δεκτή από το δίκτυο και, σε περίπτωση αυξημένης κίνησης, θα παραμείνει αποθηκευμένη σε κάποιον κόμβο, μέχρι ο κόμβος να βρει ευκαιρία να την προωθήσει στον προορισμό της. Παρ' όλα αυτά στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν όλη τη διαθέσιμη χωρητικότητα της γραμμής, καθώς δεν τη μοιράζονται με άλλους, αφού το φυσικό κανάλι είναι αποκλειστικά δεσμευμένο γι' αυτούς και δεν υπάρχουν τεχνικές πολυπλεξίας.

Επίσης στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος η μεταφορά δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη πρέπει να γίνεται με ρυθμούς αποδεκτούς από τον παραλήπτη, διαφορετικά υπάρχει η περίπτωση ένας γρήγορος αποστολέας να κατακλύσει με δεδομένα έναν αργό παραλήπτη και να μην επιτευχθεί η επικοινωνία.

Αντίθετα, στα υπόλοιπα δίκτυα μεταγωγής δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα, καθώς ο παραλήπτης συνδέεται με τον αντίστοιχο κόμβο στον κατάλληλο ρυθμό μετάδοσης.

Επιπλέον πλεονεκτήματα των δικτύων αποθήκευσης και προώθησης έναντι των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι ότι:

- Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου μπορούν να τεθούν προτεραιότητες στη μετάδοση, έτσι ώστε τα επείγοντα πακέτα να προηγούνται έναντι των άλλων.
- Η διόρθωση των σφαλμάτων της πληροφορίας που μεταφέρεται από τον έναν υπολογιστή στον άλλο και η ασφάλεια της εξασφαλίζονται από το δίκτυο και όχι από τα συστήματα που επικοινωνούν.
- Οι ενδιάμεσοι κόμβοι παίζουν το ρόλο του μεταφραστή και έτσι είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ υπολογιστών που χρησιμοποιούν διαφορετικό κώδικα.

Από την άλλη πλευρά, ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος έναντι της μεταγωγής πακέτου ή μηνύματος είναι η υπεροχή της (όσον αφορά τις εφαρμογές πραγματικού χρόνου), όπως είναι για παράδειγμα οπτική τηλεδιάσκεψη, αφού η μετάδοση πακέτων και μηνυμάτων αντιμετωπίζει σημαντικές για τις εφαρμογές αυτές καθυστερήσεις κατά τη διαδρομή της στο δίκτυο.

Εκτός από τη σύγκριση της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος με τις υπόλοιπες τεχνικές, συγκρίσεις μπορούν να γίνουν και όσον αφορά τις δύο τεχνικές μεταγωγής πακέτων, τη μεταγωγή νοητού κυκλώματος και τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου. Να σημειωθεί ότι η τεχνική μεταγωγής νοητού κυκλώματος προσπαθεί να εκμεταλλευθεί τα πλεονεκτήματα τόσο της μεταγωγής κυκλώματος όσο και της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου. Παρ' όλα αυτά παρουσιάζει και μερικά μειονεκτήματα, όπως είναι τα ακόλουθα:

- Στη μεταγωγή νοητού κυκλώματος παρατηρείται κάποια καθυστέρηση, μέχρι να συμφωνήσουν οι δύο κόμβοι να επικοινωνήσουν, καθώς ο κόμβος - αποστολέας πρέπει να στείλει σχετική αίτηση στον κόμβο - δέκτη και αυτός με τη σειρά του να απαντήσει καταφατικά. Κατά τη

διάρκεια μάλιστα αυτής της διαδικασίας πρέπει να καθοριστεί και το νοητό κανάλι από το οποίο θα περάσουν οι πληροφορίες που θα ανταλλάξουν οι δύο υπολογιστές.

- Αν κατά τη διάρκεια της σύνδεσης δύο υπολογιστών κάποιος κόμβος τεθεί εκτός λειτουργίας, σημειώνονται σημαντικές καθυστερήσεις στην αναδρομολόγηση των πακέτων και στην εγκατάσταση ενός νέου νοητού κυκλώματος. Αντίθετα, στη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου τα πακέτα θα σταλούν στον προορισμό τους μέσω κάποιου άλλου διαθέσιμου κόμβου, χωρίς σημαντική καθυστέρηση.
- Αν παρά την εγκατάσταση ενός νοητού κυκλώματος υπάρξει καθυστέρηση σε κάποιον από τους ενδιάμεσους κόμβους λόγω αύξησης της κίνησης σ' εκείνο το σημείο, δεν υπάρχει η δυνατότητα αναδρομολόγησης των πακέτων μέσω άλλης οδού. Επομένως αυτά υπόκεινται σε υποχρεωτικές καθυστερήσεις, τις οποίες θα απέφευγαν με την τεχνική της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου, καθώς θα προωθούνταν στον προορισμό τους από άλλες, πιο σύντομες διαδρομές.

Τέλος, αξίζει να επισημανθούν μερικά από τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής νοητού κυκλώματος έναντι της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου, εκτός από αυτά που "κληρονομεί" από τη μεταγωγή κυκλώματος και τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω:

- Δεν απαιτείται η αναταξινόμηση των πακέτων από τον παραλήπτη, καθώς αυτά λαμβάνονται όπως τα έστειλε ο αποστολέας.
- Ο παραλήπτης έχει τη δυνατότητα να ειδοποιεί τον αποστολέα για κάποιο προσωρινό πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά τη λήψη των πακέτων και ο αποστολέας διακόπτει τη μετάδοση μέχρι τη λήψη νέου μηνύματος. Έτσι δεν κυκλοφορούν στο δίκτυο πακέτα που δεν έχουν τη δυνατότητα να παραληφθούν και επομένως δεν επιβαρύνεται η κυκλοφορία και η αποθηκευτική ικανότητα του δικτύου.
- Δεν απαιτείται η αναγραφή της πλήρους διεύθυνσης του παραλήπτη σε όλα τα πακέτα, λόγω της σταθερής διαδρομής που αυτά ακολουθούν μέχρι τον προορισμό τους. Έτσι μειώνεται ο φόρτος του δικτύου.

#### 4.7.5 Τεχνολογίες εκπομπής

Εκτός από τα δίκτυα της κατηγορίας αυτής, υπάρχει και η άλλη μεγάλη κατηγορία των δικτύων εκπομπής (broadcasting networks), στα οποία η τεχνική προώθησης της πληροφορίας από τον αποστολέα στον αποδέκτη διαφέρει σημαντικά. Οι κύριοι εκπρόσωποι της κατηγορίας των **δικτύων εκπομπής** είναι τα τοπικά δίκτυα, τα τηλεοπτικά δίκτυα, τα ραδιοφωνικά δίκτυα, τα δορυφορικά δίκτυα.

Σε αντίθεση με τα δίκτυα μεταγωγής, το χαρακτηριστικό των δικτύων εκπομπής είναι ότι δε διαθέτουν ενδιάμεσους κόμβους που να προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της, αλλά έχουν ένα κοινό μέσο μετάδοσης, το οποίο μοιράζονται όλοι οι σταθμοί που συνδέονται στο δίκτυο. Οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των υπολογιστών λαμβάνονται συνήθως από όλους τους σταθμούς του δικτύου. Σε κάθε πακέτο που στέλνεται στο δίκτυο προστίθεται ένα πεδίο διεύθυνσης που καθορίζει το σταθμό για τον οποίο προορίζεται το πακέτο. Οι υπόλοιποι σταθμοί απλώς αγνοούν το πακέτο.

Επειδή στα δίκτυα εκπομπής υπάρχει ένα κοινό κανάλι επικοινωνίας και επομένως δε διατίθενται εναλλακτικοί δρόμοι για να φτάσει ένα πακέτο στον προορισμό του, προκύπτουν προβλήματα που δημιουργούνται από την ταυτόχρονη αποστολή πληροφοριών από τον έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή στον άλλο. Γι' αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί, οι **τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο**, που καθορίζουν τον τρόπο και το χρόνο χρήσης του κοινού καναλιού από τους συνδεδεμένους υπολογιστές.

Οι τεχνικές ελέγχου πρόσβασης διακρίνονται σε συγχρονισμένες και σε ασυγχρονιστες. Οι συγχρονισμένες τεχνικές χρησιμοποιούνται, όταν μέρος της χωρητικότητας του μέσου μετάδοσης διατίθεται αποκλειστικά σε μία μόνο σύνδεση. Παραδείγματα συγχρονισμένων τεχνικών είναι οι τεχνικές πολυπλεξίας συχνότητας (FDM) και χρόνου (TDM). Στα δίκτυα εκπομπής προτιμώνται γενικά ασυγχρονιστες τεχνικές, γιατί οι μεταδόσεις των συνδεδεμένων σταθμών γίνονται τυχαία. Οι τεχνικές αυτές διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ **Δακτυλίου** (*round robin*). Είναι η τεχνική κατά την οποία οι σταθμοί έχουν δικαίωμα να εκπέμψουν με τη σειρά, ο ένας μετά τον άλλο, μία φορά σε κάθε γύρο. Αν ένας σταθμός έχει δεδομένα να στείλει σε κάποιον άλλο, χρησιμοποιείται δικαίωμα του για εκπομπή, όταν έρθει η σειρά του. Αν δεν έχει κάτι να στείλει, παραχωρεί το δικαίωμα στον επόμενο σταθμό. Σ' αυτή την τεχνική στηρίζεται η λειτουργία των δικτυακών προτύπων Token Ring, Token Bus, FDDI και άλλων, τα οποία εξετάζονται αναλυτικά σε άλλα μαθήματα.
- ✓ **Ανταγωνισμού** (*contention*). Είναι η τεχνική κατά την οποία η μετάδοση δεδομένων από τους σταθμούς που συνδέονται στο δίκτυο είναι τυχαία. Κάθε σταθμός προσπαθεί να μεταδώσει τα δεδομένα που διαθέτει στο κανάλι ελπίζοντας να είναι κενό, ώστε να φτάσουν αυτά στον προορισμό τους. Βέβαια πάντα υπάρχει ένας μηχανισμός ο οποίος ειδοποιεί το σταθμό σε περίπτωση αποτυχίας της μετάδοσης, ώστε να υπάρξει επαναμετάδοση. Σ' αυτή την τεχνική στηρίζεται η λειτουργία των δικτυακών προτύπων ανοικτής ακρόασης, όπως είναι το Ethernet, το ALOHA, το CSMA, και άλλα, που θα εξεταστούν σε ιδιαίτερα μαθήματα.
- ✓ **Δέσμευσης ή κράτησης θέσης** (*reservation*). Κατ' αυτή χρησιμοποιούνται τεχνικές πολυπλεξίας, που διαιρούν τη χωρητικότητα του καναλιού σε κανάλια μικρότερης χωρητικότητας τα οποία διατίθενται σε κάθε σταθμό. Χρησιμοποιείται, όταν υπάρχει συνεχής και μεγάλης διάρκειας μετάδοση δεδομένων.

#### 4.7.6 Ανακεφαλαίωση

Οι τεχνολογίες των δικτύων υπολογιστών που αναπτύχθηκαν μέχρι σήμερα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το αν πρόκειται για συνδέσεις σημείου προς σημείο ή συνδέσεις εκπομπής. Η πρώτη περίπτωση αφορά τα δίκτυα ευρείας περιοχής ή τις συνδέσεις απομακρυσμένων συστημάτων υπολογιστών και είναι συνυφασμένη με την έννοια της μεταγωγής. Η τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος είναι η πρώτη που εμφανίστηκε και έχει τη βάση της στο τηλεφωνικό σύστημα, ενώ η τεχνική της

αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής δρομολογήθηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 και αφορά δίκτυα δεδομένων.

Ανάλογα με τον τρόπο μεταβίβασης της πληροφορίας, τα δίκτυα μεταγωγής διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching networks),
- ✓ δίκτυα μεταγωγής μηνύματος (message switching networks),
- ✓ δίκτυα μεταγωγής πακέτου (packet switching networks) και
- ✓ Σύγχρονες τεχνολογίες που παρέχουν μετάδοση πληροφοριών πολλών τύπων (πολυμέσα) από το ίδιο μέσο στηρίζονται σε υβριδικές τεχνικές, δηλαδή τεχνικές μεταγωγής πακέτου και μεταγωγής κυκλώματος, οι οποίες έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη των πρόσφατων τεχνικών ISDN και ATM.

Εκτός από τα δίκτυα με συνδέσεις σημείου προς σημείο, υπάρχουν και τα δίκτυα εκπομπής (broadcasting networks), στα οποία η τεχνική προώθησης της πληροφορίας από τον αποστολέα στον αποδέκτη διαφέρει σημαντικά. Σε αντίθεση με τα δίκτυα μεταγωγής, το χαρακτηριστικό των δικτύων εκπομπής είναι ότι δε διαθέτουν ενδιάμεσους κόμβους που να προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της, αλλά έχουν ένα κοινό μέσο μετάδοσης, που μοιράζονται όλοι οι σταθμοί οι οποίοι συνδέονται στο δίκτυο. Η τεχνολογία αυτής της μορφής αφορά τα τοπικά κυρίως δίκτυα, όπου η πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης γίνεται με ανταγωνιστικούς όρους.

## 4.8. Ενότητα 7: Εισαγωγή στα τοπικά δίκτυα

### 4.8.1 Βασικά στοιχεία τοπικών δικτύων

Ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών (*LAN: Local Area Network*) είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας του οποίου η γεωγραφική εμβέλεια δεν υπερβαίνει μερικές δεκάδες χιλιόμετρα, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να πετύχει είναι, θεωρητικά, απεριόριστος. Αποτελείται από ένα σύνολο τερματικών, υπολογιστών και άλλων διατάξεων και χρησιμοποιεί γραμμές επικοινωνίας προκειμένου να διαμοιράσει δεδομένα, πληροφορίες, υλικό και λογισμικό. Το δίκτυο αυτό μπορεί:

- ✓ Να είναι ενσύρματο ή ασύρματο.
- ✓ Να παρέχει μετάδοση σημείου προς σημείο ή μετάδοση εκπομπής.
- ✓ Να παρέχει μικρό ρυθμό σφαλμάτων με εύρος που κυμαίνεται ανάλογα με τις δυνατότητες του μέσου μετάδοσης.
- ✓ Να είναι πλήρως ιδιόκτητο.

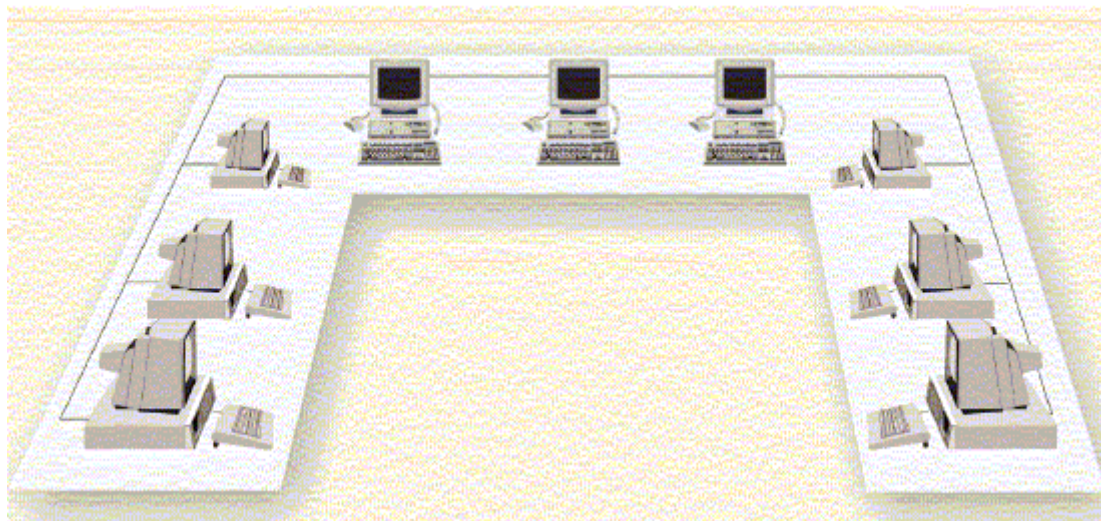
Αν και τεχνολογικά είναι δύσκολο και ίσως άωφο να καθοριστεί ένα συγκεκριμένο όριο όσον αφορά το μήκος της εγκατεστημένης καλωδίωσης των σημερινών ενσύρματων τοπικών δικτύων, εντούτοις αυτή δεν υπερβαίνει τα 100 km, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης αυτών των δικτύων μπορούν στην πράξη να καλύψουν το 1 Gbps. Είναι φανερό ότι τα ενσύρματα δίκτυα των οποίων η εγκατεστημένη καλωδίωση δεν υπερβαίνει το όριο των 100 km έχουν μικρή γεωγραφική εμβέλεια και ως εκτούτου ανήκουν στην κατηγορία των τοπικών δικτύων. Συνήθως τα δίκτυα αυτά καλύπτουν τις ανάγκες ενός ή περισσότερων γραφείων, ακόμη και ενός οργανισμού του οποίου τα κτίρια εκτείνονται σε μια μικρή περιοχή.

#### Παράδειγμα 1

Ένα απλό παράδειγμα τοπικού δικτύου αποτελεί το δίκτυο του σχολικού εργαστηρίου, που μπορεί να επεκταθεί και να καλύψει όλες τις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου (σχήμα 4.36). Ένα άλλο παράδειγμα είναι το δίκτυο ενός νοσοκομείου. Μία ομάδα γιατρών μπορεί να επισκέπτεται ασθενή σε νοσοκομειακό θάλαμο και διαμέσου φορητού υπολογιστή ασύρματης δικτύωσης να επικοινωνεί με τη βάση



δεδομένων για την αναζήτηση του ιατρικού ιστορικού του ασθενή, την απεικόνιση και την ενημέρωση της εγγραφής του (σε αντιδιαστολή με το παλιό σύστημα των καρτελών).



**Σχήμα 4.36.** Το σχολικό τοπικό δίκτυο

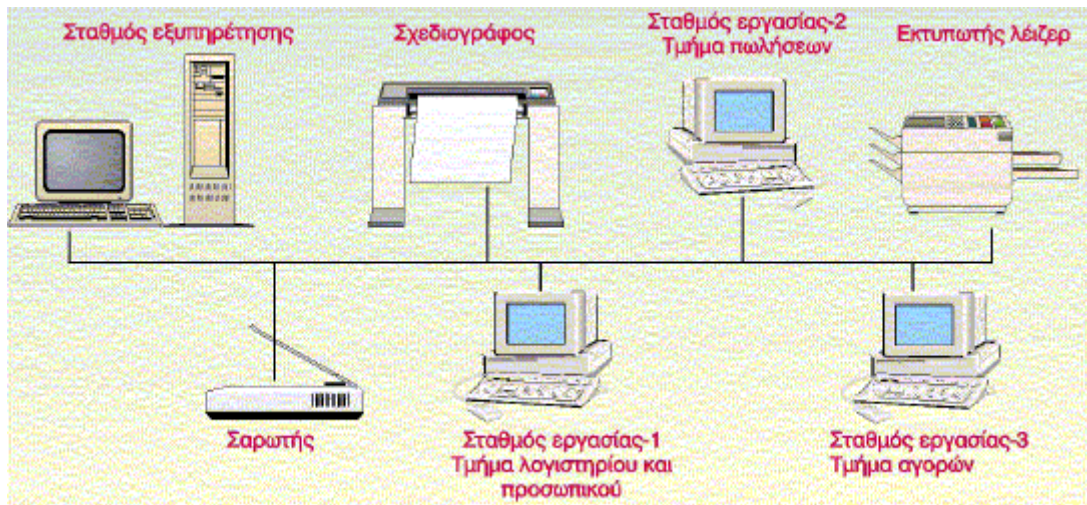
Στα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα μέσα μετάδοσης μπορεί να είναι τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, καθώς και τα υπέρυθρα σήματα. Για το λόγο αυτό τα ασύρματα τοπικά δίκτυα καλύπτουν μικρότερες αποστάσεις, έχουν χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης και σαφώς υψηλότερο ρυθμό σφαλμάτων σε σύγκριση με τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα. Για παράδειγμα, στα ραδιοδίκτυα και στα δίκτυα υπέρυθρων ακτινοβολιών ο ρυθμός σφαλμάτων των δυαδικών ψηφίων κυμαίνεται μεταξύ των  $10^{-3}$  και  $10^{-5}$  bps.

## **Παράδειγμα 2**

Στην απλούστερη των περιπτώσεων το τοπικό δίκτυο αποτελείται από μια γραμμή επικοινωνίας που συνδέει μια σειρά τερματικών διατάξεων με έναν ή περισσότερους μικροϋπολογιστές.

Στο σχήμα 4.37 παρουσιάζεται ένα απλό τοπικό δίκτυο τεσσάρων προσωπικών υπολογιστών που συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός καλωδίου. Τρεις από τους προσωπικούς υπολογιστές οι οποίοι συνδέονται με τα τμήματα πωλήσεων και αγορών λογιστηρίου και προσωπικού αντίστοιχα είναι διαθέσιμοι για χρήση οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Ο τέταρτος υπολογιστής χρησιμοποιείται ως σταθμός εξυπηρέτησης

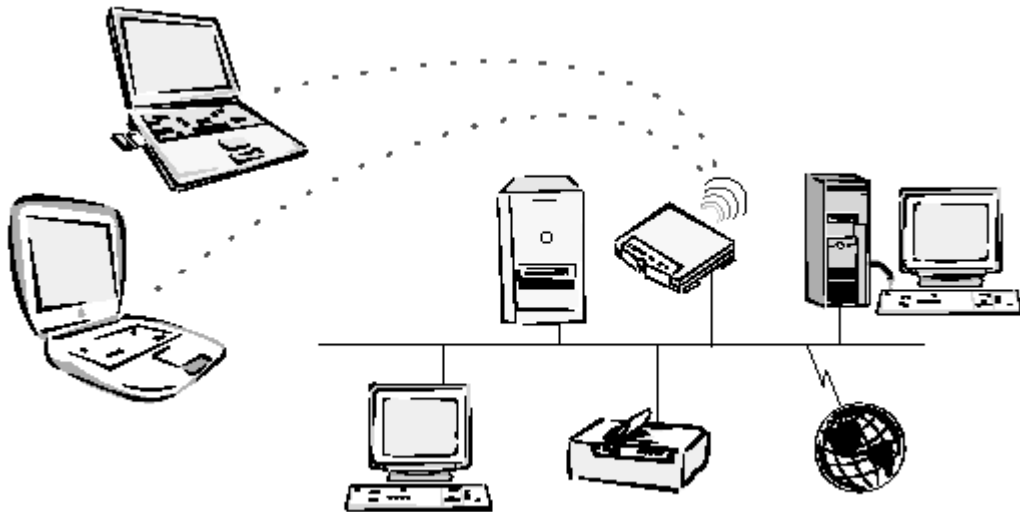
των αναγκών επικοινωνίας όλων των υπολογιστών του δικτύου. Οι χρήστες αυτού του δικτύου έχουν διασυνδεθεί μέσω του σταθμού εξυπηρέτησης με έναν εκτυπωτή ένα σαρωτή και ένα σχεδιογράφο, ώστε όλοι οι υπολογιστές να μπορούν να χρησιμοποιούν αυτές τις συσκευές. Σημειώνουμε ότι σήμερα τα τοπικά δίκτυα συνδέουν πλέον εξελιγμένες διατάξεις αυτοματισμού γραφείου, ήχου, εικόνας, βίντεο κτλ, οι οποίες όμως απαιτούν από το σταθμό εξυπηρέτησης μεγάλη διαθέσιμη χωρητικότητα. Σε μικρά τοπικά δίκτυα οι σταθμοί εξυπηρέτησης μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να λειτουργήσουν οι εφαρμογές μαζί με άλλους υπολογιστές του δικτύου. Σε μεγαλύτερα τοπικά δίκτυα οι σταθμοί εξυπηρέτησης χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την παροχή υπηρεσιών δικτύου, όπως είναι ο διαμοιρασμός του υλικού, του λογισμικού και των πληροφοριών.



Σχήμα 4.37. Ένα τοπικό δίκτυο σε περιβάλλον γραφείου

### Παράδειγμα 3

Στο σχήμα 4.38 παρουσιάζεται ένας συνδυασμός ενός τοπικού ενσύρματου δικτύου με ένα τοπικό ασύρματο δίκτυο.



**Σχήμα 4.38.** Συνδυασμός τοπικού ενσύρματου δικτύου με τοπικό ασύρματο δίκτυο

- Διαμοιρασμός υλικού

Όπως αναφέρθηκε, ένα τοπικό δίκτυο παρέχει στους χρήστες του τη δυνατότητα διαμοιρασμού των συσκευών που είναι φυσικά συνδεδεμένες με το δίκτυο ή με το σταθμό εργασίας κάποιου χρήστη. Τέτοιες συσκευές είναι οι εκτυπωτές, οι σχεδιογράφοι, οι συσκευές αποθήκευσης δεδομένων κτλ. Γενικότερα, στους πόρους ενός τοπικού δικτύου συμπεριλαμβάνονται όλες οι διατάξεις οι οποίες μπορούν να συνδεθούν με το δίκτυο και στις οποίες έχουν πρόσβαση οι χρήστες. Επομένως το δίκτυο επιτρέπει σε κάθε χρήστη να έχει πρόσβαση και σε διατάξεις που θεωρούνται πολύ ακριβές, ώστε να δικαιολογούν την περιοδική χρησιμοποίησή τους από έναν και μόνο χρήστη. Απλό παράδειγμα αποτελεί το δίκτυο του σχήματος 4.37, κατά το οποίο ένας ακριβός σχεδιογράφος που συνδέεται σε τοπικό δίκτυο είναι δυνατόν να εξυπηρετεί περιοδικά όλους τους χρήστες του δικτύου.

- Διαμοιρασμός λογισμικού

Ο διαμοιρασμός λογισμικού αφορά την αποθήκευση στο σκληρό δίσκο του σταθμού εξυπηρέτησης του χρησιμοποιούμενου λογισμικού, όπως είναι τα προγράμματα, οι εφαρμογές και τα δεδομένα, ώστε να μπορούν να έχουν πρόσβαση σ' αυτό όλοι οι χρήστες του δικτύου. Ειδικότερα, σε ένα τοπικό δίκτυο είναι δυνατή η τοποθέτηση

ενός κεντρικού σταθμού εξυπηρέτησης αρχείων και δεδομένων μαζί με όλους τους άλλους πόρους λογισμικού (προγράμματα, πακέτα, εφαρμογές κτλ.) κατά το πρότυπο πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης. Η δυνατότητα αυτή επιφέρει σημαντική μείωση του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης λογισμικού και αφορά όλες σχεδόν τις εκδόσεις δικτυακού λογισμικού που προσφέρονται από τους κατασκευαστές. Όταν εγκαθίσταται σε κάποιο δίκτυο ένα λογισμικό, προβλέπονται συμφωνίες για την παραχώρηση ειδικών αδειών χρήσης με μειωμένο κόστος στον επιθυμητό αριθμό χρηστών. Σημειώνουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις εγκατάστασης δικτυακού λογισμικού οι διαδικασίες ασφάλειας, αναβάθμισης και δημιουργίας αντιγράφων προστασίας δεδομένων καθίστανται ευκολότερες.

- Διαμοιρασμός πληροφοριών

Μια βάση δεδομένων που είναι εγκατεστημένη σε ένα τοπικό δίκτυο επιτρέπει σε όλους τους χρήστες του δικτύου να τη χρησιμοποιούν με τον ωφελιμότερο τρόπο. Το δίκτυο μπορεί να "κλειδώνει" τις εγγραφές της βάσης, ώστε να επιτρέπει σε πολλούς χρήστες την ταυτόχρονη πρόσβαση τους σε ένα αρχείο, χωρίς να καταστρέφονται τα δεδομένα. Το "κλείδωμα" εγγραφών εγγυάται ότι δεν μπορούν δύο χρήστες να τροποποιούν ταυτόχρονα την ίδια εγγραφή.

#### **4.8.2 Φυσικά μέσα**

Κάθε φυσικό μέσο μετάδοσης έχει διαφορετικές δυνατότητες, οι οποίες επηρεάζουν τη μετάδοση του σήματος. Σε ένα τοπικό δίκτυο η μετάδοση μπορεί να είναι βασικής ή ευρείας ζώνης. Στην πρώτη περίπτωση η μετάδοση του σήματος γίνεται χωρίς διαμόρφωση, ενώ στη δεύτερη γίνεται με διαμόρφωση κάποιου από τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι το πλάτος, η συχνότητα ή η φάση. Υπενθυμίζουμε ότι το αρχικό σήμα που πρόκειται να μεταδοθεί ενισχύεται μέσω ενός άλλου σήματος υψηλής συχνότητας, του *φορέα*, που μεταβάλλεται κατάλληλα με το σήμα χαμηλής συχνότητας. Το διαμορφωμένο σήμα μεταδίδεται μέσω της γραμμής επικοινωνίας στο δέκτη ο οποίος και το αποδιαμορφώνει προκειμένου να πάρει το αρχικό σήμα.

## **Δομημένη καλωδίωση στα τοπικά δίκτυα**

Στα ενσύρματα μέσα μετάδοσης ανήκουν τα ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων, τα ομοαξονικά καλώδια, καθώς και τα καλώδια οπτικών ινών. Η δομημένη καλωδίωση αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τις μελλοντικές φυσικές επεκτάσεις του δικτύου, για τις αναδιατάξεις των δομικών στοιχείων του, καθώς και για την αναβάθμιση των προσφερόμενων υπηρεσιών του. Παρ' όλο το σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης, η υλοποίηση της πρέπει να υποστηρίζεται και λόγω των μεγάλων δυνατοτήτων που παρέχει για υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, καθώς και για μετάδοση φωνής, δεδομένων και βίντεο από το ίδιο φυσικό μέσο.

Ανεξάρτητα από το τοπικό δίκτυο που θα επιλεγεί, η καλωδιακή εγκατάσταση θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να διευκολύνει τη διαχείριση του δικτύου και να μπορεί να επεκταθεί χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, όταν αυτό απαιτηθεί. Η προτυποποίηση της καλωδίωσης των κτιρίων εμπορικής χρήσης υπήρξε αποτέλεσμα της συνεργασίας των οργανισμών Electronic Industries Association και Telecommunications Industries Association (EIA/TIA), δίνοντας το γνωστό πρότυπο καλωδιακού συστήματος EIA/TIA - 568A, το οποίο παρέχει τις κατευθυντήριες γραμμές για όλες τις καλωδιώσεις επικοινωνιών. Η τυποποίηση κατά το πρότυπο EIA/TIA περιλαμβάνει:

- ✓ Ένα γενικό καλωδιακό σύστημα τηλεπικοινωνιών εφαρμόσιμο στα κτίρια που προορίζονται για επιχειρηματική χρήση.
- ✓ Ορισμούς μέσων, τοπολογιών, τερματισμών καλωδιακών μέσων, σημείων σύνδεσης, καθώς και κανόνες διαχείρισης.
- ✓ Υποστήριξη πολλών προϊόντων από διαφορετικούς κατασκευαστές.
- ✓ Κατευθύνσεις προς τις εμπορικές επιχειρήσεις για το μελλοντικό σχεδιασμό τηλεπικοινωνιακών προϊόντων.
- ✓ Δυνατότητα σχεδιασμού και υλοποίησης της απαιτούμενης καλωδίωσης ενός εμπορικού κτιρίου χωρίς την εκ των προτέρων γνώση των προϊόντων που θα χρησιμοποιηθούν στην καλωδίωση αυτή.

Το σύστημα της δομημένης καλωδίωσης ενός κτιρίου υλοποιείται από τα ακόλουθα πέντε υποσυστήματα:

- ✓ Υποσύστημα κεντρικής διασύνδεσης κτιρίου
- ✓ Υποσύστημα διασύνδεσης κατακόρυφης - οριζόντιας καλωδίωσης
- ✓ Υποσύστημα απολήξεων οριζόντιας καλωδίωσης
- ✓ Υποσύστημα οριζόντιας καλωδίωσης
- ✓ Υποσύστημα κατακόρυφης καλωδίωσης

### **Ασύρματα μέσα μετάδοσης**

Διαφορετική είναι η θεώρηση των ασύρματων τοπικών δικτύων. Όπως αναφέρθηκε, τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν ως μέσο μετάδοσης τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, τα ομοαξονικά καλώδια και τις οπτικές ίνες. Φυσικά ένα μεγάλο μέρος του κόστους ενός ενσύρματου τοπικού δικτύου αφορά την προμήθεια και την εγκατάσταση της καλωδίωσης, το οποίο πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε περίπτωση οποιουδήποτε ανασχεδιασμού ή επέκτασης του δικτύου. Επομένως τα ασύρματα δίκτυα, πέρα από τη διευκόλυνση που προσφέρουν, ιδιαίτερα στην κινητή επικοινωνία, έχουν και μειωμένο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης. Στα ασύρματα τοπικά δίκτυα η μετάδοση γίνεται διαμέσου των ραδιοφωνικών συχνοτήτων (στο εύρος των  $10^4$  έως  $10^9$  Hz), των μικρό κυματικών συχνοτήτων (στο εύρος των  $10^9$  έως  $10^{12}$  Hz) και των υπέρυθρων ακτινοβολιών (στο εύρος των  $10^{12}$  έως  $10^{14}$  Hz του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος συχνοτήτων). Αναλυτικότερα, η χρήση των μέσων αυτών στα τοπικά δίκτυα έχει ως ακολούθως:

- ✓ Οι ραδιοσυχνότητες χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε πάρα πολλές εφαρμογές τοπικών δικτύων, όπως είναι για παράδειγμα οι ραδιοφωνικές και οι τηλεοπτικές εκπομπές, καθώς και τα κυτταρικά τηλεφωνικά δίκτυα. Επειδή τα ραδιοκύματα, ιδιαίτερα στις χαμηλές συχνότητες, διαπερνούν αδιαφανή αντικείμενα, όπως είναι οι τοίχοι των κτιρίων, χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών. Το γεγονός όμως αυτό προκαλεί επικαλύψεις των ραδιοφωνικών συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να απαιτείται ο επίσημος

καθορισμός συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων για κάθε εφαρμογή. Οι περιορισμοί στη χρήση κάθε ζώνης του φάσματος καθορίζονται με διακρατικές συμφωνίες και ισχύουν για κάθε κράτος.

- ✓ Η μικροκυματική επικοινωνία χρησιμοποιείται κυρίως στις τηλεφωνικές συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων, στα κυτταρικά τηλεφωνικά δίκτυα, στην τηλεόραση, καθώς και σε αρκετές άλλες εφαρμογές στις οποίες η φυσική επικοινωνία είναι δύσκολη (δύσβατες περιοχές). Σημειώνεται ότι υπάρχουν ενδιαφέρουσες υλοποιήσεις τέτοιας μορφής τοπικών δικτύων, αφού, για παράδειγμα, η τοποθέτηση δύο κεραιών επάνω σε δύο πύργους εγκατεστημένους σε απόσταση 50 km περίπου μπορεί να είναι φθηνότερη λύση από την εγκατάσταση οπτικής ίνας, ιδιαίτερα όταν η εγκατάσταση αφορά πυκνοκατοικημένη ή δύσβατη περιοχή.

### **4.8.3 Τοπολογίες**

Όπως είναι γνωστό, η τοπολογία ενός δικτύου επικοινωνιών καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η φυσική σύνδεση των κόμβων του. Επομένως η τοπολογία προσδιορίζει τους αγωγούς διέλευσης των πληροφοριών και κατά συνέπεια τους δυνατούς τρόπους διασύνδεσης δύο οποιωνδήποτε κόμβων του δικτύου. Ασφαλώς ο τρόπος σύνδεσης των κόμβων (ένας προς έναν ή ένας προς πολλούς), καθώς και η κατηγορία του μέσου (ενσύρματο ή ασύρματο) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την ταξινόμηση των τοπολογιών ενός τοπικού δικτύου.

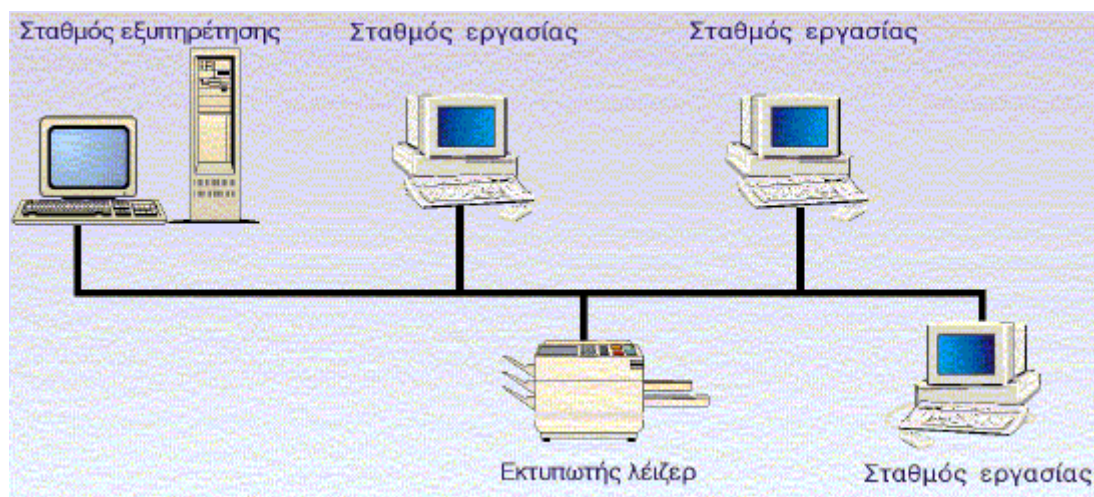
#### **4.8.3.1 Τοπολογίες ενσύρματων τοπικών δικτύων**

Οι βασικές *τοπολογίες των ενσύρματων τοπικών δικτύων* είναι ο διάυλος, ο δακτύλιος και το άστρο. Υπάρχουν όμως και τοπολογίες που προκύπτουν από τροποποίηση, επέκταση ή συνδυασμό των βασικών τοπολογιών, όπως είναι για παράδειγμα η τοπολογία του διπλού δακτυλίου (επέκταση του δακτυλίου), του δέντρου (τροποποίηση του διαύλου), του άστρου - δακτυλίου (συνδυασμός των δύο βασικών τοπολογιών), καθώς και πιο πολύπλοκες τοπολογίες (δικτυωτά), οι οποίες δεν εντάσσονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες και αφορούν κυρίως περιπτώσεις δικτύων ευρείας περιοχής.

Στη συνέχεια θα εξεταστούν αναλυτικότερα οι κυριότερες τοπολογίες που αφορούν τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα, καταγράφοντας τα κύρια πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα τους.

### Τοπολογία διαύλου

Με την τοπολογία αυτή όλοι οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται άμεσα – χωρίς τη μεσολάβηση άλλων διατάξεων – διαμέσου του κατάλληλου προσαρμοστικού υλικού (συνδετήρες, βύσματα, τερματισμοί κτλ.) σε μια κοινή γραμμή επικοινωνίας που λέγεται δίαυλος. Τα πακέτα μεταδίδονται σε όλο το μήκος του φυσικού μέσου και μπορεί να παραληφθούν από όλους τους άλλους κόμβους (σχήμα 4.39). Κάθε κόμβος βλέπει το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και, αν τον αφορά, το αντιγράφει. Επειδή οι κόμβοι που βρίσκονται κοντά σ' αυτόν που εκπέμπει λαμβάνουν ισχυρότερο σήμα από αυτούς που βρίσκονται μακρύτερα, τίθενται περιορισμοί που αφορούν το υλικό του καλωδιακού μέσου, το μήκος του, τον αριθμό των συνδεδεμένων κόμβων και τα προσαρμοστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις συνδέσεις, ώστε να μην αποδυναμώνεται η ισχύς των σημάτων. Τα δίκτυα διαύλου δεν παρουσιάζουν κατασκευαστική πολυπλοκότητα και μπορούν εύκολα να αναδιαταχθούν ή να επεκταθούν προσθέτοντας ή αφαιρώντας διατάξεις. Επίσης βλάβη σε κάποιον κόμβο δεν επηρεάζει το δίκτυο, αφού αυτός μπορεί εύκολα να απομονωθεί.



Σχήμα 4.39. Τοπολογία διαύλου



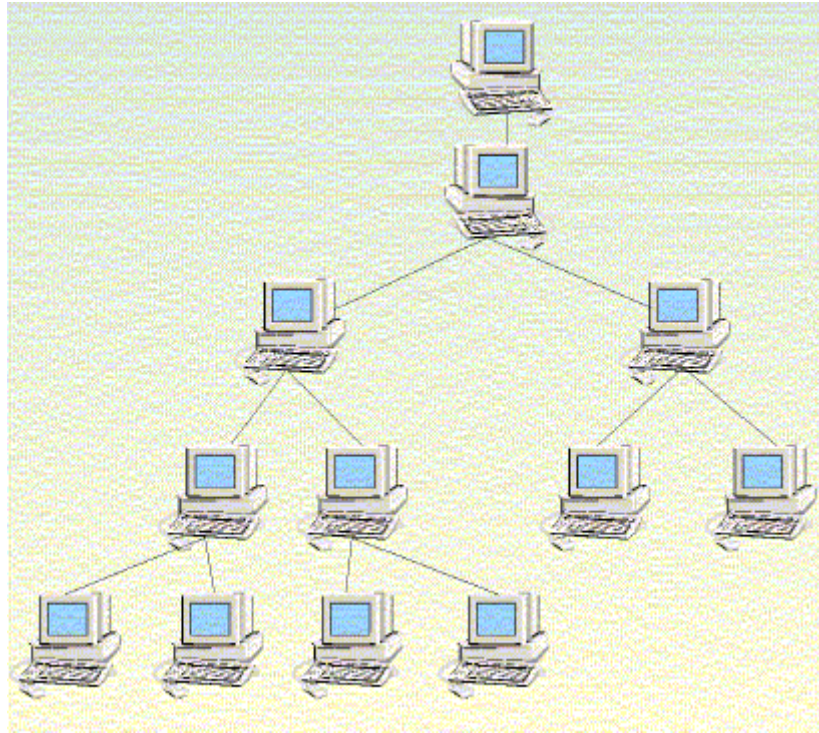
Τα δίκτυα διαύλου αποτελούν καλή επιλογή, όταν:

- Ο αριθμός των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο είναι μικρός.
- Η κυκλοφορία είναι μικρή.

Τέλος, τα δίκτυα διαύλου παρουσιάζουν χαμηλή απόδοση σε κάθε ενέργεια που προκαλεί αύξηση της κυκλοφορίας.

### **Τοπολογία δέντρου**

Η τοπολογία δέντρου αποτελεί τροποποίηση της τοπολογίας διαύλου. Το διάγραμμα της μοιάζει μ' αυτό του ανεστραμμένου δέντρου, στο οποίο τόσο ο κορμός όσο και τα κλαδιά αποτελούνται από δίκτυα διαύλου (σχήμα 4.40). Στην τοπολογία δέντρου το μέσο μετάδοσης είναι ένα διακλαδιζόμενο καλώδιο χωρίς κλειστούς βρόχους, το οποίο ξεκινά από έναν κόμβο που λέγεται *κεφαλή* ή *ρίζα*. Η ρίζα μεταδίδει σε όλο το δίκτυο το σήμα το οποίο λαμβάνει από κάθε κόμβο που εκπέμπει, με αποτέλεσμα ο δίαυλος που περνά από τη ρίζα να έχει συνήθως και μεγάλο φόρτο κίνησης. Κάθε δίαυλος που περνά από τη ρίζα μπορεί να έχει διακλαδώσεις, οι οποίες μπορούν με τη σειρά τους να έχουν άλλες διακλαδώσεις, δημιουργώντας μ' αυτό τον τρόπο πολύπλοκα σχεδιαγράμματα. Η τοπολογία δέντρου παρουσιάζει τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με την τοπολογία διαύλου, αφού ουσιαστικά αποτελεί παράγωγο της. Πρόσθετο όμως μειονέκτημα αποτελεί ο καθοριστικός ρόλος της ρίζας στη μετάδοση, αφού σε περίπτωση βλάβης της προκαλείται κατάρρευση ολόκληρου του τμήματος του δικτύου που ελέγχει.



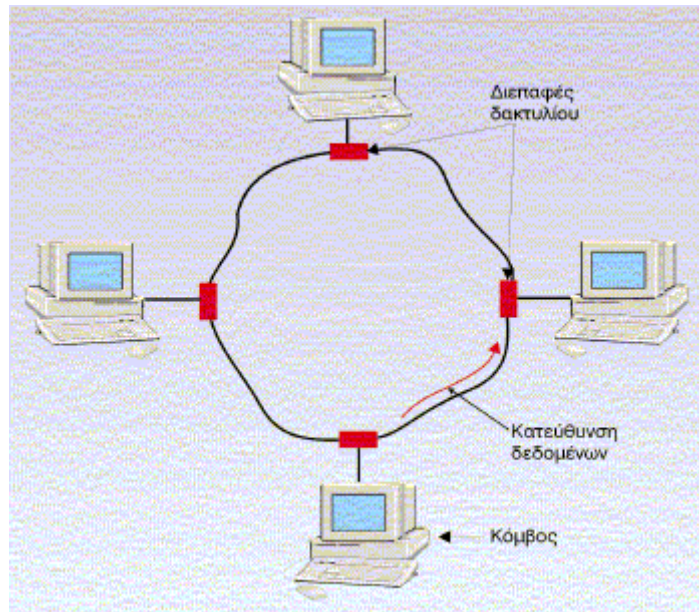
**Σχήμα 4.40.** Τοπολογία δέντρου

### **Τοπολογία δακτυλίου**

Στην τοπολογία δακτυλίου το δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων με συνδέσεις σημείου προς σημείο, ώστε να σχηματίζεται ένας κλειστός βρόχος (σχήμα 4.41). Κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο διαμέσου μιας διάταξης που λέγεται *αναμεταδότης*. Η διάταξη αυτή έχει στόχο την ενίσχυση του σήματος και την αποστολή του στον κόμβο με τον οποίο είναι συνδεδεμένη.

Οι συνδέσεις είναι μιας κατεύθυνσης, δηλαδή η ροή των πληροφοριών έχει την ίδια πάντα φορά επάνω στο δακτύλιο (είτε αυτήν των δεικτών του ρολογιού είτε την αντίστροφη). Τα πακέτα μεταδίδονται από κόμβο σε κόμβο χωρίς ιδιαίτερη καθυστέρηση και χωρίς επιβάρυνση του δικτύου με πληροφορίες δρομολόγησης (όπως η διεύθυνση του παραλήπτη). Κάθε κόμβος που βλέπει το μήνυμα ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και, αν τον αφορά, το αντιγράφει. Από τη στιγμή που πολλοί κόμβοι μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, απαιτείται έλεγχος προκειμένου να καθοριστεί πότε κάθε σταθμός μπορεί να μεταδώσει πακέτα. Ο έλεγχος αυτός

μπορεί να είναι κεντρικός ή καταναμημένος. Καταστροφή ενός κόμβου δε σημαίνει απαραίτητα και διακοπή της κυκλοφορίας, αφού υπάρχουν μέθοδοι απομόνωσής του.



**Σχήμα 4.41.** Τοπολογία δακτυλίου

Η τοπολογία δακτυλίου αποτελεί καλή επιλογή, όταν:

- Απαιτείται ισοκατανομή της χωρητικότητας στους κόμβους του δικτύου.
- Υπάρχει σε μικρές αποστάσεις μικρός αριθμός κόμβων οι οποίοι απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- Κάθε κόμβος πρέπει να μεταδώσει οπωσδήποτε πριν από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Τα δίκτυα δακτυλίου παρουσιάζουν:

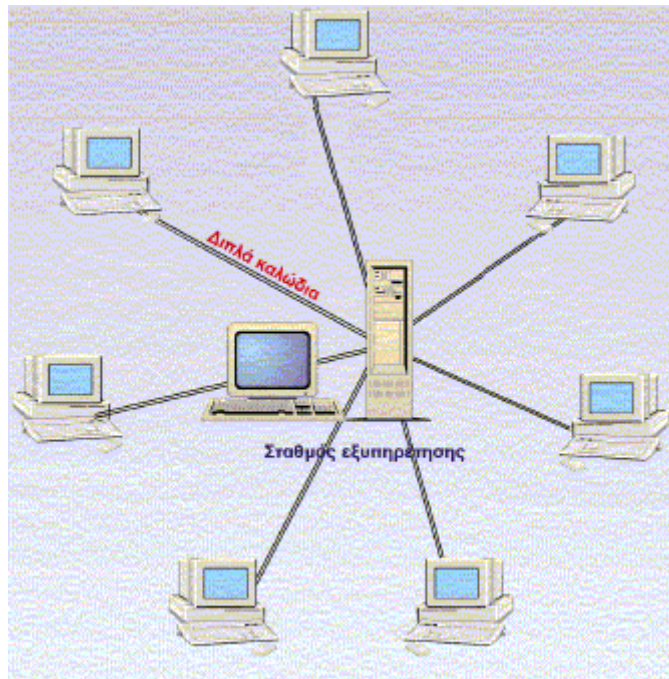
- Σημαντική μέση καθυστέρηση μετάδοσης, ακόμη και στην περίπτωση μικρών φορτίων κίνησης.
- Μη αναλογική με το φορτίο αύξηση της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης.

- Σταθερή χρησιμοποίηση του καναλιού κάτω από μεγάλα φορτία κίνησης.

### **Τοπολογία αστέρα**

Στην τοπολογία άστρου κάθε κόμβος συνδέεται άμεσα με έναν κεντρικό σταθμό εξυπηρέτησης διαμέσου δύο συνδέσεων σημείου προς σημείο μίας ανά κατεύθυνση μετάδοσης (σχήμα 4.42). Η τοπολογία αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαύλου επειδή η μετάδοση κάποιου κόμβου γνωστοποιείται σε όλους τους άλλους κόμβους και επειδή μόνο ένας κόμβος μπορεί να μεταδώσει επιτυχημένα κάθε χρονική στιγμή. Τα μηνύματα των κόμβων μεταδίδονται στον κεντρικό κόμβο ο οποίος ενεργεί ανάλογα με τη μορφή ελέγχου που ασκείται.

Υπάρχουν τρεις μορφές ελέγχου που μπορούν να υλοποιηθούν σε μια τοπολογία άστρου. Στην πρώτη μορφή ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για όλες τις διαδικασίες δρομολόγησης των μηνυμάτων. Τα μηνύματα που φθάνουν στον κεντρικό κόμβο υφίστανται επεξεργασία και αποστέλλονται σε κάποιον από τους κόμβους προκειμένου να σταλούν στον παραλήπτη. Στη δεύτερη περίπτωση ο έλεγχος ασκείται από κάποιον περιφερειακό κόμβο, ενώ ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί σαν διακόπτης μεταγωγής (επαναλήπτης), που εγκαθιστά συνδέσεις μεταξύ των κόμβων, αποστέλλοντας τα μηνύματα σε όλους τους κόμβους. Στην τρίτη περίπτωση ο έλεγχος είναι ισοκατανεμημένος στους κόμβους, ενώ ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση και την αποφυγή των συγκρούσεων.



**Σχήμα 4.42.** Τοπολογία αστέρα

Η τοπολογία άστρου αποτελεί καλή επιλογή, όταν:

- Απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες φωνής - δεδομένων.
- Απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης.

Η υλοποίηση των δικτύων άστρου είναι πολύπλοκη, αφού ορισμένοι κόμβοι μπορεί να είναι απλές περιφερειακές μονάδες και άλλοι να ασκούν έλεγχο. Σε περίπτωση κεντρικού ελέγχου ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί παρόμοια με ένα ιδιωτικό κέντρο μεταγωγής, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία. Πολλά χαρακτηριστικά του δικτύου εξαρτώνται από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η χωρητικότητα του δικτύου, η δυνατότητα επέκτασης του όσον αφορά τον αριθμό των κόμβων που μπορεί να υποστηρίξει, ο ρυθμός μεταφοράς των γραμμών επικοινωνίας, η αξιοπιστία του.

#### 4.8.3.2 Τοπολογίες ασύρματων τοπικών δικτύων

Οι τοπολογίες των ασύρματων τοπικών δικτύων μπορεί να είναι είτε σημείου προς σημείο είτε σημείο προς πολλά σημεία (συνδέσεις εκπομπής). Α οι συνδέσεις είναι σημείο προς σημείο, τότε η ασύρματη επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών απομακρυσμένων σημείων είτε μεταξύ δύο σημείων εκ των οποίων το ένα ή και τα δύο βρίσκονται σε κίνηση. Επικοινωνίες αυτής της μορφής αφορούν κυρίως τα ραδιοκύματα ή τα μικροκύματα που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις μεγάλες αποστάσεις.

Στις συνδέσεις εκπομπής αναφέρονται 3 τοπολογίες:

- ✓ *Επίγεια ραδιοεπικοινωνία.* Αφορά χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα και υλοποιείται με ένα σταθμό βάσης και με τερματικούς σταθμούς καταναμημένους συνήθως σε μια μικρή περιοχή γύρω από τη βάση. Επέκταση αυτής της επικοινωνίας είναι η κινητή τηλεφωνία όπου οι χρήστες κατανέμονται σε μικρές κυψέλες και επικοινωνούν με το μοναδικό κεντρικό κόμβο της κυψέλης που είναι η *βάση κυψέλης*, ενώ οι βάσεις συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός σταθερού ενσύρματου δικτύου. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να επεκταθεί η γεωγραφική κάλυψη του δικτύου σε μεγαλύτερες περιοχές.
- ✓ *Επίγεια μικροκυματική ή υπέρυθρη επικοινωνία.* Αφορά την περίπτωση επίγειας μικροκυματικής ή υπέρυθρης επικοινωνίας κατά την οποία με παρόμοιο τρόπο με την προηγούμενη τοπολογία ένας σταθερός σταθμός βάσης, εδώ ονομάζεται "*Μονάδα πρόσβασης φορητών ή σταθερών τερματικών διατάξεων (PAU - Portable Access Unit)*", συνδέεται ασύρματα με έναν αριθμό καταναμημένων τερματικών, ενώ το σύνολο συνδέεται μέσω της βάσης και με ενσύρματη γραμμή σε ένα τοπικό δίκτυο. Η τοπολογία αυτή χρησιμοποιείται από μεγάλες εγκαταστάσεις οι οποίες καλύπτονται από πολλές τέτοιες μονάδες που συνδέονται σε σταθερά δίκτυα.
- ✓ *Ασύρματα τοπικά δίκτυα άμεσης σύνδεσης.* Αφορά την άμεση σύνδεση κάποιων τερματικών διατάξεων που βρίσκονται εγκατεστημένες σε ένα μικρό χώρο.

#### 4.8.4 Μέθοδοι ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης

Οι μέθοδοι ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης είναι οι τεχνικές που επιβάλλουν ένα συγκεκριμένο τρόπο στον έλεγχο της κυκλοφορίας των δεδομένων στο δίκτυο. Στη πράξη είναι οι μέθοδοι με τις οποίες το δίκτυο δίνει το δικαίωμα σε κάθε σταθμό (κόμβο), να εκπέμψει.

Το σύνολο των κανόνων οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο διασύνδεσης των συστημάτων που επικοινωνούν, καθώς και τον τρόπο πρόσβασης στο μέσο επικοινωνίας, συνιστά το πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ίδια ή διαφορετικά συστήματα μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο όταν συμφωνούν με τους κανόνες υλοποίησης ενός πρωτοκόλλου. Ο τρόπος πρόσβασης στο μέσο επικοινωνίας καθώς και οι σχετικοί έλεγχοι που πρέπει να γίνονται περιγράφονται στα πρωτόκολλα του δεύτερου επιπέδου του μοντέλου αναφοράς OSI δηλαδή στο επίπεδο γραμμής δεδομένων με το πέρασμα του χρόνου τόσο ο σχεδιασμός όσο και η υλοποίηση των πρωτοκόλλων των τοπικών δικτύων υπολογιστών επηρεάστηκαν από τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογικών μεθόδων.

Σε οποιοδήποτε σχήμα ελέγχου πρόσβασης στο μέσο το βασικό ερώτημα είναι αν ο έλεγχος ασκείται *κεντρικά* ή *καταναμημένα*. Στον *κεντρικό έλεγχο* ο ελεγκτής είναι ο βασικός κόμβος που επιτρέπει ή όχι τη μετάδοση κάποιου πακέτου. Επομένως, κάθε κόμβος που έχει να μεταδώσει ένα πακέτο πρέπει να περιμένει την έγκριση του ελεγκτή. Αντίθετα, στον *καταναμημένο έλεγχο* δεν υπάρχει ελεγκτής. Όλοι οι σταθμοί εκτελούν επιλεκτικά τις λειτουργίες του πρωτοκόλλου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο προκειμένου να καθορίσουν δυναμικά τη σειρά με την οποία οι κόμβοι θα μεταδώσουν το πακέτο τους. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μετάδοση περιορίζεται τόσο από την τοπολογία του δικτύου όσο και από άλλους παράγοντες, όπως είναι το κόστος, η συμπεριφορά, καθώς και η πολυπλοκότητα του δικτύου.

Γενικά, οι τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης διακρίνονται σε *συγχρονισμένες* και *ασυγχρόνιστες*. Με τις *συγχρονισμένες τεχνικές* μέρος της χωρητικότητας της κοινής γραμμής επικοινωνίας διατίθεται αποκλειστικά σε μία

σύνδεση. Στο περιβάλλον των τοπικών δικτύων μια τέτοια τακτική είναι συνήθως αναποτελεσματική, αφού οι απαιτήσεις των κόμβων σε χωρητικότητα είναι απροσδιόριστες και ως εκ τούτου δεν είναι δυνατόν να προδιαγραφούν. Αντίθετα, με τις *ασυγχρόνιστες τεχνικές* υπάρχει δυναμική εκχώρηση της χωρητικότητας, ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις των κόμβων, και συνεπώς μπορεί να προδιαγραφεί μια πιο ευέλικτη τακτική όσον αφορά την ποσοτική και τη χρονική κατανομή της.

Υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα που ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία και αφορούν τα *κανάλια ανοικτής ακρόασης*, δηλαδή τα δίκτυα των οποίων όλοι οι χρήστες λαμβάνουν το μήνυμα και ανάλογα, αν τους αφορά, το αποδέχονται, διαφορετικά το απορρίπτουν. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα κανάλια ανοικτής ακρόασης ονομάζονται και *κανάλια πολλαπλής πρόσβασης* ή *κανάλια τυχαίας προσπέλασης*. Σημειώνεται ότι οι λειτουργίες οι οποίες επιτελούνται από το υποεπίπεδο MAC καθορίζουν ποιος σταθμός μεταδίδει κάθε φορά στο κανάλι πολλαπλής πρόσβασης. Επομένως, το υποεπίπεδο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα τοπικά δίκτυα, αφού σχεδόν όλα χρησιμοποιούν κάποιο κανάλι πολλαπλής πρόσβασης ως βάση επικοινωνίας. Σε αντίθεση, τα δίκτυα ευρείας περιοχής, με εξαίρεση τα δορυφορικά δίκτυα, χρησιμοποιούν κανάλια σημείου προς σημείο.

Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές δέσμευσης της χωρητικότητας ενός καναλιού μεταξύ πολλών ανταγωνιζόμενων χρηστών είναι οι τεχνικές επιμερισμού συχνότητας και χρόνου (FDM και TDM). Επειδή όμως οι παραπάνω εμφανίζουν κάποια προβλήματα εφευρέθηκαν νέες τεχνικές, που βασίζονται περισσότερο στη *δυναμική δέσμευση της χωρητικότητας* του καναλιού, δίνοντας νέα ώθηση στους τρόπους μετάδοσης των δεδομένων.

Οι παραδοχές στις οποίες βασίστηκαν οι νέες τεχνικές είναι οι ακόλουθες:

1. Όσον αφορά τη ταυτόχρονη μετάδοση δύο ή περισσότερων πακέτων:

- ✓ Αν δύο ή περισσότερα πακέτα μεταδοθούν ταυτόχρονα, επικαλύπτονται, με αποτέλεσμα την καταστροφή όλων των σημάτων που ενεπλάκησαν στη μετάδοση. Το γεγονός αυτό λέγεται *σύγκρουση*. Τα συγκρουόμενα πακέτα μπορούν να επαναμεταδοθούν κάποια άλλη



χρονική στιγμή. Όλοι οι κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν συγκρούσεις, οι οποίες συνιστούν και τα μόνα σφάλματα στη μετάδοση.

- ✓ Ο περιορισμός των συγκρούσεων είναι το ζητούμενο για τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος. Στη ψηφιακή ραδιοεπικοινωνία η σύγκρουση δύο ή περισσότερων σημάτων δεν συνεπάγεται πάντα τη καταστροφή των σημάτων αυτών, αλλά πολλές φορές την υπερίσχυση του πακέτου που φέρει το ισχυρότερο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *σύλληψη* και οδηγεί κατά κανόνα στη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος.

2. Όσον αφορά το χρόνο έναρξης της μετάδοσης ενός πακέτου:

- ✓ Είτε ο άξονας του χρόνου χωρίζεται σε καθορισμένα διαστήματα που λέγονται *χρονοθυρίδες* στην αρχή της οποίας συμβαίνει η έναρξη της μετάδοσης ενός πακέτου.
- ✓ Είτε τα πακέτα μπορούν να μεταδίδονται οποιαδήποτε χρονική στιγμή, οπότε δεν υπάρχει ρολόι που να χωρίζει το χρόνο σε καθορισμένα διαστήματα (*χρονοθυρίδες*).

Κάθε χρονοθυρίδα στη πρώτη περίπτωση διαρκεί όσο διάστημα απαιτείται για να μεταδοθεί ένα πακέτο. Ανάλογα με τον αριθμό των πακέτων που περιλαμβάνει μια χρονοθυρίδα, το κανάλι θεωρείται ότι βρίσκεται σε αργία (κανένα πακέτο), ότι έχει επιτυχημένη μετάδοση (ένα πακέτο) ή ότι έχει σύγκρουση (περισσότερα του ενός πακέτα).

#### 4.8.5 Τυποποιήσεις IEEE 802.x

Τα πιο διαδεδομένα πρότυπα που αφορούν τα τοπικά δίκτυα ορίζονται από τις τυποποιήσεις του *IEEE 802.x* και έχουν ως ακολούθως:

- ✓ Πρότυπο *IEEE 802.3*: Πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φέροντος και αναγνώριση συγκρούσεων (*CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Το πρότυπο αυτό θα περιγραφεί στην επόμενη ενότητα.
- ✓ Πρότυπο *IEEE 802.4*: Δίαυλος με κουπόνι διέλευσης (*Token Passing Bus*). Το πρότυπο αυτό υλοποιείται σε δίκτυα διαύλου που εφαρμόζουν τη μέθοδο του κουπονιού διέλευσης.
- ✓ Πρότυπο *IEEE 802.5*: Δακτύλιος με κουπόνι διέλευσης (*Token Passing Ring*). Το πρότυπο αυτό υλοποιείται σε δίκτυα δακτυλίου που εφαρμόζουν τη μέθοδο του κουπονιού διέλευσης.

Προκειμένου να χρησιμοποιείται ένα ενιαίο σχήμα γραφής, τα παραπάνω πρότυπα συμβολίζονται ως *xxBASE-yy*, αν πρόκειται για μετάδοση βασικής ζώνης, ή ως *xxBroad-yy*, αν πρόκειται για μετάδοση ευρείας ζώνης. Ο πρώτος αριθμός μπροστά από το χαρακτηρισμό της ζώνης αναφέρεται στην ταχύτητα του προτύπου σε Mbps, ενώ ο τελευταίος αριθμός στο μέγιστο μήκος (σε μέτρα) της επιτρεπόμενης καλωδίωσης πολλαπλασιασμένο επί 100.

#### 4.8.6 Ανακεφαλαίωση

Τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών πρώτης γενιάς που εξετάστηκαν σ' αυτό το κεφάλαιο δεν έχουν μεγάλη γεωγραφική εμβέλεια, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης που υποστηρίζουν δεν υπερβαίνουν τις λίγες δεκάδες Mbps. Μπορούν να είναι ενσύρματα ή ασύρματα, έχουν μικρό ρυθμό σφαλμάτων δυαδικού ψηφίου και χρησιμοποιούνται σε ποικίλες οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες. Η αρχιτεκτονική τους εξετάστηκε λεπτομερώς ως προς τα μέσα μετάδοσης, την τοπολογία και τις μεθόδους πρόσβασης στο φυσικό μέσο. Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στον τρόπο υλοποίησης - εγκατάστασης της δομημένης καλωδίωσης των ενσύρματων τοπικών δικτύων. Όσον αφορά την

τοπολογία, εξετάστηκαν όλες οι βασικές περιπτώσεις διασύνδεσης των ενσύρματων τοπικών δικτύων (δίαυλος, δακτύλιος, άστρο και δέντρο), καθώς επίσης και οι περιπτώσεις διασύνδεσης των ασύρματων τοπικών δικτύων με ιδιαίτερη έμφαση σ' αυτήν των δικτύων εκπομπής. Η μελέτη της αρχιτεκτονικής των τοπικών δικτύων ολοκληρώθηκε με την εξέταση των μεθόδων ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης, οι οποίες διακρίνονται ως προς τον έλεγχο του μέσου μετάδοσης (κεντρικός ή κατακεκολλημένος) και ως προς τον τρόπο πρόσβασης στο μέσο (συγχρονισμένος ή ασυγχρονιστος). Επίσης αναπτύχθηκαν έννοιες που αφορούν τις τεχνικές δέσμευσης της χωρητικότητας του καναλιού και δόθηκαν οι παραδοχές επάνω στις οποίες στηρίζονται οι τεχνικές αυτές. Τέλος, έγινε αναφορά στις τυποποιήσεις του IEEE 802.x και στα πρότυπα που αυτές υποστηρίζουν.

## 4.9. Ενότητα 8: Πρότυπα τοπικών δικτύων

### 4.9.1 Πρότυπο ALOHA

Το πρότυπο *ALOHA* αποτελεί την απλούστερη αλλά και την παλαιότερη από τις ανταγωνιστικές τεχνικές πρόσβασης στο μέσο που εφαρμόστηκαν στα ραδιοδίκτυα των πακέτων μεταγωγής. Σήμερα το πρωτόκολλο *ALOHA*, με ορισμένες παραλλαγές, έχει ευρεία εφαρμογή στο χώρο της επίγειας ραδιοεπικοινωνίας, στην κινητή τηλεφωνία, καθώς και στη δορυφορική επικοινωνία.

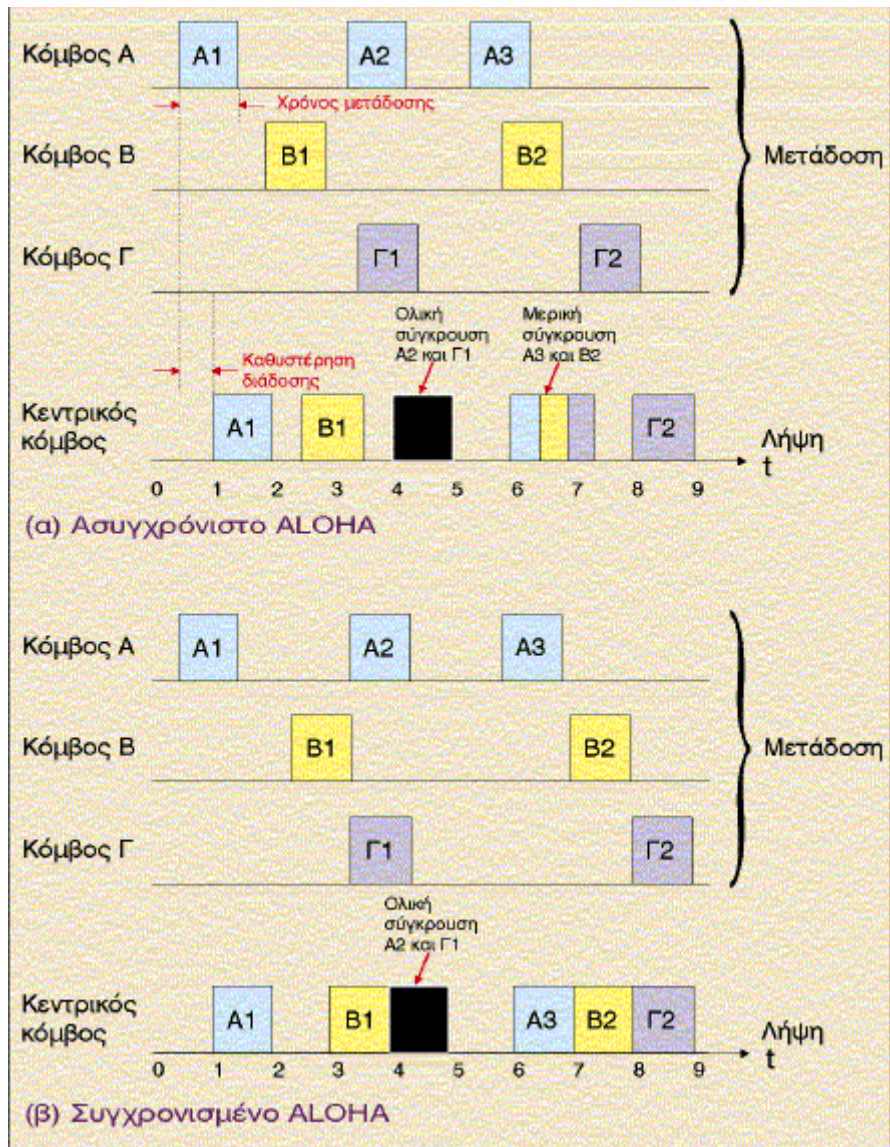
Υπάρχουν δύο μορφές του πρωτοκόλλου, το *ασυγχρόνιστο* και το *συγχρονισμένο* *ALOHA*. Στην περίπτωση του *ασυγχρόνιστου* *ALOHA* οι χρήστες δε συντονίζουν τις μεταδόσεις τους, αλλά μεταδίδουν, όποτε διαθέτουν πακέτο. Στην πιο απλή περίπτωση υποθέτουμε ότι κάθε χρήστης δεν μπορεί να αποθηκεύσει πάνω από ένα πακέτο, το οποίο επιχειρεί να μεταδώσει αμέσως. Ο κόμβος παρακολουθεί το κανάλι για χρονικό διάστημα που ισοδυναμεί με το *μέγιστο χρόνο μιας πλήρους περιφοράς* (μετάδοση με επιστροφή) *του πακέτου* (*round - trip packet transmission time*) στο δίκτυο. Αν ο κόμβος πάρει επιβεβαίωση μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα, θεωρεί ότι το πακέτο πήγε στον προορισμό του, διαφορετικά το επαναμεταδίδει μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Γενικά, δεν υπάρχει περιορισμός στις επαναμεταδόσεις που μπορεί να κάνει ένας κόμβος.

Το πακέτο που λαμβάνεται από το δέκτη ελέγχεται για την ορθότητα του και, αν είναι σωστό, γίνεται αμέσως αποδεκτό, οπότε αποστέλλεται και η επιβεβαίωση. Το πακέτο ενδέχεται να μεταδοθεί, αλλά να μη ληφθεί σωστά λόγω θορύβου ή σύγκρουσης του με κάποιο άλλο πακέτο, οπότε και τα δύο θεωρείται ότι καταστρέφονται. Υπενθυμίζουμε ότι σύγκρουση μεταξύ δύο πακέτων συμβαίνει, όταν το δεύτερο πακέτο αρχίζει τη μετάδοση, ενώ το πρώτο ήδη μεταδίδεται. Επομένως το πρωτόκολλο αποδίδει ικανοποιητικά, μόνο αν οι περιπτώσεις επικάλυψης των πακέτων ελαχιστοποιηθούν.

## Παράδειγμα 1

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.43α, οι τρεις κόμβοι A, B και Γ μεταδίδουν το πακέτο τους σε τυχαίους χρόνους. Για ευκολία υποθέτουμε ότι κάθε μετάδοση διαρκεί 1 sec. Επομένως:

- Τα πακέτα A1 και B1, που δημιουργήθηκαν από τους κόμβους A και B αντίστοιχα, φθάνουν στον κεντρικό κόμβο μετά από κάποια σταθερή καθυστέρηση διάδοσης του σήματος, χωρίς να συγκρουστούν. Αυτό συμβαίνει, γιατί οι χρόνοι μετάδοσης των πακέτων δεν επικαλύπτονται. Είναι φανερό ότι ο χρόνος επικάλυψης θα είναι το πολύ διπλάσιος του χρόνου μετάδοσης, δηλαδή 2 sec.
- Τα πακέτα A2 και Γ1, που δημιουργήθηκαν από τους κόμβους A και Γ αντίστοιχα, μεταδόθηκαν την ίδια χρονική στιγμή, με αποτέλεσμα να συμβεί ολική σύγκρουση.
- Τα πακέτα A3 και B 2, που δημιουργήθηκαν από τους κόμβους A και B αντίστοιχα, μεταδόθηκαν σε επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα (μέσα σε 2 sec), με αποτέλεσμα να συμβεί μερική σύγκρουση. Αντίθετα, το πακέτο Γ2, που δημιουργήθηκε από τον κόμβο Γ, μεταδόθηκε σε μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα μαζί με τα πακέτα A3 και B2.



**Σχήμα 4.43.** Παράσταση σύγκρουσης στο ασυγχρόνιστο και στο συγχρονισμένο ALOHA

Σημειώνεται ότι, για να μετρηθεί η απόδοση του ασυγχρόνιστου δικτύου ALOHA, είναι αναγκαίο να γίνουν ορισμένες παραδοχές, όπως είναι:

- ✓ Το κανάλι επικοινωνίας δεν παρουσιάζει σφάλματα θορύβου.
- ✓ Ο αριθμός των κόμβων που μεταδίδουν είναι μεγάλος.
- ✓ Το μήκος των πακέτων που μεταδίδονται είναι σταθερό.

✓ Ο αριθμός των πακέτων που δημιουργούνται ανά μονάδα χρόνου είναι τυχαίος.

✓ Η καθυστέρηση διάδοσης είναι μικρή ( $<10^{-3}$ ) και δε λαμβάνεται υπόψη. (Η παραδοχή αυτή δεν ισχύει για τα δορυφορικά δίκτυα στα οποία η καθυστέρηση διάδοσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα).

Με την προϋπόθεση ότι οι πιο πάνω παραδοχές ισχύουν, ο μέγιστος ρυθμός διέλευσης που μπορούμε να πετύχουμε από το δίκτυο δεν υπερβαίνει το 18% της συνολικά προσφερόμενης κυκλοφορίας.

Προκειμένου να βελτιωθεί ο ρυθμός διέλευσης του ασυγχρόνιστου ALOHA, αναπτύχθηκε το *συγχρονισμένο ALOHA*, κατά το οποίο ο άξονας του χρόνου χωρίζεται σε ομοιόμορφα διαστήματα, που λέγονται *χρονοθυρίδες (time slots)*, διάρκειας ίσης με το χρόνο μετάδοσης ενός πακέτου. Οι κόμβοι συγχρονίζονται μέσω ενός κοινού ρολογιού, ώστε όλοι να ξεκινούν τις μεταδόσεις τους στην αρχή των χρονοθυρίδων. Επομένως σε περίπτωση σύγκρουσης η επικάλυψη των πακέτων θα είναι ολική (σχήμα 4.43β) και όχι μερική, όπως στην περίπτωση του ασυγχρόνιστου ALOHA. Η τεχνική αυτή διπλασιάζει το ρυθμό διέλευσης, ο οποίος μπορεί να φτάσει στο 37% περίπου των επιχειρούμενων μεταδόσεων.

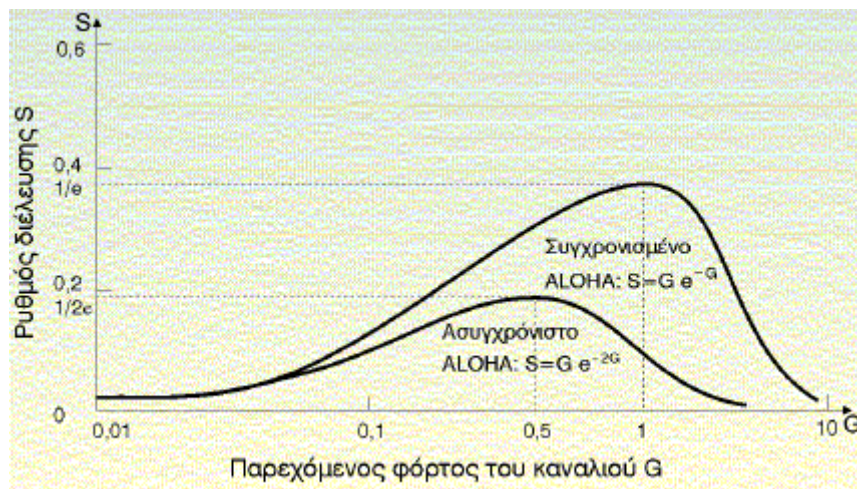
## **Παράδειγμα 2**

Αν ένα δίκτυο ασυγχρόνιστου ALOHA μεταδίδει με ρυθμό 9.600 bps, τότε ο μέγιστος συνολικός ρυθμός διέλευσης, δηλαδή το άθροισμα των δυαδικών ψηφίων που φθάνουν από όλους τους κόμβους ανά δευτερόλεπτο, θα είναι μόνο  $0,18 \times 9.600 = 1.728$  bps. Αν όμως χρησιμοποιηθεί το συγχρονισμένο ALOHA, τότε το άθροισμα των δυαδικών ψηφίων που φθάνουν από όλους τους κόμβους ανά δευτερόλεπτο θα είναι το διπλάσιο, αφού ο μέγιστος ρυθμός διέλευσης θα είναι  $0,37 \times 9.600 = 3.552$  bps. Σημειώνεται ότι και στις δυο περιπτώσεις, του ασυγχρόνιστου και του συγχρονισμένου ALOHA, η χωρητικότητα των 1.728 και 3.552 bps αντίστοιχα θα πρέπει να μοιραστεί κατά το δυνατόν ισομερώς σε όλους τους χρήστες του δικτύου.

Σημείωση:

Ο τύπος που συνδέει το ρυθμό διέλευσης (*throughput*) με τον παρεχόμενο φόρτο είναι:

- $S = G e^{-2G}$  για το ασυγχρόνιστο ALOHA
- $S = G e^{-G}$  για το συγχρονισμένο ALOHA



**Σχήμα 4.44.** Παρουσίαση της συμπεριφοράς του ασυγχρόνιστου και του συγχρονισμένου ALOHA

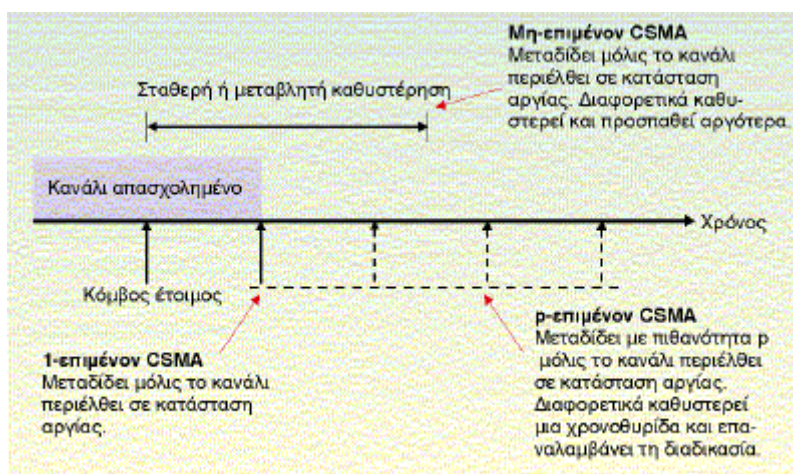
Στο σχήμα 4.44 βλέπουμε πώς μεταβάλλεται ο ρυθμός διέλευσης  $S$  ως συνάρτηση του παρεχόμενου φόρτου  $G$ . Όπως παρατηρούμε, η μέγιστη τιμή του ρυθμού διέλευσης είναι για το ασυγχρόνιστο ALOHA  $1/2e$ , ενώ για το συγχρονισμένο ALOHA  $1/e$  και συμβαίνει, όταν ο παρεχόμενος φόρτος  $G$  είναι 0,5 και 1 αντίστοιχα.

#### 4.9.2 Πρότυπο CSMA

Ένα πρωτόκολλο το οποίο στηρίζεται σε μεθόδους ανταγωνισμού για την πρόσβαση των κόμβων στο μέσο μετάδοσης και το οποίο επιτρέπει στους κόμβους να ανιχνεύουν την ύπαρξη φέροντος σήματος, προτού επιχειρήσουν να μεταδώσουν, ονομάζεται *πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος (CSMA: Carrier Sense Multiple Access)*.



Υπάρχουν πολλές παραλλαγές του πρωτοκόλλου CSMA (σχήμα 4.45), όμως η βασική ιδέα παραμένει η ίδια. Στην απλούστερη των περιπτώσεων ο κόμβος που πρόκειται να μεταδώσει ανιχνεύει πρώτα το κανάλι, προκειμένου να διαπιστώσει αν κάποια άλλη μετάδοση είναι σε εξέλιξη. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο, ο κόμβος συνεχίζει να ανιχνεύει το κανάλι αναβάλλοντας τη μετάδοσή του, μέχρις ότου διαπιστώσει ότι αυτό είναι ελεύθερο, οπότε και μεταδίδει το πακέτο του. Το πρωτόκολλο αυτό λέγεται *1-επιμένον CSMA (1-persistent CSMA)*. Παρ' ότι η τεχνική αυτή μειώνει τις συγκρούσεις, εντούτοις δεν τις αποκλείει εντελώς, αφού ενδέχεται περισσότεροι του ενός κόμβοι, οι οποίοι είναι έτοιμοι για μετάδοση (έχουν δηλαδή πακέτο), να επιχειρήσουν να μεταδώσουν το πακέτο τους, όταν διαπιστώσουν ότι το κανάλι είναι ελεύθερο, οπότε η σύγκρουση θα είναι αναπόφευκτη.



**Σχήμα 4.45.** Παραλλαγές του πρωτοκόλλου CSMA

Το πρωτόκολλο 1-επιμένον CSMA αντιδιαστέλλεται από το μη-επιμένον CSMA (*non-persistent CSMA*), σύμφωνα με το οποίο ο σταθμός που θέλει να μεταδώσει, αλλά βρίσκει το κανάλι απασχολημένο, δε συνεχίζει την ανίχνευση του καναλιού, όπως στην προηγούμενη περίπτωση, αλλά περιμένει κάποιο χρονικό διάστημα, προτού επαναλάβει την όλη διαδικασία.

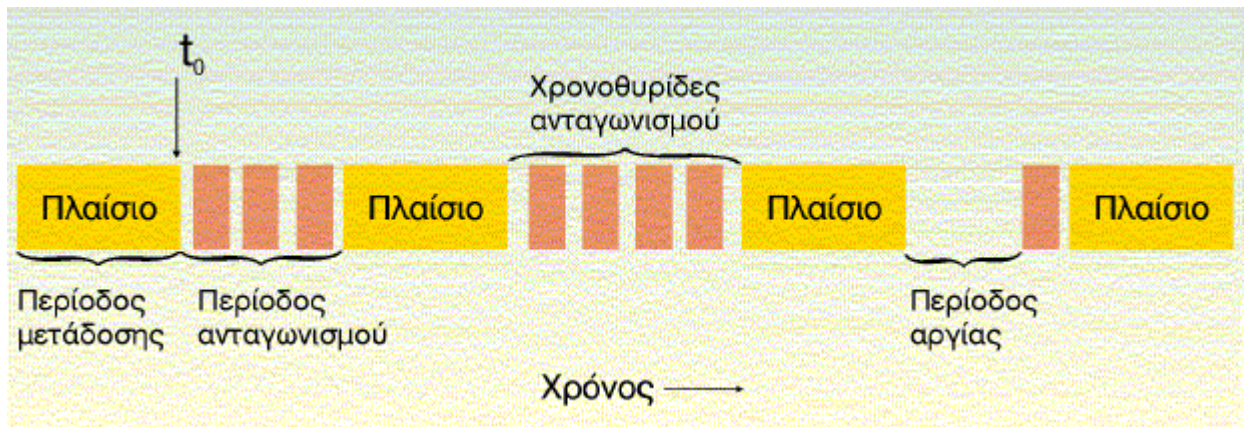
Το πρωτόκολλο *p-επιμένον CSMA (p-persistent CSMA)* είναι μια παραλλαγή του CSMA που εφαρμόζεται σε συγχρονισμένο κανάλι και γενικεύει την περίπτωση της παραλλαγής 1-επιμένον CSMA. Σύμφωνα μ' αυτό, όταν ο κόμβος είναι έτοιμος για

μετάδοση, ανιχνεύει το κανάλι και, αν αυτό είναι ελεύθερο, αποστέλλει το πακέτο του με πιθανότητα  $p$  μεταξύ του 0 και του 1, ενώ με πιθανότητα  $q = 1 - p$  απέχει από τη μετάδοση μέχρι την επόμενη χρονοθυρίδα. Αν και αυτή η χρονοθυρίδα είναι ελεύθερη, τότε μεταδίδει και πάλι με πιθανότητα  $p$  και απέχει με πιθανότητα  $q$ . Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται, μέχρις ότου ο κόμβος να μεταδώσει το πακέτο του. Αν στο μεταξύ κάποιος άλλος κόμβος αρχίσει να μεταδίδει, τότε περιμένει για κάποιο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια επαναλαμβάνει την όλη διαδικασία. Φυσικά στην περίπτωση που ο κόμβος βρει το κανάλι απασχολημένο, περιμένει μέχρι την επόμενη χρονοθυρίδα και εφαρμόζει την ίδια διαδικασία.

Η βασική διαφορά μεταξύ του συγχρονισμένου ALOHA και του 1-επιμένον CSMA είναι η διαδικασία ανίχνευσης φέροντος που χρησιμοποιείται γενικά στο CSMA. Στο συγχρονισμένο ALOHA κάποιος κόμβος μπορεί να μεταδώσει δεδομένα, αφού πρώτα συγχρονιστεί με τους άλλους κόμβους μέσω ενός κοινού ρολογιού, ώστε όλοι να ξεκινούν τις μεταδόσεις τους στην αρχή των χρονοθυρίδων. Αντίθετα στο CSMA ο κόμβος αυτός θα μπορούσε να μεταδώσει οποιαδήποτε στιγμή θα ανίχνευε ότι το κανάλι είναι ελεύθερο. Κοινό στοιχείο είναι οι συγκρούσεις που και στα δύο πρωτόκολλα συμβαίνουν και είναι ολικές. Φυσικά στην περίπτωση του 1-επιμένον CSMA αναμένεται να συμβούν πολύ λιγότερες συγκρούσεις από το ALOHA, αφού οι κόμβοι ανιχνεύουν το κανάλι, πριν μεταδώσουν, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα συγκρούσεων.

### **4.9.3 Πρότυπο CSMA/CD, IEEE 802.3 και Ethernet**

Μια βελτίωση του πρωτοκόλλου CSMA που δίνει τη δυνατότητα στους κόμβους να σταματούν τις μεταδόσεις τους, μόλις αντιληφθούν σύγκρουση στο κανάλι αποτελεί το CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*). Το κανάλι είναι συγχρονισμένο σε κάθε χρονοθυρίδα και μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις ακόλουθες τρεις καταστάσεις:

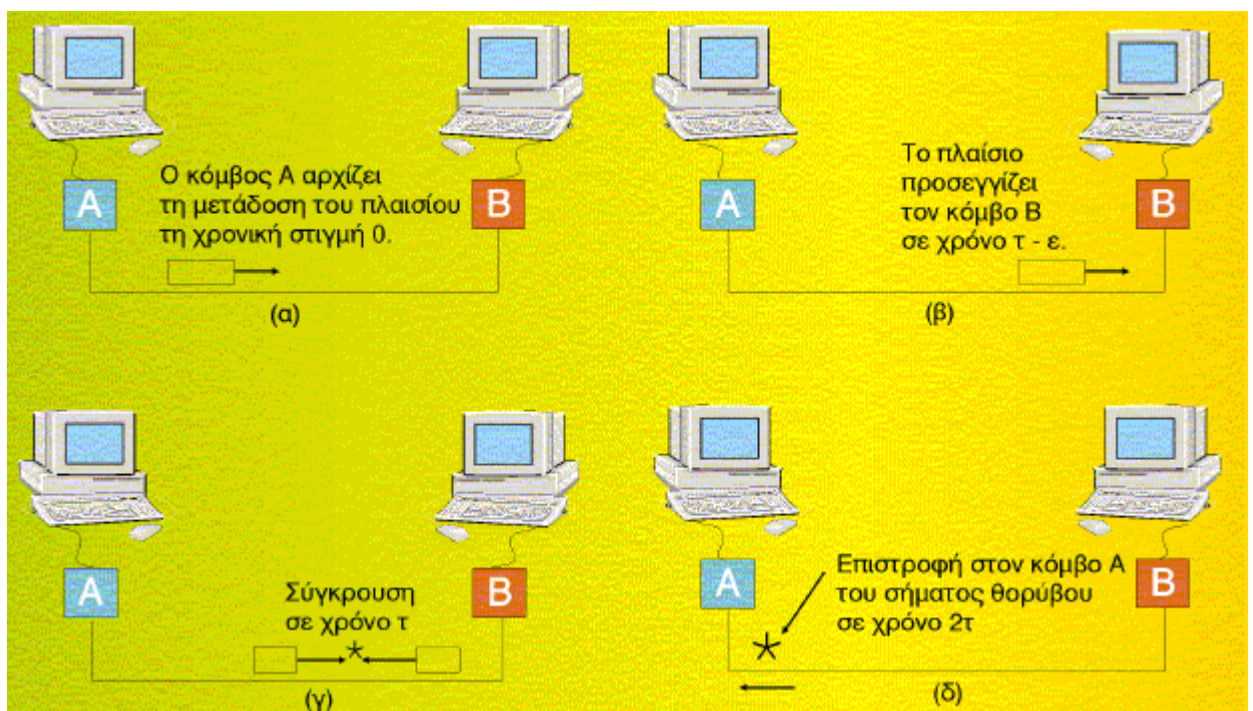


**Σχήμα 4.46.** Το CSMA/CD μπορεί να βρίσκεται είτε σε κατάσταση αργίας είτε σε κατάσταση ανταγωνισμού είτε σε κατάσταση μετάδοσης

- ✓ *Κατάσταση αργίας.* Στην περίπτωση αυτή δεν επιχειρείται μετάδοση από κανέναν κόμβο του καναλιού. Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το κανάλι παραμένει σε αργία λέγεται *περίοδος αργίας*.
- ✓ *Κατάσταση μετάδοσης.* Το κανάλι είναι απασχολημένο από κάποια επιτυχημένη μετάδοση. Στην περίπτωση αυτή όλοι οι κόμβοι διαπιστώνουν ότι κάποιος άλλος κόμβος έχει δεσμεύσει το κανάλι και δεν επιχειρούν να μεταδώσουν. Αυτό το χρονικό διάστημα απασχόλησης του καναλιού λέγεται *περίοδος μετάδοσης*.
- ✓ *Κατάσταση ανταγωνισμού.* Το κανάλι είναι απασχολημένο από κάποια σύγκρουση. Στην περίπτωση αυτή όλοι οι κόμβοι διαπιστώνουν ή ότι έχουν οι ίδιοι εμπλακεί σε κάποια σύγκρουση και επομένως διακόπτουν τη συνέχιση της μετάδοσης του πακέτου τους ή ότι κάποιοι άλλοι κόμβοι έχουν εμπλακεί σε σύγκρουση και έχουν δεσμεύσει το κανάλι και επομένως δεν επιχειρούν να μεταδώσουν. Αυτό το χρονικό διάστημα απασχόλησης του καναλιού λέγεται *περίοδος ανταγωνισμού*. Σημειώνεται ότι η περίοδος ανταγωνισμού περιλαμβάνει το χρόνο που απαιτείται προκειμένου το κανάλι να επιλύσει τις συγκρούσεις και να καταστεί και πάλι έτοιμο για μετάδοση.

Σ' ένα δίκτυο εκπομπής βασικής ζώνης ο χρόνος αναγνώρισης μιας σύγκρουσης είναι διπλάσιος από την καθυστέρηση διάδοσης του σήματος στο καλωδιακό μέσο. Σημειώνεται ότι η καθυστέρηση αυτή, που συμβολίζεται με  $\tau$ , αφορά το χρόνο που χρειάζεται το σήμα για να μεταδοθεί μεταξύ των πιο απομακρυσμένων κόμβων του δικτύου. Επομένως, η διάρκεια μετάδοσης κάθε πλαισίου θα πρέπει να είναι τέτοια, που να επιτρέπει την αναγνώριση των συγκρούσεων πριν από το τέλος της μετάδοσης του, δηλαδή τουλάχιστον  $2\tau$  (σχήμα 4.47), διαφορετικά οι συγκρούσεις δε θα αναγνωρίζονται έγκαιρα με συνέπεια η απόδοση του προτύπου CSMA/CD να είναι ανάλογη με αυτήν του CSMA. Το άμεσο συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι ότι το μήκος του καλωδίου δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλο, ώστε οι συγκρούσεις να μπορούν να αναγνωρίζονται. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ένα ομοαξονικό καλώδιο μήκους 1 km έχει καθυστέρηση διάδοσης σήματος  $\tau = 5 \mu\text{sec}$ .

Σημείωση: Ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την αναγνώριση μιας σύγκρουσης ισούται με το χρόνο που χρειάζεται το σήμα για να μεταδοθεί από τον έναν κόμβο στον άλλο.



**Σχήμα 4.47.** Η αναγνώριση της σύγκρουσης μπορεί να έχει μέγιστη διάρκεια  $2\tau$ .

(α) Τη χρονική στιγμή 0 ο κόμβος A στέλνει ένα πλαίσιο, (β) Το πλαίσιο προσεγγίζει

τον κόμβο B σε χρόνο  $\tau - \epsilon$ , (γ) Ακριβώς πριν το πλαίσιο τον κόμβου A φθάσει στον κόμβο B, αυτός αρχίζει τη μετάδοση του δικού του πλαισίου. Όταν ο κόμβος B διαπιστώσει ότι έλαβε περισσότερη ισχύ σήματος από αυτήν που έστειλε, αντιλαμβάνεται ότι έχει εμπλακεί σε σύγκρουση, οπότε σταματά τη μετάδοση του και στέλνει αμέσως ένα σήμα θορύβου 48 bits στους άλλους κόμβους, (δ) Το σήμα θορύβου φθάνει στον κόμβο A σε χρόνο  $2\tau$ , οπότε αυτός σταματά τη μετάδοση του.

Η αναγνώριση των συγκρούσεων είναι μια διαδικασία κατά την οποία ο κόμβος παρακολουθεί μέσω κάποιας διάταξης το καλωδιακό μέσο σε όλη τη διάρκεια της μετάδοσης. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ο κόμβος συγκρίνει την ισχύ ή το πλάτος του παλμού του σήματος που λαμβάνει με αυτό που έστειλε. Αν το σήμα που θα λάβει ο κόμβος είναι διαφορετικό από αυτό που έστειλε τότε διαπιστώνει ότι συνέβη σύγκρουση. Το σχήμα κωδικοποίησης των σημάτων πρέπει να επιτρέπει την αναγνώριση των συγκρούσεων. Για παράδειγμα, η σύγκρουση δύο σημάτων τάσης 0 Volt είναι πολύ πιθανό να μην μπορεί να αναγνωρισθεί.

Ένα σημείο που πρέπει να υπολογιστεί, αφού αφορά την απόδοση του δικτύου CSMA/CD, είναι η διάρκεια αποχής ενός κόμβου που ανίχνευσε μια σύγκρουση. Είναι φυσικό η διάρκεια αυτή να διαφέρει από κόμβο σε κόμβο, ώστε να μην επαναλαμβάνονται μεταδόσεις που καταλήγουν σε συνεχόμενες συγκρούσεις. Επίσης, πρέπει να υπολογιστεί η πιθανότητα συμμετοχής κάποιου κόμβου σε επανειλημμένες συγκρούσεις και να λαμβάνονται μέτρα, ώστε η συμμετοχή του στον ανταγωνισμό να είναι ανάλογη του αριθμού των συγκρούσεων στις οποίες έχει εμπλακεί. Γι' αυτούς τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται ο *δυναμικός αλγόριθμος εκθετικής αποχής*, σύμφωνα με τον οποίο η διάρκεια αποχής μετριέται σε χρονοθυρίδες (σχήμα 4.46). Έτσι, μετά από μια σύγκρουση, ο χρόνος χωρίζεται σε χρονοθυρίδες διάρκειας  $2\tau$  (μέγιστη καθυστέρηση διάδοσης σήματος με επιστροφή). Μετά από  $K$  συγκρούσεις στις οποίες έχει εμπλακεί ένας κόμβος, ο αριθμός των χρονοθυρίδων που παραλείπει επιλέγεται τυχαία από το διάστημα 0 έως  $2^k - 1$ .

Ο αλγόριθμος σε κάθε χρονοθυρίδα προσπαθεί να βρει τον κατάλληλο αριθμό των κόμβων που είναι πιθανό να συμμετέχουν στον ανταγωνισμό, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συγκρούσεις. Όμως παρουσιάζει ορισμένες αδυναμίες, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Όταν ο αριθμός των κόμβων είναι μικρός και ο αριθμός των συγκρούσεων με τις οποίες επιβαρύνονται οι κόμβοι μεγάλος, τότε η πιθανότητα να ξανασυμβεί σύγκρουση των πακέτων τους είναι μικρή, όμως ο χρόνος επαναμετάδοσής τους είναι μεγάλος. Για παράδειγμα, 2 κόμβοι με 9 ή 10 συγκρούσεις ο καθένας είναι επόμενο να έχουν πολύ μικρή πιθανότητα να συγκρουστούν και πάλι, όμως η καθυστέρηση προκειμένου να επιχειρήσουν επαναμετάδοση είναι μεγάλη.
- ✓ Όταν ο αριθμός των κόμβων είναι μεγάλος και ο αριθμός των συγκρούσεων με τις οποίες επιβαρύνονται οι κόμβοι μικρός, τότε η πιθανότητα να ξανασυμβεί σύγκρουση των πακέτων τους είναι μεγάλη, όμως ο χρόνος επαναμετάδοσής τους είναι μικρός. Για παράδειγμα, 100 κόμβοι με 2 ή 3 συγκρούσεις ο καθένας είναι επόμενο να έχουν πολύ μεγάλη πιθανότητα να συγκρουστούν και πάλι, όμως η καθυστέρηση προκειμένου να επιχειρήσουν επαναμετάδοση είναι μικρή.

### **Παράδειγμα 3: Δυαδικός αλγόριθμος**

Στον καθορισμένο από το πρωτόκολλο 802.3 τοπικό δίκτυο των 10 Mbps, μέγιστης απόστασης 2,5 km και 4 επαναληπτών, η χρονοθυρίδα έχει διάρκεια 51,2 msec. Μετά από 4 συγκρούσεις στις οποίες έχει εμπλακεί ο κόμβος, ο αριθμός των χρονοθυρίδων που παραλείπει επιλέγεται από το διάστημα 0 έως  $2^k - 1$  (όπου  $k$  ο αριθμός των συγκρούσεων) δηλαδή από 0 έως 15 χρονοθυρίδες (όσον αφορά το χρόνο που θα απέχει θα είναι από 0 έως 77,8 msec).

### **Το πρότυπο IEEE 802.3 και το Ethernet**

Το πρότυπο *IEEE 802.3* αντιπροσωπεύεται από το 1-επιμέμον CSMA/CD. Στο πρότυπο αυτό ο κόμβος που πρόκειται να μεταδώσει ανιχνεύει το κανάλι και, αν διαπιστώσει ότι είναι απασχολημένο, περιμένει, μέχρι αυτό να περιέλθει σε κατάσταση αργίας. Διαφορετικά, αν διαπιστώσει ότι είναι σε αργία, μεταδίδει αμέσως. Αν δύο ή περισσότεροι κόμβοι αρχίσουν ταυτόχρονα τη μετάδοση των πακέτων τους σε ένα κανάλι που βρίσκεται σε κατάσταση αργίας, θα γίνει σύγκρουση. Μόλις οι κόμβοι διαπιστώσουν τη σύγκρουση στην οποία ενεπλάκησαν,

σταματούν τη μετάδοση των πακέτων τους και περιμένουν κάποιο χρονικό διάστημα προκειμένου να επαναλάβουν την όλη διαδικασία.

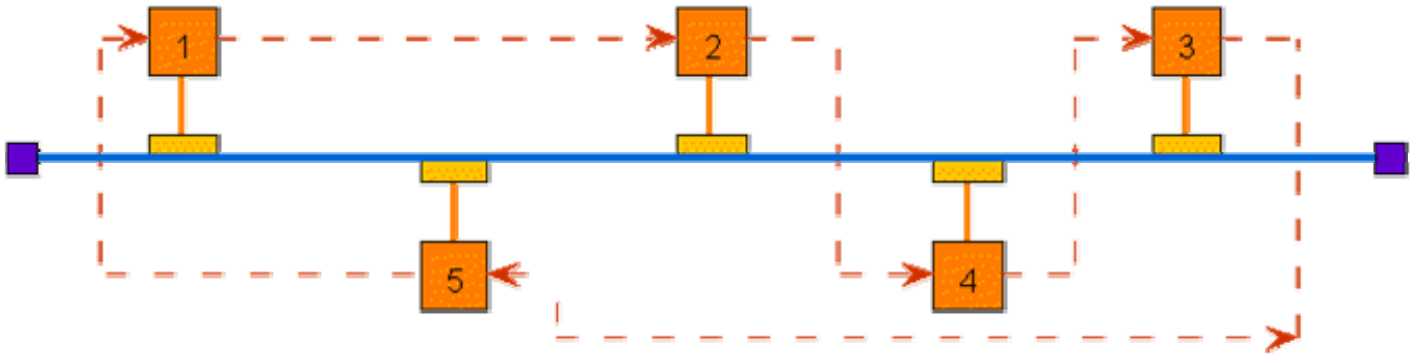
Η δημιουργία του προτύπου IEEE 802.3 στηρίχθηκε στα πρωτόκολλα ALOHA και CSMA, τα οποία εφαρμόστηκαν στη ραδιοεπικοινωνία. Αργότερα η εταιρεία XEROX PARK ενσωμάτωσε το CSMA/CD, προκειμένου να κατασκευάσει το σύστημα 2.94 Mbps CSMA/CD, το οποίο υλοποίησε σε μια εγκατάσταση σύνδεσης 100 ηλεκτρονικών υπολογιστών με ένα καλώδιο 1 Km. Το σύστημα αυτό ονομάστηκε *Ethernet* και αποτέλεσε τη βάση επάνω στην οποία οι εταιρείες DEC και INTEL κατασκεύασαν το γνωστό πρότυπο 10 Mbps IEEE 802.3. Σημειώνεται ότι το πρότυπο IEEE 802.3 περιγράφει όλη την οικογένεια των προτύπων 1-επιμένον CSMA/CD και συμπεριλαμβάνει το Ethernet, το οποίο είναι συγκεκριμένο προϊόν που υλοποιεί αρκετά καλά το πρότυπο IEEE 802.3.

#### **4.9.4 Πρότυπο IEEE 802.4 - Δίκτυα διαύλου με κουπόνι διέλευσης**

Το πρότυπο *IEEE 802.4 (Token Passing Bus)* υλοποιείται σε δίκτυα διαύλου που εφαρμόζουν ως μέθοδο πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης το *κουπόνι διέλευσης (token passing)*. Η δημιουργία του οφείλεται τόσο στην ανασφάλεια των χρηστών για την ενδεχομένως μεγάλη καθυστέρηση στη μετάδοση των πακέτων τους όσο και στην αδυναμία αντιμετώπισης του προβλήματος των προτεραιοτήτων. Σε πρακτικό επίπεδο και τα δύο προβλήματα ήταν σημαντικά και δεν είχαν αντιμετωπιστεί από το πρότυπο IEEE 802.3 που είχε αναπτυχθεί μέχρι τότε.

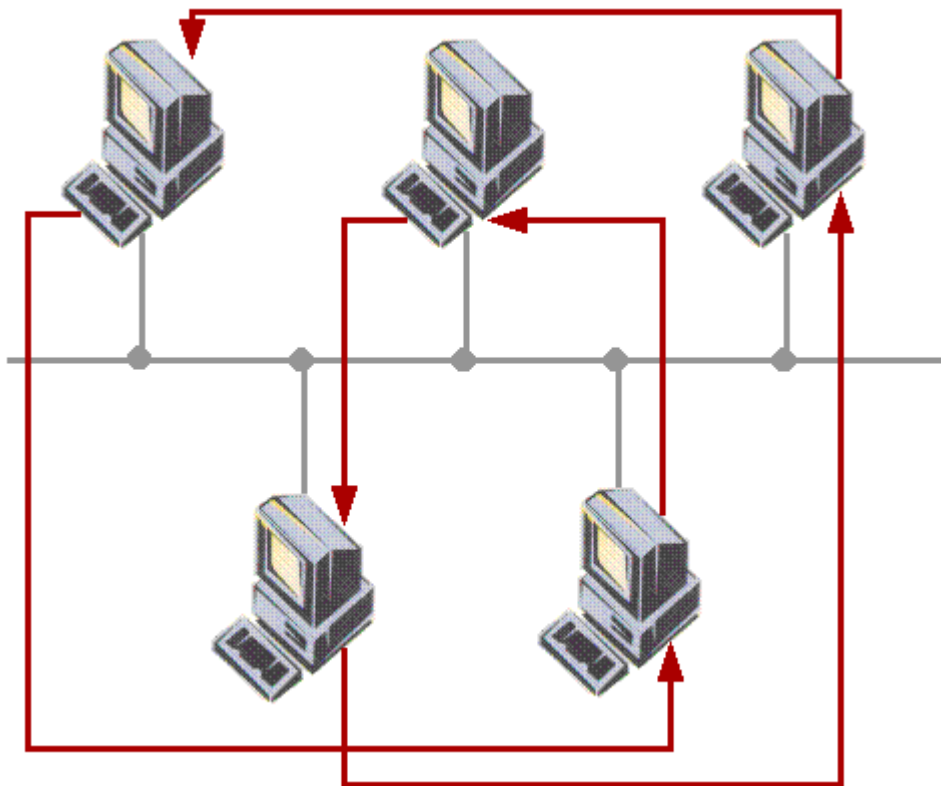
Το πρότυπο IEEE 802.4 στηρίζεται σε τοπολογία διαύλου ή γενικότερα δέντρου, χρησιμοποιεί όμως νοητό δακτύλιο προκειμένου να δώσει δικαίωμα μετάδοσης. Κάθε κόμβος γνωρίζει τις διευθύνσεις των κόμβων με τους οποίους επικοινωνεί άμεσα (αριστερά - δεξιά) και οι οποίοι ενδέχεται να μη βρίσκονται δίπλα του. Όταν ενεργοποιηθεί για πρώτη φορά ο νοητός δακτύλιος, ο κόμβος με την υψηλότερη αριθμηση μπορεί να στείλει πρώτος το πακέτο του. Στη συνέχεια ο κόμβος που μετέδωσε δίνει το δικαίωμα μετάδοσης στον αμέσως επόμενο του, στέλνοντας ένα ειδικό πακέτο ελέγχου, το οποίο είναι γνωστό ως *κουπόνι διέλευσης (token passing)*. Το κουπόνι περνά διαδοχικά, από κόμβο σε κόμβο, προς την ίδια πάντα κατεύθυνση

και με λογική σειρά η οποία βασίζεται στη διεύθυνση κάθε κόμβου και μπορεί να μην αντιστοιχεί στη φυσική διάταξη των κόμβων του δικτύου.



Σχήμα 4.48. Πρότυπο IEEE 802.4 - Token Passing Bus

Σχ  
ήμ  
α  
4.4  
9.  
Πρ  
ότυ  
πο  
IE  
EE  
802  
.4 -  
To  
ken  
Pas  
sin



g Bus



Στο φυσικό επίπεδο τα δίκτυα αυτής της μορφής χρησιμοποιούν ομοαξονικό καλώδιο 75 Ohm, το οποίο χρησιμοποιείται στην τηλεόραση. Η καλωδίωση μπορεί να είναι μονή ή διπλή, ενώ επιτρέπονται τρία διαφορετικά σχήματα διαμόρφωσης του σήματος. Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται είναι 1 Mbps, 5 Mbps και 10 Mbps. Πρέπει να σημειωθεί ότι το φυσικό επίπεδο είναι πλήρως ασύμβατο με το πρότυπο IEEE 802.3 και αρκετά πιο σύνθετο.

Τώρα θα περιγράψουμε τα επίπεδα προτεραιότητας στο πρότυπο IEEE 802.4. Ένα δίκτυο διαύλου με κουπόνι διέλευσης διαθέτει τέσσερα επίπεδα όσον αφορά την προτεραιότητα. Κάθε κόμβος χωρίζεται εσωτερικά σε τέσσερα τμήματα, ένα για κάθε επίπεδο προτεραιότητας. Κάθε εισερχόμενη πληροφορία ελέγχεται ως προς το επίπεδο προτεραιότητας της και δρομολογείται στο αντίστοιχο τμήμα. Επομένως κάθε τμήμα διαθέτει τη δικιά του ουρά αναμονής πακέτων που πρόκειται να μεταδοθούν. Το κουπόνι περνά διαδοχικά από το τμήμα που έχει τη μεγαλύτερη προτεραιότητα προς αυτό που έχει τη μικρότερη, μεταδίδοντας τα πακέτα που βρίσκει και αλλάζοντας τμήμα, αν έχει υπερβεί κάποιο χρονικό όριο. Στη συνέχεια το κουπόνι περνά στον επόμενο κόμβο σύμφωνα με τη διαδρομή που έχει καθοριστεί από το νοητό δακτύλιο.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου του κουπονιού διέλευσης είναι ότι αφ' ενός ο έλεγχος του δικτύου είναι κατανεμημένος και δε συμβαίνουν συγκρούσεις και αφ' ετέρου η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να υπολογιστεί με αρκετή ακρίβεια. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε με μεγάλη επιτυχία στα τοπικά δίκτυα τοπολογίας δακτυλίου. Το δίκτυο διαύλου με κουπόνι διέλευσης δεν έτυχε μεγάλης αποδοχής λόγω της πολυπλοκότητάς του, όμως είναι διαθέσιμο στο εμπόριο και υλοποιήθηκε σε αρκετά βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού.

#### 4.9.5 Πρότυπο IEEE 802.5 - Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι διέλευσης

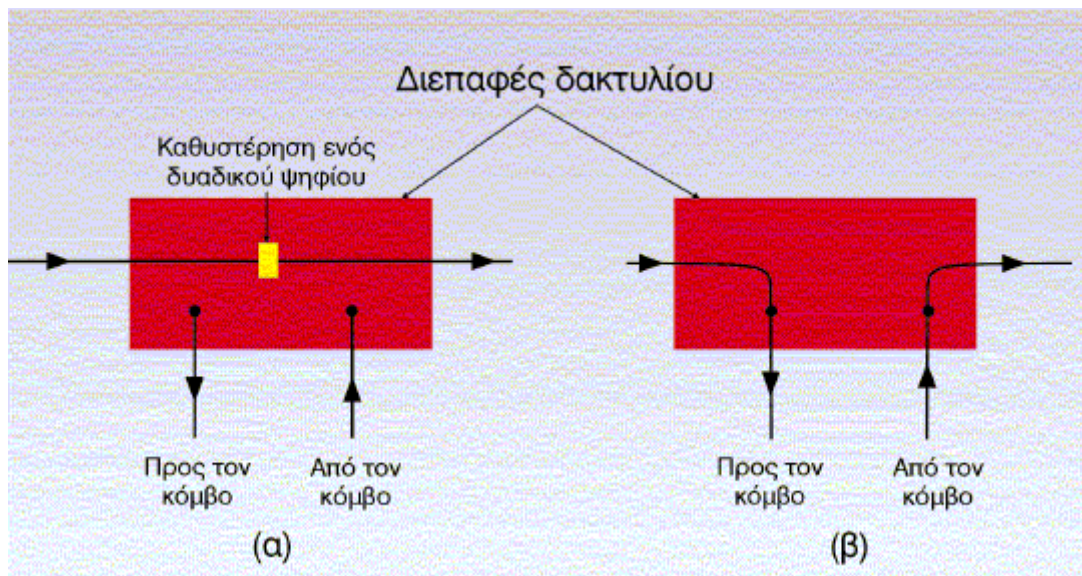
Το πρότυπο *IEEE 802.5 (Token Passing Ring)* υλοποιείται σε δίκτυα δακτυλίου που εφαρμόζουν ως μέθοδο πρόσβασης στο δίκτυο το κουπόνι διέλευσης. Η μέθοδος παρουσιάστηκε από την εταιρεία IBM, η οποία υποστήριξε το δακτύλιο ως το καταλληλότερο σχήμα για τα τοπικά δίκτυα. Το IEEE συμπεριέλαβε το δίκτυο δακτυλίου με κουπόνι διέλευσης στο πρότυπο 802.5. Η μέθοδος πρόσβασης στο μέσο είναι η ίδια μ' αυτήν που εφαρμόζεται στο πρότυπο IEEE 802.4, όμως η υλοποίηση της διαφέρει. Το πρότυπο IEEE 802.5 διαφέρει από τα πρότυπα IEEE 802.3, CSMA/CD και Ethernet ως προς το ότι δεν παρακολουθείται συνεχώς το μέσο μετάδοσης, αφού στο πρότυπο αυτό δε συμβαίνουν συγκρούσεις.

Το φυσικό μέσο με το οποίο υλοποιείται είναι το θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (STP). Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται είναι 1 και 4 Mbps, ενώ αργότερα η IBM, σε νέα έκδοση, βελτίωσε το ρυθμό σε 16 Mbps.

Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζουν τα δίκτυα τοπολογίας απλού δακτυλίου είναι ότι σε ενδεχόμενη βλάβη του καλωδιακού μέσου μετάδοσης το δίκτυο καταρρέει. Το πρόβλημα αυτό αντιμετώπισε με μεγάλη επιτυχία το πρότυπο IEEE 802.5, με την αποδοχή της τοπολογίας άστρου, η οποία όμως δεν ανήκει στις προδιαγραφές του. Η φυσική σύνδεση του κεντρικού κόμβου με όλους τους κόμβους του δικτύου γίνεται μέσω ενός καλωδίου που περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο συνεστραμμένα ζεύγη, με κατεύθυνση από και προς τον κόμβο. Παρ' όλα αυτά η νοητή τοπολογία του δικτύου παραμένει δακτύλιος. Μέσα στον κεντρικό κόμβο υπάρχουν διακόπτες που διευκολύνουν την κυκλοφορία σε περίπτωση βλάβης κάποιου τμήματος του καλωδίου και θέτουν εκτός λειτουργίας τον κόμβο που υπέστη βλάβη, ώστε το δίκτυο να μην καταρρεύσει.

Κάθε διεπαφή του δακτυλίου λειτουργεί σε δύο καταστάσεις, στην *κατάσταση ακρόασης* (σχήμα 4.50α), κατά την οποία τα εισερχόμενα δυαδικά ψηφία αντιγράφονται στην έξοδο, και στην *κατάσταση μετάδοσης* (σχήμα 4.50β), η οποία μπορεί να υπάρξει μόνο όταν το κουπόνι σταματήσει την περιφορά του. Στην κατάσταση μετάδοσης η διεπαφή χωρίζει τη σύνδεση σε είσοδο και έξοδο, βάζοντας τα δεδομένα της στο δακτύλιο. Κάθε διεπαφή διαθέτει συνήθως αποταμιευτή

πακέτων, προκειμένου η καθυστέρηση που προκαλείται από την εναλλαγή των δύο καταστάσεων να μη γίνεται αντιληπτή στους κόμβους.



**Σχήμα 4.50.** (α) Κατάσταση ακρόασης, (β) Κατάσταση μετάδοσης

Όταν ο κόμβος αποστείλει και το τελευταίο δυαδικό ψηφίο του τελευταίου πακέτου του, αναδημιουργεί το κουπόνι, ενώ, όταν λάβει το αντίγραφο του πακέτου που έστειλε, η διεπαφή επιστρέφει σε κατάσταση ακρόασης. Σημειώνεται ότι δεν τίθεται όριο μεγέθους των πακέτων και ότι ο αποστολέας είναι υπεύθυνος για την απόσυρση των δυαδικών ψηφίων που έστειλε, όταν αυτά κάνουντας το γύρο του δακτυλίου επιστρέψουν και πάλι σ' αυτόν. Συνήθως ο αποστολέας συγκρίνει τα δεδομένα που έστειλε μ' αυτά που έλαβε για λόγους αξιοπιστίας.

Παρακάτω παραθέτουμε έναν πίνακα στον οποίο παρουσιάζεται η συνοπτική σύγκριση των προτύπων που αναλύσαμε σε αυτή την ενότητα.

	<b>IEEE 802.3</b>	<b>IEEE 802.4</b>	<b>IEEE 802.5</b>
<b>ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ</b>	Διαύλου Αστρου	Διαύλου	Δακτυλίου Φυσική σύνδεση Άστρου με νοητή Δακτυλίου
<b>ΚΑΛΩΔΙΟ</b>	Ομοαξονικό 50 Ω Μη θωρακισμένο Συνεστραμμένου Ζεύγους (UTP)	Ομοαξονικό 75 Ω	Θωρακισμένο Συνεστραμμένου Ζεύγους (UTP)
<b>ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ</b>	10Mbps	1Mbps 5Mbps 10Mbps	1Mbps 4Mbps 16Mbps (IBM)
<b>ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ</b>	CSMA/CD	Κουπόνι διέλευσης (token passing)	Κουπόνι διέλευσης (token passing)
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΩΝ</b>	Το κανάλι σε κατάσταση αργίας - μετάδοσης - ανταγωνισμού  Υπολογισμός χρόνου για αναγνώριση συγκρούσεων  Υπολογισμός χρόνου αποχής (αλγόριθμος εκθετικής αποχής)	Επίπεδα προτεραιοτήτων  Νοητός δακτύλιος που εξυπηρετεί με λογική σειρά τους κόμβους	Οι κόμβοι (διεπαφές) σε κατάσταση ακρόασης - μετάδοσης  Το κουπόνι περιφέρεται μέχρι να το αποσύρει κάποιος κόμβος
<b>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ</b>	Ανίχνευση καναλιού  Αναγνώριση συγκρούσεων	Κατανεμημένος έλεγχος  Χωρητικότητα που μπορεί να υπολογιστεί	Κατανεμημένος έλεγχος  Χωρητικότητα που μπορεί να υπολογιστεί

**Πίνακας 4.2.** Συνοπτική σύγκριση προτύπων

#### **4.9.6 Ανακεφαλαίωση**

Τα πρότυπα που εξετάστηκαν σε αυτή την ενότητα είναι το IEEE 802.3 (CSMA/CD - Ethernet), το IEEE 802.4 (δίωλος με κουπόνι διέλευσης) και το IEEE 802.5 (δακτύλιος με κουπόνι διέλευσης). Στα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα πρώτης γενιάς ανήκουν και τα πρότυπα των ασύρματων τοπικών δικτύων ALOHA και CSMA, τα οποία αποτέλεσαν και το εφαλτήριο για την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνικών των ενσύρματων δικτύων (CSMA/CD).

## 4.10. Ενότητα 9: Εισαγωγή στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων

### 4.10.1 Αρχιτεκτονική

Η αύξηση των κόμβων αλλά και των ενεργών χρηστών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του φόρτου κυκλοφορίας αυτών των δικτύων. Σ' αυτό συνέτεινε η ευρεία χρήση γραφικών και εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη εφαρμογών οι οποίες απαιτούν από το δίκτυο ικανό εύρος ζώνης, καθώς επίσης και η εξασφάλιση πρόσθετων ποιοτικών χαρακτηριστικών τα οποία σχετίζονται με χρονικούς περιορισμούς για την αποδεκτή παράδοση του τεράστιου όγκου δεδομένων που διακινούνται. Για παράδειγμα, τα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των εργαλείων και εφαρμογών συνεργασίας για μετάδοση φωνής, εικόνας και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι μια συνεργατική εφαρμογή για την πραγματοποίηση τηλεδιάσκεψης.

Γενικά, τα παραδοσιακά δίκτυα δεν μπορούν να καλύψουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες και εφαρμογές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για δίκτυα με πολλούς χρήστες. Επιπλέον οι χρήστες γίνονταν με τον καιρό περισσότερο ανυπόμονοι, απαιτώντας από το τοπικό δίκτυο μικρότερους χρόνους απόκρισης και καλύτερη ποιότητα. Για την κάλυψη των παραπάνω απαιτήσεων δημιουργήθηκαν τα *τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων*, που σήμερα παρέχουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 100 Mbps έως και 1 Gbps.

	Ρυθμός μετάδοσης		
Χρόνος	28,8 Kbps	10 Mbps	1 Gbps
25 Kbits	0,9 sec	0,002 sec	0,00002 sec
2,5 Mbits	88,9 sec	0,25 sec	0,002 sec
213 Mbits	2,1 hrs	0,4 min	0,2 sec
961 Mbits	9,5 hrs	1,6 min	0,9 sec
25 Tbits	240 years	243 days	57 hrs

Όγκος δεδομένων

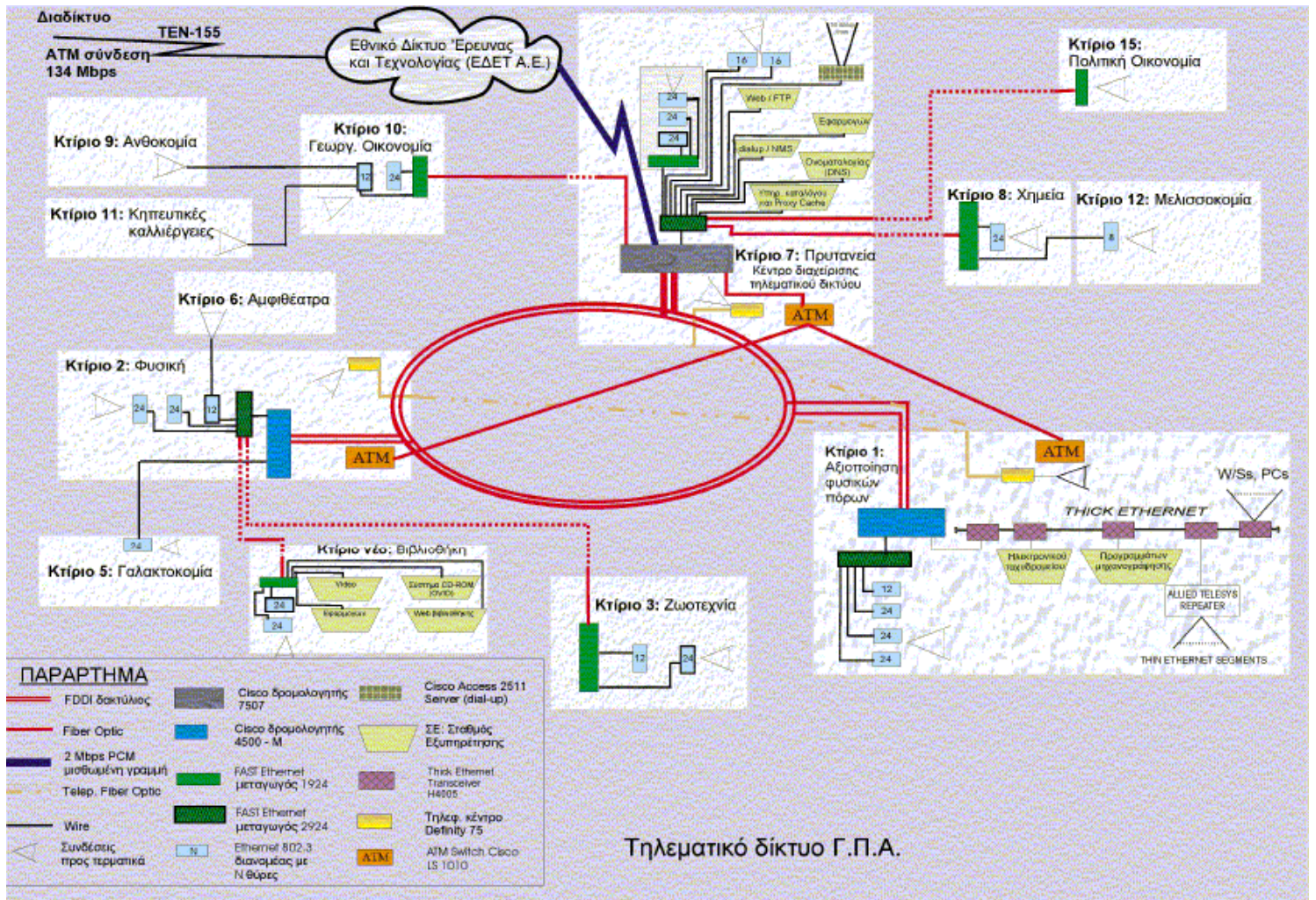
**Πίνακας 4.3.** Συγκριτικοί χρόνοι ρυθμού μετάδοσης και όγκου δεδομένων

Στον παραπάνω πίνακα δίνονται συγκριτικά στοιχεία που αφορούν τους χρόνους που απαιτούνται για τη μετάδοση δεδομένων συγκεκριμένου όγκου και ρυθμού μετάδοσης. Παρατηρούμε ότι για μικρό όγκο δεδομένων, κάτω των 2,5 Mbits, η διαφορά στο χρόνο που απαιτείται για τη μετάδοση είναι αμελητέα και δε γίνεται αντιληπτή από το χρήστη. Για μεγαλύτερο όμως όγκο δεδομένων, όπως αποδεικνύεται από τα στοιχεία του πίνακα, η διαφορά είναι συντριπτική. Αυτή ακριβώς η διαφορά αποτέλεσε το έναυσμα για τη υλοποίηση δικτυακών εφαρμογών που ανταλλάσσουν μεγάλο όγκο δεδομένων.

Στην αύξηση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων συνέβαλε αποφασιστικά η χρήση της οπτικής ίνας ως φυσικού μέσου μετάδοσης. Οι τεχνικές μετάδοσης μέσω οπτικών ινών με τα γνωστά χαρακτηριστικά τους (μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων σε πολύ μικρό χρόνο και με μικρό ποσοστό λάθους) έφτασαν σε ικανοποιητικό επίπεδο ωρίμανσης, έγιναν οικονομικά προσιτές και έκαναν έτσι δυνατή την υλοποίηση προτύπων για δίκτυα υψηλών επιδόσεων.

Τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων δημιουργήθηκαν για να καλύψουν ανάγκες εφαρμογών στις οποίες ο ρυθμός μετάδοσης και η αξιοπιστία είναι βασικοί λειτουργικοί παράγοντες. Πρόκειται για εφαρμογές που απαιτούν τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων με αυστηρούς χρονικούς περιορισμούς, όπως είναι η περίπτωση ενός πλαισίου βίντεο το οποίο θα πρέπει να φτάσει στον προορισμό του, πριν ολοκληρωθεί η απεικόνιση του προηγούμενου πλαισίου. Άλλες περιπτώσεις τέτοιων εφαρμογών είναι η τηλεδιάσκεψη, όπου απαιτείται συγχρονισμένη μετάδοση φωνής, εικόνας, κειμένου και άλλων μορφών πληροφορίας, τα πολυμέσα, καθώς και τα ενδοδίκτυα (*intranet*).

Μία άλλη σημαντική εφαρμογή των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων είναι η χρησιμοποίησή τους ως δικτύων κορμού (*backbone networks*) για τη διασύνδεση ετερογενών τοπικών δικτύων με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης. Τα διασυνδεόμενα τοπικά δίκτυα σ' αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι χαμηλότερων, ίσων ή και υψηλότερων επιδόσεων από το δίκτυο κορμού. Σημειώνεται ότι το κόστος εγκατάστασης ενός τοπικού δικτύου υψηλών επιδόσεων είναι συνήθως αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος ενός παραδοσιακού τοπικού δικτύου. Στο σχήμα 4.51 φαίνεται ένα τέτοιο δίκτυο κορμού.



**Σχήμα 4.51.** Παράδειγμα τοπικού δικτύου υψηλών επιδόσεων (δίκτυο Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών)

#### 4.10.1.1 Μέσα μετάδοσης

Εδώ θα γίνει μια απλή αναφορά των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων, καθώς και της ειδικότερης συμβολής των ενσύρματων μέσων μετάδοσης στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων που εξετάζονται σ' αυτή την ενότητα. Τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης είναι τα ακόλουθα:



- ✓ *Καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών.* Πρόκειται για ένα από τα παλαιότερα και πιο συνηθισμένα μέσα μετάδοσης, το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα στο τηλεφωνικό δίκτυο. Στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων χρησιμοποιούνται τόσο τα θωρακισμένα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών (STP), τα οποία προσφέρουν μεγαλύτερη ανοχή στο θόρυβο, όσο και τα αθωράκιστα (UTP), τα οποία είναι φθηνότερα και εγκαθίστανται με μεγαλύτερη ευκολία από τα θωρακισμένα.
- ✓ *Ομοαξονικό καλώδιο βασικής ζώνης.* Το καλώδιο αυτό, λόγω της κατασκευής του, δίνει έναν καλό συνδυασμό υψηλού εύρους ζώνης και εξαιρετικής ανοχής στο θόρυβο. Το εύρος ζώνης εξαρτάται από το μήκος του καλωδίου. Για καλώδια του 1 km, για παράδειγμα, είναι εφικτός ένας ρυθμός μετάδοσης δεδομένων 10 Mbps. Τα ομοαξονικά καλώδια χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων, αν το απαιτούμενο μήκος της καλωδίωσης είναι μικρό, οπότε είναι δυνατό να επιτευχθούν υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων.
- ✓ *Ομοαξονικό καλώδιο ευρείας ζώνης.* Το καλώδιο αυτό είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν υψηλή συχνότητα, μεγάλο εύρος συχνοτήτων και υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Γενικά, υποστηρίζει όλες τις τοπολογίες δικτύων, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης και η ανοχή στον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο είναι υψηλότεροι από το αντίστοιχο καλώδιο βασικής ζώνης. Το ομοαξονικό καλώδιο ευρείας ζώνης επηρεάζεται από θόρυβο χαμηλών συχνοτήτων, ο οποίος εξαρτάται από τη μέθοδο υλοποίησης και τη θέση εγκατάστασης του τοπικού δικτύου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιβάλλον στο οποίο δε συνιστάται η χρήση καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών ή άλλων μη θωρακισμένων καλωδίων. Το κόστος του είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο καλώδιο βασικής ζώνης, γι' αυτό και αποτελεί ασύμφορη λύση για μικρά δίκτυα.
- ✓ *Καλώδιο οπτικών ινών.* Η χρησιμοποίηση καλωδίου οπτικής ίνας ως μέσου μετάδοσης στο χώρο των τοπικών δικτύων αυξάνεται ραγδαία. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται μέσα από μία ίνα από γυαλί ή πλαστικό, χρησιμοποιώντας κατάλληλες τεχνικές διαμόρφωσης. Η χρήση των οπτικών ινών είναι ιδιαίτερα ελκυστική σε συστήματα τα οποία απαιτούν μετάδοση

δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις και με πολύ υψηλούς ρυθμούς (από 100 έως 625 Mbps για υπάρχοντα δίκτυα και πάνω από 10 Gbps για εργαστηριακές διατάξεις). Οι οπτικές ίνες είναι αξιόπιστες, δεν επηρεάζονται από το θόρυβο και προσφέρουν μεγάλη ασφάλεια.

#### 4.10.1.2 Τοπολογίες

Όπως είναι γνωστό, με τον όρο τοπολογία δικτύου εννοούμε το σχεδιάγραμμα των διασυνδέσεων που χρησιμοποιούνται ανάμεσα στους διάφορους κόμβους ενός δικτύου. Σήμερα η επιλογή της τοπολογίας έρχεται σε δεύτερη μοίρα σε σχέση με την επιλογή της καλωδίωσης και του λειτουργικού συστήματος ενός τοπικού δικτύου, όμως είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ένα σχεδιάγραμμα της τοπολογίας του δικτύου, ώστε να μπορεί κάποιος να έχει μια συνολική εικόνα του δικτύου. Οι πιο γνωστές τοπολογίες τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων είναι ο δίαυλος, ο δακτύλιος και το άστρο.

- ✓ *Τοπολογία διαύλου.* Είναι η πιο απλή μορφή διασύνδεσης και αποτελείται από ένα καλώδιο επάνω στο οποίο συνδέονται όλοι οι κόμβοι του δικτύου, οι οποίοι παρακολουθούν την κίνηση και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- ✓ *Τοπολογία δακτυλίου.* Η τοπολογία αυτή σχηματίζεται με τη διασύνδεση των κόμβων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματίζουν έναν κλειστό βρόχο. Κάθε κόμβος συνδέεται νοητά (και όχι απαραίτητα σε επίπεδο φυσικής διάταξης) με δύο γειτονικούς του κόμβους, έναν πριν από αυτόν και ένα μετά, ενώ η ροή των μηνυμάτων στο δίκτυο γίνεται προς τη μία κατεύθυνση. Τα μηνύματα κινούνται μέσα στο δακτύλιο από τον κόμβο - αποστολέα προς τον κόμβο - παραλήπτη, με τους ενδιάμεσους κόμβους να παίζουν το ρόλο του αναμεταδότη. Ένα μήνυμα κυκλοφορεί μέσα στο δακτύλιο, μέχρι να φθάσει στον παραλήπτη του ή να επιστρέψει στον αποστολέα του, οπότε και αποσύρεται από το δακτύλιο. Η τοπολογία δακτυλίου απαιτεί τη λειτουργία όλων των κόμβων του δικτύου. Σε περίπτωση που κάποιος κόμβος ή κάποια από τις συνδέσεις μεταξύ των κόμβων δε λειτουργεί, ο βρόχος δεν υφίσταται και έτσι δεν υπάρχει μονοπάτι επικοινωνίας προς όλους τους κόμβους του

δικτύου. Γι' αυτό το λόγο ή πρέπει να υπάρχουν εφεδρικές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων ή, αν ένας κόμβος βγει εκτός λειτουργίας, πρέπει η είσοδος του να συνδεθεί με ένα διακόπτη απευθείας στην έξοδο του, ώστε το δίκτυο να συνεχίσει να λειτουργεί.

- ✓ *Τοπολογία άστρου.* Η τοπολογία αυτή μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύνολο από κόμβους οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους μέσω ενός ενεργού *διανομέα - ελεγκτή*. Η διάταξη αυτή είναι υπεύθυνη για τη διανομή όλων των μηνυμάτων που φθάνουν σ' αυτήν από τους κόμβους του δικτύου. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης απλοποιεί τη μορφή των κόμβων του δικτύου, αλλά δημιουργεί και την ανάγκη για χρήση εξειδικευμένου ενεργού εξοπλισμού στον κεντρικό κόμβο. Επίσης στην τοπολογία αυτή είναι σχετικά εύκολο να ενταχθούν και άλλοι κόμβοι στο δίκτυο. Η χρήση όμως ενός κεντρικού διανομέα - ελεγκτή επιβάλλει ένα ανώτατο όριο στην προσθήκη νέων κόμβων, αφού η διάταξη μπορεί να υποστηρίξει ένα συγκεκριμένο και σχετικά μικρό αριθμό συνδέσεων. Σε περίπτωση που ο διανομέας - ελεγκτής τεθεί εκτός λειτουργίας, δεν υπάρχει τρόπος να επικοινωνήσουν μεταξύ τους οι κόμβοι του δικτύου και έτσι όλο το δίκτυο καθίσταται ανενεργό.
- ✓ Τέλος, έχουν αναπτυχθεί και υβριδικές τοπολογίες, οι οποίες αποτελούν συνδυασμό των παραπάνω, όπως είναι ο αλυσιδωτός δίαυλος, ο δακτύλιος με καλωδίωση άστρου και το κατανεμημένο άστρο.

#### **4.10.1.3 Μέθοδοι ελέγχου πρόσβασης**

Όλα τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών, επομένως και τα δίκτυα υψηλών επιδόσεων που εξετάζονται σ' αυτή την ενότητα, δομούνται ως σύνολα διατάξεων οι οποίες πρέπει να μοιραστούν το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Έτσι είναι προφανές ότι απαιτείται η ύπαρξη ενός μηχανισμού πρόσβασης, ο οποίος θα εξασφαλίζει την καλύτερη χρήση του εύρους ζώνης που παρέχεται από το μέσο μετάδοσης. Ο μηχανισμός αυτός υλοποιείται από τα λεγόμενα πρωτόκολλα ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (*MAC: Medium Access Control*) του επιπέδου 2 του μοντέλου αναφοράς OSI. Τα πρωτόκολλα πρόσβασης στο μέσο περιγράφουν τις τεχνικές που επιτρέπουν στους σταθμούς ενός δικτύου να εκπέμπουν και να λαμβάνουν πληροφορίες,

διαμοιράζοντας το κοινό επικοινωνιακό μέσο. Αποτελούν ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του τοπικού δικτύου, γιατί έχουν άμεση επίδραση στην απόδοση του, καθώς και στις εφαρμογές που αυτό μπορεί να υποστηρίξει. Στην περίπτωση των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων τα πρωτόκολλα MAO είναι παρόμοια με αυτά των τοπικών δικτύων.

#### **4.10.1.4 Τυποποιήσεις IEEE**

Οι τυποποιήσεις των προτύπων έχουν ως ακολούθως:

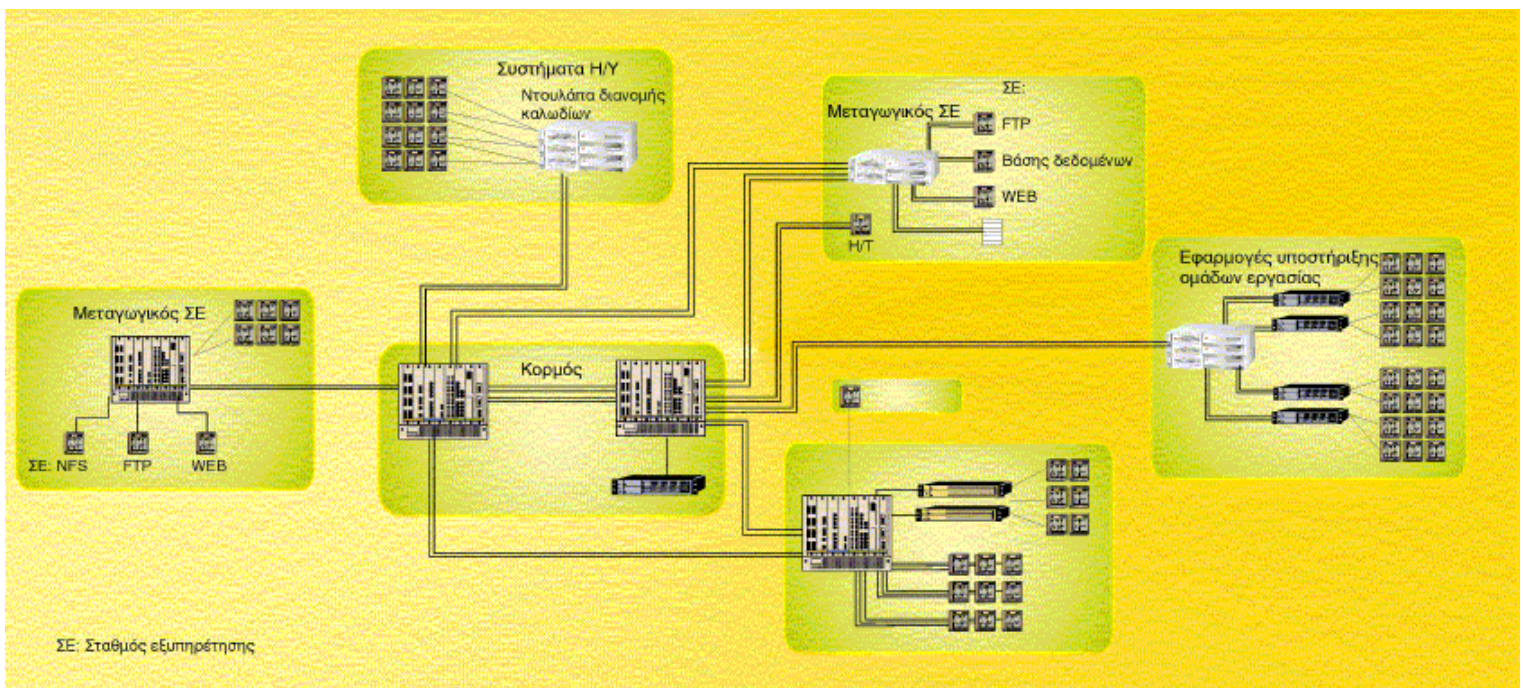
- ✓ Το κλασικό Ethernet ορίζεται από το πρότυπο IEEE 802.3, το οποίο περιγράφει και τη μέθοδο πρόσβασης CSMA/CD.
- ✓ Το 100 Mbps Ethernet ορίζεται από το πρότυπο IEEE 802.3u, το οποίο αποτελεί παραλλαγή του 802.3 και δημοσιεύτηκε τον Ιούλιο του 1994.
- ✓ Το 100Base-VGAnyLAN ορίζεται από το πρότυπο IEEE 802.12, στο οποίο περιγράφεται η μέθοδος πρόσβασης με αίτημα προτεραιότητας. Οριστικοποιήθηκε το 1998.
- ✓ Το Gigabit Ethernet ορίζεται από τα πρότυπα IEEE 802.3z και IEEE 802.3ab, ανάλογα με τον τύπο του φυσικού μέσου που χρησιμοποιείται. Τα πρότυπα αυτά δημοσιεύτηκαν το 1997 και το 1999 αντίστοιχα.
- ✓ Για τα FDDI-I, FDDI-II και ATM το IEEE δεν έχει δημοσιεύσει πρότυπα.

#### **4.10.2 Ενδοδίκτυα**

Ένα ενδοδίκτυο (*intranet*) είναι ένα τοπικό δίκτυο που βασίζεται στα πρότυπα επικοινωνίας του Διαδικτύου και στα πρότυπα περιεχομένων του παγκόσμιου ιστού (*world-wide-web*). Γι' αυτό το λόγο τα εργαλεία ανάπτυξης ενός ενδοδικτύου είναι παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών του Διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού. Η βασική διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι στα ενδοδίκτυα η πρόσβαση στις πληροφορίες γίνεται εσωτερικά, δηλαδή στο χώρο μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ενδοδικτύων είναι τα ακόλουθα:

- Δίνουν τη δυνατότητα γρήγορης ανάπτυξης του πρωτοτύπου μιας εφαρμογής, λόγω χρησιμοποίησης τεχνικών στις οποίες υπάρχει μεγάλη εγκατεστημένη βάση και ανεπτυγμένη τεχνογνωσία.
- Μπορούν εύκολα να επεκταθούν ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού.
- Δίνουν στους χρήστες τη δυνατότητα εύκολης πρόσβασης, πλοήγησης και χρησιμοποίησης των πληροφοριών ενός οργανισμού μέσω δημοφιλών φυλλομετρητών του παγκόσμιου ιστού.
- Είναι προσπελάσιμα από όλα τα διαδεδομένα υπολογιστικά συστήματα.
- Δίνουν τη δυνατότητα κατακευματισμένης επεξεργασίας των πληροφοριών στο τοπικό δίκτυο ενός οργανισμού.
- Μπορούν να ενσωματώσουν εύκολα τις ήδη υπάρχουσες πηγές πληροφοριών ενός οργανισμού, αφού οι τεχνολογίες Web, καθώς και αυτές του Διαδικτύου (όπως το TCP/IP), προσφέρουν τρόπους για τη μετάδοση δεδομένων και την εκτέλεση προγραμμάτων μεταξύ ετερογενών υπολογιστικών συστημάτων.
- Υποστηρίζουν τη διακίνηση πολλών τύπων πληροφορίας, όπως ήχου, βίντεο και αλληλεπιδραστικών εφαρμογών.



**Σχήμα 4.52.** Παράδειγμα ενδοδικτύου

### **Ανάγκες που εξυπηρετούν τα ενδοδίκτυα**

Οι τεχνολογίες που είχαν μέχρι πρόσφατα αναπτυχθεί παρουσίαζαν το μειονέκτημα της συσσώρευσης πληροφοριών για την περίπτωση που ο χρήστης του συστήματος τις χρειαστεί, κάνοντας έτσι την ανάκτηση και τη διαχείριση τους δύσκολη. Σε αντίθεση τα ενδοδίκτυα, που ακολουθούν την τεχνική υπερκειμένου του παγκόσμιου ιστού, βασίζονται στην ανάκτηση της πληροφορίας μετά από αίτημα. Έτσι ο χρήστης παίρνει την πληροφορία εύκολα και γρήγορα, τη στιγμή που τη χρειάζεται, ενώ τη διαχείριση της την αναλαμβάνει αυτός που τη δημιουργεί. Προφανώς η κατακευματισμένη διαχείριση της πληροφορίας και η εύκολη ανάκτηση της κάνει τα ενδοδίκτυα έναν ιδιαίτερα ελκυστικό τρόπο επικοινωνίας.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν, τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των ενδοδικτύων είναι τα ακόλουθα:

- μικρό κόστος ανάπτυξης και παράδοσης,
- εύκολη εγκατάσταση, χρήση και συντήρηση,

- δυνατότητα συνεργασίας με παραδοσιακές εφαρμογές και βάσεις δεδομένων,
- ανοιχτή αρχιτεκτονική - ανεξαρτησία από τις λύσεις ενός κατασκευαστή.

#### **4.10.2.1 Δομικά στοιχεία ενδοδικτύων**

##### **Δυνατότητα διασύνδεσης**

Εκ των πραγμάτων τα ενδοδίκτυα οφείλουν την ύπαρξη τους στη *δυνατότητα διασύνδεσης* των τοπικών δικτύων. Επομένως ένα ενδοδίκτυο έχει τη δυνατότητα να διασυνδέει όλα τα τοπικά δίκτυα ενός οργανισμού σε ένα κλειστό σύνολο χρηστών. Η διασύνδεση μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους:

- με μια μισθωμένη γραμμή από ένα τοπικό δίκτυο σε ένα άλλο τοπικό δίκτυο του ενδοδικτύου ενός οργανισμού,
- μέσω *ασφαλούς διασύνδεσης του Διαδικτύου (Internet security link)*.

##### **Σταθμοί εξυπηρέτησης ενδοδικτύων**

Οι *σταθμοί εξυπηρέτησης ενδοδικτύων (intranet servers)* είναι εξειδικευμένα υπολογιστικά συστήματα με αυξημένη ισχύ επεξεργασίας, μεγάλο χώρο αποθήκευσης δεδομένων και διασφάλιση συνεχούς λειτουργίας. Αυτοί οι σταθμοί εξυπηρέτησης βασίζονται παραδοσιακά σε λειτουργικά συστήματα Unix. Για το λόγο αυτό τα λειτουργικά συστήματα Unix θεωρούνται τα καταλληλότερα και τα πιο ευέλικτα συστήματα για διαδικτυακές εφαρμογές. Οποσδήποτε πρέπει να σημειωθεί η ραγδαία ανάπτυξη των Windows NT της Microsoft στο συγκεκριμένο πεδίο.

##### **Βάσεις δεδομένων**

Ίσως το βασικότερο χαρακτηριστικό ενός συστήματος ενδοδικτύου είναι η αποθήκευση και η οργάνωση των απαραίτητων πληροφοριών από το φορέα - κάτοχο του συστήματος. Ένα ενδοδίκτυο πρέπει να έχει τη δυνατότητα να συνδυάζει και να ολοκληρώνει συστήματα βάσεων δεδομένων διαφορετικών τεχνολογιών κάτω από την υπηρεσία του παγκόσμιου ιστού και του Διαδικτύου, χρησιμοποιώντας ένα

φυλλομετρητή ως περιβάλλον αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Ασφαλώς η ιδιότητα αυτή του ενδοδικτύου ως ενδιάμεσου για το διαμοιρασμό βάσεων δεδομένων μπορεί να γίνει πανίσχυρο εργαλείο στη διαχείριση κρίσιμων επιχειρησιακών συναλλαγών.

### **Ασφάλεια**

Η **ασφάλεια** (*security*) της επικοινωνίας δεδομένων που παρέχουν τα δίκτυα και οι σταθμοί εξυπηρέτησης είναι ένας πάρα πολύ κρίσιμος παράγοντας σε ένα περιβάλλον ενδοδικτύου. Μέσω της χρήσης των *firewalls*, της *κρυπτογράφησης* (*encryption*) και διάφορων μορφών πιστοποίησης *αυθεντικότητας* (*authentication*) του χρήστη, τα ενδοδίκτυα είναι ικανά να διαχειριστούν θέματα ασφάλειας και αξιοπιστίας.

Στην περίπτωση που ο παγκόσμιος ιστός χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή κρίσιμων δεδομένων τα οποία δεν πρέπει να υποκλαπούν, όπως είναι για παράδειγμα ο αριθμός της πιστωτικής κάρτας ενός χρήστη σε μια διαδικασία χρέωσης, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας μηχανισμός ασφαλούς ανταλλαγής δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά κρυπτογραφούνται συνήθως με κάποια ασφαλή μέθοδο. Μέχρι σήμερα υπάρχουν δύο διαδεδομένα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν κρυπτογράφηση με τη χρήση κλειδιού, το *SSL* (*Secure Sockets Layer*) και το *S-HTTP* (*Secure HTTP*). Το πρωτόκολλο αυτό ακολουθεί την *RSA* (*Rivest-Shamir-Adlerman*) τεχνική ασφάλειας δεδομένων και λειτουργεί ανάμεσα στα πρωτόκολλα *TCP/IP* και *HTTP*. Αποτελεί δηλαδή έναν ενδιάμεσο μεταξύ του *TCP/IP*, που εξασφαλίζει τη σύνδεση, και του *HTTP*, που πραγματοποιεί την επικοινωνία του σταθμού εξυπηρέτησης με τον πελάτη του παγκόσμιου ιστού.

Το πρωτόκολλο *S-HTTP* επινοήθηκε για να διευκολύνει τις εμπορικές συναλλαγές στο Διαδίκτυο στις οποίες προκύπτουν προβλήματα αυθεντικότητας των σταθμών εξυπηρέτησης και ασφάλειας των δεδομένων που μεταδίδουν οι πελάτες. Οι πελάτες που χρησιμοποιούν το *S-HTTP* μεταδίδουν με ασφάλεια δεδομένα σε σταθμούς εξυπηρέτησης όμοιων προδιαγραφών και οι λήπτες αποκρίνονται με κρυπτογραφημένο μήνυμα που περιλαμβάνει και την ψηφιακή υπογραφή τους. Η αυθεντικότητα της υπογραφής αυτής είναι δυνατόν να αναγνωρισθεί από τους πελάτες με βάση κάποιους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου.



Ένας ακόμη μηχανισμός που έχει προταθεί είναι η σύσταση X.509 για την έκδοση πιστοποιητικού εγκυρότητας της ψηφιακής υπογραφής, το οποίο θα χρησιμοποιείται για επιβεβαίωση της ταυτότητας του χρήστη. Τα πιστοποιητικά εγκυρότητας εκδίδονται από εξειδικευμένους Φορείς Ηλεκτρονικής Πιστοποίησης (ΦΗΠ). Πρωταρχικός ρόλος κάθε ΦΗΠ είναι να επιβεβαιώνει την ορθότητα των χαρακτηριστικών ενός δημόσιου κλειδιού και την ταυτότητα του ιδιοκτήτη του. Έτσι αυτός καθίσταται αξιόπιστος και ο ΦΗΠ μπορεί να εκδώσει πιστοποιητικό εγκυρότητας, το οποίο υπογράφεται και αυτό ψηφιακά με το ιδιωτικό κλειδί του ΦΗΠ.

### **Διαλειτουργικότητα**

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα ενός ενδοδικτύου είναι η δυνατότητα συνεργασίας του με άλλα συστήματα (βάσεις δεδομένων, συστήματα αυτοματισμού γραφείου), ίδιας ή διαφορετικής αρχιτεκτονικής, σε ετερογενές υπολογιστικό περιβάλλον. Η δυνατότητα αυτή του ενδοδικτύου λέγεται διαλειτουργικότητα (interoperability) και διακρίνεται στα ακόλουθα τρία επίπεδα:

- *Επίπεδο δικτύου.* Υποστηρίζεται ένα μεγάλο φάσμα πρωτοκόλλων (TCP/IP, IPX/SPX και SNA) για πρόσβαση σε όλα τα διαδεδομένα συστήματα τοπικών δικτύων. Επίσης υποστηρίζονται τα πρωτόκολλα DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) και DNS (Domain Name System) για χρήση των υπηρεσιών ονοματολογίας και διευθυνσιοδότησης του Διαδικτύου, καθώς και πρωτόκολλα πληροφοριών δρομολόγησης, όπως το RIP (Router Information Protocol), για τη διασύνδεση τοπικών δικτύων σε δίκτυα ευρείας περιοχής.
- *Επίπεδο δεδομένων.* Στο επίπεδο αυτό υποστηρίζεται η πρόσβαση σε συστήματα αρχείων με χρήση των πρωτοκόλλων IPX/SPX, NCP και NFS. Σχετικά με τις βάσεις δεδομένων η διαλειτουργικότητα εξασφαλίζεται μέσα από τεχνικές όπως οι ODBC, ADO και OLEDB. Όσον αφορά την πρόσβαση σε συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, υποστηρίζονται τα πρωτόκολλα SMTP, IMAP4, και POP3, ενώ, όσον αφορά τη διασύνδεση με άλλα συστήματα υποστηρίζονται πρωτόκολλα όπως το OfficeVision.

- *Επίπεδο εφαρμογών.* Στο επίπεδο αυτό η διαλειτουργικότητα εξασφαλίζεται υποστηρίζοντας το κλασικό μοντέλο πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης και ορισμένες ιδιαίτερες αρχιτεκτονικές, όπως είναι οι *3-tier* και *n-tier* (τεχνολογίες κατανεμημένων αντικειμένων όπως οι *DCOM*, *CORBA* και *EJBs*).

### **4.10.3 Ανακεφαλαίωση**

Τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων αποτελούν σήμερα ένα σημαντικό κομμάτι των τοπικών δικτύων με επιδόσεις που καλύπτουν τομείς εφαρμογών πραγματικού χρόνου και υψηλών ρυθμών μετάδοσης. Χρησιμοποιούνται είτε ως αυτούσια τοπικά δίκτυα είτε ως δίκτυα κορμού. Έχουν υψηλότερο κόστος από τα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα. Στηρίζονται σε αρχιτεκτονικές και πρότυπα που προέρχονται από τα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα. Η ανάπτυξη των ενδοδικτύων οφείλει πολλά στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων.

## 4.11. Ενότητα 10: Πρότυπα τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων

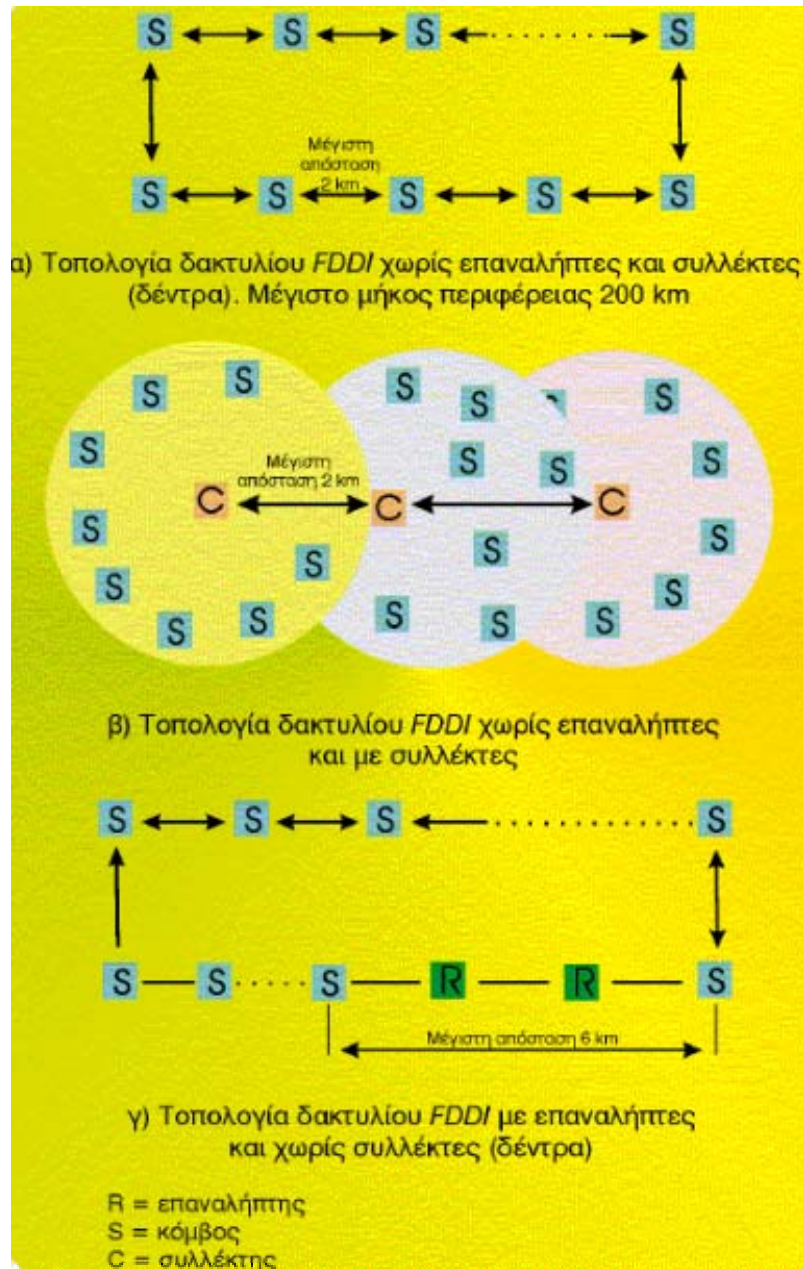
### 4.11.1 Πρότυπο FDDI-I και FDDI-II

Το δίκτυο οπτικής διασύνδεσης κατανεμημένων δεδομένων (*FDDI: Fiber Distributed Data Interface*, γνωστό και ως *FDDI*) αναπτύχθηκε από την επιτροπή προτύπων του Εθνικού Αμερικανικού Ινστιτούτου Προτύπων (*ANSI*) στα μεσάτης δεκαετίας του 1980. Ήταν η εποχή που οι σταθμοί εργασίας είχαν εξαντλήσει το εύρος ζώνης των υπάρχοντων τοπικών δικτύων που βασιζόταν στο *Ethernet* και στο δακτύλιο με κουπόνι διέλευσης (*Token Ring*). Προέκυψε έτσι η ανάγκη δημιουργίας ενός καινούριου μέσου, που θα μπορούσε εύκολα να υποστηρίξει αυτούς τους σταθμούς εργασίας και τις νέες κατανεμημένες εφαρμογές τους. Ταυτόχρονα η αξιοπιστία του δικτύου έπαιξε όλο και πιο σημαντικό ρόλο, καθώς οι διαχειριστές συστημάτων εκτελούσαν πλέον κρίσιμες δικτυακές εφαρμογές (κατανεμημένα συστήματα), αποστασιοποιούμενοι από τη λογική του ενός ισχυρού υπολογιστικού συστήματος που εκτελεί μόνο του όλη την εργασία. Το *FDDI* αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει αυτές τις ανάγκες.

#### Τοπολογία - φυσικό μέσο μετάδοσης

Το *FDDI* είναι ένα υψηλών επιδόσεων τοπικό δίκτυο που χρησιμοποιεί ως φυσικό μέσο μετάδοσης τις πολύτροπες (*multi-mode*) οπτικές ίνες, τοπολογία διπλού δακτυλίου και μέθοδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο το κουπόνι διέλευσης (*Token Passing*). Η ικανότητα μετάδοσης δεδομένων φτάνει τα 100 Mbps (ορισμένοι κατασκευαστές προσφέρουν μέχρι και 200 Mbps). Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων (επαναληπτών) του δικτύου είναι 2 km. Το πρότυπο μπορεί να επιτρέψει τη σύνδεση μέχρι και 1.000 κόμβων σε μια μέγιστη απόσταση 200 km (σχήμα 4.53). Εξαιτίας του υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων που διαθέτει χρησιμοποιείται συνήθως ως κορμός διασύνδεσης άλλων τοπικών δικτύων με μικρότερη ικανότητα μετάδοσης. Το *FDDI* χρησιμοποιεί, αντί για λείζερ, πηγές φωτός με διόδους φωτοεκπομπής (*LEDs*) λόγω του χαμηλότερου κόστους τους. Τα χαρακτηριστικά σχεδίασης του *FDDI* απαιτούν λιγότερο από ένα σφάλμα στα  $2,5 * 10^{10}$  bits. Λειτουργεί με αποδεκτή απώλεια ισχύος 11 dB μεταξύ δύο κόμβων, γεγονός που σημαίνει ότι το 92% περίπου της ισχύος του σήματος μπορεί να χαθεί

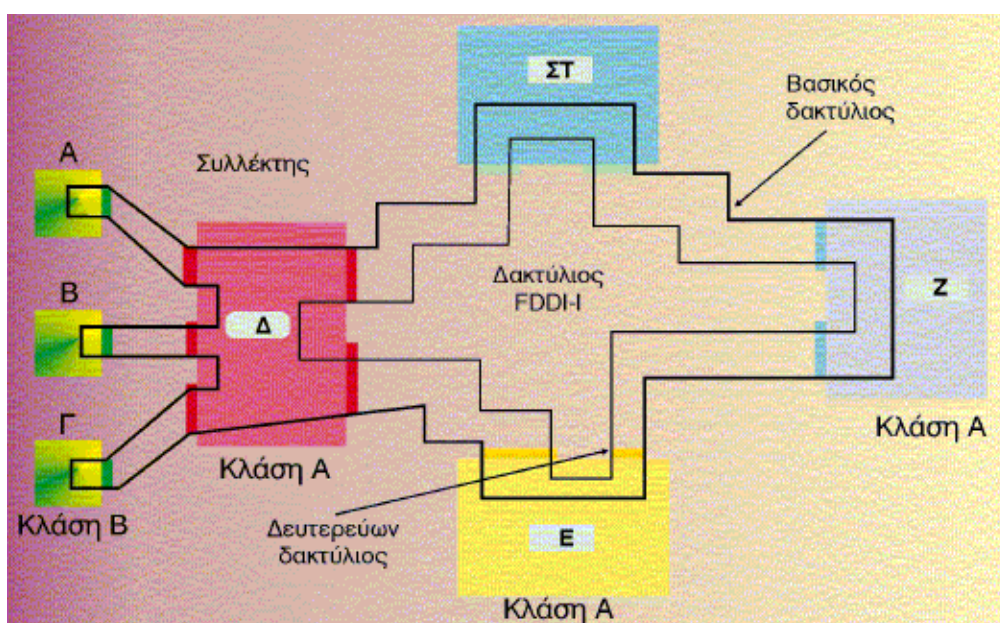
ανάμεσα σε δύο κόμβους. Το σήμα αναπαράγεται μερικώς στον πομποδέκτη (*transceiver*) κάθε κόμβου.



**Σχήμα 4.53.** Σε τοπολογία δακτυλίου χωρίς συλλέκτες ένας κόμβος απέχει από τον επόμενο του 2km το πολύ, με αποτέλεσμα ο πρώτος να απέχει, για παράδειγμα, από τον πέμπτο 10 km. Σε τοπολογία δακτυλίου με συλλέκτες όσοι κόμβοι δε βρίσκονται επάνω στον κύριο δακτύλιο θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους απόσταση 2 km.

Τα πλεονεκτήματα του *FDDI* μπορούν να επεκταθούν και σε σταθμούς εργασίας διαμέσου ενός ή περισσότερων συλλεκτών (*concentrators*) οι οποίοι επιτυγχάνουν τη διαδικασία της φωτοηλεκτρικής μετατροπής για πολλές προσαρτημένες συσκευές. Η σύνδεση του συλλέκτη με τους σταθμούς εργασίας επιτυγχάνεται μέσω καλωδίωσης *UTP* για αποστάσεις μικρότερες από 100 m και βασίζεται στο πρότυπο που γενικά είναι γνωστό ως *CDDI* (*Cable Distributed Data Interface*) ή *TPDDI* (*Twisted-Pair Distributed Data Interface*). Η παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας του *FDDI* γίνεται με τη βοήθεια μιας διάταξης που λέγεται *FDDI Probe*.

Η καλωδίωση του *FDDI* αποτελείται από δύο δακτυλίους οπτικών ινών. Ο ένας από αυτούς λέγεται *βασικός δακτύλιος* (*primary ring*) και μεταδίδει με τη φορά των δεικτών του ρολογιού (αριστερόστροφα), ενώ ο άλλος λέγεται *δευτερεύων δακτύλιος* (*secondary ring*) και μεταδίδει αντίστροφα (δεξιόστροφα). Στην περίπτωση που κάποιος από τους δύο δακτυλίους σπάσει, ο δευτερεύων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εφεδρικός, ενώ στην περίπτωση που σπάσουν και οι δύο στο ίδιο περίπου σημείο, μπορούν να ενωθούν σχηματίζοντας ένα νέο δακτύλιο διπλάσιου σχεδόν μήκους. Κάθε κόμβος έχει διακόπτες οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ένωση των δύο δακτυλίων ή ακόμη και για την παράκαμψη του κόμβου ο οποίος θα παρουσιάσει προβλήματα. Ένα τυπικό δίκτυο *FDDI* φαίνεται στο σχήμα 4.54.



Σχήμα 4.54. Τα στοιχεία ενός δικτύου FDDI-I

Στο *FDDI* υπάρχουν δύο κατηγορίες κόμβων, οι κόμβοι κλάσης *A* και οι κόμβοι κλάσης *B*. Οι κόμβοι που ανήκουν στην κλάση *A* έχουν δύο φυσικές συνδέσεις (*DAS: Dual Attach Station*) και συνδέονται και με τους δυο δακτυλίους, ενώ οι κόμβοι που ανήκουν στην κλάση *B* έχουν μία φυσική σύνδεση (*SAS: Single Attach Station*), συνδέονται μόνο με τον έναν από τους δακτυλίους και προφανώς αποτελούν οικονομικότερη λύση. Για την εγκατάσταση ενός δικτύου μπορούν να επιλεγούν κόμβοι από την κλάση *A* ή τη *B* ή και από τις δύο κλάσεις, ανάλογα με το πόσο σημαντική είναι η ανοχή σφαλμάτων για το συγκεκριμένο δίκτυο.

### **Προδιαγραφές του FDDI-I**

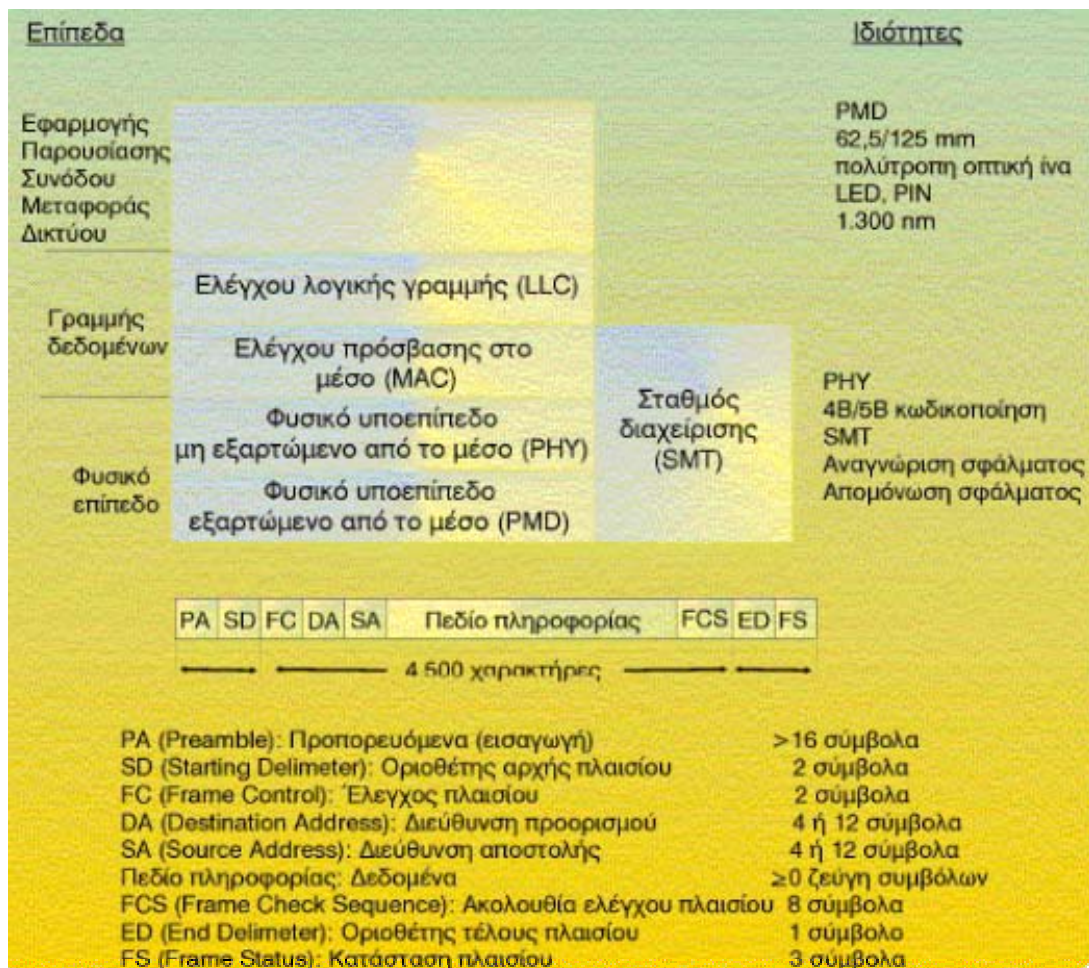
Το *FDDI-I* έχει σχέση με εκείνα τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI* που αφορούν το φυσικό μέσο και τον τρόπο πρόσβασης σ' αυτό. Το *FDDI-I* είναι στην πραγματικότητα μια συλλογή από τέσσερις διαφορετικές προδιαγραφές - καθεμία με συγκεκριμένη λειτουργία - οι οποίες, όταν συνδυαστούν, παρέχουν συνδέσεις υψηλού ρυθμού μετάδοσης μεταξύ των πρωτοκόλλων των ανώτερων επιπέδων (όπως το *TCPI/IP* και το *IPX*) και μέσων (όπως η οπτική ίνα).

Οι τέσσερις προδιαγραφές του *FDDI-I* καθορίζουν τις λειτουργίες τμημάτων του επιπέδου γραμμής δεδομένων και του φυσικού επιπέδου ως ακολούθως:

- ✓ Προδιαγραφή του υποεπιπέδου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (*MAC: Media Access Control*). Το υποεπίπεδο *MAC* αποτελεί τμήμα του επιπέδου γραμμής δεδομένων. Η προδιαγραφή του υποεπιπέδου *MAC* καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης στο μέσο, την τυποποίηση του πλαισίου, το χειρισμό του κουπονιού, τη διευθυνσιοδότηση, τους αλγορίθμους για τον υπολογισμό της τιμής του *CRC (Cyclic Redundancy Check)* και το μηχανισμό ανάκαμψης από λάθη.
- ✓ Προδιαγραφή του φυσικού υποεπιπέδου που είναι ανεξάρτητο από το μέσο (*PHY: PHYsical sublayer medium independent*). Το υποεπίπεδο *PHY* αποτελεί τμήμα του φυσικού επιπέδου. Η προδιαγραφή του υποεπιπέδου *PHY* καθορίζει τις διαδικασίες κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης των δεδομένων, τις απαιτήσεις χρονισμού και τη λειτουργία δημιουργίας πλαισίων.

- ✓ Προδιαγραφή του φυσικού υποεπιπέδου που είναι εξαρτώμενο από το μέσο (*PMD: Physical sublayer Medium Dependent*). Το υποεπίπεδο PMD αποτελεί τμήμα του φυσικού επιπέδου. Η προδιαγραφή του υποεπιπέδου PMD καθορίζει τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης - συμπεριλαμβανομένων των συνδέσμων των οπτικών ινών - τα επίπεδα ισχύος, το ρυθμό λαθών, τα οπτικά στοιχεία και τους συνδέσμους.
- ✓ Προδιαγραφή του σταθμού διαχείρισης (*SMT: Station Management*). Η προδιαγραφή SMT καθορίζει τη διαμόρφωση ενός σταθμού FDDI-I, τη διαμόρφωση και τα χαρακτηριστικά ελέγχου του δακτυλίου - συμπεριλαμβανομένων της εισαγωγής και της αφαίρεσης ενός σταθμού - την καταχώριση, την απομόνωση λάθους και την ανάκαμψη, τη δρομολόγηση και τη συλλογή στατιστικών στοιχείων.

Ο κύριος σκοπός του *FDDI-I* είναι να παρέχει σύνδεση μεταξύ των πρωτοκόλλων των υψηλότερων επιπέδων του *OSI* και του μέσου που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συσκευών του δικτύου. Στο σχήμα 4.55 απεικονίζονται οι τέσσερις προδιαγραφές του *FDDI-I*, οι μεταξύ τους σχέσεις, καθώς και η σχέση τους με το υποεπίπεδο *LLC (Logical Link Control)* του *IEEE*. Το υποεπίπεδο *LLC* είναι συστατικό του δεύτερου επιπέδου, δηλαδή του *MAC*, στο μοντέλο αναφοράς *OSI*.

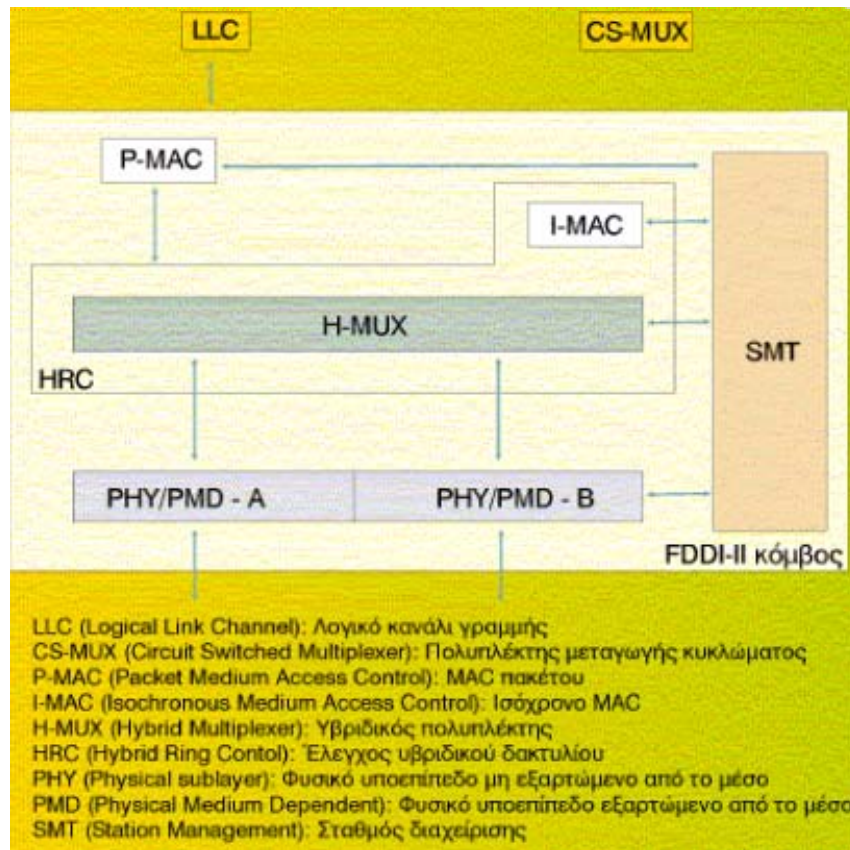


Σχήμα 4.55 Αρχιτεκτονική του FDDI-I

### Προδιαγραφές του FDDI-II

Στο σχήμα 4.56 παρουσιάζονται τα στοιχεία των πρωτοκόλλων του *FDDI-II*. Στο φυσικό επίπεδο η διαχείριση του σταθμού εργασίας γίνεται όπως και στο απλό *FDDI-I*. Στο επίπεδο *MAC* προστέθηκαν δύο νέα στοιχεία, τα *I-MAC* και *H-MUX*. Το *I-MAC* (*Isochronous Media Access Control*) καθορίζει τους κανόνες διαμοιρασμού των καναλιών που δεσμεύονται για μεταγωγή κυκλώματος. Το *H-MUX* (*Hybrid MUltipleXer*) συνδυάζει το φορτίο μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου από το σταθμό εκπομπής στο φυσικό μέσο. Οι προδιαγραφές για τα *H-MUX* και *I-MAC* συνδυάζονται σε ένα πρότυπο που ονομάζεται *HRC* (*Hybrid Ring Control*).





Σχήμα 4.56 Αρχιτεκτονική του FDDI-II

#### 4.11.2 Πρότυπο 100 Mbps Ethernet

Όταν η επιτροπή προτυποποίησης του IEEE άρχισε να προωθεί την ιδέα ενός ταχύτερου Ethernet, το οποίο θα μπορούσε να μεταδώσει πλαίσια τύπου Ethernet στα 100 Mbps, παρουσιάστηκαν δύο προσεγγίσεις. Η πρώτη στηρίχτηκε στο CSMA/CD, που επιτάχυνε το αρχικό Ethernet στα 100 Mbps, και οδήγησε στην καθιέρωση του προτύπου *100Base-T Fast Ethernet* ή, όπως απλούστερα ονομάζεται, *100 Mbps Ethernet* ή *Fast* (Γρήγορο) *Ethernet*. Η δεύτερη προσέγγιση του θέματος αφορούσε τη δημιουργία ενός καινούριου μηχανισμού ελέγχου πρόσβασης στο μέσο, ο οποίος θα βασιζόταν σε διανομείς που λειτουργούν με βάση το αίτημα προτεραιότητας. Έτσι δημιουργήθηκε ένα νέο πρότυπο που επιτρέπει τη μετάδοση πλαισίων Ethernet σύμφωνα με τον καινούριο μηχανισμό πρόσβασης στο φυσικό μέσο. Το σύστημα

αυτό επεκτάθηκε περαιτέρω, για να επιτρέπει και τη μετάδοση πλαισίων δακτυλίου με κουπόνι, και το νέο πρότυπο ονομάστηκε *100Base-VGAnyLAN*.

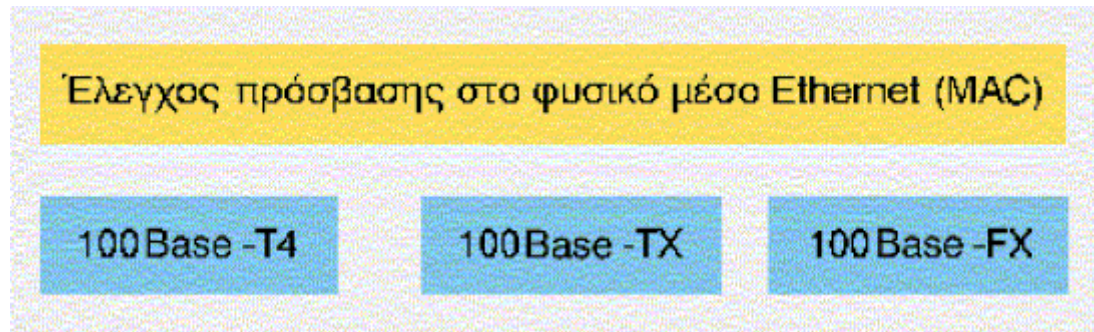
### **Φυσικά μέσα μετάδοσης στο 100 Mbps Ethernet**

Σε σύγκριση με τις προδιαγραφές για τα πρότυπα των 10 Mbps, το πρότυπο των 100 Mbps Ethernet μειώνει κατά 10 φορές το *χρόνο bit*, δηλαδή το χρόνο που απαιτείται για τη μετάδοση ενός δυαδικού ψηφίου σε ένα κανάλι Ethernet, γεγονός που έχει ως αποτελέσματα δεκαπλασιασμό του ρυθμού μετάδοσης με τον οποίο αποστέλλονται πακέτα στο φυσικό μέσο. Εκτός όμως από αυτό, τα υπόλοιπα σημαντικά θέματα του συστήματος Ethernet, συμπεριλαμβανομένων της τυποποίησης του πλαισίου, της ποσότητας των δεδομένων που μπορεί να μεταδώσει ένα πλαίσιο, καθώς και του μηχανισμού ελέγχου πρόσβασης στο φυσικό μέσο, παραμένουν αναλλοίωτα.

Οι προδιαγραφές του 100 Mbps Ethernet περιλαμβάνουν μηχανισμούς για αυτόματη διαχείριση του ρυθμού μετάδοσης στο μέσο. Αυτό επιτρέπει στους κατασκευαστές να παρέχουν διπλό περιβάλλον αλληλεπίδρασης για το ρυθμό μετάδοσης του συστήματος Ethernet, το οποίο έτσι μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει αυτόματα είτε στα 10 Mbps είτε στα 100 Mbps.

Υπάρχουν τρεις τύποι φυσικού μέσου (καλωδίου) που έχουν προδιαγραφεί από το πρότυπο 100 Mbps Ethernet την εκπομπή σημάτων (σχήμα 4.57). Αυτοί οι τρεις τύποι αποδίδονται με τα σύμβολα που έχουν προταθεί από το IEEE. Ο συμβολισμός αυτών των τύπων περιλαμβάνει τρεις πληροφορίες. Η πρώτη πληροφορία, δηλαδή το «100», δηλώνει το ρυθμό μετάδοσης (100 Mbps). Η δεύτερη πληροφορία, δηλαδή το «Base», δηλώνει το *βασικό εύρος*, που είναι η μορφή σηματοδότησης. *Σηματοδότηση βασικού εύρους* σημαίνει απλώς ότι τα σήματα Ethernet μεταδίδονται μόνο στο επίπεδο του φυσικού μέσου. Το τρίτο μέρος του συμβολισμού παρέχει πληροφορία για τον τύπο του φυσικού μέσου μετάδοσης (τύπος καλωδίου). Ο τύπος *T4* παριστάνει ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (UTP, κατηγορίας 3 τουλάχιστον), το οποίο όμως μειονεκτεί στο ότι επιβάλλει τη χρήση και των τεσσάρων ζευγών του, όταν υπάρχουν εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν μόνο τα δύο. Ο τύπος *TX* παριστάνει ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών που αποτελείται από δύο ζεύγη συρμάτων και βασίζεται στο πρότυπο του ANSI για μετάδοση δεδομένων. Ο τύπος *FX* παριστάνει ένα σύνδεσμο

οπτικής ίνας ο οποίος βασίζεται στο πρότυπο που έχει αναπτυχθεί από το ANSI και χρησιμοποιεί δύο καλώδια οπτικής ίνας. Τα πρότυπα φυσικού μέσου TX και FX είναι γνωστά και ως 100Base-X.



**Σχήμα 4.57** Οι τρεις τύποι φυσικού μέσου για το πρότυπο 100 Mbps Ethernet

### **Αυτόματη διαπραγμάτευση**

Η λειτουργία της *αυτόματης διαπραγμάτευσης (auto-negotiation)* είναι ένα προαιρετικό στοιχείο του προτύπου Ethernet, που επιτρέπει στις συσκευές να ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες τους επάνω σε μια συγκεκριμένη σύνδεση.

Πιο αναλυτικά, η αυτόματη διαπραγμάτευση είναι ένας μηχανισμός που ελέγχει το φυσικό μέσο, όταν εγκαθίσταται μια νέα σύνδεση κάποιας δικτυακής συσκευής. Ανιχνεύει τις δυνατότητες που παρέχει η συσκευή στο άλλο άκρο της σύνδεσης και της γνωστοποιεί τις δικές της, ώστε αυτή να επιλέξει και να διαμορφώσει αυτόματα τον υψηλότερης απόδοσης συνδυασμό δυνατοτήτων και αλληλεπίδρασης. Η αυτόματη διαπραγμάτευση επιτρέπει την απλή, αυτόματη σύνδεση συσκευών που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές και υλοποιούν ένα πλήθος συνδυασμών.

Η αυτόματη διαπραγμάτευση δρα σαν περιστροφικός διακόπτης που επιλέγει αυτόματα τον κατάλληλο τύπο φυσικού μέσου (όπως 10Base-T, 100Base-TX, 100Base-T4) ανάλογα με τις δυνατότητες καθενός. Από τη στιγμή που θα επιλεγεί ο υψηλότερης απόδοσης συνδυασμός των δυνατοτήτων τους (πίνακας 4.4), ο

μηχανισμός της αυτόματης διαπραγμάτευσης επαναφέρει τον έλεγχο του καναλιού στην κατάλληλη τεχνολογία και γίνεται διαφανής, μέχρι να διακοπεί η σύνδεση.

A	100Base-TX Full Duplex Ethernet
B	100Base-T4
C	100Base-TX
D	10Base-T Full Duplex Ethernet
E	10Base-T

**Πίνακας 4.4.** Πίνακας επίλυσης προτεραιοτήτων στην αυτόματη διαπραγμάτευση

### **Full Duplex Ethernet**

Το *Full Duplex Ethernet* (Πλήρως Αμφίπλευρο Ethernet) είναι μια παραλλαγή της τεχνολογίας Ethernet, που αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε διαδικασία προτυποποίησης από το IEEE. Λόγω της απουσίας ενός επίσημου προτύπου οι κανόνες για το μήκος μιας πλήρως αμφίπλευρης σύνδεσης μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον κατασκευαστή. Μέχρι να ολοκληρωθεί, να κατασκευαστεί και να δοκιμαστεί στην πράξη το πρότυπο αυτό, δεν είναι βέβαιο ότι ο εξοπλισμός ενός κατασκευαστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με τον εξοπλισμό κάποιου άλλου κατασκευαστή.

Η πλήρως αμφίπλευρη λειτουργία είναι αρκετά απλή σε σύγκριση με το αρχικό Ethernet, αφού οι συσκευές σε κάθε άκρο μιας πλήρως αμφίπλευρης σύνδεσης μπορούν να αποστέλλουν και ταυτοχρόνως να λαμβάνουν δεδομένα. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι ένας πλήρως αμφίπλευρος σύνδεσμος μπορεί θεωρητικά να προσφέρει διπλάσιο ρυθμό μετάδοσης σε σχέση με την κανονική μορφή του 100 Mbps Ethernet. Το Full Duplex Ethernet επιτρέπει τη σύνδεση μίας μόνο συσκευής σε κάθε άκρο του συνδέσμου, όπως είναι για παράδειγμα ένας σταθμός εργασίας ή μία θύρα μεταγωγής διανομέα.

## Σύνδεση στο σύστημα 100 Mbps Ethernet

Στο σχήμα 4.58 παρουσιάζονται τα τμήματα που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση μιας σύνδεσης σε ένα σύστημα φυσικού μέσου 100 Mbps, όπως αυτά ορίζονται στο πρότυπο του IEEE. Αναλυτικά, τα τμήματα αυτά είναι τα ακόλουθα:



Σχήμα 4.58 Σχεδιάγραμμα μιας 100 Mbps δικτυακής σύνδεσης

- ✓ Η σύνδεση με το φυσικό μέσο γίνεται μέσω της *εξαρτώμενης από το μέσο διεπαφής (MDI: Medium Dependent Interface)*. Στη δεξιά πλευρά του σχήματος 4.58 φαίνεται το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση σημάτων τύπου Ethernet. Αυτό μπορεί να ανήκει σε οποιονδήποτε από τους τρεις τύπους φυσικών μέσων που ορίστηκαν προηγουμένως.
- ✓ Η *συσκευή φυσικού επιπέδου (PHY: PHYsical Layer Device)* εκτελεί την ίδια λειτουργία με έναν πομποδέκτη του συστήματος 10 Mbps Ethernet. Μπορεί να είναι ένα σύνολο από ολοκληρωμένα κυκλώματα επάνω στη θύρα Ethernet ή μια δικτυακή συσκευή ή ακόμη και ένα μικρό κουτί εφοδιασμένο με ένα καλώδιο ΜΙΙ, όπως ο εξωτερικός πομποδέκτης και το καλώδιο που χρησιμοποιείται στο 10 Mbps Ethernet.
- ✓ Η *ανεξάρτητη από το φυσικό μέσο διεπαφή (ΜΙΙ: Media Independent Interface)* είναι μια προαιρετική ηλεκτρονική συσκευή. Παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης των λειτουργιών ελέγχου πρόσβασης στο μέσο που εκτελούνται στη δικτυακή συσκευή με την PHY που στέλνει μηνύματα στο φυσικό μέσο. Μια

MII μπορεί επιλεκτικά να υποστηρίξει λειτουργία στα 10 Mbps και στα 100 Mbps, επιτρέποντας έτσι σε δικτυακές συσκευές να συνδέονται σε 10Base-T και σε 100Base-T τμήματα του δικτύου. Η MII έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να κάνει εμφανείς τις διαφορές του σήματος ανάμεσα στα διαφορετικού μέσου (T4, FX, TX) τμήματα του δικτύου. Κύριο έργο της συσκευής είναι η μετατροπή των ηλεκτρικών σημάτων που λαμβάνονται από τα διαφορετικά φυσικά μέσα των τμημάτων του δικτύου σε ψηφιακά, τα οποία το δίκτυο στέλνει με τη σειρά του στη συσκευή. Η ηλεκτρονική πλακέτα της MII μπορεί να συνδεθεί με έναν εξωτερικό πομποδέκτη μέσω ενός συνδετήρα MII 40 ακίδων και ενός μικρού καλωδίου MII. Το καλώδιο MII που χρησιμοποιείται για σύνδεση με εξωτερικούς πομποδέκτες των 100 Mbps ορίζεται ως ένα καλώδιο 40 ακίδων, με βύσμα 40 ακίδων στο ένα άκρο του, εξοπλισμένο με αρσενικές βίδες τύπου jack, οι οποίες βιδώνουν στις αντίστοιχες θηλυκές υποδοχές. Το καλώδιο έχει μέγιστο μήκος 0,5 m. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ο εξωτερικός πομποδέκτης να συνδέεται απευθείας με το σύνδεσμο MII επάνω στη συσκευή, χωρίς την παρέμβαση καλωδίου, όταν το επιτρέπει η σχεδίαση του πομποδέκτη.

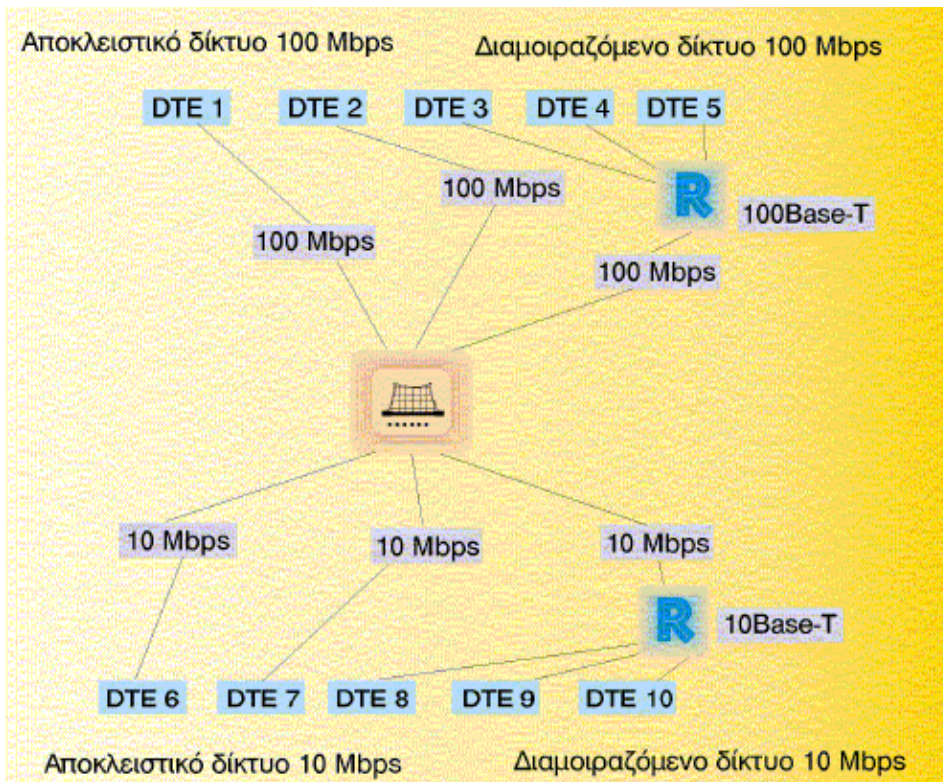
- ✓ Η δικτυακή συσκευή ορίζεται στο πρότυπο του IEEE ως *τερματική διάταξη δεδομένων (DTE: Data Terminal Equipment)*. Κάθε DTE που συνδέεται σε ένα σύστημα Ethernet είναι εξοπλισμένη με μια *διεπαφή Ethernet (Ethernet interface)*. Η διεπαφή αυτή παρέχει τη σύνδεση με το φυσικό μέσο του Ethernet και περιέχει το απαραίτητο υλικό και λογισμικό για την εκτέλεση των λειτουργιών ελέγχου πρόσβασης στο μέσο προκειμένου να αποσταλεί ένα πλαίσιο σε κάποιο κανάλι Ethernet.

### **Επαναλήπτες**

Οι θύρες Ethernet των επαναληπτών δε χρησιμοποιούν διεπαφές Ethernet. Μια θύρα επαναλήπτη συνδέεται με το 100 Mbps Ethernet χρησιμοποιώντας τον ίδιο PHY και MDI εξοπλισμό. Όμως για τα σήματα Ethernet οι θύρες επαναλήπτη δε λειτουργούν σε επίπεδο πλαισίου Ethernet, αλλά σε επίπεδο δυαδικού ψηφίου, μεταφέροντας τα σήματα από τμήμα σε τμήμα. Από την άλλη πλευρά, ένας διανομέας - επαναλήπτης μπορεί να είναι εξοπλισμένος με μια διεπαφή Ethernet, ώστε να εξασφαλίζεται ένας

τρόπος επικοινωνίας με το δίκτυο. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους κατασκευαστές να εφοδιάζουν με λειτουργίες διαχείρισης το διανομέα, ο οποίος μπορεί πλέον να επικοινωνεί με έναν απομακρυσμένο σταθμό χρησιμοποιώντας το απλό πρωτόκολλο διαχείρισης δικτύου (SNMP). Οι διανομείς παρέχουν τη δυνατότητα στο διαχειριστή του δικτύου να καταγράφει από απόσταση τα επίπεδα κυκλοφορίας και τα λάθη στις θύρες του διανομέα, αλλά και να διακόπτει τη λειτουργία των θυρών για τον εντοπισμό και τη διόρθωση των βλαβών.

Υπάρχουν δύο είδη επαναληπτών στο σύστημα 100Base-T, Ο επαναλήπτης Class I και ο επαναλήπτης Class II. Ένας επαναλήπτης *Class I*, ο οποίος επιτρέπεται να έχει μεγαλύτερες καθυστερήσεις συγχρονισμού, λειτουργεί μετατρέποντας τα ηλεκτρικά σήματα από μία θύρα εισόδου σε ψηφιακά, ενώ στη συνέχεια τα επαναφέρει σε ηλεκτρικά, όταν τα αποστέλλει σε άλλες θύρες. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα επαναμετάδοσης των σημάτων σε τμήματα του δικτύου που χρησιμοποιούν διαφορετική σηματοδότηση, όπως είναι τα τμήματα τύπου 100Base-TX/FX και τύπου 100Base-T4, επιτρέποντας σ' αυτούς τους τύπους τμημάτων να ενώνονται μέσα σε ένα διανομέα - επαναλήπτη. Η διαδικασία μετατροπής των σημάτων στους επαναλήπτες Class I χρησιμοποιεί έναν αριθμό από παλμούς ρολογιού, έτσι ώστε μόνο ένας επαναλήπτης Class I να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα δεδομένο υποδίκτυο, όταν αυτό έχει το μέγιστο επιτρεπτό μήκος καλωδίωσης (σχήμα 4.59). Ένα τέτοιο υποδίκτυο ορίζεται επίσημα ως δίκτυο CSMA/CD, στο οποίο θα συμβεί σύγκρουση, αν δύο υπολογιστές που συνδέονται με το σύστημα επιχειρήσουν να μεταδώσουν την ίδια χρονική στιγμή.



**Σχήμα 4.59.** Υποδίκτυα σύγκρουσης, επαναλήπτες και γέφυρες πολλών θυρών

Ένας επαναλήπτης *Class II* περιορίζεται σε μικρότερες καθυστερήσεις συγχρονισμού και επαναμεταδίδει αμέσως το εισερχόμενο σήμα σε όλες τις υπόλοιπες θύρες χωρίς τη διαδικασία μετατροπής του σε ψηφιακό. Για την επίτευξη μικρότερων καθυστερήσεων συγχρονισμού οι επαναλήπτες *Class II* συνδέονται με τμήματα του δικτύου που χρησιμοποιούν την ίδια τεχνική σηματοδότησης, όπως είναι τα τμήματα τύπου 100Base-TX και τύπου 100Base-FX. Ο μέγιστος αριθμός επαναληπτών *Class II* που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα δεδομένο πεδίο, όταν αυτό έχει το μέγιστο επιτρεπτό μήκος καλωδίωσης, είναι δύο.

### 4.11.3 Ανακεφαλαίωση

Τα πρότυπα των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων προέκυψαν από την επέκταση, τη βελτίωση, ακόμη και το συνδυασμό προτύπων για κλασικά τοπικά δίκτυα. Οι μετατροπές περιλαμβάνουν τη χρησιμοποίηση διαφορετικών φυσικών μέσων μετάδοσης, την κωδικοποίηση των σημάτων και το κατάλληλο λογισμικό που αυξάνει την απόδοση και την ταχύτητα χωρίς να μειώνει την αξιοπιστία των δικτύων.



## 4.12. Ενότητα 11: Εισαγωγή στα δίκτυα ευρείας περιοχής

### 4.12.1 Αρχιτεκτονική

Τα *Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (ΔΕΠ)* είναι εκείνα τα δίκτυα που εκτείνονται σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή. Συνήθως τα δίκτυα αυτά είναι υπεραστικά ή διεθνή. Οι κόμβοι που τα αποτελούν μπορεί να είναι αυτόνομοι υπολογιστές ή τοπικά δίκτυα που βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένες μεταξύ τους περιοχές. Οι ρυθμοί μετάδοσης των ΔΕΠ διαβαθμίζονται ανάλογα με την τεχνολογία τους, σήμερα όμως ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης που αναπτύσσουν ξεπερνά τα 622 Mbps.

Η κατανόηση της λειτουργίας των ΔΕΠ θα διευκολυνθεί, αν παρουσιαστούν ορισμένες σημαντικές διαφορές τους με τα τοπικά δίκτυα:

- ✓ Τα τοπικά δίκτυα χαρακτηρίζονται από μικρές καθυστερήσεις κατά τη μετάδοση της πληροφορίας, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στα ΔΕΠ. Οι καθυστερήσεις αυτές δεν οφείλονται στη μεγαλύτερη απόσταση που πρέπει να διανύσουν οι πληροφορίες, αφού τα ηλεκτρικά σήματα μεταδίδονται με ταχύτητα ίση σχεδόν με αυτήν του φωτός, αλλά κυρίως στο μεγάλο αριθμό των ενδιάμεσων δικτυακών συσκευών από τις οποίες πρέπει να διέλθουν.
- ✓ Τα τοπικά δίκτυα καλύπτουν τις ανάγκες μιας περιορισμένης γεωγραφικά περιοχής. Για παράδειγμα, στα ενσύρματα τοπικά δίκτυα η εγκατεστημένη καλωδίωση δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 200 km περίπου. Αντίθετα τα ΔΕΠ θεωρείται ότι καλύπτουν πολύ ευρύτερες περιοχές.
- ✓ Τα τοπικά δίκτυα χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα τους να μεταδίδουν ταχύτατα μεγάλο όγκο πληροφοριών. Αντίθετα τα ΔΕΠ μπορούν να μεταδώσουν στον ίδιο χρόνο πολύ μικρότερο όγκο πληροφοριών, δηλαδή είναι πολύ πιο αργά.
- ✓ Κατά τη μετάδοση της πληροφορίας τα λάθη που συμβαίνουν στα τοπικά δίκτυα είναι πολύ λιγότερα από αυτά που συμβαίνουν στα ΔΕΠ.
- ✓ Τα λάθη που συμβαίνουν κατά τη μετάδοση της πληροφορίας σε ένα ΔΕΠ δε γίνονται αντιληπτά, αφού το δίκτυο φροντίζει αυτόματα για την επαναμετάδοση της πληροφορίας. Όμως αυτό έχει επίπτωση στο χρόνο μετάδοσης.

<b>Τοπικά Δίκτυα</b>	<b>Ευρείας Περιοχής Δίκτυα</b>
Μικρές καθυστερήσεις κατά τη μετάδοση	Μεγάλες καθυστερήσεις κατά τη μετάδοση
Περιορίζονται γεωγραφικά στα 200 km για τα ενσύρματα	Καλύπτουν ευρύτερες περιοχές
Ταχύτατη μετάδοση μεγάλου όγκου πληροφοριών	Αργότερη μετάδοση
Λιγότερα λάθη κατά τη μετάδοση	Περισσότερα λάθη κατά τη μετάδοση τα οποία δε γίνονται αντιληπτά

**Πίνακας 4.5.** Σύγκριση Τοπικών Δικτύων με Ευρείας Περιοχής Δίκτυα

### **Ταξινόμηση των ΔΕΠ**

Τα ΔΕΠ μπορούν να ταξινομηθούν, ανάλογα με την τεχνική μεταγωγής την οποία χρησιμοποιούν, στις παρακάτω κατηγορίες:

- *ΔΕΠ μεταγωγής κυκλώματος.* Σε ένα ΔΕΠ μεταγωγής κυκλώματος εγκαθίστανται μόνιμα φυσικά κυκλώματα για κάθε μετάδοση δεδομένων. Τα κυκλώματα αυτά διατηρούνται όσο διαρκεί η μετάδοση δεδομένων και στη συνέχεια, μετά τον τερματισμό της, ελευθερώνονται. ΔΕΠ τα οποία στηρίζονται στην τεχνική μεταγωγής κυκλώματος είναι το τηλεφωνικό δίκτυο και το δίκτυο ISDN.
- *ΔΕΠ μεταγωγής πακέτου.* Σε ένα ΔΕΠ μεταγωγής πακέτου οι δικτυακές συσκευές μοιράζονται μια σύνδεση σημείου προς σημείο με σκοπό τη μεταφορά πακέτων από έναν κόμβο σε έναν άλλο. Η χρήση των τηλεπικοινωνιακών κυκλωμάτων από πολλές συσκευές ταυτόχρονα γίνεται με τη βοήθεια της στατιστικής πολυπλεξίας. ΔΕΠ τα οποία στηρίζονται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου είναι το X.25, η μεταγωγή πλαισίου (FR: Frame Relay), το SMDS (Switched Multimegabit Data Services) και άλλα που θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα.
- *ΔΕΠ νοητών κυκλωμάτων.* Ένα νοητό κύκλωμα είναι ένα λογικό κύκλωμα το οποίο εξασφαλίζει την αξιόπιστη επικοινωνία ανάμεσα σε δύο δικτυακές συσκευές. Υπάρχουν δύο είδη νοητών κυκλωμάτων, τα προσωρινά και τα μόνιμα. Τα προσωρινά νοητά κυκλώματα εγκαθίστανται ανάλογα με τη

ζήτηση και τερματίζονται, όταν η μετάδοση ολοκληρωθεί. Τα μόνιμα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που η ροή των δεδομένων ανάμεσα σε δικτυακές συσκευές είναι συνεχής.

## **Χρήση των ΔΕΠ**

Τα ΔΕΠ έχουν μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται οι υπηρεσίες που παρέχουν τα ΔΕΠ χωρίς αυτό να γίνεται άμεσα αντιληπτό από τον τελικό χρήστη. Για παράδειγμα, όταν γίνεται ανάληψη από μια τράπεζα ή όταν στο χώρο εργασίας κάποιου υποκαταστήματος μιας επιχείρησης χρησιμοποιούνται στοιχεία που είναι καταχωρισμένα σε άλλα παραρτήματα της, τότε γίνεται χρήση κάποιου ΔΕΠ. Μερικές ενδεικτικές εφαρμογές των ΔΕΠ είναι οι παρακάτω:

- ✓ *Υλοποίηση δικτύων κορμού (backbone).* Μία από τις κύριες χρήσεις των ΔΕΠ είναι η υλοποίηση δικτύων κορμού τόσο για δημόσια όσο και για ιδιωτικά δίκτυα. Για παράδειγμα, το δίκτυο κορμού του Διαδικτύου αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό ΔΕΠ.
- ✓ *Διασύνδεση απομακρυσμένων τοπικών δικτύων.* Τα ΔΕΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διασύνδεση τοπικών δικτύων που είναι εγκατεστημένα μακριά το ένα από το άλλο. Μια τέτοια περίπτωση διασύνδεσης αποτελούν οι τράπεζες, ορισμένες εταιρείες οι οποίες διασυνδέουν τα υποκαταστήματά τους, κ.ά.

### **4.12.1.1 Φυσικά μέσα**

Ένα βασικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη σχεδίαση ενός ΔΕΠ είναι το είδος των γραμμών επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθούν. Για να επιλεγεί το καταλληλότερο φυσικό μέσο, θα πρέπει να έχει καθοριστεί ο σκοπός για τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το ΔΕΠ. Τα φυσικά μέσα που συνδέουν τα ΔΕΠ είναι τα ακόλουθα:

- ✓ *Κανάλια επικοινωνίας E/T.* Η σειρά των καναλιών επικοινωνίας T αποτελεί το πρότυπο της βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών των Η.Π.Α. και αφορά την ψηφιακή διασύνδεση των συστημάτων επικοινωνίας. Το αντίστοιχο πρότυπο για τη βιομηχανία τηλεπικοινωνιών της Ευρώπης είναι η σειρά των καναλιών επικοινωνίας E. Αυτές οι σειρές καναλιών επικοινωνίας έχουν ιεραρχική

δομή, η οποία καθορίζεται από τις συστάσεις της ψηφιακής μετάδοσης και της πολυπλεξίας δεδομένων. Για παράδειγμα, η σειρά T προσφέρει ταχύτητες από 1.544 Mbps (κύκλωμα T1) έως 274.176 Mbps (κύκλωμα T4). Η σειρά E προσφέρει ταχύτητες από 2.048 Mbps (κύκλωμα E1) έως 565.148 Mbps (κύκλωμα E5).

- ✓ *Συγχρονισμένο οπτικό δίκτυο (SONET: Synchronous Optical NETwork).* Το SONET έχει γίνει αποδεκτό ως πρότυπο από τον οργανισμό ANSI για την οπτική μετάδοση δεδομένων με ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των Gbps (1 Gbps= $10^9$  bps). Αν και η τεχνολογία που καθορίζει το πρότυπο SONET δεν έχει πλήρως αναπτυχθεί, ωστόσο είναι διαθέσιμη στο εμπόριο και έχει υλοποιηθεί στις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου. Πολλές τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, για να μεταδώσουν δεδομένα με ρυθμούς μετάδοσης έως και 622 Mbps, χρησιμοποιούν κυκλώματα τεχνολογίας SONET. Μ' αυτούς τους ρυθμούς μετάδοσης είναι φανερό γιατί πλέον οι τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, στις περισσότερες περιοχές, χρησιμοποιούν οπτικές ίνες για την υλοποίηση των ΔΕΠ.
- ✓ *Δορυφορικές συνδέσεις.* Ο συνδυασμός των επιτευγμάτων της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικρότερων, ισχυρότερων και οικονομικότερων συστημάτων - εξοπλισμένων με δορυφορικές κεραίες (*VSAT: Very Small Aperture Terminals*) - τα οποία, σε πολλές περιπτώσεις, προσφέρουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ευελιξία από τις επίγειες μισθωμένες γραμμές, συμπεριλαμβανομένων και των συστημάτων μετάδοσης μέσω οπτικής ίνας. Σήμερα έχουν υλοποιηθεί αρκετές δορυφορικές εγκαταστάσεις, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις διασύνδεσης απομακρυσμένων περιοχών. Το κόστος του απαιτούμενου ειδικού εξοπλισμού (σταθμοί *VSAT*) και των δορυφορικών συνδέσεων έχει αποδειχθεί συγκρίσιμο με άλλες εναλλακτικές λύσεις (επίγειες καλωδιώσεις), ιδιαίτερα όταν πρέπει να καλυφθούν πολύ μεγάλες αποστάσεις. Σημειώνεται ότι οι δορυφορικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται υποχρεωτικά, όταν οι επίγειες φυσικές συνδέσεις δεν είναι εφικτές ή όταν τα παραδοσιακά μέσα μετάδοσης παρέχουν υπηρεσίες χαμηλής

ποιότητας. Οι τυπικοί ρυθμοί μετάδοσης στα δορυφορικά κανάλια κυμαίνονται από 9.600 bps έως 1.544 Mbps και πάνω.

- ✓ *Συνδέσεις ISDN.* Ο ψηφιακός σύνδεσμος επικοινωνίας ISDN υποστηρίζει πολλά κανάλια μέσω της τεχνικής TDM. Αρκετοί τύποι καναλιών αυτής της μορφής έχουν τυποποιηθεί ως εξής:

A: 4 KHz αναλογικό τηλεφωνικό κανάλι.

B: 64 Kbps ψηφιακό PCM κανάλι για φωνή και δεδομένα.

C: 8 ή 16 Kbps ψηφιακό κανάλι.

D: 16 Kbps ψηφιακό κανάλι για σηματοδότηση εκτός δικτύου ISDN.

E: 64 Kbps ψηφιακό κανάλι για σηματοδότηση εκτός δικτύου ISDN.

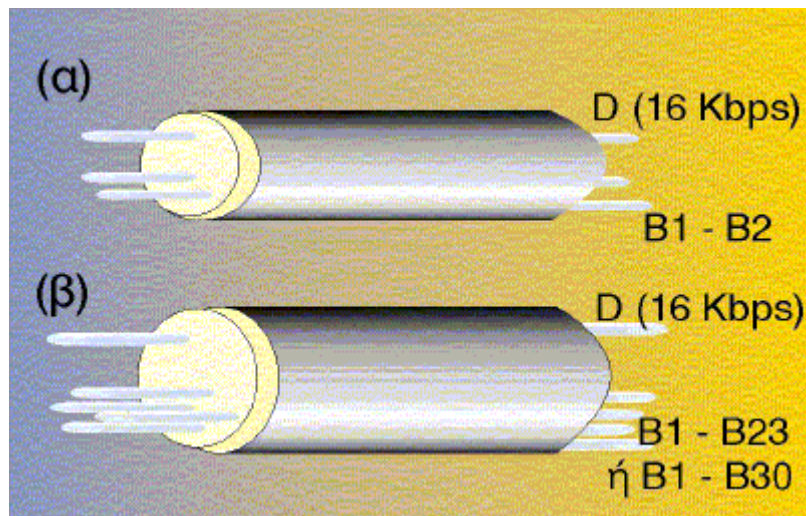
H: 384, 1.536 ή 1.920 Kbps ψηφιακό κανάλι.

Παρά το γεγονός ότι είναι δυνατόν να προκύψουν πολλοί συνδυασμοί, η CCITT έχει τυποποιήσει μόνο τις ακόλουθες τρεις περιπτώσεις:

- *κανάλια βασικού ρυθμού (basic rate):*  $2B + D$ ,
- *κανάλια πρωτεύοντος ρυθμού (primary rate):*  $23B + D$  (Η.Π.Α. και Ιαπωνία),  $30B + D$  (Ευρώπη),
- *υβριδικά κανάλια:*  $1A + 1C$ .

Η διεπαφή βασικού ρυθμού πρόσβασης αφορά οικιακή χρήση ή μικρές επιχειρήσεις (σχήμα 4.60α). Καθένα από τα 64 Kbps B κανάλια μπορεί να χειριστεί ένα PCM κανάλι φωνής (δειγματοληψία 8 δυαδικών ψηφίων, 8.000 φορές ανά δευτερόλεπτο). Η σηματοδότηση γίνεται από το ξεχωριστό 16 Kbps D κανάλι, έτσι ώστε όλη η χωρητικότητα των 64 Kbps να είναι διαθέσιμη στο χρήστη. Αυτή η περίπτωση σύνδεσης αναφέρεται ως N-ISDN και αποτελεί επέκταση του κλασικού τηλεφωνικού δικτύου. Η διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού πρόσβασης (σχήμα 4.60β) αφορά συνδέσεις για χρήση μεγαλύτερης

χωρητικότητας, όπως είναι για παράδειγμα οι περιπτώσεις εταιρειών με μεγάλα ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα. Διαθέτει 30B κανάλια και 1D κανάλι στην Ευρώπη και 23B κανάλια και 1D κανάλι στις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία. Η επιλογή 30B + D έγινε για να επιτραπεί στο ISDN να ενσωματωθεί στο ευρωπαϊκό σύστημα της CCITT των 2.048 Mbps, ενώ η επιλογή 23B + D έγινε προκειμένου το ISDN να ενσωματωθεί στο σύστημα T1 της AT&T. Τα δύο επιπλέον κανάλια του 32B + D συστήματος χρησιμοποιούνται για συντήρηση.



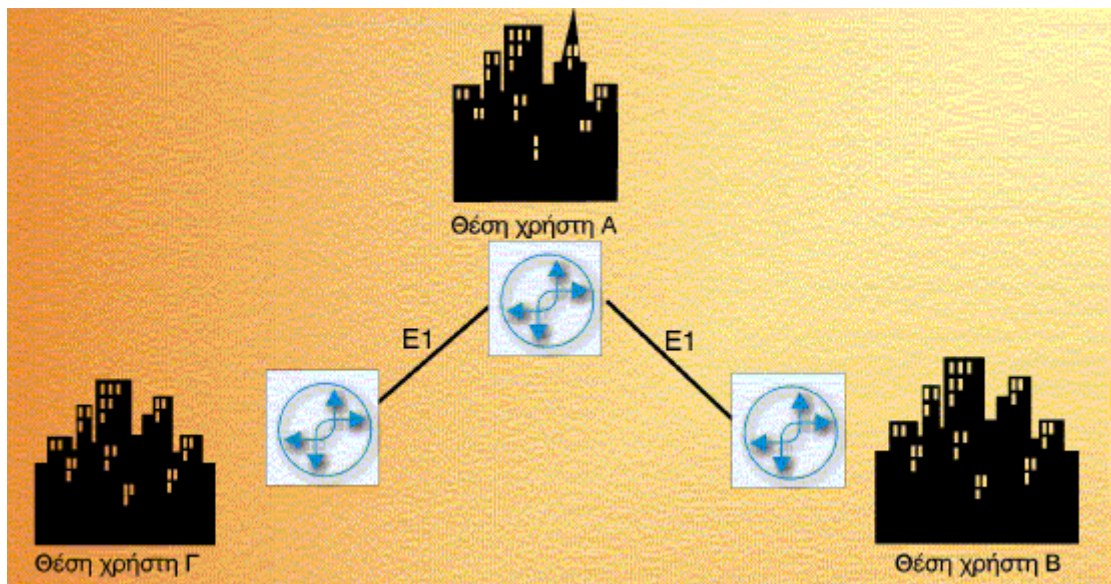
**Σχήμα 4.60.** Κανάλια βασικού (α) και πρωτεύοντος (β) ρυθμού

#### 4.12.1.2 Τοπολογίες

Η τοπολογία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο είναι τοποθετημένα στο χώρο τα στοιχεία ενός δικτύου. Υπάρχει μεγάλος αριθμός διαθέσιμων τοπολογιών, με διαφορετική *δυνατότητα επέκτασης (scalability)* της καθεμιάς και διαφορετική σχέση κόστους - απόδοσης. Εδώ θα παρουσιαστούν οι σημαντικότερες μορφές τοπολογιών που χρησιμοποιούνται στα ΔΕΠ και θα σχολιαστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους:

- ✓ *Τοπολογία ομότιμου δικτύου (peer-to-peer network topology).* Η τοπολογία αυτής της μορφής αποτελεί τον απλούστερο τρόπο διασύνδεσης ενός μικρού

αριθμού κόμβων και συχνά είναι η μόνη εφικτή λύση για τα ΔΕΠ. Πρόκειται για δίκτυο συνδέσεων σημείου προς σημείο (σχήμα 4.61), στο οποίο όλοι οι κόμβοι έχουν τις ίδιες δυνατότητες, και μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας μισθωμένες ιδιωτικές γραμμές. Όμως τα ομότιμα ΔΕΠ έχουν δύο βασικούς περιορισμούς. Ο πρώτος είναι ότι δεν έχουν μεγάλη δυνατότητα επέκτασης. Για παράδειγμα, όταν προστίθενται επιπλέον κόμβοι σε ένα ομότιμο ΔΕΠ, ο αριθμός των βημάτων μεταξύ οποιουδήποτε ζεύγους κόμβων είναι πιθανόν να αυξηθεί. Ο δεύτερος περιορισμός αφορά τη δυνατότητα επανακαθορισμού της διαδρομής των πακέτων μέσα στο δίκτυο σε περίπτωση που ένας κόμβος του δικτύου υποστεί βλάβη και δεν μπορεί να διαχειριστεί την κυκλοφορία. Μια τέτοια βλάβη είναι βέβαιο ότι θα αλλάξει τη ροή της κυκλοφορίας σε ένα ομότιμο ΔΕΠ. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον όγκο της κυκλοφορίας στο δίκτυο και τη μέθοδο δρομολόγησης που εφαρμόζεται, μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση ολόκληρου του ΔΕΠ.

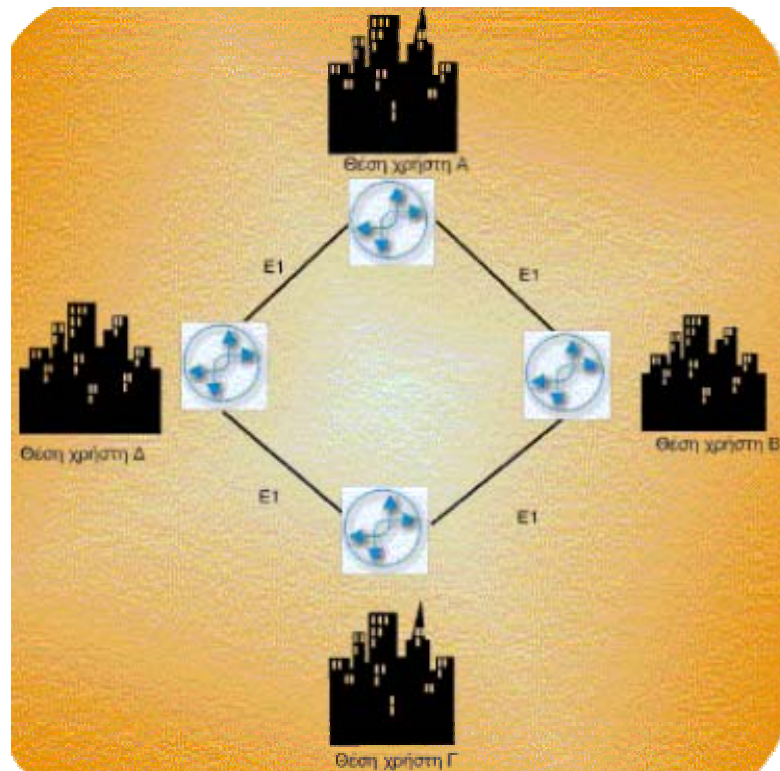


**Σχήμα 4.61.** Τοπολογία ομότιμου δικτύου

- ✓ *Τοπολογία δακτυλίου.* Μια τοπολογία δακτυλίου, όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα 4.62, μπορεί να κατασκευαστεί αρκετά εύκολα προσθέτοντας στο ομότιμο δίκτυο του σχήματος 4.61 το δρομολογητή Δ και μία επιπλέον θύρα στους δρομολογητές Β και Γ. Η αύξηση του κόστους λόγω αυτής της προσθήκης είναι ασήμαντη, όμως το νέο σχήμα παρέχει πρόσθετες γραμμές μετάδοσης, γεγονός που δίνει στα μικρά δίκτυα τη δυνατότητα να υλοποιήσουν *πρωτόκολλα δυναμικής δρομολόγησης*. Η δυναμική δρομολόγηση μπορεί να εντοπίζει και να αντεπεξέρχεται σε προβλήματα που αλλάζουν την κατάσταση λειτουργίας ενός ΔΕΠ.

Οι δακτύλιοι των ΔΕΠ υπόκεινται σε ορισμένους βασικούς περιορισμούς. Ο πρώτος είναι ότι το κόστος εγκατάστασης εξαρτάται από τη γεωγραφική διασπορά των κόμβων του δικτύου. Για παράδειγμα, προσθέτοντας έναν επιπλέον κόμβο το κόστος του εξοπλισμού που απαιτείται για τη δημιουργία του δακτυλίου μπορεί να είναι απαγορευτικό. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι δυνατόν να εφαρμοστούν εναλλακτικές τεχνικές που μειώνουν το κόστος μετάδοσης. Ένας δεύτερος περιορισμός είναι ότι οι δακτύλιοι δεν μπορούν εύκολα να επεκταθούν. Η προσθήκη νέων κόμβων σε ένα ΔΕΠ προκαλεί αύξηση του αριθμού των βημάτων που απαιτούνται για την πρόσβαση των κόμβων στο δακτύλιο, με αποτέλεσμα την ανάγκη εγκατάστασης νέων συνδέσεων.





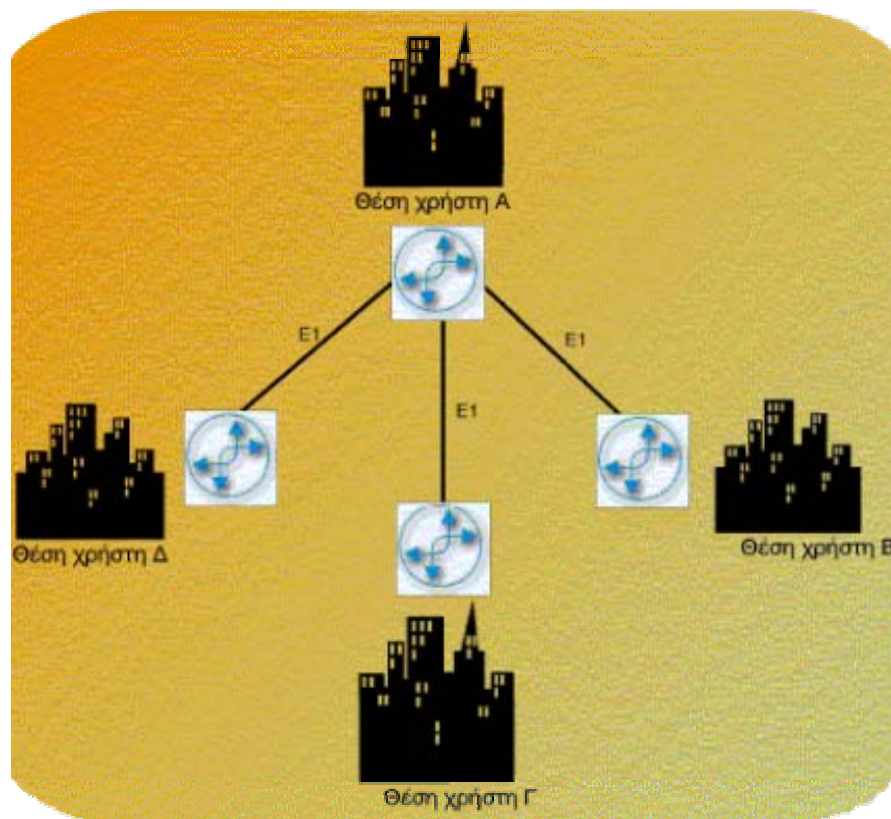
**Σχήμα 4.62.** Τοπολογία δακτυλίου

- ✓ *Τοπολογία άστρου.* Μία παραλλαγή της ομότιμης τοπολογίας είναι η τοπολογία άστρου (σχήμα 4.63). Η τοπολογία αυτή (όπως και άλλες) μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας συνδέσεις πολλών τύπων, συμπεριλαμβανομένων των συνδέσεων μεταγωγής πλαισίου και σημείου προς σημείο με μισθωμένες ιδιωτικές γραμμές. Ένα ΔΕΠ τοπολογίας άστρου με συνδέσεις σημείου προς σημείο έχει μεγαλύτερη δυνατότητα επέκτασης από ένα ομότιμο δίκτυο ή από ένα δίκτυο δακτυλίου. Οι συσκευές που συνδέονται μεταξύ τους απέχουν, το πολύ, απόσταση δύο βημάτων.

Η τοπολογία άστρου διορθώνει τα προβλήματα που έχουν σχέση με τη δυνατότητα επέκτασης των ομότιμων δικτύων, αφού χρησιμοποιεί μια δικτυακή συσκευή, που ονομάζεται *συλλέκτης - δρομολογητής*, προκειμένου να συνδέσει όλους τους υπόλοιπους δρομολογητές. Έτσι η επέκταση ενός δικτύου τοπολογίας άστρου μπορεί να υλοποιηθεί με μια μικρή μόνο αύξηση του αριθμού των δρομολογητών, των θυρών τους και του εξοπλισμού

μετάδοσης, σε αντίθεση με τον αριθμό των συσκευών που απαιτούνται για ένα ομότιμο δίκτυο ανάλογου μεγέθους.

Το μοναδικό μειονέκτημα της τοπολογίας άστρου είναι η παρουσία ενός μόνο κρίσιμου κόμβου, ο οποίος, αν πάθει βλάβη, μπορεί να διακόψει ολόκληρη την επικοινωνία στο ΔΕΠ. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.63, ο κεντρικός κόμβος διανομής όλων των γραμμών μετάδοσης αποτελεί και τον κρίσιμο κόμβο.

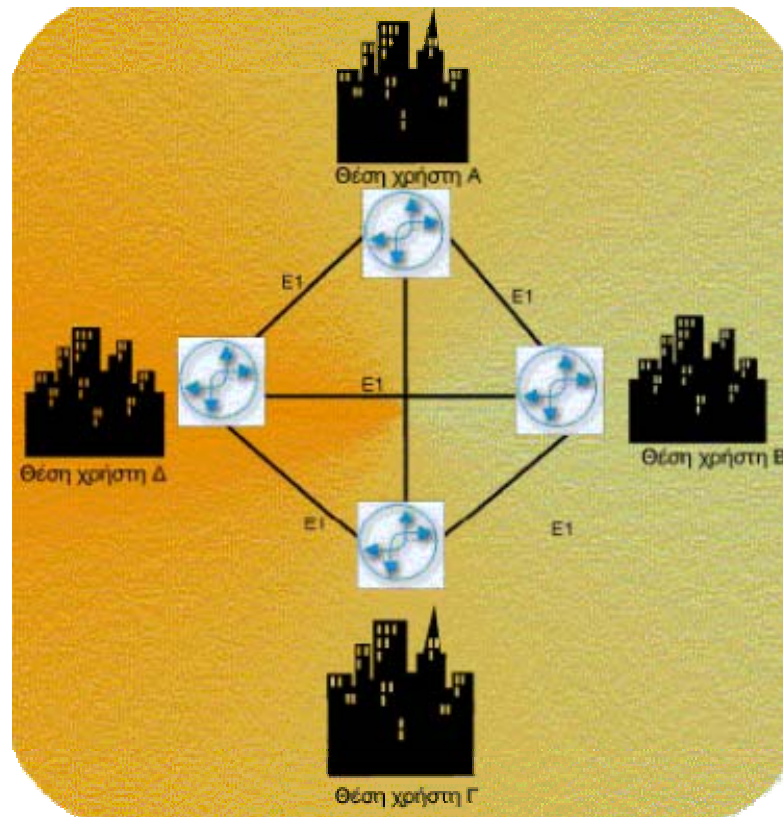


**Σχήμα 4.63.** Τοπολογία άστρου

- ✓ *Πλήρως συνεκτική τοπολογία (full mesh topology).* Σε αντίθεση με τις τοπολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, η πλήρως συνεκτική τοπολογία, γνωστή και ως *δικτυωτό* (σχήμα 4.64), προσφέρει απόλυτη αξιοπιστία και αντοχή στα λεγόμενα *καταστροφικά σφάλματα*. Στην τοπολογία αυτή κάθε

κόμβος του δικτύου διασυνδέεται με όλους τους άλλους κόμβους με απευθείας συνδέσεις. Η απευθείας σύνδεση δύο κόμβων σημαίνει ότι δε μεσολαβούν άλλοι κόμβοι του δικτύου σ' αυτήν. Τα πλήρως συνεκτικά δίκτυα μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας μόνιμες συνδέσεις.

Μία πλήρως συνεκτική τοπολογία ΔΕΠ αναγνωρίζεται εύκολα από την απευθείας σύνδεση κάθε κόμβου με οποιονδήποτε άλλο κόμβο του δικτύου. Όμως η διασύνδεση ενός συγκεκριμένου αριθμού κόμβων απαιτεί υποστήριξη από περισσότερα μέσα μετάδοσης και περισσότερες θύρες δρομολογητών από οποιαδήποτε άλλη τοπολογία. Επομένως, αν και αυτή η προσέγγιση ελαχιστοποιεί τον αριθμό των βημάτων διασύνδεσης δύο κόμβων, απαιτεί ωστόσο υψηλό κόστος εγκατάστασης και είναι οριακή όσον αφορά τη δυνατότητα επέκτασης της. Ως εκ τούτου η τοπολογία αυτή αποτελεί ιδανική περίπτωση, με πολύ μικρή όμως πρακτική εφαρμογή. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή της πλήρως συνεκτικής τοπολογίας θα μπορούσε να είναι η διασύνδεση ενός περιορισμένου αριθμού δρομολογητών που απαιτούν από το δίκτυο παροχή υψηλής χωρητικότητας.

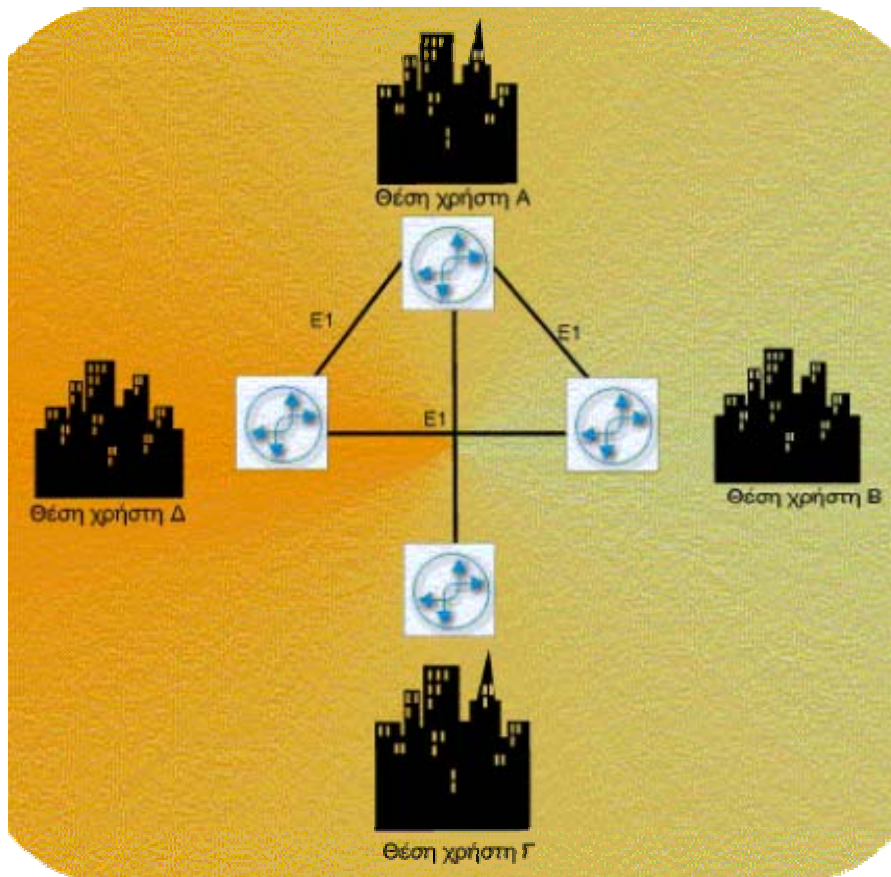


**Σχήμα 4.64.** Πλήρως συνεκτική τοπολογία (δικτυωτό)

- ✓ *Μερικώς συνεκτική τοπολογία.* Η μερικώς συνεκτική τοπολογία των ΔΕΠ (σχήμα 4.65) είναι πολύ ευέλικτη και μπορεί να ρυθμιστεί με διάφορους τρόπους. Στην τοπολογία αυτή κάθε κόμβος δε διασυνδέεται απαραίτητα με όλους τους άλλους κόμβους του δικτύου μέσω απευθείας συνδέσεων. Επομένως είναι δυνατόν ανάμεσα στη σύνδεση δύο κόμβων να μεσολαβούν και άλλοι κόμβοι του δικτύου.

Οι μερικώς συνεκτικές τοπολογίες έχουν τη δυνατότητα να ελαχιστοποιούν τα βήματα για όλους τους χρήστες των ΔΕΠ. Αντίθετα από τα πλήρως συνεκτικά δίκτυα, ένα μερικώς συνεκτικό δίκτυο μπορεί να μειώσει το λειτουργικό κόστος μη διασυνδέοντας τα τμήματα των ΔΕΠ με χαμηλή κυκλοφορία. Αυτό επιτρέπει σε ένα μερικώς συνεκτικό δίκτυο να έχει μεγαλύτερη δυνατότητα επέκτασης και να είναι οικονομικότερο από ένα πλήρως συνεκτικό δίκτυο.

Οι μερικώς συνεκτικές τοπολογίες οι οποίες προκύπτουν από το συνδυασμό ενός δακτυλίου και πολλών δέντρων είναι οι δημοφιλέστερες τοπολογίες για την υλοποίηση των ΔΕΠ, επειδή είναι ευέλικτες και έχουν τη δυνατότητα επέκτασης.



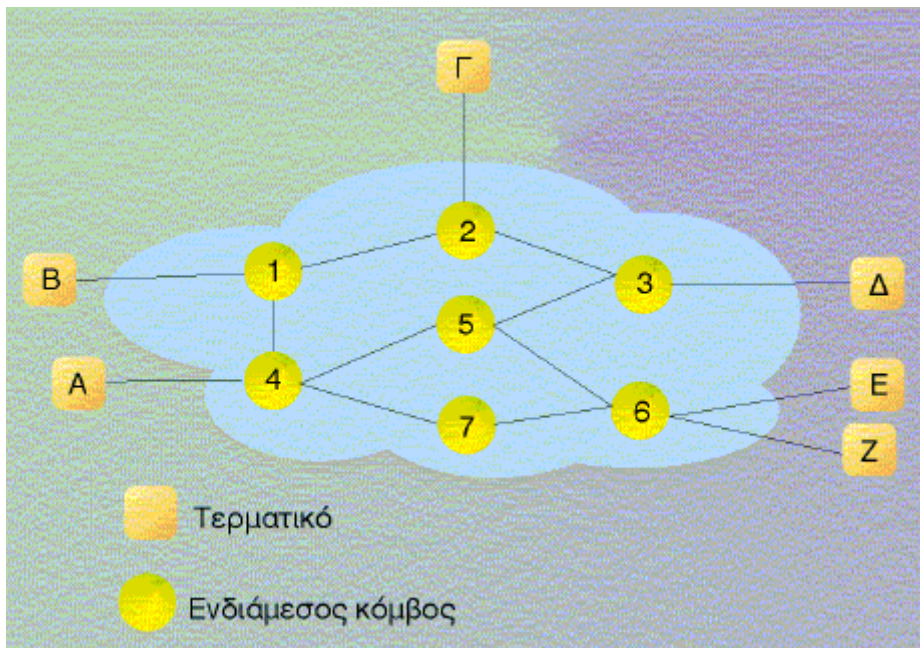
**Σχήμα 4.65.** Μερικώς συνεκτική τοπολογία

<b>Τοπολογία</b>	<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<b>Ομότιμοι</b>	Απλούστερος τρόπος διασύνδεσης για μικρό αριθμό κόμβων	Μικρή δυνατότητα επέκτασης Δυσκολία στον επανακαθορισμό της διαδρομής
<b>Δακτυλίου</b>	Δυναμική δρομολόγηση Εύκολη εγκατάσταση	Κόστος εγκατάστασης εξαρτώμενο από την απόσταση Δυσκολία στην επέκταση
<b>Άστρου</b>	Μεγάλη δυνατότητα επέκτασης (συλλέκτης - δρομολογητής)	Η διακοπή του κεντρικού κόμβου μπορεί να προκαλέσει διακοπή στην επικοινωνία του ΔΕΠ
<b>Πλήρως συνεκτική</b>	Απόλυτη αξιοπιστία Ανοχή σε καταστροφικά σφάλματα	Υψηλό κόστος εγκατάστασης Οριακή όσον αφορά τη δυνατότητα επέκτασης
<b>Μερικώς συνεκτική</b>	Πολύ ευέλικτη Μεγαλύτερη δυνατότητα επέκτασης και οικονομικότερη της πλήρως συνεκτικής	Δε διασυνδέει τα τμήματα των ΔΕΠ με χαμηλή κυκλοφορία

**Πίνακας 4.6.** Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα τοπολογιών ΔΕΠ

#### 4.12.1.3 Τεχνικές μεταγωγής

Για τη μετάδοση των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό τους χρησιμοποιούνται κατά κανόνα πολλοί ενδιάμεσοι κόμβοι. Ένα δίκτυο μεταγωγής φαίνεται στο σχήμα 4.66.



**Σχήμα 4.66.** Δίκτυο μεταγωγής

Οι δύο τεχνικές μεταγωγής που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί η επικοινωνία ανάμεσα σε δύο κόμβους ενός ΔΕΠ είναι η μεταγωγή κυκλώματος και η μεταγωγή πακέτου. Η μεταγωγή πακέτου περιλαμβάνει δύο υποπεριπτώσεις, τη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου και τη μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος. Η χρήση της μεταγωγής πακέτου προτιμάται στις περισσότερες περιπτώσεις των ΔΕΠ.

Ο πίνακας 4.7 παρουσιάζει συνοπτικά την αντιστοιχία όλων των χαρακτηριστικών των τεχνικών μεταγωγής. Από τον πίνακα αυτό μπορεί κανείς να διαπιστώσει ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα όσον αφορά τη χρήση της μεταγωγής πακέτου σε σχέση με τη χρήση της μεταγωγής κυκλώματος για ΔΕΠ που μεταδίδουν κυρίως δεδομένα. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

- Οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων μπορούν να μοιραστούν δυναμικά. Επομένως η αποδοτικότητα της γραμμής είναι πολύ καλύτερη.
- Η διασύνδεση κόμβων με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης είναι εφικτή, αφού κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο με το ρυθμό μετάδοσης που αυτός επιλέγει και μπορεί να επιτύχει.

- Ο μεγάλος φόρτος στο δίκτυο δε συνεπάγεται απαραίτητα και απόρριψη πακέτων αλλά μείωση της απόδοσης του δικτύου.
- Μπορεί να δοθεί προτεραιότητα μετάδοσης σε κάποια πακέτα. Αυτό σημαίνει πως, αν σε κάποιον κόμβο υπάρχουν αποθηκευμένα πακέτα τα οποία περιμένουν να μεταδοθούν, ο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πρώτα εκείνα τα πακέτα που έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα.

Μεταγωγή κυκλώματος	Μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου	Μεταγωγή πακέτου με χρήση βοηθού κυκλώματος
Αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.
Η μετάδοση δεδομένων είναι συνεχής.	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα.	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα.
Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.
Τα μηνύματα που μεταδίδονται δεν αποθηκεύονται σε ενδιάμεσους κόμβους.	Τα πακέτα μπορεί να αποθηκευτούν προσωρινά σε κάποιον κόμβο.	Τα πακέτα αποθηκεύονται, μέχρι να μεταδοθούν.
Καθορισμός του μονοπατιού για ολόκληρη τη σύνδεση.	Καθορισμός μονοπατιού για κάθε πακέτο.	Καθορισμός μονοπατιού για όλα τα πακέτα.
Πιθανή καθυστέρηση στην εγκατάσταση της σύνδεσης.	Πιθανή καθυστέρηση στη μετάδοση των πακέτων.	Καθυστέρηση στην εγκατάσταση της σύνδεσης και στη μετάδοση των πακέτων.
Αν κατά την εγκατάσταση της σύνδεσης ο παραλήπτης είναι απασχολημένος, δίνεται σήμα κατειλημμένου στον αποστολέα.	Ο αποστολέας είναι πιθανό να ενημερωθεί, αν κάποιο πακέτο δε φτάσει στον προορισμό του.	Ο αποστολέας ενημερώνεται για πιθανή αποτυχία στην εγκατάσταση της σύνδεσης.
Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου είναι πιθανό να αποτρέψει την εγκατάσταση νέων συνδέσεων, χωρίς όμως να επιβαρύνει τις υπάρχουσες συνδέσεις.	Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου αυξάνει την καθυστέρηση όλων των πακέτων που μεταδίδονται.	Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου είναι πιθανό να αποτρέψει την εγκατάσταση νέων συνδέσεων, ενώ αυξάνει παράλληλα την καθυστέρηση όλων των πακέτων που μεταδίδονται.

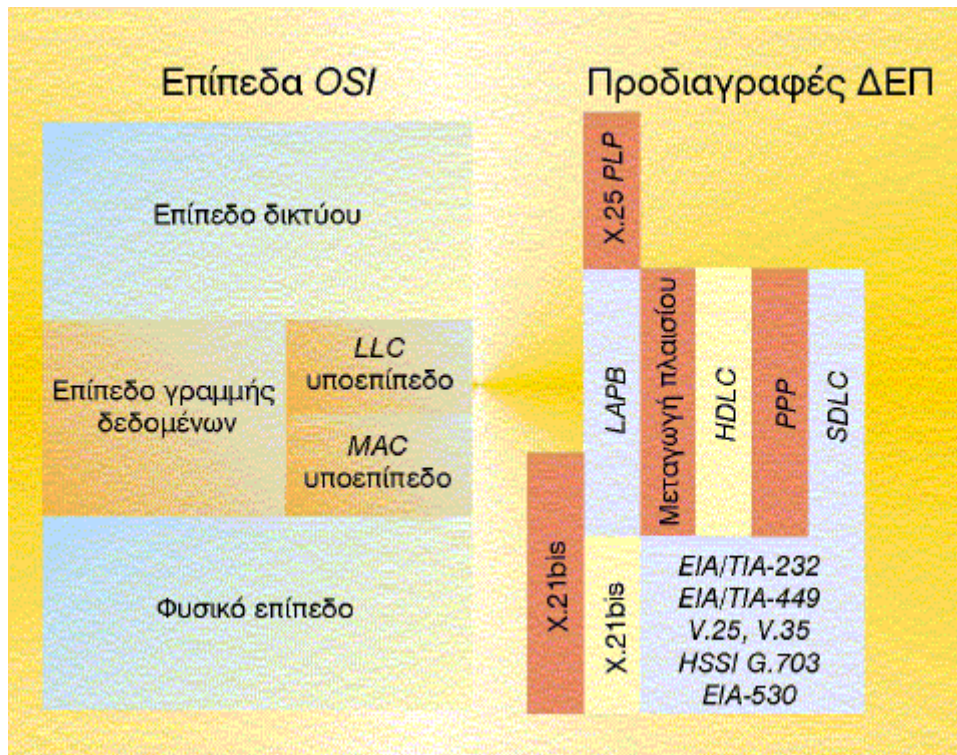


Ο χρήστης είναι υπεύθυνος για την αποτροπή της απώλειας μηνυμάτων.	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για την απώλεια ανεξάρτητων πακέτων.	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για την απώλεια ακολουθιών πακέτων.
Συνήθως δεν προκύπτει μεταβολή στο ρυθμό μετάδοσης ή στον κώδικα που χρησιμοποιείται.	Ο ρυθμός μετάδοσης, καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μπορούν να αλλάξουν.	Ο ρυθμός μετάδοσης, καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μπορούν να αλλάξουν.
Το εύρος ζώνης μετάδοσης είναι σταθερό.	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά.	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά.
Μετά την εγκατάσταση της επικοινωνίας δεν απαιτούνται επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου μέσα στην πληροφορία.	Σε κάθε πακέτο υπάρχουν επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου.	Σε κάθε πακέτο υπάρχουν επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου.

**Πίνακας 4.7.** Σύγκριση των τεχνικών μεταγωγής στα ΔΕΠ

#### **4.12.2 Τυποποιήσεις διεθνών οργανισμών**

Ένα ΔΕΠ είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας δεδομένων το οποίο καλύπτει γεωγραφικά σχετικά μεγάλες αποστάσεις, χρησιμοποιώντας τεχνικές και πρωτόκολλα μετάδοσης που παρέχονται από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς. Τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται αντιστοιχούν στα τρία πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI. Στο σχήμα 4.67 φαίνεται η αντιστοιχία ανάμεσα στα πρότυπα των ΔΕΠ και το μοντέλο αναφοράς OSI. Στη συνέχεια καταγράφονται ορισμένα από τα πλέον δημοφιλή πρότυπα υλοποίησης των ΔΕΠ, τα οποία προδιαγράφουν και τις αντίστοιχες τεχνικές που χρησιμοποιούνται.



**Σχήμα 4.67.** Αντιστοιχία ανάμεσα στις τεχνικές των ΔΕΠ και το μοντέλο αναφοράς OSI

#### 4.12.2.1 Πρότυπο X.25

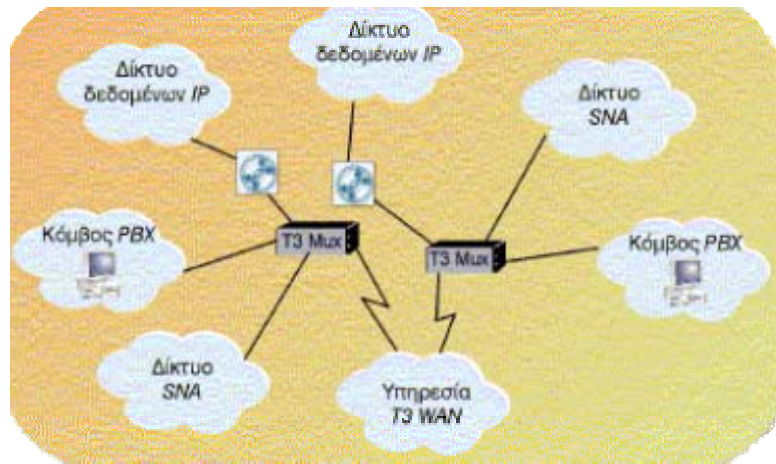
Το πρότυπο X.25 της ITU-T καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να εγκατασταθούν και να συντηρηθούν συνδέσεις ανάμεσα στον εξοπλισμό ενός χρήστη και στις συσκευές ενός ΔΕΠ. Το X.25 έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να λειτουργεί αποτελεσματικά ανεξάρτητα από το είδος των συστημάτων που συνδέονται στο δίκτυο. Χρησιμοποιείται σε δίκτυα τηλεπικοινωνιακών οργανισμών τα οποία στηρίζονται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου και οι συνδρομητές χρεώνονται ανάλογα με τη χρήση που κάνουν στο δίκτυο.

#### **4.12.2.2 Πρότυπο μεταγωγής πλαισίου**

Το *πρότυπο μεταγωγής πλαισίου (FR: Frame Relay)* είναι ένα υψηλής απόδοσης πρωτόκολλο ΔΕΠ το οποίο στηρίζεται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου. Το πρότυπο αυτό λειτουργεί στα δύο πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI. Αρχικά σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί στο ISDN, στις μέρες μας όμως χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία δικτύων. Παρέχει μια διεπαφή ανάμεσα στον εξοπλισμό του χρήστη και στον εξοπλισμό του ΔΕΠ, η οποία αποτελεί και τη βάση για τη μεταξύ τους επικοινωνία. Συνήθως οι ρυθμοί μετάδοσης που παρέχει το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου κυμαίνονται από 56 Kbps έως 2 Mbps. Το πρότυπο αυτό θεωρείται αποτελεσματικότερο από το X.25 και πολλοί το θεωρούν ως τον αντικαταστάτη του. Μπορεί να υποστηρίξει νέες τεχνολογίες όσον αφορά τα μέσα μετάδοσης, όπως είναι για παράδειγμα οι οπτικές ίνες, και να αποτρέψει χρονοβόρες διαδικασίες, όπως είναι ο έλεγχος λαθών, που ήταν αναπόφευκτες παλαιότερα, όταν γινόταν χρήση λιγότερο αξιόπιστων μέσων μετάδοσης και πρωτοκόλλων. Η μεταγωγή πλαισίου προτυποποιήθηκε από την ITU-T, ενώ στις Η.Π.Α. αποτελεί πρότυπο του ANSI.

#### **4.12.2.3 Πρότυπο HSSI**

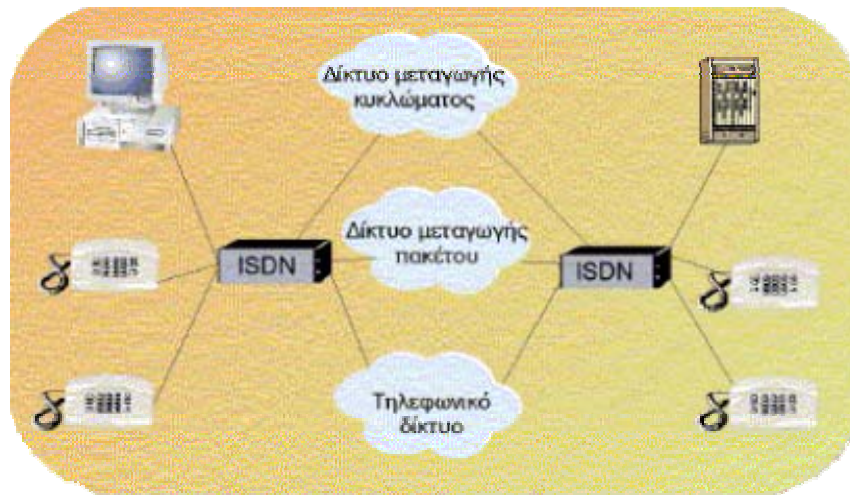
Το *πρότυπο σειραϊκής διεπαφής υψηλού ρυθμού μετάδοσης (HSSI: High Speed Serial Interface)* προσεγγίζει ρυθμούς των 52 Mbps στις συνδέσεις των ΔΕΠ. Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιεί μια διεπαφή ανάμεσα στον εξοπλισμό του χρήστη και στον εξοπλισμό του δικτύου, η οποία αναπτύχθηκε από την εταιρεία Cisco Systems και την T3plus Networking. Αρχικά το πρότυπο HSSI (σχήμα 4.68) προτάθηκε στην επιτροπή ANSI EIA/TIA TR30.2 για θεώρηση, ενώ στη συνέχεια μεταφέρθηκε στον τομέα προτυποποίησης της ITU-T.



**Σχήμα 4.68.** Τυπικό πρωτόκολλο HSSI

#### 4.12.2.4 Πρότυπο ISDN

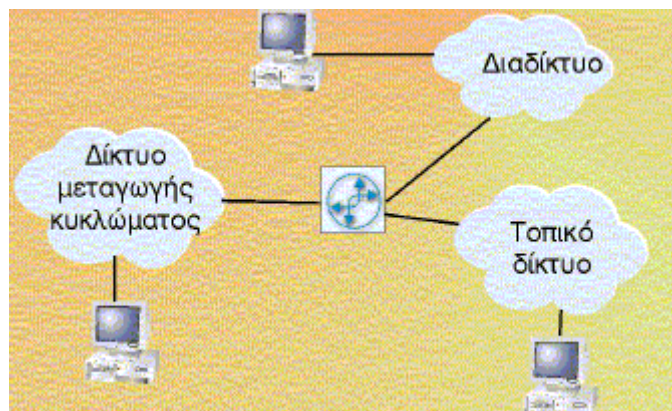
Το πρότυπο ψηφιακών δικτύων ολοκληρωμένων υπηρεσιών (*ISDN: Integrated Services Data Network*) αναφέρεται σε ένα σύνολο από πρωτόκολλα επικοινωνιών, τα οποία προτάθηκαν από τις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες με σκοπό να μπορέσουν τα τηλεφωνικά δίκτυα να μεταφέρουν στους τελικούς χρήστες όλων των ειδών τις πληροφορίες, όπως είναι τα δεδομένα, η φωνή, το βίντεο, τα γραφικά, η μουσική κτλ. Το ISDN δημιουργήθηκε για να προσφέρει τις ιδιαίτερες αυτές υπηρεσίες μέσω του υπάρχοντος τηλεφωνικού δικτύου, ενώ γενικά μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μια εναλλακτική λύση έναντι των δικτύων μεταγωγής πλαισίου και των *τηλεφωνικών δικτύων ευρείας περιοχής (WATSs: Wide-Area Telephone Services)*, τα οποία στηρίζονται σε γραμμές T1 ή E1. Από πρακτική άποψη και στο πλαίσιο των επιχειρήσεων, το ISDN αποτελεί μία από τις σύγχρονες μεθόδους δικτύωσης μικρών και απομακρυσμένων γραφείων. Το ISDN (σχήμα 4.69) έχει προτυποποιηθεί από την ITU-T και αντιστοιχεί στα τρία πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.



Σχήμα 4.69. Το περιβάλλον του προτύπου ISDN

#### 4.12.2.5 Πρότυπο PPP

Το πρότυπο σημείου προς σημείο (PPP: *Point-to-Point Protocol*) παρέχει συνδέσεις ανάμεσα σε δρομολογητές, σε εξοπλισμό χρηστών και σε δικτυακό εξοπλισμό που χρησιμοποιεί συγχρονισμένα και ασυγχρόνιστα κυκλώματα. Το PPP δημιουργήθηκε στα τέλη του 1980 για να καλύψει την έλλειψη πρωτοκόλλων ενθυλάκωσης στο Διαδίκτυο και για να περιορίσει την ανάπτυξη των σειραϊκών γραμμών πρόσβασης. Δημιουργήθηκε επίσης για να λύσει τα προβλήματα που ανέκυπταν στο Διαδίκτυο με τις απομακρυσμένες συνδέσεις. Το PPP ορίζεται μέσω μια σειράς συστάσεων του ISO. Στο σχήμα 4.70 παρουσιάζεται ένα περιβάλλον PPP.



Σχήμα 4.70. Το περιβάλλον του προτύπου PPP

#### **4.12.2.6 Πρότυπο SMDS**

Το πρότυπο μεταγωγής για υπηρεσίες δεδομένων εκατομμυρίων δυαδικών ψηφίων (*SMDS: Switched Multimegabit Data Services*) παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και βασίζεται στη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου, η οποία χρησιμοποιείται στην επικοινωνία των δημόσιων δικτύων δεδομένων. Το πρότυπο SMDS μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα ΔΕΠ για την υποστήριξη πολλών εφαρμογών των δικτύων υψηλών επιδόσεων, όπως είναι για παράδειγμα η κατανεμημένη επεξεργασία δεδομένων. Προτιμάται εξάλλου και για λόγους οικονομίας, αφού υποστηρίζει υψηλών ρυθμών μέσα μετάδοσης, όπως είναι οι οπτικές ίνες. Το πρότυπο SMDS μπορεί να χρησιμοποιηθεί με υποδομή οπτικών ινών ή χάλκινων καλωδίων, υποστηρίζοντας ρυθμούς μετάδοσης έως και 44.736 Mbps.

#### **4.12.3 Ανακεφαλαίωση**

Σ' αυτό το κεφάλαιο έγινε μια παρουσίαση των βασικών εννοιών των ΔΕΠ, της αρχιτεκτονικής τους, καθώς και των βασικών συστάσεων που ορίζουν τη λειτουργία τους. Ειδικότερα, παρουσιάστηκαν τα βασικά στοιχεία των ΔΕΠ, η ταξινόμηση τους σε σχέση με τον τρόπο μεταγωγής και η χρήση τους. Κατόπιν, παρουσιάστηκε αναλυτικά η αρχιτεκτονική των ΔΕΠ. Πιο συγκεκριμένα, αναλύθηκαν τα φυσικά μέσα που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση τους, οι πιο βασικές τοπολογίες με τα πλεονεκτήματα, τους περιορισμούς και τις πιθανές εφαρμογές τους, καθώς και οι τεχνικές μεταγωγής. Τέλος, αναφέρθηκαν οι τυποποιήσεις που είναι σχετικές με τα ΔΕΠ.

## 4.13. Ενότητα 12: Πρότυπα δικτύων ευρείας περιοχής

### 4.13.1 Πρότυπο X.25

Τα πρώτα δίκτυα υπολογιστών παρείχαν περιορισμένες υπηρεσίες και χρησιμοποιούνταν σε συνδέσεις μικρής κλίμακας. Το γεγονός αυτό δεν ήταν μόνο απόρροια της χαμηλής τεχνολογικής προόδου αλλά και του μεγάλου κόστους των υπολογιστών. Δεν υπήρχαν ακόμη τότε οι σημερινοί πανίσχυροι μικροεπεξεργαστές, οι μνήμες ήταν ακριβές, η χωρητικότητα τους μικρή κτλ., έτσι ώστε να είναι πολυδάπανη η ανάπτυξη συστημάτων δικτύων τα οποία να κάνουν αποτελεσματική δρομολόγηση ή μεταγωγή και γενικότερα διαχείριση δικτύου. Επομένως η μόνη εφικτή λύση ήταν η αγορά και η εγκατάσταση μόνιμων κυκλωμάτων για τη διασύνδεση συστημάτων υπολογιστών μεγάλης ισχύος (*mainframes*). Ωστόσο η έλλειψη κάποιων προτύπων έκανε απαγορευτική την επέκταση τέτοιων συστημάτων και τη σύνδεση τους με άλλα, διαφορετικά συστήματα. Η απαίτηση για διασύνδεση διαφορετικών - απομακρυσμένων μεταξύ τους - συστημάτων έκανε επιτακτική την ανάγκη χρησιμοποίησης των δημόσιων δικτύων επικοινωνίας και επομένως την αντικατάσταση των χρησιμοποιούμενων έως τότε ιδιωτικών (μισθωμένων) γραμμών επικοινωνίας. Έτσι, προκειμένου να διασυνδεθούν πολλά ετερογενή λειτουργικά συστήματα μέσω ενός δημόσιου δικτύου, έγινε απαραίτητη η ανάπτυξη κάποιων προτύπων τα οποία να καθορίζουν με ακρίβεια τη διεπαφή μεταξύ των συνδρομητών και του δικτύου.

Το X.25 είναι ένα πρότυπο της ITU-T που καθορίζει αυστηρά τη διεπαφή μεταξύ της τερματικής διάταξης δεδομένων (*DTE: Data Terminal Equipment*) του συνδρομητή και της τερματικής διάταξης κυκλώματος δεδομένων (*DCE: Data Circuit Terminating Equipment*) του δικτύου μεταγωγής. Το X.25 είναι συμβατό με το μοντέλο αναφοράς OSI του ISO. Μια *διάταξη DTE* είναι γενικά μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και λειτουργεί ανταλλάσσοντας πακέτα. Κλασικό παράδειγμα DTE είναι ένα συγχρονισμένο τερματικό. Για να συνδεθεί ένα ασυγχρόνιστο τερματικό σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, θα πρέπει να παρεμβληθεί ειδική συσκευή που λέγεται PAD (*Packet Assembler - Disassembler*), η οποία πρώτα συγκεντρώνει δεδομένα σε πακέτα και μετά τα προωθεί στο δίκτυο. Μια *διάταξη*

*DCE* είναι γενικά ένας κόμβος σε κάποιο δίκτυο μεταγωγής πακέτων, ο οποίος είναι επιφορτισμένος με καθήκοντα προώθησης των εισερχόμενων κλήσεων προς άλλες *DTEs* κτλ. Συνήθως οι *DCEs* είναι οι κόμβοι του δικτύου στους οποίους συνδέονται οι διάφορες *DTEs*.

Το X.25 είναι ακριβώς ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο ορίζει ένα σύνολο προδιαγραφών για τη διεπαφή ανάμεσα στην *DTE* και στην *DCE*. Οι βασικές υπηρεσίες που παρέχει το πρότυπο αυτό είναι οι εξής:

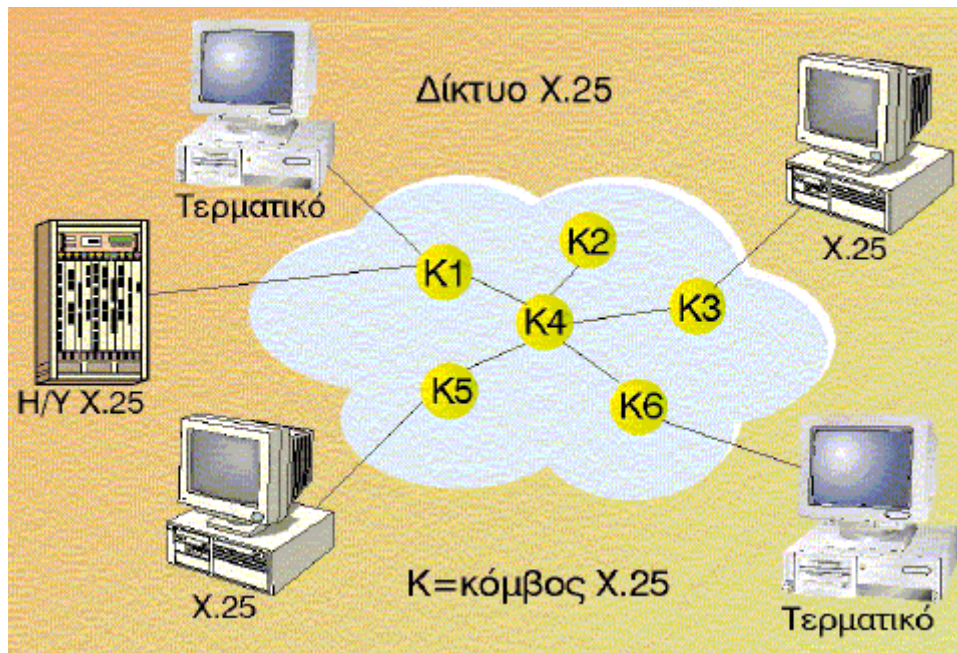
- ✓ Ανταλλαγή κωδικών για την αποκατάσταση μιας σύνδεσης.
- ✓ Αντιστοίχιση λειτουργιών που αφορούν την αποστολή και τη λήψη δεδομένων, τη διαχείριση διαδικασιών ελέγχου σφαλμάτων και επομένως την εξασφάλιση αξιόπιστης μετάδοσης των πληροφοριών.

Το X.25 είναι στην πραγματικότητα ένα πρότυπο που καθορίζει τη διεπαφή με το δίκτυο χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρωτόκολλα για καθένα από τα τρία επίπεδα του δικτύου, δηλαδή το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο γραμμής δεδομένων και το επίπεδο δικτύου.

### **Νοητά κυκλώματα**

Ένα δίκτυο X.25 αποτελείται από κόμβους μεταγωγής πακέτων οι οποίοι συνδέονται ανά δύο σημείο προς σημείο. Επομένως υπάρχει ένας τουλάχιστον φυσικός δρόμος επικοινωνίας μεταξύ δύο τυχαίων κόμβων του δικτύου (σχήμα 4.71). Λόγω της οικονομίας που πρέπει να γίνεται στις φυσικές καλωδιώσεις, αλλά κυρίως λόγω του γεγονότος ότι μια φυσική γραμμή χρησιμοποιείται περιοδικά και συνήθως για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, επιβάλλεται η εκμετάλλευση μιας φυσικής γραμμής σε περισσότερες από μία συνδέσεις.





Σχήμα 4.71. Ένα τυπικό δίκτυο X.25

Όταν δύο DTEs ανταλλάσσουν πακέτα μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, τότε λέμε ότι μεταξύ τους υφίσταται ένα νοητό κύκλωμα (virtual circuit). Σε ένα τέτοιο κύκλωμα δεν υπάρχει άμεση φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο DTEs, αλλά το δίκτυο τις συνδέει νοητά συσχετίζοντας τις διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη, οι οποίες είναι καταχωρισμένες στα πακέτα που μεταδίδονται. Υπάρχουν δύο ειδών νοητά κυκλώματα:

- ✓ Τα *μόνιμα νοητά κυκλώματα* ή *PVCs (Permanent Virtual Circuits)*, στα οποία διατηρείται συνεχώς μια σύνδεση μεταξύ δύο DTEs. Τα κυκλώματα αυτά αντιστοιχούν στις μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές.
- ✓ Τα *επιλογικά νοητά κυκλώματα* ή *SVCs (Switched Virtual Circuits)*, στα οποία η σύνδεση μεταξύ δύο DTEs υφίσταται μόνο κατά τη διάρκεια της κλήσης και διακόπτεται μετά το πέρας της μετάδοσης των δεδομένων. Αντιστοιχούν στις επιλογικές κλήσεις του κοινού τηλεφωνικού δικτύου και είναι γνωστά και ως *προσωρινές συνδέσεις*.

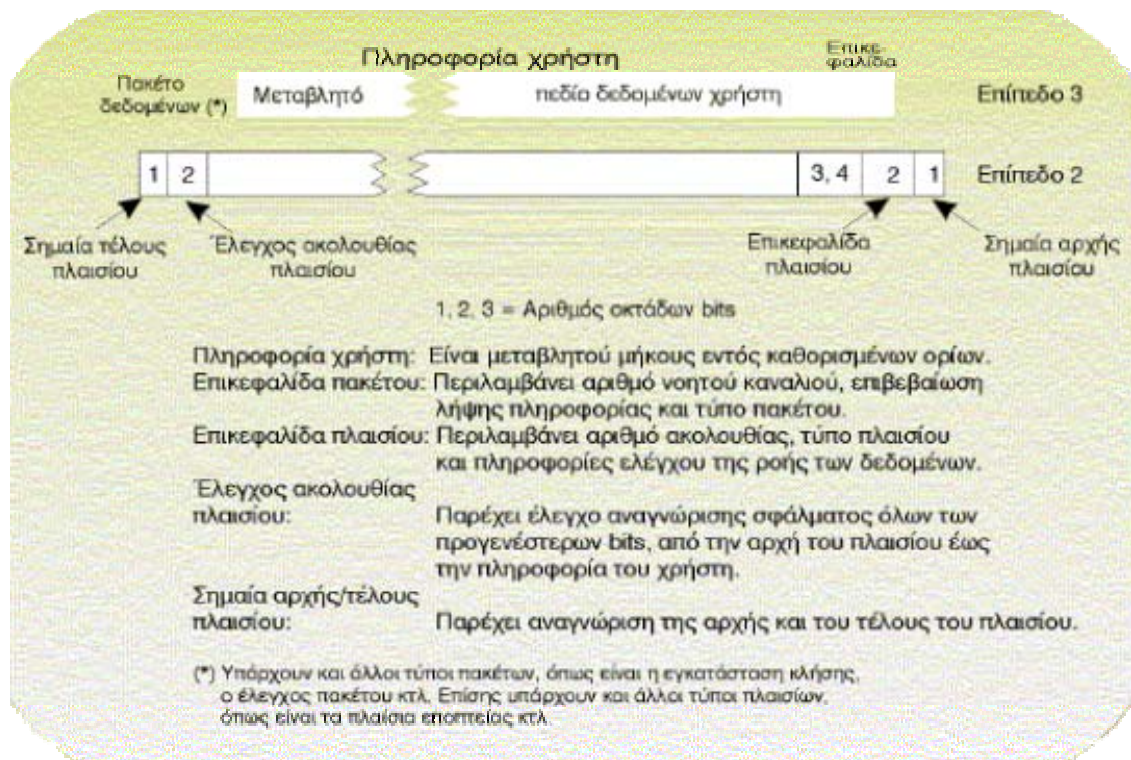
Πριν σταλούν τα πακέτα δεδομένων μέσω μιας προσωρινής σύνδεσης, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση του αντίστοιχου νοητού κυκλώματος, δεδομένου ότι με τον τερματισμό της αποστολής των πακέτων το κύκλωμα μπορεί να καταργηθεί. Η

διαδικασία εγκατάστασης γίνεται με την αποστολή ειδικών πακέτων ελέγχου. Αντίθετα, τέτοια διαδικασία δεν έχει νόημα στα PVCs, αφού μπορούν να στέλνονται πακέτα δεδομένων από τη μια άκρη της σύνδεσης στην άλλη οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

## **Η λειτουργία του X.25**

Προκειμένου να γίνει η μετάδοση δεδομένων μέσω του X.25, θα πρέπει αυτά να χωριστούν σε πακέτα, για παραδειγμάτων 128 χαρακτήρων το καθένα, εκτός ίσως από το τελευταίο που μπορεί να είναι μικρότερο (σχήμα 4.72). Το πρότυπο X.25 καθορίζει τη δομή πλαισίου του πακέτου δεδομένων. Κάθε πακέτο δεδομένων, που συνίσταται από την επικεφαλίδα, το πεδίο δεδομένων του χρήστη και το μεταβλητό πεδίο πληροφορίας, ενθυλακώνεται στο πλαίσιο πληροφορίας. Το πλαίσιο πληροφορίας περιλαμβάνει τη σημαία αρχής του πλαισίου, την επικεφαλίδα του πλαισίου και το πακέτο δεδομένων με το πεδίο πληροφοριών του χρήστη, το οποίο συνοδεύεται από το πεδίο ελέγχου της ακολουθίας του πλαισίου και από τη σημαία τέλους του πλαισίου. Επομένως το συνολικό πακέτο (πλαίσιο) περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για τον καθορισμό της διαδρομής των πληροφοριών από το ένα σημείο στο άλλο. Η αποστολή των δεδομένων σε πολλά μικρά πακέτα έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με την αποστολή των δεδομένων σε ένα και μοναδικό μεγάλο πακέτο, τα οποία είναι:

- ✓ Πιο αποτελεσματική δρομολόγηση των πακέτων, αφού ένα πακέτο δεν πρόκειται να μονοπωλεί κάποια DTE/DCE σύνδεση για πολύ χρόνο.
- ✓ Εξοικονόμηση χρόνου μετάδοσης, αφού σε περίπτωση λανθασμένης λήψης πακέτου επαναμεταδίδεται μόνο το λανθασμένο πακέτο και όχι όλα τα προηγούμενα.
- ✓ Ασφάλεια δεδομένων, αφού, αν κάποιος υποκλέψει δεδομένα από το δίκτυο, θα πρέπει να πάρει και όλα τα επιμέρους πακέτα της πληροφορίας που υπέκλεψε και μάλιστα να μπορέσει να τα τοποθετήσει στη σωστή σειρά.
- ✓ Μεγαλύτερη αξιοπιστία, αφού η ανταλλαγή πακέτων κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης επιβεβαιώνει τη σωστή μέχρι εκείνη τη στιγμή επικοινωνία.



**Σχήμα 4.72.** Η δομή του προτύπου X.25

Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων το πρότυπο X.25 καθορίζει τον τρόπο και τις διαδικασίες επικοινωνίας μεταξύ της DTE και της DCE. Η επικοινωνία αυτή υλοποιείται σε τρία επίπεδα:

- ✓ *Επίπεδο 1 ή φυσικό επίπεδο.* Καθορίζει τα μηχανικά, ηλεκτρικά, λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά για την ενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης μιας DTE με μια DCE, ώστε να γίνει η μεταφορά των δυαδικών ψηφίων της πληροφορίας.
- ✓ *Επίπεδο 2 ή επίπεδο γραμμής δεδομένων.* Στο επίπεδο αυτό τα δυαδικά ψηφία της πληροφορίας ομαδοποιούνται σε πλαίσια. Καθορίζονται επίσης οι διαδικασίες ανταλλαγής των πλαισίων και αντιμετώπισης των σφαλμάτων μετάδοσης.
- ✓ *Επίπεδο 3 ή επίπεδο δικτύου.* Τα δεδομένα των συνδρομητών, καθώς και οι πληροφορίες ελέγχου, αφού πάρουν τη μορφή πακέτων, μεταφέρονται από και προς το δίκτυο.

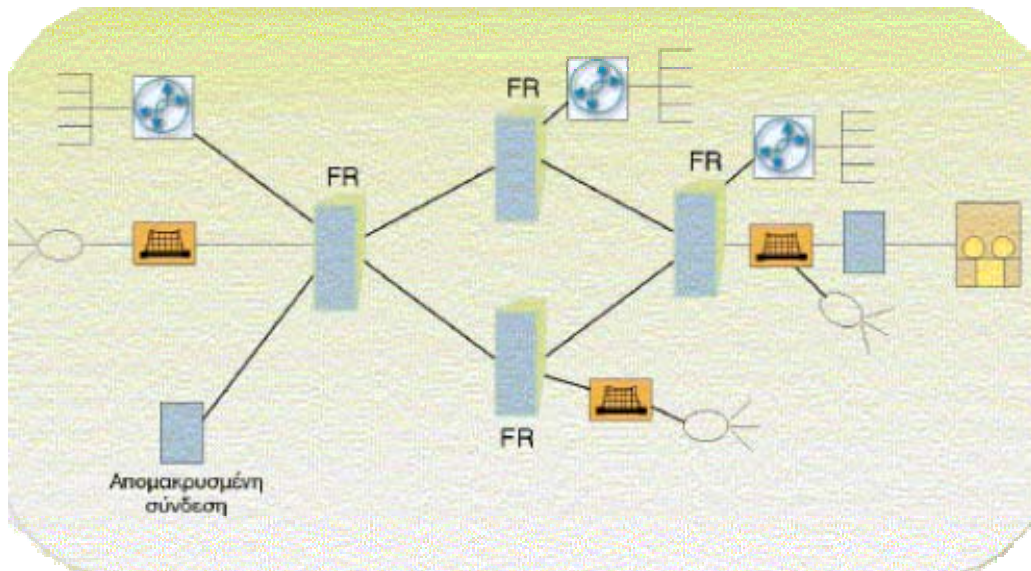
Καθένα από τα τρία επίπεδα παρέχει τις υπηρεσίες του προς το αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο και επικοινωνεί με το αντίστοιχο επίπεδο της άλλης πλευράς της σύνδεσης DTE/DCE. Μ' αυτό τον τρόπο το X.25 συμφωνεί πλήρως με τη φιλοσοφία του προτύπου OSI. Κάθε πακέτο δεδομένων έχει συγκεκριμένο μέγεθος και, εκτός από τα δεδομένα της πληροφορίας, περιέχει στοιχεία δρομολόγησης και ελέγχου.

#### **4.13.2 Πρότυπο μεταγωγής πλαισίου**

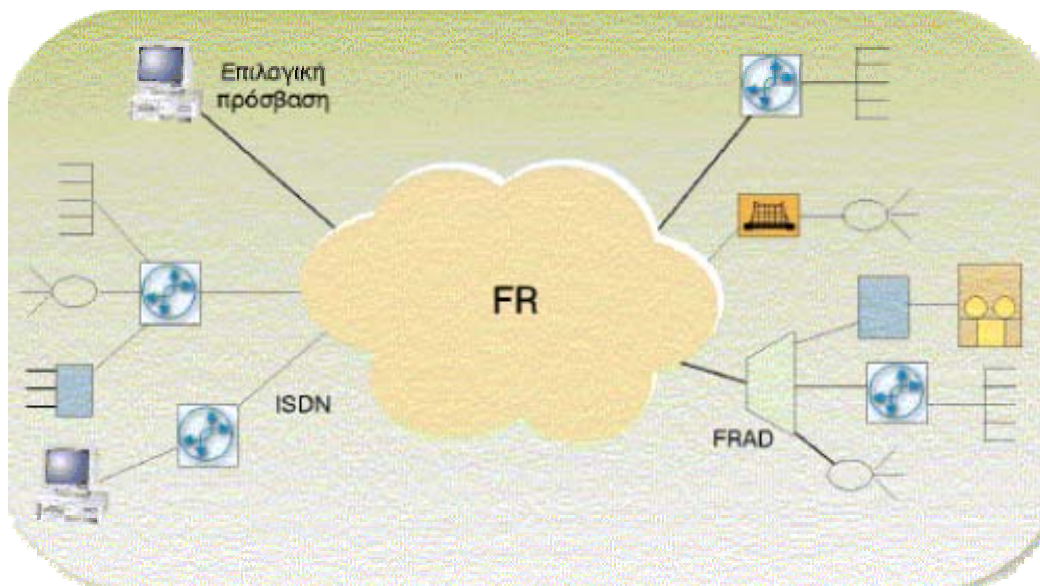
Το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου (*FR: Frame Relay*) αφορά τα ΔΕΠ υψηλής απόδοσης και λειτουργεί στα δύο πρώτα επίπεδα (φυσικό επίπεδο και επίπεδο γραμμής δεδομένων) του μοντέλου αναφοράς OSI. Το πρότυπο FR βασίζεται στην τεχνική της μεταγωγής μονάδων δεδομένων μεταβλητού μήκους, οι οποίες λέγονται *πλαίσια*. Το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου μπορεί να υλοποιηθεί σε ιδιωτικά ή σε δημόσια δίκτυα.

##### **Συσκευές μεταγωγής πλαισίου**

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο FR διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες, αντίστοιχες με αυτές του X.25, δηλαδή στην τερματική διάταξη δεδομένων (DTE) και στην τερματική διάταξη κυκλώματος δεδομένων (DCE). Η DTE μπορεί να θεωρηθεί ως η τερματική διάταξη του χρήστη, όπως είναι για παράδειγμα ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, ενώ η DCE, που συνήθως αναφέρεται και ως διαποδιαμορφωτής, αποτελεί δικτυακό εξοπλισμό των τηλεπικοινωνιακών κυρίως οργανισμών. Σκοπός της DCE είναι να παρέχει υπηρεσίες μεταγωγής στο δίκτυο και να μεταφέρει δεδομένα μέσω του δικτύου. Στο σχήμα 4.73 απεικονίζεται ένα ιδιωτικό δίκτυο που συνδέει τέσσερα τοπικά δίκτυα δημιουργώντας - μέσω των απαιτούμενων συσκευών μεταγωγής - έναν κορμό δικτύου FR. Ειδικού τύπου *συσκευές πρόσβασης μεταγωγής πλαισίου* μπορούν να διαχειριστούν πολλά πρωτόκολλα και αρκετές δικτυακές συσκευές (δρομολογητές, γέφυρες κτλ.), συνδέοντας με αυτό τον τρόπο διαφορετικά τοπικά δίκτυα όπως το Ethernet και ο δακτύλιος με κουπόνι διέλευσης. Άλλες συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για τη σύνδεση σε ένα δημόσιο δίκτυο FR (σχήμα 4.74).



Σχήμα 4.73. Ιδιωτικό δίκτυο μεταγωγής πλαισίου



Σχήμα 4.74. Δημόσιο δίκτυο μεταγωγής πλαισίου

## Νοητά κυκλώματα μεταγωγής πλαισίου

Το πρότυπο FR παρέχει επικοινωνία προσανατολισμένη στη σύνδεση στο επίπεδο γραμμής δεδομένων. Αυτή η επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη χρήση *νοητών κυκλωμάτων μεταγωγής πλαισίου*, τα οποία υλοποιούνται από μια νοητή σύνδεση ανάμεσα σε δύο DTE μέσα σε ένα δίκτυο FR. Τα νοητά κυκλώματα παρέχουν επικοινωνία διπλής κατεύθυνσης ανάμεσα σε συσκευές DTE και χαρακτηρίζονται από μια *ταυτότητα σύνδεσης γραμμής δεδομένων*. Ένας αριθμός από νοητά κυκλώματα έχει τη δυνατότητα, μέσω των τεχνικών της πολυπλεξίας, να συνδυαστεί με ένα φυσικό κύκλωμα για τη μετάδοση στο δίκτυο. Αυτή η δυνατότητα μειώνει συνήθως τον εξοπλισμό και την πολυπλοκότητα του δικτύου, η οποία αποτελεί συνέπεια της σύνδεσης σ' αυτό πολλών συσκευών DTE. Σε ένα δίκτυο FR ένα νοητό κύκλωμα μπορεί να περνά μέσα από ενδιάμεσους κόμβους. Τα νοητά κυκλώματα του δικτύου FR μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, στα μόνιμα νοητά κυκλώματα και στα επιλογικά νοητά κυκλώματα.

## Δομή πλαισίου μεταγωγής

Στο σχήμα 4.75 απεικονίζεται η δομή ενός πλαισίου μεταγωγής. Όπως μπορεί να διακρίνει κανείς, ένα πλαίσιο μεταγωγής αποτελείται από τα παρακάτω πεδία:



**Σχήμα 4.75.** Δομή πλαισίου μεταγωγής

- ✓ Το πεδίο *σημαία (flag)*, το οποίο χρησιμοποιείται για την οριοθέτηση της αρχής και του τέλους ενός πλαισίου. Η τιμή του πεδίου αυτού είναι πάντα η ίδια και αντιστοιχεί στο δεκαεξαδικό αριθμό 7E ή στο δυαδικό αριθμό 01111110.

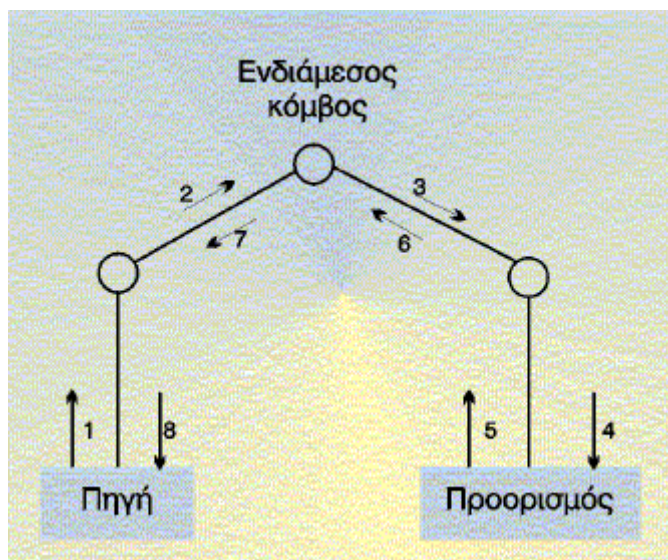
- ✓ Το πεδίο *διεύθυνση (address)*, στο οποίο περιλαμβάνονται πληροφορίες για το νοητό κύκλωμα που συνδέει την DTE και τον εξοπλισμό του δικτύου. Η δομή αυτού του πεδίου είναι αρκετά πολύπλοκη, η ανάλυση της όμως ξεπερνά τους σκοπούς αυτού του βιβλίου.
- ✓ Το πεδίο *δεδομένα (data)*, το οποίο εξυπηρετεί τη μεταφορά των πακέτων. Κάθε πλαίσιο σ' αυτό το πεδίο είναι μεταβλητού μεγέθους, με μήκος που δεν μπορεί να υπερβαίνει τους 16.000 χαρακτήρες, και περιλαμβάνει δεδομένα χρήστη.
- ✓ Το πεδίο *έλεγχος ακολουθίας πλαισίου (FCS: Frame Check Sequence)*, το οποίο χρησιμοποιείται στον έλεγχο λαθών κατά τη μετάδοση των δεδομένων. Η τιμή του πεδίου αυτού υπολογίζεται από τη συσκευή μετάδοσης και επιβεβαιώνεται από τον παραλήπτη προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα των δεδομένων.

### **Σύγκριση των προτύπων X.25 και FR**

Σε όλα τα προβλήματα που παρουσίαζε η κλασική τεχνική της μεταγωγής πακέτου ήρθε να δώσει λύση η τεχνική της μεταγωγής πλαισίου. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ο συνδυασμός της φιλοσοφίας της μεταγωγής με την ουσιαστική μείωση των επιβαρύνσεων που παρατηρούνται στο πρότυπο X.25. Οι κύριες διαφορές των δύο τεχνικών είναι οι εξής:

- ✓ Στο πρότυπο FR η σηματοδότηση ελέγχου μεταφέρεται από ξεχωριστό νοητό κανάλι που δεν εμπλέκεται με το κανάλι μετάδοσης δεδομένων. Αποτέλεσμα αυτού του διαχωρισμού είναι ότι δεν είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούν οι ενδιαμέσοι κόμβοι, για κάθε ανεξάρτητη σύνδεση, τις διαδικασίες ελέγχου κλήσεων, όπως είναι οι πίνακες κατάστασης καναλιού και τα μηνύματα προόδου.
- ✓ Στο FR η πολυπλεξία και η μεταγωγή πακέτων γίνονται στο επίπεδο 2 (γραμμής δεδομένων) και όχι στο επίπεδο 3 (δικτύου), όπως γίνεται στο πρότυπο X.25, με αποτέλεσμα την κατάργηση ενός ολόκληρου επιπέδου επεξεργασίας.
- ✓ Στο FR που η μετάδοση γίνεται από κόμβο σε κόμβο - λέγεται και βήμα προς βήμα (*hop-by-hop*) μετάδοση - δεν απαιτούνται έλεγχοι ροής και λαθών σε

κάθε κόμβο. Αν χρειαστούν τέτοιοι έλεγχοι, τότε αυτό είναι υποχρέωση κάποιου άλλου υψηλότερου επιπέδου.



**Σχήμα 4.76.** Η λειτουργία της μεταγωγής πλαισίου

Η λειτουργία της μεταγωγής πλαισίου φαίνεται στο σχήμα 4.76. Η πηγή στέλνει στον προορισμό ένα μόνο πλαίσιο δεδομένων και λαμβάνει ένα πλαίσιο αναγνώρισης, που δημιουργείται σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Επομένως στη μεταγωγή πλαισίου δεν υπάρχει η δυνατότητα να γίνει ο έλεγχος της ροής στο επίπεδο 2, όπως στο πρότυπο X.25, μπορεί όμως να γίνει σε κάποιο άλλο υψηλότερο επίπεδο. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, στη μεταγωγή πλαισίου δεν μπορεί να διενεργηθεί ο έλεγχος των λαθών σε κάθε βήμα, αντίθετα από ό,τι συμβαίνει στο πρότυπο X.25. Σήμερα τα μειονεκτήματα αυτά της μεταγωγής πλαισίου δε θεωρούνται τόσο σημαντικά, αφού αντισταθμίζονται από τις συνεχώς βελτιούμενες γραμμές μετάδοσης και τεχνικές μεταγωγής.

Η τεχνική της μεταγωγής πλαισίου έχει ορισμένα πολύ αξιόλογα πλεονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, μειώνει σημαντικά τις επιβαρύνσεις που παρατηρούνται στο πρότυπο X.25, υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης έως 2 Mbps, παρέχει εύρος ζώνης κατόπιν



αιτήματος, καθώς και πολλές συνόδους δεδομένων επάνω στην ίδια γραμμή πρόσβασης. Όπως είναι ήδη φανερό, η μεταγωγή πλαισίου αντικαθιστά το πρότυπο X.25.

Τα πλεονεκτήματα του προτύπου μεταγωγής πλαισίου σε σχέση με το πρότυπο X.25 και τα μισθωμένα κυκλώματα σημειώνονται στον πίνακα 4.8 που ακολουθεί.

Παροχές	Μισθωμένα κυκλώματα	X.25	FR
Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης	Ναι	Όχι	Ναι
Διάθεση εύρους ζώνης κατόπιν αιτήματος	Όχι	Ναι	Ναι
Συνδέσεις πολλών σημείων	Ναι	Ναι	Ναι
Ευελιξία στη δικτυακή υλοποίηση	Όχι	Ναι	Ναι
Ευελιξία στο κόστος υλοποίησης	Όχι	Ναι	Ναι

**Πίνακας 4.8.** Σύγκριση προτύπων μεταγωγής πλαισίου, X.25 και μισθωμένων κυκλωμάτων

Συνοψίζοντας, τα θετικά στοιχεία του προτύπου μεταγωγής πλαισίου, τα οποία το διακρίνουν από το πρότυπο X.25, είναι:

- ✓ Δυνατότητα διαμοιρασμού θύρας και γραμμής χρησιμοποιώντας την τεχνική της πολυπλεξίας πλαισίων.
- ✓ Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης
- ✓ Υψηλή απόδοση.
- ✓ Μικρές καθυστερήσεις.
- ✓ Διάθεση εύρους ζώνης κατόπιν αιτήματος.
- ✓ Συνδέσεις με πολλά σημεία.
- ✓ Ευελιξία στο κόστος υλοποίησης.
- ✓ Ευκολία μετατροπής των υπάρχοντων δικτύων σε δίκτυα μεταγωγής πλαισίου.
- ✓ Εύκολη επέκταση του δικτύου.
- ✓ Εύκολη διαχείριση του δικτύου.
- ✓ Συμβατότητα με πολλά πρότυπα.

- ✓ Ιδιαίτερα καλή απόδοση σε μια σειρά εφαρμογών.
- ✓ Ιδιαίτερα καλή απόδοση σε συνδυασμό με τα δίκτυα ISDN.

### 4.13.3 Πρότυπο TCP/IP

Οι κόμβοι που συνδέονται στο Διαδίκτυο χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους το πρωτόκολλο TCP/IP. Το πρωτόκολλο αυτό οργανώνεται σε τέσσερα επίπεδα: το επίπεδο γραμμής δεδομένων (*data link layer*), το επίπεδο Διαδικτύου (*Internet layer*), το επίπεδο μεταφοράς (*transport layer*) και το επίπεδο εφαρμογής (*application layer*). Η οικογένεια των πρωτοκόλλων TCP/IP, καθώς και η λειτουργία καθενός από αυτά έχουν ως ακολούθως

- ✓ *TCP: Transmission Control Protocol*

Είναι πρωτόκολλο προσανατολισμένο στη σύνδεση (*connection-oriented*), το οποίο προσφέρει μια αξιόπιστη, διπλής κατεύθυνσης σύνδεση προκειμένου να υλοποιηθεί μια διεργασία του χρήστη.

- ✓ *UDP: User Datagram Protocol*

Είναι πρωτόκολλο μη προσανατολισμένο στη σύνδεση (*connectionless*), το οποίο, σε αντίθεση με το TCP, δεν παρέχει εγγύηση ότι οι μονάδες πληροφορίας που διακινούνται θα φτάσουν κάποτε στον προορισμό τους.

- ✓ *ICMP: Internet Control Message Protocol*

Είναι το πρωτόκολλο που χειρίζεται τα λάθη και ελέγχει τη διακίνηση των πληροφοριών μεταξύ των πυλών διασύνδεσης δικτύου και των κόμβων.

- ✓ *IP: Internet Protocol*

Το πρωτόκολλο αυτό παρέχει υπηρεσίες διακίνησης των πακέτων που δημιουργούνται από τα πρωτόκολλα TCP και UDP. Δεν υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ των διεργασιών του χρήστη και του πρωτοκόλλου IP.

- ✓ *ARP: Address Resolution Protocol*

Το πρωτόκολλο αυτό κάνει αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης Διαδικτύου με μια διεύθυνση υλικού. Η διεύθυνση του Διαδικτύου εξαρτάται από τον τύπο του δικτύου στο οποίο συνδέεται ο υπολογιστής.

✓ *RARP: Reverse Address Resolution Protocol*

Στο πρωτόκολλο RARP γίνεται το αντίστροφο σε σχέση με το πρωτόκολλο ARP, δηλαδή αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης υλικού με μια διεύθυνση Διαδικτύου.

### **Διευθυνσιοδότηση**

Ένα σημαντικό στοιχείο του TCP/IP είναι η διευθυνσιοδότηση, δηλαδή ο τρόπος αντιστοίχισης μιας διεύθυνσης με έναν υπολογιστή που συνδέεται σε κάποιο δίκτυο. Κάθε διεύθυνση IP περιλαμβάνει:

- Την *ταυτότητα δικτύου*, η οποία αναφέρεται σε ένα ιδιαίτερο φυσικό δίκτυο που συνδέεται στο Διαδίκτυο.
- Την *ταυτότητα κόμβου*, η οποία αναφέρεται σε μια ιδιαίτερη συσκευή που συνδέεται σ' αυτό το φυσικό δίκτυο.

Επομένως μια διεύθυνση IP προσδιορίζει το τμήμα του Διαδικτύου στο οποίο θα συνδεθεί μια συσκευή δικτύου. Σημειώνεται ότι μια συσκευή δικτύου που έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί ταυτόχρονα σε διαφορετικά δίκτυα έχει και πολλές διευθυνθείς IP, δηλαδή διαθέτει μια αποκλειστική διεύθυνση IP για κάθε σύνδεση. Όπως γίνεται αντιληπτό, μια διεύθυνση IP είναι ένα τεχνητό δημιούργημα και δεν έχει καμία σχέση με το υλικό ή τα μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο. Μια διεύθυνση IP έχει 32 δυαδικά ψηφία, τα οποία διακρίνονται σ' αυτά που αφορούν την ταυτότητα του δικτύου και σ' αυτά που αφορούν την ταυτότητα του κόμβου. Αυτό γίνεται ταξινομώντας τις διευθύνσεις IP σε τέσσερις κλάσεις των 8 δυαδικών ψηφίων η καθεμία. Φυσικά η επιλογή μιας διεύθυνσης με πεδία καθορισμένου μήκους παρέχει, σε χαμηλό επίπεδο, μια αποτελεσματική κωδικοποίηση.

### **Λειτουργία του TCP**

Μετά το πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) το TCP είναι το δεύτερο σημαντικό μέλος αυτής της οικογένειας πρωτοκόλλων. Το TCP σχεδιάστηκε με βασικό στόχο την παροχή αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ δύο κόμβων που βρίσκονται σε διαφορετικά αλλά διασυνδεδεμένα δίκτυα επικοινωνίας. Παρέχει αξιόπιστες, προσανατολισμένες

στη σύνδεση υπηρεσίες μετάδοσης σε ένα ενδεχομένως μη αξιόπιστο κανάλι μετάδοσης. Είναι συμβατό με ιεραρχημένες αρχιτεκτονικές πρωτοκόλλων όπως αυτή του μοντέλου αναφοράς OSI και τοποθετείται ακριβώς επάνω από το IP, το οποίο έχει τη δυνατότητα να στείλει ή και να λάβει μεταβλητού μεγέθους μονάδες δεδομένων (PDUs), ενσωματωμένες στις μονάδες δεδομένων Διαδικτύου. Γενικά, το TCP στηρίζεται σε υποθέσεις οι οποίες αποδυναμώνουν την αξιοπιστία των πρωτοκόλλων επικοινωνίας που βρίσκονται ιεραρχικά κάτω από αυτό. Επομένως το μόνο που μπορεί ρεαλιστικά να υποστηρίξει είναι μια – πιθανόν αναξιόπιστη – υπηρεσία μετάδοσης μονάδων δεδομένων, η οποία παρέχεται από πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου και η οποία μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά σε ένα ευρύ φάσμα συστημάτων επικοινωνίας. Το μεγάλο πλεονέκτημα του TCP είναι η ποικιλία των συστημάτων μετάδοσης που υποστηρίζει. Οι βασικοί στόχοι που επιτεύχθηκαν κατά την υλοποίηση του αφορούν τη δυνατότητα διασύνδεσης ετερογενών δικτύων υπολογιστών, καθώς και τη δυνατότητα σχεδιασμού διεργασιών επικοινωνίας που υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Το TCP καθορίζει τους τρόπους με τους οποίους:

- Διαχωρίζονται πολλοί παραλήπτες σε ένα δοσμένο υπολογιστή.
- Οι κόμβοι που επικοινωνούν μπορούν να επανέλθουν σε σωστή λειτουργία μετά από σφάλματα, όπως είναι η απώλεια, η καταστροφή ή η πολλαπλή αποστολή πακέτων.
- Οι κόμβοι καταχωρίζουν τη μετάδοση μιας ακολουθίας δεδομένων και συμφωνούν για τον τερματισμό της.

### **Θύρες και συνδέσεις στο TCP**

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του TCP είναι ότι επιτρέπει σε πολλά προγράμματα εφαρμογών να αξιοποιούν τις υπηρεσίες του ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας το ίδιο φυσικό μέσο που είναι υπεύθυνο τόσο για την από-πολυπλεξία της εισερχόμενης κυκλοφορίας TCP όσο και για την κατανομή της στις διαδικασίες των προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται. Όμως ο τελικός παραλήπτης των μηνυμάτων κάθε κόμβου - υπολογιστή είναι ένα σύνολο αφηρημένων σημείων προορισμού, οι γνωστές *θύρες*

πρωτοκόλλου (*protocol ports*). Τυπικά, κάθε θύρα πρωτοκόλλου παριστάνεται με ένα θετικό ακέραιο αριθμό που είναι μοναδικός για κάθε υπολογιστή, ενώ το λειτουργικό σύστημα επιλέγει ένα μηχανισμό τον οποίο χρησιμοποιούν οι διαδικασίες των προγραμμάτων κάθε εφαρμογής για να προσδιορίσουν μια θύρα.

Επομένως ένα σημαντικό θέμα είναι και η δέσμευση των θυρών TCP. Τα τμήματα TCP κάθε συσκευής είναι ελεύθερα να επιλέγουν και να καταχωρίζουν τους αριθμούς των θυρών. Όμως η τυχαία καταχώριση των αριθμών των θυρών δημιουργεί ένα βασικό λειτουργικό πρόβλημα. Οι κόμβοι - υπολογιστές πρέπει, πριν επικοινωνήσουν, να συμφωνήσουν στους αριθμούς των θυρών που θα χρησιμοποιήσουν. Για παράδειγμα, όταν ο υπολογιστής A θελήσει να πάρει ένα αρχείο από τον υπολογιστή B, πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων ποια θύρα χρησιμοποιεί η συγκεκριμένη υπηρεσία μεταφοράς αρχείων στον υπολογιστή B, ώστε αυτή η θύρα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις διαδικασίες του προγράμματος εφαρμογής του υπολογιστή A.

Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με την καθιέρωση μιας διεθνούς κεντρικής διεύθυνσης, η οποία αποδίδει σε ορισμένες υπηρεσίες (όπως είναι η ανταλλαγή αρχείων, η πρόσβαση σε απομακρυσμένους κόμβους, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κτλ.) αποκλειστικούς αριθμούς που αντιστοιχούν στις θύρες οι οποίες δεσμεύονται προκειμένου να χρησιμοποιηθούν γι' αυτές τις υπηρεσίες.

### **Αξιοπιστία επικοινωνίας**

Μια ακολουθία δεδομένων που στέλνεται στον παραλήπτη μέσω μιας σύνδεσης TCP πρέπει να μεταδίδεται πάντα αξιόπιστα και με τη σωστή σειρά. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας της μετάδοσης γίνεται με τη βοήθεια των αριθμών ακολουθίας και επιβεβαίωσης. Η διαδικασία που χρησιμοποιείται προβλέπει πως κάθε οκτάδα δεδομένων πρέπει να διαθέτει και έναν αριθμό ακολουθίας. Ο αριθμός ακολουθίας της πρώτης οκτάδας δεδομένων σε ένα τμήμα μεταδίδεται μαζί μ' αυτό και είναι γνωστός ως αριθμός ακολουθίας του τμήματος. Τα τμήματα μεταδίδουν επίσης και έναν αριθμό επιβεβαίωσης, ο οποίος είναι ο αριθμός ακολουθίας της επόμενης οκτάδας δεδομένων που κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Οι επιβεβαιώσεις προσδιορίζουν πάντα τον αριθμό της ακολουθίας του επόμενου χαρακτήρα που θα

φτάσει στον παραλήπτη. Μια επιβεβαίωση δεν εγγυάται ότι τα δεδομένα του τμήματος έχουν φτάσει στον τελικό χρήστη - παραλήπτη, αλλά μόνο ότι το TCP του αποστολέα έχει αναλάβει την ευθύνη πραγματοποίησης της μετάδοσης.

#### **Λήξη χρόνου των μετρητών και επαναμεταδόσεις**

Μία από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του TCP αφορά τον τρόπο διαχείρισης της λήξης χρόνου και των επαναμεταδόσεων. Όπως οποιοδήποτε άλλο αξιόπιστο πρωτόκολλο, έτσι και το TCP περιμένει από τον παραλήπτη να του στέλνει επιβεβαιώσεις, όποτε αυτός λαμβάνει δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, το TCP, κάθε φορά που στέλνει μια ομάδα δεδομένων, θέτει σε λειτουργία ένα μετρητή και περιμένει μια επιβεβαίωση. Εάν λήξει ο χρόνος λειτουργίας του μετρητή πριν τα δεδομένα ενός τμήματος πληροφοριών επιβεβαιωθούν, τότε το TCP υποθέτει πως αυτό το τμήμα πληροφοριών χάθηκε ή καταστράφηκε και προχωρεί στην επαναμετάδοσή του. Για να γίνει αντιληπτή η ιδιαιτερότητα του αλγορίθμου επαναμετάδοσης του TCP, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον η διαδρομή των δεδομένων προς τον κόμβο - προορισμό τους μπορεί να περνά μέσα από ενδιάμεσα δίκτυα και από πολλές πύλες διασύνδεσης των δικτύων. Επομένως είναι αδύνατο να γνωρίζει το TCP έκτων προτέρων πόσο χρόνο θα χρειαστούν οι επιβεβαιώσεις για να επιστρέψουν στον αποστολέα. Επιπλέον η καθυστέρηση σε κάθε πύλη διασύνδεσης των δικτύων εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο που υπάρχει στους κόμβους, με αποτέλεσμα ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση ενός τμήματος πληροφοριών και την αποστολή της επιβεβαίωσης να διαφοροποιείται σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση.

#### **4.13.4 Ανακεφαλαίωση**

Σ' αυτό το κεφάλαιο έγινε μια παρουσίαση των προτύπων τα οποία χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση των ΔΕΠ. Στο πρώτο μάθημα αναπτύχθηκε το πρότυπο X.25, το οποίο αποτελεί μια από τις πρώτες προσπάθειες στο χώρο της τυποποίησης των ΔΕΠ και καθορίζει τη διεπαφή ανάμεσα στις συσκευές του χρήστη και στον εξοπλισμό ενός δημόσιου δικτύου. Στη συνέχεια, στο δεύτερο μάθημα παρουσιάστηκε η τεχνική μεταγωγής πλαισίου (FR: Frame Relay), η οποία αποτελεί εξέλιξη της τεχνολογίας

X.25. Το πρότυπο FR προσφέρει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από το X.25, γεγονός που οφείλεται στην απουσία ελέγχου σφαλμάτων. Η απουσία αυτού του ελέγχου είναι το φυσικό επακόλουθο της αξιοπιστίας των μέσων μετάδοσης που χρησιμοποιεί το πρότυπο FR. Στο τρίτο μάθημα εξετάστηκε η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP, η οποία αποτελεί τη βάση της λειτουργίας του γνωστού σε όλους μας Διαδικτύου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **Συμπεράσματα**

#### **5.1. Εισαγωγή**

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης στο πεδίο των δικτύων υπολογιστών. Πιο συγκεκριμένα, για την υλοποίηση αυτού του συστήματος χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class». Αυτό το σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης απευθύνεται στους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Απώτερος σκοπός του συστήματος ήταν η εύκολη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτές που θα εξυπηρετούν τις ανάγκες των εξ' αποστάσεως μαθητών και θα επιτρέπουν την εύκολη αναζήτηση και ανάκτηση του υλικού, αλλά και την επαναχρησιμοποίησή του.

#### **5.2. Ανασκόπηση**

Μια και η ανάπτυξη των δικτύων σε παγκόσμιο επίπεδο είναι αλματώδης και παρέχονται στα εκπαιδευτικά ιδρύματα υψηλές ταχύτητες πρόσβασης και προηγμένες υπηρεσίες τηλεματικής δημιουργούνται ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη συστημάτων ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης (e-learning).

Για να είναι μία τέτοια κίνηση επιτυχής και για να επιφέρει θετικά αποτελέσματα πρέπει να κατανοήσουμε ότι η τηλεκπαίδευση δεν έρχεται να αντικαταστήσει τον τωρινό τρόπο διδασκαλίας ούτε να χρησιμοποιηθεί για να γίνονται τα μαθήματα με τις ίδιες δυνατότητες, αλλά μέσω του υπολογιστή. Η τηλεκπαίδευση έρχεται να συμπληρώσει την παρούσα εκπαιδευτική διαδικασία, να βοηθήσει το διδάσκοντα να προσφέρει περισσότερη, πιο πλήρη και σφαιρική γνώση στους μαθητές. Οι νέες τεχνολογίες πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να εμπλουτίσουν το μάθημα και να το κάνουν πιο ενδιαφέρον. Σκοπός της τηλεκπαίδευσης είναι να λύσει προβλήματα και να προσφέρει καινούριες δυνατότητες που με την κλασική εκπαίδευση δεν



υπάρχουν και επίσης, πρέπει να χρησιμοποιείται εκεί που είναι απαραίτητη και για να δώσει καινούριες προοπτικές.

Οι διεθνείς τάσεις και εξελίξεις δείχνουν ότι η τεχνολογία έχει εισβάλλει παντού και η εξοικείωση με αυτή είναι απαραίτητη για όλους και ειδικά για τους αυριανούς πολίτες και εργαζόμενους. Είναι, λοιπόν, αναγκαίο για τους μαθητές να έρθουν σε επαφή με νέες τεχνολογίες, να μάθουν να τις χρησιμοποιούν και να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες που τους δίνουν. Μέσα από την τηλεκπαίδευση η επαφή και εξοικείωση με αυτήν γίνεται με τρόπο φυσικό και ευχάριστο για τους μαθητές.

Για να είναι όμως θετικές οι εμπειρίες της τηλεκπαίδευσης στους μαθητές είναι απαραίτητη η σωστή κατάρτιση των εκπαιδευτών τόσο με τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες όσο και με τη νέα φιλοσοφία που εισάγει στο χώρο της εκπαίδευσης η τηλεκπαίδευση. Η γνώση είναι πλέον ανοιχτή και προσβάσιμη από όλους, οι πρωτοπόροι σε αυτές τις εξελίξεις θα είναι και αυτοί που θα έχουν τον πρώτο λόγο στα εκπαιδευτικά δρώμενα στο μέλλον. Πρέπει, επίσης, ο εκπαιδευτής να δει την τεχνολογία σαν εργαλείο που τον βοηθά να κάνει πιο εύκολα και καλύτερα τη δουλειά του και όχι σαν εχθρό που έρχεται να τον επιφορτώσει με επιπλέον ευθύνες. Θα πρέπει να δοθούν στον εκπαιδευτικό εργαλεία πολύ εύχρηστα και που να απαιτούν από αυτόν την λιγότερη δυνατή εργασία και γνώση πάνω σε αυτά.

Ένα τέτοιο εκπαιδευτικό εργαλείο αποτελεί και η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης «GUnet e-Class» που χρησιμοποιήθηκε, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για τη δημιουργία ηλεκτρονικού υλικού μάθησης. Στόχος της ηλεκτρονικής πλατφόρμας «GUnet e-Class» είναι η παροχή υποδομών εκπαίδευσης και κατάρτισης, ανεξάρτητα από τους περιοριστικούς παράγοντες του χώρου και του χρόνου της κλασσικής διδασκαλίας, προσφέροντας στον εκπαιδευόμενο τη δυνατότητα να καθορίζει μόνος του το πρόγραμμα εκπαίδευσής του.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η μετατροπή του διδακτικού υλικού της παρούσας εργασίας σε ηλεκτρονική μορφή έγινε έτσι ώστε το εκπαιδευτικό υλικό να προκαλέσει το ενδιαφέρον του εκπαιδευόμενου και κατά συνέπεια να πραγματοποιείται η κατανόηση και η αφομοίωση του εκπαιδευτικού υλικού με έναν εύκολο, γρήγορο και ευχάριστο τρόπο.

Η πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης «GUnet e-Class» έχει εφαρμοστεί σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα της χώρας μας, σε ποικίλα γνωστικά πεδία, επιφέροντας θετικά αποτελέσματα στη διαδικασία της μάθησης. Από ένα πλήθος ερευνών που έχουν διεξαχθεί στην ενδοχώρα, στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η πλατφόρμα που μελετάμε μπορεί να χαρακτηριστεί μια ολοκληρωμένη web πλατφόρμα ανοιχτής αρχιτεκτονικής για μεταφορά γνώσης που όμως δε μπορεί προς το παρόν να αποτελέσει το βασικό εργαλείο συνεργασίας καθηγητή-φοιτητή. Οι πρώτες εντυπώσεις και τα πρώτα αποτελέσματα από τη χρήση του είναι ενθαρρυντικά. Οι εκπαιδευόμενοι έχουν δείξει να εξοικειώνονται σχετικά γρήγορα ενώ οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο για το «καινούργιο» αυτό εργαλείο διαχείρισης των μαθημάτων.

### **5.3. Θέματα για περαιτέρω μελέτη**

Αδυναμία της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μη πειραματική εφαρμογή του παρόντος συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ποικίλων γεωγραφικών διαμερισμάτων έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση του συστήματος. Αυτό συνέβη εξαιτίας έλλειψης πόρων αλλά και χρόνου, γιατί υλοποίηση μιας τέτοιας ενέργειας θα απαιτούσε ένα σχολικό έτος. Η μελλοντική εργασία η οποία μπορεί να επιτελεσθεί έχοντας ως βάση τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας θα μπορούσε να είναι η εφαρμογή του παρόντος εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε πειραματικό επίπεδο, κάτι το οποίο δεν έχει πραγματοποιηθεί ως τώρα, και η αξιολόγηση του διδακτικού υλικού μέσα από τα εξαγόμενα αποτελέσματα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Αδαμόπουλος, Ν., “Χρήση Αναλογιών και Μεταφορών στη Διδασκαλία του Μαθήματος Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών: Μια Μελέτη Περίπτωσης”, Πρακτικά Εργασιών 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής», Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος, Οκτώβριος 7-9, 2005.
2. Αλεξόπουλος, Α. και Λαγογιάννης, Γ., *Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών*, 1997.
3. Αναστασιάδης, Π., “Δια βίου και εξ αποστάσεως εκπαίδευση στην κοινωνία της πληροφορίας: το δεύτερο κύμα των τεχνολογιών των πληροφοριών και των επικοινωνιών στην τριτοβάθμια εκπαίδευση”, *Επιστήμες Αγωγής (πρώην «Σχολείο και Ζωή»)*, Ν°3, pp.165-178, 2004.
4. Βαζέος, Α. και Τσιντήλας, Γ., *Σχεδιασμός και υλοποίηση ενός εργαλείου για εκπαίδευση από απόσταση σε ανοιχτά περιβάλλοντα, με χρήση Τηλεματικής και Δικτύων*, Διπλωματική Εργασία. Πάτρα, 1997.
5. Βεργίδης, Δ., Λιοναράκης, Α., Λυκουργιώτης, Α., Μακράκης, Β. και Ματραλής, Χ., *Ανοικτή και εξ αποστάσεως εκπαίδευση: Θεσμοί και λειτουργίες*, Τόμος Α, Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 1998.
6. Γιαννέλου, Ολ., Πιερρακέας, Χ., Γκλαβά, Ε. και Λιοναράκης, Α., “Αξιολόγηση της Πειραματικής Λειτουργίας του Πληροφοριακού Συστήματος Παροχής εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης (e-class) του Τμήματος Τηλεπληροφορικής και Διοίκησης του ΤΕΙ Ηπείρου”, Πρακτικά Εργασιών 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου, «Παιδαγωγικές και Τεχνολογικές Εφαρμογές», Πάτρα, Νοέμβριος, 2005.
7. Γκίνογλου, Π. και Δουκάκης, Σπ., *Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών I και II*, Εκδ. Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2004.
8. Δερτούζος, Μ., “*Τι μέλλει γενέσθαι. Πως ο νέος κόσμος της πληροφορικής θ’ αλλάξει τη ζωή μας*”, Εκδ. Λιβάνη, Αθήνα, 1998.
9. Καλογιαννάκης, Μ., Ψαρρός, Μ., Λιοδάκης, Γ. και Βασιλάκης Κ., “Ασύγχρονη τηλεεκπαίδευση: βασικό ή συμπληρωματικό μέσο υλοποίησης του μαθήματος; Οι πρώτες απόψεις φοιτητών και καθηγητών του ΤΕΙ Κρήτης”, *Proceedings of the*

*Annual Conference on Telecommunications & Multimedia*, pp.311-317, TEMU, 2005.

10. Καλογιαννάκης, Μ., Ψαρρός Μ. και Βασιλάκης Κ., “Τεχνολογίες των Πληροφοριών και της Επικοινωνίας και παιδαγωγικό πλαίσιο στη Εξ Αποστάσεως εκπαίδευση”, Πρακτικά του 3ου Διεθνούς Συνεδρίου Ανοικτής & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης (editor Λιοναράκης Α.) vol.Α', pp.481-496, ICODL, 2005.
11. Κόκκος, Α., *Μεθοδολογία της εκπαίδευσης από απόσταση*, Πάτρα, Εκδ. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2001.
12. Λεβεντίδης, Ι., Ντελοπούλου, Χ. και Σιαφάκα, Β., “Εμπλουτισμός της παραδοσιακής διδασκαλίας εργαστηριακού μαθήματος με τη χρήση της πλατφόρμας Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης «η-τάξη» του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών”, Πρακτικά Εργασιών 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου, «Παιδαγωγικές και Τεχνολογικές Εφαρμογές», Πάτρα, Νοέμβριος, 2005.
13. Μακράκης, Β., “Ανάλυση αναγκών ως βάση σχεδιασμού, ανάπτυξης και αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού”, Παρουσίαση στο Συμπόσιο *Χρήση των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Ερευνητικές Προσεγγίσεις*. Λαγονήσι 2-4 Οκτώβριος, 1998, Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας.
14. Μακράκης, Β., *Υπερμέσα στην εκπαίδευση. Μια κοινωνικο-επικοδομηστική προσέγγιση*. Μεταίχμιο, Αθήνα, 2001.
15. Ματθαίου, Δ., Μουζάκης, Χ. και Ρουσάκης, Ι., “Διαμόρφωση ενός συστήματος παιδαγωγικών κριτηρίων αξιολόγησης της διδακτικής διαδικασίας στο περιβάλλον της «εικονικής τάξης» στο GUNet”, στο Μακράκης, Β. (επιμ.) Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου: *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, Ατραπός, Αθήνα, pp.111-129, 2001.
16. Μικρόπουλος, Τ., *Εκπαιδευτικό λογισμικό. Θέματα σχεδίασης και αξιολόγησης λογισμικού υπερμέσων*. Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2000.

17. Μουζάκης, Χ., “Τα συστήματα τηλεδιάσκεψης και η αξιοποίησή τους στην αποστάσεως εκπαίδευση – Εμπειρίες από εφαρμογές στην ελληνική τριτοβάθμια εκπαίδευση”, στο *Θέματα στην Εκπαίδευση*, vol.4(1), pp.69-83, 2003.
18. Νάνη, Μ., *Σχεδιασμός και Υλοποίηση Εργαλείου Δημιουργίας και Προσπέλασης Ηλεκτρονικού Εκπαιδευτικού Υλικού με Χρήση του Παγκόσμιου Ιστού Πληροφοριών*, Διπλωματική Εργασία. Πάτρα, 2004.
19. Πιντέλας, Π., “Εκπαιδευτικό λογισμικό: Μια πρόταση για την εξασφάλιση της ποιότητάς του, Πληροφορική και Εκπαίδευση”, Πρακτικά *Πανελληνίου Συνεδρίου*, Μάιος, Ιωάννινα, 1999.
20. Πομπόρτσης, Α., *Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών*, Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 1997.
21. Πομπόρτσης, Α. Σ., *Τοπικά Δίκτυα Υπολογιστών*, Θεσσαλονίκη, 1990.
22. Σταχτέας, Χ., *Πληροφορική στην εκπαίδευση*, Εκδ. Τυπωθήτω, Αθήνα, 2002.
23. Σταχτέας, Χ., “Η Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών ως Μέρος της Δια Βίου Εκπαίδευσης που Εξυπηρετείται από την Τηλεκπαίδευση”, Πρακτικά *Πανελληνίου Συνεδρίου «Νέες Τεχνολογίες στη Δια βίου Μάθηση»*, Λαμία, Απρίλιος 16-17, 2005.
24. Σχολικό βιβλίο Α', Β', Γ' Ενιαίου Λυκείου ΟΕΔΒ, *Εφαρμογές πληροφορικής - υπολογιστών*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2000.
25. Σχολικό βιβλίο Γ' Ενιαίου Λυκείου ΟΕΔΒ, *Πολυμέσα - Δίκτυα*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1998.
26. Σχολικό βιβλίο Β' Κύκλου Τ.Ε.Ε, Τομέας Πληροφορικής - Δικτύων Η/Υ, Κατεύθυνση: Υποστήριξης Συστημάτων και Δικτύων Υπολογιστών, Τόμος 1, ΟΕΔΒ, *Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών I και II*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1999.
27. Χασάπης, Δ., *Σχεδιασμός, Οργάνωση, Εφαρμογή και Αξιολόγηση Προγραμμάτων επαγγελματικής κατάρτισης*, Εκδ. Μεταίχμιο, Αθήνα, 2000.
28. Abeysundara, B. and Kamal, A., “High-speed local area networks and their performance: a survey”, *ACM Computing Surveys*, pp. 221-264, 1988.

29. Asatani, K. and Nogami, Sh., “Standardization of Network Technologies and Services”, *IEEE Communications Magazine*, vol.33(8), pp.82 – 90, 1995.
30. Asatani, K. and Nogami, Sh., “Standards Report - Trends in the Standardization of Telecommunications on GII, Multimedia, and Other Network Technologies and Services”, *IEEE Communications Magazine*, vol.34(6), pp.32 – 32, 1996.
31. Banyard, Ph. και Hayes, N., *Σκέψη και λύση προβλημάτων*, Εκδ. Ελληνικά γράμματα, Αθήνα, 1999.
32. Burgess, L. and Strong, Sh., “Trends in online education: Case study at Southwest Missouri State University”, *Journal of Industrial Technology*, vol.19(3), 2003.
33. Chinapah, V. and Miron, G., “Evaluating Educational Programmes and Projects: Holistic and Practical Considerations. Socio-economic Studies”, no.15, Paris, 1990.
34. Clark, D., Jacobsen, V., Romkey, J. and Salwen, H., “An Analysis of TCP Processing Overhead”, *IEEE Communications Magazine*, vol.27(6), pp.23 – 29, 1989.
35. Dutton, W., Cheong, P. and Park N., “The Social Shaping of a Virtual Learning Environment: The Case of a University-wide Course Management System” *Electronic Journal of e-Learning*, vol.2(1), pp.69-80, 2004.
36. Edelson, P., *The Future of Online Education in the USA*, University of Lapland Rovaniemi, Finland, 2004.
37. Educational Review Office, “E-learning in secondary schools”, February, 1995.
38. Jakobs, K., “OSI addressing strategies”, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol.17(3), pp.7 – 12, 1987.
39. Kalogiannakis, M., Vassilakis, K. and Psarros, M., “Teacher’s Role in a Changing Education. A Case Study of Asynchronous Education at Technological Education Institute (TEI) of Crete”, *Proceedings of the 2nd International Conference Hands-on Science: Science in a changing Education, HSci2005, Rethymno, 2005.*
40. Liaw, S., Huang, H. and Chen, G., “Surveying instructor and learner attitudes toward e-learning”, *Computers and Education*, Article in Press, 2006.

41. Molle, M. and Watson, Gr., “100Base-T/IEEE 802.12/Packet Switching”, *IEEE Communications Magazine*, vol.34(8), pp.64 – 73, 1996.
42. Moore, M., Kearsley Gr., *Distance Education: A Systems View, U.S.A., Wadsworth Publishing Company*, (An International Thomson Publishing Company), 1996.
43. Muirhead, W., “Online education in schools”, *The International Journal of Educational Management*, pp.315-324, 2000.
44. Muller, N. J. και Davidson, R. P., *LANS to WANs: Network Management in the 1990s*, Artech House, 1990.
45. Natarajan, N. and Slawsky, G. “A Framework Architecture for Multimedia Information Networks”, *IEEE Communications Magazine*, vol.30(2), pp.97 – 104, 1992.
46. Owston, R.D., “The World Wide Web: A Technology to Enhance Teaching and Learning”, *Educational Researcher*, vol.26(2), pp.27-33, 1997.
47. Pituch, K. and Lee, Y., “The influence of system characteristics on e-learning use”, *Computers and Education*, Article in Press, 2004.
48. Pountourakis, I., “Optimal bandwidth allocation and stability of high-speed networks for CSMA/CD protocols”, *Journal of Systems Architecture*, vol.46(13), pp.1253-1256, 2000.
49. Rabiee, M., “Local Area Network in Manufacturing”, *Journal of Industrial Technology*, vol.15(2), 1999.
50. Race, Ph., *Το εγχειρίδιο της Ανοιχτής Εκπαίδευσης*. Μεταίχμιο, Αθήνα, 1999.
51. Race, Ph., *500 Πρακτικές Συμβουλές για την Ανοικτή και Ευέλικτη Εκπαίδευση*, Εκδ. Μεταίχμιο, Αθήνα, 2001.
52. Rogers, Al., *Η εκπαίδευση Ενηλίκων*. Μεταίχμιο, Αθήνα, 1999.
53. Ross, F., “An Overview of FDDI: The Fiber Distributed Data Interface”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.7(7), pp.1043 – 1051, 1989.
54. Ross, F. and Vaman, D., “IsoEthernet: An Integrated Services LAN”, *IEEE Communications Magazine*, vol.34(8), pp.74 – 76, 1996.

55. Rowntree, D., *Preparing Materials for open, distance and flexible learning: An action guide for teachers and trainers*, Εκδ. Kogan Page, London, 1994.
56. Saunders, S., “Choosing High Speed LAN’s”, *Data Communications*, pp.58-70, 1993.
57. Sherif, M., “Multimedia Networks and the Public Switched Telephone Network”, *IEEE Communications Magazine*, vol.34(1), pp.92 – 94, 1996.
58. Shimada, K., “Fast Talk About Fast Ethernet”, *Data Communications*, pp.21-22, 1994.
59. Spurlock-Johnson, J., Zhang, W. and Allen-Haynes, L., “Can E-learning Replace the Traditional Classroom? A Case Study at A Private High School”, Southern University at New Orleans, 2004.
60. Stallings, W., *Local and metropolitan area networks*, 5th edition, Prentice Hall, 1996.
61. Tanenbaum, S. A., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2000.
62. Tanenbaum, S. A., *Computer Networks*, Prentice-Hall Inc., 1996.
63. Vassilakis, K., Kalogiannakis, M. and Psarros, M., “Asynchronous tele-teaching at TEI of Crete. Primary results of an empirical research”, *Proceedings of the 4th International Conference: Cew Horizons in Industry, Business and Education*, Corfu, August 25-26, 2005.
64. Volery, Th. and Lord, D., “Critical success factors in online education”, *The International Journal of Educational Management*, pp.216-223, 2000.
65. Watson, G. et al., “The Demand Priority MAC Protocol”, *IEEE Network*, vol.9(1), pp.28-34, 1997.



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## Λύσεις των ερωτήσεων αυτοαξιολόγησης

### Ενότητα 1:

**Ερώτηση 1:** Ποια είναι τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών;

**Απάντηση:** Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών, περιλαμβάνουν τόσο το υλικό (hardware) που συμμετέχει στο δίκτυο (και πιο συγκεκριμένα τους κόμβους επικοινωνίας, τα μέσα μετάδοσης και τις συσκευές διασύνδεσης), όσο και το λογισμικό (software) που επιτρέπει τη λειτουργία του δικτύου, και που συνήθως περιλαμβάνει το λειτουργικό σύστημα δικτύου (Network Operating System, NOS) εφοδιασμένο με τα κατάλληλα πρωτόκολλα επικοινωνίας (communication protocols) καθώς και τις εφαρμογές εκείνες οι οποίες στηρίζουν τη λειτουργία τους στη χρήση του δικτύου.

Οι κόμβοι επικοινωνίας (hosts) είναι ηλεκτρονικά συστήματα που διαθέτουν τουλάχιστον επεξεργαστή και μνήμη. Ο βασικός τους ρόλος είναι να στέλνουν σωστά τα δεδομένα στο δίκτυο, να ελέγχουν την κυκλοφορία του δικτύου, να διορθώνουν σφάλματα που ενδέχεται να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, και να ενισχύουν το σήμα εάν αυτό παρουσιάσει εξασθένηση λόγω της μετάδοσης.

Τα μέσα μετάδοσης είναι κατά τα γνωστά υπεύθυνα για τη μεταφορά των δεδομένων μέσα στο δίκτυο, και μπορεί να είναι τόσο ενσύρματα (wire) όσο και ασύρματα (wireless), ενώ τέλος οι διατάξεις διασύνδεσης, χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των συσκευών και τη μεταφορά των πληροφοριών ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου. Τυπικές λειτουργίες που εκτελούν αυτού του είδους οι διατάξεις, είναι η διαμόρφωση (modulation) και η αποδιαμόρφωση (demodulation), καθώς και ο έλεγχος της ορθότητας των μεταφερόμενων δεδομένων.

Από την άλλη πλευρά, το λογισμικό που χρησιμοποιείται σε ένα δίκτυο υπολογιστών, περιλαμβάνει τόσο το λογισμικό δικτύου όσο και το λογισμικό εφαρμογών. Το λογισμικό δικτύου είναι υπεύθυνο για την αποκατάσταση της σύνδεσης και για τον έλεγχο και την εκχώρηση δικαιωμάτων πρόσβασης στους χρήστες του δικτύου. Τέλος το λογισμικό εφαρμογών είναι ένα σύνολο δικτυακών εφαρμογών των οποίων η λειτουργία στηρίζεται αποκλειστικά στη χρήση του δικτύου, όπως είναι για παράδειγμα το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail).

**Ερώτηση 2: Ποιος είναι ο ρόλος των κόμβων σε ένα δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών;**

**Απάντηση:** Σε ένα δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι κόμβοι (nodes) είναι ηλεκτρονικά συστήματα, που διαθέτουν τουλάχιστον επεξεργαστή και μνήμη. Στην πράξη ένας κόμβος μπορεί να είναι ένα σύστημα υπολογιστών, σταθμοί αναμετάδοσης ραδιοκυμάτων – μικροκυμάτων, επίγειοι δορυφορικοί σταθμοί που αναμεταδίδουν και αποκωδικοποιούν δορυφορικά σήματα, ή τέλος, ένας απλός ηλεκτρονικός υπολογιστής οποιουδήποτε είδους και μεγέθους. Οι κόμβοι χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δύο ή περισσότερων γραμμών μετάδοσης. Ο ρόλος τους είναι να στέλνουν σωστά τα δεδομένα στον προορισμό τους, και να ελέγχουν την κυκλοφορία στο δίκτυο. Επίσης πολλές φορές διορθώνουν σφάλματα που παρουσιάζονται στα δεδομένα, ενισχύουν σήματα που εξασθενούν από την απόσταση την οποία έχουν διανύσει και ειδοποιούν τον αποστολέα για ενδεχόμενες απώλειες δεδομένων.

**Ερώτηση 3: Πως ταξινομούνται τα δίκτυα υπολογιστών κατά IEEE και ποια είναι τα κυριότερα κριτήρια βάση των οποίων γίνεται αυτή η ταξινόμηση;**

**Απάντηση:** Τα δίκτυα υπολογιστών μπορούν να διαχωριστούν σε πολλές κατηγορίες με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά τους. Αν και τα χαρακτηριστικά αυτά γενικά ποικίλλουν από δίκτυο σε δίκτυο, πολλά από αυτά μπορούν να υπάρχουν αυτόνομα, ή σε συνδυασμό με άλλα, προκειμένου να γίνει κάποιας μορφής ταξινόμηση. Μιλώντας γενικά, τα δίκτυα υπολογιστών μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- \* Ταξινόμηση ως προς το μέσο μετάδοσης: η ταξινόμηση των δικτύων υπολογιστών με κριτήριο το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιούν, περιλαμβάνει το διαχωρισμό τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα ενσύρματα δίκτυα (wire networks), που περιλαμβάνουν ενσύρματα μέσα μετάδοσης όπως είναι τα συνεστραμμένα καλώδια (twisted pairs), τα ομοαξονικά καλώδια (coaxial cables) και οι οπτικές ίνες (fiber optics), και τα ασύρματα δίκτυα (wireless networks), που περιλαμβάνουν ασύρματα μέσα μετάδοσης, όπως είναι η ατμόσφαιρα της γης και το διάστημα.
- \* Ταξινόμηση ως προς το είδος της σύνδεσης: ανάλογα με το είδος της σύνδεσης που χρησιμοποιείται, τα δίκτυα υπολογιστών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: Στα δίκτυα που χρησιμοποιούν συνδέσμους από σημείο σε σημείο (point-to-point connection), και στα δίκτυα που χρησιμοποιούν συνδέσμους εκπομπής (broadcast connection). Στην πρώτη περίπτωση λαμβάνει χώρα άμεση επικοινωνία μεταξύ δύο συγκεκριμένων κόμβων του δικτύου και δια της χρήσης κάποιας γραμμής επικοινωνίας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει ένα και μοναδικό κανάλι επικοινωνίας πάνω στο οποίο συνδέονται όλοι οι υπολογιστές του δικτύου, με αποτέλεσμα, κάθε μήνυμα που αποστέλλεται προς ένα συγκεκριμένο σταθμό, να παραλαμβάνεται από όλους τους σταθμούς που βρίσκονται συνδεδεμένοι στο δίκτυο.
- \* Ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη: με βάση την έκταση που καταλαμβάνουν τα δίκτυα υπολογιστών, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: Στα τοπικά δίκτυα (Local Area Networks), στα μητροπολιτικά δίκτυα (Metropolitan Area Networks) και τα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks).
- \* Ταξινόμηση ως προς την τοπολογία: οι πιο γνωστές τοπολογίες δικτύων που χρησιμοποιούνται σήμερα, περιλαμβάνουν την τοπολογία διαύλου, λεωφόρου ή αρτηρίας (bus), την τοπολογία δακτυλίου (ring), την τοπολογία αστέρα (star), την τοπολογία δέντρου (tree), την τοπολογία πλέγματος (mesh), και τη μεικτή τοπολογία (mixed).
- \* Ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία: τα δίκτυα υπολογιστών με βάση την τεχνολογία μπορούν να ακολουθούν τα πρότυπα RS-232C και SDLC

(Synchronous Data Link Control) όσον αφορά τη σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία αντίστοιχα μεταξύ μόνο δύο υπολογιστών.

**Ερώτηση 4: Τι είναι οι συνδέσεις εκπομπής; Δώστε ορισμένα παραδείγματα δικτύων της κατηγορίας αυτής.**

**Απάντηση:** Το βασικό χαρακτηριστικό της σύνδεσης εκπομπής (broadcastconnection), είναι η ταυτόχρονη επικοινωνία περισσότερων από δύο κόμβων. Τα δίκτυα εκπομπής διαθέτουν ένα και μοναδικό κανάλι επικοινωνίας, το οποίο μοιράζονται όλοι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Αποτέλεσμα αυτής της σύνδεσης, είναι ότι το κάθε μήνυμα που αποστέλλεται σε κάποιο σταθμό, παραλαμβάνεται από όλους ανεξαρτήτως τους χρήστες που βρίσκονται συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Για το λόγο αυτό ο σύνδεσμος αυτής της μορφής, λέγεται και σύνδεσμος σημείου με πολλαπλά σημεία (point to multipoint connection). Το μήνυμα που στέλνεται από ένα κόμβο σε ένα άλλο, είναι εφοδιασμένο με τη διεύθυνση του παραλήπτη, και λαμβάνεται από όλους τους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Όταν ένας κόμβος δεχθεί το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη. Αν η διεύθυνσή του ταυτίζεται με τη διεύθυνση του παραλήπτη, τότε παραλαμβάνει το μήνυμα, διαφορετικά το αγνοεί. Παραδείγματα δικτύων εκπομπής είναι τα δίκτυα του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης, ενώ περιοριζόμενοι στην περίπτωση των δικτύων υπολογιστών, τέτοια δίκτυα είναι για παράδειγμα αυτά που ακολουθούν την τοπολογία αρτηρίας.

**Ερώτηση 5: Τι είναι οι συνδέσεις σημείου προς σημείου; Δώστε παραδείγματα δικτύων της κατηγορίας αυτής.**

**Απάντηση:** Το βασικό χαρακτηριστικό της σύνδεσης από σημείο σε σημείο (point-to-point connection), είναι η σύνδεση μόνο δύο κόμβων κάθε φορά. Πρόκειται για την απλούστερη μορφή επικοινωνίας μεταξύ δύο κόμβων, που επιτυγχάνεται με απευθείας σύνδεσή τους με κάποια γραμμή επικοινωνίας. Όταν δύο κόμβοι δεν επικοινωνούν με απευθείας σύνδεση, έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνήσουν μέσω κάποιων άλλων κόμβων, με αποτέλεσμα η επικοινωνία να γίνεται τμηματικά. Φυσικά δεν είναι απαραίτητο η επικοινωνία δύο κόμβων να γίνεται πάντα μέσω των ίδιων

γραμμών μετάδοσης, αφού είναι δυνατόν να αλλάξει η διαδρομή για διάφορους λόγους. Στο πλαίσιο αυτό, έχουν αναπτυχθεί ειδικές τεχνικές για τον έλεγχο και τον καθορισμό της δρομολόγησης των δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Γνωστά δίκτυα με συνδέσεις από σημείο σε σημείο, είναι τα δίκτυα δεδομένων ευρείας περιοχής, το διαδίκτυο, καθώς και άλλα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπως για παράδειγμα το τηλεφωνικό δίκτυο και τα παλαιά τηλεγραφικά δίκτυα. Από τις γνωστές τοπολογίες δικτύων που έχουν μελετηθεί, η τοπολογία αστέρα και η τοπολογία δέντρου, είναι παραδείγματα τοπολογιών που λειτουργούν με σύνδεση από σημείο σε σημείο.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

## **Ενότητα 2:**

**Ερώτηση 1: Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά ενός τοπικού δικτύου, μητροπολιτικού δικτύου και δικτύου ευρείας περιοχής;**

**Απάντηση:**

Ένα τοπικό δίκτυο έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- \* Γεωγραφική κάλυψη: 0 - 100 km
- \* Αριθμός υπολογιστών: περίπου 1.000
- \* Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων: 1 Mbps - 1 Gbps
- \* Ρυθμός λαθών: 1 bit στα  $10^9$  bits
- \* Καθυστερήση μετάδοσης: 1 - 100 ms
- \* Συντελεστής σύζευξης:  $0 < \alpha < < 1$

Ένα μητροπολιτικό δίκτυο διαθέτει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- \* Γεωγραφική κάλυψη: 100 - 200 km
- \* Αριθμός υπολογιστών: 5.000 - 10.000

- \* Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων: 100 Mbps
- \* Ρυθμός λαθών: 1 bit στα  $10^9$  bits
- \* Καθυστέρηση μετάδοσης: 1 - 100 ms
- \* Συντελεστής σύζευξης: περίπου 1 ( $0,1 < \alpha < 10$ )

Τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου ευρείας περιοχής είναι τα ακόλουθα:

- \* Γεωγραφική κάλυψη:  $>200$  km
- \* Αριθμός υπολογιστών:  $>10.000$
- \* Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων:  $>1$  Mbps
- \* Ρυθμός λαθών: 1 bit στα  $10^6$  bits
- \* Καθυστέρηση μετάδοσης: 100 - 1.000 ms
- \* Συντελεστής σύζευξης:  $\alpha \gg 1$

**Ερώτηση 2: Ποια τα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων; Αναφέρετε παραδείγματα.**

**Απάντηση:** Τα ασύρματα δίκτυα έχουν πολλές χρήσεις. Μια συνηθισμένη είναι το φορητό γραφείο. Επίσης, τα ασύρματα δίκτυα είναι πολύτιμα για στόλους φορητών, ταξί, λεωφορεία ώστε να διατηρούν επαφή με τη βάση τους αλλά και για συνεργεία διάσωσης σε περιοχές που συνέβησαν καταστροφές, όπου το τηλεφωνικό σύστημα έχει καταστραφεί. Τέλος, τα ασύρματα δίκτυα είναι σημαντικά για το στρατό.

Τα ασύρματα δίκτυα εμφανίζονται με πολλές μορφές. Μερικά πανεπιστήμια εγκαθιστούν κεραιές σε όλη την έκταση των εγκαταστάσεών τους, ώστε να μπορούν οι φοιτητές από οπουδήποτε κι αν βρίσκονται να συμβουλευονται τους καταλόγους της βιβλιοθήκης. Οι υπολογιστές εδώ επικοινωνούν άμεσα με τα ασύρματα LAN σε ψηφιακή μορφή. Τέλος, είναι δυνατό να έχουμε διαφορετικούς συνδυασμούς ασύρματης και ενσύρματης δικτύωσης. Οι τεχνολογίες που υπάρχουν στην ασύρματη πρόσβαση είναι: η κινητή τηλεφωνία, η ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση όπως το Bluetooth, η ψηφιακή τηλεόραση καθώς και άλλες.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

### **Ενότητα 3:**

#### **Ερώτηση 1: Τι είναι τα πρωτόκολλα επικοινωνίας;**

**Απάντηση:** Όπως είναι γνωστό από τη βασική θεωρία, σε ένα δίκτυο υπολογιστών, μπορούν να συνδεθούν υπολογιστικές διατάξεις, οι οποίες γενικά δεν είναι συμβατές μεταξύ τους. Αυτού του είδους η ασυμβατότητα (incompatibility) επιβάλλει την υιοθέτηση κάποιων κοινών κανόνων επικοινωνίας τους οποίους θα πρέπει να ακολουθήσουν οι υπολογιστές που συνδέονται στο δίκτυο, προκειμένου να γίνει δυνατή η επικοινωνία ανάμεσά τους. Το σύνολο όλων αυτών των κοινών κανόνων, ονομάζεται πρωτόκολλο επικοινωνίας (communication protocol). Υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις περιστάσεις, όπως είναι το πρωτόκολλο IPX/SPX της Novell Corporation, το πρωτόκολλο Apple Talk της Apple και φυσικά, το TCP/IP που είναι και το πιο γνωστό πρωτόκολλο και χρησιμοποιείται για τη σύνδεση ενός υπολογιστή στο παγκόσμιο διαδίκτυο. Λόγω της σημαντικής πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τη σχεδίαση και τη λειτουργία ενός πρωτοκόλλου, η υλοποίησή τους λαμβάνει χώρα σε στρώματα ή επίπεδα (layers) κάθε ένα εκ των οποίων έχει ένα εντελώς συγκεκριμένο ρόλο, και προσφέρει υπηρεσίες στα επίπεδα που βρίσκονται πάνω από αυτό. Το σύνολο των μορφών επεξεργασίας που εφαρμόζονται πάνω στην διακινούμενη πληροφορία από κάποιο επίπεδο, ονομάζεται πρωτόκολλο (protocol) αυτού του επιπέδου, ενώ το σύνολο των κανόνων που περιγράφουν τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ δύο διαδοχικών επιπέδων, ονομάζεται διασύνδεση ή διεπαφή (interface) ανάμεσα στα δύο επίπεδα. Το σύνολο όλων των πρωτοκόλλων και όλων των διασυνδέσεων, ονομάζεται αρχιτεκτονική δικτύου (network architecture).

## **Ερώτηση 2: Ποιες είναι οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας;**

**Απάντηση:** Οι βασικές λειτουργίες που πραγματοποιούνται από τα διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας πάνω στα διακινούμενα πακέτα πληροφορίας, σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες:

- \* Κατάτμηση μηνυμάτων (segmentation ή fragmentation): περιλαμβάνει το διαχωρισμό των διακινούμενων πακέτων σε μικρότερες ομάδες δεδομένων (frames) οι οποίες μεταφέρονται δια μέσου του δικτύου και ακολουθώντας γενικά διαφορετικές διαδρομές. Αυτού του είδους ο διαχωρισμός βελτιώνει σημαντικά την απόδοση του δικτύου και οδηγεί σε πιο ασφαλή και σε πιο αξιόπιστη μετάδοση.
- \* Επανασύνθεση (re-assembly): είναι η αντίθετη λειτουργία της κατάτμησης, πραγματοποιείται από τον υπολογιστή παραλήπτη, και περιλαμβάνει τη συνένωση των πακέτων δεδομένων, έτσι ώστε να σχηματιστεί το αρχικό μήνυμα. Εάν τα πακέτα δεδομένων έχουν φτάσει στον παραλήπτη με διαφορετική σειρά από εκείνη που εστάλησαν, θα πρέπει πριν την επανασύνθεσή τους να διαταχθούν με τη σωστή σειρά.
- \* Ενθυλάκωση (encapsulation): η διαδικασία της ενθυλάκωσης πραγματοποιείται σε κάθε επίπεδο, και περιλαμβάνει την προσθήκη επί του πακέτου μιας επικεφαλίδας (header) συγκεκριμένου μεγέθους, η οποία περιέχει πληροφορίες ελέγχου, σχετικές με το είδος της επεξεργασίας που εφαρμόστηκε πάνω στο πακέτο. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να αφορούν διευθύνσεις υπολογιστών, χαρακτήρες ανίχνευσης λαθών, και ειδικούς χαρακτήρες συγχρονισμού και ελέγχου.
- \* Έλεγχος σύνδεσης (connection control): η λειτουργία αυτή είναι υπεύθυνη για την αποκατάσταση και τον τερματισμό της σύνδεσης μεταξύ δύο υπολογιστών, καθώς και για την ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσά τους.
- \* Έλεγχος ροής (flow control): χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του μέγιστου ρυθμού μεταφοράς δεδομένων από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη, έτσι ώστε ο τελευταίος να προλαβαίνει να διαβάσει τα πακέτα δεδομένων που λαμβάνει από τον αποστολέα.



- \* Ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων (error correction και error detection): πρόκειται για μια από τις πιο βασικές λειτουργίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, και έχει ως στόχο να ανιχνεύσει σφάλματα που ενδέχεται να προκύψουν κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, και εάν είναι δυνατόν να προχωρήσει στη διόρθωσή τους. Εάν η αυτόματη διόρθωση δεν είναι δυνατή, ο παραλήπτης ζητά από τον αποστολέα να του ξαναστείλει το εσφαλμένο πακέτο δεδομένων προκειμένου να το παραλάβει σωστά.
- \* Τμηματοποίηση: περιλαμβάνει την αρίθμηση (enumeration) των πακέτων δεδομένων (frames) που πραγματοποιείται δια της απόδοσης ενός αύξοντος αριθμού σε κάθε ένα από αυτά, έτσι ώστε εάν αυτά δεν φτάσουν στον παραλήπτη με τη σωστή σειρά, να είναι δυνατή η ταξινόμησή τους πριν την επανασύνθεσή τους.
- \* Διευθυνσιοδότηση: η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την προσθήκη της διεύθυνσης του παραλήπτη σε κάθε ένα από τα διακινούμενα πακέτα δεδομένων, έτσι ώστε αυτά να φτάσουν σωστά στον υπολογιστή παραλήπτη.
- \* Προτεραιότητα διεκπεραίωσης: σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν κάποιο πακέτο δεδομένων, να λάβει μεγαλύτερη προτεραιότητα (priority) σε σχέση με κάποιο άλλο, έτσι ώστε να εξυπηρετηθεί πιο γρήγορα από το δίκτυο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απόδοση τέτοιας προτεραιότητας στα μηνύματα που στέλνουμε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- \* Ασφάλεια (security): πρόκειται για μια από τις πιο σημαντικές υπηρεσίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, και ο βασικός της ρόλος είναι να διασφαλίσει πως τα πακέτα δεδομένων θα φτάσουν στον παραλήπτη με τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια και προστατευμένα από αλλοιώσεις, υποκλοπές, και οτιδήποτε άλλο που θα μπορούσε να επηρεάσει την αξιοπιστία τους και την ορθότητά τους.
- \* Συγχρονισμός (synchronization): ο συγχρονισμός ανάμεσα στον πομπό και στο δέκτη είναι αναγκαία προϋπόθεση για την επιτυχή μετάδοση δεδομένων, διότι εξασφαλίζει πως ο δέκτης είναι σε θέση να καθορίσει την έναρξη του πακέτου δεδομένων, έτσι ώστε να μπορεί να διαγράψει τις πρόσθετες επικεφαλίδες που προστίθενται στο μήνυμα, καθώς περνά από όλα τα επίπεδα του υπολογιστή αποστολέα.

### **Ερώτηση 3: Τι είναι διεπαφή και τι υπηρεσία;**

**Απάντηση:** Σε ένα πολυεπίπεδο πρωτόκολλο επικοινωνίας (multiplayer communication protocol), το κάθε επίπεδο πραγματοποιεί πάνω στα διακινούμενα πακέτα ένα συγκεκριμένο είδος επεξεργασίας, χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζει τι ακριβώς γίνεται στα άλλα επίπεδα του πρωτοκόλλου. Το μόνο πράγμα που χρειάζεται να ξέρει, είναι τι ακριβώς του στέλνει το γειτονικό του επίπεδο, έτσι ώστε να μπορέσει να το διαβάσει και στη συνέχεια να το επεξεργαστεί με το δικό του τρόπο. Το σύνολο των κανόνων που καθορίζουν τις λειτουργίες και υπηρεσίες που ένα επίπεδο προσφέρει στο αμέσως ανώτερό του, ονομάζεται διεπαφή ή διασύνδεση (interface) ανάμεσα στα δύο επίπεδα. Επειδή αυτού του είδους οι διασυνδέσεις είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα της επικοινωνίας, είναι σημαντικό να ορίζονται με μεγάλη ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει μια δομή πέντε επιπέδων στην οποία φαίνονται τα πρωτόκολλα και οι διασυνδέσεις αυτών των επιπέδων, το σύνολο των οποίων όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ορίζεται ως η αρχιτεκτονική του δικτύου.

Σε ένα δίκτυο επικοινωνιών, η έννοια της διεπαφής (interface) είναι στενά συνδεδεμένη με την έννοια της υπηρεσίας (service), δεδομένου πως ο βασικός ρόλος της διεπαφής μεταξύ δύο επιπέδων, είναι η παροχή υπηρεσιών από το κατώτερο στο ανώτερο επίπεδο. Αυτές οι υπηρεσίες, μπορούν γενικά να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στις υπηρεσίες με σύνδεση (connection oriented services), και στις υπηρεσίες χωρίς σύνδεση (connectionless services). Οι υπηρεσίες της πρώτης κατηγορίας λειτουργούν όπως το τηλεφωνικό σύστημα, και απαιτούν την αποκατάσταση της επικοινωνίας ανάμεσα στους δύο υπολογιστές πριν την έναρξη της διαδικασίας μεταφοράς δεδομένων. Οι υπηρεσίες της δεύτερης κατηγορίας λειτουργούν όπως το ταχυδρομικό σύστημα και στέλνουν την πληροφορία στον παραλήπτη χωρίς αρχικά να αποκαθιστούν την επικοινωνία μαζί του. Σε ένα σύστημα επικοινωνίας απαιτείται τουλάχιστον μια υπηρεσία με σύνδεση προκειμένου να επιβεβαιώνει πως τα δεδομένα που στάλθηκαν από τον πομπό, παραλήφθηκαν πράγματι από τον δέκτη.

#### **Ερώτηση 4: Ποια είναι τα κύρια είδη υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρει ένα επίπεδο;**

**Απάντηση:** Οι δυο βασικές κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι υπηρεσίες εκείνες που ένα επίπεδο προσφέρει στο αμέσως ανώτερό του, είναι οι υπηρεσίες με σύνδεση (connection oriented services), και οι υπηρεσίες χωρίς σύνδεση (connectionless services). Οι υπηρεσίες προσανατολισμένες στη σύνδεση, απαιτούν την αποκατάσταση της επικοινωνίας ανάμεσα στους δύο υπολογιστές, πριν την έναρξη της μετάδοσης δεδομένων. Αυτό σημαίνει πως πριν ο αποστολέας αρχίσει να στέλνει δεδομένα στον παραλήπτη, επιλέγεται και δεσμεύεται μια διαδρομή μέσα στο δίκτυο, και στη συνέχεια τα δεδομένα προς μετάδοση, φτάνουν στον παραλήπτη χρησιμοποιώντας αυτή τη διαδρομή. Με άλλα λόγια αυτό το είδος της σύνδεσης λειτουργεί ως ένας σωλήνας τον οποίο ο αποστολέας τροφοδοτεί με αντικείμενα από το ένα άκρο και ο παραλήπτης τα λαμβάνει στο άλλο άκρο. Αυτό φυσικά σημαίνει πως η σειρά παραλαβής των δεδομένων ταυτίζεται με τη σειρά αποστολής τους. Από την άλλη πλευρά, στην υπηρεσία χωρίς σύνδεση, δεν λαμβάνει χώρα αποκατάσταση της επικοινωνίας ανάμεσα στους δύο υπολογιστές, αλλά το κάθε πακέτο δρομολογείται από το σύστημα ανεξάρτητα από τα άλλα πακέτα, και φέροντας πάνω του τη διεύθυνση του παραλήπτη. Αυτή η δρομολόγηση του πακέτου, γίνεται χωρίς προηγουμένως να καθοριστεί κάποια διαδρομή μέσα στο δίκτυο, όπως γίνεται στην υπηρεσία με σύνδεση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ορισμένα πακέτα που φεύγουν μετά από κάποια άλλα να παραλαμβάνονται πρώτα. Στην περίπτωση αυτή ο παραλήπτης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα πριν τα συναρμολογήσει, να τα τοποθετήσει με τη σωστή σειρά.

Παραλλαγές αυτών των δύο βασικών υπηρεσιών, είναι οι υπηρεσίες χωρίς σύνδεση αλλά με χρήση επιβεβαίωσης (Acknowledged connectionless services) καθώς και οι υπηρεσίες με σύνδεση χωρίς τον έλεγχο της κατάστασης λειτουργίας του παραλήπτη (Unconfirmed Connection Oriented Services). Στην πρώτη περίπτωση, ο αποστολέας μεταδίδει τα δεδομένα όπως ακριβώς και στην υπηρεσία χωρίς σύνδεση, αλλά επιπλέον ζητά επιβεβαίωση (acknowledgment) από τον παραλήπτη ότι το πακέτο που του έστειλε έφτασε σωστά. Στη δεύτερη περίπτωση - η οποία είναι μια παραλλαγή της υπηρεσίας με σύνδεση - ο αποστολέας μεταδίδει τα δεδομένα στον παραλήπτη

όπως ακριβώς έχει περιγραφεί στις υπηρεσίες με σύνδεση, αλλά χωρίς προηγουμένως να πιστοποιήσει πως ο παραλήπτης είναι σε λειτουργία έτσι ώστε να παραλάβει τα διακινούμενα πακέτα.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

## **Ενότητα 4:**

**Ερώτηση 1: Να περιγράψεις περιληπτικά το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (OSI).**

**Απάντηση:** Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open System Interconnection Reference Model), αναπτύχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Standards Organization, ISO), και ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων. Στόχος της ανάπτυξης αυτού του μοντέλου ήταν η δυνατότητα επικοινωνίας των συστημάτων που προερχόταν από διαφορετικούς κατασκευαστές, και η υποστήριξη συστημάτων καταναμημένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό.

Το μοντέλο του OSI αποτελείται από επτά επίπεδα ή στρώματα (layers) τα οποία είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, και κάθε ένα εκ των οποίων υλοποιεί και ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Επιπλέον με βάση τα όσα έχουμε ήδη αναφέρει, το κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, και προσφέρει με τη σειρά του κάποιες υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερό του επίπεδο. Τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω, φέρουν τα ακόλουθα ονόματα:

- \* Φυσικό επίπεδο (physical layer): καθορίζει τα χαρακτηριστικά της επικοινωνίας και τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης.
- \* Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (data link layer): αναλαμβάνει την προσαρμογή των δεδομένων, και τη μεταφορά τους στο μέσο μετάδοσης.

- \* Επίπεδο δικτύου (network layer): είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση και διευθυνσιοδότηση των διακινούμενων πακέτων δεδομένων.
- \* Επίπεδο μεταφοράς (transport layer): αναλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων από το ένα άκρο του δικτύου στο άλλο.
- \* Επίπεδο συνόδου (session layer): είναι υπεύθυνο για την αποκατάσταση και τον τερματισμό των συνδέσεων του επιπέδου μεταφοράς.
- \* Επίπεδο παρουσίασης (presentation layer): είναι υπεύθυνο για την μορφοποίηση και την κωδικοποίηση των δεδομένων.
- \* Επίπεδο εφαρμογής (application layer): περιλαμβάνει τις δικτυακές εφαρμογές μέσω των οποίων οι χρήστες χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες του δικτύου.

**Ερώτηση 2: Να περιγράψεις περιληπτικά τις κύριες λειτουργίες των επτά επιπέδων του OSI.**

**Απάντηση:** Οι κύριες λειτουργίες των επτά επιπέδων του μοντέλου αναφοράς OSI σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες:

- \* Φυσικό επίπεδο (physical layer): είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή των δυαδικών ψηφίων που περιλαμβάνονται στο πακέτο δεδομένων, σε σήμα κατάλληλο για μετάδοση από το μέσο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται. Επιπλέον καθορίζει τεχνικά χαρακτηριστικά της επικοινωνίας, όπως είναι για παράδειγμα οι τιμές της τάσης που θα χρησιμοποιηθούν για το μηδέν και το ένα, η χρονική διάρκεια του κάθε bit, ο τύπος της επικοινωνίας (μονόπλευρη, ημίπλευρη, αμφίπλευρη), ο τρόπος αποκατάστασης και τερματισμού της σύνδεσης, καθώς και το πλήθος και είδος των ακροδεκτών που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και τη λήψη των δεδομένων.
- \* Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (data link layer): ο βασικός του ρόλος είναι η διασφάλιση μιας μετάδοσης χωρίς σφάλματα, και ως εκ τούτου η κύρια λειτουργία που επιτελεί είναι η ανίχνευση και η διόρθωση σφαλμάτων. Πιο συγκεκριμένα, αναλαμβάνει να επαναμεταδώσει τα εσφαλμένα πακέτα δεδομένων, να αναγνωρίσει και να απομακρύνει πλαίσια που έχουν φτάσει δύο ή περισσότερες φορές, να ελέγξει τη ροή της μετάδοσης δεδομένων (flow

control) και να διαχειριστεί τα μηνύματα επιβεβαίωσης (acknowledgment frames) που του αποστέλλει ο παραλήπτης κάθε φορά που λαμβάνει χώρα επιτυχή μετάδοση ενός πακέτου. Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων, αποτελείται από δύο υποεπίπεδα, το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control, MAC), που καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης των σταθμών στο δίκτυο και επικοινωνεί με το φυσικό επίπεδο, και το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής (Logical Link Control, LCC), που επικοινωνεί με το επίπεδο δικτύου.

- \* Επίπεδο δικτύου (network layer): η βασική λειτουργία αυτού του επιπέδου, είναι η διευθυνσιοδότηση των υπολογιστών του δικτύου – δηλαδή η απόδοση μιας μοναδικής διεύθυνσης σε κάθε έναν από αυτούς – καθώς επίσης και η δρομολόγηση, απαρίθμηση και ταξινόμηση των πακέτων δεδομένων. Επιπλέον είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπιση προβλημάτων συμφόρησης (congestion) που παρατηρούνται όταν σε κάποιο υπολογιστή φτάνουν πολύ περισσότερα πακέτα από όσα πραγματικά αυτός μπορεί να δεχθεί, καθώς επίσης και για τη χρέωση (charge) των υπηρεσιών του δικτύου στην περίπτωση που αυτό είναι ιδιωτικό (private).
- \* Επίπεδο μεταφοράς (transport layer): η βασική λειτουργία του επιπέδου μεταφοράς είναι η παραλαβή των δεδομένων από το επίπεδο συνόδου, ο τεμαχισμός τους (αν χρειαστεί) σε μικρότερες μονάδες, η παράδοσή τους στο επίπεδο δικτύου, και η διασφάλιση, ότι όλες οι μονάδες θα φτάσουν σωστά στην άλλη πλευρά. Επιπλέον, αποκαθιστά και τερματίζει τη σύνδεση στο επίπεδό του, επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την ποιότητα εξυπηρέτησης της σύνδεσης, ελέγχει τη ροή των δεδομένων, και παρέχει δυνατότητα πολυπλεξίας όπου αυτό είναι αναγκαίο.
- \* Επίπεδο συνόδου (session layer): το επίπεδο συνόδου επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών υπολογιστών να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Για να γίνει δυνατή μια τέτοια σύνδεση, το επίπεδο συνόδου πραγματοποιεί μια σειρά από διαδικασίες όπως είναι η εξακρίβωση της ταυτότητας του χρήστη, η εξακρίβωση της ποιότητας της συνόδου, ο έλεγχος της ανταλλαγής δεδομένων, και η διαχείριση του κουπονιού (token) που χρησιμοποιείται

προκειμένου ο κάθε χρήστης να μπορεί να προσπελαύνει το δίκτυο, χωρίς να έρχεται σε σύγκρουση με άλλους σταθμούς που επιχειρούν να κάνουν το ίδιο.

- \* Επίπεδο παρουσίασης (presentation layer): το επίπεδο παρουσίασης ασχολείται με την ορθότητα της σύνταξης και της αναπαράστασης των δεδομένων έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν οι εφαρμογές των σταθμών του δικτύου. Αυτό εμφανίζεται συνήθως σε περιπτώσεις κατά τις οποίες οι δύο σταθμοί χρησιμοποιούν διαφορετικούς κώδικες αναπαράστασης χαρακτήρων (για παράδειγμα UNICODE και ASCII), οπότε το επίπεδο παρουσίασης είναι αυτό που αναλαμβάνει να γεφυρώσει το χάσμα μετατρέποντας τα μεταδιδόμενα δεδομένα σε μια κοινή μορφή αναπαράστασης, γνωστή και στους δύο υπολογιστές. Επιπλέον και όπου αυτό είναι αναγκαίο, ασχολείται και με άλλες μορφές αναπαράστασης της πληροφορίας, όπως είναι η συμπίεση (compression) και η κρυπτογράφηση (cryptography).
- \* Επίπεδο εφαρμογής (application layer): το επίπεδο εφαρμογής αναλαμβάνει τη σωστή επικοινωνία εφαρμογών που δεν είναι συμβατές μεταξύ τους, και οι οποίες χρησιμοποιούνται από χρήστες που επιθυμούν να έλθουν σε επικοινωνία. Αυτού του είδους οι εφαρμογές είναι αναρίθμητες, και ποικίλουν από απλές μεταφορές αρχείων, μέχρι πακέτα τηλεεργασίας και τηλεεκπαίδευσης με χρήση πολυμέσων. Στις περιπτώσεις αυτές, το επίπεδο εφαρμογής είναι υπεύθυνο για την εξακρίβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν, την επιβεβαίωση ότι αυτές είναι διαθέσιμες για επικοινωνία, και το συντονισμό του διαλόγου ανάμεσά τους.

### **Ερώτηση 3: Να περιγράψεις περιληπτικά τη μετάδοση των δεδομένων διαμέσου του OSI.**

**Απάντηση:** Το βασικό χαρακτηριστικό της μετάδοσης δεδομένων όπως αυτή περιγράφεται από το μοντέλο αναφοράς OSI, είναι πως τα δεδομένα δεν μεταφέρονται απευθείας από το επίπεδο του ενός υπολογιστή στο αντίστοιχο ομότιμο επίπεδο του άλλου υπολογιστή, αλλά διασχίζουν όλα τα επίπεδα από πάνω προς τα κάτω, μεταφέρονται στο άλλο άκρο δια μέσου της γραμμής μεταφοράς, και εκεί, ακολουθώντας την αντίθετη πορεία, ανεβαίνουν από κάτω προς τα πάνω. Καθώς το

πακέτο δεδομένων περνά διαδοχικά από όλα τα επίπεδα, το μέγεθός του αυξάνει λόγω της προσθήκης επί αυτού, επιπρόσθετης πληροφορίας η οποία προστίθεται συνήθως στην αρχή (header) αλλά και πολλές φορές στο τέλος του πακέτου (trailer) και η οποία περιέχει πληροφορίες σχετικά με το είδος της επεξεργασίας που υφίσταται το πακέτο στα διάφορα επίπεδα. Οι πληροφορίες αυτές διαβάζονται μόνο από το αντίστοιχο ομότιμο επίπεδο του άλλου υπολογιστή, και στη συνέχεια διαδοχικά αφαιρούνται, έτσι ώστε όταν το πακέτο φτάσει στο ανώτατο επίπεδο, να είναι ακριβώς ίδιο με εκείνο που έχει σταλεί.

Η συνεχής προσθήκη πληροφοριών ελέγχου στα διακινούμενα πακέτα δεδομένων, είναι προφανές πως οδηγεί σε ελάττωση της αποδοτικότητας της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Για το λόγο αυτό, ένα αξιόπιστο δίκτυο επικοινωνιών θα πρέπει να χρησιμοποιεί τις απολύτως απαραίτητες υπηρεσίες και να κρατά τις επιπλέον πληροφορίες ελέγχου, σε όσο το δυνατό χαμηλότερο επίπεδο.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

## **Ενότητα 5**

### **Ερώτηση 1: Να περιγράψεις περιληπτικά το μοντέλο αναφοράς TCP/IP.**

**Απάντηση:** Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), δημιουργήθηκε για να καλύψει την ανάγκη ύπαρξης ενός δικτύου υπολογιστών, το οποίο θα ήταν σε θέση να λειτουργήσει, ακόμη και εάν ένα μεγάλο μέρος του, ετίθετο για κάποιο λόγο εκτός λειτουργίας. Πρόκειται για ένα μοντέλο που στηρίζεται στη λειτουργία μεταγωγής πακέτων (packet switching), και σε πλήρη αναλογία με το μοντέλο αναφοράς OSI αποτελείται από τέσσερα επίπεδα που φέρουν τα ονόματα επίπεδο πρόσβασης δικτύου (network access layer), επίπεδο διαδικτύου ή επίπεδο δικτύου (internet layer), επίπεδο μεταφοράς (transport layer), και επίπεδο εφαρμογής (application layer).



Η μετάδοση των δεδομένων στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP περιλαμβάνει την προσθήκη σε κάθε πακέτο δεδομένων μιας επικεφαλίδας, της οποίας οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται όπως και στο μοντέλο του OSI από το αντίστοιχο ομότιμο επίπεδο του υπολογιστή παραλήπτη. Όσον αφορά την επικοινωνία ανάμεσα στους δύο σταθμούς, αυτή πραγματοποιείται δια της χρήσης δύο ειδικών διευθύνσεων: μιας διεύθυνσης η οποία αποδίδεται σε κάθε υπολογιστή (IP address) και τον ταυτοποιεί με μοναδικό τρόπο ανάμεσα στους υπολογιστές του δικτύου, και μιας άλλης διεύθυνσης η οποία αποδίδεται στις εφαρμογές που εκτελούνται σε κάθε υπολογιστή. Αυτή η διεύθυνση είναι γνωστή ως αριθμός θύρας (port number) και είναι επίσης μοναδική για κάθε είδος εφαρμογής. Για παράδειγμα, η υπηρεσία ftp (file transfer protocol) χρησιμοποιεί τον αριθμό θύρας 21, ενώ η υπηρεσία www (world wide web), χρησιμοποιεί τον αριθμό θύρας 80. Όταν το πακέτο δεδομένων φτάσει στον υπολογιστή παραλήπτη, αρχίζει κατά τα γνωστά να περνά από όλα τα επίπεδα κινούμενο όμως από κάτω προς τα πάνω, τα οποία αφαιρούν διαδοχικά τις επικεφαλίδες που έχουν προστεθεί από τον αποστολέα του μηνύματος, έτσι ώστε αυτό τελικά να λάβει την αρχική του μορφή.

**Ερώτηση 2: Να περιγράψεις περιληπτικά τις κύριες λειτουργίες των επιπέδων του TCP/IP.**

**Απάντηση:** Οι βασικές λειτουργίες που πραγματοποιούν τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς TCP/IP σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες:

Το επίπεδο πρόσβασης δικτύου (network access layer) είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία του σταθμού με το δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα ανιχνεύει την αρχιτεκτονική του δικτύου, και ανάλογα, διοχετεύει τα πακέτα στο κανάλι επικοινωνίας. Επίσης καθορίζει το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συσκευών μετάδοσης δεδομένων (σταθμών εργασίας ή προσωπικών υπολογιστών με το δίκτυο). Αυτό υπαγορεύεται από την αρχιτεκτονική του διαδικτύου του οποίου το κύριο τμήμα αποτελείται από ένα αριθμό ειδικού τύπου υπολογιστών που συνδέονται μεταξύ τους, ενώ όλοι οι υπόλοιποι υπολογιστές συνδέονται σε αυτούς τους ειδικούς υπολογιστές, και μέσω αυτών, με οποιοδήποτε άλλο υπολογιστή του δικτύου.

Το επίπεδο διαδικτύου (internet layer) είναι το πιο ζωτικό επίπεδο του μοντέλου, και ο ρόλος του είναι η δρομολόγηση και η παράδοση των πακέτων δεδομένων στον υπολογιστή παραλήπτη. Η βασική του λειτουργία είναι να προσθέτει στα πακέτα δεδομένων τη διεύθυνση του παραλήπτη και στη συνέχεια να τα προωθεί στο δίκτυο, δια μέσου του οποίου τελικά θα φτάσουν στον προορισμό τους. Αυτού του είδους η διαδικασία πραγματοποιείται από το πρωτόκολλο διαδικτύου (Internet protocol, IP), το οποίο εφοδιάζει το κάθε πακέτο με τις διευθύνσεις του αποστολέα και του παραλήπτη, κάθε μια εκ των οποίων έχει μήκος 32 bits.

Το επίπεδο μεταφοράς (transport layer), είναι υπεύθυνο για την παραλαβή των δεδομένων από το επίπεδο εφαρμογής, τη διάσπασή τους σε μικρότερα μηνύματα, αν χρειαστεί, την παράδοσή τους στο επίπεδο διαδικτύου, και τη διασφάλιση ότι όλα τα μηνύματα θα φτάσουν σωστά στον υπολογιστή παραλήπτη. Εάν τα πακέτα αυτά δεν φτάσουν σωστά, είναι ευθύνη αυτού του επιπέδου να λύσει το πρόβλημα, κάτι που συνήθως γίνεται δια της επαναμετάδοσης των εσφαλμένων πακέτων. Οι υπηρεσίες αυτού του επιπέδου, παρέχονται από δύο πρωτόκολλα, το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol) το οποίο παρέχει υπηρεσία με σύνδεση (connection oriented service), και το πρωτόκολλο UDP (User Datagram Protocol), το οποίο παρέχει υπηρεσία χωρίς σύνδεση (connectionless service).

Τέλος, το επίπεδο εφαρμογής (application layer), περιέχει πολλά ευρέως διαδεδομένα πρωτόκολλα, όπως είναι το πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού (terminal emulation protocol), το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (file transfer protocol, FTP), το πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (Simple Mail Transfer Protocol, SMTP), και το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (Hypertext Transfer Protocol, HTTP).

**Ερώτηση 3: Ποιες είναι οι κυριότερες διαφορές και ομοιότητες των μοντέλων αναφοράς OSI και TCP/IP;**

**Απάντηση:** Η βασική ομοιότητα που χαρακτηρίζει τα μοντέλα αναφοράς OSI και TCP/IP, είναι πως και τα δύο μοντέλα, είναι δομημένα ως σύνολα επιπέδων, με το κάθε επίπεδο να αντιστοιχεί σε ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα, τα οποία πραγματοποιούν μια εντελώς συγκεκριμένη μορφή επεξεργασίας, πάνω στα

μεταδιδόμενα πακέτα δεδομένων. Το πιο πρωτόκολλο θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις απαιτήσεις των χρηστών και τις εφαρμογές οι οποίες θέλουν να επικοινωνήσουν, ενώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε, πως τα πρωτόκολλα των ανωτέρων επιπέδων, είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο δια μέσου του οποίου θα πραγματοποιηθεί η επικοινωνία.

Από την άλλη πλευρά, η βασική διαφορά ανάμεσα στα δύο μοντέλα, είναι ο διαφορετικός αριθμός των επιπέδων τους (επτά επίπεδα στο OSI και μόνο τέσσερα στο TCP/IP). Από εκεί και πέρα άλλες διαφορές εμφανίζονται στον τρόπο λειτουργίας του κάθε επιπέδου ξεχωριστά. Για παράδειγμα, το επίπεδο συνόδου (session layer) στο μοντέλο του OSI χρησιμοποιείται ελάχιστα, ενώ το επίπεδο παρουσίασης (presentation layer) δε χρησιμοποιείται σχεδόν καθόλου. Επίσης στο επίπεδο δικτύου (network layer) το OSI υποστηρίζει και τις δύο μορφές υπηρεσιών (προσανατολισμένες στη σύνδεση και μη προσανατολισμένες στη σύνδεση), ενώ στο επίπεδο μεταφοράς (transport layer), υποστηρίζει μόνο την επικοινωνία την προσανατολισμένη στη σύνδεση. Αντίθετα, το TCP/IP υποστηρίζει στο επίπεδο διαδικτύου (internet layer) μόνο τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία, ενώ υποστηρίζει και τους δύο τρόπους επικοινωνίας στο επίπεδο μεταφοράς.

Τέλος, λόγω της διαφορετικής φιλοσοφίας με βάση την οποία σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν αυτά τα δύο μοντέλα αναφοράς, υπάρχουν και άλλες διαφορές όπως είναι η έλλειψη σαφούς διαχωρισμού ανάμεσα στις έννοιες της υπηρεσίας (service), της διεπαφής (interface) και του πρωτοκόλλου (protocol) που παρατηρείται στο μοντέλο του OSI αλλά όχι και στο μοντέλο του TCP/IP όπως επίσης και η ασυμφωνία ανάμεσα στα πρωτόκολλα και στα μοντέλα, που δεν υφίσταται στο TCP/IP αλλά εμφανίζεται εντονότερη στο μοντέλο του OSI.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά συγχαρητήρια!!! Αν δεν απαντήσατε σωστά μην απογοητεύεστε. Ίσως απλά να είναι απαραίτητη μια ακόμη ανάγνωση του κεφαλαίου.*

## Ενότητα 6

### Ερώτηση 1: Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής κυκλώματος;

**Απάντηση:** Στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching networks), η μετάδοση των πακέτων είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση μιας φυσικής ζεύξης κυκλώματος μεταξύ δύο κόμβων. Αυτή η εγκατάσταση πραγματοποιείται όπως ακριβώς και στο τηλεφωνικό σύστημα. Όταν ένας υπολογιστής ζητά να επικοινωνήσει με κάποιο άλλο, η κλήση αυτή προωθείται τμηματικά από κόμβο σε κόμβο μέχρι να φτάσει στο δέκτη. Αν ο δέκτης θέλει να επικοινωνήσει με τον πομπό, απαντά θετικά στην πρόσκληση, οπότε και δημιουργείται μια αποκλειστική φυσική ζεύξη ανάμεσα στους δύο υπολογιστές για όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας τους. Η μετάδοση των δεδομένων από τον πομπό προς τον δέκτη είναι διαφανής (transparent), υπό την έννοια ότι τα δεδομένα δεν υποβάλλονται σε καμιά επεξεργασία κατά τη διέλευσή τους από το δίκτυο. Όσον αφορά τη ζεύξη που δημιουργείται ανάμεσα στο δέκτη και στον πομπό, αυτή παραμένει ενεργή για όλο το χρονικό διάστημα επικοινωνίας των κόμβων, ακόμη και αν αυτοί σε κάποιες χρονικές στιγμές, δεν ανταλλάσσουν δεδομένα. Αυτή η φυσική σύνδεση ανάμεσα στους δύο σταθμούς καταργείται μετά το τέλος της επικοινωνίας, και μετά από αίτηση που υποβάλλει ο ένας από τους δύο σταθμούς.

### Ερώτηση 2: Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής μηνύματος;

**Απάντηση:** Η μεταγωγή μηνύματος (message switching) είναι η τεχνική κατά την οποία ο πομπός οργανώνει την πληροφορία που θέλει να στείλει στο δέκτη, σε μήνυμα (message) που περιέχει τη διεύθυνση του παραλήπτη. Στη συνέχεια το μήνυμα παραδίδεται στο δίκτυο, το οποίο αναλαμβάνει την αποστολή του στον αποδέκτη. Σε αυτή την περίπτωση, το δίκτυο δεν εγκαθιστά ένα φυσικό κανάλι μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη, αλλά η αποστολή του μηνύματος γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

Το μήνυμα αποστέλλεται από τον πομπό στο δέκτη περνώντας από έναν ή περισσότερους ενδιάμεσους κόμβους. Κάθε κόμβος λαμβάνει ολόκληρο το μήνυμα, το αποθηκεύει, και μόλις βρει την κατάλληλη ευκαιρία, το αποστέλλει στον αμέσως επόμενο κόμβο που θεωρεί ότι είναι η καλύτερη επιλογή για να φτάσει αυτό σύντομα και με ασφάλεια στον προορισμό του. Η τεχνική αυτή λόγω του ότι κάθε μήνυμα αρχικά αποθηκεύεται σε ένα κόμβο και στη συνέχεια προωθείται στον επόμενο, ονομάζεται τεχνική αποθήκευσης και προώθησης. Ο τρόπος με τον οποίο η πληροφορία προωθείται στον προορισμό της, προϋποθέτει κόμβους με αυξημένες δυνατότητες αποθήκευσης, καθώς θα πρέπει να αποθηκευτούν όλα τα μηνύματα που λαμβάνουν από γειτονικούς κόμβους, μέχρι να βρουν την κατάλληλη ευκαιρία να τα προωθήσουν.

### **Ερώτηση 3: Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου;**

**Απάντηση:** Σε αντίθεση με τη μεταγωγή μηνύματος (message switching) όπου δεν υπάρχει όριο στο μέγεθος της ομάδας δεδομένων που αποστέλλεται στον παραλήπτη, στη μεταγωγή πακέτου (packet switching), τα διακινούμενα πακέτα δεδομένων, έχουν ένα άνω όριο όσον αφορά το μέγεθός τους, το οποίο κυμαίνεται από τα 128 bytes έως το 1 KByte. Το κάθε πακέτο περιέχει εκτός από τα δεδομένα του, και ειδικές πληροφορίες ελέγχου, η οποίες επιτρέπουν τη σωστή δρομολόγηση του πακέτου μέσα στο δίκτυο. Η μεταφορά των πακέτων από τον αποστολέα στον παραλήπτη, γίνεται δια της τεχνικής αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων, σύμφωνα με την οποία τα πακέτα αποθηκεύονται προσωρινά σε ενδιάμεσους κόμβους του δικτύου, και στη συνέχεια προωθούνται σε επόμενο κόμβο, μέχρι τελικά να φτάσουν στον υπολογιστή παραλήπτη.

Στην ειδική περίπτωση της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου (datagram switching) – που είναι μια από τις δυο βασικές κατηγορίες μεταγωγής πακέτων – το κάθε πακέτο που φτάνει σε κάποιο ενδιάμεσο κόμβο, αντιμετωπίζεται ανεξάρτητα από τα άλλα πακέτα. Ο κόμβος αποφασίζει εκείνη τη στιγμή ποιος είναι ο συντομότερος και καταλληλότερος δρόμος για να προωθηθεί το πακέτο στον προορισμό του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να μην ακολουθούν όλα τα πακέτα την ίδια διαδρομή με αποτέλεσμα

να υπάρχει πιθανότητα άφιξης των πακέτων στον παραλήπτη, με διαφορετική σειρά από εκείνη με την οποία έχουν σταλεί. Στην περίπτωση αυτή ο υπολογιστής παραλήπτης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα της ταξινόμησης των πακέτων με τη σωστή σειρά, έτσι ώστε η επανασύνθεσή τους, να δώσει το αρχικό μήνυμα που του έχει στείλει ο αποστολέας.

**Ερώτηση 4: Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής νοητού κυκλώματος;**

**Απάντηση:** Η μεταγωγή πακέτων με νοητά κυκλώματα (virtual circuits) είναι μια υβριδική τεχνική μεταγωγής η οποία συνδυάζει τη μεταγωγή του αυτοδύναμου πακέτου και τη μεταγωγή κυκλώματος. Σε αντίθεση με τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου, όπου τα πακέτα ενδέχεται να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές μέσα στο δίκτυο, στη μεταγωγή νοητού κυκλώματος, όλα τα πακέτα ακολουθούν την ίδια διαδρομή, η οποία έχει καθοριστεί εκ των προτέρων. Στην περίπτωση αυτή, δεν εγκαθίσταται κάποιο φυσικό κανάλι επικοινωνίας όπως συμβαίνει στη μεταγωγή κυκλώματος, αλλά η διαδρομή αυτή απλά επιλέγεται εκ των προτέρων χωρίς όμως να δεσμευθεί πραγματικά. Επομένως, ο κάθε ενδιάμεσος σταθμός, δεν αποφασίζει για το ποια θα είναι η διαδρομή που θα ακολουθήσει το πακέτο, αλλά τα στέλνει πάντα στον ίδιο κόμβο του δικτύου.

**Ερώτηση 5: Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα των τεχνικών μεταγωγής;**

**Απάντηση:** Το βασικό χαρακτηριστικό λειτουργίας της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος, είναι πως η γραμμή μεταφοράς είναι συνεχώς δεσμευμένη για όλο το χρονικό διάστημα της επικοινωνίας, ακόμη και αν κάποιες χρονικές στιγμές οι σταθμοί δεν στέλνουν δεδομένα. Μάλιστα ο χρόνος κατά τον οποίο δεν λαμβάνει χώρα αποστολή δεδομένων, γενικά είναι αρκετά μεγάλος, και αυτό σαφώς θεωρείται μειονέκτημα αυτού του συγκεκριμένου τύπου μεταγωγής.

Ένα άλλο μειονέκτημα που εμφανίζεται στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος και συσχετίζεται άμεσα με το προηγούμενο, είναι η απόρριψη αιτήσεων μετάδοσης, σε

περιπτώσεις κατά τις οποίες το δίκτυο παρουσιάζει μεγάλη κυκλοφορία. Αυτό γίνεται διότι πρακτικά όλοι οι υπολογιστές συμμετέχουν σε φυσικές συνδέσεις δια των οποίων πραγματοποιείται η μεταφορά δεδομένων, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν διαθέσιμα φυσικά κυκλώματα, για να εξυπηρετήσουν τις νέες αιτήσεις μετάδοσης. Αυτό το μειονέκτημα δεν υφίσταται στα δίκτυα μεταγωγής μηνύματος και πακέτου, διότι εκεί, οι ενδιάμεσοι σταθμοί έχουν τη δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης των δεδομένων σε περιπτώσεις μεγάλης κυκλοφορίας, και μετάδοσής τους σε κάποια μεταγενέστερη χρονική στιγμή, όταν ο φόρτος του δικτύου, θα έχει ελαττωθεί.

Το βασικό πλεονέκτημα που χαρακτηρίζει τη μεταγωγή κυκλώματος, είναι η καθολική χρήση του εύρους ζώνης της γραμμής μεταφοράς από τους χρήστες του δικτύου, καθώς τη χρησιμοποιούν κατ' αποκλειστικότητα, και δεν τη μοιράζονται με άλλους χρήστες. Από την άλλη πλευρά οι τεχνικές μεταγωγής μηνύματος και πακέτου, πλεονεκτούν λόγω της δυνατότητας απόδοσης προτεραιότητας στα πακέτα δεδομένων, καθώς επίσης και της ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων, η οποία ασ σημειωθεί, εξασφαλίζεται από το δίκτυο, και όχι από τα υπολογιστικά συστήματα που επικοινωνούν.

Τέλος το βασικό πλεονέκτημα της μεταγωγής νοητού κυκλώματος, είναι πως δεν απαιτείται ταξινόμηση των πακέτων από τον υπολογιστή παραλήπτη, αφού αυτά, ακολουθώντας την ίδια διαδρομή, φτάνουν πάντα με τη σωστή σειρά. Από την άλλη πλευρά, ένα από τα βασικά του μειονεκτήματα, είναι ο χρόνος που χάνεται κατά τη διαδικασία ταυτοποίησης της διαδρομής μέσα στο δίκτυο, την οποία θα ακολουθήσουν τα διακινούμενα πακέτα.

**Ερώτηση 6: Ποια κατηγορία δικτύου μεταγωγής προσεγγίζει καλύτερα το τηλεφωνικό μοντέλο και γιατί;**

**Απάντηση:** Από τις τρεις κατηγορίες δικτύων μεταγωγής που έχουμε περιγράψει στις προηγούμενες σελίδες, εκείνη η οποία προσεγγίζεται καλύτερα από το τηλεφωνικό μοντέλο, είναι η μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching). Σε αυτό το είδος της μεταγωγής, και πριν τη διαδικασία αποστολής δεδομένων στον υπολογιστή παραλήπτη, λαμβάνει χώρα δέσμευση μιας φυσικής ζεύξης, η οποία παραμένει ανοικτή για όλο το χρονικό διάστημα της επικοινωνίας, και τερματίζεται μαζί με τη

λήξη της επικοινωνίας. Με τον ίδιο τρόπο, όταν είναι επιθυμητή η κλήση κάποιου αριθμού τηλεφώνου, το αίτημα μεταφέρεται από το ένα τηλεφωνικό κέντρο στο άλλο, μέχρι τελικά να δεσμευθεί μια διαδρομή μέσα στο τηλεφωνικό δίκτυο, στην οποία συμμετέχουν ένα ή περισσότερα τηλεφωνικά κέντρα, ανάλογα με την απόσταση, και στα άκρα της οποίας βρίσκονται οι τηλεφωνικές συσκευές του ομιλητή και του ακροατή. Αυτή η διαδρομή διατηρείται για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η συνομιλία, και τερματίζεται με το πέρας της συνομιλίας. Κατά τη διάρκεια αυτής της συνομιλίας, η γραμμή θεωρείται κατειλημμένη, κάτι που σημαίνει πως δεν είναι δυνατή η κλήση του αριθμού τηλεφώνου μας από κάποιο τρίτο συνδρομητή.

**Ερώτηση 7: Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά των τεχνολογιών εκπομπής και σε ποιους τύπους δικτύων χρησιμοποιούνται συνήθως;**

**Απάντηση:** Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία δικτύων επικοινωνίας, μετά τα δίκτυα μεταγωγής, είναι τα δίκτυα εκπομπής (broadcasting networks). Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των δικτύων, είναι ότι δεν διαθέτουν ενδιάμεσους κόμβους που να προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της, αλλά διαθέτουν ένα κοινό μέσο μετάδοσης, το οποίο μοιράζονται όλοι οι σταθμοί που συνδέονται στο δίκτυο. Οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των υπολογιστών, λαμβάνονται συνήθως από όλους τους σταθμούς του δικτύου. Σε κάθε πακέτο που αποστέλλεται στο δίκτυο, προστίθεται ένα πεδίο διεύθυνσης, που καθορίζει το σταθμό για τον οποίο προορίζεται το πακέτο. Αυτός είναι και ο μοναδικός σταθμός που θα παραλάβει το πακέτο, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί, απλά θα το αγνοήσουν. Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στα δίκτυα εκπομπής, είναι πως λόγω της ύπαρξης ενός και μοναδικού μέσου μετάδοσης, δημιουργούνται συγκρούσεις (collisions) κάθε φορά που δύο σταθμοί επιχειρούν ταυτόχρονα να προσπελάσουν το κανάλι. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικές τεχνικές πρόσβασης στο μέσο (medium access control techniques), οι οποίες καθορίζουν τον τρόπο και το χρόνο χρήσης του καναλιού από όλους τους υπολογιστές του δικτύου.

Η τεχνολογία εκπομπής δεδομένων, χρησιμοποιείται κυρίως στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών (local area networks, LANs), στα οποία υπάρχουν πολλοί υπολογιστές που μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης. Στα δίκτυα αυτά, οι τεχνικές πρόσβασης των υπολογιστών στο μέσο μετάδοσης στηρίζονται τόσο σε ανταγωνιστικά



πρωτόκολλα (contention protocols) στα οποία οι σταθμοί ανταγωνίζονται για το ποιος θα χρησιμοποιήσει το κανάλι (με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα το πρότυπο Ethernet), όσο και σε πρωτόκολλα διαιτησίας ή πρωτόκολλα χωρίς συγκρούσεις (collision free protocols), στα οποία η σειρά με την οποία η σειρά με την οποία οι σταθμοί θα χρησιμοποιήσουν το κανάλι, καθορίζεται με τη βοήθεια ειδικών πρωτοκόλλων (με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τα πρότυπα token bus και το token ring).

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά συγχαρητήρια!!! Αν δεν απαντήσατε σωστά μην απογοητεύεστε. Ίσως απλά να είναι απαραίτητη μια ακόμη ανάγνωση του κεφαλαίου.*

## **Ενότητα 7**

### **Ερώτηση 1: Τι είναι τοπικό δίκτυο και ποια τα χαρακτηριστικά του;**

**Απάντηση:** Ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών (Local Area Network, LAN) είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας που εκτείνεται σε σχετικά περιορισμένο γεωγραφικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, το συνολικό μήκος των καλωδίων του δικτύου δεν υπερβαίνει τα 100 Km, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι πάρα πολύ υψηλός (με τη χρήση οπτικών ινών μπορεί να φτάσει και ταχύτητες της τάξης του Gbps). Τα δίκτυα αυτού του τύπου περιλαμβάνουν ένα πλήθος υπολογιστικών διατάξεων και περιφερειακών συσκευών, οι οποίες συνδέονται μέσω γραμμών επικοινωνίας, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσά τους.

Στις πιο πολλές περιπτώσεις τα τοπικά δίκτυα χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενσύρματων μέσων μετάδοσης (για παράδειγμα, ομοαξονικά καλώδια ή ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων) αν και ορισμένες φορές μπορούμε να καταφύγουμε στη χρήση ασύρματων τοπικών δικτύων, τα οποία ωστόσο, χαρακτηρίζονται από μικρότερη γεωγραφική κάλυψη, χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, και υψηλότερο ρυθμό σφαλμάτων σε σχέση με τα ενσύρματα δίκτυα. Τέλος όσον αφορά τον τύπο της μετάδοσης της πληροφορίας, αυτή μπορεί να είναι τόσο μετάδοση από σημείο σε σημείο (point to point), όσο και μετάδοση εκπομπής (broadcast).

## **Ερώτηση 2: Τι είναι δομημένη καλωδίωση και πώς υλοποιείται σε ένα κτίριο;**

**Απάντηση:** Η χρήση δομημένης καλωδίωσης (structured cabling) κατά την εγκατάσταση ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών, διασφαλίζει την αποτελεσματική διαχείριση του δικτύου, καθώς και την εύκολη επέκτασή του εάν κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο. Αυτός ο τύπος καλωδίωσης ακολουθεί το πρότυπο EIA/TIA (Electronic Industries Association / Telecommunications Industries Association) και περιλαμβάνει την υλοποίηση πέντε υποσυστημάτων, τα οποία συνδέονται σε διάταξη αστέρα.

Τα πέντε υποσυστήματα είναι τα ακόλουθα:

- \* Υποσύστημα κεντρικής διασύνδεσης κτιρίου
- \* Υποσύστημα διασύνδεσης κατακόρυφης - οριζόντιας καλωδίωσης
- \* Υποσύστημα απολήξεων οριζόντιας καλωδίωσης
- \* Υποσύστημα οριζόντιας καλωδίωσης
- \* Υποσύστημα κατακόρυφης καλωδίωσης

## **Ερώτηση 3: Ποια μέσα μετάδοσης χρησιμοποιούνται στα ασύρματα τοπικά δίκτυα;**

**Απάντηση:** Τα μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στα ασύρματα τοπικά δίκτυα υπολογιστών, είναι οι διάφορες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στο φάσμα των ραδιοφωνικών συχνοτήτων (στο εύρος των  $10^4$  έως  $10^9$  Hz), στο φάσμα των μικροκυματικών συχνοτήτων (στο εύρος των  $10^9$  έως  $10^{12}$  Hz) καθώς επίσης και στο φάσμα των υπέρυθρων ακτινοβολιών (στο εύρος των  $10^{12}$  έως και  $10^{14}$  Hz του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος συχνοτήτων). Πιο αναλυτικά, η χρήση αυτών των μέσων στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών, έχει ως εξής:

Οι ραδιοσυχνότητες χρησιμοποιούνται κυρίως στις ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές καθώς επίσης και στα κυτταρικά τηλεφωνικά δίκτυα. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του τύπου επικοινωνίας, είναι η επικάλυψη των διαφόρων περιοχών συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, γεγονός που οδηγεί στον καθορισμό μιας συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων για κάθε εφαρμογή. Από την άλλη

πλευρά, η επικοινωνία δια της χρήσης μικροκυματικής ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις στις οποίες η φυσική επικοινωνία είναι σχετικά δύσκολη (με χαρακτηριστικό παράδειγμα την επικοινωνία κόμβων που είναι εγκατεστημένοι σε δύσβατες περιοχές). Μια αντιπροσωπευτική εφαρμογή της επικοινωνίας κόμβων δια της χρήσης μικροκυμάτων είναι η περίπτωση επικοινωνίας από σημείο σε σημείο με τα δύο σημεία να είναι σταθερά ή να μεταβάλλεται το ένα σε σχέση με το άλλο. Τέλος είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι λόγω των φυσικών ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τη μικροκυματική ακτινοβολία, οι κεραίες του πομπού και του δέκτη θα πρέπει να βρίσκονται σε συνεχή οπτική επαφή.

**Ερώτηση 4: Να αναφέρεις τις κυριότερες τοπολογίες ενσύρματων τοπικών δικτύων δίνοντας τα βασικά χαρακτηριστικά τους.**

**Απάντηση:** Από τη βασική θεωρία των τοπικών δικτύων υπολογιστών είναι γνωστό, πως οι πιο σημαντικές από τις τοπολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα δίκτυα αυτής της μορφής, είναι η τοπολογία διαύλου, η τοπολογία δένδρου, η τοπολογία δακτυλίου και η τοπολογία αστέρα.

Στην τοπολογία διαύλου (bus topology), όλοι οι κόμβοι του δικτύου, συνδέονται άμεσα σε μια κοινή γραμμή επικοινωνίας που λέγεται δίαυλος (bus). Τα πακέτα δεδομένων μεταδίδονται σε όλο το μήκος του φυσικού μέσου, και μπορούν να παραληφθούν από όλους τους άλλους κόμβους. Κάθε κόμβος βλέπει το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη, και εάν τον αφορά, το αντιγράφει. Τα δίκτυα αυτού του τύπου αποτελούν καλή επιλογή όταν ο αριθμός των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο είναι μικρός, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με την κυκλοφορία του δικτύου.

Η τοπολογία δένδρου (tree topology) αποτελεί παραλλαγή της τοπολογίας διαύλου και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται από τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το βασικό της χαρακτηριστικό είναι το διάγραμμά της που μοιάζει με αυτό του ανεστραμμένου δένδρου, του οποίου, τόσο ο κορμός όσο και τα κλαδιά, αποτελούνται από δίκτυα διαύλου. Ο κεντρικός κόμβος του δικτύου ονομάζεται κεφαλή ή ρίζα, και ο βασικός του ρόλος είναι η μετάδοση στο δίκτυο των σημάτων που λαμβάνει από όλους τους κόμβους, γεγονός που οδηγεί σε μεγάλο φόρτο κίνησης

πάνω στο δίαυλο που περνά από τη ρίζα. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του τύπου δικτύου, είναι η κατάρρευσή του εάν η ρίζα του υποστεί κάποια βλάβη.

Στην τοπολογία δακτυλίου (ring topology) το δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων με συνδέσεις σημείου προς σημείο ώστε να σχηματίζεται ένας κλειστός βρόγχος. Κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο μέσω μιας διάταξης που λέγεται αναμεταδότης και κάθε φορά που ένα πακέτο δεδομένων φτάνει σε αυτόν, διαβάζει τη διεύθυνση του παραλήπτη και εάν τον αφορά, το αντιγράφει. Η ροή της πληροφορίας έχει πάντα την ίδια φορά επάνω στο δακτύλιο, ενώ λόγω της ταυτόχρονης χρήσης του μέσου μετάδοσης από πολλούς κόμβους ταυτόχρονα, απαιτείται έλεγχος πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control, MAC), ο οποίος μπορεί να είναι κεντρικός (centralized) ή κατανεμημένος (distributed).

Η τοπολογία δακτυλίου χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτείται ισοκατανομή της χωρητικότητας του καναλιού σε όλους τους κόμβους του δικτύου, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχουν πάρα πολλοί κόμβοι σε σχετικά μικρή απόσταση και οι οποίοι απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, καθώς και **όταν η** μετάδοση της πληροφορίας από ένα κόμβο θα πρέπει να γίνει σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Λόγω της φύσης του αλγορίθμου που ελέγχει την πρόσβαση του κόμβου στο μέσο μετάδοσης τα δίκτυα αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται από σημαντικές καθυστερήσεις μετάδοσης ακόμη και σε περιπτώσεις μικρής κυκλοφορίας, από την άλλη πλευρά όμως, η απόδοσή τους είναι πάρα πολύ υψηλή σε περιπτώσεις κατά τις οποίες το δίκτυο χαρακτηρίζεται από μεγάλη κυκλοφορία.

Τέλος, στην τοπολογία αστέρα (star topology), ο κάθε κόμβος του δικτύου συνδέεται άμεσα με ένα κεντρικό σταθμό εξυπηρέτησης, διαμέσου δύο καλωδίων, εκ των οποίων το ένα χρησιμοποιείται για την αποστολή, και το άλλο για τη λήψη δεδομένων. Η τοπολογία αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαύλου και η βασική της λειτουργία περιλαμβάνει τον έλεγχο της κυκλοφορίας των δεδομένων στο δίκτυο, προκειμένου αυτά να καταλήξουν τελικά, στον υπολογιστή παραλήπτη. Αυτός ο έλεγχος της κυκλοφορίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις κυρίως τρόπους. Στην πρώτη μορφή ο έλεγχος ασκείται από τον κεντρικό κόμβο του δικτύου ο οποίος είναι υπεύθυνος για τις διαδικασίες δρομολόγησης των μηνυμάτων, στη δεύτερη περίπτωση, ο έλεγχος πραγματοποιείται από ένα περιφερειακό κόμβο,

ενώ ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί σα διακόπτης μεταγωγής, ενώ στην τρίτη μορφή, η διαδικασία ελέγχου της ροής της πληροφορίας, ισοκατανέμεται σε όλους τους περιφερειακούς κόμβους, ενώ ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση και την αποφυγή των συγκρούσεων.

Η τοπολογία αστέρα χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες μεταφοράς φωνής – δεδομένων καθώς και υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η πολύπλοκη υλοποίησή του κυρίως όσον αφορά τη διαδικασία ελέγχου της πληροφορίας, ενώ τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε, πως πάρα πολλά από τα χαρακτηριστικά του δικτύου όπως είναι για παράδειγμα η χωρητικότητά του, η αξιοπιστία του, και ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων, εξαρτώνται σημαντικά από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου.

**Ερώτηση 5: Να αναφέρεις τις κυριότερες τοπολογίες ασύρματων τοπικών δικτύων ανοικτής ακρόασης δίνοντας τα βασικά χαρακτηριστικά τους.**

**Απάντηση:** Τα ασύρματα δίκτυα ανοικτής ακρόασης χρησιμοποιούν συνδέσεις εκπομπής και μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας τρία βασικά σχήματα τοπολογιών. Στην πρώτη από αυτές τις τοπολογίες που είναι και η πιο παλιά, χρησιμοποιείται ένας κεντρικός κόμβος επικοινωνίας που είναι γνωστός ως σταθμός βάσης. Αυτός ο κόμβος συνδέεται με ένα πλήθος τερματικών σταθμών που βρίσκονται κατανεμημένοι σε μικρή περιοχή γύρω από αυτόν, δια της χρήσης ραδιοκυμάτων χαμηλής συχνότητας. Επεκτείνοντας την τοπολογία αυτή σε μια πολύ μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή, μπορούμε να ομαδοποιήσουμε τους τερματικούς σταθμούς σε κυψέλες, κάθε μια εκ των οποίων, διαθέτει το δικό της σταθμό βάσης. Όλοι αυτοί οι σταθμοί βάσης συνδέονται μεταξύ τους δια μέσου ενός ενσύρματου δικτύου, προκειμένου τελικά να γίνει σωστός καταμερισμός της χωρητικότητας του δικτύου, σε όλους τους χρήστες που συνδέονται σε αυτό. Η μετάδοση της πληροφορίας κρατείται σε χαμηλά επίπεδα ισχύος έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η διακίνηση σε γειτονικές κυψέλες και να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση της ίδιας ζώνης συχνότητας από διαφορετικές κυψέλες, οι οποίες δεν είναι γειτονικές μεταξύ τους.

Το δεύτερο είδος τοπολογίας ασύρματων τοπικών δικτύων, περιλαμβάνει ένα πλήθος καταναμημένων τερματικών διατάξεων (Portable Devices, PD), στις οποίες, οι χρήστες του δικτύου, συνδέονται, δια μέσου κατάλληλα σχεδιασμένων μονάδων πρόσβασης (Portable Access Unit, PAU). Οι ίδιες οι τερματικές διατάξεις, συνδέονται σε ένα κεντρικό σταθμό βάσης, δια μέσου ενσύρματης γραμμής επικοινωνίας. Οι αποστάσεις των τερματικών διατάξεων από το σταθμό βάσης, εξαρτώνται από την ισχύ του σταθμού, το τυπικό εύρος του οποίου κυμαίνεται από 50 έως 100 μέτρα.

Τέλος, η τρίτη περίπτωση αφορά την άμεση ασύρματη σύνδεση κάποιων τερματικών διατάξεων που βρίσκονται εγκατεστημένες σε ένα μικρό χώρο, όπως είναι ένας χώρος συνεδρίων και συσκέψεων ή ένα αεροδρόμιο.

**Ερώτηση 6: Ταξινόμησε και σχολίασε τις τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο ως προς τον έλεγχο και τη δέσμευση της χωρητικότητας.**

**Απάντηση:** Οι τεχνικές ελέγχου πρόσβασης των κόμβων του δικτύου στο κοινό μέσο μετάδοσης δεδομένων, μπορούν να διαχωριστούν σε κατηγορίες, με κριτήριο, τόσο τη μορφή του ελέγχου που ασκείται, όσο και τον τρόπο με τον οποίο η χωρητικότητα του καναλιού, κατανέμεται στους σταθμούς του δικτύου.

Θεωρώντας το πρώτο από αυτά τα δύο κριτήρια, ο έλεγχος πρόσβασης στο μέσο μπορεί να είναι κεντρικός, ή καταναμημένος. Στην περίπτωση του κεντρικού ελέγχου, αυτός ασκείται από τον βασικό κόμβο του δικτύου που ονομάζεται ελεγκτής και αποφασίζει ποια από τα πακέτα δεδομένων μπορούν να μεταδοθούν σε κάθε χρονική στιγμή. Αντίθετα στην περίπτωση του καταναμημένου ελέγχου, αυτός δεν ασκείται από ένα συγκεκριμένο υπολογιστή, αλλά από όλους τους σταθμούς του δικτύου, οι οποίοι εκτελούν επιλεκτικά τις λειτουργίες του πρωτοκόλλου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης.

Από την άλλη πλευρά, η διαδικασία δέσμευσης της χωρητικότητας του καναλιού και η κατανομή της στους σταθμούς του δικτύου, μπορεί να είναι τόσο στατική, όσο και δυναμική. Στην περίπτωση της στατικής κατανομής του καναλιού, αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας την τεχνική της πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας (Frequency Division Multiplexing, FDM), που περιλαμβάνει το διαχωρισμό του εύρους ζώνης

του μέσου μετάδοσης σε  $N$  τμήματα, και την απόδοση αυτών των περιοχών συχνοτήτων στους  $N$  σταθμούς του δικτύου, μια περιοχή σε κάθε σταθμό. Με τον τρόπο αυτό δεν υπάρχει ανταγωνισμός των χρηστών στο ποιος θα χρησιμοποιήσει το κανάλι, γιατί ο κάθε χρήστης εκπέμπει στη δική του ζώνη συχνοτήτων. Αυτός ο τρόπος της στατικής κατανομής της χωρητικότητας του καναλιού, χαρακτηρίζει τις συγχρονισμένες τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο. Αυτές οι τεχνικές (που είναι γνωστές ως συγχρονισμένες τεχνικές) είναι σχετικά απλές όσον αφορά την υλοποίησή τους, αλλά γενικά, είναι αναποτελεσματικές, καθώς, στις πιο πολλές περιπτώσεις, οι απαιτήσεις των σταθμών σε χωρητικότητα, δεν είναι γνωστές αλλά απροσδιόριστες. Για το λόγο αυτό, γενικά, η κατανομή της χωρητικότητας του καναλιού γίνεται δυναμικά, και ανάλογα με τις απαιτήσεις των κόμβων του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, ο κάθε σταθμός θα λάβει ένα τμήμα της χωρητικότητας του καναλιού, μόνο όταν θελήσει να στείλει δεδομένα. Οι τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο που χαρακτηρίζονται από δυναμική κατανομή της χωρητικότητας του καναλιού, είναι γνωστές σαν ασυγχρόνιστες τεχνικές.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

## Ενότητα 8

### Ερώτηση 1: Πώς λειτουργεί το πρότυπο ALOHA;

**Απάντηση:** Το πρωτόκολλο ALOHA είναι ένα πρωτόκολλο ανταγωνισμού (contention protocol) και επιτρέπει την κοινή χρήση του μέσου μετάδοσης από όλους τους σταθμούς του δικτύου. Συναντάται σε δύο μορφές (ασυγχρόνιστο ALOHA και συγχρονισμένο ALOHA) εκ των οποίων η πρώτη χρησιμοποιεί το μοντέλο συνεχούς χρόνου (continuous time) ενώ η δεύτερη, το μοντέλο διακριτού χρόνου (slotted time). Αυτό σημαίνει πως στην πρώτη περίπτωση (pure ALOHA) ο κάθε σταθμός μπορεί να στείλει δεδομένα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, ενώ στη δεύτερη περίπτωση (slotted ALOHA), ο χρόνος χωρίζεται σε χρονοθυρίδες (time slots) και η αποστολή δεδομένων από τους σταθμούς του δικτύου, μπορεί να πραγματοποιηθεί, μόνο στην αρχή κάποιας χρονοθυρίδας.

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτού του πρωτοκόλλου, είναι η απουσία της διαδικασίας ανίχνευσης φέροντος (carrier sense). Αυτό σημαίνει, πως ο σταθμός στέλνει δεδομένα χωρίς προηγουμένως να ελέγξει εάν το κανάλι είναι άδειο ή εάν εκείνη τη χρονική στιγμή στέλνει κάποιος άλλος σταθμός. Έτσι είναι πολύ πιθανό, να λάβει χώρα εκπομπή δεδομένων από κάποιο σταθμό, την ώρα που στο κανάλι κινείται το πακέτο δεδομένων κάποιου άλλου χρήστη. Στην περίπτωση αυτή λαμβάνει χώρα μία σύγκρουση (collision) που οδηγεί στην αμοιβαία καταστροφή των πακέτων. Εάν ο σταθμός που έστειλε το πακέτο καταλάβει ότι αυτό έχει καταστραφεί, περιμένει για ένα τυχαίο διάστημα, και μετά το στέλνει εκ νέου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται συνεχώς, μέχρι τελικά η μετάδοση του πακέτου να είναι επιτυχής.

Ο τρόπος με τον οποίο ο αποστολέας του πακέτου καταλαβαίνει πως η μετάδοσή του είναι επιτυχής είναι σχετικά απλός. Ας υποθέσουμε πως το κάθε πακέτο διασχίζει το μήκος του μέσου μετάδοσης σε χρόνο  $\tau$ . Αυτό σημαίνει πως εάν ο υπολογιστής παραλήπτης λάβει επιτυχώς το πακέτο, θα στείλει ένα ειδικό πλαίσιο επιβεβαίωσης (acknowledgment frame) στον υπολογιστή αποστολέα, το οποίο προφανώς θα χρειαστεί και αυτό χρόνο  $\tau$  για να διασχίσει το κανάλι. Όταν λοιπόν ο αποστολέας λάβει το πλαίσιο επιβεβαίωσης σε χρόνο μικρότερο ή ίσο του  $2\tau$ , αυτό σημαίνει, πως η μετάδοση του πακέτου του, υπήρξε επιτυχής.



Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως στην περίπτωση του συγχρονισμένου ALOHA, η επικάλυψη των πακέτων δεν είναι μερική όπως στην περίπτωση του ασυγχρόνιστου ALOHA, αλλά ολική. Μέσω μαθηματικής ανάλυσης μπορεί να αποδειχθεί, πως η χρήση της συγχρονισμένης έκδοσης του πρωτοκόλλου, διπλασιάζει το ρυθμό διέλευσης, ο οποίος μπορεί να φτάσει στο 37% περίπου των επιχειρούμενων μεταδόσεων.

## **Ερώτηση 2: Σε τι διαφέρει το πρότυπο CSMA από το πρότυπο ALOHA;**

**Απάντηση:** Η βασική διαφορά που υφίσταται ανάμεσα στο πρωτόκολλο ALOHA και στο πρωτόκολλο CSMA (Carrier Sense Multiple Access) είναι η διαδικασία ανίχνευσης φέροντος που χρησιμοποιείται στο δεύτερο πρωτόκολλο αλλά όχι και στο πρώτο. Πράγματι, στο πρωτόκολλο ALOHA, εάν κάποιος σταθμός θέλει να στείλει δεδομένα, το κάνει απευθείας, χωρίς προηγουμένως να διαπιστώσει εάν το κανάλι είναι άδειο ή κατειλημμένο από κάποιο άλλο σταθμό. Αυτό όμως οδηγεί σε μεγάλο πλήθος συγκρούσεων και σε μικρή απόδοση του καναλιού. Αντίθετα, στο πρωτόκολλο CSMA, πριν την μετάδοση του πακέτου δεδομένων από το σταθμό, λαμβάνει χώρα ακρόαση του καναλιού, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν αυτό είναι ελεύθερο και έτοιμο για μετάδοση. Εάν το κανάλι είναι ελεύθερο, ο σταθμός το δεσμεύει, και προχωρεί στην αποστολή των δεδομένων του. Εάν όμως είναι κατειλημμένο, τότε ο σταθμός ανάλογα με την έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται, είτε θα ακούει συνεχώς το κανάλι μέχρι αυτό να απελευθερωθεί (1-persistent CSMA) ή θα επαναλαμβάνει συνεχώς αυτή τη διαδικασία ακρόασης σε τυχαίες χρονικές στιγμές μέχρι τελικά να μεταδώσει το πακέτο με επιτυχία (non-persistent CSMA). Τέλος σε μια πιο γενικευμένη έκδοση του πρωτοκόλλου (p-persistent CSMA) ο σταθμός επιχειρεί να μεταδώσει σε κάθε χρονοθυρίδα με πιθανότητα  $p$ , διαδικασία, η οποία επαναλαμβάνεται συνεχώς, μέχρι την επιτυχή μετάδοση του πακέτου.

## **Ερώτηση 3: Πώς λειτουργεί το CSMA/CD;**

**Απάντηση:** Το πρωτόκολλο CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) λειτουργεί ακριβώς όπως και το CSMA, αλλά είναι πιο βελτιωμένο όσον αφορά τη διαχείριση των συγκρούσεων. Πιο συγκεκριμένα όταν

δύο σταθμοί στείλουν δεδομένα ταυτόχρονα στο κανάλι, τότε αυτά θα συγκρουστούν. Όταν οι δύο σταθμοί ανιχνεύσουν αυτή τη σύγκρουση, δεν ολοκληρώνουν τη μετάδοση των πακέτων (που ούτως ή άλλως έχουν καταστραφεί και πρόκειται να μεταδοθούν εκ νέου) αλλά τη διακόπτουν αμέσως. Αυτή η διακοπή της μετάδοσης των κατεστραμμένων πακέτων βελτιώνει την απόδοση του δικτύου όσον αφορά το ρυθμό διέλευσης και την καθυστέρηση της μετάδοσης. Κάθε κόμβος που διαπιστώνει σύγκρουση, αναβάλλει τη μετάδοση του πακέτου του, περιμένοντας για κάποιο χρονικό διάστημα, και επιχειρεί αργότερα, υποθέτοντας πως στο διάστημα αυτό, κανείς άλλος κόμβος δεν άρχισε να μεταδίδει.

Το πρωτόκολλο CSMA/CD χρησιμοποιεί το μοντέλο του διακριτού χρόνου (slotted time) που σημαίνει πως ο κάθε σταθμός μπορεί να στείλει δεδομένα, μόνο στην αρχή κάποιας χρονοθυρίδας. Όσον αφορά το κανάλι μετάδοσης, αυτό μπορεί να βρίσκεται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις:

Κατάσταση αργίας (idle state): στην κατάσταση αυτή δεν επιχειρείται μετάδοση από κανένα κόμβο του δικτύου, και το κανάλι είναι ελεύθερο για μετάδοση.

Κατάσταση μετάδοσης (transmission state): στην κατάσταση αυτή το κανάλι είναι κατειλημμένο διότι κάποιος σταθμός του δικτύου έχει αρχίσει τη μετάδοση των δεδομένων του. Το χρονικό διάστημα που διαρκεί η μετάδοση των δεδομένων του σταθμού που κατέλαβε το κανάλι, ονομάζεται περίοδος μετάδοσης (transmission period).

Κατάσταση ανταγωνισμού (contention state): στην κατάσταση αυτή οι σταθμοί ανταγωνίζονται για τη χρήση του καναλιού. Αυτό σημαίνει πως είτε έχουν εμπλακεί σε κάποια σύγκρουση, είτε βρίσκουν το κανάλι κατειλημμένο από άλλους σταθμούς, και αναβάλλουν τη μετάδοσή τους για αργότερα.

Επομένως, στο πρωτόκολλο CSMA/CD, ο άξονας του χρόνου χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη περιόδων αργίας του καναλιού, οι οποίες εναλλάσσονται με περιόδους ανταγωνισμού και περιόδους μετάδοσης πακέτων.

Η αναγνώριση των συγκρούσεων στο πρωτόκολλο CSMA/CD γίνεται δια της σύγκρισης του σήματος που έστειλε ο σταθμός με εκείνο που διαβάζει στην έξοδο

του καναλιού επικοινωνίας. Εάν αυτά τα δύο σήματα είναι διαφορετικά αυτό σημαίνει πως έλαβε χώρα κάποια σύγκρουση. Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως για να είναι δυνατή η διαδικασία ανίχνευσης των συγκρούσεων, θα πρέπει η χρονική διάρκεια της κάθε χρονοθυρίδας να είναι ίση με  $2\tau$ , όπου  $\tau$  είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση του πακέτου δεδομένων μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων σταθμών του δικτύου.

#### **Ερώτηση 4: Σε τι διαφέρει το CSMA/CD από το Ethernet;**

**Απάντηση:** Η πιο χαρακτηριστική διαφορά που υφίσταται ανάμεσα στο CSMA/CD και στο Ethernet, είναι πως το CSMA/CD είναι πρωτόκολλο (protocol) δηλαδή ένα σύνολο κανόνων που καθορίζουν τον τρόπο πρόσβασης των σταθμών του δικτύου στο μέσο μετάδοσης, ενώ το Ethernet είναι πρότυπο (standard), και περιλαμβάνει ένα σύνολο τυποποιήσεων και συμβάσεων που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει κάποιος για να δημιουργήσει ένα δίκτυο. Άρα στην πραγματικότητα πρόκειται για δύο εντελώς διαφορετικά πράγματα. Ας σημειωθεί ωστόσο πως ο αλγόριθμος πρόσβασης των σταθμών στο μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται στο Ethernet είναι το 1 persistent CSMA/CD. Ωστόσο το πρότυπο του Ethernet δεν περιλαμβάνει μόνο τον αλγόριθμο πρόσβασης στο μέσο, αλλά και πολλά άλλα χαρακτηριστικά, όπως είναι για παράδειγμα το μήκος και ο τύπος των καλωδίων που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και ο τρόπος διασύνδεσης των σταθμών πάνω στο μέσο μετάδοσης. Τέλος είναι σημαντικό να αναφερθεί πως το Ethernet αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη του προτύπου 802.3 από την IEEE.

#### **Ερώτηση 5: Πώς υλοποιείται η μέθοδος του κουπονιού διέλευσης στο δίκτυο διαύλου;**

**Απάντηση:** Το δίκτυο διαύλου (token bus), χρησιμοποιεί προφανώς την τοπολογία διαύλου ή αρτηρίας (bus topology). Ωστόσο οι σταθμοί του δικτύου σχηματίζουν ένα νοητό δακτύλιο (logical ring) με τον κάθε σταθμό του δακτυλίου, να γνωρίζει τη διεύθυνση του προηγούμενου και του επόμενου σταθμού. Ας σημειωθεί πως δύο σταθμοί οι οποίοι είναι συνεχόμενοι στο λογικό δακτύλιο, δεν είναι υποχρεωτικό να είναι συνεχόμενοι σταθμοί του δικτύου, αλλά μπορεί να βρίσκονται οπουδήποτε. Όταν ο λογικός δακτύλιος δημιουργείται για πρώτη φορά, ο σταθμός με την

υψηλότερη αρίθμηση μπορεί να στείλει το πρώτο πλαίσιο. Αφού γίνει αυτό, δίνει την άδεια εκπομπής στον επόμενο σταθμό στέλνοντας ένα ειδικό πλαίσιο που ονομάζεται κουπόνι (token). Αυτό το κουπόνι διαδίδεται πάνω στο λογικό δακτύλιο, και μόνο αυτός που έχει το κουπόνι επιτρέπεται να μεταδίδει πακέτα δεδομένων. Επειδή μόνο ένας σταθμός κάθε φορά θα έχει το κουπόνι, η μετάδοση χαρακτηρίζεται από απουσία συγκρούσεων.

Το βασικό πλεονέκτημα του διαύλου με κουπόνι είναι πως αφ' ενός ο έλεγχος του δικτύου είναι κατανεμημένος σε όλους τους σταθμούς και δεν συμβαίνουν συγκρούσεις, και αφ' ετέρου, η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να υπολογιστεί με αρκετά μεγάλη ακρίβεια. Επίσης, επιτρέπει τη χρήση προτεραιοτήτων (priorities) στα μεταδιδόμενα πακέτα, κάτι που δεν γίνεται για παράδειγμα στο 802.3. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η υψηλή πολυπλοκότητά του καθώς και η συντήρηση του λογικού δακτυλίου όπου θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε προβλήματα της μορφής, τι θα γίνει εάν χαθεί το κουπόνι. Γενικά το 802.4 δεν έτυχε μεγάλης αποδοχής αν και είναι διαθέσιμο στο εμπόριο, και χρησιμοποιείται αρκετά βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού.

#### **Ερώτηση 6: Πώς υλοποιείται η μέθοδος του κουπονιού διέλευσης στο δίκτυο δακτυλίου;**

**Απάντηση:** Στο δίκτυο δακτυλίου με κουπόνι (token ring), οι σταθμοί βρίσκονται συνδεδεμένοι σε τοπολογία δακτυλίου, και η μέθοδος πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης απαιτεί την ύπαρξη ενός κουπονιού (token), το οποίο, όταν οι κόμβοι δεν μεταδίδουν πακέτα, περιφέρεται γύρω από το δακτύλιο. Όταν κάποιος κόμβος πρόκειται να μεταδώσει ένα πακέτο, πρέπει να σταματήσει την περιφορά του κουπονιού και να το αποσύρει από το δακτύλιο, για όσο χρονικό διάστημα απαιτεί η μετάδοσή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη στιγμιαία μετατροπή του κουπονιού από πακέτο ελέγχου σε πακέτο δεδομένων, μέσω της αντιστροφής ενός δυαδικού ψηφίου, από τους τρεις χαρακτήρες που διαθέτει. Ας σημειωθεί, πως επειδή υπάρχει μόνο ένα κουπόνι στο δακτύλιο, ένας μόνο κόμβος μπορεί να μεταδώσει ένα πακέτο σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, επιλύοντας έτσι το πρόβλημα των συγκρούσεων, με τον ίδιο τρόπο που αντιμετωπίστηκε από το πρότυπο 802.4.

Ας σημειωθεί πως ο κάθε σταθμός του δικτύου δεν συνδέεται απευθείας πάνω στο μέσο μετάδοσης, αλλά διαμέσου κατάλληλα σχεδιασμένων διεπαφών (ring interface). Κάθε διεπαφή μπορεί να λειτουργήσει σε δύο καταστάσεις, στην κατάσταση ακρόασης (listen mode) κατά την οποία τα εισερχόμενα δυαδικά ψηφία αντιγράφονται στην έξοδο, και στην κατάσταση μετάδοσης (transmit mode) η οποία μπορεί να υπάρξει μόνο όταν το κουπόνι σταματήσει την περιφορά του. Όταν ο κόμβος αποστείλει και το τελευταίο δυαδικό ψηφίο του τελευταίου πακέτου του, αναδημιουργεί το κουπόνι, και όταν λάβει το αντίγραφο του πακέτου που έστειλε, επαναφέρει τη διεπαφή σε κατάσταση μετάδοσης. Ας σημειωθεί πως δεν υπάρχει άνω όριο όσον αφορά το μέγεθος των πακέτων και πως ο κάθε σταθμός είναι υπεύθυνος για την απομάκρυνση των πακέτων από το δακτύλιο, όταν αυτά συμπληρώσουν μια πλήρη περιφορά. Συνήθως ο αποστολέας συγκρίνει αυτά που έστειλε με αυτά που έλαβε για λόγους αξιοπιστίας.

**Ερώτηση 7: Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα των δικτύων διαύλου και δακτυλίου με κουπόνι διέλευσης;**

**Απάντηση:** Το βασικό πλεονέκτημα και των δύο πρωτοκόλλων είναι η απουσία συγκρούσεων ανάμεσα στα μεταδιδόμενα πακέτα δεδομένων, αφού η αποστολή αυτών είναι δυνατή, μόνο από το σταθμό που κατέχει το κουπόνι. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά αυτά τα δίκτυα άκρως αποτελεσματικά κυρίως σε συνθήκες υψηλού φορτίου, όπου η απόδοσή τους, μπορεί να φτάσει ακόμη και το 100%. Και οι δύο τοπολογίες επιτρέπουν την απόδοση προτεραιοτήτων στα μεταδιδόμενα πακέτα, αν και η διαχείρισή τους είναι γενικά μια πολύπλοκη διαδικασία.

Αναφερόμενοι τώρα σε κάθε πρότυπο ξεχωριστά, το δίκτυο διαύλου με κουπόνι μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει ένα εξασφαλισμένο ποσοστό εύρους ζώνης ακόμη και σε κυκλοφορία υψηλής προτεραιότητας, όπως είναι η ψηφιακή φωνή. Επιπλέον μπορεί να χειριστεί πλαίσια πολύ μικρού μήκους, καθώς και να υποστηρίξει πολλά κανάλια, όχι μόνο για δεδομένα, αλλά επίσης για φωνή και τηλεόραση. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η δύσκολη συντήρηση του δακτυλίου, με ποιο χαρακτηριστικό παράδειγμα την αναδημιουργία του κουπονιού εάν ο σταθμός που το κρατά, καταρρεύσει.

Από την άλλη πλευρά, το δίκτυο δακτυλίου με κουπόνι, χρησιμοποιεί συνδέσεις από σημείο σε σημείο, και επομένως οι τεχνικές μετάδοσης δεδομένων, είναι απλές, και ολοκληρωτικά ψηφιακές. Το βασικό του μειονέκτημα, είναι η παρουσία ενός σταθμού ο οποίος λειτουργεί ως επόπτης (monitor station), και ο οποίος εάν παρουσιάσει πρόβλημα στη λειτουργία του, αυτό μεταφέρεται σε όλο το δακτύλιο. Τέλος, το token ring μπορεί να χειριστεί μικρά πλαίσια δεδομένων, αν και μπορούν να υπάρξουν αυθαίρετα μεγάλα πλαίσια, το μέγεθος των οποίων εξαρτάται μόνο από το χρόνο κράτησης του κουπονιού.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

## **Ενότητα 9**

### **Ερώτηση 1: Πότε ένα τοπικό δίκτυο ονομάζεται δίκτυο υψηλών επιδόσεων;**

**Απάντηση:** Ένα τοπικό δίκτυο χαρακτηρίζεται ως δίκτυο υψηλών επιδόσεων (high speed local area network), όταν οι ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων που υποστηρίζει, επιτρέπουν τη χρήση του σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου (real time applications) καθώς και σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης, όπως συμβαίνει για παράδειγμα κατά τη μεταφορά αρχείων video των οποίων το μέγεθος είναι πάρα πολύ μεγάλο. Αυτός ο ταχύτερος ρυθμός μετάδοσης, θα πρέπει να χαρακτηρίζεται επίσης από υψηλή ποιότητα μεταφοράς δεδομένων, και ασφαλώς από όσο το δυνατόν μικρότερο αριθμό σφαλμάτων.

Σε πιο λεπτομερή περιγραφή, τα δίκτυα αυτού του είδους, χαρακτηρίζονται από ταχύτητες της τάξης των 100 Mbps και 1 Gbps, ενώ ως μέσα μετάδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο ομοαξονικά και συνεστραμμένα καλώδια, όσο και οπτικές ίνες. Τέλος όσον αφορά το πρωτόκολλο επικοινωνίας, αυτό μπορεί να στηρίζεται τόσο στο CSMA/CD – π.χ. στην περίπτωση του Fast Ethernet – όσο και στη χρήση του κουπονιού διέλευσης (token passing) – όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην περίπτωση των FDDI I & II.

## **Ερώτηση 2: Ποιες είναι οι κυριότερες χρήσεις των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων;**

**Απάντηση:** Τα δίκτυα υψηλών επιδόσεων χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε εφαρμογές μετάδοσης φωνής, εικόνας και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τέτοιες εφαρμογές είναι για παράδειγμα η τηλεδιάσκεψη και η μεταφορά αρχείων video από ένα υπολογιστή σε ένα άλλο, διαδικασίες, οι οποίες αν και προχωρούν σε συμπίεση των δεδομένων πριν την αποστολή τους, εν τούτοις χαρακτηρίζονται από υψηλές απαιτήσεις σε αξιοπιστία και εύρος ζώνης. Εάν αυτού του είδους οι εφαρμογές εκτελεστούν σε ένα δίκτυο μικρών επιδόσεων θα παρουσιάσουν πάρα πολλά προβλήματα, όπως για παράδειγμα μεγάλη καθυστέρηση μεταφοράς αρχείων, και φτωχή ποιότητα video και ήχου, με αποτέλεσμα πρακτικά να είναι άχρηστες. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται ένα τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων με ταχύτητες της τάξης των 100 ή 1000 Mbps.

Μία άλλη σημαντική εφαρμογή των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων, είναι η χρήση τους ως δίκτυα κορμού (backbone networks), για τη διασύνδεση ετερογενών τοπικών δικτύων, με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης. Τα διασυνδεδεμένα τοπικά δίκτυα σε αυτή την περίπτωση, μπορεί να είναι χαμηλότερων, ίσων και υψηλότερων επιδόσεων, από τα δίκτυα κορμού. Τέλος, τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη λειτουργία ενός ενδοδικτύου (intranet), το οποίο είναι ένα τοπικό δίκτυο, που βασίζεται στα πρότυπα λειτουργίας του Διαδικτύου.

## **Ερώτηση 3: Τι είναι ένα ενδοδίκτυο;**

**Απάντηση:** Ένα ενδοδίκτυο (intranet) δεν είναι τίποτε άλλο από ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών, το οποίο όμως λειτουργεί σύμφωνα με τα πρότυπα επικοινωνίας του παγκόσμιου διαδικτύου Internet), και τα πρότυπα περιεχομένων του παγκόσμιου ιστού (world wide web). Για το λόγο αυτό τα εργαλεία ανάπτυξης ενός ενδοδικτύου είναι παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών του Διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού. Η βασική διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι στα ενδοδίκτυα, η πρόσβαση στις πληροφορίες γίνεται εσωτερικά, δηλαδή στο χώρο μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού.

Τα πιο σημαντικά από τα χαρακτηριστικά των ενδοδικτύων, είναι τα ακόλουθα:

- \* Δίνουν τη δυνατότητα γρήγορης ανάπτυξης του πρωτοτύπου μιας εφαρμογής, λόγω χρησιμοποίησης τεχνικών στις οποίες υπάρχει μεγάλη εγκατεστημένη βάση και ανεπτυγμένη τεχνογνωσία.
- \* Μπορούν εύκολα να επεκταθούν ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού.
- \* Δίνουν στους χρήστες τη δυνατότητα εύκολης πρόσβασης, πλοήγησης και χρησιμοποίησης των πληροφοριών ενός οργανισμού μέσω δημοφιλών φυλλομετρητών του παγκόσμιου ιστού.
- \* Είναι προσπελάσιμα από όλα τα διαδεδομένα υπολογιστικά συστήματα.
- \* Δίνουν τη δυνατότητα καταμεμημένης επεξεργασίας των πληροφοριών στο τοπικό δίκτυο ενός οργανισμού.
- \* Μπορούν να ενσωματώσουν εύκολα τις ήδη υπάρχουσες πηγές πληροφοριών ενός οργανισμού, αφού οι τεχνολογίες Web, καθώς και αυτές του Διαδικτύου, προσφέρουν τρόπους για τη μετάδοση δεδομένων και την εκτέλεση προγραμμάτων μεταξύ ετερογενών υπολογιστικών συστημάτων.
- \* Υποστηρίζουν τη διακίνηση πολλών τύπων πληροφορίας, όπως ήχου, βίντεο και αλληλεπιδραστικών εφαρμογών.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των ενδοδικτύων, είναι το μικρό κόστος ανάπτυξης και παράδοσης, η εύκολη εγκατάσταση, χρήση και συντήρησή τους, η δυνατότητα συνεργασίας με παραδοσιακές εφαρμογές και βάσεις δεδομένων, και η ανοικτή αρχιτεκτονική τους, η οποία τα καθιστά ανεξάρτητα από τις λύσεις του κάθε συγκεκριμένου κατασκευαστή.

**Ερώτηση 4: Να περιγράψεις τρόπους ασφάλειας στη μετάδοση δεδομένων μέσω τοπικών δικτύων και ενδοδικτύων.**

**Απάντηση:** Οι τρεις πιο σημαντικοί μηχανισμοί ασφαλείας που χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων καθώς και στα ενδοδίκτυα, είναι η χρήση υλικού και λογισμικού προστασίας (firewalls) που απαγορεύει την πρόσβαση στο δίκτυο, μη εξουσιοδοτημένων ατόμων, η κρυπτογράφηση της πληροφορίας που διακινείται στο δίκτυο, καθώς και οι διάφοροι αλγόριθμοι πιστοποίησης της



αυθεντικότητας του χρήστη (authentication) έτσι ώστε να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες του δικτύου, μόνο οι χρήστες που έχουν αυτό το δικαίωμα.

Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες λαμβάνει χώρα διακίνηση εμπιστευτικών πληροφοριών – όπως για παράδειγμα κωδικοί πιστωτικών καρτών – μέσω του παγκόσμιου ιστού, μπορούμε να κρυπτογραφήσουμε αυτή την πληροφορία, χρησιμοποιώντας ειδικά πρωτόκολλα κρυπτογράφησης όπως είναι το SSL και το S-HTTP. Το SSL (Secure Socket Layer), υλοποιήθηκε από τη Netscape και αποτελεί ένα ενδιάμεσο πρωτόκολλο ανάμεσα στο TCP/IP και στο HTTP, ενώ το S-HTTP επινοήθηκε για να βοηθήσει στην ασφαλή πραγματοποίηση εμπορικών συναλλαγών σε περιπτώσεις κατά τις οποίες προκύπτουν προβλήματα αυθεντικότητας των σταθμών εξυπηρέτησης, και ασφάλειας των δεδομένων που μεταδίδουν οι πελάτες. Οι πελάτες που χρησιμοποιούν το S-HTTP μεταδίδουν με ασφάλεια δεδομένα, σε σταθμούς εξυπηρέτησης παρόμοιων προδιαγραφών, και οι λήπτες αποκρίνονται με κρυπτογραφημένο μήνυμα, που περιλαμβάνει μεταξύ των άλλων, και την ψηφιακή υπογραφή τους.

Ένας τελευταίος μηχανισμός ασφαλείας που έχει προταθεί, είναι η σύσταση X.509 για την έκδοση πιστοποιητικού εγκυρότητας της ψηφιακής υπογραφής, το οποίο θα χρησιμοποιείται για επιβεβαίωση της ταυτότητας του χρήστη.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

## Ενότητα 10

### Ερώτηση 1: Πόσες παραλλαγές του Ethernet έχεις γνωρίσει έως τώρα;

**Απάντηση:** Το πρότυπο τοπικών δικτύων Ethernet χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα συνήθη τοπικά δίκτυα και υποστήριζε ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων της τάξης των 10 Mbps. Ως πρότυπο, φέρει το όνομα IEEE 802.3 – ή απλά 802.3 – και οι τρεις πιο γνωστές και ευρέως χρησιμοποιούμενες υλοποιήσεις του είναι η 10Base-5 που χρησιμοποιεί ομοαξονικό καλώδιο με μέγιστο μήκος τα 500 μέτρα, η 10Base-2 που χρησιμοποιεί ομοαξονικό καλώδιο με μέγιστο μήκος τα 185 μέτρα, και η 10Base-T, που χρησιμοποιεί συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, με μέγιστο μήκος τα 100 μέτρα.

Στην περίπτωση των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων, το πρότυπο Ethernet χρησιμοποιείται με νέες προδιαγραφές κυρίως όσον αφορά το μέσο μετάδοσης, με αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης στα 100 Mbps ή ακόμη και στα 1000 Mbps. Παραλλαγές του Ethernet που υποστηρίζουν ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων της τάξης των 100 Mbps, είναι το Fast Ethernet (IEEE 802.3u) και το VGAnyLAN (IEEE 802.12) – το οποίο ας σημειωθεί πως δεν είναι καθαρό Ethernet αλλά ένα υβριδικό μοντέλο που συνδυάζει χαρακτηριστικά από το Ethernet και το Token Ring. Όσον αφορά το Fast Ethernet, αυτό συναντάται σε τρεις διαφορετικές υλοποιήσεις – στην 100Base-TX, που χρησιμοποιεί μη θωρακισμένο συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων κατηγορίας 5 (UTP-5), στην 100Base-T4, που χρησιμοποιεί μη θωρακισμένο συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων κατηγορίας 3 (UTP-3) και στην 100Base-FX που χρησιμοποιεί καλώδια πολύτροπων οπτικών ινών και είναι ιδανικά για τη χρήση τους ως δίκτυα κορμού (backbone networks).

### Ερώτηση 2: Μπορούμε να συνδέσουμε μεταξύ τους δίκτυα διαφορετικής τεχνολογίας;

**Απάντηση:** Η διασύνδεση δικτύων διαφορετικής τεχνολογίας γενικά είναι δυνατή, αν και απαιτεί ενδιάμεσο εξειδικευμένο εξοπλισμό ο οποίος θα γεφυρώσει τις τεχνολογικές διαφορές που υφίστανται ανάμεσα στα δύο δίκτυα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας περίπτωσης, είναι η χρήση ενός δακτυλίου FDDI ως δίκτυο κορμού (backbone network), πάνω στο οποίο θα συνδεθούν δίκτυα που

χαρακτηρίζονται από μικρότερους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων, όπως είναι για παράδειγμα εκείνα που χρησιμοποιούν ως πρότυπο το Fast Ethernet. Στην περίπτωση αυτή ανάμεσα στο δίκτυο του Fast Ethernet και στο δακτύλιο FDDI παρεμβάλλεται μιας ειδική συσκευή που ονομάζεται συλλέκτης (concentrator) και η οποία αναλαμβάνει τη διαδικασία της φωτοηλεκτρικής μετατροπής για τις συνδεδεμένες συσκευές. Αυτό συμβαίνει διότι όπως είναι γνωστό από τη βασική θεωρία, οι οπτικές ίνες διαρρέονται από φως, ενώ τα ομοαξονικά και συνεστραμμένα καλώδια, διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

**Ερώτηση 3: Γιατί χρησιμοποιούμε το τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων σαν δίκτυο κορμού;**

**Απάντηση:** Στις περιπτώσεις μεγάλων δικτύων υπολογιστών λαμβάνει χώρα υποδιαίρεση του δικτύου σε πολλά τμήματα ανάλογα με τις ανάγκες που αυτά πρόκειται να καλύψουν. Όλα αυτά τα τμήματα συνδέονται πάνω στο δικτυακό κορμό του δικτύου (backbone), ο οποίος θεωρείται ως το κεντρικό τμήμα του δικτύου. Επειδή δε, ο δικτυακός κορμός θα πρέπει να είναι σε θέση να εξυπηρετήσει τις αιτήσεις όλων των τμημάτων του δικτύου, ταυτόχρονα, θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, και από μεγάλη ικανότητα ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών. Για το λόγο αυτό ως δίκτυα κορμού, χρησιμοποιούνται δίκτυα υψηλών επιδόσεων, τα οποία χαρακτηρίζονται από τις παραπάνω ιδιότητες. Παράδειγμα δικτύων υψηλών επιδόσεων που χρησιμοποιείται ως δίκτυο κορμού είναι το FDDI.

**Ερώτηση 4: Τι είναι ο μεταγωγός σε ένα τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων;**

**Απάντηση:** Σε ένα τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων, ο μεταγωγός δεν είναι τίποτε άλλο από μια γέφυρα πολλαπλών εισόδων – εξόδων η οποία προωθεί τα πακέτα από τις εισόδους της στις εξόδους της. Η απόφαση σε ποια έξοδο θα προωθηθεί κάθε πακέτο βασίζεται στη διεύθυνση MAC που περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα του πακέτου. Επομένως οι μεταγωγείς αποφασίζουν για την προώθηση των πακέτων, βασισμένοι στο δεύτερο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI (επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων, data link layer) σε αντίθεση με τους δρομολογητές (routers) οι οποίοι λειτουργούν στο τρίτο επίπεδο αυτού του μοντέλου (επίπεδο δικτύου, network

layer). Επιπλέον, οι μεταγωγείς δεν τροποποιούν τα πακέτα που διέρχονται μέσα από αυτούς, σε αντίθεση με τους δρομολογητές, οι οποίοι πρέπει σε κάθε πακέτο να προσθέσουν τη διεύθυνση MAC του επόμενου δρομολογητή, στον οποίο πρόκειται να κατευθυνθεί το πακέτο.

Στην περίπτωση κατά την οποία το τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων χρησιμοποιείται ως δίκτυο κορμού το οποίο εξυπηρετεί μικρότερα τοπικά δίκτυα, αυτά συνδέονται στις διάφορες πόρτες του μεταγωγού και δουλεύουν όλα ταυτόχρονα και ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Με τον τρόπο αυτό, η χρήση ενός μεταγωγού, αυξάνει σημαντικά τη συνολική χωρητικότητα του δικτύου. Τέλος, όσον αφορά τις τεχνικές προώθησης των πακέτων, προς τον τελικό τους προορισμό, οι δύο πιο συνηθισμένες από αυτές είναι (α) η αποθήκευση και προώθηση (store and forward), και (β) η άμεση προώθηση (cut-through). Στην περίπτωση της πρώτης μεθόδου ο μεταγωγός αρχίζει να προωθεί το πακέτο στην έξοδο αφού πρώτα το έχει λάβει και το έχει αποθηκεύσει ολόκληρο, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, αρχίζει να το προωθεί αμέσως, αφού πρώτα εξακριβώσει σε ποια έξοδο πρέπει να κατευθυνθεί.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά σε όλες τις ερωτήσεις μπράβο!!! Μπορείτε να συνεχίσετε στην επόμενη ενότητα. Αν όχι, δεν πειράζει μην απογοητεύεστε, μελετήστε ξανά την ενότητα και θα είστε έτοιμοι να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις!!!*

## Ενότητα 11

### Ερώτηση 1: Ποιες οι διαφορές των ΔΕΠ με τα τοπικά δίκτυα;

**Απάντηση:** Οι διαφορές των τοπικών δικτύων με τα δίκτυα ευρείας περιοχής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Τοπικά Δίκτυα	Ευρείας Περιοχής Δίκτυα
Μικρές καθυστερήσεις κατά τη μετάδοση	Μεγάλες καθυστερήσεις κατά τη μετάδοση
Περιορίζονται γεωγραφικά στα 200 km για τα ενσύρματα	Καλύπτουν ευρύτερες περιοχές
Ταχύτερη μετάδοση μεγάλου όγκου πληροφοριών	Αργότερη μετάδοση
Λιγότερα λάθη κατά τη μετάδοση	Περισσότερα λάθη κατά τη μετάδοση τα οποία δε γίνονται αντιληπτά

### Ερώτηση 2: Πώς ταξινομούνται τα ΔΕΠ με κριτήριο τη μέθοδο μεταγωγής;

**Απάντηση:** Τα ΔΕΠ μπορούν να ταξινομηθούν, ανάλογα με την τεχνική μεταγωγής την οποία χρησιμοποιούν, στις παρακάτω κατηγορίες:

- \* ΔΕΠ μεταγωγής κυκλώματος. Σε ένα ΔΕΠ μεταγωγής κυκλώματος εγκαθίστανται μόνιμα φυσικά κυκλώματα για κάθε μετάδοση δεδομένων. Τα κυκλώματα αυτά διατηρούνται όσο διαρκεί η μετάδοση δεδομένων και στη συνέχεια, μετά τον τερματισμό της, ελευθερώνονται. ΔΕΠ τα οποία στηρίζονται στην τεχνική μεταγωγής κυκλώματος είναι το τηλεφωνικό δίκτυο και το δίκτυο ISDN.
- \* ΔΕΠ μεταγωγής πακέτου. Σε ένα ΔΕΠ μεταγωγής πακέτου οι δικτυακές συσκευές μοιράζονται μια σύνδεση σημείου προς σημείο με σκοπό τη μεταφορά πακέτων από έναν κόμβο σε έναν άλλο. Η χρήση των τηλεπικοινωνιακών κυκλωμάτων από πολλές συσκευές ταυτόχρονα γίνεται με τη βοήθεια της στατιστικής πολυπλεξίας. ΔΕΠ τα οποία στηρίζονται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου είναι το X.25, η μεταγωγή πλαισίου (FR: Frame

Relay), το SMDS (Switched Multimegabit Data Services) και άλλα που θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα.

- \* ΔΕΠ νοητών κυκλωμάτων. Ένα νοητό κύκλωμα είναι ένα λογικό κύκλωμα το οποίο εξασφαλίζει την αξιόπιστη επικοινωνία ανάμεσα σε δύο δικτυακές συσκευές. Υπάρχουν δύο είδη νοητών κυκλωμάτων, τα προσωρινά και τα μόνιμα. Τα προσωρινά νοητά κυκλώματα εγκαθίστανται ανάλογα με τη ζήτηση και τερματίζονται, όταν η μετάδοση ολοκληρωθεί. Τα μόνιμα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που η ροή των δεδομένων ανάμεσα σε δικτυακές συσκευές είναι συνεχής.

### Ερώτηση 3: Ποιες βασικές τοπολογίες τοπικών δικτύων γνωρίζεις, ποια τα πλεονεκτήματα και ποιοι οι περιορισμοί τους;

**Απάντηση:** Οι βασικές τοπολογίες δικτύων μαζί με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Τοπολογία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<b>Ομότιμοι</b>	Απλούστερος τρόπος διασύνδεσης για μικρό αριθμό κόμβων	Μικρή δυνατότητα επέκτασης Δυσκολία στον επανακαθορισμό της διαδρομής
<b>Δακτυλίου</b>	Δυναμική δρομολόγηση Εύκολη εγκατάσταση	Κόστος εγκατάστασης εξαρτώμενο από την απόσταση Δυσκολία στην επέκταση
<b>Άστρου</b>	Μεγάλη δυνατότητα επέκτασης (συλλέκτης - δρομολογητής)	Η διακοπή του κεντρικού κόμβου μπορεί να προκαλέσει διακοπή στην επικοινωνία του ΔΕΠ
<b>Πλήρως συνεκτική</b>	Απόλυτη αξιοπιστία Ανοχή σε καταστροφικά σφάλματα	Υψηλό κόστος εγκατάστασης Οριακή όσον αφορά τη δυνατότητα επέκτασης
<b>Μερικώς συνεκτική</b>	Πολύ ευέλικτη Μεγαλύτερη δυνατότητα επέκτασης και οικονομικότερη της πλήρως συνεκτικής	Δε διασυνδέει τα τμήματα των ΔΕΠ με χαμηλή κυκλοφορία

**Ερώτηση 4: Να αναφερθούν συνοπτικά οι τεχνικές μεταγωγής και τα χαρακτηριστικά τους.**

**Απάντηση:** Οι δύο τεχνικές μεταγωγής που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί η επικοινωνία ανάμεσα σε δύο κόμβους ενός ΔΕΠ είναι η μεταγωγή κυκλώματος και η μεταγωγή πακέτου. Η μεταγωγή πακέτου περιλαμβάνει δύο υποπεριπτώσεις, τη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου και τη μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος. Στον ακόλουθο πίνακα παραθέτονται τα χαρακτηριστικά της καθεμίας.

<b>Μεταγωγή κυκλώματος</b>	<b>Μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου</b>	<b>Μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος</b>
Αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.
Η μετάδοση δεδομένων είναι συνεχής.	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα.	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα.
Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.
Τα μηνύματα που μεταδίδονται δεν αποθηκεύονται σε ενδιάμεσους κόμβους.	Τα πακέτα μπορεί να αποθηκευτούν προσωρινά σε κάποιον κόμβο.	Τα πακέτα αποθηκεύονται, μέχρι να μεταδοθούν.
Καθορισμός του μονοπατιού για ολόκληρη τη σύνδεση.	Καθορισμός μονοπατιού για κάθε πακέτο.	Καθορισμός μονοπατιού για όλα τα πακέτα.
Πιθανή καθυστέρηση στην εγκατάσταση της σύνδεσης.	Πιθανή καθυστέρηση στη μετάδοση των πακέτων.	Καθυστέρηση στην εγκατάσταση της σύνδεσης και στη μετάδοση των πακέτων.
Αν κατά την εγκατάσταση της σύνδεσης ο παραλήπτης είναι απασχολημένος, δίνεται σήμα κατειλημμένου στον αποστολέα.	Ο αποστολέας είναι πιθανό να ενημερωθεί, αν κάποιο πακέτο δε φτάσει στον προορισμό του.	Ο αποστολέας ενημερώνεται για πιθανή αποτυχία στην εγκατάσταση της σύνδεσης.
Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου είναι πιθανό να αποτρέψει την εγκατάσταση νέων συνδέσεων, χωρίς όμως να επιβαρύνει τις	Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου αυξάνει την καθυστέρηση όλων των πακέτων που μεταδίδονται.	Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου είναι πιθανό να αποτρέψει την εγκατάσταση νέων συνδέσεων, ενώ αυξάνει παράλληλα την καθυστέρηση όλων των πακέτων που μεταδίδονται.

υπάρχουσες συνδέσεις.		
Ο χρήστης είναι υπεύθυνος για την αποτροπή της απώλειας μηνυμάτων.	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για την απώλεια ανεξάρτητων πακέτων.	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για την απώλεια ακολουθιών πακέτων.
Συνήθως δεν προκύπτει μεταβολή στο ρυθμό μετάδοσης ή στον κώδικα που χρησιμοποιείται.	Ο ρυθμός μετάδοσης, καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μπορούν να αλλάξουν.	Ο ρυθμός μετάδοσης, καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μπορούν να αλλάξουν.
Το εύρος ζώνης μετάδοσης είναι σταθερό.	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά.	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά.
Μετά την εγκατάσταση της επικοινωνίας δεν απαιτούνται επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου μέσα στην πληροφορία.	Σε κάθε πακέτο υπάρχουν επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου.	Σε κάθε πακέτο υπάρχουν επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου.

#### **Ερώτηση 5: Ποιες τυποποιήσεις σχετικές με τα ΔΕΠ γνωρίζεις;**

**Απάντηση:** Παρακάτω καταγράφονται ορισμένα από τα πλέον δημοφιλή πρότυπα υλοποίησης των ΔΕΠ, τα οποία προδιαγράφουν και τις αντίστοιχες τεχνικές που χρησιμοποιούνται.

Το πρότυπο X.25 της ITU-T καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να εγκατασταθούν και να συντηρηθούν συνδέσεις ανάμεσα στον εξοπλισμό ενός χρήστη και στις συσκευές ενός ΔΕΠ. Το X.25 έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να λειτουργεί αποτελεσματικά ανεξάρτητα από το είδος των συστημάτων που συνδέονται στο δίκτυο. Χρησιμοποιείται σε δίκτυα τηλεπικοινωνιακών οργανισμών τα οποία στηρίζονται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου και οι συνδρομητές χρεώνονται ανάλογα με τη χρήση που κάνουν στο δίκτυο.

Το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου (*FR: Frame Relay*) είναι ένα υψηλής απόδοσης πρωτόκολλο ΔΕΠ το οποίο στηρίζεται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου. Το πρότυπο αυτό λειτουργεί στα δύο πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI. Αρχικά σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί στο ISDN, στις μέρες μας όμως χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία δικτύων. Παρέχει μια διεπαφή ανάμεσα στον εξοπλισμό του χρήστη και στον εξοπλισμό του ΔΕΠ, η οποία αποτελεί και τη βάση για τη μεταξύ



τους επικοινωνία. Συνήθως οι ρυθμοί μετάδοσης που παρέχει το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου κυμαίνονται από 56 Kbps έως 2 Mbps. Το πρότυπο αυτό θεωρείται αποτελεσματικότερο από το X.25 και πολλοί το θεωρούν ως τον αντικαταστάτη του. Μπορεί να υποστηρίξει νέες τεχνολογίες όσον αφορά τα μέσα μετάδοσης, όπως είναι για παράδειγμα οι οπτικές ίνες, και να αποτρέψει χρονοβόρες διαδικασίες, όπως είναι ο έλεγχος λαθών, που ήταν αναπόφευκτες παλαιότερα, όταν γινόταν χρήση λιγότερο αξιόπιστων μέσων μετάδοσης και πρωτοκόλλων. Η μεταγωγή πλαισίου προτυποποιήθηκε από την ITU-T, ενώ στις Η.Π.Α. αποτελεί πρότυπο του ANSI.

Το πρότυπο σειραϊκής διεπαφής υψηλού ρυθμού μετάδοσης (*HSSI: High Speed Serial Interface*) προσεγγίζει ρυθμούς των 52 Mbps στις συνδέσεις των ΔΕΠ. Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιεί μια διεπαφή ανάμεσα στον εξοπλισμό του χρήστη και στον εξοπλισμό του δικτύου, η οποία αναπτύχθηκε από την εταιρεία Cisco Systems και την T3plus Networking. Αρχικά το πρότυπο HSSI (σχήμα 11.9) προτάθηκε στην επιτροπή ANSI EIA/TIA TR30.2 για θεώρηση, ενώ στη συνέχεια μεταφέρθηκε στον τομέα προτυποποίησης της ITU-T.

Το πρότυπο ψηφιακών δικτύων ολοκληρωμένων υπηρεσιών (*ISDN: Integrated Services Data Network*) αναφέρεται σε ένα σύνολο από πρωτόκολλα επικοινωνιών, τα οποία προτάθηκαν από τις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες με σκοπό να μπορέσουν τα τηλεφωνικά δίκτυα να μεταφέρουν στους τελικούς χρήστες όλων των ειδών τις πληροφορίες, όπως είναι τα δεδομένα, η φωνή, το βίντεο, τα γραφικά, η μουσική κτλ. Το ISDN δημιουργήθηκε για να προσφέρει τις ιδιαίτερες αυτές υπηρεσίες μέσω του υπάρχοντος τηλεφωνικού δικτύου, ενώ γενικά μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μια εναλλακτική λύση έναντι των δικτύων μεταγωγής πλαισίου και των τηλεφωνικών δικτύων ευρείας περιοχής (*WATSs: Wide-Area Telephone Services*), τα οποία στηρίζονται σε γραμμές T1 ή E1. Από πρακτική άποψη και στο πλαίσιο των επιχειρήσεων, το ISDN αποτελεί μία από τις σύγχρονες μεθόδους δικτύωσης μικρών και απομακρυσμένων γραφείων. Το ISDN (σχήμα 11.10) έχει προτυποποιηθεί από την ITU-T και αντιστοιχεί στα τρία πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.

Το πρότυπο σημείου προς σημείο (*PPP: Point-to-Point Protocol*) παρέχει συνδέσεις ανάμεσα σε δρομολογητές, σε εξοπλισμό χρηστών και σε δικτυακό εξοπλισμό που χρησιμοποιεί συγχρονισμένα και ασυγχρόνιστα κυκλώματα. Το PPP δημιουργήθηκε

στα τέλη του 1980 για να καλύψει την έλλειψη πρωτοκόλλων ενθυλάκωσης στο Διαδίκτυο και για να περιορίσει την ανάπτυξη των σειραϊκών γραμμών πρόσβασης. Δημιουργήθηκε επίσης για να λύσει τα προβλήματα που ανέκυπταν στο Διαδίκτυο με τις απομακρυσμένες συνδέσεις. Το PPP ορίζεται μέσω μια σειράς συστάσεων του ISO. Στο σχήμα 11.11 παρουσιάζεται ένα περιβάλλον PPP.

Το πρότυπο μεταγωγής για υπηρεσίες δεδομένων εκατομμυρίων δυαδικών ψηφίων (*SMDS: Switched Multimegabit Data Services*) παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και βασίζεται στη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου, η οποία χρησιμοποιείται στην επικοινωνία των δημόσιων δικτύων δεδομένων. Το πρότυπο SMDS μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα ΔΕΠ για την υποστήριξη πολλών εφαρμογών των δικτύων υψηλών επιδόσεων, όπως είναι για παράδειγμα η καταναεμημένη επεξεργασία δεδομένων. Προτιμάται εξάλλου και για λόγους οικονομίας, αφού υποστηρίζει υψηλών ρυθμών μέσα μετάδοσης, όπως είναι οι οπτικές ίνες. Το πρότυπο SMDS μπορεί να χρησιμοποιηθεί με υποδομή οπτικών ινών ή χάλκινων καλωδίων, υποστηρίζοντας ρυθμούς μετάδοσης έως και 44.736 Mbps.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά συγχαρητήρια!!! Αν δεν απαντήσατε σωστά μην απογοητεύεστε. Ίσως απλά να είναι απαραίτητη μια ακόμη ανάγνωση του κεφαλαίου.*

## **Ενότητα 12**

**Ερώτηση 1: Σε ποια τεχνολογία βασίζεται η μεταγωγή δεδομένων στα δίκτυα X.25;**

**Απάντηση:** Ένα δίκτυο X.25 αποτελείται από κόμβους μεταγωγής πακέτων οι οποίοι συνδέονται ανά δύο σημείο προς σημείο. Επομένως υπάρχει ένας τουλάχιστον φυσικός δρόμος επικοινωνίας μεταξύ δύο τυχαίων κόμβων του δικτύου. Λόγω της οικονομίας που πρέπει να γίνεται στις φυσικές καλωδιώσεις, αλλά κυρίως λόγω του γεγονότος ότι μια φυσική γραμμή χρησιμοποιείται περιοδικά και συνήθως για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, επιβάλλεται η εκμετάλλευση μιας φυσικής γραμμής σε περισσότερες από μία συνδέσεις.

Όταν δύο DTEs ανταλλάσσουν πακέτα μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, τότε λέμε ότι μεταξύ τους υφίσταται ένα νοητό κύκλωμα (virtual circuit). Σε ένα τέτοιο κύκλωμα δεν υπάρχει άμεση φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο DTEs, αλλά το δίκτυο τις συνδέει νοητά συσχετίζοντας τις διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη, οι οποίες είναι καταχωρισμένες στα πακέτα που μεταδίδονται. Υπάρχουν δύο ειδών νοητά κυκλώματα:

- \* Τα μόνιμα νοητά κυκλώματα ή PVCs (*Permanent Virtual Circuits*), στα οποία διατηρείται συνεχώς μια σύνδεση μεταξύ δύο DTEs. Τα κυκλώματα αυτά αντιστοιχούν στις μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές.
- \* Τα επιλογικά νοητά κυκλώματα ή SVCs (*Switched Virtual Circuits*), στα οποία η σύνδεση μεταξύ δύο DTEs υφίσταται μόνο κατά τη διάρκεια της κλήσης και διακόπτεται μετά το πέρας της μετάδοσης των δεδομένων. Αντιστοιχούν στις επιλογικές κλήσεις του κοινού τηλεφωνικού δικτύου και είναι γνωστά και ως προσωρινές συνδέσεις.

Πριν σταλούν τα πακέτα δεδομένων μέσω μιας προσωρινής σύνδεσης, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση του αντίστοιχου νοητού κυκλώματος, δεδομένου ότι με τον τερματισμό της αποστολής των πακέτων το κύκλωμα μπορεί να καταργηθεί. Η διαδικασία εγκατάστασης γίνεται με την αποστολή ειδικών πακέτων ελέγχου. Αντίθετα, τέτοια διαδικασία δεν έχει νόημα στα PVCs, αφού μπορούν να στέλνονται πακέτα δεδομένων από τη μια άκρη της σύνδεσης στην άλλη οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

## **Ερώτηση 2: Να περιγράψεις τη δομή του πλαισίου στο FR.**

**Απάντηση:** Ένα πλαίσιο μεταγωγής αποτελείται από τα παρακάτω πεδία:

- \* Το πεδίο σημαία (*flag*), το οποίο χρησιμοποιείται για την οριοθέτηση της αρχής και του τέλους ενός πλαισίου. Η τιμή του πεδίου αυτού είναι πάντα η ίδια και αντιστοιχεί στο δεκαεξαδικό αριθμό 7E ή στο δυαδικό αριθμό 01111110.
- \* Το πεδίο διεύθυνση (*address*), στο οποίο περιλαμβάνονται πληροφορίες για το νοητό κύκλωμα που συνδέει την DTE και τον εξοπλισμό του δικτύου. Η δομή

αυτού του πεδίου είναι αρκετά πολύπλοκη, η ανάλυση της όμως ξεπερνά τους σκοπούς αυτού του βιβλίου.

- \* Το πεδίο δεδομένα (*data*), το οποίο εξυπηρετεί τη μεταφορά των πακέτων. Κάθε πλαίσιο σ' αυτό το πεδίο είναι μεταβλητού μεγέθους, με μήκος που δεν μπορεί να υπερβαίνει τους 16.000 χαρακτήρες, και περιλαμβάνει δεδομένα χρήστη.
- \* Το πεδίο έλεγχος ακολουθίας πλαισίου (*FCS: Frame Check Sequence*), το οποίο χρησιμοποιείται στον έλεγχο λαθών κατά τη μετάδοση των δεδομένων. Η τιμή του πεδίου αυτού υπολογίζεται από τη συσκευή μετάδοσης και επιβεβαιώνεται από τον παραλήπτη προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα των δεδομένων.

### **Ερώτηση 3: Ποιες είναι οι κύριες διαφορές ανάμεσα στο X.25 και το FR;**

**Απάντηση:** Σε όλα τα προβλήματα που παρουσίαζε η κλασική τεχνική της μεταγωγής πακέτου ήρθε να δώσει λύση η τεχνική της μεταγωγής πλαισίου. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ο συνδυασμός της φιλοσοφίας της μεταγωγής με την ουσιαστική μείωση των επιβαρύνσεων που παρατηρούνται στο πρότυπο X.25. Οι κύριες διαφορές των δύο τεχνικών είναι οι εξής:

- \* Στο πρότυπο FR η σηματοδότηση ελέγχου μεταφέρεται από ξεχωριστό νοητό κανάλι που δεν εμπλέκεται με το κανάλι μετάδοσης δεδομένων. Αποτέλεσμα αυτού του διαχωρισμού είναι ότι δεν είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούν οι ενδιαμέσοι κόμβοι, για κάθε ανεξάρτητη σύνδεση, τις διαδικασίες ελέγχου κλήσεων, όπως είναι οι πίνακες κατάστασης καναλιού και τα μηνύματα προόδου.
- \* Στο FR η πολυπλεξία και η μεταγωγή πακέτων γίνονται στο επίπεδο 2 (γραμμής δεδομένων) και όχι στο επίπεδο 3 (δικτύου), όπως γίνεται στο πρότυπο X.25, με αποτέλεσμα την κατάργηση ενός ολόκληρου επιπέδου επεξεργασίας.
- \* Στο FR που η μετάδοση γίνεται από κόμβο σε κόμβο - λέγεται και βήμα προς βήμα (*hop-by-hop*) μετάδοση - δεν απαιτούνται έλεγχοι ροής και λαθών σε

κάθε κόμβο. Αν χρειαστούν τέτοιοι έλεγχοι, τότε αυτό είναι υποχρέωση κάποιου άλλου υψηλότερου επιπέδου.

**Ερώτηση 4: Να περιγράψεις τον τρόπο διευθυνσιοδότησης ο οποίος χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο.**

**Απάντηση:** Ένα σημαντικό στοιχείο του TCP/IP είναι η διευθυνσιοδότηση, δηλαδή ο τρόπος αντιστοίχισης μιας διεύθυνσης με έναν υπολογιστή που συνδέεται σε κάποιο δίκτυο. Κάθε διεύθυνση IP περιλαμβάνει:

- \* Την ταυτότητα δικτύου, η οποία αναφέρεται σε ένα ιδιαίτερο φυσικό δίκτυο που συνδέεται στο Διαδίκτυο.
- \* Την ταυτότητα κόμβου, η οποία αναφέρεται σε μια ιδιαίτερη συσκευή που συνδέεται σ' αυτό το φυσικό δίκτυο.

Επομένως μια διεύθυνση IP προσδιορίζει το τμήμα του Διαδικτύου στο οποίο θα συνδεθεί μια συσκευή δικτύου. Σημειώνεται ότι μια συσκευή δικτύου που έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί ταυτόχρονα σε διαφορετικά δίκτυα έχει και πολλές διευθυνθείς IP, δηλαδή διαθέτει μια αποκλειστική διεύθυνση IP για κάθε σύνδεση. Όπως γίνεται αντιληπτό, μια διεύθυνση IP είναι ένα τεχνητό δημιούργημα και δεν έχει καμία σχέση με το υλικό ή τα μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο. Μια διεύθυνση IP έχει 32 δυαδικά ψηφία, τα οποία διακρίνονται σ' αυτά που αφορούν την ταυτότητα του δικτύου και σ' αυτά που αφορούν την ταυτότητα του κόμβου. Αυτό γίνεται ταξινομώντας τις διευθύνσεις IP σε τέσσερις κλάσεις των 8 δυαδικών ψηφίων η καθεμία. Φυσικά η επιλογή μιας διεύθυνσης με πεδία καθορισμένου μήκους παρέχει, σε χαμηλό επίπεδο, μια αποτελεσματική κωδικοποίηση.

*Σημείωση: Αν απαντήσατε σωστά συγχαρητήρια!!! Αν δεν απαντήσατε σωστά μην απογοητεύεστε. Ίσως απλά να είναι απαραίτητη μια ακόμη ανάγνωση του κεφαλαίου.*

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### Ασκήσεις τύπου σωστό – λάθος και πολλαπλής επιλογής και οι λύσεις τους

#### Κεφάλαιο 1

##### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου υπολογιστών είναι οι κόμβοι επικοινωνίας, το φυσικό μέσο μετάδοσης, οι διατάξεις διασύνδεσης, το λογισμικό δικτύου και το λογισμικό εφαρμογών δικτύου.
2. Οι κόμβοι επικοινωνίας είναι μονάδες υλικού που εξασφαλίζουν τη διασύνδεση των συσκευών και τη μεταφορά των πληροφοριών ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου.
3. Το λογισμικό δικτύου είναι το σύνολο των προγραμμάτων που εξασφαλίζουν τη σύνδεση και ελέγχουν την επικοινωνία των υπολογιστών του δικτύου.
4. Οι κύριες μορφές δικτύων της ταξινόμησης ως προς τη γεωγραφική κάλυψη είναι: η καλωδιακή και ασύρματη επικοινωνία.
5. Στην τοπολογία δακτυλίου οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται μέσω ενός καλωδίου του οποίου τα άκρα είναι ανοιχτά.
6. Στη μεικτή τοπολογία ορισμένοι από τους υπολογιστές του δικτύου παίζουν το ρόλο του επικοινωνιακού κέντρου που συντονίζει την κυκλοφορία των μηνυμάτων στο δίκτυο.

## Κεφάλαιο 2

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Η γεωγραφική κάλυψη στα τοπικά δίκτυα είναι 0-100km.
2. Η γεωγραφική κάλυψη των τοπικών δικτύων βρίσκεται στο ενδιάμεσο μεταξύ των μητροπολιτικών δικτύων και των δικτύων ευρείας περιοχής.
3. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στα μητροπολιτικά δίκτυα είναι μεγαλύτερος από 1 Mbps.
4. Τα κυριότερα πρότυπα τοπικών δικτύων είναι το Ethernet και το Token Ring.
5. Ο παγκόσμιος ιστός αποτελεί μία εφαρμογή των δικτύων ευρείας περιοχής.

## Κεφάλαιο 3

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Η επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών επιτυγχάνεται μέσω πρωτοκόλλων επικοινωνίας.
2. Η επανασύνθεση αποτελεί λειτουργία πρωτοκόλλων που αφορά την προσθήκη διάφορων πληροφοριών ελέγχου στις PDUs.
3. Οι μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες διακρίνονται σε υπηρεσίες με σύνδεση και σε υπηρεσίες νοητού κυκλώματος.
4. Οι προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες βασίζονται στις αρχές του τηλεφωνικού συστήματος.
5. Οι επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες βασίζονται στο ταχυδρομικό σύστημα.
6. Για να επικοινωνήσουν δύο μέρη, απαιτείται να συμφωνήσουν τόσο στην κατηγορία της υπηρεσίας όσο και στο πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί για να προσφέρει αυτή την υπηρεσία.

### Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

7. Η κατάτμηση των μηνυμάτων πραγματοποιείται για (επέλεξε δύο):
  - A) Τον ευκολότερο έλεγχο της μετάδοσης των δεδομένων.
  - B) Τον καθορισμό του ανώτατου ρυθμού μεταφοράς των δεδομένων στον παραλήπτη.
  - Γ) Την ευκολότερη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων που παρουσιάζονται κατά τη μετάδοση των δεδομένων.
  - Δ) Για την αριθμοδότηση των PDUs ώστε αυτές να ληφθούν σωστά από το δέκτη.



## Κεφάλαιο 4

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Βάλτε στη σωστή σειρά τα παρακάτω επίπεδα του OSI ξεκινώντας από το χαμηλότερο επίπεδο:
  - A) Γραμμής
  - B) Παρουσίας
  - Γ) Δικτύου
  - Δ) Μεταφοράς
  - E) Φυσικό
  - ΣΤ) Εφαρμογής
  - Z) Συνόδου
2. Το επίπεδο γραμμής αναλαμβάνει την προσαρμογή και την μεταφορά των δεδομένων στο κανάλι μετάδοσης.
3. Το επίπεδο συνόδου αναλαμβάνει τη μορφοποίηση και την κωδικοποίηση των δεδομένων.
4. Το επίπεδο μεταφοράς αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης.
5. Στο επίπεδο παρουσίασης μια πιθανή επεξεργασία της μονάδας δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής είναι η συμπίεση των δεδομένων και η κρυπτογράφησή τους για λόγους ασφαλείας.
6. Τα ομότιμα επίπεδα ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες όλων των χαμηλότερων προς αυτά επιπέδων.
7. Τα X.25, X.75 και το IP αποτελούν πρότυπα του (επέλεξε ένα):
  - A) Φυσικού επιπέδου
  - B) Επιπέδου δικτύου
  - Γ) Επιπέδου μεταφοράς
  - Δ) Επιπέδου παρουσίασης

## Κεφάλαιο 5

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Βάλτε στη σωστή σειρά τα παρακάτω εννοιολογικά επίπεδα, στα οποία είναι οργανωμένο το λογισμικό πρωτοκόλλου TCP/IP ξεκινώντας από το χαμηλότερο επίπεδο:
  - A) Μεταφοράς
  - B) Πρόσβασης δικτύου
  - Γ) Εφαρμογής
  - Δ) Διαδικτύου
2. Το επίπεδο Διαδικτύου είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
3. Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων ανήκει στο επίπεδο μεταφοράς.
4. Το πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων (UDP) είναι βασισμένο στη σύνδεση (connection oriented).
5. Το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (HTTP) επιτρέπει την πρόσβαση και τη διαχείριση ενός απομακρυσμένου σταθμού εξυπηρέτησης αρχείων.
6. Το πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (SMTP) είναι ένα πρωτόκολλο που διαχειρίζεται τη μεταφορά του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε απομακρυσμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και δίκτυα.
7. Στα δύο μοντέλα αναφοράς (OSI και TCP/IP) τα πρωτόκολλα των χαμηλότερων επιπέδων από το επίπεδο μεταφοράς (του επιπέδου μεταφοράς συμπεριλαμβανομένου) είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η επικοινωνία.
8. Το επίπεδο συνόδου και παρουσίασης απουσιάζουν από το μοντέλο TCP/IP.
9. Το TCP/IP δεν κάνει σαφή διαχωρισμό μεταξύ του φυσικού επιπέδου και του επιπέδου γραμμής δεδομένων.

## Κεφάλαιο 6

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Η μέθοδος μεταγωγής νοητού κυκλώματος χρησιμοποιεί τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου για την παρουσίαση της πληροφορίας στο δίκτυο, όπως επίσης και τη μεταγωγή κυκλώματος για τον τρόπο που μεταφέρονται τα πακέτα αυτά μέσα από το δίκτυο.
2. Ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος είναι ένα δίκτυο σημείου προς σημείο, στο οποίο εφαρμόζονται τεχνολογίες αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων από κόμβο σε κόμβο μέχρι να φτάσουν στον τελικό προορισμό τους.
3. Η μεταγωγή μηνύματος είναι η τεχνική κατά την οποία ο πομπός οργανώνει την πληροφορία που θέλει να στείλει στο δέκτη σε ένα μήνυμα, που περιέχει τη διεύθυνση του παραλήπτη.
4. Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων τα δεδομένα χωρίζονται σε μικρότερα τμήματα πριν από τη μετάδοση τους. Αυτά τα τμήματα δεδομένων ονομάζονται πακέτα.
5. Στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος μπορούν να τεθούν προτεραιότητες στη μετάδοση, έτσι ώστε τα επείγοντα πακέτα να προηγούνται έναντι των άλλων.
6. Τα δίκτυα εκπομπής διαθέτουν ενδιάμεσους κόμβους που προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της και δεν έχουν ένα κοινό μέσο μετάδοσης.

## Κεφάλαιο 7

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Στα Δίκτυα βασικής ζώνης το φυσικό μέσο διαχωρίζεται νοητά σε πολλά διαφορετικά κανάλια, καθένα από τα οποία έχει τη δική του φέρουσα συχνότητα.
2. Τα Δίκτυα βασικής ζώνης διαθέτουν μόνο ένα φυσικό κανάλι επικοινωνίας και μπορούν να μεταδίδουν πολλά σήματα ταυτόχρονα.
3. Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα καλύπτουν μικρότερες αποστάσεις και έχουν χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από τα ενσύρματα.
4. Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα έχουν χαμηλότερο ρυθμό σφαλμάτων σε σύγκριση με τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα.
5. Η τυποποίηση κατά το πρότυπο EIA/TIA περιλαμβάνει την υποστήριξη πολλών προϊόντων από διαφορετικούς κατασκευαστές.
6. Τα μικροκύματα, ιδίως στις χαμηλές συχνότητες, διαπερνούν αδιαφανή αντικείμενα, όπως είναι οι τοίχοι των κτιρίων.
7. Τα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν ασυγχρόνιστες τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο.
8. Στις νέες τεχνικές που βασίζονται στη δυναμική δέσμευση της χωρητικότητας κάθε κόμβος μπορεί να δημιουργεί συνεχώς νέα πακέτα χωρίς να απαιτείται η αποδέσμευση των προηγούμενων.
9. Η έναρξη της μετάδοσης ενός πακέτου συμβαίνει μόνο στο τέλος κάθε χρονοθυρίδας.

## Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1. Ποια από τα παρακάτω αποτελούν χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων;
  - A. Μπορεί να διαμοιράσει δεδομένα, πληροφορίες, υλικό και λογισμικό
  - B. Μπορεί να είναι ενσύρματο ή ασύρματο
  - Γ. Έχει εμβέλεια μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα
  - Δ. Ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να είναι μέχρι 100Mbps
  
2. Στα ασύρματα τοπικά δίκτυα η μετάδοση σήματος γίνεται διαμέσου:
  - A. Υπέρυθρων ακτινοβολιών
  - B. Ραδιοφωνικών συχνοτήτων και Μικροκυματικών συχνοτήτων
  - Γ. Ραδιοφωνικών συχνοτήτων, Μικροκυματικών συχνοτήτων και Υπέρυθρων ακτινοβολιών
  - Δ. Ραδιοφωνικών συχνοτήτων
  
3. Με τις συγχρονισμένες τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο:
  - A. Μέρος της χωρητικότητας της κοινής γραμμής επικοινωνίας διατίθεται αποκλειστικά σε μια σύνδεση.
  - B. Υπάρχει δυναμική εκχώρηση της χωρητικότητας, ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις των κόμβων.
  - Γ. Ο συγχρονισμός ανάμεσα στον πομπό και το δέκτη γίνεται με τη βοήθεια του παλμού αρχής και του παλμού τέρματος που πλαισιώνουν κάθε μεταδιδόμενο χαρακτήρα.
  - Δ. Επιτυγχάνουμε κανάλια ανοικτής ακρόαση

## Κεφάλαιο 8

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος

1. Στο πρότυπο ALOHA μέγιστος χρόνος πλήρους περιφοράς ενός πακέτου είναι ο χρόνος που απαιτείται για την μεταφορά ενός πακέτου μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων σταθμών του δικτύου.
2. Ο ρυθμός διέλευσης του συγχρονισμένου ALOHA είναι 18% και του ασυγχρόνιστου ALOHA είναι 37%.
3. Το 1 - επιμένον CSMA παρουσιάζει τη χαμηλότερη απόδοση και τις μεγαλύτερες καθυστερήσεις από τις άλλες παραλλαγές του CSMA.
4. Το CSMA/CD, όπως και τα CSMA, έχει και αυτό εφαρμογή στα ασύρματα τοπικά δίκτυα.
5. Στο πρότυπο CSMA/CD η καθυστέρηση διάδοσης σήματος είναι ίση με το χρόνο που χρειάζεται το σήμα για να μεταδοθεί μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων κόμβων του δικτύου.
6. Στο CSMA/CD ένας σταθμός αναγνωρίζει μια σύγκρουση όταν παρακολουθώντας το κανάλι διαπιστώνει διαφορετικό σήμα από αυτό που έχει μεταδοθεί.
7. Το Ethernet περιγράφει όλη την οικογένεια των προτύπων 1-επιμένον CSMA/CD και συμπεριλαμβάνει και το πρότυπο IEEE 802.3.
8. Στα δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι διέλευσης το φυσικό μέσο σύνδεσης μπορεί να είναι καλώδιο UTP, ομοαξονικό ή οπτικής ίνας.

## Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1. Σύμφωνα με τον αλγόριθμο εκθετικής αποχής αν ένα σταθμός εμπλακεί σε 5 συγκρούσεις τότε θα προσπαθήσει να αναμεταδώσει τα πακέτα του μέσα στις επόμενες
  - A. 5 χρονοθυρίδες
  - B. 9 χρονοθυρίδες
  - Γ. 10 χρονοθυρίδες
  - Δ. 31 χρονοθυρίδες
2. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις αποτελούν παραδοχές για να μετρηθεί η απόδοση του ασυγχρόνιστου δικτύου ALOHA;
  - A. Το κανάλι επικοινωνίας δεν παρουσιάζει σφάλματα θορύβου
  - B. Ο αριθμός των κόμβων είναι μεγάλος
  - Γ. Το μήκος των πακέτων είναι σταθερό
  - Δ. Ο αριθμός των πακέτων που δημιουργούνται είναι συγκεκριμένος.
  - E. Η καθυστέρηση διάδοσης λαμβάνεται υπόψη
3. P-επιμένων CSMA είναι το πρότυπο στο οποίο ο σταθμός που θέλει να μεταδώσει αν βρει το κανάλι απασχολημένο:
  - A. προσπαθεί να μεταδώσει με πιθανότητα  $p$
  - B. προσπαθεί να μεταδώσει μετά από  $p$  δευτερόλεπτα
  - Γ. αναστέλλει την μετάδοση με πιθανότητα  $p$
4. Να βάλετε με τη σειρά μεγαλύτερης απόδοσης, τα παρακάτω πρωτόκολλα:
  - A. 0,5 - επιμένον CSMA
  - B. Συγχρονισμένο ALOHA
  - Γ. 1 - επιμένον CSMA
  - Δ. Μη επιμένον CSMA
  - E. Ασυγχρόνιστο ALOHA

5. Ποια(ες) από τις παρακάτω δεν είναι κατάσταση(σεις) του καναλιού στο CSMA/CD.
- A. Κατάσταση μετάδοσης
  - B. Κατάσταση ακρόασης
  - Γ. Κατάσταση αργίας
  - Δ. Κατάσταση ανταγωνισμού



## Κεφάλαιο 9

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό - Λάθος

1. Τα ενδοδίκτυα είναι δίκτυα ευρείας περιοχής, υψηλών επιδόσεων.
2. Δύο πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν κρυπτογράφηση με τη χρήση κλειδιού είναι το SSL και το S-HTTP.
3. Η διαλειτουργικότητα διακρίνεται στα επίπεδα δικτύου, μεταφοράς και δεδομένων.
4. Τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων παρέχουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 100 Mbps έως και 1 Gbps.
5. Οι τεχνικές μετάδοσης δεδομένων μέσω οπτικών ινών παρουσιάζουν μικρό ποσοστό λάθους.
6. Τα ενδοδίκτυα παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που έχουν είναι δύσκολη η εγκατάστασή τους.
7. Δύο πλεονεκτήματα των οπτικών ινών είναι η αξιοπιστία τους και η ευκολία εγκατάστασής τους.
8. Ένα μειονέκτημα των ενδοδικτύων είναι η συσσώρευση πληροφοριών για την περίπτωση που ο χρήστης του συστήματος τις χρειαστεί, κάνοντας έτσι την ανάκτηση και τη διαχείριση τους δύσκολη.
9. Οι σταθμοί εξυπηρέτησης ενδοδικτύων είναι εξειδικευμένα υπολογιστικά συστήματα με αυξημένη ισχύ επεξεργασίας, μεγάλο χώρο αποθήκευσης δεδομένων και διασφάλιση συνεχούς λειτουργίας.
10. Ένα ενδοδίκτυο πρέπει να έχει τη δυνατότητα να συνδυάζει συστήματα βάσεων δεδομένων διαφορετικών τεχνολογιών.
11. Τα ενδοδίκτυα δίνουν την δυνατότητα πρόσβασης των πληροφοριών ενός οργανισμού μέσω φυλλομετρητών (browsers) του παγκόσμιου ιστού.
12. Τα ενδοδίκτυα χρησιμοποιούν firewalls για να διαχειριστούν θέματα ασφάλειας και αξιοπιστίας.
13. Το πρωτόκολλο SSL βρίσκεται πριν το πρωτόκολλο TCP/IP και μετά το πρωτόκολλο HTTP.
14. Το κύριο χαρακτηριστικό των ψηφιακών υπογραφών είναι ότι στηρίζονται σε κρυπτογράφηση με δημόσιο κλειδί.

15. Στην αύξηση του ρυθμού μετάδοσης συνέβαλε αποφασιστικά η χρήση της οπτικής ίνας ως φυσικού μέσου μετάδοσης.

### Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1. Ενδοδίκτυο είναι ένα τοπικό δίκτυο που βασίζεται:
  - A. στις βάσεις δεδομένων και την κρυπτογράφηση,
  - B. στα πρότυπα επικοινωνίας του Διαδικτύου και στα πρότυπα των περιεχομένων του παγκόσμιου ιστού,
  - Γ. σε εφαρμογές υποστήριξης εργασίας.
  
2. Τα ενδοδίκτυα διαχειρίζονται θέματα ασφάλειας και αξιοπιστίας μέσω:
  - A. των firewalls, της κρυπτογράφησης και της πιστοποίησης αυθεντικότητας,
  - B. των firewalls,
  - Γ. της κρυπτογράφησης και της πιστοποίησης αυθεντικότητας.
  
3. Η καλή ποιότητα βίντεο απαιτεί ρυθμούς μετάδοσης
  - A. 0,5 - 3Mbps
  - B. 2 - 8Mbps
  - Γ. 0,5 - 3Mbps
  
4. Η βασική διαφορά μεταξύ των εργαλείων ανάπτυξης ενός ενδοδικτύου και των εργαλείων ανάπτυξης εφαρμογών του Διαδικτύου έγκειται στο γεγονός ότι:
  - A. στα ενδοδίκτυα η πρόσβαση στις πληροφορίες γίνεται εσωτερικά,
  - B. στα ενδοδίκτυα η πρόσβαση στις πληροφορίες γίνεται εξωτερικά,
  - Γ. τα εργαλεία για τα ενδοδίκτυα είναι κατάλληλα μόνο για εφαρμογές παγκόσμιου ιστού.

5. Ποιο από τα παρακάτω δεν ανήκει στα βασικά χαρακτηριστικά των ενδοδικτύων;
- A. εύκολη επέκταση ανάλογα τις ανάγκες του οργανισμού,
  - B. δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών μέσω φύλλο μετρητών,
  - Γ. δυνατότητα κατανεμημένης επεξεργασίας των πληροφοριών στο τοπικό δίκτυο,
  - Δ. υποστηρίζουν τη διακίνηση πολλών τύπων πληροφορίας.

## Κεφάλαιο 10

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος

1. Το FDDI χρησιμοποιεί για τη μετάδοση του οπτικού σήματος ακτίνες λέιζερ.
2. Στο FDDI οι κόμβοι κλάσης A συνδέονται με μια φυσική σύνδεση σε ένα από τους δύο δακτυλίους του δικτύου.
3. Η μετάδοση δεδομένων στους δακτυλίους του FDDI γίνεται πάντοτε με την ίδια φορά κατεύθυνσης.
4. Στην αύξηση του ρυθμού μετάδοσης συνέβαλε αποφασιστικά η χρήση της οπτικής ίνας ως φυσικού μέσου μετάδοσης.
5. Το Full Duplex Ethernet μπορεί θεωρητικά να προσφέρει διπλάσιο ρυθμό μετάδοσης σε σχέση με την κανονική μορφή του.
6. Οι προδιαγραφές του 100 Mbps Ethernet περιλαμβάνουν μηχανισμούς για διαχείριση του ρυθμού μετάδοσης στο μέσο.
7. Στο FDDI κάθε κόμβος έχει διακόπτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ένωση των δύο δακτυλίων όταν σπάσουν.
8. Για την εγκατάσταση ενός δικτύου FDDI πρέπει να επιλεγούν κόμβοι τόσο από την κλάση A όσο και από την κλάση B.
9. Η λειτουργία της αυτόματης διαπραγμάτευσης δίνει τη δυνατότητα διαπραγμάτευσης για το ποιος θα στείλει πρώτος την πληροφορία.
10. Ο επαναλήπτης Class II περιορίζεται σε μεγαλύτερες καθυστερήσεις συγχρονισμού σε σχέση με τον Class I.
11. Ένας από τους τύπους φυσικού μέσου πρόσβασης είναι και ο 100Base T4.
12. Το Full Duplex Ethernet επιτρέπει τη σύνδεση πολλών συσκευών σε κάθε άκρο του συνδέσμου.
13. Οι συλλέκτες επιτυγχάνουν τη διαδικασία της φωτοηλεκτρικής μετατροπής για πολλές προσαρτημένες συσκευές.
14. Ο βασικός δακτύλιος μεταδίδει αντίστροφα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού, δηλαδή αριστερόστροφα.
15. Το 100 Base - T Fast Ethernet καλείται και Fast Ethernet.

## Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1. Ο συμβολισμός 100Base-TX δηλώνει
  - A. Βασική μετάδοση, ταχύτητα μετάδοσης 100 Mbps, Καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, 4 ζεύγη συρμάτων.
  - B. Βασική μετάδοση, ταχύτητα μετάδοσης 100 Mbps, Καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, 2 ζεύγη συρμάτων.
  - Γ. Ευρεία μετάδοση, ταχύτητα μετάδοσης 100 Mbps, Καλώδιο οπτικών ινών, 2 καλώδια οπτικής ίνας.
  
2. Το FDDI είναι ένα υψηλών επιδόσεων τοπικό δίκτυο που χρησιμοποιεί:
  - A. τοπολογία διπλού δακτυλίου και μέσο μετάδοσης τις μονότροπες οπτικές ίνες.
  - B. τοπολογία διπλού δακτυλίου και μέσο μετάδοσης τις πολύτροπες οπτικές ίνες.
  - Γ. τοπολογία διπλού δακτυλίου και μέσο μετάδοσης τις πολύτροπες και τις μονότροπες οπτικές ίνες.
  
3. Η καλωδίωση του FDDI αποτελείται από δύο δακτυλίους οπτικών ινών:
  - A. Ο ένας από αυτούς λέγεται δευτερεύων δακτύλιος και μεταδίδει με τη φορά των δεικτών του ρολογιού, ενώ ο άλλος λέγεται βασικός δακτύλιος και μεταδίδει αντίστροφα.
  - B. Ο ένας από αυτούς λέγεται βασικός δακτύλιος και ο άλλος λέγεται δευτερεύων δακτύλιος και μεταδίδουν με τη φορά των δεικτών του ρολογιού.
  - Γ. Ο ένας από αυτούς λέγεται βασικός δακτύλιος και μεταδίδει με τη φορά των δεικτών του ρολογιού, ενώ ο άλλος λέγεται δευτερεύων δακτύλιος και μεταδίδει αντίστροφα.

4. Οι κόμβοι που ανήκουν στην κλάση B:

A. έχουν μία φυσική σύνδεση και συνδέονται μόνο με τον έναν από τους δύο δακτυλίους,

B. έχουν δύο φυσικές συνδέσεις και συνδέονται και με τους δύο δακτυλίους

Γ. έχουν μία φυσική σύνδεση και συνδέονται και με τους δύο δακτυλίους.

## Κεφάλαιο 11

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος

1. Οι κόμβοι που αποτελούν τα ΔΕΠ είναι τοπικά δίκτυα που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση και όχι αυτόνομοι υπολογιστές.
2. Οι καθυστερήσεις των ΔΕΠ οφείλονται κυρίως στη μεγάλη απόσταση που πρέπει να διανύσουν οι πληροφορίες.
3. Στον ίδιο χρόνο τα ΔΕΠ μεταδίδουν λιγότερη πληροφορία απ' ότι τα τοπικά δίκτυα.
4. Τα ΔΕΠ φροντίζουν για την αυτόματη επαναμετάδοση της πληροφορίας, σε περίπτωση λάθους, χωρίς αυτό να έχει επίπτωση στο χρόνο μετάδοσης.
5. Στο SONET η μετάδοση δεδομένων γίνεται μέσω οπτικών ινών.
6. Ο ψηφιακός σύνδεσμος επικοινωνίας ISDN υποστηρίζει πολλά κανάλια μέσω της τεχνικής επιμερισμού χρόνου (TDM).
7. Με τη χρήση ISDN μπορούν να μεταδοθούν ταυτόχρονα φωνή και δεδομένα μέσω της ίδιας φυσικής σύνδεσης.
8. Η τοπολογία δακτυλίου χρησιμοποιείται συνήθως στη διασύνδεση μεγάλου αριθμού κόμβων.
9. Μια μερικώς συνεκτική τοπολογία μπορεί να προκύψει από μια πλήρως συνεκτική αν δεν διασυνδεθούν τα τμήματα ΔΕΠ που διαθέτουν χαμηλή κυκλοφορία.
10. Στην τοπολογία ομότιμου δικτύου σε ένα ΔΕΠ όλοι οι κόμβοι έχουν τις ίδιες δυνατότητες.
11. Στην τοπολογία ομότιμου δικτύου μπορεί να γίνει δυναμική δρομολόγηση αν ένας κόμβος πάθει βλάβη
12. Η πλήρως συνεκτική τοπολογία μπορεί να έχει εφαρμογή στη διασύνδεση ενός περιορισμένου αριθμού δρομολογητών που απαιτούν από το δίκτυο παροχή υψηλής χωρητικότητας.
13. Η μεταγωγή κυκλώματος σε σχέση με τη μεταγωγή πακέτου, έχει το πλεονέκτημα ότι οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων μπορούν να μοιραστούν δυναμικά.
14. Στη μεταγωγή πακέτων ο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πρώτα εκείνα τα

πακέτα που έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα.

15. Στη μεταγωγή πακέτων, υπάρχουν επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου.

### Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

- Είναι τεχνική μεταγωγής στα ΔΕΠ:
  - κυκλώματος
  - ρυθμού
  - νοητών πακέτων
  - δυναμική
- Η σειρά των καναλιών επικοινωνίας T αποτελεί το πρότυπο της βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών:
  - της Ευρώπης
  - της Ελλάδας
  - των Η.Π.Α.
  - των Η.Π.Α. και της Ευρώπης
- Τα κανάλια βασικού ρυθμού πρόσβασης ISDN αποτελούνται από:
  - 1B + 4D
  - 2B + D
  - 23B + D
  - 1A + 1C
- Τα κανάλια πρωτεύοντος ρυθμού πρόσβασης ISDN στην Ευρώπη αποτελούνται από:
  - 30B + D
  - 23B + D
  - 1B+1D
  - 1A + 1C
- Η τοπολογία όπου κάθε κόμβος του δικτύου διασυνδέεται με όλους τους άλλους κόμβους με απευθείας συνδέσεις καλείται:
  - μερικώς συνεκτική
  - δακτυλίου
  - πλήρως συνεκτική
  - άστρου
- Η δικτυακή συσκευή συλλέκτης - δρομολογητής, χρησιμοποιείται στην:
  - μερικώς συνεκτική τοπολογία
  - πλήρως συνεκτική τοπολογία
  - τοπολογία δακτυλίου
  - τοπολογία άστρου



7. Αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης:
- A. έχουμε στη μεταγωγή κυκλώματος
  - B. έχουμε στη μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος
  - Γ. έχουμε στη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτο
  - Δ. δεν υπάρχει σε καμία τεχνική μεταγωγής
8. Το εύρος ζώνης μετάδοσης είναι σταθερό
- A. στη μεταγωγή κυκλώματος
  - B. στη μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος
  - Γ. στη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτο
  - Δ. σε καμία τεχνική μεταγωγής

## Κεφάλαιο 12

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος

1. Το X.25 είναι ένα πρότυπο που καθορίζει αυστηρά τη διεπαφή μεταξύ της τερματικής διάταξης δεδομένων, του συνδρομητή και της τερματικής διάταξης κυκλώματος δεδομένων του δικτύου μεταγωγής.
2. Μια διάταξη DTE είναι γενικά μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και λειτουργεί ανταλλάσσοντας πακέτα.
3. Όταν δύο DTEs ανταλλάσσουν πακέτα μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, τότε μεταξύ τους υπάρχει άμεση φυσική σύνδεση.
4. Στα μόνιμα νοητά κυκλώματα, διατηρείται συνεχώς μια σύνδεση μεταξύ δύο DTEs.
5. Το πλαίσιο πληροφορίας περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για το καθορισμό της διαδρομής της πληροφορίας εκτός του πεδίου πληροφοριών του χρήστη.
6. Η επικοινωνία μεταξύ της DTE και της DCE στο πρότυπο X.25, υλοποιείται σε δύο επίπεδα.
7. Στο επίπεδο 2, τα δεδομένα των συνδρομητών, καθώς και οι πληροφορίες ελέγχου, αφού πάρουν τη μορφή πακέτων, μεταφέρονται από και προς το δίκτυο
8. Το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου αφορά τα ΔΕΠ υψηλής απόδοσης και λειτουργεί στα δύο πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.
9. Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται από το πρότυπο FR είναι πολλαπλάσια των 32 Kbps ( $k \times 32 \text{ Kbps}$ ).
10. Το πρότυπο X.25 αποτελεί εξέλιξη του προτύπου μεταγωγής πλαισίου.
11. Υπάρχουν το πολύ 128 δίκτυα κλάσης A.
12. Το RARP κάνει αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης Διαδικτύου με μια διεύθυνση υλικού.
13. Στα PVCs πριν σταλούν τα πακέτα δεδομένων μέσω μιας προσωρινής σύνδεσης, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση του αντίστοιχου νοητού κυκλώματος.
14. Η ταυτότητα σύνδεσης γραμμής δεδομένων χαρακτηρίζει τα νοητά κυκλώματα που παρέχουν επικοινωνία διπλής κατεύθυνσης ανάμεσα σε

συσκευές DTE.

15. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο FR διακρίνονται σε τερματική διάταξη δεδομένων και στην τερματική διάταξη κυκλώματος δεδομένων.

### Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1. Το UDP είναι πρωτόκολλο
  - A. μη προσανατολισμένο στη σύνδεση
  - B. προσανατολισμένο στη σύνδεση
  - Γ. το οποίο χειρίζεται τα λάθη και ελέγχει τη διακίνηση των πληροφοριών μεταξύ των πυλών διασύνδεσης δικτύου και των κόμβων
  
2. Το ARP
  - A. κάνει αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης Διαδικτύου με μια διεύθυνση υλικού
  - B. κάνει αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης υλικού με μια διεύθυνση Διαδικτύου
  - Γ. παρέχει υπηρεσίες διακίνησης των πακέτων που δημιουργούνται από τα πρωτόκολλα *TCP* και *UDP*
  
3. Η ταυτότητα δικτύου,
  - A αναφέρεται σε μια ιδιαίτερη συσκευή που συνδέεται σε αυτό το φυσικό δίκτυο
  - B. αναφέρεται σε ένα ιδιαίτερο φυσικό δίκτυο που συνδέεται στο Διαδίκτυο
  - Γ. είναι ο τρόπος αντιστοίχισης μιας διεύθυνσης με έναν υπολογιστή που συνδέεται σε κάποιο δίκτυο
  
4. Οι θύρες πρωτοκόλλου είναι:
  - A. ένα σύνολο αφηρημένων σημείων προορισμού
  - B. είναι ένας μηχανισμός που μετατρέπει τους αριθμούς σε λέξεις με τις οποίες αναπαριστάνονται οι διευθύνσεις και λειτουργεί όπως μια υπηρεσία καταλόγου

Γ. είναι ο τρόπος αντιστοίχισης μιας διεύθυνσης με έναν υπολογιστή που συνδέεται σε κάποιο δίκτυο

5. Η οικογένεια των πρωτοκόλλων TCP/IP περιλαμβάνει το πρωτόκολλο:
- A. ICPM
  - B. ICMP
  - Γ. ICNP

## **Απαντήσεις των ασκήσεων**

### **Ενότητα 1**

#### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Σ
2. Λ
3. Σ
4. Λ
5. Λ
6. Σ

### **Ενότητα 2**

#### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Σ
2. Λ
3. Λ
4. Σ
5. Σ

### **Ενότητα 3**

#### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Σ
2. Λ
3. Σ
4. Σ
5. Λ
6. Σ
7. Α και Γ

### **Ενότητα 4**

#### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Ε-Α-Γ-Δ-Ζ-Β-ΣΤ
2. Σ
3. Λ
4. Λ
5. Σ
6. Σ
7. Β

## **Ενότητα 5**

### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Β-Δ-Α-Γ
2. Σ
3. Λ
4. Λ
5. Λ
6. Σ
7. Λ
8. Σ
9. Σ

## **Ενότητα 6**

### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Σ
2. Λ
3. Σ
4. Σ
5. Λ
6. Λ

## **Ενότητα 7**

### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Λ
2. Λ
3. Σ
4. Λ
5. Σ
6. Λ
7. Σ
8. Λ
9. Λ

### **Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής**

1. Α και Β
2. Γ
3. Α

## Ενότητα 8

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος

1. Σ
2. Λ
3. Σ
4. Λ
5. Σ
6. Σ
7. Σ
8. Σ

### Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1. Δ
2. Α, Β και Γ
3. Α
4. Δ-Α-Γ-Β-Ε
5. Α, Β

## Ενότητα 9

### Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος

1. Λ
2. Σ
3. Λ
4. Σ
5. Σ
6. Λ
7. Λ
8. Λ
9. Σ
10. Σ
11. Σ
12. Σ
13. Λ
14. Σ
15. Σ

### Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1. Β
2. Α
3. Α
4. Γ
5. Β

## **Ενότητα 10**

### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Λ
2. Λ
3. Λ
4. Σ
5. Σ
6. Σ
7. Σ
8. Λ
9. Λ
10. Λ
11. Σ
12. Λ
13. Σ
14. Λ

### **Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής**

1. Β
2. Β
3. Γ
4. Α

## **Ενότητα 11**

### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Λ
2. Λ
3. Σ
4. Λ
5. Σ
6. Σ
7. Σ
8. Λ
9. Σ
10. Σ
11. Λ
12. Σ
13. Λ
14. Σ
15. Σ



### **Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής**

1. Α
2. Γ
3. Β
4. Α
5. Γ
6. Δ
7. Α
8. Α

### **Ενότητα 12**

#### **Ερωτήσεις Τύπου Σωστό – Λάθος**

1. Σ
2. Σ
3. Λ
4. Σ
5. Λ
6. Λ
7. Λ
8. Σ
9. Λ
10. Λ
11. Λ
12. Λ
13. Λ
14. Σ
15. Σ

### **Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής**

1. Α
2. Α
3. Β
4. Α

