



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

---

**«ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗΣ  
ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ  
ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΑΔΑΡΤΙΒΕ ΔΙΚΤΥΩΝ  
ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ »**

---

**ΔΗΜΟΥ Θ.ΜΑΡΙΑ**  
EMAIL: MDIMOU@NBG.GR

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

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2007**

РАВЕЛЪТНО ТЕРАА

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

**«ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗΣ**  
**ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ**  
**ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΑΔΑΡΤΙΒΕ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ»**

**ΔΗΜΟΥ Θ. ΜΑΡΙΑ**  
**( Α.Μ. : ΜΕ/0455 )**

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

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΕΜΕΣΤΙΧΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2007**

РАВЕЛЪТНО ТЕРАА

РАВЕЛЪТНО ТЕРАА

РАВЕЛЪТНО ТЕРАА

---

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Το διαδίκτυο και οι τηλεπικοινωνίες, παρέχουν την κλάση ποιότητας υπηρεσίας Best Effort σε όλες τις ροές κίνησης που εξυπηρετούν. Ολοένα, αυξάνονται οι εφαρμογές που έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για παροχή ποιότητας υπηρεσίας που σε συνδυασμό με το διαρκώς αυξανόμενο πλήθος των χρηστών κάνουν επιτακτική την ανάγκη παροχής εγγυήσεων υπηρεσίας στις δικτυακές υπηρεσίες, αλλά και τον έλεγχο εισαγωγής της κυκλοφορίας σε αυτές. Πρέπει να ορισθούν αλγόριθμοι διαπραγμάτευσης των συμβολαίων κίνησης, προκειμένου να εξυπηρετούνται οι πολιτικές του παροχέα του δικτύου, αλλά και τα συμφέροντα των χρηστών. Τα παραπάνω πρέπει να γίνουν με λύσεις που να αξιοποιούν την υπάρχουσα υποδομή των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και του σημερινού διαδικτύου, να μην απαιτούν σημαντικές αλλαγές στη φύση και λειτουργία του, και να είναι υλοποιήσιμες και επεκτάσιμες χωρίς μεγάλο κόστος.

Απόρροια της ραγδαίας προόδου των ασύρματων δικτύων είναι η αφθονία ποικίλων υπηρεσιών στους χρήστες, με αποτέλεσμα να δημιουργείται όλο και περισσότερο μια ανταγωνιστική αγορά. Στον ανταγωνιστικό, αυτό, χώρο της τηλεπικοινωνίας κύριο μέλημα των παρόχων δικτυακών υπηρεσιών (Network Operators providers, NOs), είναι η σύνδεση τύπου 'παντού και πάντα'. Προκειμένου, όμως, ένας NO να διεκδικήσει μια καλή θέση στην αγορά πρέπει να μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες υψηλής ποιότητας σε χαμηλότερες τιμές από αυτές των ανταγωνιστών του. Πάνω σε αυτό έχει επικεντρωθεί η μελέτη αυτή της εργασίας στην οποία παρουσιάζεται η πλατφόρμα DCMS - Dynamic Capacity Management System.

Στην παρούσα εργασία, ορίζουμε, υλοποιούμε και μελετάμε ένα περιβάλλον ελέγχου χρέωσης κατά την εισαγωγή της κίνησης σε ένα διαχειριζόμενο περιβάλλον δικτύου που παρέχει διαφοροποιημένες υπηρεσίες στους χρήστες του. Περιγράφουμε πώς σε αυτό το περιβάλλον ο παροχέας του δικτύου είναι δυνατόν να εφαρμόσει πολιτικές διαχείρισης του δικτύου του μέσω της κατάλληλης χρέωσης για την κατηγοριοποίηση της κυκλοφορίας μιας νέας ροής κίνησης στις κλάσεις ποιότητας υπηρεσίας. Στο περιβάλλον ελέγχου και χρέωσης, εισόδου κυκλοφορίας στο δίκτυο μπορούμε να εφαρμόσουμε οποιαδήποτε διαδικασία διαπραγμάτευσης. Εφαρμόζοντας αυτή που έχουμε ορίσει πραγματοποιούμε ατομική βελτιστοποίηση, μεγιστοποιώντας το καθαρό όφελος του κάθε χρήστη, και βελτιώνουμε την οικονομική αποδοτικότητα του συστήματος.

Αρχικά, μελετήσαμε ποικίλα μοντέλα χρέωσης ασύρματων δικτυακών υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται ήδη ή βρίσκονται σε ερευνητικό, ακόμη, στάδιο. Μετά από αυτή τη διερεύνηση διαφόρων πολιτικών και μεθόδων κοστολόγησης για διάφορες τεχνολογίες (Radio Access Technology, RAT) που χρησιμοποιούνται, παρουσιάζουμε μια προτεινόμενη μεθοδολογία χρέωσης, μέσω της οποίας δίνεται η δυνατότητα στους παρόχους δικτυακών υπηρεσιών να διαχειρίζονται δυναμικά την χωρητικότητα του δικτύου τους και παράλληλα να πραγματοποιείται δυναμική

---

ανάθεση των τιμών χρέωσης των χρηστών /πελατών του δικτύου. Περιγράφουμε πώς μέσω ενός αποδοτικού σχήματος χρέωσης, ο πάροχος είναι δυνατό να μπορεί να διαχειρίζεται δυναμικά το φορτίο (load) των τεχνολογιών RATs που διαθέτει, μέσω των οποίων εξυπηρετούνται και τα αιτήματα των χρηστών. Επίσης, περιγράφουμε πώς ο πάροχος μπορεί, παράλληλα, να διαχειρίζεται και το επίπεδο ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών και έτσι να αντιμετωπίζει αποτελεσματικά το φαινόμενο της συμφόρησης στο δίκτυό του. Η δομή του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης περιλαμβάνει, αρχικά, την επιχειρησιακή ανάλυση του μοντέλου κατά την οποία περιγράφουμε αναλυτικά την προτεινόμενη μεθοδολογία χρέωσης, το λειτουργικό σχεδιασμό του μοντέλου, στη συνέχεια, μέσω της μαθηματικής ανάλυσης που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τους μαθηματικούς τύπους μέσω των οποίων υλοποιούνται οι κατάλληλοι αλγόριθμοι χρέωσης και τέλος, πραγματοποιούμε ποικίλες πειραματικές διατάξεις (test cases) από τις οποίες μελετώντας τις μετρήσεις που ελήφθησαν αποδεικνύουμε πρακτικά τη δυναμική ισχύ του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης.



# ABSTRACT

---

---

Today's internet and telecommunication provides only Best Effort service. Traffic is served as quickly as possible, while there is no guarantee as to timeliness or actual delivery. However, new applications that are demanding in terms of quality of service (QoS) emerge rapidly. This fact in conjunction with the continuously increasing amount of Internet users necessitates the provision of class guarantees as well as the control of the traffic inserted in Internet. Also, certain algorithms for the negotiation of the traffic contracts have to be introduced, in order both specific policies for network management and the interests of the end-users to be served. To accomplish the above, certain solutions are needed that use the telecommunication and the current internet framework. Such solutions should not modify in principle the network operation and nature, and they should be feasible and scaleable, without inducing great overhead costs.

With the evolution of wireless communications the number of the services offered to the users has grown, leading the market to a more competitive environment, where Network Operators (NOs) are trying to win the market share. NOs that can provide an "always best connection" will win the market share in the wireless communications. Network operators and service providers should offer services at a higher quality level than their competitors, at the lowest possible price. The contribution of this thesis falls within the context of the development of a Dynamic Capacity Management System (DCMS) centralized on cost and quality criteria.

In the present thesis, we define, implement, and analyze an architecture for the control and management policies of the traffic to be inserted in an administrative network domain that provides differentiated services in its users. We describe how, using our approach, the network provider can employ network management policies (in conjunction with appropriate charging) for traffic categorization into QoS classes. In the SLA control and negotiation environment that we have developed any specific negotiation process can be used. Using our SLA selection process we achieve individual optimization, by maximizing the net benefit of the user, and at the same time we attain improved economic efficiency.

First, we searched for various pricing policies that they are in treatise or they are used by telecommunication or the internet. Then, we present our approach to pricing policies, the design of the DCMS that empowers NOs to dynamically set the pricing policies for the use of specific technologies and services, aiming at a higher quality levels. We present a high level system design that highlights the main components of the DCMS for calculating the pricing policies for each Radio Access Technology (RAT). Subsequently, our proposal structure includes, first, the presentation of the business model, in which we present the business case that can occur in a B3G environment, and essentially, calls for the introduction of a DCMS for the dynamic

---

handling of the network resources with the use of automate generated pricing policies. Then, in the mathematical formulation we give the description of the mathematical formula used by the DCMS algorithms for calculating the pricing policies for each RAT. Last, we present some scenarios and various test cases of using DCMS platform in networks and we are fathoming the results of them. By this way, we present indicative evidence on the efficiency of the DCMS prototype.

ПАВЕЛЪНКО ТЕРАА

---

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Η εργασία αυτή ολοκληρώθηκε, συν του προσωπικού μόχθου, χάρις και στη σημαντική συμβολή ενός συνόλου ανθρώπων οι οποίοι με βοήθησαν να φέρω σε πέρας την παρούσα εργασία και θα ήθελα να τους ευχαριστήσω θερμά.

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παναγιώτη Δεμέστιχα για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών και την αποφασιστική του συμβολή στην επιστημονική μου πρόοδο. Τον ευχαριστώ επίσης για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τις ευκαιρίες που μου έδωσε και τις πολύτιμες συμβουλές του.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Απόστολο Κατιδιώτη για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις και διορθώσεις του στην εργασία αυτή και την πολύτιμη βοήθειά του στην ολοκλήρωση των ιδεών μου στην παρούσα εργασία. Με την καθοδήγησή του η παρούσα διπλωματική εργασία πήρε τη μορφή και το περιεχόμενό της. Οφείλω να πω ότι η συνεργασία μαζί του επηρέασε σε πολύ μεγάλο βαθμό τα επιστημονικά μου ενδιαφέροντα, αλλά και ότι έγινε σε ιδανικό κλίμα.

Ευχαριστώ επίσης το Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς για το περιβάλλον εργασίας που μου παρείχε και τις γνώσεις που μου έδωσε την ευκαιρία να αποκτήσω, καθώς και το ινστιτούτο του τμήματος Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων, για την υλικοτεχνική υποδομή που μου παρείχε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, επιτρέποντάς μου να εφαρμόσω τις ιδέες μου σε δικτυακό περιβάλλον.

Η παρούσα εργασία δε θα ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί χωρίς τη βοήθεια του Θεού και την ψυχική στήριξη των αγαπημένων μου προσώπων, της οικογένειάς μου και των φίλων μου. Ευχαριστώ τους γονείς μου για τη συνεχή και συνεχή συμπαράσταση και υποστήριξή τους. Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Απόστολο που ήταν πάντα δίπλα μου και με εμπύχωνε πάντα όταν έχανα το κουράγιο μου.

Πειραιάς, Ιούνιος 2007

Μαρία Θ. Δήμου

---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	<b>V</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>VI</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>IX</b>
<b>ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ</b> .....	<b>XII</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	3
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ</b> .....	<b>13</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	15
2.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ.....	15
2.3 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ .....	20
2.4 Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ .....	22
2.5 Η ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΟΥ ACCOUNTING MANAGEMENT .....	23
2.6 ΤΟ ACCOUNTING MANAGEMENT ΣΕ ΕΝΑ NETWORK MANAGEMENT SYSTEM.....	26
2.7 ΣΥΝΟΨΗ.....	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ</b> .....	<b>29</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	31
3.2 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ .....	32
3.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ .....	32
3.4 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ .....	35
3.5 ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗ ΚΙΝΗΣΗ (TELETRAFFIC ENGINEERING) .....	37
3.6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ.....	41
3.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	52
3.8 ΣΥΝΟΨΗ.....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΧΡΕΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ</b> .....	<b>55</b>
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	57
4.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΧΡΕΩΣΗΣ ΚΑΙ Η ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ.....	58
4.3 ΔΟΜΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΚΑΠΟΙΟΝ ISP (ISP COST STRUCTURE) .....	59
4.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΧΡΕΩΣΗΣ.....	61
4.5 ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ .....	61
4.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΡΕΩΣΗΣ.....	63
4.7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΧΡΕΩΣΗΣ.....	64
4.8 ΧΡΕΩΣΗ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	65
4.8.1 Χρέωση στο Internet.....	66
4.8.2 Σταθερή τηλεφωνία.....	68
4.8.3 Κινητή τηλεφωνία.....	68
4.9 ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ QOS ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑ .....	69
4.9.1 Το πρωτόκολλο RCVP.....	69
4.9.2 Integrated Services.....	71
4.9.3 Differentiated Services.....	72
4.9.4 Λειτουργία ενοποιημένων υπηρεσιών (IntServ over DiffServ) .....	74
4.9.5 Χρέωση Ελαστικών Υπηρεσιών .....	76
4.9.6 Χρέωση Εγγυημένων Υπηρεσιών.....	77

4.10 ΣΥΝΟΨΗ.....	79
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΡΕΩΣΗΣ .....</b>	<b>81</b>
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	83
5.2 ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΧΡΕΩΣΗΣ .....	83
5.2.1 Χρέωση Σταθερής Τιμής (Flat Rate Pricing) .....	84
5.2.2 Χρέωση Εξαρτώμενη από τη Χρήση (Usage Based Pricing) .....	86
5.2.3 Χρέωση Βασιζόμενη στη Συναλλαγή (Transaction Based Pricing).....	87
5.3 ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΡΕΩΣΗΣ.....	88
5.3.1 Χρέωση με μέτρηση (Metered Charging).....	88
5.3.2 Χρέωση ανά πακέτο (Packet charging).....	88
5.3.3 Χρέωση αναμενόμενης χωρητικότητας (Expected capacity charging).....	89
5.3.4 Χρέωση στα άκρα (Edge pricing).....	92
5.3.5 Έξυπνες Αγορές (Smart Markets).....	93
5.3.6 Μοντέλο Προτεραιότητας (Precedence model) .....	94
5.3.7 Τιμολόγιο Πολλαπλών Τιμών.....	94
5.3.8 Διαφοροποίηση Τιμών .....	95
5.3.9 Χρέωση Paris-Metro .....	96
5.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	97
5.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ .....	98
5.5.1 Σταθερή Χρέωση .....	98
5.5.2 Χρέωση Εξαρτώμενη από τη Χρήση .....	100
5.5.3 Τιμολόγηση στα Άκρα.....	102
5.5.4 Έξυπνη Αγορά .....	102
5.5.5 Χρέωση Αναμενόμενης Χωρητικότητας .....	104
5.5.6 Μοντέλο Προτεραιότητας.....	106
5.5.7 Διαφοροποίηση Τιμών .....	106
5.5.8 PMP (Paris Metro Pricing).....	107
5.6 ΚΡΙΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ .....	107
5.6.1 Κριτική των δύο γενικότερων μοντέλων χρέωσης.....	109
5.6.2 Κριτική ποικίλων μοντέλων χρέωσης.....	111
5.6.3 Κριτήρια αξιολόγησης.....	112
5.6.4 Συμπεράσματα .....	116
5.7 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	118
5.8 ΣΥΝΟΨΗ.....	119
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΡΕΩΣΗΣ .....</b>	<b>121</b>
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	123
6.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΧΡΕΩΣΗΣ .....	123
6.3 ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ .....	127
6.3.1 Πληθώρα Τεχνολογιών Πρόσβασης.....	129
6.3.2 Τερματικά και Λογισμικό.....	139
6.3.3 Δικτυακή ετερογένεια – Ενοποιημένο Δίκτυο.....	140
6.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΡΕΩΣΗΣ .....	143
6.4.1 Επιχειρησιακή ανάλυση του μοντέλου .....	145
6.4.2 Μαθηματική ανάλυση του μοντέλου .....	149
6.4.3 Αποτελέσματα.....	153
6.4.4 Συμπεράσματα .....	191
6.5 ΣΥΝΟΨΗ.....	194
<b>7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>197</b>
<b>8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ.....</b>	<b>203</b>
<b>9 ΕΙΔΙΚΟ ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ.....</b>	<b>207</b>
<b>10 ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>217</b>

---

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

---

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ .....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	20
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΡΕΩΣΗΣ .....	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-4: ΓΕΝΙΕΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ .....	133
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-5: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ .....	133
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-6: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΓΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗ .....	135
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-7: ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ .....	136
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-8: ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	150
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-9: LOADS ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΜΕ FIXED PRICE ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ .....	159
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-10: LOAD ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΟΤΑΝ $\lambda = m$ (ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ DCMS) .....	160
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-11: PRICES LOW, MED, HIGH ΓΙΑ RAT=UMTS(1) .....	165

---

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

---

ΣΧΗΜΑ 2-1: ΤΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΑ (ΥΠΟ-) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	21
ΣΧΗΜΑ 3-2: ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ .....	36
ΣΧΗΜΑ 3-3: ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΚΤΥΟΥ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΟΥΡΕΣ .....	36
ΣΧΗΜΑ 3-4: ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ .....	40
ΣΧΗΜΑ 3-5: ΑΠΩΛΕΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	40
ΣΧΗΜΑ 3-6: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ .....	41
ΣΧΗΜΑ 3-7: ΥΠΕΡ-ΠΑΡΟΧΗ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΣΤΙΣ ΑΚΡΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΝΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	44
ΣΧΗΜΑ 3-8: IP MULTICAST ΔΕΝΤΡΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ .....	46
ΣΧΗΜΑ 3-9: Η ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΜΕ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ ΑΠΑΙΤΕΙ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ .....	47
ΣΧΗΜΑ 3-10: ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΜΕ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΜΒΟ .....	48
ΣΧΗΜΑ 3-11: ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΠΟΡΩΝ .....	50
ΣΧΗΜΑ 3-12: ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΡΑΤΗΣΗ ΠΟΡΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ ΤΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	51
ΣΧΗΜΑ 3-13: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΡΑΤΗΣΗ ΠΟΡΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΜΒΟ .....	52
ΣΧΗΜΑ 4-14: ΔΟΜΗ ΕΞΟΔΩΝ ΓΙΑ ΕΝΑΝ ISP .....	59
ΣΧΗΜΑ 4-15: Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ RESOURCE RESERVATION PROTOCOL (RSVP) .....	70
ΣΧΗΜΑ 4-16: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ DIFFERENTIATED SERVICES .....	74
ΣΧΗΜΑ 4-17: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ INTERSERV OVER DIFFSERV .....	75
ΣΧΗΜΑ 4-18: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ INTSERV OVER DIFFSERV .....	76
ΣΧΗΜΑ 6-19: ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΚΙΝΗΤΗΣ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ .....	128
ΣΧΗΜΑ 6-20: ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗ: 'ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΟΠΟΥΔΗΠΟΤΕ ΚΑΙ ΟΠΟΤΕΔΗΠΟΤΕ' .....	128
ΣΧΗΜΑ 6-21: Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ .....	132
ΣΧΗΜΑ 6-22: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΛΥΨΗΣ .....	138
ΣΧΗΜΑ 6-23: ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ – ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΜΒΕΛΕΙΑ .....	138
ΣΧΗΜΑ 6-24: ΠΛΗΘΩΡΑ ΦΟΡΗΤΩΝ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ .....	140
ΣΧΗΜΑ 6-25: ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΝΑ ΕΝΙΑΙΟ ΔΙΚΤΥΟ .....	141
ΣΧΗΜΑ 6-26: ΔΙΚΤΥΑΚΗ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΑ .....	142
ΣΧΗΜΑ 6-27: ΠΛΗΘΩΡΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ .....	143
ΣΧΗΜΑ 6-28: ΚΙΝΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ .....	144
ΣΧΗΜΑ 6-29: ΠΛΗΘΩΡΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΣΕ ΑΚΤΙΝΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ .....	145
ΣΧΗΜΑ 6-30: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ .....	154
ΣΧΗΜΑ 6-31: RATS UMTS(1), UMTS(2) WLAN(802.11A), WLAN(802.11B) .....	155
ΣΧΗΜΑ 6-32: ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ $\lambda = \mu$ .....	156
ΣΧΗΜΑ 6-33: ΣΗΜΕΙΟ HOTSPOT ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ, $\lambda > \mu$ .....	157

ΣΧΗΜΑ 6-34: LOAD/TIME ANA RAT, ΟΤΑΝ $\lambda=M$ (ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ DCMS) .....	161
ΣΧΗΜΑ 6-35: LOAD/TIME ANA RAT, ΓΙΑ $\lambda>M$ (ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ DCMS).....	162
ΣΧΗΜΑ 6-36: LOAD/TIME ANA RAT, ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ $\lambda=M$ , ΞΑΝΑ (ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ DCMS).....	163
ΣΧΗΜΑ 6-37: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(1).....	165
ΣΧΗΜΑ 6-38: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(2) .....	166
ΣΧΗΜΑ 6-39: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS WLAN(802.11A).....	166
ΣΧΗΜΑ 6-40: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY WLAN(802.11B).....	167
ΣΧΗΜΑ 6-41: LOW QoS PRICES RAT .....	168
ΣΧΗΜΑ 6-42: MEDIUM QoS PRICES ANA RAT .....	168
ΣΧΗΜΑ 6-43: HIGH QoS PRICES ANA RAT .....	169
ΣΧΗΜΑ 6-44: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(1).....	170
ΣΧΗΜΑ 6-45: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(2) .....	170
ΣΧΗΜΑ 6-46: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS WLAN(802.11A).....	171
ΣΧΗΜΑ 6-47: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY WLAN(802.11B).....	171
ΣΧΗΜΑ 6-48: LOW QoS PRICES RAT, ΟΤΑΝ $\lambda>M$ .....	172
ΣΧΗΜΑ 6-49: MEDIUM QoS PRICES ANA RAT ΟΤΑΝ $\lambda>M$ .....	173
ΣΧΗΜΑ 6-50: HIGH QoS PRICES ANA RAT ΟΤΑΝ $\lambda>M$ .....	173
ΣΧΗΜΑ 6-51: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(1), ΟΤΑΝ ΞΑΝΑ $\lambda=M$ .....	174
ΣΧΗΜΑ 6-52: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(2), ΟΤΑΝ ΞΑΝΑ $\lambda=M$ .....	175
ΣΧΗΜΑ 6-53: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS WLAN(802.11A), ΟΤΑΝ ΞΑΝΑ $\lambda=M$ .....	175
ΣΧΗΜΑ 6-54: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY WLAN(802.11B), ΟΤΑΝ ΞΑΝΑ $\lambda=M$ .....	176
ΣΧΗΜΑ 6-55: LOW QoS PRICES RAT, ΟΤΑΝ ΞΑΝΑ $\lambda=M$ .....	177
ΣΧΗΜΑ 6-56: MEDIUM PRICES ANA RAT, ΟΤΑΝ ΞΑΝΑ $\lambda=M$ .....	177
ΣΧΗΜΑ 6-57: HIGH PRICES ANA RAT, ΟΤΑΝ ΞΑΝΑ $\lambda=M$ .....	178
ΣΧΗΜΑ 6-58: LOAD/TIME ANA RAT-PREDICTION OF DCMS .....	179
ΣΧΗΜΑ 6-59: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(1)-PREDICTION OF DCMS .....	180
ΣΧΗΜΑ 6-60: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY UMTS(2) -PREDICTION OF DCMS.....	181
ΣΧΗΜΑ 6-61: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS WLAN(802.11A) -PREDICTION OF DCMS.....	181
ΣΧΗΜΑ 6-62: PRICES ANA LOW, MED, HIGH QoS TOY WLAN(802.11B) -PREDICTION OF DCMS .....	182
ΣΧΗΜΑ 6-63: LOW QoS PRICES ANA RAT-PREDICTION OF DCMS .....	183
ΣΧΗΜΑ 6-64: MEDIUM QoS PRICES ANA RAT-PREDICTION OF DCMS .....	183
ΣΧΗΜΑ 6-65: HIGH QoS PRICES ANA RAT-PREDICTION OF DCMS .....	184
ΣΧΗΜΑ 6-66: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ, ΟΤΑΝ $\lambda=M$ .....	185
ΣΧΗΜΑ 6-67: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ ΑΝΑ QoS, ΟΤΑΝ $\lambda=M$ .....	186
ΣΧΗΜΑ 6-68: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ, ΟΤΑΝ $\lambda>M$ .....	187
ΣΧΗΜΑ 6-69: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ ΑΝΑ QoS, ΟΤΑΝ $\lambda>M$ .....	187
ΣΧΗΜΑ 6-70: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ, ΟΤΑΝ $\lambda=M$ (PREDICTION OF DCMS)....	188
ΣΧΗΜΑ 6-71: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ ΑΝΑ QoS, ΟΤΑΝ $\lambda=M$ (PREDICTION OF DCMS).....	189
ΣΧΗΜΑ 6-72: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ, ΟΤΑΝ $\lambda>M$ (PREDICTION OF DCMS)....	190



---

ΣΧΗΜΑ 6-73: ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ ΑΝΑ QoS, ΟΤΑΝ $\lambda > \mu$ (PREDICTION OF DCMS).....	190
ΣΧΗΜΑ 8-74: ALL-IP ΔΙΚΤΥΑ .....	206

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

---

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

---

---

ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AMR	Adaptive MultiRate
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BA	Bandwidth Aggregate
BB	Bandwidth Brokers
BOD	Bandwidth-On-Demand
CAMEL	Customized Application for Mobile Enhanced Logic
CBR	Constrained Based Routing
CDR	Call Detail Record
CODEC	COmpression /DECompression
CoS	Class Of Service
DCMS	Dynamic Capacity Management System
DiffServ (DS)	Differentiated Services
DSCP	Differentiated Services Code Point
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EFR	Enhanced Full Rate
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCAPS	Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security Management
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FIFO	First In, First Out

FTP	File Transfer Protocol
GCAL	Generic Cell Rate Algorithm
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
IETF	Internet Engineering Task Force
INDEX	Internet Demand Experiment
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
IrDA	Infrared Data Association
ISDN	Integrated Services Digital Network (Telephony)
ISO	International Organization for Standardization
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
LSP	Lebel Switching Path
MAN	Metropolitan Area Networks
MBS	Managed Based System
MF	Micro-Flow classifier
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
NAT	Network Address Translation

NOs	Network Operators providers
NSP	Network Service Provider
OSI	Open Systems Interconnection
PAN	Personal Operating Space
PDC	Personal Digital Cellular
PHB	Per Hop Behavior
PMP	Paris Metro Pricing
QoS	Quality of Service
RAT	Radio Access Technology
RSVP	Resource ReSerVation Setup Protocol
SBM	Subnet Bandwidth Manager
SDMA	Space Division Multiple Access
SDRs	Service Detail Records (SDRs)
SLA	Service Level Agreement
SLS	Service Level Specification
SMFA	System Management Functional Areas
SMF	System Management Function
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SOHO	Small Office Home Office
TCP	Transmission Control Protocol
TOS	Type Of Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VBR	Variable Bit Rate
WAN	Wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol

---

WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WWW	World Wide Web

РАВЕЛЗНМО РЕРАА

РАНЕКІШНО ТЕРАПІА

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑΣ

---

РАВЕЛЪТНО ТЕРАА



---

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

## 1.1 Εισαγωγή

Στην σύγχρονη εποχή, όπου χαρακτηρίζεται από την αλματώδη πρόοδο των επιστημών καθώς και τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών, οι πρόσφατες εξελίξεις επιτρέπουν στους χρήστες και τα φορητά τερματικά να έχουν ασύρματες διασυνδέσεις, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας ακόμα και εν κινήσει. Το όραμα των ασύρματων δικτύων είναι η δυνατότητα επικοινωνίας παντού και πάντα «anywhere and anytime». Η σημερινή τεχνολογική κοινωνία έχει τρεις βασικές συνιστώσες. Πρώτη συνιστώσα είναι το ψηφιακό περιεχόμενο (τα δεδομένα), δεύτερη είναι οι επικοινωνίες και τρίτη η Πληροφορική. Η πρώτη αναφέρεται στο ΤΙ, η δεύτερη στο ΠΟΥ και η τρίτη στο ΠΩΣ. Παράγεται ένα πλήθος από ψηφιακά δεδομένα (κείμενα, εικόνες, ήχος), τα οποία μεταδίδονται με ταχύτητες που εκμηδενίζουν τις αποστάσεις και επεξεργάζονται με τεχνικές που προσομοιάζουν ήδη τις ανθρώπινες πνευματικές διεργασίες. Η τεχνολογική αυτή κοινωνία χαρακτηρίζεται από την ποιότητα των πληροφοριών που παράγει, από την ταχύτητα ροής του και από το ρυθμό που μπορεί να τις επεξεργάζεται και να τις εκμεταλλεύεται.

Η ανταγωνιστικότητα ενός κράτος στο σημερινό περιβάλλον υψηλής τεχνολογίας και ψηφιακής σύγκλισης, συσχετίζεται έντονα με την ύπαρξη προηγμένων δικτυακών υποδομών υψηλής ποιότητας χωρητικότητας και απόδοσης, ορθολογικά αναπτυγμένων και κοστολογημένων, ώστε να προσφέρουν επαρκείς ρυθμούς μετάδοσης, αδιάλειπτη λειτουργία στους χρήστες και εύκολη δυνατότητα πρόσβασης για την πλειοψηφία του πληθυσμού. Αν σε όλα τα παραπάνω προσθέσουμε και την πρόοδο που συντελέστηκε στον χώρο της ασύρματης δικτύωσης και την επιθυμία να απαλλαγούμε από τα καλώδια (που σε ορισμένες περιπτώσεις επιβάλλεται - μορφολογία εδάφους, δυνατότητα επικοινωνίας ακόμη και εν κινήσει, κόστος), τότε μπορούμε να αποφανθούμε ότι οι *Ασύρματες Τεχνολογίες Πρόσβασης* είναι σε θέση να καλύψουν αυτές τις απαιτήσεις από τεχνολογικής σκοπιάς. Πρόκειται για ασύρματες λύσεις που εξασφαλίζουν και επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (Δίκτυα Υψηλών Ταχυτήτων). Η σημασία τέτοιων υποδομών έχει αναγνωριστεί από όλα τα αναπτυγμένα και από αρκετά αναπτυσσόμενα κράτη και η ανάπτυξή τους αποτελεί ένα σημαντικό στρατηγικό στόχο (Stallings and William, 2002).

Τα δίκτυα επικοινωνιών στοχεύουν στη μετάδοση και δρομολόγηση δεδομένων, καθώς επίσης και στη μεταφορά πληροφορίας μεταξύ ηλεκτρονικών διατάξεων /σταθμών. Δύο από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των δικτύων είναι το προσφερόμενο εύρος ζώνης και το είδος των υποστηριζόμενων εφαρμογών (Gupta, Stahl, and Whinston, 1999). Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, με τη ραγδαία εξάπλωση των δικτύων υψηλών ταχυτήτων και την εμφάνιση και ενσωμάτωση τεχνολογιών πολυμέσων στο χώρο εργασίας, στο πλαίσιο ενοποίησης των τεχνολογιών, άρχισαν να χρησιμοποιούνται μαζικά από τους χρήστες εφαρμογές που συνδυάζουν τις δύο αυτές τεχνολογίες. Μάλιστα, στο χώρο της τηλεπικοινωνίας, είναι δυνατόν να υποστηρίζονται νέες εφαρμογές πολυμέσων σε ένα καθολικό περιβάλλον και να σχεδιάζονται νέες υπηρεσίες σε ευέλικτες πλατφόρμες χωρίς την αναβάθμιση της φυσικής υποδομής (Demestichas and Stavroulaki, 2004). Αυτό απαιτεί νέες

---

αρχιτεκτονικές δικτύων ικανές να προσφέρουν υπηρεσίες μεταφοράς σε επικοινωνιακές εφαρμογές με αυστηρές απαιτήσεις σε *Ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service - QoS)*. Τα υψηλής ταχύτητας ολοκληρωμένα δίκτυα αποτελούν σημαντική επικοινωνιακή πλατφόρμα. Οι τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούνται γρήγορα από την αύξηση στην κατανάλωση πόρων λόγω της δημιουργίας ενός μεγάλου φάσματος νέων εφαρμογών (τηλεδιάσκεψη, τηλεϊατρική, κτλ.), οι οποίες έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε ποσότητα πόρων και ποιότητα μεταφοράς. Για το λόγο αυτό έχει αρχίσει να δίνεται μεγάλη έμφαση στο θέμα της προσθήκης QoS στα σημερινά δίκτυα.

Ενώ οι υπάρχουσες επικοινωνιακές υποδομές μπορεί να είναι ικανοποιητικές για την υποστήριξη μεταφοράς κειμένου και πολυμεσικών εφαρμογών σε μικρά τοπικά περιβάλλοντα, η υποστήριξη όλου του φάσματος εφαρμογών σε μεγαλύτερες περιοχές εισάγει μια σειρά από προβλήματα με βασικότερα τις ειδικές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης, συγχρονισμό, αξιοπιστία και ασφάλεια (Marinidis, 2003). Οι απαιτήσεις σε *εύρος ζώνης* δικτύου προκύπτουν ως συνάρτηση του τύπου της εφαρμογής (π.χ. εικόνα, video με συγκεκριμένο αριθμό πλαισίων ανά δευτερόλεπτο, τηλεσυνδιάσκεψη, ιατρικές εφαρμογές, πολυμεσικό ταχυδρομείο, εφαρμογές που βασίζονται σε συνεργασία μέσω υπολογιστών/δικτύων, groupware, κ.α).

Με βάση τα παραπάνω, για την υποστήριξη τέτοιων εφαρμογών είναι απαραίτητη η εξασφάλιση επαρκούς χωρητικότητας και η υποστήριξη διαφόρων επιπέδων 'ποιότητας υπηρεσιών' (QoS). Με τα δεδομένα αυτά ως βάση, έχει δοθεί τελευταία αρκετό βάρος διεθνώς στο σχεδιασμό και την υλοποίηση κατάλληλων εργαλείων προγραμματισμού και δέσμευσης των διαθέσιμων πόρων. Ένας στόχος αυτών των προσπαθειών, είναι η παροχή προς τους χρήστες μιας υπηρεσίας διαχειριζόμενου εύρους ζώνης. Σύμφωνα με αυτή την υπηρεσία, η διαχείριση των πόρων θα πρέπει να στηρίζεται σε ένα σχήμα δέσμευσης βάσει προγραμματισμού σύμφωνα με τις ανάγκες και τις αιτήσεις των χρηστών, και να γίνεται η αποδοτικότερη δυνατή χρήση του εύρους ζώνης (Stavroulaki et al., 2005).

Η υπηρεσία διαχειριζόμενου εύρους ζώνης είναι καθοριστικής σημασίας για τον έλεγχο κίνησης και τη διαχείριση των δικτυακών πόρων (Davies, 199). Σε κάθε δίκτυο, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μηχανισμών που μπορούν να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν την κίνησή του. Η ροή κίνησης επηρεάζει άμεσα τις απαιτήσεις σε πόρους του δικτύου (όπως αριθμός και χαρακτηριστικά των προσωρινών καταχωρητών, χρησιμοποιούμενα εύρη ζώνης, υπολογιστική ισχύς των ενεργών διατάξεων κ.λπ.), καθώς και τη συνολική διεκπεραιωτική ικανότητα και αποτελεσματικότητα του δικτύου. Έτσι, ο έλεγχος κίνησης είναι αναγκαίος τόσο για την προστασία της ποιότητας υπηρεσιών, που οι χρήστες λαμβάνουν από το δίκτυο, όσο και για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης των πόρων του δικτύου. Ο έλεγχος κίνησης εστιάζεται στην παροχή ποιότητας υπηρεσίας, στον έλεγχο αποδοχής σύνδεσης και στον έλεγχο συμφόρησης.

Η αποδοτικότητα ενός δικτύου δεν καθορίζεται μόνο από την τεχνολογία που διαθέτει αλλά και από το πως διαχειρίζεται τους δικτυακούς πόρους του με σκοπό την αποδοτικότερη λειτουργία του δικτύου (Gupta, Stahl, and Whinston, 1999). Σημαντικές παράμετροι της απόδοσης είναι η ικανότητά του να εξασφαλίζει την ασφάλη, μέσα σε προκαθορισμένο χρόνο, ποιότητα μετάδοσης των δεδομένων, αποφεύγοντας τη δημιουργία συμφόρησης στο δίκτυο. Ο συναγωνισμός, όμως, για πόρους του δικτύου μπορεί να οδηγήσει σε καταστάσεις *Συμφόρησης (congestion)*. Γενικά, η συμφόρηση δημιουργείται όταν η χωρητικότητα του δικτύου αδυνατεί να

υποστηρίζει τις απαιτήσεις της προσφερόμενης κίνησης, δηλαδή το προσφερόμενο στο δίκτυο φορτίο πλησιάζει να υπερβεί τα όριά του. Τα όρια αυτά έχουν σχεδιασθεί για την εγγυημένη παροχή συγκεκριμένης ποιότητας υπηρεσιών, σύμφωνα με το συμβόλαιο κίνησης. Όταν παρατηρείται συμφόρηση στο δίκτυο, επηρεάζονται και όλοι οι χρήστες που χρησιμοποιούν αυτό το τμήμα του δικτύου. Το πρόβλημα της αποφυγής της συμφόρησης αποτελεί ένα σημαντικό θέμα έρευνας αφού η εμφάνιση του καθορίζεται από πολλούς και μη ντετερμινιστικούς παράγοντες, εφόσον εξαρτάται από την συμπεριφορά των επιμέρους χρηστών.

Αφενός μεν η εμφάνιση δικτύων υψηλών ταχυτήτων, αφετέρου, η αύξηση του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης από την άλλη, έχουν οδηγήσει τις εξελίξεις σε νέες εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων, τόσο από την άποψη του εύρους ζώνης όσο και την παροχή ποιότητας των προσφερομένων υπηρεσιών. Όμως, η ύπαρξη αυτών των νέων εφαρμογών οδηγεί σε μεγαλύτερες απαιτήσεις για εύρος ζώνης από την πλευρά των χρηστών. Αυτός ο φαύλος κύκλος ενδεικνύει, εμφανέστατα, την ανάγκη για νέες μεθόδους ελέγχους της συμφόρησης και της ροής δεδομένων σε ένα τέτοιο δίκτυο. Συμπερασματικά, η σημερινή πραγματικότητα επιβάλλει την πιο ορθολογική χρήση και διάθεση των δικτυακών πόρων ενός δικτύου υπολογιστών. Σε αντίθετη περίπτωση, είναι πολύ πιθανό να υπάρξει υποβάθμιση στην ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών μία κατάσταση, σαφώς, ανεπιθύμητη.

Συνεπώς, υπάρχει η ανάγκη ενός μηχανισμού ελέγχου και αποφυγής ανεπιθύμητων καταστάσεων. Μια υπηρεσία διαχειριζόμενου εύρους ζώνης (Davies, 1999) μπορεί να συμβάλλει στην αποδοτικότερη λειτουργία του δικτύου αν υποστηρίξει κατάλληλους μηχανισμούς καταγραφής και χρέωσης ώστε να είναι δυνατή η υλοποίηση σχήματος χρέωσης και αποστολής λογαριασμών προς τους χρήστες των υπηρεσιών. Πολλοί μηχανικοί και οικονομολόγοι πιστεύουν ότι η συμφόρηση που παρατηρείται στο παγκόσμιο διαδίκτυο (Internet) οφείλεται στο αναποτελεσματικό σχήμα τιμολόγησης, το οποίο βασίζεται κατεξοχήν στην τιμολόγηση ενιαίου ρυθμού όπου τα μηνιαία τέλη εξαρτώνται μόνο από την ταχύτητα της σύνδεσης του πελάτη με τον παροχέα. Η αναποτελεσματικότητα αυτού του σχήματος τιμολόγησης οφείλεται στο ότι δεν δίνει κίνητρα στους χρήστες να χρησιμοποιούν μικρότερη χωρητικότητα από αυτήν της σύνδεσής τους, ενώ ακόμα και στην περίπτωση που το κάνουν, το υπόλοιπο διαθέσιμο εύρος ζώνης μένει ουσιαστικά ανεκμετάλλευτο από κάποιον άλλο χρήστη ο οποίος πιθανόν να είχε ανάγκη να του διατεθεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Έτσι, αυτού του είδους η τιμολόγηση δεν επιτρέπει στους χρήστες να γνωστοποιούν τις προτιμήσεις τους. Όλοι οι χρήστες, ανεξάρτητα από την χρησιμοποίηση των πόρων που κάνουν ή το πόσο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν, αντιμετωπίζονται και χρεώνονται με τον ίδιο τρόπο, παρόλο που διαφορετικοί χρήστες μπορεί να δίνουν διαφορετική αξία στην ίδια υπηρεσία. Είναι φανερό ότι αυτό το σχήμα τιμολόγησης όχι μόνο δεν συνεισφέρει στην αποδοτική χρησιμοποίηση των δικτυακών πόρων αλλά οι παραπάνω περιορισμοί έχουν ως αποτέλεσμα ένα συμφορημένο δίκτυο του οποίου οι πόροι χρησιμοποιούνται κατά τρόπο που δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών.

Ο ρόλος της Χρέωσης (*Pricing Policies*) είναι δυνατό να προσφέρει τα σωστά κίνητρα για χρήση των πόρων του δικτύου κατά οικονομικά δίκαιο και ορθολογικό τρόπο και σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες των χρηστών. Ουσιαστικά, με τη χάραξη μίας πολιτικής χρέωσης, τίθενται σε ένα νέο ενδιαφέρον πλαίσιο τα ζητήματα της διαχείρισης ενός δικτύου, όπως, π.χ. ο έλεγχος της συμφόρησης. Επιπροσθέτως, η ανάγκη για χρέωση γίνεται πιο επιτακτική λόγω του υψηλού κόστους συντήρησης

---

ενός δικτύου υπολογιστών, τόσο λόγω των λειτουργικών εξόδων του όσο και λόγω των υψηλών φόρων και των κρατικών περικοπών (Gupta, Stahl, and Whinston, 1999).

Η έννοια της χρέωσης, σαν ένας τρόπος παροχής κινήτρων για ορθολογικότερη χρήση των δικτυακών πόρων και την κάλυψη του κόστους των δικτύων δεδομένων, έχει προταθεί από την αρχή της δεκαετίας του '90. Οι διάφορες προσεγγίσεις ποικίλλουν από απλά στατικά μοντέλα, στα οποία υπάρχει μία μόνο σταθερή χρέωση, μέχρι διάφορα δυναμικά σχήματα τιμολόγησης, στα οποία η χρέωση αλλάζει συνεχώς ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου. Δυστυχώς, όμως, σήμερα είναι γνωστές μόνο λίγες υλοποιήσεις και υπάρχουν λίγα παραδείγματα σε ολόκληρο τον κόσμο όσον αφορά στη χρέωση υπηρεσιών στα δίκτυα δεδομένων. Αυτό οφείλεται, κυρίως, στο γεγονός ότι αφενός μεν στις περισσότερες των περιπτώσεων υπάρχει κάποια επιχορήγηση, π.χ. κρατική επιδότηση για τα ακαδημαϊκά ιδρύματα, και αφετέρου στο ότι η τεχνική ανάπτυξη των ημερών μας δε λαμβάνει σοβαρά υπόψη της τη χρέωση των υπηρεσιών.

Ο ρόλος της *τιμολόγησης* δεν είναι μόνο να δημιουργεί κέρδη στον παροχέα των δικτυακών υπηρεσιών, αλλά και να ελέγχει την χρήση των πόρων ενός δικτύου (Gupta, Stahl, and Whinston, 1999). Το σχήμα της τιμολόγησης πρέπει να δίνει τα σωστά κίνητρα ώστε οι χρήστες να κάνουν, από μια οικονομική πλευρά, αποδοτική χρήση των πόρων του δικτύου. Αυτό θα μείωνε τις αρνητικές επιπτώσεις που έχει η συμφόρηση, που όπως αναφέρθηκε, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στα δίκτυα. Οι διαδικασίες της τιμολόγησης, θα πρέπει να είναι ακριβείς, αποδοτικές, και να λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά των δικτύων στα οποία εφαρμόζονται, όπως η μεταφορά πληροφορίας με διαφορετικά χαρακτηριστικά (που μπορεί να μεταβάλλονται με το χρόνο) καθώς και τις διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών σε ποιότητα εξυπηρέτησης, QoS, όπως και την υποστήριξη υπηρεσιών με διαφορετική φιλοσοφία στην παροχή τους.

Στην παρούσα εργασία ασχοληθήκαμε με έναν επιστημονικό κλάδο, που τα τελευταία χρόνια, έχει γίνει ιδιαίτερος δημοφιλής και απασχολεί σημαντικό κομμάτι της επιστημονικής κοινότητας είναι οι *Πολιτικές Χρέωσης* που ακολουθούνται στην *τιμολόγηση δικτυακών υπηρεσιών (Internet, Σταθερή & Κινητή Τηλεφωνία)*.

Η χρέωση είναι βασικό στοιχείο για τη λειτουργία των δικτύων. Η χρέωση της κυκλοφορίας στα δίκτυα είναι ουσιώδης για τη διαχείριση της κίνησης, καθώς και για τον έλεγχο και την παροχή της διαφορετικής QoS που απαιτείται από διαφορετικές εφαρμογές και χρήστες (Nogueira, 1996). Η προσέγγιση της τιμολόγησης αποκεντρικοποιεί το πρόβλημα δέσμευσης των πόρων αλλά έχει μεγαλύτερα λογιστικά κόστη αφού η χρήση πρέπει να παρακολουθείται και να τιμολογείται. Η αποκεντρικοποιημένη χρέωση παρέχει ένα υψηλό βαθμό προστασίας από τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα που προκαλεί η συμφόρηση στο δίκτυο. Επιπλέον, ένας μηχανισμός χρέωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα εργαλείο για την κατηγοριοποίηση διαφορετικών απαιτήσεων κυκλοφορίας βάσει των επιθυμητών QoS των πελατών. Έτσι, κάθε χρήστης θα χρεώνεται σύμφωνα με το επίπεδο QoS που απαιτεί η εφαρμογή του. Οι τιμές παρέχουν έναν τρόπο για να διευκολύνουν την παροχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών έτσι ώστε κάποιος που χρειάζεται υψηλή QoS να μπορεί να εξυπηρετηθεί. Ένα σωστά μελετημένο σχήμα χρέωσης μπορεί να δώσει τα σωστά κίνητρα στους χρήστες ώστε αυτοί να διατηρήσουν τα απαιτούμενα επίπεδα QoS και να χρησιμοποιούν το δίκτυο κατά τρόπο που να αυξάνει τελικά τη συνολική απόδοσή του. Συνεπώς, ο ρόλος της χρέωσης δεν είναι μόνο να καλύπτει τα έξοδα παροχής υπηρεσιών και να δημιουργήσει κέρδη για τον παροχέα, αλλά και να

επηρεάσει τον τρόπο που οι πελάτες χρησιμοποιούν το δίκτυο (Gupta, Stahl, and Whinston, 1999).

Η υπηρεσία διαχειριζόμενου εύρους ζώνης είναι απαραίτητη για την αποδοτική λειτουργία των σημερινών δικτύων, όπου η αυξανόμενη ζήτηση για εύρος ζώνης δεν συμβαδίζει με την αύξηση της παρεχόμενης χωρητικότητας. Ο ρόλος, όμως, της χρέωσης, μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο που οι πελάτες (χρήστες) χρησιμοποιούν το δίκτυο. Αυτό θα συμβεί όταν κάθε μεμονωμένος χρήστης ενεργεί με στόχο την μείωση της χρέωσης του. Η πολιτική χρέωσης μπορεί να δώσει τα σωστά κίνητρα στους χρήστες ώστε αυτοί να χρησιμοποιούν το δίκτυο κατά τρόπο που να αυξάνει την συνολική απόδοση του. Η χρέωση είναι δυνατόν να έχει τέτοια πολιτική, ώστε να οδηγεί τους χρήστες να χρησιμοποιούν αποδοτικά τις παρεχόμενες υπηρεσίες, ώστε να αποφεύγονται συνθήκες υπερβολικού φόρτου και η απόδοση του δικτύου να μπορεί να πλησιάζει ευκολότερα τη βέλτιστη. Οι διαδικασίες της τιμολόγησης, θα πρέπει να είναι ακριβείς, αποδοτικές, και να λαμβάνουν υπ' όψη τα χαρακτηριστικά των δικτύων στα οποία εφαρμόζονται, καθώς και τις διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών σε ποιότητα εξυπηρέτησης, QoS. Για όλους τους παραπάνω λόγους, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση σε ένα αποδοτικό τρόπο κοστολόγησης, καθώς οι παροχές πρόσβασης στο διαδίκτυο και στα δίκτυα τηλεφωνίας είναι σε εγρήγορση για ένα ανταγωνιστικό νέο σχήμα χρέωσης (pricing scheme) που θα δημιουργηθεί.

Προκειμένου, όμως, να εφαρμοστεί μία πολιτική χρέωσης θα πρέπει να προηγηθεί η εργασία της λογιστικής διαχείρισης. Η λογιστική διαχείριση (accounting management) είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά μέρη της διαχείρισης δικτύου (network management). Αφορά στη δημιουργία, συλλογή, αρχειοθέτηση και επεξεργασία της πληροφορίας εκείνης που δείχνει τη χρήση των πόρων ενός δικτύου και περιλαμβάνει λειτουργίες προκειμένου να πληροφορεί τους χρήστες για τις χρεώσεις που εκδόθηκαν ή για τους πόρους που χρησιμοποιήθηκαν, να επιτρέπει να τεθούν διάφορα λογιστικά όρια και να συσχετιστούν σχέδια τιμολόγησης με τη χρήση πόρων, και να επιτρέπει το συνδυασμό διαφόρων τύπων χρέωσης για την έκδοση του τελικού τιμολογίου του χρήστη (Πομπόρτσης, 1997).

Η παρούσα εργασία έχει χωριστεί σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος ασχολείται αρχικά, με μία βασική λειτουργική περιοχή δικτύων, τη λογιστική διαχείριση και το φαινόμενο της συμφόρησης στα δίκτυα. Το δεύτερο μέρος ασχολείται με τη μελέτη ποικίλων τιμολογιακών πολιτικών, περιγράφονται κάποιες τιμολογιακές μεθόδους που χαρακτηρίστηκαν ως σταθμοί στην ερευνητική προσπάθεια στο χώρο της τιμολόγησης δικτυακών υπηρεσιών και χρησιμοποιούνται ευρέως στις ημέρες μας, στα δίκτυα υπολογιστών, αλλά και τιμολογιακές μέθοδοι που αυτή τη στιγμή βρίσκονται σε ερευνητικό ακόμη επίπεδο. Επίσης, γίνεται μια κριτική, ένας σχολιασμός για τις υπάρχουσες αυτές τιμολογιακές πολιτικές και αναφέρονται βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε μοντέλου χρέωσης. Στο τρίτο μέρος της εργασίας, ύστερα από τη μελέτη και τη διερεύνηση ποικίλων μοντέλων χρέωσης, προτείνεται μία μεθοδολογία για την κοστολόγηση ασύρματων δικτυακών υπηρεσιών. Η εργασία λαμβάνει υπόψη της, τις διεθνείς εξελίξεις στις τηλεπικοινωνίες, π.χ. τις νέες μορφές απεικόνισης της πληροφορίας, την πληθώρα τεχνολογιών καθώς και τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών και παρουσιάζουμε ένα προτεινόμενο μοντέλο κοστολόγησης, το οποίο βασίζεται στη μέθοδο της πλήρους κοστολόγησης (full cost) λαμβάνοντας υπόψη όλες τις κατηγορίες κόστους και προτείνει ένα μικτό σχήμα τιμολόγησης, όπου το συνολικό τιμολόγιο κάθε χρήστη του δικτύου αποτελείται από ένα σταθερό τμήμα και ένα μεταβλητό τμήμα ίσο με το γινόμενο μιας τιμής ανά Mbit επί τον όγκο της κίνησης για κάθε μία από τις

---

συμφορημένες συνδέσεις του δικτύου. Στον χώρο της τηλεπικοινωνίας υπάρχει μια πληθώρα τεχνολογιών για την υλοποίηση κινητών δικτύων τόσο σε μικρή κλίμακα (Bluetooth, IEEE 802.11 κλπ) όσο και σε ευρεία κλίμακα (GPRS, UMTS). Εστιάζοντας στο γεγονός ότι το βασικό χαρακτηριστικό των κινητών δικτύων είναι το συνεχώς μεταβαλλόμενο δικτυακό περιβάλλον, πράγμα που σημαίνει ότι οι δικτυακοί πόροι οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στις εφαρμογές ενός κόμβου κινητού δικτύου μπορούν να μεταβληθούν πολύ γρήγορα (Alexiou, Mpouras and Igglesis, 2005), το προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης λαμβάνει υπόψη του το γεγονός αυτό και σε περιόδους συμφόρησης οι τιμές επρόκειτο να αποφέρουν αποδοτική διαχείριση φόρτου (load management) επανακατανέποντας τον φόρτο από τους υψηλά στους ελαφρώς φορτωμένους κόμβους του δικτύου. Στο τέλος του τρίτου μέρους της εργασίας παρουσιάζεται η δομή της εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας κοστολόγησης χρηστών ασύρματων δικτυακών υπηρεσιών και πραγματοποιούμε πειραματικές διατάξεις παρουσιάζοντας αληθινά παραδείγματα και σενάρια (test cases) για κοστολογήσεις χρηστών σε περιόδους ή όχι συμφόρησης. Μελετώντας τις μετρήσεις που λαμβάνουμε από τις πειραματικές διατάξεις, στο τέλος, αναλύουμε τα σημαντικά συμπεράσματα που εξάγονται για τη δυναμική ισχύ της προτεινόμενης μεθοδολογίας!

## 1.2 Σκοπός και δομή της εργασίας

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι αφενός μεν η αναζήτηση, επεξεργασία και μελέτη ποικίλων τιμολογιακών πολιτικών χρέωσης που χρησιμοποιούνται ευρέως σε δίκτυα υπολογιστών ή βρίσκονται σε ερευνητικό ακόμη επίπεδο και αφετέρου, βάσει των πορισμάτων της παραπάνω διαδικασίας, η παρουσίαση και επιχειρηματολογία μιας πρότασης ενός γενικού μοντέλου τιμολόγησης σε ασύρματα δίκτυα. Το προτεινόμενο μοντέλο τιμολόγησης στοχεύει στην επιβολή μιας πολιτικής που θα συμβάλλει στην αποδοτικότερη και πιο συνετή χρήση των ποικίλων υπάρχουσών τεχνολογιών σε μια αποδοτική και ενιαία προσέγγιση, για τον πάροχο δικτυακών υπηρεσιών, με σκοπό την καλύτερη και ταχύτατη εξυπηρέτηση του πελάτη αλλά και παράλληλα την αποδοτική χρήση του δικτύου, καθώς επίσης, και στην πρόνοια για τις ανάγκες συντήρησης, αναβάθμισης και επέκτασης της υπάρχουσας δικτυακής υποδομής.

Επιχειρώντας να δοθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη πάνω στις Πολιτικές Κοστολόγησης Δικτυακών Υπηρεσιών και να τεκμηριωθεί η προσέγγιση και το μοντέλο υλοποίησης και χρήσης του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης, η εργασία έχει δομηθεί ως εξής :

➤ *Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή*

➤ *Κεφάλαιο 2. Λογιστική Διαχείριση (Accounting Management)*

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μία σύντομη εισαγωγή στην έννοια της διαχείρισης δικτύου (network management) αναφέροντας τις διαδικασίες και τα μοντέλα διαχείρισης. Προκειμένου, όμως, να εφαρμοστεί μια πολιτική χρέωσης θα πρέπει να προηγηθεί η εργασία της λογιστικής διαχείρισης. Ασχολούμαστε με μία σειρά ζητημάτων που αναφέρονται στην ευρύτερη έννοια της λογιστικής διαχείρισης (accounting management): τη διαδικασία της, την αναγκαιότητά της στις ημέρες μας, τις μεθόδους μέτρησης της κυκλοφορίας ενός δικτύου και σε διάφορα βασικά θέματα για τις μετρικές χρήσης.

➤ *Κεφάλαιο 3. Συμφόρηση*

Η αποφυγή της συμφόρησης αποτελεί ένα σημαντικό θέμα έρευνας αφού η εμφάνισή του καθορίζεται από πολλούς και μη ντετερμινιστικούς παράγοντες, εφόσον εξαρτάται από την συμπεριφορά των επιμέρους χρηστών. Προκειμένου να μελετηθούν και να δημιουργηθούν αποτελεσματικά σχήματα τιμολόγησης, στο κεφάλαιο αυτό, πραγματοποιούμε μια μικρή αναφορά σχετικά με την έννοια της συμφόρησης και πως μπορεί προκαλείται.

➤ *Κεφάλαιο 4. Πολιτικές Χρέωσης*

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια εισαγωγική προσέγγιση και περιγραφή ενός επιστημονικού κλάδου που τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ιδιαίτερος δημοφιλής

---

και απασχολεί σημαντικό κομμάτι της επιστημονικής κοινότητας: τις Πολιτικές Χρέωσης που ακολουθούνται στην τιμολόγηση δικτυακών υπηρεσιών (Internet, και Τηλεπικοινωνίες). Αναφέρουμε τι είναι οι πολιτικές χρέωσης, που εφαρμόζονται και σε τι συνίστανται. Εξετάζουμε πώς μπορεί να δομηθεί ένα σχήμα τιμολόγησης διαπιστώνοντας παράλληλα την αρκετά μεγάλη πολυπλοκότητα εφαρμογής ενός τέτοιου σχήματος σε πραγματικές δικτυακές συνθήκες και ιδιαιτέρως στο Internet. Ερευνούμε ποιος μπορεί είναι ο ουσιαστικός ρόλος της χρέωσης δικτυακών υπηρεσιών, πέρα από τον πρωταρχικό στόχο για κάλυψη του κόστους (cost recovery) και πώς είναι δυνατό να επηρεάσει τον τρόπο που οι χρήστες /πελάτες χρησιμοποιούν το δίκτυο ώστε να τους οδηγήσει να χρησιμοποιούν αποδοτικά τις παρεχόμενες υπηρεσίες με αποτέλεσμα να αποφεύγονται συνθήκες υπερβολικού φόρτου και η απόδοση του δικτύου να μπορεί να πλησιάζει ευκολότερα τη βέλτιστη.

➤ *Κεφάλαιο 5. Μοντέλα Χρέωσης*

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται διερεύνηση ποικίλων τιμολογιακών πολιτικών και τρόπων οικονομικής χρέωσης σύγχρονων δικτυακών υπηρεσιών. Μελετάμε διάφορα μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται είτε στο διαδίκτυο, είτε στις τηλεπικοινωνίες. Συμπεριλαμβάνουμε στην παρουσίασή μας κάποια γνωστά μοντέλα που μπορούν να χαρακτηριστούν ως σταθμοί στην ερευνητική προσπάθεια στο χώρο της τιμολόγησης δικτυακών υπηρεσιών αλλά και αρκετές καινούριες προτάσεις, ορισμένες μάλιστα από τις οποίες είναι πραγματικά πολύ ενδιαφέρουσες και φιλόδοξες. Στο τέλος του κεφαλαίου, συγκρίνουμε τα διάφορα μοντέλα μεταξύ τους περιγράφοντας βασικά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα του κάθε μοντέλου χρέωσης.

➤ *Κεφάλαιο 6. Προτεινόμενο Μοντέλο Χρέωσης*

Στο κεφάλαιο αυτό, έχοντας μελετήσει ποικίλα μοντέλα χρέωσης στο προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται τα συμπεράσματά του και γίνεται μια προσπάθεια διατύπωσης μιας πρότασης /μεθοδολογίας για ένα μοντέλο τιμολόγησης που αφορά στους χρήστες γραμμής ασύρματης δικτύωσης. Αρχικά, αναπτύσσουμε διάφορα συναφή ζητήματα, όπως οι απαιτήσεις που πρέπει να έχει ένα αποδοτικό σχήμα χρέωσης. Στη συνέχεια, η προτεινόμενη μεθοδολογία περιλαμβάνει, αρχικά, την επιχειρησιακή ανάλυση του μοντέλου, δηλαδή, περιγραφή του σχεδιασμού του προτεινόμενου μοντέλου, κατόπιν ακολουθεί, η μαθηματική ανάλυση, κατά την οποία αποδεικνύουμε πρακτικά πώς μπορεί να υλοποιηθεί η μεθοδολογία με μαθηματικούς τύπους και τέλος, αναφέρουμε μια σειρά αποτελεσμάτων, τα οποία απορρέουν από τα test cases που πραγματοποιούμε. Μέσα από αυτές τις πειραματικές διατάξεις, ελήφθησαν μετρήσεις τις οποίες μελετήσαμε αναλυτικά και από τις οποίες εξήλθαν βασικά θετικά συμπεράσματα για την δυναμική ισχύ του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης.



➤ *7. Συμπεράσματα*

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε τα συμπεράσματα που απορρέουν από την συνολική μελέτη. Προσπαθούμε να δούμε συνολικά και συμπερασματικά την κοστολόγηση ασύρματων δικτυακών υπηρεσιών ύστερα από όλη την προηγηθείσα ανάλυση. Η ανάλυση που έχει γίνει μας επιτρέπει να κάνουμε και κάποιες προβλέψεις ή καλύτερα εκτιμήσεις για τις κατευθύνσεις που θα έχει η χρέωση στο μέλλον.

➤ *8. Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη*

Στο σημείο αυτό, παραθέτουμε τις σκέψεις μας σε περίπτωση προέκτασης της παρούσας εργασίας. Συνοψίζονται ορισμένες προτάσεις για την περαιτέρω βελτίωση, ανάπτυξη και εξέλιξη του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης.

➤ *9. Ειδικό Λεξιλόγιο*

Επειδή, στην εργασία αναφέρονται διάφορες τεχνολογίες δικτυακών υπηρεσιών, τις οποίες χρησιμοποιούμε χωρίς να τις αναλύσουμε εις βάθος, αφού κάτι τέτοιο θα ξέφευγε από τα όρια της εργασίας, στο σημείο αυτό υπάρχει το Εδικό Λεξιλόγιο στο οποίο μπορεί να ανατρέξει ο αναγνώστης σε περίπτωση επιθυμητής εύρεσης συγκεκριμένης τεχνολογίας δικτύου.

➤ *10. Αναφορές*

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται οι πηγές υλικού της εργασίας, η βιβλιογραφία και οι δικτυακοί τόποι. Επιπρόσθετα, πηγές αποτελούν και επιστημονικά περιοδικά, πρακτικά διεθνών συνεδρίων, τελικά και ενδιάμεσα αποτελέσματα διεθνών ερευνητικών /αναπτυξιακών προγραμμάτων, κλπ.

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

---

# ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

---

## 2.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση της πολυπλοκότητας των δικτύων, οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες για παροχή νέων υπηρεσιών στους χρήστες αλλά και ο ανταγωνισμός έκαναν τη διαχείριση ένα απαραίτητο εργαλείο για τη σωστή λειτουργία τους. Με τη διαχείριση επιτυγχάνουμε μεγιστοποίηση της επίδοσης των δικτύων και ελαχιστοποίηση του λειτουργικού τους κόστους. Η ευρεία εξάπλωση του Internet και η υποστήριξη, εκτός των υπηρεσιών καλύτερης εξυπηρέτησης (best-effort), υπηρεσιών με εγγυήσεις σε ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS), δημιουργούν ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον αγοράς. Προφανώς, σε ένα τέτοιο περιβάλλον, η αποδοτική διαχείριση και εκμετάλλευση των δικτυακών πόρων είναι θέμα μέγιστης σημασίας και ενδιαφέροντος (Gupta, Stahl and Whinston, 1999).

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά γίνεται μία σύντομη εισαγωγή στην έννοια της διαχείρισης δικτύου (network management), στις διαδικασίες και τα μοντέλα διαχείρισης πραγματοποιώντας μια μικρή αναφορά στο κοινό πλαίσιο διαχείρισης FCAPS του OSI. Η διαχείριση δικτύου είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας και την παροχή της απαραίτητης συντήρησης στα υπολογιστικά συστήματα που εκτελούν τις κύριες δικτυακές λειτουργίες (Gupta, Stahl and Whinston, 1999). Προκειμένου, όμως, να εφαρμοστεί μία αποδοτική πολιτική χρέωσης θα πρέπει να προηγηθεί η εργασία της λογιστικής διαχείρισης (accounting management). Έτσι, σε αυτό το κεφάλαιο ασχολούμαστε, κυρίως, με μια συγκεκριμένη περιοχή του μοντέλου FCAPS, ασχολούμαστε με μία σειρά ζητημάτων που αναφέρονται στην ευρύτερη έννοια της λογιστικής διαχείρισης: τη διαδικασία της λογιστικής διαχείρισης, την αναγκαιότητά της στις ημέρες μας, τα πλεονεκτήματα που έχει, τις μεθόδους μέτρησης της κυκλοφορίας ενός δικτύου και σε διάφορα βασικά θέματα για τις μετρικές χρήσης.

## 2.2 Διαχείριση δικτύων υπολογιστών

Σήμερα οι επιχειρήσεις επενδύουν σε χρήμα και χρόνο για την υλοποίηση σύνθετων δικτύων υπολογιστών. Αντί η επιχείρηση να τοποθετεί έναν ή περισσότερους μηχανικούς δικτύων για τη λειτουργία και τη συντήρηση αυτών των δικτύων, είναι πιο οικονομικό το σύστημα να φροντίζει από μόνο του για την καλή λειτουργία του (Gupta, Stahl, and Whinston, 1999). Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να ελευθερωθούν οι μηχανικοί και να μπορέσουν να εργασθούν στη μελλοντική ανάπτυξη του δικτύου. Από αυτή την ανάγκη προέκυψε η ιδέα της διαχείρισης (Network Management). Έτσι, διαχείριση δικτύων υπολογιστών είναι η διαδικασία του αυτόματου ελέγχου ενός σύνθετου δικτύου υπολογιστών, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας και συντήρησής του και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και παραγωγικότητας αυτού. Η διαχείριση δικτύου αφορά στην

---

αρχικοποίηση (initialization), απεικόνιση (monitoring) και αλλαγή (modifying) της λειτουργίας των κύριων δικτυακών λειτουργιών<sup>1</sup> (Πομπόρτσας, 1997).

Οι λειτουργίες της διαχείρισης συστημάτων μπορούν να διαχωριστούν σε διάφορες λειτουργικές περιοχές διαχείρισης συστημάτων SMFA (System Management Functional Areas). Κάθε λειτουργική περιοχή διαχείρισης συστημάτων χρησιμοποιεί ένα κατάλληλο σύνολο από λειτουργίες διαχείρισης συστημάτων SMF (System Management Function), έτσι ώστε να υλοποιήσει τη συγκεκριμένη περιοχή. Το πιο κοινό πλαίσιο διαχείρισης δικτύου επικεντρώνεται γύρω από το μοντέλο FCAPS του OSI. Το 'FCAPS' είναι ένα αρκτικόλεξο η εξήγηση του οποίου φαίνεται παρακάτω (Gupta, Stahl and Whinston, 1999):

<b>F</b> ault Management (Διαχείριση Βλαβών)
<b>C</b> onfiguration Management (Διαχείριση Διάρθρωσης)
<b>A</b> ccounting Management (Λογιστική Διαχείριση)
<b>P</b> erformance Management (Διαχείριση Απόδοσης)
<b>S</b> ecurity Management (Διαχείριση Ασφάλειας)

Πίνακας 2-1: Λειτουργικές Περιοχές Διαχείρισης

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες εφαρμογές που ασχολούνται με αυτό το θέμα, δεν καλύπτουν στην ουσία όλες τις περιοχές του παραπάνω μοντέλου. Από την άλλη, ίσως, είναι περισσότερο σημαντικό για μερικές επιχειρήσεις να ορίζουν κάθε φορά τις δικές τους περιοχές έρευνας, μελέτης και ανάπτυξης, και οι οποίες περιοχές μπορεί να μην καλύπτουν όλο το φάσμα των λειτουργικών περιοχών του FCAPS.

Στη συνέχεια περιγράφουμε σύντομα τις λειτουργικές περιοχές του μοντέλου FCAPS (Πομπόρτσας, 1997):

#### ➤ Διαχείριση Βλαβών (Fault Management)

Η διαχείριση Βλαβών (Fault management) αφορά στην ανίχνευση κάποιου προβλήματος, την απομόνωση αυτού του προβλήματος και, τέλος, τη διόρθωση του προβλήματος και επαναφορά του συστήματος στην κανονική κατάσταση λειτουργίας. Η διαχείριση βλαβών περιλαμβάνει τον προσδιορισμό, την καταγραφή και αναφορά των βλαβών που συμβαίνουν στο σύστημα διαχείρισης.

Οι βασικές λειτουργίες σε αυτή την περιοχή είναι:

- Έλεγχος και παρακολούθηση των βλαβών. Το σύστημα διαχείρισης πρέπει να ελέγχει το ίδιο το σύστημα διαχείρισης, τα στοιχεία του δικτύου, κυκλώματα και λογικές συνδέσεις και τα κυκλώματα μεταξύ δικτύου και συστήματος διαχείρισης.

---

<sup>1</sup> Κύριες δικτυακές λειτουργίες είναι εκείνες οι λειτουργίες που υποστηρίζουν άμεσα τις απαιτήσεις του χρήστη. Για παράδειγμα επιτρέπουν στους χρήστες να προσπελάσουν το δίκτυο και αναλαμβάνουν την ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ των χρηστών.

- *Ανάλυση και προσδιορισμός βλαβών.* Με την ύπαρξη ειδικών φίλτρων οι βλάβες ξεχωρίζονται σε κρίσιμες και δευτερεύουσες. Η διόρθωση των βλαβών έχει τον αντίστοιχο ιεραρχικό χαρακτήρα.
- *Αναφορά βλαβών.* Οι αναφορές των βλαβών γίνονται με την βοήθεια τερματικών και εκτυπωτών και παρουσιάζονται στο χειριστή του συστήματος διαχείρισης.
- *Δοκιμές.* Μετά την διόρθωση των βλαβών και πριν το δίκτυο επανέλθει στην κανονική του λειτουργία το σύστημα διαχείρισης οφείλει να ελέγχει αν το δίκτυο έχει τις απαιτούμενες προδιαγραφές λειτουργίας.

### ➤ Διαχείριση Διάρθρωσης (Configuration Management)

Η διαχείριση διάρθρωσης είναι ίσως, το πιο σημαντικό μέρος της διαχείρισης του δικτύου, αφού ποτέ δεν μπορεί κανείς να διαχειριστεί επιτυχώς και εξολοκλήρου ένα δίκτυο εκτός και αν μπορέσει να κάνει παρεμβάσεις στη διαμόρφωσή του. Αλλαγές, προσθήκες και διαγραφές στο δίκτυο πρέπει να συντονίζονται με τα συστήματα διαχείρισης του προσωπικού. Το σύστημα διαχείρισης δικτύου πρέπει να έχει τη δυνατότητα εισαγωγής στο δίκτυο νέων συνδέσεων, λογικών δρόμων όπως και νέων στοιχείων του δικτύου. Η διάρθρωση των κόμβων και ιδιαίτερα κάποιων συγκεκριμένων στοιχείων (όπως γεφυρών, δρομολογητών κ.α.) ελέγχει τη συμπεριφορά και την απόδοση του δικτύου.

*Οι βασικές λειτουργίες σε αυτή την περιοχή είναι:*

- *Διάταξη δικτύου.* Μια ομάδα λειτουργιών χρειάζεται για την δημιουργία της δομής του δικτύου, όπως εισαγωγή και αφαίρεση στοιχείων του δικτύου από αυτό.
- *Παροχή κυκλωμάτων και λογικών δρόμων.* Η παροχή των κυκλωμάτων μπορεί να εξαρτάται από το χρόνο, σε εβδομαδιαία ή μηνιαία βάση. Η ελαστικότητα του δικτύου μεταφορών καθιστά δυνατή την καλύτερη χρήση των πόρων του δικτύου.
- *Μεταγωγή προστασίας.* Σε κάθε στοιχείο του δικτύου πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα προστασίας των διαφόρων υποσυστημάτων χρησιμοποιώντας δευτερεύουσες κάρτες.
- *Δρομολόγηση προστασίας.* Σε κάθε περίπτωση που το δίκτυο δηλώνει την αδυναμία για τη μεταφορά της πληροφορίας στον προορισμό της, λόγω λάθους στο φυσικό μέσο, το σύστημα ελέγχου, χρησιμοποιώντας αλγορίθμους αναδρομολόγησης, πρέπει να προωθεί την πληροφορία στον εκάστοτε προορισμό της.

Τέλος, μια ενδιαφέρουσα άποψη της διαχείρισης διάρθρωσης είναι αυτή της ανάθεσης ονομάτων στα διαχειρίσιμα αντικείμενα του δικτύου. Για να υπογραμμιστεί η σπουδαιότητα αυτού του γεγονότος, συχνά οι όροι διαμόρφωση και διαχείριση ονομάτων (name management) είναι συνώνυμοι.

### ➤ Λογιστική Διαχείριση (Accounting Management)

Η λογιστική διαχείριση είναι από τα βασικά συστατικά μέρη της διαχείρισης δικτύου και αφορά στη δημιουργία, συλλογή, αρχειοθέτηση και επεξεργασία της πληροφορίας εκείνης που δείχνει τη χρήση των πόρων ενός δικτύου. Αφορά

---

ζητήματα χρέωσης και τιμολόγησης ανάμεσα στους οργανισμούς εκμετάλλευσης δικτύου και τους χρήστες.

Αυτοί οι πόροι μπορεί να συμπεριλαμβάνουν:

1. Τον παροχέα των υπηρεσιών στο δίκτυο (*network service provider - NSP*), ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά των δεδομένων του χρήστη (π.χ., σε ένα δημόσιο δίκτυο).
2. Τις Δικτυακές εφαρμογές (*Network applications*), όπως για παράδειγμα οι υπηρεσίες καταλόγου (*directory services*).

Η επεξεργασμένη *accounting* πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών του δικτύου, υπολογισμό της χωρητικότητας και βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων, έλεγχο του επιπέδου ποιότητας παροχής των υπηρεσιών, έλεγχο της ορθής λειτουργίας και τήρησης των κανόνων ασφαλείας, σχεδίαση των πλάνων ανάπτυξης και επέκτασης του δικτύου.

Η λογιστική διαχείριση συμβάλλει στη διαμόρφωση των πολιτικών χρέωσης, κοστολόγησης και τιμολόγησης και μπορεί:

1. Να ενημερώνει τους χρήστες για το ύψος του κόστους χρήσης του δικτύου, μέχρι κάποια χρονική στιγμή.
2. Να ενημερώνει τους χρήστες του δικτύου για τα αναμενόμενα κόστη στο μέλλον.
3. Να καθορίζει όρια στις δαπάνες.
4. Να συνενώνει τα συνολικά κόστη (π.χ., παρακάμπτοντας την κατάσταση κατά την οποία ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να χρεώνεται για κάθε μια απλή σύνδεση).

Η διαχείριση κόστους είναι μια δυνατότητα η οποία στρέφεται προς την κατεύθυνση της αξιοπιστίας, της χρησιμότητας και της συντήρησης των διαχειρίσιμων αντικειμένων. Αυτή η λειτουργία αποτελεί την αφετηρία για την ανανέωση του εξοπλισμού, για την κατάργηση άχρηστων υπηρεσιών και για το συντονισμό της λειτουργίας των εξυπηρετητών που παρέχουν τις υπηρεσίες.

### ➤ Διαχείριση Απόδοσης (Performance Management)

Η λειτουργική αυτή περιοχή περιλαμβάνει τη συνεχή συγκέντρωση δεδομένων που αφορούν την επίδοση των στοιχείων του δικτύου. Εν γένει, η διαχείριση απόδοσης είναι απαραίτητη για τον έλεγχο, την ανάλυση των ρυθμών απόδοσης και τη βελτιστοποίηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (π.χ., παροχή υπηρεσιών με εγγυημένη ποιότητα εξυπηρέτησης, QoS) στο δίκτυο. Η απόδοση είναι ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα για τους περισσότερους που ασχολούνται με τη διαχείριση δικτύου. Μολονότι είναι ψηλά στη λίστα του ενδιαφέροντος, θεωρείται δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Για να ανιχνευτούν οι αλλαγές στην απόδοση του δικτύου, θα πρέπει να συλλέγονται στατιστικά δεδομένα (π.χ., οι τιμές κάποιων μετρητών) και να καταγράφονται με τυχαίο ή περιοδικό τρόπο. Η χρήση αυτών των καταγραφών δεν περιορίζεται στην περίπτωση της διαχείρισης απόδοσης. Έτσι, από τις καταγραφές αυτές μπορούν να επωφεληθούν και άλλες περιοχές διαχείρισης. Συγκεκριμένα, η καταγραφή της απόδοσης ενός δικτύου, μπορεί:



1. Να χρησιμοποιηθεί από τη διαχείριση σφαλμάτων για την ανίχνευση λαθών /αποτυχιών.
2. Να φανεί χρήσιμη στον τομέα της διαχείρισης διαμόρφωσης, για να λαμβάνονται πιο μεθοδευμένα οι αποφάσεις για το πότε πρέπει να γίνουν αλλαγές στη διαμόρφωση του δικτύου.
3. Να χρησιμοποιηθεί από τη λογιστική διαχείριση προκειμένου για τη διευθέτηση των όποιων αλλαγών.

Επίσης, η αύξηση των επιδόσεων των συστημάτων ή των εφαρμογών είναι μια άλλη περιοχή στην οποία η βελτιστοποίηση μπορεί να επιτευχθεί, αλλά οι περισσότερες εφαρμογές διαχείρισης δικτύου, δυστυχώς, δε στρέφονται προς αυτή την κατεύθυνση.

### ➤ Ασφάλεια (Security)

Ο χειρισμός του συστήματος διαχείρισης του δικτύου γίνεται από περισσότερους από ένα χειριστές. Είναι αυτονόητο ότι πρέπει να υπάρξει μια ιεραρχική σχέση μεταξύ τους ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα στη λειτουργία του δικτύου. Η ασφάλεια αυτή βασίζεται σε κωδικούς χειριστών (passwords) καθώς και σε περιορισμό της πρόσβασης των χειριστών μόνο σε ορισμένες εφαρμογές. Η διαχείριση αυτής της λειτουργικής περιοχής βοηθάει το διαχειριστή του συστήματος να εκκινεί και να τροποποιεί εκείνες τις λειτουργίες που εξασφαλίζουν το δίκτυο, στο σύνολό του, από ανάρμοστη συμπεριφορά των χρηστών και από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Οι περισσότερες εφαρμογές διαχείρισης δικτύου επιδίδονται απλά σε ασφάλεια του υλικού των συστημάτων. Μερικά συστήματα διαχείρισης δικτύου διαθέτουν ανίχνευση των alarms και λειτουργίες reporting σαν μέρος της φυσικής ασφάλειας (π.χ., fire alarm κτλ). Ο κύριος τρόπος διακίνησης των πληροφοριών διαχείρισης σε ένα δίκτυο υπολογιστών είναι τα *διαχειριστικά μηνύματα* που διακινούνται μαζί με το τηλεπικοινωνιακό φορτίο χρησιμοποιώντας τα ίδια κανάλια και τα ίδια πρωτόκολλα (In-channel, In-band). Παράδειγμα αποτελεί η διαχείριση δικτύων TCP/IP όπου οι πληροφορίες μεταδίδονται από τους διαχειριζόμενους κόμβους στο διαχειριστή μέσω πακέτων δεδομένων IP. Οι πληροφορίες διαχείρισης έχουν ιδιαίτερη σημασία για τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων και την επιδιόρθωση βλαβών. Άρα, η επικοινωνία του διαχειριστή με τα στοιχεία του δικτύου πρέπει να είναι αξιόπιστη με πρόβλεψη εναλλακτικών τρόπων σε περιπτώσεις προβληματικής λειτουργίας (π.χ. μεγάλες καθυστερήσεις). Από την άλλη, δεν πρέπει το φορτίο διαχείρισης να δημιουργεί προβλήματα στη διακίνηση των πληροφοριών, όπως, π.χ., με τη συχνή ανταλλαγή διαχειριστικών μηνυμάτων στο ίδιο κανάλι δεδομένων (Πομπόρτσες, 1997).

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η σχέση μεταξύ λειτουργικών περιοχών διαχείρισης συστημάτων (SMFA) και λειτουργιών διαχείρισης συστημάτων (SMF).

<b>SMFA</b>	<b>SMF</b>
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΛΑΒΩΝ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Επιτήρηση συναγερωμών</li> <li>- Διασφάλισης ποιότητας</li> <li>- Εντοπισμός βλαβών</li> <li>- Άρση βλαβών</li> <li>- Δοκιμές</li> <li>- Διαχείριση προβλημάτων</li> </ul>
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Σχεδιασμός δικτύου</li> <li>- Εγκατάσταση</li> <li>- Έλεγχος</li> <li>- Εφοδιασμός</li> <li>- Σχεδιασμός υπηρεσιών</li> </ul>
<b>ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μετρήσεις χρήσης</li> <li>- Κοστολόγηση / Τιμολόγια</li> <li>- Χρηματοοικονομικά</li> <li>- Έλεγχος επιχείρησης</li> </ul>
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Παρακολούθηση επίδοσης</li> <li>- Διασφάλισης ποιότητας επίδοσης</li> <li>- Έλεγχος διαχείρισης επίδοσης</li> <li>- Ανάλυση επίδοσης</li> </ul>
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Παρεμπόδιση</li> <li>- Ανίχνευση</li> <li>- Περίεξη και ανάκαμψη</li> <li>- Διοίκηση ασφάλειας</li> </ul>

Πίνακας 2-2: Λειτουργίες Διαχείρισης Συστημάτων

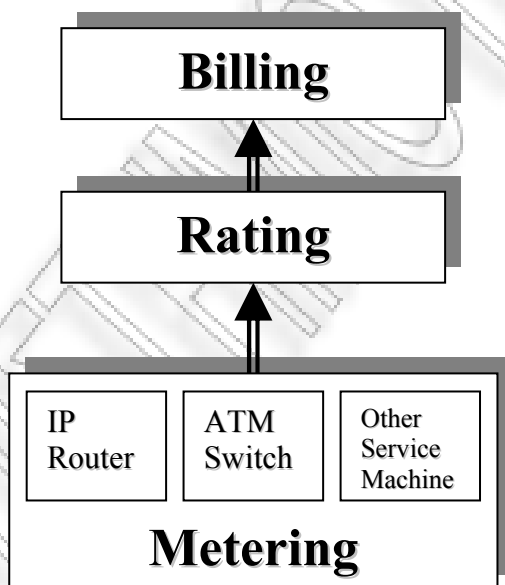
Στις επόμενες ενότητες εστιάζουμε σε μια από τις πιο βασικές λειτουργικές περιοχές του μοντέλου FCAPS, τη Λογιστική διαχείριση (Accounting management).

### **2.3 Η διαδικασία της Λογιστικής Διαχείρισης**

Το accounting management είναι η διαδικασία της συλλογής στατιστικών του δικτύου. Η συλλογή αυτών των στατιστικών μπορεί να βοηθήσει τον μηχανικό να πάρει αποφάσεις σχετικά με την διανομή των πόρων του δικτύου. Επίσης, αυτές οι πληροφορίες είναι χρήσιμες για την διαχείριση των πόρων του συστήματος, όπως τον

χώρο του δίσκου, την επεξεργαστική ισχύ, την εφεδρική αποθήκευση, αν και αυτά δεν είναι απαραίτητα στοιχεία στη διαχείριση του δικτύου.

Όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, η διαδικασία της λογιστικής διαχείρισης (Leastar and Gibney, 2000), στο σύνολό της, μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις υποδιαδικασίες: τη μέτρηση (metering), την τιμολόγηση (rating ή pricing) και την έκδοση τιμολογίου (billing). Ο ρόλος του συστήματος μέτρησης (metering system) είναι να καταμετράει, να συλλέγει και να προωθεί την πληροφορία η οποία έχει να κάνει με τη χρήση συγκεκριμένων δικτυακών υπηρεσιών. Αυτή η πληροφορία, με τη σειρά της, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς χρέωσης. Το σύστημα μέτρησης ανακτά αυτήν την πληροφορία από συγκεκριμένα σημεία μέτρησης που είναι κατανεμημένα κατά μήκος του δικτύου. Τα σημεία μέτρησης εξαρτώνται από το δίκτυο. Για παράδειγμα, στα δίκτυα ATM οι κόμβοι μέτρησης είναι τα switches, για τα δίκτυα IP είναι οι δρομολογητές κ.ο.κ. Η πληροφορία χρήσης κάποιας υπηρεσίας του δικτύου είναι οργανωμένη με τη μορφή των Service Detail Records (SDRs). Το SDR μπορεί να θεωρηθεί σαν μία γενίκευση του Call Detail Record (CDR), το οποίο παρέχεται από τα περισσότερα switches της συμβατικής τηλεφωνίας.



Σχήμα 2-1: Τα λογιστικά (υπο-) συστήματα

Ο κύριος ρόλος του rating είναι η υποστήριξη του billing συστήματος, προκειμένου εν τέλει να εκδοθούν έγκαιρα και έγκυρα τα τιμολόγια στους χρήστες των παρεχόμενων δικτυακών υπηρεσιών. Στην ουσία, το rating σύστημα υπολογίζει τις χρεώσεις, μέσω των οποίων το billing σύστημα συνθέτει τους τελικούς λογαριασμούς (τιμολόγια) των πελατών-χρηστών του δικτύου (Leastar and Gibney, 2000).

---

## 2.4 Η αναγκαιότητα της Λογιστικής Διαχείρισης

Κάθε πρόβλημα διαχείρισης απαιτεί και τις κατάλληλες μετρήσεις. Μερικοί λόγοι για τους οποίους χρειάζονται οι μετρήσεις της κυκλοφορίας δικτύου σε δίκτυα δεδομένων είναι οι εξής (Πομπόρτσας, 1997):

1. *Σχεδιασμός δικτύου και διαστασιοποίηση πόρων, μελέτη τάσεων και επέκταση δικτύου:* Κίνητρο για αυτές τις ενέργειες είναι οι απαιτήσεις των χρηστών.
2. *Διερεύνηση της σύνθεσης και της φύσης της κυκλοφορίας:* Θα πρέπει να υπάρχει πληροφορία για τη σύνθεση της κυκλοφορίας, όπως για παράδειγμα κυκλοφορία μεταφοράς δεδομένων και κυκλοφορία από αλληλεπιδραστικές (interactive) εφαρμογές.
3. *Διαχείριση κυκλοφορίας για αποδοτικότερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου:* Σε αυτό περιλαμβάνεται ο εντοπισμός σημείων συμφόρησης και εκτροπή της κυκλοφορίας σε λιγότερο συμφορημένα μονοπάτια.
4. *Μέτρηση επίδοσης δικτύου και μελέτη της δυναμικής των πρωτοκόλλων:* Ένα παράδειγμα αφορά στα πρωτόκολλα δρομολόγησης.
5. *Συλλογή στοιχείων χρήσης και χρέωσης:* Θα πρέπει να συλλέγονται στοιχεία χρήσης για κάθε χρήστη ξεχωριστά, ώστε καθένας να χρεώνεται ανάλογα με τις ενέργειές του. Ως χρήστης μπορεί να θεωρηθεί ένας μεμονωμένος χρήστης ή ένας ολόκληρος οργανισμός (εταιρεία, ακαδημαϊκό ίδρυμα κλπ) ή τμήμα αυτού.
6. *Διαπίστωση προβλημάτων στην λειτουργία:* Ο παροχέας πρέπει να είναι σε θέση οποιαδήποτε στιγμή να γνωρίζει εάν η προσφορά υπηρεσιών του γίνεται κανονικά ή όχι, έτσι ώστε να λάβει τα απαραίτητα μέτρα.

Επιπλέον, στην περίπτωση που το δίκτυο παρέχει QoS υπηρεσίες χρειάζονται μετρήσεις κυκλοφορίας για τους εξής λόγους (Stiller, Reichl and Leinen, 2000):

1. *Επιλογή παραμέτρων συμφωνίας επιπέδου υπηρεσίας (Service Level Agreement - SLA) από τους χρήστες:* Αν ένας χρήστης γνωρίζει την κυκλοφορία που αναμένεται ότι θα εισάγει στο δίκτυο, τότε μπορεί να κάνει σωστή επιλογή των παραμέτρων του SLA. Στην περίπτωση που δεν γνωρίζει την αναμενόμενη κυκλοφορία του, ενδέχεται στο SLA να ζητήσει περισσότερους ή λιγότερους πόρους από εκείνους που χρειάζεται.
2. *Έλεγχος παραμέτρων του SLA:* Ο παροχέας όσο και ο χρήστης είναι απαραίτητο να ξέρουν εάν τηρείται το SLA το οποίο έχουν συμφωνήσει.
3. *Διαχείριση των SLAs με στόχο την αποδοτικότερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου:* Ο παροχέας πρέπει να είναι σε θέση να απαντήσει εάν οι δυνατότητες του δικτύου καλύπτουν τις απαιτήσεις για την ποιότητα εξυπηρέτησης του SLA.
4. Επίσης, ο παροχέας θα πρέπει να γνωρίζει τους συνδυασμούς των συμβολαίων που μπορούν να γίνουν δεκτά ενώ εγγυάται δεδομένη ποιότητα εξυπηρέτησης. Ο συνδυασμός αυτός καλείται *περιοχή αποδοχής (acceptance region)*.
5. *Επιπτώσεις της αύξησης των πόρων ή της μορφοποίησης κυκλοφορίας (traffic shaping) στην ποιότητα εξυπηρέτησης:* Η τεχνολογία δικτυακών συσκευών

επιτρέπει τον ορισμό των πόρων που διατίθενται για κάθε κατηγορία υπηρεσίας. Η τεχνολογία επιτρέπει, επίσης, την μορφοποίηση της κυκλοφορίας (traffic shaping), έτσι ώστε η τελευταία να γίνεται περισσότερο ομαλή.

*Τα βασικά πλεονεκτήματα του accounting management είναι τα εξής:*

- Σημαντικό πλεονέκτημα του accounting management είναι ότι δίνει την δυνατότητα στον μηχανικό να μετράει, να κάνει αναφορά των πληροφοριών για accounting και στην συνέχεια να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να χρεώσει τους χρήστες, να κατανείμει τους πόρους, και να υπολογίσει το κόστος ανά χρήστη για τη μεταφορά δεδομένων διαμέσου του δικτύου. Επιπλέον, βοηθάει τον μηχανικό να κατανοήσει καλύτερα την χρησιμοποίηση των πόρων του δικτύου από τους χρήστες και να δημιουργήσει ένα πιο παραγωγικό δίκτυο.
- Η χρέωση των χρηστών είναι απαραίτητη για την ανάκτηση των εξόδων για τη δημιουργία και διατήρηση του δικτύου. Αυτό το παρέχει το accounting management, καθώς και τη βοήθεια για δίκαιο καταμερισμός αυτών των εξόδων. Επιπλέον, μπορεί να βοηθήσει στον προϋπολογισμό. Συχνά, οι οργανισμοί αντιμετωπίζουν τις υπηρεσίες του accounting management σαν τις πιο σημαντικές.
- Με την εξέταση των metrics και των quotas, μπορούμε να βεβαιωθούμε πως κάθε χρήστης έχει ικανοποιητικούς πόρους για να πραγματοποιήσει τις απαιτούμενες εργασίες. Θα μπορούσαμε, επίσης, να χρησιμοποιήσουμε αυτά τα στατιστικά για να ανιχνεύσουμε την χρήση των διάφορων πόρων του δικτύου.
- Σε ένα παραδοσιακό δικτυακό περιβάλλον, που βασίζεται στις συνδέσεις με modem σε έναν κεντρικό host, το accounting management μπορεί να βοηθήσει στην κατανομή του χρόνου σε μια κατάσταση διαμοιραζόμενου χρόνου για ένα σύνολο τερματικών. Το accounting management μπορεί να βοηθήσει να καθορίσουμε αν οι χρήστες πραγματικά χρησιμοποιούν τα τερματικά για ένα μεγάλο ποσοστό του χρόνου ή το σχήμα προτεραιοτήτων χρειάζεται τροποποίηση. Επιπλέον, αυτά τα δεδομένα μπορούν να επηρεάσουν την διανομή πολύτιμων πόρων.
- Οι τεχνικές του accounting management μπορούν να βοηθήσουν τους οργανισμούς να υπολογίσουν το κόστος για την αποστολή δεδομένων διαμέσου του δικτύου για ένα συγκεκριμένο χρήστη, που του δίνει την δυνατότητα να δει ποιο είναι το κόστος για την κάθε δικτυακή υπηρεσία που χρησιμοποιεί. Με αυτόν τον τρόπο, παρέχεται ένας δίκαιος καταμερισμός του κόστους που συνδέεται με την λειτουργία και διατήρηση του δικτύου.

## **2.5 Η επίτευξη του accounting management**

Το *accounting management* σχετίζεται με την μέτρηση της χρησιμοποίησης των πόρων του δικτύου από τους χρήστες με σκοπό να τεθούν metrics (μετρούμενα μεγέθη), να ελεγχθούν τα quotas, να καθοριστούν τα κόστη και να χρεωθούν οι χρήστες. Αποτελείται από τα εξής βήματα:

- Συλλογή δεδομένων σχετικά με την χρησιμοποίηση των δικτυακών πόρων
- Καθορισμό των quotas χρησιμοποιώντας τα metrics, και

- 
- Χρέωση των χρηστών για την χρήση του δικτύου

Στις επόμενες ενότητες θα εξετάσουμε κάθε ένα από αυτά τα βήματα (Leastar and Gibney, 2000).

➤ **Συλλογή δεδομένων σχετικά με την χρησιμοποίηση του δικτύου**

Αν οι δικτυακές συσκευές μπορούν να αποθηκεύσουν ένα αρκετό ποσό ενεργών δεδομένων, τότε μπορεί να αρκεί μια περιοδική ανάκτηση των δεδομένων. Έτσι, προκειμένου να αποκτήσουμε πληροφορίες σχετικά με τα metrics και τα quotas, μπορεί να χρειάζεται να μη συλλέγουμε συχνά δεδομένα για το accounting management αλλά να χρειάζεται να ανακτούμε πιο συχνά δεδομένα για την χρέωση.

➤ **Καθορισμός των quotas**

Τα metrics μπορούν να μας βοηθήσουν να μάθουμε σε τι έκταση οι χρήστες χρησιμοποιούν τους πόρους του δικτύου. Για παράδειγμα, ένα metric μπορεί να αποκαλύψει τον αριθμό των συνδέσεων που έγιναν με έναν τερματικό server, τον αριθμό των συναλλαγών που έγιναν με μια συγκεκριμένη βάση δεδομένων κ.τ.λ.. Σαν μέρος της χρησιμοποίησης του accounting management, θέλουμε να αποφασίσουμε αρχικά ποιους πόρους του δικτύου να μετρήσουμε και στην συνέχεια να συλλέξουμε metrics σχετικά με την χρήση τους. Τα metrics συνεργάζονται με τα quotas για να βοηθήσουν στην διαβεβαίωση ότι κάθε χρήστης παίρνει ένα δίκαιο μερίδιο των πόρων του δικτύου. Μπορεί να καθορίσουμε τα quotas και να τιμωρήσουμε τους χρήστες όταν τα υπερβαίνουν.

➤ **Χρέωση των χρηστών**

Συνήθως, θέλουμε να συλλέγουμε τακτικά δεδομένα για την χρέωση. Οι περισσότερες δικτυακές συσκευές έχουν μετρητές στατιστικών στοιχείων, που μας επιτρέπουν να κάνουμε συχνά poll την συσκευή και να σημειώνουμε τις αλλαγές από το τελευταίο poll. Αυτό επιτυγχάνεται, επειδή η δικτυακή συσκευή μπορεί να κρατάει έναν πίνακα για accounting με εγγραφές που αποτελούνται από ζευγάρια διευθύνσεων αφετηρίας / προορισμού σε σχέση με τον αριθμό των συναλλαγών, των πακέτων ή των bytes που στάλθηκαν μεταξύ τους. Η πιο συχνή χρέωση των χρηστών βασίζεται στα εξής σενάρια :

1. Μιας φοράς αμοιβή για εγκατάσταση και στην συνέχεια μηνιαίες συνδρομές. Με την χρήση αυτού του σεναρίου, το accounting management δεν γίνεται απαραίτητα για την χρέωση. Αν και είναι ο πιο εύκολος τρόπος, είναι δύσκολο να δικαιολογήσουμε γιατί ένας χρήστης που χρησιμοποιεί συνέχεια το δίκτυο χρεώνεται το ίδιο με έναν περιστασιακό χρήστη.
2. Αμοιβή που βασίζεται στην ποσότητα των πόρων που καταναλώνονται. Μερικοί οργανισμοί, χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνική σε συνδυασμό με την χρέωση μικρής αμοιβής για την εγκατάσταση και μηνιαίας αμοιβής. Αυτή η τεχνική απαιτεί στατιστικά στοιχεία σχετικά με την χρησιμοποίηση του δικτύου ανά χρήστη. Για να καθορίσουμε την χρήση των πόρων του δικτύου, πρέπει να μετρήσουμε, ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό, τα εξής κριτήρια:
  - a) *Ολικό αριθμό συναλλαγών.* Μετρώντας τον συνολικό αριθμό συναλλαγών ανά χρήστη, ένας οργανισμός μπορεί να μετράει διάφορα κριτήρια, όπως ο αριθμός των logins σε έναν server, του αριθμού των

e-mails που στάλθηκαν κ.τ.λ.. Αυτή η τεχνική έχει το εξής μειονέκτημα: κάθε συναλλαγή καταλήγει στο ίδιο ποσό χρέωσης, ανεξάρτητα από τον χρόνο ή τους πόρους που χρησιμοποιήθηκαν. Έτσι, αν ένας χρήστης κάνει μόνο μια συναλλαγή που στέλνει 500Mb πληροφορίας, θα χρεωθεί το ίδιο με έναν χρήστη που στέλνει 100Mb πληροφορίας. Πολλοί χρήστες μπορεί να αντιδράσουν σε μια τέτοια στρατηγική χρέωσης.

- b) *Ολικό αριθμό πακέτων.* Κάθε φορά που ένας χρήστης στέλνει ή λαμβάνει ένα πακέτο, ο λογαριασμός αυξάνεται. Αυτή η μέθοδος έχει ένα μειονέκτημα : Ο λογαριασμός για ένα δοσμένο αριθμό πακέτων είναι ο ίδιος ανεξάρτητα από την ποσότητα της πληροφορίας που στέλνεται ή λαμβάνεται, δηλαδή από το μέγεθος του πακέτου. Η μεταφορά όμως ενός μεγάλου πακέτου, χρησιμοποιεί περισσότερους πόρους του δικτύου, απ' ότι η μεταφορά ενός μικρού πακέτου.
- c) *Ολικό αριθμό bytes.* Με αυτήν την μέθοδο, αποφεύγονται τα μειονεκτήματα των δύο προηγούμενων. Ο καταναλωτής χρεώνεται με βάση της ποσότητας των πόρων του δικτύου που χρησιμοποίησε. Η επόμενη απόφαση που πρέπει να πάρουμε είναι αν πρέπει να χρεώνουμε τον συνολικό αριθμό που στέλνεται ή που λαμβάνεται.

Και οι δύο πολιτικές έχουν πλεονεκτήματα.

Η χρέωση σύμφωνα με τον αριθμό των bytes που στέλνονται είναι λογική. Όταν ο χρήστης στέλνει κάτι μέσω του δικτύου, ο λογαριασμός του θα πρέπει να αυξηθεί. Δυστυχώς, αυτή η δομή χρέωσης έχει ένα ελάττωμα, στο client/server μοντέλο που είναι διαδεδομένο σήμερα. Αυτή η τακτική αποθαρρύνει τους χρήστες από το να προσφέρουν υπηρεσίες από τους δικούς τους servers. Εναλλακτικά, οι χρήστες μπορεί να χρεώνονται με βάση του αριθμού των bytes που λαμβάνουν από το δίκτυο. Αυτή η μέθοδος εξαλείφει το προηγούμενο πρόβλημα, αφού δεν υπάρχει χρέωση για την αποστολή μεγάλης ποσότητας πληροφορίας, μόνο για την αποδοχή της.

Η χρέωση με βάση των bytes που λαμβάνονται έχει κάποια μειονεκτήματα. Πολλά πρωτόκολλα δικτύου στέλνουν επιβεβαιώσεις από τον προορισμό στην αφετηρία, που έχει ως αποτέλεσμα οι χρήστες να λαμβάνουν bytes από το δίκτυο, τα οποία δεν ζήτησαν. Ευτυχώς, τα πακέτα επιβεβαίωσης είναι συνήθως μικρά. Αυτά τα bytes θα μπορούσαν να αγνοηθούν από τις δικτυακές συσκευές, οι οποίες μπορούν να υπολογίσουν τον ολικό αριθμό των επιβεβαιώσεων που βλέπουν. Επίσης, ο οργανισμός που υπολογίζει τους λογαριασμούς, μπορεί να αναγνωρίζει τους χρήστες που προσφέρουν κάποιες υπηρεσίες στο δίκτυο και πιθανόν να προσφέρουν κάποια έκπτωση στους δικούς τους λογαριασμούς.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι δεδομένα που δεν ζητήθηκαν, όπως τα e-mail, προστίθενται στον λογαριασμό του χρήστη. Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να παραγραφεί αν ο χρήστης στέλνει και λαμβάνει e-mail με τον ίδιο ρυθμό, πράγμα που δεν συμβαίνει αν ο χρήστης είναι σε μια mailing λίστα και λαμβάνει πολλά μηνύματα. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να λαμβάνει πολλά δεδομένα που έχουν σχέση με την διαχείριση του δικτύου. Αυτά τα δεδομένα όμως

---

μπορούν να υπολογιστούν και να αφαιρεθούν από τον λογαριασμό του χρήστη.

Όταν βάζουμε σε εφαρμογή ένα σχήμα χρέωσης με βάση τους πόρους, το accounting management είναι απαραίτητο να συλλέγει τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία. Στην συνέχεια, ο οργανισμός πρέπει να πάρει αυτά τα στοιχεία, να τα επεξεργαστεί και να παράγει τους λογαριασμούς με βάση τους πόρους που καταναλώθηκαν.

## **2.6 Το accounting management σε ένα network management system**

Το πόσο καλά γίνεται το accounting management εξαρτάται από το μέγεθος της πολυπλοκότητας του εργαλείου που έχει στην διάθεση του ο μηχανικός. Στην συνέχεια εξετάζουμε τρία εργαλεία που μπορεί να χρησιμοποιήσει (Leastar and Gibney, 2000).

### **➤ Ένα απλό εργαλείο**

Ένα απλό εργαλείο, θα έπρεπε να μας δίνει την ικανότητα να επιβλέπουμε οποιοδήποτε metric που υπερβαίνει ένα quota. Τα metric δεδομένα θα πρέπει να αποθηκεύονται σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων που είναι μέρος της αρχιτεκτονικής του συστήματος διαχείρισης του δικτύου. Για να καθορίσουμε αν τα quotas έχουν ξεπεραστεί, θα χρησιμοποιήσουμε μια SQL ερώτηση και το εργαλείο θα μας δείξει τα αποτελέσματα της ερώτησης.

### **➤ Ένα πιο σύνθετο εργαλείο**

Ένα πιο σύνθετο εργαλείο θα πρέπει να μας δίνει την ικανότητα να πραγματοποιούμε τις χρεώσεις του δικτύου. Η υλοποίηση μιας διαδικασίας χρέωσης σε ένα δίκτυο μπορεί να είναι υπερβολικά δύσκολη και χρονοβόρα. Το σύνθετο εργαλείο θα πρέπει να μας ελαφρύνει από αυτό το φορτίο παίρνοντας σαν είσοδο την τοπολογία του δικτύου, χρεώνοντας τα domains και στην συνέχεια υπολογίζοντας τους απαραίτητους λογαριασμούς για τους χρήστες. Το σύνθετο εργαλείο θα χρειάζεται δεδομένα από το σύστημα διαχείρισης δικτύου και από το μηχανικό για να πραγματοποιήσει τις συναρτήσεις του. Θα πρέπει να μπορεί να αποκτήσει την τοπολογία του δικτύου από την σχεσιακή βάση του συστήματος διαχείρισης δικτύου. Επιπλέον, επειδή ο ιεραρχικός χάρτης του συστήματος διαχείρισης δικτύου είναι στην βάση δεδομένων, αυτή η πληροφορία θα είναι επίσης διαθέσιμη στο εργαλείο. Στην συνέχεια, το εργαλείο θα πρέπει να μπορεί να καταλάβει το πως η λογική τοπολογία του δικτύου είναι χωρισμένη σε περιοχές χρέωσης. Ένας τρόπος για να πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία είναι να χρησιμοποιήσουμε το ποντίκι στο σύστημα διαχείρισης του δικτύου για να σημειώσουμε μια περιοχή χρέωσης στο χάρτη του δικτύου. Θα τοποθετούσαμε το ποντίκι στον χάρτη και θα σχηματίζαμε ένα παραλληλόγραμμο για να περικλείσουμε ένα σύνολο από δικτυακές συσκευές, hosts και συνδέσμους. Αυτό θα γινόταν για τις συσκευές για τις οποίες μπορεί να κάνει polling το εργαλείο. Πολλά δίκτυα περιέχουν εφεδρικούς συνδέσμους, συσκευές και βρόγχους που λειτουργούν μόνο όταν κάποια άλλη συσκευή έχει πρόβλημα. Είναι δύσκολο, όμως, για το εργαλείο να απομονώσει τις συσκευές που θα εξετάσει, λόγω αυτού του πλεονασμού. Αν το εργαλείο συναντήσει οποιοδήποτε



πρόβλημα στην διάρκεια αυτής της διαδικασίας, θα πρέπει να ρωτήσει εμάς. Μόλις σημειωθεί μια περιοχή του δικτύου, το εργαλείο πρέπει να ρωτήσει για τα εξής:

1. Πληροφορία σχετικά με το πως θα γίνεται η χρέωση (π.χ. σύμφωνα με τα byte που έρχονται, σύμφωνα με τα πακέτα που φεύγουν κ.τ.λ.).
2. Χρέωση της πληροφορίας για κάθε περιοχή (π.χ. χρέωση ανά byte).
3. Πόσος συχνά να κάνει poll για δεδομένα (π.χ. κάθε ώρα, κάθε μέρα κ.τ.λ.).

Σε αυτό το σημείο, η διαδικασία χρέωσης για τις περιοχές έχει αρχίσει, δηλαδή τα δεδομένα χρέωσης θα συλλέγονται και θα τοποθετούνται στην σχεσιακή βάση δεδομένων.

### ➤ Ένα προηγμένο εργαλείο

Το προηγμένο εργαλείο θα πρέπει επιπλέον να εμπλουτίσει το accounting management με την δυνατότητα της πρόβλεψης της ανάγκης των πόρων του δικτύου. Αυτή η ικανότητα πρόβλεψης μπορεί να μας βοηθήσει στην εγκατάσταση λογικών metrics και quotas. Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτού του προηγμένου εργαλείου θα είναι να βοηθάει τους χρήστες να προβλέπουν τους λογαριασμούς τους. Τα δεδομένα metric και quotas μπορούν να μας βοηθήσουν να καθορίσουμε αν οι πόροι του δικτύου είναι ικανοποιητικοί. Όπως και με το απλό εργαλείο, η χρήση της σχεσιακής βάσης επιτρέπει στο προηγμένο εργαλείο να παράγει στατιστικές που μας λένε πόσο συχνά οι χρήστες έχουν υπερβεί τα quotas σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επεκτείνοντας αυτήν την λειτουργία, το προηγμένο εργαλείο θα πρέπει να μπορεί να καθορίσει αν η τάση σε ένα δίκτυο είναι να ξεπεραστεί ένα quota, και με αυτό τον τρόπο να μας ειδοποιήσει για να αυξήσουμε τους πόρους, να προσθέσουμε περισσότερο εξοπλισμό στους πόρους, να αλλάξουμε τα quotas, ή οποιαδήποτε άλλη πράξη που θα αποφασίσουμε πως χρειάζεται. Το προηγμένο εργαλείο θα πρέπει, επίσης, να προβλέπει τον λογαριασμό των χρηστών. Για να γίνει αυτό, το εργαλείο θα πρέπει να μπορεί να κάνει τα εξής δύο βήματα: Πρώτα, να εξετάσει την σχεσιακή βάση για να καθορίσει οποιαδήποτε τάση στους λογαριασμούς ενός συγκεκριμένου χρήστη στους περασμένους κύκλους χρέωσης, και δεύτερον, να πάρει όλα τα διαθέσιμα δεδομένα για τον παρών κύκλο χρέωσης και να βγάλει συμπεράσματα για έναν συγκεκριμένο κύκλο χρέωσης.

## 2.7 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε μία σύντομη περιγραφή του πλαισίου στο οποίο εντοπίζεται σήμερα η Διαχείριση δικτύου (Network management). Αναφέραμε πως προέκυψε η ιδέα της διαχείρισης δικτύων και γιατί η διαχείριση δικτύου είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας και την παροχή της απαραίτητης συντήρησης στα υπολογιστικά συστήματα που εκτελούν τις κύριες δικτυακές λειτουργίες, μελετώντας τις λειτουργικές περιοχές διαχείρισης. Κυρίως, όμως, επικεντρωθήκαμε σε μία από τις πιο κύριες λειτουργικές περιοχές της διαχείρισης δικτύου, τη Λογιστική διαχείριση (Accounting management).

Συμπεράναμε ότι προκειμένου να εφαρμοστεί μία πολιτική χρέωσης θα πρέπει να προηγηθεί η εργασία της λογιστικής διαχείρισης. Η λογιστική διαχείριση είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά μέρη της διαχείρισης δικτύου. Αφορά στη

---

δημιουργία, συλλογή, αρχειοθέτηση και επεξεργασία της πληροφορίας εκείνης που δείχνει τη χρήση των πόρων ενός δικτύου και περιλαμβάνει λειτουργίες προκειμένου να πληροφορεί τους χρήστες για τις χρεώσεις που εκδόθηκαν ή για τους πόρους που χρησιμοποιήθηκαν, να επιτρέπει να τεθούν διάφορα λογιστικά όρια και να συσχετιστούν σχέδια τιμολόγησης με τη χρήση πόρων, και να επιτρέπει το συνδυασμό διαφόρων τύπων χρέωσης για την έκδοση του τελικού τιμολογίου του χρήστη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΜΦΟΡΗ ΣΤΑ  
ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

---

## ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

---

### 3.1 Εισαγωγή

Η υπηρεσία διαχειριζόμενου εύρους ζώνης είναι καθοριστικής σημασίας για τον έλεγχο κίνησης και τη διαχείριση των δικτυακών πόρων (Davies, 1999). Σε κάθε δίκτυο, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μηχανισμών που να μπορούν να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν την κίνησή του. Η ροή κίνησης επηρεάζει άμεσα τις απαιτήσεις σε πόρους του δικτύου (όπως αριθμός και χαρακτηριστικά των προσωρινών καταχωρητών, χρησιμοποιούμενα εύρη ζώνης, υπολογιστική ισχύς των ενεργών διατάξεων κ.λπ.), καθώς και τη συνολική διεκπεραιωτική ικανότητα και αποτελεσματικότητα του δικτύου. Έτσι, ο έλεγχος κίνησης είναι αναγκαίος τόσο για την προστασία της ποιότητας υπηρεσιών, που οι χρήστες λαμβάνουν από το δίκτυο, όσο και για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης των πόρων του δικτύου. Ο έλεγχος κίνησης εστιάζεται στην παροχή ποιότητας υπηρεσίας, στον έλεγχο αποδοχής σύνδεσης και στον έλεγχο συμφόρησης. Ο συναγωνισμός, όμως, για πόρους του δικτύου μπορεί να οδηγήσει σε καταστάσεις συμφόρησης. Γενικά, η συμφόρηση δημιουργείται όταν η χωρητικότητα του δικτύου αδυνατεί να υποστηρίξει τις απαιτήσεις της προσφερόμενης κίνησης, δηλαδή το προσφερόμενο στο δίκτυο φορτίο πλησιάζει ή και υπερβαίνει τα όριά του. Τα όρια αυτά έχουν σχεδιασθεί για την εγγυημένη παροχή συγκεκριμένης ποιότητας υπηρεσιών, σύμφωνα με το συμβόλαιο κίνησης.

Η αποδοτικότητα ενός δικτύου δεν καθορίζεται μόνο από την τεχνολογία που διαθέτει αλλά και από το πώς διαχειρίζεται τους δικτυακούς πόρους του με σκοπό την αποδοτικότερη λειτουργία του δικτύου. Σημαντικές παράμετροι της απόδοσης είναι η ικανότητα του να εξασφαλίζει την ασφάλη, μέσα σε προκαθορισμένο χρόνο, ποιότητα μετάδοσης των δεδομένων, αποφεύγοντας τη δημιουργία συμφόρησης στο δίκτυο. Όταν παρατηρείται συμφόρηση στο δίκτυο αυτή επηρεάζει όλους τους χρήστες που χρησιμοποιούν αυτό το τμήμα του δικτύου.

Το πρόβλημα της αποφυγής της συμφόρησης αποτελεί ένα σημαντικό θέμα έρευνας αφού η εμφάνιση του καθορίζεται από πολλούς και μη ντετερμινιστικούς παράγοντες, εφόσον εξαρτάται από την συμπεριφορά των επιμέρους χρηστών. Πιστεύεται ότι η συμφόρηση που παρατηρείται στο παγκόσμιο διαδίκτυο Internet οφείλεται στο σημερινό αναποτελεσματικό σχήμα τιμολόγησης (pricing), το οποίο βασίζεται κατεξοχήν στην τιμολόγηση ενιαίου ρυθμού όπου τα μηνιαία τέλη εξαρτώνται μόνο από την ταχύτητα της σύνδεσης του πελάτη με τον παροχέα.

Προκειμένου να μελετηθούν και να δημιουργηθούν αποτελεσματικά σχήματα τιμολόγησης, στο κεφάλαιο αυτό, πραγματοποιούμε μια μικρή αναφορά σχετικά με την έννοια της συμφόρησης, της τηλεπικοινωνιακής κίνησης, και πώς μπορεί να αποφευχθεί στα δίκτυα.

---

## 3.2 Η έννοια της Συμφόρησης

Όταν σε ένα υποδίκτυο υπάρχουν πάρα πολλά πακέτα η απόδοση του υποβαθμίζεται. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται Συμφόρηση (Congestion) (Tanenbaum, 2000). Πιο συγκεκριμένα ονομάζουμε συμφόρηση το σημείο εκείνο στο οποίο η ρυθμοαπόδοση (throughput) του δικτύου πέφτει στο μηδέν και αυτό συμβαίνει γιατί το μέσο μεταφοράς δεν έχει τη διαθέσιμη χωρητικότητα, ώστε να μεταδώσει πληροφορία χωρίς να οδηγηθεί σε λάθος ή επαναμετάδοση. Σε περίπτωση συμφόρησης τα πρωτόκολλα στα υψηλότερα επίπεδα (πχ, TCP) επαναμεταδίδουν την πληροφορία για την οποία δεν παίρνουν επιβεβαίωση και η κατάσταση συνεχώς χειροτερεύει. Συμφόρηση, μπορούμε ακόμα να ονομάσουμε την κατάσταση εκείνη στην οποία ο χρόνος απόκρισης γίνεται άπειρος. Ελέγχοντας κανείς τη χρησιμοποίηση των συνδέσμων σε ένα δίκτυο μπορεί να αναγνωρίσει ενδείξεις για μια πιθανή συμφόρησή του, οπότε είναι δυνατή η αποφυγή είτε με αύξηση της χωρητικότητας είτε με επαναδρομολόγηση του φορτίου. Όταν το πλήθος των πακέτων που εισάγονται στο υποδίκτυο από τους υπολογιστές υπηρεσίας είναι μέσα στις δυνατότητες μεταφοράς του υποδικτύου, παραδίδονται όλα τα πακέτα (εκτός από λίγα που καταστρέφονται από σφάλματα μετάδοσης) και το πλήθος των πακέτων που παραδίδονται είναι ανάλογο με το πλήθος αυτών που στέλνονται. Όταν όμως η κίνηση αυξάνεται υπερβολικά, οι δρομολογητές δεν είναι πια σε θέση να την αντιμετωπίσουν και αρχίζουν να χάνουν πακέτα. Αυτό τείνει να χειροτερεύσει τα πράγματα. Σε περιπτώσεις πολύ υψηλής κίνησης, η απόδοση καταρρέει πλήρως και δεν παραδίδονται σχεδόν καθόλου πακέτα. Η συμφόρηση μπορεί να προκληθεί από πολλούς παράγοντες. Το πραγματικό πρόβλημα είναι πολλές φορές η ανισορροπία ανάμεσα στα διάφορα μέρη του συστήματος. Το πρόβλημα θα εξακολουθήσει να υπάρχει μέχρι όλα τα συστατικά του συστήματος να ισορροπήσουν.

Ένα από τα σημαντικότερα -αν όχι το πιο σημαντικό- από αυτά τα προβλήματα έχει να κάνει με τη διάθεση και χρήση των δικτυακών πόρων ενός σύγχρονου δικτύου υπολογιστών. Η μεγάλη αύξηση του αριθμού των χρηστών ενός τέτοιου δικτύου, επιβάλλει την ανάγκη εύρεσης ενός εξισορροπητικού μηχανισμού, τόσο για την ομαλή συνύπαρξη μεταξύ όλων αυτών των χρηστών όσο και για τη συντήρηση του δικτύου, τη διατήρηση των επιδόσεών του στο χρόνο, καθώς, επίσης, και την εξασφάλιση των προϋποθέσεων για τη μελλοντική αναβάθμιση και επέκτασή του.

## 3.3 Γενικές Αρχές του Ελέγχου Συμφόρησης

Πολλά προβλήματα σε περίπλοκα συστήματα, όπως είναι τα δίκτυα υπολογιστών, μπορούν να αντιμετωπιστούν υπό την οπτική γωνία της θεωρίας ελέγχου. Η προσέγγιση αυτή οδηγεί στην υποδιαίρεση όλων των λύσεων σε δύο κατηγορίες: Ανοιχτού και Κλειστού βρόχου (Tanenbaum, 2000). Οι λύσεις ανοιχτού βρόχου (open loop) προσπαθούν να λύσουν το πρόβλημα με καλή σχεδίαση, εξασφαλίζοντας ουσιαστικά ότι το πρόβλημα δεν θα εμφανιστεί καθόλου. Αφού το σύστημα αρχίσει να λειτουργεί, δεν γίνονται διορθώσεις κατά την διάρκεια της λειτουργίας του. Τα εργαλεία υλοποίησης του ελέγχου ανοιχτού βρόχου περιλαμβάνουν την απόφαση σχετικά με το πότε θα αποδεχόμαστε νέα κίνηση, την απόφαση σχετικά με το πότε θα απορρίπτουμε πακέτα και ποια, και τη λήψη

αποφάσεων χρονοπρογραμματισμού σε διάφορα σημεία στο δίκτυο. Όλα τα παραπάνω έχουν ως κοινό σημείο το ότι λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς να δίνουν σημασία στην τρέχουσα κατάσταση του δικτύου. Αντιθέτως, οι λύσεις κλειστού βρόχου βασίζονται στην έννοια ενός βρόχου ανάδρασης (feedback loop). Η προσέγγιση αυτή έχει τρία τμήματα όταν εφαρμόζεται στον έλεγχο συμφόρησης (Tanenbaum, 2000):

1. Παρακολούθηση του συστήματος για να εντοπιστεί πότε και που εμφανίζεται η συμφόρηση.
2. Μεταβίβαση αυτής της πληροφορίας στα σημεία όπου πρέπει να αναληφθεί η δράση.
3. Προσαρμογή της λειτουργίας του συστήματος για επιδιόρθωση του προβλήματος.

Για την παρακολούθηση της συμφόρησης στο υποδίκτυο, μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέτρα σύγκρισης. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι το ποσοστό πακέτων που απορρίπτονται λόγω έλλειψης περιοχών προσωρινής αποθήκευσης, το μέσο μήκος των ουρών, το πλήθος των πακέτων των οποίων λήγουν οι χρόνοι αναμονής και αναμεταδίδονται, η μέση καθυστέρηση των πακέτων και η τυπική απόκλιση της καθυστέρησης αυτών. Σε όλες τις περιπτώσεις οι αυξημένες τιμές υποδηλώνουν αυξημένη συμφόρηση.

Το δεύτερο βήμα στο βρόχο ανάδρασης είναι η μεταφορά της πληροφορίας σχετικά με τη συμφόρηση από το σημείο του εντοπισμού της μέχρι το σημείο όπου μπορεί να γίνει κάτι για αυτή. Ο πλέον προφανής τρόπος είναι να στέλνει ο δρομολογητής που εντοπίζει τη συμφόρηση ένα πακέτο στην προέλευση ή τις προελεύσεις της κίνησης, ανακοινώνοντας το πρόβλημα. Φυσικά αυτά τα πρόσθετα πακέτα αυξάνουν το φορτίο ακριβώς τη στιγμή που δεν χρειάζεται περισσότερο φορτίο, δηλαδή όταν το υποδίκτυο είναι ήδη σε συμφόρηση.

Υπάρχουν πάντως και άλλες δυνατότητες. Για παράδειγμα μπορεί να δεσμεύεται ένα bit ή ένα πεδίο σε κάθε πακέτο, το οποίο θα συμπληρώνεται από τους δρομολογητές όταν η συμφόρηση ξεπερνά κάποιο οριακό επίπεδο. Όταν ένας δρομολογητής εντοπίσει μια κατάσταση συμφόρησης, συμπληρώνει το πεδίο αυτό σε όλα τα εξερχόμενα πακέτα έτσι ώστε να προειδοποιεί τους γείτονες του. Μία άλλη προσέγγιση είναι να στέλνουν περιοδικά οι υπολογιστές υπηρεσίας ή οι δρομολογητές διερευνητικά πακέτα, ρωτώντας αν υπάρχει συμφόρηση. Αυτή η πληροφορία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να δρομολογηθεί η κίνηση έτσι ώστε να παρακάμπτει τις προβληματικές περιοχές.

Σε όλες τις μεθόδους ανάδρασης, υπάρχει η ελπίδα ότι η γνώση της συμφόρησης θα κάνει τους υπολογιστές υπηρεσίας να προβούν στις κατάλληλες ενέργειες ώστε να μειώσουν τη συμφόρηση. Για να λειτουργήσει μία μέθοδος σωστά, θα πρέπει να ρυθμιστεί προσεκτικά η χρονική κλίμακα. Αν κάθε φορά φτάνουν δύο συνεχόμενα πακέτα ο δρομολογητής δηλώνει STOP και κάθε φορά που ο δρομολογητής είναι ανενεργός για κάποιο χρονικό διάστημα δηλώνει FORWARD, το σύστημα θα ταλαντώνεται σε μεγάλο βαθμό και δεν θα συγκλίνει ποτέ. Από την άλλη πλευρά αν περιμένει για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα π.χ. 20 λεπτά για να βεβαιωθεί πριν κάνει οτιδήποτε, ο μηχανισμός ελέγχου συμφόρησης θα αντιδρά πολύ καθυστερημένα και δεν θα έχει την παραμικρή αξία. Για να λειτουργεί καλά ο μηχανισμός χρειάζεται η λήψη κάποιων μέσων όρων, όμως η επίτευξη της σωστής χρονικής κλίμακας δεν είναι καθόλου απλό ζήτημα.

---

Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι συμφόρησης οι οποίοι ταξινομήθηκαν από τους Yang και Reddy που τους διαίρεσαν σε αλγορίθμους κλειστού ή ανοιχτού βρόχου. Στη συνέχεια υποδιαίρεσαν τους αλγορίθμους ανοιχτού βρόχου σε εκείνους που λειτουργούν στην προέλευση σε αντιδιαστολή και σε αυτούς που λειτουργούν στον προορισμό. Οι αλγόριθμοι κλειστού βρόχου διαιρούνται σε αλγορίθμους ρητής ανάδρασης και αλγορίθμους υπονοούμενης ανάδρασης. Στους πρώτους επιστρέφονται πακέτα από το σημείο συμφόρησης για να ειδοποιήσουν την προέλευση. Στους δεύτερους η προέλευση συνάγει την ύπαρξη της συμφόρησης κάνοντας τοπικές παρατηρήσεις, όπως είναι η μέτρηση του χρόνου που απαιτείται μέχρι να επιστραφούν οι βεβαιώσεις.

Η ύπαρξη συμφόρησης σημαίνει ότι το φορτίο είναι προσωρινά ενδεχομένως μεγαλύτερο από αυτό που μπορούν να αντιμετωπίσουν οι πόροι σε κάποιο μέρος του συστήματος. Συνεπώς οι λύσεις που φαίνονται προφανείς είναι είτε να αυξηθούν οι πόροι, είτε να μειωθεί το φορτίο. Η διαίρεση της κίνησης σε πολλά δρομολόγια αντί για χρήση μόνο του καλύτερου δρομολογίου, μπορεί και αυτή να έχει αποτέλεσμα την αύξηση του εύρους ζώνης. Τέλος, οι περισσευούμενοι δρομολογητές που κανονικά χρησιμοποιούνται μόνο για εφεδρεία μπορούν να συνδεθούν και αυτοί στο δίκτυο έτσι ώστε να παρέχεται περισσότερη χωρητικότητα όταν παρουσιάζεται σοβαρή συμφόρηση. Όμως πολλές φορές δεν είναι δυνατή η αύξηση της χωρητικότητας του καναλιού, τότε απαραίτητη είναι η μείωση του φορτίου. Μερικές μέθοδοι για την μείωση του φορτίου είναι η άρνηση εξυπηρέτησης μερικών χρηστών, η υποβάθμιση των υπηρεσιών σε μερικούς χρήστες και η απαίτηση από αυτούς να χρονοπρογραμματίζουν τις μεταδόσεις τους με πιο προβλέσιμο τρόπο. Κάποιες από αυτές τις μεθόδους εφαρμόζονται καλύτερα στο εικονικό κύκλωμα. Στα υποδίκτυα που χρησιμοποιούν εσωτερικά εικονικά κυκλώματα οι μέθοδοι αυτές μπορούν να εφαρμοστούν στο επίπεδο δικτύου. Στα υποδίκτυα που χρησιμοποιούν αυτοδύναμα πακέτα, οι μέθοδοι αυτές μπορούν μερικές φορές να χρησιμοποιηθούν στις συνδέσεις του επιπέδου μεταφοράς (Tanenbaum, 2000).

Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να προβλέπουν και να ελαχιστοποιούν τη συμφόρηση από την αρχή αντί να την αφήνουν να παρουσιαστεί και να αντιδρούν εκ των υστέρων. Οι πολιτικές πρόληψης της συμφόρησης χωρίζονται ανάλογα με το επίπεδο που επενεργεί η κάθε πολιτική.

*Στο επίπεδο μεταφοράς υπάρχουν οι εξής πολιτικές:*

- Πολιτικές αναμετάδοσης
- Πολιτική αποθήκευσης δεδομένων εκτός σειράς
- Πολιτική επιβεβαίωσης
- Πολιτική ελέγχου ροής
- καθορισμός λήξης χρόνων αναμονής

*Στο επίπεδο δικτύου υπάρχουν οι εξής πολιτικές:*

- Εικονικά κυκλώματα ή αυτοδύναμα πακέτα στο υποδίκτυο
- Πολιτική ουρών και εξυπηρέτησης πακέτων
- Πολιτική απόρριψης πακέτων
- Αλγόριθμος δρομολόγησης
- Διαχείριση διάρκειας ζωής πακέτων

*Ενώ, τέλος, στο επίπεδο μετάδοσης δεδομένων έχουμε τις ακόλουθες πολιτικές:*



- Πολιτική αναμετάδοσης
- Πολιτική αποθήκευσης δεδομένων εκτός σειράς
- Πολιτική επιβεβαίωσης
- Πολιτική ελέγχου ροής

### 3.4 Απαιτήσεις των δικτυακών εφαρμογών

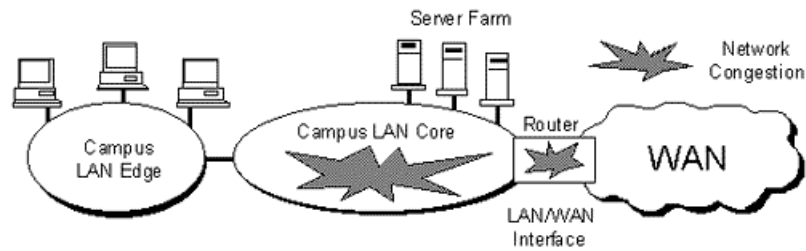
Η ανάγκη που μας οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων τρόπων δέσμευσης εύρους ζώνης είναι η δημιουργία καινούριων δικτυακών εφαρμογών οι οποίες απαιτούν καινούριες υπηρεσίες από το δίκτυο και επίσης απαιτούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης (Davies, 1999). Μερικές από τις καινούργιες διαδικτυακές εφαρμογές περιλαμβάνουν multimedia εφαρμογές, οι οποίες απαιτούν αυξημένο bandwidth (ή μεγαλύτερο throughput), εφαρμογές ευαίσθητες στον χρόνο, όπως η μετάδοση ιατρικών δεδομένων, τηλεφωνία μέσω IP, ή εφαρμογές από έναν σε πολλούς ή από πολλούς σε πολλούς (multicast). Οι εφαρμογές αυτές απαιτούν μια εγγυημένη (guarantee) ποιότητα εξυπηρέτησης (Quality of Service (QoS)). Είναι προφανώς ότι το σημερινό πρωτόκολλο IP, δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις εφαρμογές αυτές αφού ακολουθεί την “όσο το δυνατόν καλύτερα” (“best effort”) προσέγγιση και όχι μια προσέγγιση που να εγγυάται και την ορισμένη ποιότητα εξυπηρέτησης, όπως απαιτείται από τις εφαρμογές αυτές.

#### ➤ Υψηλό throughput

Τα δεδομένα πολυμέσων, και ειδικά το video, απαιτούν μεγάλο και συνεχές εύρος ζώνης μετάδοσης. Για παράδειγμα, ένα συμπίεσμένο video υψηλής ποιότητας απαιτεί ένα εύρος ζώνης των 5 Mbps περίπου. Ένα μη συμπίεσμένο video απαιτεί εύρος ζώνης 50 με 100 φορές μεγαλύτερο από το παραπάνω. Όλα τα δεδομένα περνούν μέσα από τη στοίβα μεταφοράς, οπότε το πρωτόκολλο μεταφοράς θα πρέπει να είναι αρκετά γρήγορο ώστε να υποστηρίζει τις απαιτήσεις της εφαρμογής σε εύρος ζώνης. Εφόσον μια εφαρμογή μπορεί να χρειάζεται έναν αριθμό από συνεχείς ροές δεδομένων, η ταχύτητα του πρωτοκόλλου μεταφοράς πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τις απαιτήσεις των παραπάνω ροών σε συναθροιστικό (aggregate) εύρος ζώνης.

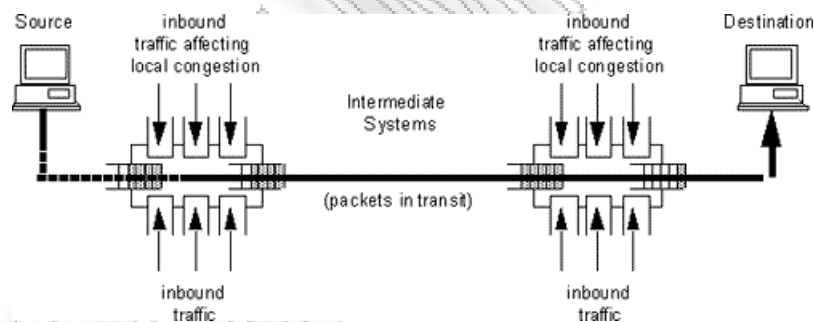
Ένας άλλος τρόπος να δούμε τις απαιτήσεις ενός πρωτοκόλλου μεταφοράς σε throughput είναι από τη σκοπιά του συνολικού συστήματος επικοινωνιών. Το throughput ενός πρωτοκόλλου μεταφοράς πρέπει να είναι υψηλότερο από την ταχύτητα προσπέλασης του δικτύου. Διαφορετικά, το εύρος ζώνης που παρέχεται από τα σημεία προσπέλασης του δικτύου δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλήρως, και το πρωτόκολλο μεταφοράς γίνεται το σημείο συμφόρησης του συνολικού συστήματος επικοινωνιών.

Ένα άλλο σημείο συμφόρησης, όπου παρουσιάζεται στο δίκτυο, είναι στην διασύνδεση ενός LAN με ένα WAN δίκτυο (βλ. παρακάτω σχήμα). Αυτό οφείλεται στο ότι σε αυτά τα σημεία το διαθέσιμο εύρος ζώνης μεταβάλλεται.



Σχήμα 3-2: Σημείο συμφόρησης σε ένα δίκτυο

Επίσης άλλα “αδύναμα” σημεία του δικτύου όπου παρουσιάζεται συμφόρηση είναι στα switches και στους routers όπου το μέγεθος των εισερχόμενων δεδομένων υπερβαίνει την συνολική χωρητικότητα εξόδου τους. Αυτό έχει σαν συνέπεια οι buffers να γεμίζουν και τα καινούρια πακέτα να αχρηστεύονται. Συνεπώς οι καθυστερήσεις μεταβάλλονται συνεχώς. Το πρόβλημα μεγαλώνει με την αύξηση των switches και των routers κατά μήκος της διαδρομής από την πηγή στον προορισμό (βλ. παρακάτω σχήμα). Αυτό συμβαίνει, γιατί τόσο πιο δύσκολα γίνεται εκτίμηση του χρόνου ανταπόκρισης (response time), το οποίο είναι σημαντικό για τις delay-sensitive εφαρμογές.



Σχήμα 3-3: Μοντέλο δικτύου βασισμένο σε ουρές

#### ➤ Δυνατότητα multicast

Πολλές εφαρμογές πολυμέσων χρειάζονται πολλές ομάδες και απαιτούν δυνατότητα multicast από το σύστημα μεταφοράς. Το multicast συνήθως υλοποιείται στο επίπεδο δικτύου. Τα περισσότερα συστήματα μεταφοράς χρησιμοποιούν τον IP multicast αλγόριθμο ή υποθέτουν την ύπαρξη κάποιων multicast αλγορίθμων δρομολόγησης.

#### ➤ QOS προδιαγραφή και εγγύηση

Ροές δεδομένων πολυμέσων απαιτούν συνολικές QOS εγγυήσεις σχετικά με το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση, και την διαταραχή καθυστέρησης. Για να ικανοποιήσει αυτές τις απαιτήσεις, ένα σύστημα μεταφοράς πρέπει να παρέχει ένα μηχανισμό στις εφαρμογές ώστε να μπορούν να καθορίζουν και να διαπραγματεύονται QOS απαιτήσεις.

Μια εφαρμογή μπορεί να καθορίζει τον απαιτούμενο χαρακτηρισμό κυκλοφορίας (χρησιμοποιώντας πολλαπλές παραμέτρους ή καθορίζοντας έναν διαμορφωτή κυκλοφορίας με κάποιες παραμέτρους). Σε αυτή την περίπτωση αυτές οι παράμετροι μπορούν να περαστούν απευθείας στο επίπεδο δικτύου. Εναλλακτικά, μια εφαρμογή μπορεί να καθορίζει την κυκλοφορία χρησιμοποιώντας έναν αναγνωριστή περιγραφής κυκλοφορίας, όπως “εικόνα ποιότητας τηλεόρασης” και “ήχος ποιότητας ραδιοφώνου”. Στην περίπτωση αυτή, το πρωτόκολλο μεταφοράς πρέπει να μετασχηματίσει τον αναγνωριστή περιγραφής σε ένα σύνολο από QOS παραμέτρους. Γενικά δεν υπάρχει ομοφωνία σχετικά με το ποια μέθοδος προτιμάται: ένα πρωτόκολλο μεταφοράς μπορεί να χρειάζεται να παρέχει και τις δύο μεθόδους. Όταν απαιτείται μια τυπική κυκλοφορία, χρησιμοποιείται η δεύτερη μέθοδος: αλλιώς η πρώτη. Σε κάθε περίπτωση, ακόμα δεν γνωρίζουμε το καλύτερο σύνολο παραμέτρων και τις τιμές τους ώστε να περιγράψουμε γενική, κατά ριπές κυκλοφορία. Οι QOS απαιτήσεις που δίνονται στο πρωτόκολλο μεταφοράς μεταφέρονται στο πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου. Το πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου, το οποίο καλείται πρωτόκολλο δέσμευσης, διαδίδει αυτές τις απαιτήσεις και δεσμεύει τους απαραίτητους πόρους πάνω από μια σύνδεση δικτύου. Αυτή η σύνδεση συχνά είναι μια multicast σύνδεση σε εφαρμογές πολυμέσων.

Η παροχή QOS εγγυήσεων απαιτεί τη συνεργασία όλων των υποσυστημάτων ενός συστήματος μεταφοράς, περιλαμβάνοντας εκτέλεση της στοίβας μεταφοράς, διαχείριση πόρων, έλεγχο της πρόσβασης στο δίκτυο, και διαχείριση ουρών στα switches δικτύου. Για να παρέχεται συνολική εγγύηση απόδοσης, θα πρέπει επίσης να είναι εγγυημένη η απόδοση της εκτέλεσης στοίβας μεταφοράς. Μέρος της στοίβας μεταφοράς (περιλαμβανομένου του πρωτοκόλλου μεταφοράς, του πρωτοκόλλου δικτύου, και άλλων πρωτοκόλλων χαμηλότερου επιπέδου) είναι υλοποιημένη σε λογισμικό στους υπολογιστές του δικτύου. Η εκτέλεση του λογισμικού αυτού ελέγχεται από το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή. Για να είναι εγγυημένη η απόδοση της εκτέλεσης της στοίβας μεταφοράς, απαιτείται ένα λειτουργικό σύστημα που μπορεί να παρέχει QOS εγγυήσεις στις εφαρμογές πολυμέσων. Το λειτουργικό σύστημα θα πρέπει επίσης να μπορεί να υποστηρίξει υπάρχουσες εφαρμογές.

### 3.5 Τηλεπικοινωνιακή κίνηση (Teletraffic Engineering)

Ο κλάδος Teletraffic Engineering των τηλεπικοινωνιών, ασχολείται με θέματα όπως η εκτίμηση του τηλεπικοινωνιακού φόρτου και ο υπολογισμός της χωρητικότητας ενός δικτύου που μπορεί να απορροφήσει το φόρτο αυτό (Αδάμ, 2003). Παράλληλα ασχολείται με το πώς ένα δίκτυο θα διαρθρωθεί κατάλληλα έτσι ώστε να ικανοποιηθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις απόδοσης. Κύριος στόχος, είναι να διατηρηθεί χαμηλά η συμφόρηση.

Διαχείριση κίνησης είναι μία διαδικασία που σκοπεύει στην καθολική βελτίωση του δικτύου είτε με στατικό είτε με δυναμικό διαμοιρασμό της ροής της κίνησης στο δίκτυο. Κύριος στόχος είναι η αποφυγή συμφόρησης σε ένα κόμβο για αυτό δεν είναι απίθανο ο μηχανισμός κίνησης να μην διαλέξει το συντομότερο μονοπάτι ανάμεσα σε δύο κόμβους ούτε δυο μηνύματα με ίδιο προορισμό και προέλευση να ακολουθήσουν το ίδιο μονοπάτι. Με αυτόν τον τρόπο τα λιγότερο χρησιμοποιούμενα μέρη του δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για differentiated εξυπηρέτησεις. Στο MPLS, για παράδειγμα, ο μηχανισμός κίνησης είναι ιεραρχικά

---

δομημένος με ρητά προκαθορισμένα μονοπάτια. Γνωρίζουμε ότι ένα LSP (μονοπάτι) δημιουργείται βάσει προδιαγραφών δοσμένες από τον χρήστη όπως η ποιότητα. Παρ' όλα αυτά για κάτι τέτοιο μπορεί να μεσολαβήσει μεγάλο διάστημα υπολογισμών καθώς πολλαπλές αντιμετώπισεις μπορούν να στρατολογηθούν. Με το traffic engineering προσπαθούμε ουσιαστικά να μη φτάσουμε το δίκτυο μας σε κατάσταση συμφόρησης οπότε και θα πρέπει να εφαρμοστούν οι μηχανισμοί QoS.

Το Traffic Engineering είναι η διαδικασία καθορισμού του τρόπου με τον οποίο η κίνηση ρέει στο δίκτυο έτσι ώστε να αποφεύγεται η συμφόρηση που προκαλείται από άτακτη χρησιμοποίηση του δικτύου. Το Constrained Based Routing (CBR) είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας του Traffic Engineering. Η αποφυγή συμφόρησης και η παροχή σωστής υποβάθμισης της απόδοσης στην περίπτωση συμφόρησης είναι δύο συμπληρωματικές διαδικασίες. Γι' αυτό το λόγο το Traffic Engineering μπορεί να συμπληρώνει τις DiffServ και αναφέρεται εδώ ως μηχανισμός παροχής ποιότητας (Αδάμ, 2003).

*Στις επόμενες παραγράφους παραθέτουμε συγκεντρωτικά τους ορισμούς για τις έννοιες κλειδιά της θεωρίας περιγραφής τηλεπικοινωνιακής κίνησης προκειμένου να κατανοήσουμε τους όρους του τηλεπικοινωνιακού φόρτου που θα συναντήσουμε σε επόμενες ενότητες.*

Με τον όρο Κίνηση (Traffic) αναφερόμαστε στη γενικότερη χρήση τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, για παράδειγμα καναλιών σε μία συγκεκριμένη κυψέλη. Η κίνηση διακρίνεται σε σηματοδότηση (signaling) και σε κίνηση φωνής ή δεδομένων. Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε κάποιες έννοιες σχετιζόμενες με την κίνηση στα δίκτυα υπολογιστών (Αδάμ, 2003).

• *Μονάδα Μέτρησης Τηλεπ.Κίνησης:* Αν  $\lambda$  είναι ο συνολικός αριθμός κλήσεων που αρχίζουν σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, και  $\mu$  η διάρκεια τους, τότε έχουμε

$$A = \lambda / \mu \text{ Erlangs}$$

δηλαδή, αν ένας χρήστης κινητής τηλεφωνίας, καταλαμβάνει ένα κανάλι στο air interface για μια ώρα συνεχώς τότε, έχουμε κίνηση 1Erlang.

• *Τηλεπικοινωνιακή Ροή (Traffic Flow):* Πρόκειται για την τηλεπικοινωνιακή κίνηση ανά μονάδα χρόνου. Μπορεί πρακτικά να περιγραφεί με τους ακόλουθους τύπους.

$$F = Y * S$$

Όπου Y ο αριθμός των κλήσεων ανά μονάδα χρόνου και S ο μέσος χρόνος διάρκειας της κλήσης ή από τον τύπο

$$F = N * P$$

Όπου N ο συνολικός αριθμός των συνδρομητών και P η μέση κίνηση ανά συνδρομητή.

• *Μέσος χρόνος κλήσης (Mean Holding Time):* Ο μέσος χρόνος κλήσης S ορίζεται ως εξής:

$$S=A/Y$$

Όπου A η κίνηση σε Erlang και Y ο αριθμός των κλήσεων ανά μονάδα χρόνου.

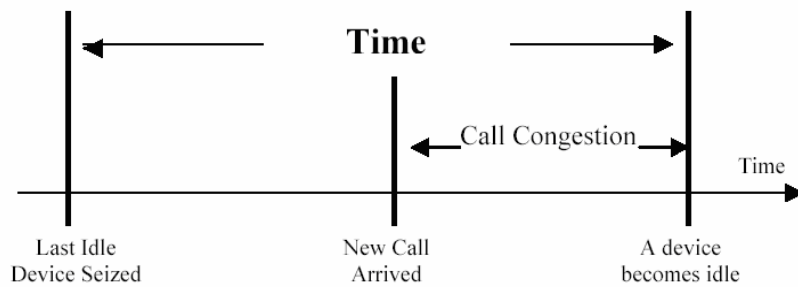
- *Εκτιμώμενη Κίνηση (Traffic Demand)*: Πρόκειται για την εκτίμηση της κίνησης που θα εξυπηρετήσει ένα νέο τηλεπικοινωνιακό σύστημα.
- *Προσφερόμενη Κίνηση (Traffic Offered To)*: Είναι η τηλεπικοινωνιακή κίνηση την οποία στην πραγματικότητα καλείται να εξυπηρετήσει ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα. Για να υπολογιστεί πρακτικά, πολλαπλασιάζουμε τη μέση διάρκεια της κλήσης με το άθροισμα προσπαθειών (επιτυχημένων ή μη) προς ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα.
- *Εξυπηρετούμενη Κίνηση (Traffic Carried )*: Είναι το κομμάτι εκείνο της προσφερόμενης κίνησης που εξυπηρετεί ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα. Αριθμητικά ορίζεται από το μέσο αριθμό ταυτόχρονων κλήσεων που εξυπηρετούνται παράλληλα σε δεδομένο χρονικό διάστημα.
- *Απορριφθείσα Κίνηση (Rejected Traffic)*: Είναι το τμήμα της προσφερόμενης κίνησης που για οποιοδήποτε λόγο δεν εξυπηρετήθηκε.

Σε αυτή την ενότητα παραθέτουμε συγκεντρωτικά κάποιες έννοιες σχετιζόμενες με τη χωρητικότητα δικτύων υπολογιστών (χωρητικότητα και συμφόρηση).

- *Πρόσβαση στο δίκτυο (Access Line)*: Σχετίζεται με τον αν ένας χρήστης έχει τη δυνατότητα να έχει πρόσβαση σε ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο και αν παράλληλα το δίκτυο μπορεί να έχει πρόσβαση στο χρήστη.
- *Προσπάθεια κλήσης (Call Attempt)*: Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε σε οποιαδήποτε διεργασία που σχετίζεται με την έναρξη μιας νέας σύνδεσης.

Στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, η χωρητικότητα εξαρτάται από:

- Τον αριθμό των διαθέσιμων καναλιών για φωνή και δεδομένα
- Την κίνηση που δημιουργούν οι υφιστάμενοι συνδρομητές
- Τον βαθμό εξυπηρέτησης που έχουν οι χρήστες από το σύστημα
- *Συμφόρηση (Congestion)*: Πρόκειται για την περίπτωση στην οποία το σύστημα λόγω μεγάλου φόρτου, δεν έχει ελεύθερα κανάλια εξυπηρέτησης καινούριας κίνησης. Υπάρχουν δύο τύποι συμφόρησης, η συμφόρηση κλήσεων και η χρονική συμφόρηση:
  - *Συμφόρηση κλήσεων (call congestion)*, δηλαδή την άμεση απόρριψη μιας κλήσης, λόγω απουσίας τηλεπικοινωνιακών πόρων.
  - *Χρονική συμφόρηση (time congestion)*: Όταν και ο τελευταίος ελεύθερος πόρος καταλαμβάνεται, δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν άλλες κλήσεις. Από τη χρονική στιγμή που αυτό συμβεί μέχρι να ελευθερωθεί ένα κανάλι έχουμε χρονική συμφόρηση. Τα παραπάνω φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

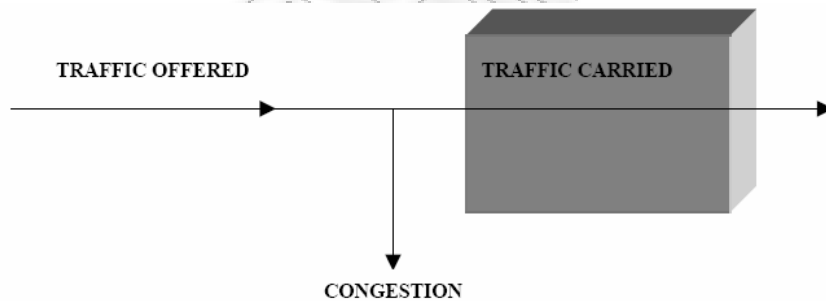


Σχήμα 3-4: Συμφόρηση σε σύστημα τηλεφωνίας

• *Βαθμός εξυπηρέτησης (Grade Of Service)*: Είναι η αποδεκτή πιθανότητα μη εξυπηρέτησης του χρήστη λόγω συμφόρησης.

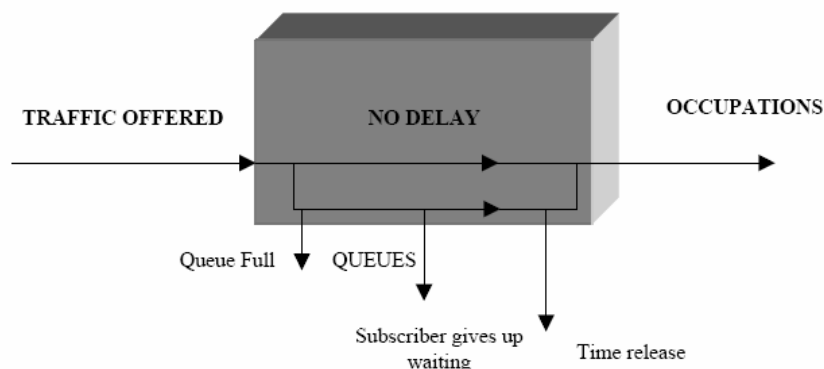
Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα ανάλογα με τη συμπεριφορά τους σε καταστάσεις συμφόρησης διακρίνονται στα απωλεστικά συστήματα (Loss systems) και στα συστήματα καθυστέρησης (Delay systems).

- *Απωλεστικά συστήματα (Loss systems)*: Στα συστήματα αυτά κάθε κλήση που δε μπορεί να εξυπηρετηθεί, απορρίπτεται άμεσα. Ο συνδρομητής πρέπει να κάνει νέα προσπάθεια για σύνδεση με το σύστημα (Σχήμα 3).



Σχήμα 3-5: Απωλεστικά Συστήματα

- *Συστήματα καθυστέρησης (Delay Systems)*: Στα συστήματα αυτά (βλ. παρακάτω σχήμα), οι κλήσεις που δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν άμεσα μπαίνουν σε ουρά. Σε τέτοια συστήματα υπάρχει η έννοια του χρόνου αναμονής δηλαδή, η διαφορά του χρόνου εξυπηρέτησης της κλήσης από τον χρόνο άφιξης της κλήσης.



Σχήμα 3-6: Συστήματα Καθυστέρησης

Χαμένες κλήσεις σε τέτοια συστήματα είναι οι κλήσεις που δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν για έναν από τους ακόλουθους λόγους:

- Όλες οι θέσεις στην ουρά είναι κατειλημμένες.
- Απόσυρση από την ουρά λόγω υπέρβασης του χρόνου αναμονής που έχει θεσπίσει το σύστημα
- Τερματισμός της αναμονής από πλευράς συνδρομητή.

### 3.6 Διαχείριση και κατανομή εύρους ζώνης

Με τον όρο διαχείριση και κατανομή εύρους ζώνης (bandwidth management & allocation) (Davies, 1999) εννοούμε την επιλεκτική δέσμευση δικτυακών πόρων προκειμένου να ικανοποιήσουμε τις αντίστοιχες απαιτήσεις των εφαρμογών (ταυτόχρονα) με τελικό στόχο την εξασφάλιση της ποιότητας που απαιτείται κάθε φορά (QoS). Η επιλεκτική δέσμευση έχει να κάνει με τις παρακάτω οντότητες:

- επιλογή χρηστών που έχουν πρόσβαση να χρησιμοποιήσουν τους δικτυακούς πόρους,
- ανίχνευση των προτεραιοτήτων των εφαρμογών και κατηγοριοποίηση τους για τη χρήση κατάλληλου μερίσματος από τους δικτυακούς πόρους,
- δέσμευση πόρων που να εκπληρούν τις ανάγκες των διάφορων δικτυακών εφαρμογών σε ένα αποδεκτό πλαίσιο όρων (όσο το δυνατόν κοντύτερα στους όρους δέσμευσης που αρχικά απαιτήθηκαν),
- κατά προτίμηση δυνατότητα δυναμικής δέσμευσης δικτυακών πόρων (στις περιπτώσεις που είναι αναγκαίο).

Ο έλεγχος της ποικίλης κυκλοφορίας στις υπερφορτωμένες γραμμές επικοινωνίας (σε Internet/Intranet) είναι αποφασιστικής σημασίας από την άποψη της απόδοσης σημαντικών εφαρμογών, για όλη τη γκάμα των χρηστών που χρησιμοποιούν ένα δίκτυο. Στις ημέρες μας είναι διαθέσιμες διάφορες λύσεις για διαχείριση του εύρους ζώνης που ισχυρίζονται ότι μπορούν να λύσουν το πρόβλημα της συμφόρησης. Παρόλα αυτά, όλα τα μέχρι στιγμής προϊόντα δεν είναι σε θέση να παρέχουν το

---

απαραίτητο επίπεδο λειτουργιών προκειμένου να ελέγχουν το εύρος ζώνης πραγματικής κυκλοφορίας.

Παρακάτω, φαίνεται το τι θέλουμε να πετύχουμε με τη διαχείριση του εύρους ζώνης στα σύγχρονα δίκτυα υπολογιστών:

- Έλεγχος του εύρους ζώνης για ολόκληρες κλάσεις δικτύων και όχι μόνο για μεμονωμένες περιπτώσεις συνδέσεων
- Αποφυγή της έλλειψης εύρους ζώνης εξαιτίας προτεραιοτήτων με βάρη, έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε ότι όλες οι ενεργές συνδέσεις έχουν κάποιο μερίδιο του εύρους ζώνης
- Έλεγχος του εύρους ζώνης σε όλες τις συνθήκες κυκλοφορίας και όχι αντιμετώπιση του προβλήματος σε σενάρια χειρότερης περίπτωσης
- Ολοκλήρωση με ένα firewall για την υποστήριξη κρυπτογράφησης (encryption) και network address translation (NAT)

*Υπάρχουν 5 τεχνικές για την υποστήριξη της λειτουργίας κατανομής του εύρους ζώνης στα δίκτυα υπολογιστών και κατεπέκταση της ποικιλίας των υπηρεσιών (differentiated services):*

#### ✦ Υπερ-παροχή δικτυακού εύρους ζώνης

Συνήθως, η υπερ-παροχή δικτυακού εύρους ζώνης, μας βοηθάει το δίκτυο στον καλό χειρισμό μεγάλου όγκου κυκλοφορίας (αν και δεν εξυπακούεται κάτι τέτοιο). Σε ένα τοπικό δίκτυο, το επιπλέον εύρος ζώνης μειώνει τις πιθανότητες για συμφόρηση, προσφέροντας ευρύτερους διαύλους (pipes) για μεταφορά δεδομένων. Δυστυχώς, η λύση της υπερ-παροχής σε ένα WAN περιβάλλον, κανονικά είναι απαγορευμένη.

#### ✦ Συντήρηση του εύρους ζώνης

Η τεχνική της διατήρησης του εύρους ζώνης δεν έχει αυτή καθαυτή την κατεύθυνση της παροχής μιας μεγάλης γκάμας υπηρεσιών, αλλά μειώνει το συνολικό όγκο της κυκλοφορίας, επιτρέποντας έτσι στο δίκτυο να τρέχει πιο αποδοτικά. Οι πιο δημοφιλείς τεχνικές συντήρησης εύρους ζώνης συμπεριλαμβάνουν τη λειτουργία του IP multicast, τη συμπίεση δεδομένων και το εύρος-ζώνης-κατ'απαίτηση.

#### ✦ Κυκλοφορία με προτεραιότητες

Για την παροχή ποικίλων υπηρεσιών, η τεχνική αυτή μαρκάρει το κάθε πακέτο (packet)/κελύφος (cell) με μία ένδειξη ενός συγκεκριμένου επιπέδου προτεραιότητας που χρησιμοποιείται από τη δικτυακή συσκευή, όταν η κυκλοφορία προωθείται σε μία εξωτερική (κάθε φορά) γραμμή. Αυτή η λύση βασίζεται στην παρατήρηση ότι κάποια συγκεκριμένη πληροφορία είναι πιο σημαντική από άλλες και ότι μία απόφαση (βασισμένη στην πληροφορία που δίνεται με το παραπάνω μαρκάρισμα) που ασχολείται με το αν θα προωθήσει ή θα αποθηκεύσει προσωρινά (buffering) κάποια δεδομένα, είναι μεγαλύτερης σημασίας από μία απόφαση που παίρνεται τυχαία.



### ✦ Στατική κατακράτηση (δικτυακών) πόρων

Με αυτήν την τεχνική, ο διαχειριστής του δικτύου δεσμεύει ένα εκ των προτέρων γνωστό ποσοστό από το εύρος ζώνης της γραμμής για συγκεκριμένο τύπο κυκλοφορίας. Ιστορικά, αυτή η λύση έχει να κάνει με τα interfaces σε LANs και WANs και εφαρμόζεται σε πρωτόκολλα ευαίσθητα στην καθυστέρηση (delay-sensitive protocols, όπως είναι το SNA), τα οποία παρουσιάζουν έντονα το φαινόμενο του timeout πάνω από συμφωρημένες γραμμές σε WAN δίκτυα.

### ✦ Δυναμική κατακράτηση (δικτυακών) πόρων

Αυτή η προσέγγιση απαιτεί την υλοποίηση ενός πρωτοκόλλου σηματοδότησης (signalling protocol), όπως είναι το Resource ReSerVation Protocol (RSVP), το οποίο επιτρέπει σε μία εφαρμογή να δεσμεύει ένα καλά καθορισμένο ποσό εύρους ζώνης και καθορίζει τις απαιτήσεις απόδοσης για μία συγκεκριμένη ροή κυκλοφορίας. Σήμερα, οι πρώτες τέσσερις από αυτές τις τεχνικές είναι διαθέσιμες προς ανάπτυξη και μπορούν να ολοκληρωθούν με μια ποικιλία συνδυασμών, έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ενός συγκεκριμένου δικτύου. Η τεχνική της δυναμικής κατακράτησης εφαρμόζεται από το 1998 και κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Κάθε λύση ή συνδυασμός λύσεων πρέπει να έχουν την ισχύ να υποστηρίζουν διαφορετικές απαιτήσεις εξυπηρέτησης για κάθε κρίσιμη εφαρμογή, να ελαχιστοποιούν το διαχειρίσιμο κόστος και το διαχειρίσιμο χρόνο, να αποφέρουν άμεσες ωφέλειες και να παρέχουν σταδιακές αλλαγές, εξαλείφοντας παράλληλα την ανάγκη για απότομες και δραματικές αναβαθμίσεις.

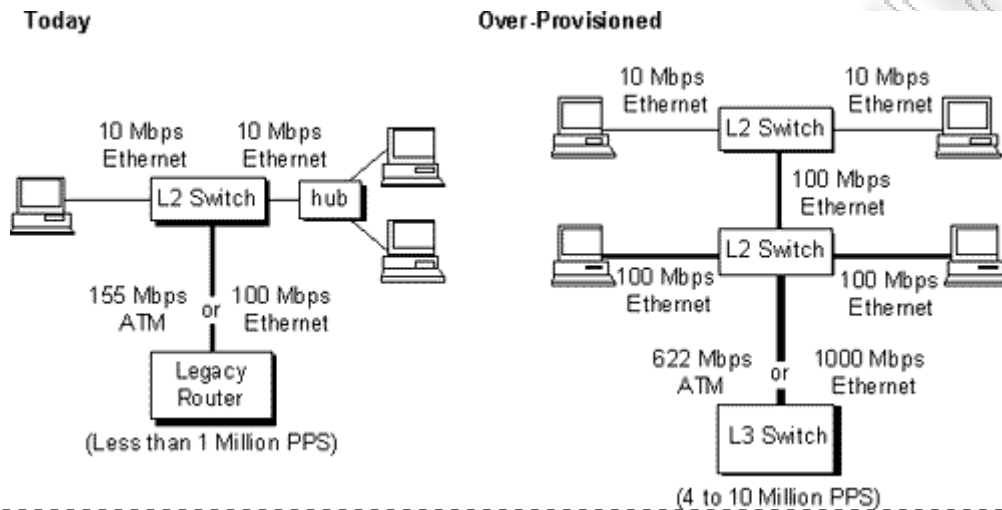
Παρακάτω γίνεται μια λεπτομερειακή παρουσίαση των πέντε παραπάνω τεχνικών. Δίνονται, επίσης, οι λύσεις που είναι διαθέσιμες σήμερα ή στο εγγύς μέλλον. Επίσης, παρέχονται πρακτικές υποδείξεις για την αντιμετώπιση βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων προκλήσεων που έχουν να κάνουν με την ανάπτυξη δικτύων για την υποστήριξη ποικιλόμορφης εξυπηρέτησης.

#### - Τεχνική 1η: Υπερ-παροχή δικτυακού εύρος ζώνης

Αυτή η τεχνική προσπαθεί να λύσει τα προβλήματα απόδοσης των εφαρμογών παρέχοντας υπεραφθονία από εύρος ζώνης. Το επιπλέον εύρος ζώνης μειώνει τη συμφόρηση παρέχοντας έναν πιο ευρύ διάυλο για τη μεταφορά αυξανόμενου αριθμού από bits/sec. Για παράδειγμα, ένα τυπικό Ethernet interface επιτρέπει τη μετάδοση 10 Mbps, ένα FastEthernet interface υποστηρίζει τη μετάδοση 100 Mbps και τέλος, ένα Gigabit Ethernet interface μπορεί να μεταδώσει μέχρι 1000 Mbps (το ATM, φυσικά, παρέχει εξαιρετική απόδοση, με τα OC-12 interfaces, υποστηρίζοντας 622 Mbps). Πηγαίνοντας στις αποκλειστικά (dedicated) 10/100 switch θύρες και εισαγάγοντας interfaces υψηλότερου εύρους ζώνης σε ένα τοπικό δίκτυο, αυτό που πετυχαίνουμε είναι να εξαλείφουμε τις ουρές με γρήγορους ρυθμούς. Μειώνουμε έτσι την καθυστέρηση και τον ρυθμό απόρριψης πακέτων/κελυφών, που οφειλόταν στην υπερχρέωση των ουρών στις ενεργές δικτυακές συσκευές.

Στη εποχή μας, η υπερπαροχή εύρους ζώνης σε ένα WAN δεν είναι στην ουσία μία βιώσιμη και εφαρμόσιμη λύση, εξαιτίας του μεγάλου κόστους των μισθωμένων γραμμών και του παροχέα υπηρεσιών. Εξαιτίας της τεράστιας ασυμφωνίας σε εύρος ζώνης (τυπικά 200 προς 1) στα όρια μεταξύ LAN και WAN, απαιτείται η διαχείριση ή και ο έλεγχος ακόμα για κάποια είδη κυκλοφορίας για την υποστήριξη ποικίλων

υπηρεσιών (κυκλοφορία με προτεραιότητες ή κατακράτηση πόρων). Στο περιβάλλον ενός LAN, το εύρος ζώνης που παρέχεται με την τεχνική της υπερ-παροχής μας δίνει διάφορα οφέλη σε όλη την έκταση του δικτύου. (edge & core). Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει το κομμάτι ενός δικτύου πριν και μετά την εφαρμογή της τεχνικής της υπερ-παροχής.



Σχήμα 3-7: Υπερ-παροχή εύρους ζώνης στις άκρες και στο κέντρο ενός τοπικού δικτύου

Οι τιμές των Switched Ethernet και Fast Ethernet έχουν πέσει σε τέτοιο βαθμό που μάλλον θα πρέπει οι διαχειριστές των δικτύων να σκεφτούν σοβαρά τη λύση της υπερ-παροχής για τις καθημερινές συνδέσεις. Η “ελάχιστη απαίτηση” είναι η χρήση Switched Ethernet σε καθημερινή βάση, εξασφαλίζοντας αποκλειστικά 10 Mbps για κάθε τερματικό σύστημα (end system). Αυτό εξασφαλίζει άριστη απόδοση και χαμηλή επιβάρυνση για το διαχειριστή στην άκρη του δικτύου. Η τεχνική της υπερ-παροχής παρέχει περιβάλλοντα εργασίας με περισσότερο από αρκετό εύρος ζώνης για την υποστήριξη κρίσιμων εφαρμογών μελλοντικής γενιάς για πολλά από τα επόμενα χρόνια.

Για την υποστήριξη μεγαλύτερων ταχυτήτων στον τελικό χρήστη απαιτείται μεγάλη ταχύτητα από την πλευρά του δικτύου κορμού (backbone). Έτσι, στις άκρες του δικτύου τοποθετούνται κυρίως Gigabit Ethernet ή OC-12 ATM αγωγοί. Αυτοί οι, μεγάλης χωρητικότητας, αγωγοί δίνουν την ελευθερία στους διαχειριστές του δικτύου να εστιάζουν την προσοχή τους στην κυκλοφοριακή συμφόρηση που συμβαίνει στον πυρήνα του δικτύου. Φυσικά, μία από τις προκλήσεις της υπερ-παροχής στις άκρες του δικτύου είναι ότι εισαγάγει περισσότερη κυκλοφορία στον πυρήνα του τοπικού δικτύου, κάνοντας το τελευταίο ευπρόσβλητο στη συμφόρηση. Εδώ είναι που θα πρέπει να εστιάσουμε και να εφαρμόσουμε τις μεθόδους της κυκλοφορίας με προτεραιότητες και της κατακράτησης πόρων για τη διακίνηση ποικιλόμορφης πληροφορίας.

Οι δρομολογητές που κληρονομήσαμε, σήμερα φαίνονται να είναι ασθενώς εξοπλισμένοι ως προς την υποστήριξη της εκρηκτικής πολυμεσικού τύπου

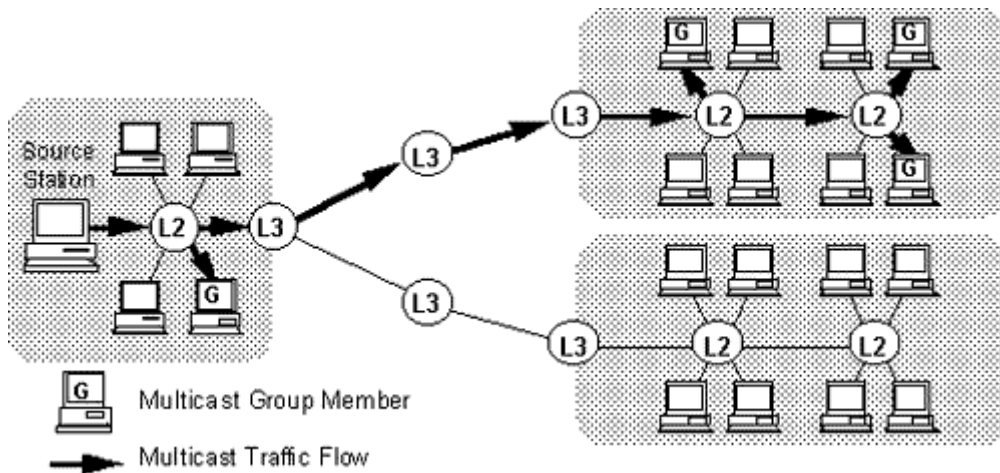
ενδοδικτυακής κυκλοφορίας. Οι δρομολογητές αυτού του είδους, τυπικά μπορούν να μεταφέρουν το ανώτερο μέχρι ένα (1) εκατομμύριο πακέτα το δευτερόλεπτο. Η νέα γενιά των switches (που ανήκουν στο τρίτο επίπεδο του μοντέλου του OSI), υποστηρίζουν τέσσερις (4) με πενήντα (50) φορές την παραπάνω επεξεργασία μόνο με ένα κλάσμα του κόστους, και είναι κρίσιμα στοιχεία των τοπικών δικτύων (LANs), στα οποία χρησιμοποιείται η τεχνική της υπερ-παροχής.

Σε πολλά περιβάλλοντα το να «πετάμε εύρος ζώνης στο πρόβλημα» θα απέδιδε στην κατεύθυνση της επίλυσης των προβλημάτων απόδοσης των πανεπιστημιακών τοπικών δικτύων για τα επόμενα χρόνια. Για την παροχή ενός ικανοποιητικού επιπέδου απόδοσης για τις εφαρμογές, στο δίκτυο θα πρέπει να εφαρμοστεί η μέθοδος της υπερ-παροχής και τελικά να έχουμε ένα πολλαπλάσιο του μέσου όρου του αρχικού εύρους ζώνης. Βέβαια, κάποια στιγμή και οι νέοι μεγάλοι εύρους αγωγοί κάποια στιγμή θα υπερφορτωθούν και αυτοί. Τότε, οι διαχειριστές του δικτύου έχουν δύο επιλογές: είτε να ξαναεφαρμόσουν τη μέθοδο της υπερ-παροχής για το νέο δίκτυο είτε να αναπτύξουν χαρακτηριστικά που διανέμουν υπηρεσίες. Χαρακτηριστικά τέτοια είναι η κυκλοφορία με προτεραιότητες και η κατακράτηση πόρων. Αυτό σημαίνει ότι η διαχείριση θα πρέπει να εφοδιαστεί με αποδεδεγμένης ποιότητας λύσεις, που θα έχουν ενσωματωμένες λειτουργίες για υποστήριξη διαφόρων υπηρεσιών και εφαρμογών.

#### **- Τεχνική 2η: Συντήρηση του εύρους ζώνης**

Σε αντίθεση με ένα εργαλείο κατασκευής και ολοκλήρωσης διαφορετικών τύπων εξυπηρέτησης για συγκεκριμένες εφαρμογές ή συνόδους (sessions) που τρέχουν σε ένα δίκτυο, οι τεχνικές της διατήρησης του εύρους ζώνης βελτιώνουν τη συνολική απόδοση ενός δικτύου εξασφαλίζοντας την πιο αποδοτική χρήση της διαθέσιμης δικτυακής χωρητικότητας (capacity). Οι πιο δημοφιλείς από αυτές τις τεχνικές συμπεριλαμβάνουν το IP multicast, τη συμπίεση δεδομένων και το εύρος-ζώνης-κατ' απαίτηση.

Η τεχνολογία του IP Multicast μειώνει τη συνολική κυκλοφορία σε ένα δίκτυο τύπου LAN και WAN, εξαλείφοντας την προώθηση περιττής διακίνησης πληροφορίας. Αυτή η τεχνική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στο να εμποδίζει την πολυμεσική κυκλοφορία να υπερβαίνει τα όρια του δικτύου. Για παράδειγμα, θεωρείστε 100 χρήστες που συμμετέχουν (μέσω υπολογιστών) σε μία οικονομική συναλλαγή και θέλουν να τροφοδοτηθούν με την ίδια πληροφορία. Το παρακάτω σχήμα δείχνει πώς το IP Multicast θα βελτιώσει τη συνολική απόδοση του δικτύου.



Σχήμα 3-8: IP Multicast δέντρο κατανομής

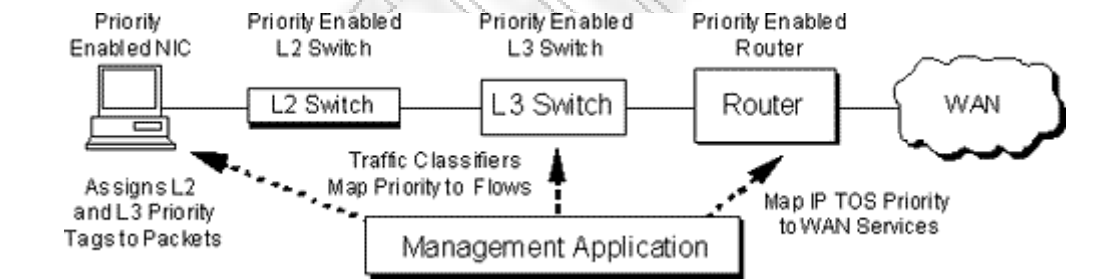
Το IP Multicast μειώνει τη συνολική κίνηση στο δίκτυο κορμού (και συνεπώς και τις πιθανότητες συμφόρησης) με τρεις (3) τρόπους: Αντί να αποστέλλει 100 ξεχωριστά αντίγραφα στους 100 χρήστες που ανήκουν σε μία ομάδα (multicast group), ο κόμβος-πηγή της πληροφορίας μεταβιβάζει στο δίκτυο μόνο ένα πακέτο με πολλούς αποδέκτες (multicast packet), και το οποίο θα αναπαραχθεί στις ενεργές δικτυακές συσκευές (δρομολογητές, switches κτλ) έτσι ώστε να φτάσει σε όλους τους χρήστες-μέλη της ομάδας. Τα πακέτα με πολλούς αποδέκτες ταξιδεύουν μόνο μέσω εκείνων των γραμμών επικοινωνίας που οδηγούν εν τέλει στα μέλη της multicast ομάδας. Τεχνικές 2ου επιπέδου, όπως οι επισκοπήσεις (snoothing) 802.1p/GMRP και IGMP, εξασφαλίζουν ότι ένα πακέτο με πολλούς αποδέκτες θα προωθηθούν μόνο προς εκείνες τις γραμμές που οδηγούν στα μέλη της ομάδας. Η συμπίεση δεδομένων είναι μία ακόμα δημοφιλής τεχνική η οποία μπορεί να βελτιώσει τη συνολική απόδοση ενός δικτύου κερδίζοντας επιπρόσθετο εύρος ζώνης μέσω συμπίεσης, από έναν περιορισμένης χωρητικότητας WAN αγωγό. Όταν ένας οργανισμός πληρώνει εκατομμύρια δραχμές ανά μήνα για χρησιμοποίηση WAN κυκλωμάτων, ένα από τα πρώτα πράγματα που θα πρέπει να ψάξει είναι το πώς θα μπορέσει να “επεκτείνει” το διαθέσιμο αγωγό δεδομένων, έτσι ώστε να κερδίσει κάποιο “δωρεάν” εύρος ζώνης. Κανονικά, η συμπίεση δεδομένων σε δρομολογητές και απομακρυσμένους συγκεντρωτές (concentrators) θα “επέκτεινε” τον αγωγό δεδομένων κατά ένα παράγοντα μεταξύ 2 και 4.

Τέλος, το εύρος-ζώνης-κατ’ απαίτηση (bandwidth-on-demand, BOD) είναι μία δημοφιλής WAN τεχνική που μπορεί να παρέχει επιπρόσθετο εύρος ζώνης, με αποδοτικό οικονομικά τρόπο. Η τεχνική του BOD καλεί επιπλέον αναλογικές/ψηφιακές τηλεφωνικές γραμμές ή ιδεατά κυκλώματα μεταγωγής (switched virtual circuits) ούτως ώστε να παρέχει συμπληρωματικό εύρος ζώνης όταν το πρωταρχικό (primary) WAN interface ανιχνεύσει κατάσταση συμφόρησης, και μετά διακόπτει την κλήση, όταν δηλαδή δεν απαιτείται το επιπρόσθετο εύρος ζώνης. Όπως φαίνεται και από την περιγραφή που δόθηκε, η τεχνική αυτή προάγει τη διατήρηση του εύρους ζώνης, μιας και το συμπληρωματικό εύρος ζώνης παρέχεται προσωρινά, μόνο στην περίπτωση που κάτι τέτοιο κριθεί κρίσιμης σημασίας για την απόδοση του δικτύου.

### - Τεχνική 3η: Κυκλοφορία με προτεραιότητες

Η τεχνική της Κυκλοφορίας με Προτεραιότητες είναι ένα αποδοτικό και όμως τόσο απλό εργαλείο για την παροχή διαφόρων προσφερόμενων υπηρεσιών. Βασίζεται στην ιδέα ότι η κυκλοφορία που δημιουργήθηκε από συγκεκριμένες ομάδες εφαρμογών ή χρηστών είναι πιο σημαντική από την κυκλοφορία άλλων εφαρμογών ή χρηστών. Η κυκλοφορία που προέρχεται από κρίσιμες εφαρμογές (πχ ενός οργανισμού) ή συγκεκριμένους χρήστες εκχωρείται σε υψηλότερης προτεραιότητας ουρές που παρουσιάζουν προβάδισμα από χαμηλότερης προτεραιότητας ουρές. Με αυτόν τον τρόπο, η κυκλοφορία υψηλότερης προτεραιότητας παρουσιάζει μικρότερη καθυστέρηση και καλύτερη απόδοση. Η σήμανση της παραγόμενης κυκλοφορίας με προτεραιότητες είναι γνωστή και ως Κλάση Εξυπηρέτησης (Class of Service, CoS).

Η σήμανση κυκλοφορίας καθορίζει ένα διαχειρίσιμο αριθμό από προδιαγραφές κυκλοφορίας (οκτώ είδη είναι ο τυπικός αριθμός). Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις προσεγγίσεις για να δώσουμε προτεραιότητες στην κυκλοφορία: (1) τα switches και οι δρομολογητές υλοποιούν έναν ταξινομητή πακέτων που αναγνωρίζει την εισερχόμενη κυκλοφορία και τις δίνει προτεραιότητες (και σε μερικές περιπτώσεις εφαρμόζει την κατάλληλη προτεραιότητα για το μαρκάρισμα των εξερχόμενων πακέτων) ή (2) τα πακέτα έρχονται κατευθείαν με προτεραιότητες στα switches και τους δρομολογητές, τα οποία στη συνέχεια ταξινομούν τα πακέτα στην εξωτερική ουρά. Αφού ένα πακέτο έχει μαρκαριστεί με την τιμή της προτεραιότητάς του, τα υπόλοιπα switches και δρομολογητές κατά μήκος του μονοπατιού μετάδοσης του πακέτου χρησιμοποιούν την ετικέτα προτεραιότητας (tag) για να αναγνωρίσουν ποια από την εισερχόμενη κυκλοφορία πρέπει να τύχει προνομιακής μεταχείρισης.

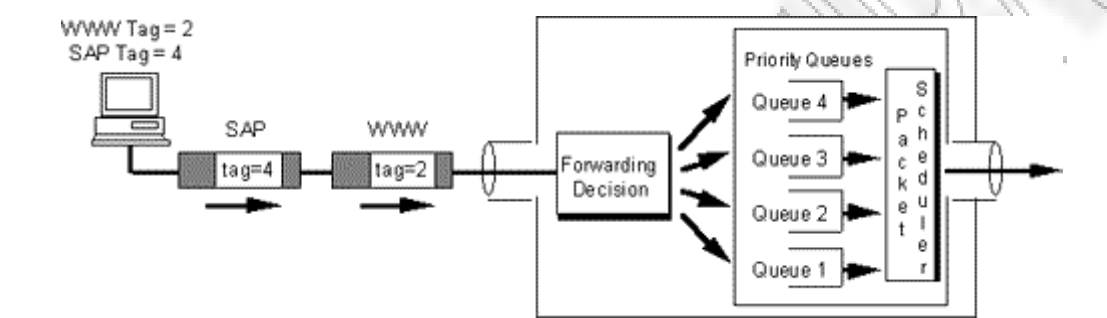


Σχήμα 3-9: Η Κυκλοφορία με Προτεραιότητες απαιτεί κεντρικό έλεγχο

Για να απλοποιήσουμε τη δουλειά του διαχειριστή (και να εμποδίσουμε τους απλούς χρήστες από το να θέτουν τις δικές τους προτεραιότητες), κάθε εργασία καταχώρησης προτεραιοτήτων στην κυκλοφορία του δικτύου θα πρέπει να ελέγχεται από ένα κεντρικό (κομβικό) σημείο, όπου οι προτεραιότητες θα καθορίζονται για ολόκληρο το δίκτυο (βλ. το παραπάνω σχήμα). Ο διαχειριστής του δικτύου θα πρέπει να μπορεί να προκαθορίζει την πολιτική προτεραιοτήτων με κριτήρια την εφαρμογή, το πρωτόκολλο, το χρήστη καθώς επίσης, και από τις συγκεκριμένες συνθήκες που επικρατούν κάθε φορά (όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια μιας ημέρας).

Παρά το ότι επί του παρόντος δεν απαιτείται για τη μεγάλη πλειοψηφία των δικτύων των διαφόρων φορέων, η σήμανση της κυκλοφορίας με προτεραιότητες θα πρέπει να θεωρηθεί σαν μία σειρά από βήματα (μαζί με την υπερ-παροχή και τη

συντήρηση του εύρους ζώνης), γεγονός το οποίο θα πρέπει να λάβουν σοβαρά υπόψη τους οι διαχειριστές των δικτύων για να τεκμηριώσουν μελλοντικά τη δομή του δικτύου τους και να προεξοφλήσουν την καλύτερη δυνατή επίδοση (απόδοση) του. Το μαρκάρισμα της κυκλοφορίας με προτεραιότητες επιτρέπει στους σχεδιαστές του δικτύου να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον που να γνωρίζει για τις διαφορετικές μελλοντικές (παρεχόμενες) υπηρεσίες και ευέλικτο ως προς τις μελλοντικές προκλήσεις που θα επηρεάσουν την επίδοσή του. Για πολλά δίκτυα, η υπερ-παροχή ζευγαρωμένη με τις τεχνικές της απλής κυκλοφορίας με προτεραιότητες και της συντήρησης του εύρους ζώνης θα είναι υπεραρκετά για την ικανοποίηση των απαιτήσεων σε επιδόσεις για τα χρόνια που θα ακολουθήσουν.



Σχήμα 3-10: Κυκλοφορία με Προτεραιότητες σε έναν δικτυακό κόμβο

Για να εφαρμόσουμε την τεχνική της κυκλοφορίας με προτεραιότητες, ένας IT (Information Technology) οργανισμός θα πρέπει να παρέχει όλα ή μερικά από τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται παρακάτω και απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα.

- ✦ Σταθμοί εργασίας και εξυπηρετητές: Έχοντας τους τελικούς χρήστες να θέτουν προτεραιότητες στην κυκλοφορία, συντηρείται η επεξεργαστική ισχύς των κεντρικών δρομολογητών (πυρήνα) και των switches 3ου επιπέδου. Για να γίνει αυτό, οι σταθμοί εργασίας και οι εξυπηρετητές θα πρέπει: (1) να μπορούν να λαμβάνουν και να αποθηκεύουν τοπικά τις πολιτικές των ομάδων προτεραιοτήτων, (2) να είναι αρκετά έξυπνοι για να αναγνωρίζουν τις εφαρμογές (πχ, βασισμένοι στην πληροφορία που απορρέει από τα ports που χρησιμοποιούνται στα TCP και UDP), με σκοπό τους ανατίθενται προτεραιότητες και (3) να μπορούν να βάζουν ετικέτες (labels) στα πακέτα που να φέρουν την αντίστοιχη προτεραιότητα
- ✦ Κεντρικά (core) Switches 3ου επιπέδου και δρομολογητές: Κάθε switch 3ου επιπέδου και δρομολογητής θα πρέπει να υποστηρίζουν διάφορα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να θέτουν αποτελεσματικά τις προτεραιότητες:
  - Την ικανότητα να διαβάζουν την τιμή της προτεραιότητας κάθε εισερχόμενου πακέτου. Μία μέθοδος είναι να τοποθετηθούν οι ετικέτες προτεραιότητας πάνω στο πακέτο από το σταθμό εργασίας, έτσι ώστε οι ετικέτες αυτές να διοχετεύονται στο δίκτυο και τα switches (δρομολογητές) να μπορούν να διαβάσουν τα bits που αναφέρονται στην προτεραιότητα.
  - Τη δυνατότητα να ταξινομούν πακέτα χωρίς ετικέτα προτεραιότητας, κατά τη διαβίβαση (wire speed), μέσω ενός ταξινομητή πακέτων που εξετάζει τα διάφορα

πεδία στην κεφαλή (header) του πακέτου και, εν τέλει, να θέτουν την ετικέτα προτεραιότητας.

- Την ικανότητα να ταξινομούν τα πακέτα σε πολλαπλές ουρές προτεραιότητας για κάθε θύρα (port) εξόδου. Αφού το πακέτο έχει ταξινομηθεί και έχει καθοριστεί η θύρα εξόδου από τη διεργασία προώθησης, το πακέτο τοποθετείται στην αντίστοιχη ουρά προτεραιότητας
  - Ένας Χρονοπρογραμματιστής Πακέτων (Packet Scheduler) που κρίνει ποια πακέτα απορρίφθηκαν σε περιόδους σφοδρής συμφόρησης και φροντίζει τα πακέτα που βρίσκονται σε ουρές χαμηλής προτεραιότητας να περιμένουν ατέρμονα
- ✦ Switches 2ου επιπέδου: Εάν στα switches των ομάδων εργασίας (workgroup switches) έχει εφαρμοστεί επαρκώς η μέθοδος της υπερ-παροχής εύρους ζώνης, ίσως να μην είναι ανάγκη για υποστήριξη κυκλοφορίας με προτεραιότητες. Σε διαφορετική περίπτωση, τα switches αυτά θα πρέπει να αναγνωρίζουν τις ετικέτες προτεραιότητας και να υποστηρίζουν πολλαπλές ουρές (τα switches 2ου επιπέδου, γενικά, δεν ταξινομούν πακέτα μιας και αυτό συνήθως θεωρείται λειτουργία του 3ου/4ου επιπέδου).
- ✦ Εξυπηρετητής-πολιτικής και διαχειριστής-πολιτικής (Policy server and policy manager): Αρχικά, τα τυπικά εργαλεία διαχείρισης θα θέσουν τις πολιτικές προτεραιοτήτων με βάση τις συσκευές (per-device basis). Προς το τέλος του 1998, ο διαχειριστής κάποιου δικτύου είχε τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί ένα πρόγραμμα διαχείρισης πολιτικής με βάση το σκοπό (purpose-built) για να εφαρμόζει σφαιρικές πολιτικές προτεραιοτήτων, οι οποίες με τη σειρά τους αποθηκεύονται σε έναν εξυπηρετητή-πολιτικής. Ο εξυπηρετητής-πολιτικής θα διανείμει αυτόματα αυτές τις πολιτικές προτεραιοτήτων στους σταθμούς εργασίας, τους εξυπηρετητές (servers), τα switches, τους δρομολογητές και τις συσκευές προσπέλασης (access devices). Τελικά, οι υπηρεσίες καταλόγου θα διασυνδεθούν, έτσι ώστε μία απλή βάση δεδομένων ενός συνηθισμένου χρήστη θα δεσμεύεται από την προσωπική προσπέλαση και το πρότυπο ασφαλείας. Ο βασικός σκοπός είναι η παροχή ενός συγκεντρωτικού ελέγχου, ούτως ώστε η πολιτική προτεραιοτήτων να εφαρμόζεται σε όλο το εύρος του δικτύου.

Τυπικά, τα switches και οι δρομολογητές που είναι τοποθετημένοι στα διάφορα μέρη του δικτύου θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με διαφορετικό αριθμό από ουρές προτεραιοτήτων. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι οι ουρές απαιτούν μνήμη η οποία επιβαρύνει το κόστος των προϊόντων. Συνεπώς, υπάρχει μία εξισορρόπηση (trade-off) μεταξύ του αριθμού των ουρών προτεραιοτήτων και του κόστους της δικτυακής συσκευής. Τις περισσότερες φορές, οι απομακρυσμένες από το κέντρο του δικτύου συσκευές δεν έχουν περισσότερες από δύο ουρές προτεραιοτήτων (για τη μετάδοση της κυκλοφορίας σε δύο βαθμίδες: υψηλής και χαμηλής προτεραιότητας), ενώ αυτές στο κέντρο (core) του δικτύου συνήθως έχουν τέσσερις και πέντε ουρές, για την μεταφορά κυκλοφορίας πολλαπλών προτεραιοτήτων.

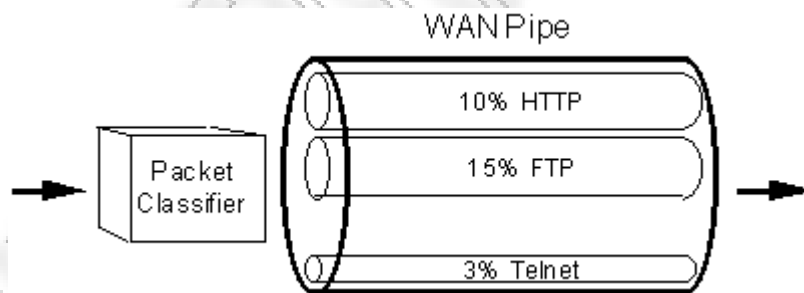
Η κυκλοφορία με προτεραιότητες είναι μία απλή και όμως τόσο αποτελεσματική τεχνική για την υποστήριξη διαφορετικών υπηρεσιών. Στις ημέρες μας, τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας με προτεραιότητες υπάρχουν και για την επίλυση των υπαρχόντων προβλημάτων, αλλά και για την αντιμετώπιση μελλοντικών ζητημάτων και προκλήσεων.

#### - Τεχνική 4η: Στατική κατακράτηση (δικτυακών) πόρων

Μία άλλη τεχνική για διανομή διαφορετικών επιπέδων εξυπηρέτησης είναι αυτήν κατά την οποία κατακρατάται χωρητικότητα του δικτύου σε μία στατική (μόνιμη μέχρι να αλλάξει χειρωνακτικά) βάση. Με τη στατική κατακράτηση δικτυακών πόρων, η χωρητικότητα που δεσμεύεται για έναν συγκεκριμένο τύπο κυκλοφορίας (πχ, SNA) θα πρέπει να είναι τόσο μεγάλη όσο χρειάζεται για να καλυφθούν οι ανάγκες όλης της κυκλοφορίας που ανήκει σε αυτόν τον τύπο ή για να ανταπεξέλθει σε περιπτώσεις περιοδικής κυκλοφοριακής συμφόρησης (η οποία ενδεχομένως εμπλέκει καθυστέρησης άνω του ορίου και απόρριψη πακέτων). Η στατική κατακράτηση πόρων μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε LAN όσο και σε WAN περιβάλλοντα για να παρέχει υποστήριξη υποσχόμενων υπηρεσιών κάποιου επιπέδου.

#### - Στατική Κατακράτηση Πόρων σε WAN περιβάλλοντα

Σε ένα WAN περιβάλλον, κρίσιμες εφαρμογές ευαίσθητες ως προς την άποψη της καθυστέρησης ίσως απαιτούν ένα εγγυημένο ποσοστό του εύρους ζώνης του WAN δικτύου για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία τους. Διαμορφώνοντας μία «δέσμευση μέσω πρωτοκόλλου», ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να εγγυηθεί ότι ένα μερίδιο πάνω στο WAN interface είναι δεσμευμένο για ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο, εφαρμογή ή χρήστη (βλ. το παρακάτω σχήμα). Εάν το ποσό αυτής της κυκλοφορίας είναι σχετικά μικρό σε σχέση με το ποσοστό που έχει δεσμευτεί, κάποια άλλη κυκλοφορία (εφαρμογή) μπορεί να χρησιμοποιήσει το υπολοιπούμενο εύρος ζώνης.



Σχήμα 3-11: Στατική δέσμευση πόρων

#### - Στατική Κατακράτηση Πόρων σε LAN περιβάλλοντα

Σε κάποιο τοπικό δίκτυο, υπάρχει η δυνατότητα για στατική παρακράτηση πόρων, επιτρέποντας δέσμευση εύρους ζώνης (που καθορίζεται σε bytes ανά δευτερόλεπτο) για κάποια συγκεκριμένη τύπου κυκλοφορία (όσον αφορά την εφαρμογή, το χρήστη, το πρωτόκολλο κτλ). Εάν το ποσό αυτής της κυκλοφορίας είναι σχετικά μικρό σε σχέση με το ποσοστό που έχει δεσμευτεί, κάποια άλλη κυκλοφορία (εφαρμογή) μπορεί να χρησιμοποιήσει το υπολοιπούμενο εύρος ζώνης. Επίσης, θα πρέπει να αναφέρουμε και την περίπτωση που έχουμε έλεγχο του τύπου rate-limiting. Το rate-limiting επιτρέπει ένα μέγιστο ποσοστό του εύρους ζώνης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάποιο συγκεκριμένο είδος κυκλοφορίας. Κάποια δικτυακή



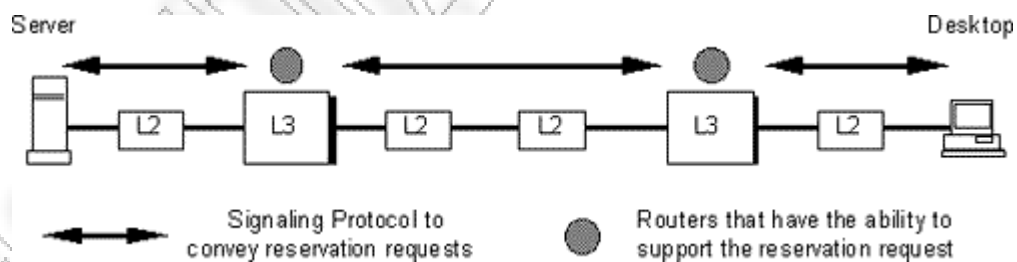
συσκευή μπορεί να καθυστερήσει ή ακόμα και να απορρίψει την διακινούμενη πληροφορία αν δεν πληρεί τους παραπάνω προ-συμφωνημένους όρους.

### - Τεχνική 5η: Δυναμική κατακράτηση (δικτυακών) πόρων

Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο, οι πόροι του δικτύου διαμοιράζονται δυναμικά ανάμεσα στις δικτυακές εφαρμογές έτσι ώστε να ικανοποιηθούν τα response times και τα επίπεδα εξυπηρέτησης (service levels ή Quality of Services) για την κάθε εφαρμογή. Οι εφαρμογές δίνουν στο bandwidth management πρωτόκολλο διάφορες παραμέτρους, ώστε να περιγράψουν τις απαιτήσεις τους. Τέτοιες είναι: μέγιστος ρυθμός μετάδοσης, μέγιστο jitter, μέσος ρυθμός μετάδοσης, μέγιστη από άκρη σε άκρη καθυστέρηση. Ένα πρωτόκολλο που υλοποιεί αυτή την τεχνική είναι το *Resource ReserVation (RSVP)*. Το RSVP είναι το πιο περίπλοκο από όλες τις άλλες QoS τεχνολογίες για τις εφαρμογές (hosts) και για τα συσκευές δικτύου (routers και switches). Παρακάτω θα εξηγήσουμε αυτό το πρωτόκολλο.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για δυναμική δέσμευση πόρων σε ένα δίκτυο. Αυτά είναι:

- Εφαρμογές που πληροφορούν το desktop ή τον server τι χρειάζονται π.χ. 300kbps μέσος ρυθμός μετάδοσης, 600kbps μέγιστος ρυθμός μετάδοσης.
- Desktop και servers ικανά να καταλαβαίνουν τις απαιτήσεις των εφαρμογών π.χ. διαμέσου του Winsock 2.0.
- Πρωτόκολλο σήμανσης (*signaling protocol*), όπως το RSVP, που να το χρησιμοποιεί το desktop έτσι ώστε να μπορεί να ζητάει πόρους από το δίκτυο για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της εφαρμογής.
- Routers και switches τα οποία μπορούν να καταλαβαίνουν τις απαιτήσεις από το RSVP πρωτόκολλο και συνεπώς να εκτελούν traffic-shaping εφαρμογές έτσι ώστε να ικανοποιούνται τα QoS.

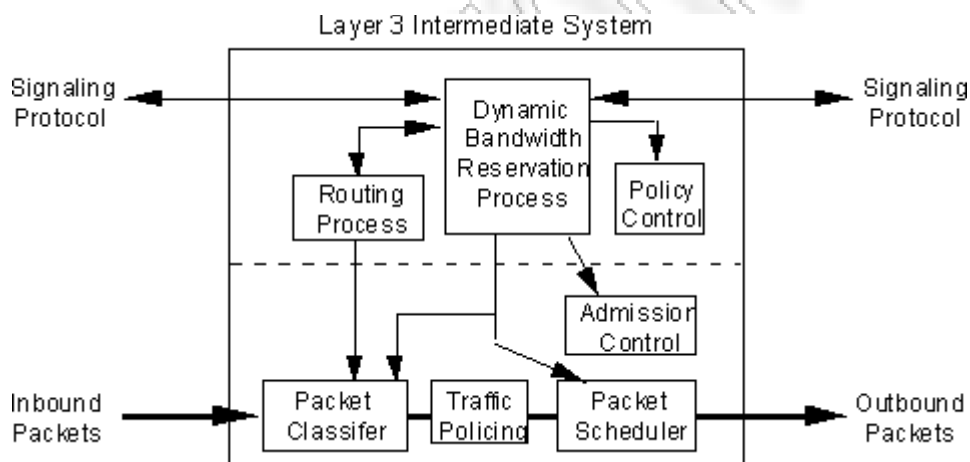


Σχήμα 3-12: Απαιτήσεις για δυναμική κράτηση πόρων στους κόμβους τους δικτύου

Για να υλοποιηθεί η δυναμική δέσμευση εύρους ζώνης, εκτός από το RSVP πρωτόκολλο πρέπει να προστεθεί λογισμικό στους κόμβους του δικτύου (routers και switches). Τα επιπλέον χαρακτηριστικά που πρέπει να προστεθούν φαίνονται στο παρακάτω σχήμα και είναι:

- *Policy control* στους routers το οποίο θα προσδιορίζει εάν η εφαρμογή που ζητά πόρους έχει δικαιώματα διαχειριστή για να κάνει δυναμική δέσμευση εύρους ζώνης. Αυτή η πολιτική πρέπει να ελέγχεται και από το desktop από όπου οι απαιτήσεις για πόρους προέρχονται.

- *Admission control* το οποίο προσδιορίζει εάν στους routers υπάρχει διαθέσιμο εύρος ζώνης για να ικανοποιηθεί η απαίτηση για κράτηση εύρους ζώνης. Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο εύρος ζώνης τότε το Admission Control θα απορρίψει την αίτηση για κράτηση.
- Το δίκτυο πρέπει να μπορεί να παίρνει αποφάσεις για το τι θα κάνει άμα δεν μπορεί να ικανοποιήσει μια αίτηση π.χ. Να προσπαθεί να ικανοποιεί χαμηλότερο service level; Να προσπαθεί να εκτελεί την εφαρμογή με best-effort flow; Να ρωτάει τον χρήστη εάν δέχεται χειρότερο επίπεδο εξυπηρέτησης;
- *Packet Classifier* που είναι υπεύθυνο να εξετάζει κάθε εισερχόμενο πακέτο και να διαβάζει τις παραμέτρους απόδοσης που απαιτεί.
- *Traffic Policing* που ελέγχει εάν η ροή δεδομένων υπακούει στο συμβόλαιο που είχε κάνει αρχικά σχετικά με το εύρος ζώνης που απαιτεί.
- *Packet Scheduler* που δρομολογεί τα πακέτα σε ένα link εξόδου με κύριο κριτήριο να ικανοποιείται η ποιότητα εξυπηρέτησης.



Σχήμα 3-13: Δυναμική κράτηση πόρων σε ένα δικτυακό κόμβο

Το πρωτόκολλο RSVP είναι καλά ορισμένο έτσι ώστε να υπάρχει συμβατότητα μεταξύ των διαφόρων κατασκευαστών που το υλοποιούν, αλλά όμως δεν αναφέρει πώς ακριβώς θα υλοποιηθούν οι παραπάνω λειτουργίες. Συνεπώς ο κατασκευαστής είναι ελεύθερος να τις υλοποιήσει με οποιοδήποτε τρόπο θέλει.

### 3.7 Συμπεράσματα

Στη συνέχεια αναφέρουμε συγκεντρωτικά κάποια συμπεράσματα που απορρέουν από όλα τα παραπάνω:

- Πολλοί μηχανικοί και οικονομολόγοι πιστεύουν ότι η συμφόρηση που παρατηρείται στο παγκόσμιο διαδίκτυο Internet οφείλεται στο αναποτελεσματικό σχήμα τιμολόγησης. Έχοντας αυτά υπόψη, καταλαβαίνουμε την ευρείας κλίμακας εξάπλωση και διάδοση των συστημάτων που παρέχουν accounting και charging management. Έτσι, από τη μια έχουμε τις νέες εφαρμογές και τη νέα υποδομή /τεχνολογία που τις υποστηρίζει και από την άλλη το σχετικά υψηλό κόστος παροχής αυτών των υπηρεσιών. Συνεπώς, η πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες μάλλον είναι περιορισμένη, προς το παρόν τουλάχιστον και ιδιαίτερα για τον ελλαδικό χώρο.
- Παρατηρείται το φαινόμενο, οι εφαρμογές που υλοποιούνται στις ημέρες μας να είναι καθοδηγούμενες από τις παρεχόμενες υπηρεσίες (και όχι το αντίστροφο που θα ήταν και θεμιτό). Με αυτόν τον τρόπο, όσο μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρείται στις προσφερόμενες υπηρεσίες, για παράδειγμα σε εύρος ζώνης (bandwidth), τόσο αυξάνονται και οι απαιτήσεις των εφαρμογών στο προσκήνιο. Αυτός ο φαύλος κύκλος δε μας αφήνει ευδιάκριτα περιθώρια βελτίωσης από την προηγούμενη (κάθε φορά) κατάσταση.
- Τελευταία, έχουν εμφανιστεί λύσεις οι οποίες στηρίζονται σε ειδικό λογισμικό και υλικό και στόχο έχουν να καλύψουν τις ανάγκες για διαχείριση του εύρους ζώνης των ISPs. Ένα σύνηθες σενάριο για τους τελευταίους είναι ότι αγοράζουν μεγάλες ποσότητες εύρους ζώνης και στη συνέχεια το μεταπωλούν στους χρήστες τους. Έτσι, είναι σημαντικό να εγγυηθούν ότι το εύρος ζώνης θα είναι διαθέσιμο, καθώς επίσης και ότι κάποιος από τους χρήστες τους δεν κάνει χρήση πέρα από το συμφωνημένο.
- Τα παραπάνω συστήματα δε δίνουν τη δυνατότητα συχνών αλλαγών της διάρθρωσης και χρήσης του εύρους ζώνης, καθώς επίσης και τη δυνατότητα ορισμού νέων υπηρεσιών για μερικές μόνο ώρες (πχ, για τις ανάγκες μίας τηλεδιάσκεψης).
- Στις ημέρες μας δεν μπορούμε να έχουμε μία συγκεκριμένη και σαφή εικόνα όλων των ενδεχόμενων/εναλλακτικών εφαρμογών που μπορούν να υλοποιηθούν στα πλαίσια των νέων εξελιγμένων παρεχόμενων υπηρεσιών. Έτσι, δεν μπορούμε, προφανώς, να καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις για τις συγκεκριμένες απαιτήσεις που απαιτούνται κάθε φορά. Συνεπώς, και η προτεινόμενη διαχείριση δε θα είναι και η πλέον αποδοτική.
- Συνεχίζονται μέχρι και στις ημέρες μας οι συζητήσεις γύρω από το ποια τεχνολογία θα επικρατήσει τελικά, η ATM ή τεχνολογία του Gigabit Ethernet ή κάποια άλλη. Σημαντική σκέψη είναι η σύγκλιση μεταξύ κάποιων τεχνολογιών.
- Ο τελικός χρήστης έχει τη δυνατότητα (αφού πληρώνει) να δεσμεύει το επιθυμητό εύρος ζώνης για να τρέξει την εφαρμογή του, κατόπιν συνεννοήσεώς του με τον παροχέα της υποστηριζόμενης υπηρεσίας. Λόγω της αμφίβολης κατάστασης που επικρατεί και της επερχόμενης ανασφάλειας, η παραπάνω αίτηση για δέσμευση μπορεί να μην ανταποκρίνεται στο ακριβές εύρος ζώνης που πραγματικά απαιτείται. Στην ουσία, δηλαδή, μπορεί να απαιτείται πολύ μικρότερο εύρος ζώνης το οποίο έχει σαν συνέπεια να μένει αχρησιμοποίητο ένα μεγάλο μέρος του.

---

### 3.8 Σύνοψη

Σε κάθε δίκτυο, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μηχανισμών που μπορούν να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν την κίνησή του. Η ροή κίνησης επηρεάζει άμεσα τις απαιτήσεις σε πόρους του δικτύου (όπως αριθμός και χαρακτηριστικά των προσωρινών καταχωρητών, χρησιμοποιούμενα εύρη ζώνης, υπολογιστική ισχύς των ενεργών διατάξεων κ.λπ.), καθώς και τη συνολική διεκπεραιωτική ικανότητα και αποτελεσματικότητα του δικτύου. Έτσι, ο έλεγχος κίνησης είναι αναγκαίος τόσο για την προστασία της ποιότητας υπηρεσιών, που οι χρήστες λαμβάνουν από το δίκτυο, όσο και για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης των πόρων του δικτύου. Ο έλεγχος κίνησης εστιάζεται στην παροχή ποιότητας υπηρεσίας, στον έλεγχο αποδοχής σύνδεσης και στον έλεγχο συμφόρησης (Αδάμ, 2003).

Ο συναγωνισμός, για πόρους του δικτύου, μπορεί να οδηγήσει σε καταστάσεις συμφόρησης. Η συμφόρηση δημιουργείται όταν η χωρητικότητα του δικτύου αδυνατεί να υποστηρίξει τις απαιτήσεις της προσφερόμενης κίνησης, δηλαδή το προσφερόμενο στο δίκτυο φορτίο πλησιάζει ή και υπερβαίνει τα όριά του. Τα όρια αυτά έχουν σχεδιασθεί για την εγγυημένη παροχή συγκεκριμένης ποιότητας υπηρεσιών, σύμφωνα με το συμβόλαιο κίνησης. Προκειμένου να μελετηθούν και να δημιουργηθούν αποτελεσματικά σχήματα τιμολόγησης, στο κεφάλαιο αυτό, πραγματοποιήσαμε μια μικρή αναφορά σχετικά με την έννοια της συμφόρησης και πώς δημιουργείται τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Ασχοληθήκαμε με θέματα όπως η εκτίμηση του τηλεπικοινωνιακού φόρτου και ο υπολογισμός της χωρητικότητας ενός δικτύου που μπορεί να απορροφήσει το φόρτο αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ  
ΧΡΕΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

## 4.1 Εισαγωγή

Η εμφάνιση δικτύων υψηλών ταχυτήτων και παράλληλα η αύξηση του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης έχουν οδηγήσει σε νέες εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων, τόσο από την άποψη του εύρους ζώνης όσο και της παροχής ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών. Η ύπαρξη αυτών των νέων εφαρμογών οδηγεί από μόνη της σε μεγαλύτερες απαιτήσεις για εύρος ζώνης από την πλευρά των χρηστών. Αυτός ο φαύλος κύκλος ενδεικνύει, εμφανέστατα, την ανάγκη για νέες μεθόδους ελέγχου της συμμόρφωσης και της ροής δεδομένων σε ένα τέτοιο δίκτυο. Η σημερινή πραγματικότητα επιβάλλει την πιο ορθολογική χρήση και διάθεση των δικτυακών πόρων ενός δικτύου υπολογιστών. Σε αντίθετη περίπτωση, είναι πολύ πιθανό να υπάρξει υποβάθμιση στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών μία κατάσταση, σαφώς, ανεπιθύμητη.

Συνεπώς, υπάρχει η ανάγκη ενός μηχανισμού ελέγχου και αποφυγής ανεπιθύμητων καταστάσεων. Ο ρόλος της χρέωσης μπορεί να προσφέρει τα σωστά κίνητρα για χρήση των πόρων του δικτύου κατά οικονομικά δίκαιο και ορθολογικό τρόπο και σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες των χρηστών. Ουσιαστικά, με τη χάραξη μίας πολιτικής χρέωσης τίθονται σε ένα νέο ενδιαφέρον πλαίσιο τα ζητήματα της διαχείρισης ενός δικτύου, όπως, π.χ. ο έλεγχος της συμμόρφωσης. Επιπρόσθετα, η ανάγκη για χρέωση γίνεται πιο επιτακτική λόγω του υψηλού κόστους συντήρησης ενός δικτύου υπολογιστών, τόσο λόγω των λειτουργικών εξόδων του όσο και λόγω των υψηλών φόρων και των κρατικών περικοπών.

Η έννοια της χρέωσης, σαν ένας τρόπος παροχής κινήτρων για ορθολογικότερη χρήση των δικτυακών πόρων και την κάλυψη του κόστους των δικτύων δεδομένων, έχει προταθεί από την αρχή της δεκαετίας του '90. Οι διάφορες προσεγγίσεις ποικίλλουν από απλά στατικά μοντέλα, στα οποία υπάρχει μία μόνο σταθερή χρέωση, μέχρι διάφορα δυναμικά σχήματα τιμολόγησης, στα οποία η χρέωση αλλάζει συνεχώς ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου.

Πολλοί μηχανικοί και οικονομολόγοι πιστεύουν ότι η συμμόρφωση που παρατηρείται σε κάποια δίκτυα οφείλεται στο αναποτελεσματικό σχήμα τιμολόγησης, που βασίζεται κατεξοχήν στην τιμολόγηση ενιαίου ρυθμού όπου τα μηνιαία τέλη εξαρτώνται μόνο από την ταχύτητα της σύνδεσης του πελάτη με τον παροχέα (Network Service Provider). Αυτό το σχήμα τιμολόγησης δεν δίνει κίνητρα στους χρήστες να χρησιμοποιούν μικρότερη χωρητικότητα από αυτήν της σύνδεσής τους, αλλά και ακόμα στην περίπτωση που το κάνουν το υπόλοιπο διαθέσιμο εύρος ζώνης μένει ουσιαστικά ανεκμετάλλευτο από κάποιον άλλο χρήστη ο οποίος πιθανόν να είχε ανάγκη να του διατεθεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Έτσι, αυτού του είδους η τιμολόγηση δεν επιτρέπει στους χρήστες να γνωστοποιούν τις προτιμήσεις τους. Όλοι αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο, παρ'όλο που διαφορετικοί χρήστες μπορεί να δίνουν διαφορετική αξία στην ίδια υπηρεσία. Οι παραπάνω περιορισμοί έχουν ως αποτέλεσμα ένα συμφορημένο δίκτυο του οποίου οι πόροι χρησιμοποιούνται κατά τρόπο που δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών (Gupta, Stahl, and Whinston, 1999).

---

Ο ρόλος συνεπώς της *Τιμολόγησης (Pricing Policies)* δεν είναι μόνο να δημιουργεί κέρδη στον παροχέα των δικτυακών υπηρεσιών, αλλά και να ελέγχει την χρήση των πόρων ενός δικτύου. Το σχήμα της τιμολόγησης πρέπει να δίνει τα σωστά κίνητρα ώστε οι χρήστες να κάνουν, από μια οικονομική πλευρά, αποδοτική χρήση των πόρων του δικτύου. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να προσεγγίσουμε μια πολιτική χρέωσης που θα καλύπτει τις μελλοντικές ανάγκες χρήσης των δικτύων. Αυτή, θα πρέπει να είναι υλοποιήσιμη τεχνολογικά και με σχετικά χαμηλό κόστος, ενώ από την άλλη να διαχωρίζει το επίπεδο των υπηρεσιών που προσφέρει στο χρήστη, ανάλογα με το κόστος. Είναι απαραίτητο να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση σε ένα αποδοτικό τρόπο κοστολόγησης, καθώς οι παροχείς πρόσβασης στο διαδίκτυο (providers) είναι σε εγρήγορση για ένα ανταγωνιστικό νέο σχήμα χρέωσης (pricing scheme) που θα δημιουργηθεί.

Στη συνέχεια ακολουθεί μια προσέγγιση στο ευρύτερο πεδίο που ορίζει το φάσμα των πολιτικών χρέωσης παραθέτοντας και ορισμένα παραδείγματα από την πραγματικότητα, ώστε να γίνει πιο κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο αυτές εφαρμόζονται.

## **4.2 Τι είναι μια Πολιτική Χρέωσης και η πολυπλοκότητά της**

Οι *Πολιτικές Χρέωσης* είναι μέθοδοι ή μοντέλα βάσει των οποίων ένας πάροχος δικτυακών υπηρεσιών, ISP (Internet Service Provider) ή γενικότερα ένας NSP (Network Service Provider) κατανέμει τα έξοδα των δικτύου στους χρήστες. Δηλαδή οι πολιτικές χρέωσης είναι μέθοδοι που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο θα μοιραστούν οι χρήστες μεταξύ τους τα διάφορα έξοδα του δικτύου (Μπούρας, 2006). Η ανάλυση της δομής των εξόδων αυτών θα γίνει στην επόμενη ενότητα.

Για να κατανοήσουμε την πολυπλοκότητα του προβλήματος της τιμολόγησης δικτυακών υπηρεσιών, ας θεωρήσουμε το ακόλουθο παράδειγμα:

Έστω δυο άνθρωποι επιθυμούν να επικοινωνήσουν ο ένας με τον άλλο και για αυτό το σκοπό αγοράζει ο καθένας από ένα άδειο κουτί (τενεκεδάκι) κακάο. Επίσης για την ανάγκη της επικοινωνίας αγοράζουν από κοινού και ένα κομμάτι σπάγκου. Πέρα από την όποια συμφωνία τους για το πώς θα μοιραστούν το κόστος του σπάγκου, τα πράγματα είναι ξεκάθαρα και απλά σε ότι αφορά την κατανομή των εξόδων. Η τιμολόγηση ενός τέτοιου δικτύου είναι τετριμμένη. Έστω τώρα ο αριθμός των ανθρώπων που θέλουν να επικοινωνήσουν είναι πέντε. Κάθε ένας, τώρα, χρειάζεται να αγοράσει τέσσερα κουτιά κακάο για να επικοινωνεί με τους άλλους τέσσερις και να μοιραστεί το κόστος για τα αντίστοιχα τέσσερα κομμάτια σπάγκου που απαιτούνται. Η λύση δεν φαίνεται να είναι απλά ανάλογη με την πρώτη απλούστερη περίπτωση. Η τιμολόγηση γίνεται δυσκολότερη. Αν τώρα ο αριθμός των ανθρώπων που θέλουν να επικοινωνήσουν αυξηθεί σε είκοσι, η συνδυαστική θεωρία μας λέει ότι χρειάζονται 380 κουτιά και πραγματικά πολύς σπάγκος. Είναι προφανώς πολύ δύσκολο να συμφωνήσουν μεταξύ τους για το πώς θα κατανεμηθούν τα κόστη για τον σπάγκο, εφόσον διαφορετικά μήκη σπάγκου απαιτούνται για να συνδέσουν διαφορετικά ζεύγη κουτιών. Επίσης προκειμένου να μπει ένας καινούριος χρήστης στο δίκτυο απαιτείται το αρκετά υψηλό κόστος να αγοράσει είκοσι κουτιά.



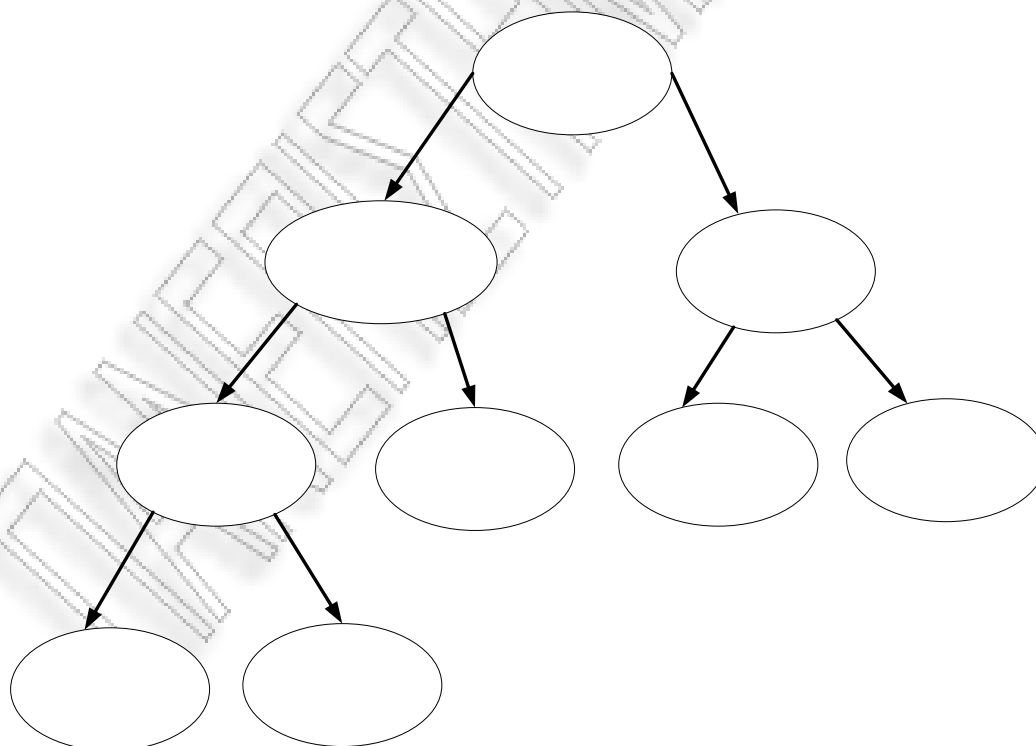
---

Αντιλαμβάνεται κανείς λοιπόν την υψηλή πολυπλοκότητα της τιμολόγησης όταν πρόκειται σε δίκτυα υπολογιστών του πραγματικού κόσμου.

Ας θεωρήσουμε και το τροποποιημένο, σε σχέση με παραπάνω, μοντέλο όπου κάθε άνθρωπος συνδέεται με μια ενδιάμεση «εγκατάσταση» η οποία αναλαμβάνει τη διασύνδεση μεταξύ των διαφορετικών μερών. Τώρα αυτό που απαιτείται είναι ένα άδειο κουτί για κάθε άνθρωπο και το κόστος για το σπάγκο που τον συνδέει με αυτή την ενδιάμεση εγκατάσταση. Το μοντέλο γίνεται απλούστερο πάλι, αλλά τίθεται το ερώτημα ποιος θα πληρώσει και πώς θα καλυφθούν τα έξοδα της ενδιάμεσης αυτής εγκατάστασης. Η τιμολόγηση δικτύων τηλεπικοινωνιών ουσιαστικά αναφέρεται στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων κατανομής κόστους, όπου ο όρος «ενδιάμεση εγκατάσταση» του μοντέλου αντιστοιχίζεται στο δίκτυο ενός ISP. Στη συνέχεια, αρχικά κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σχετικά σύντομη ανάλυση της δομής του κόστους, δηλαδή όλων των εξόδων, ενός ISP (ISP cost structure).

### 4.3 Δομή κόστους για κάποιον ISP (ISP cost structure)

Ένας πάροχος δικτυακών υπηρεσιών (NSP ή ISP για το Internet) υπόκειται σε 2 γενικές κατηγορίες εξόδων. Η πρώτη είναι τα έξοδα πρόσβασης (access costs) και η δεύτερη τα έξοδα χρήσης (usage costs). Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να δούμε τη δενδρική αναπαράσταση της δομής των εξόδων για έναν ISP (Μπούρας, 2006).



Σχήμα 4-14: Δομή Εξόδων για έναν ISP

---

Ας δούμε όμως αναλυτικότερα τι περιλαμβάνει ακριβώς κάθε κατηγορία εξόδων (Μπούρας, 2006):

➤ **Κόστη Παροχής Πρόσβασης (Access Costs)**

Τα έξοδα πρόσβασης (access costs) αποτελούνται από δύο κύριες υποκατηγορίες. Τα έξοδα εγκατάστασης του δικτύου (installation costs) και τα έξοδα ενεργοποίησης πελάτη (customer activation costs).

- **Κόστη εγκατάστασης δικτύου (Installation Costs):** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα εκείνα τα έξοδα που ο πάροχος είναι αναγκασμένος να υποστεί προκειμένου να εγκαταστήσει το δίκτυό του. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα έξοδα για την αγορά υλικού και λογισμικού για τη λειτουργία του δικτύου καθώς και επενδύσεις σε δικτυακές υποδομές. Όπως γίνεται αντιληπτό, πρόκειται για την πρώτη φάση των εξόδων ενός παρόχου, τα οποία καλύπτονται είτε από το αρχικό κεφάλαιο είτε από δάνεια που συνήθως συνάπτονται με χρηματοοικονομικούς οργανισμούς. Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα, τα έξοδα αυτά, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε έξοδα δικτυακής υποδομής και έξοδα διασύνδεσης.
- **Κόστη ενεργοποίησης πελάτη (Customer Activation Costs):** Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα έξοδα για υλικό, λογισμικό, καλωδίωση και ενεργοποίησης του πελάτη. Με άλλα λόγια δηλαδή είναι τα έξοδα για την παροχή δυνατότητας σε έναν πελάτη να συνδεθεί με το δίκτυο του παρόχου. Τα έξοδα αυτά είναι ανάλογα της επιλογής του πελάτη για μισθωμένη γραμμή (leased line, direct connection) ή dial-up σύνδεση.

➤ **Κόστη Χρήσης (Usage Costs)**

Τα έξοδα αυτά συνίστανται στη χρήση του δικτύου από τους πελάτες και διακρίνονται σε έξοδα υποστήριξης πελάτη & συντήρησης (customer support & maintenance costs) και έξοδα φόρτου δικτύου (network load costs). Στη συνέχεια θα τα δούμε λίγο πιο αναλυτικά.

- **Κόστη υποστήριξης πελάτη και Συντήρησης (Customer Support & Maintenance Costs):** Κάθε πάροχος είναι υποχρεωμένος να προσφέρει τεχνική υποστήριξη και βοήθεια στους πελάτες του. Επομένως, πρόκειται για τα έξοδα στα οποία υπόκειται ο πάροχος εξαιτίας της χρήσης του δικτύου του από κάποιον πελάτη. Τα έξοδα αυτά είναι διαφορετικά ανά περίπτωση, καθώς κάποιιοι πελάτες είναι πιθανό να ζητήσουν μεγαλύτερη βοήθεια από τον πάροχο για την εγκατάσταση και συντήρηση του εξοπλισμού τους από άλλους.
- **Κόστη φόρτου δικτύου (Network Load Costs):** Γενικά, τα έξοδα αυτά συνδέονται άμεσα με την «ποσότητα» της κυκλοφορίας που μπορεί να αντέξει το δίκτυο ενός παρόχου από όλες τις συνδέσεις των χρηστών. Πρόκειται για μια κάπως ιδιόζουσα περίπτωση εξόδων, καθώς αφορούν κυρίως τη χρήση της χωρητικότητας και του εύρους ζώνης του server (εξυπηρετητή) και τα κόστη μεταφοράς IP (Internet Protocol) πακέτων. Το ιδιαίτερο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ότι λόγω της ύπαρξης ενιαίων τελών διασύνδεσης μεταξύ παρόχων, αυτά τα έξοδα είναι συνήθως μηδενικά για έναν πάροχο, είτε το δίκτυο είναι σε κατάσταση συμφόρησης, είτε όχι. Αντίθετα, για τον πελάτη, τα έξοδα αυτά είναι σημαντικά καθώς είναι αυτός ο οποίος υπόκειται τη συμφόρηση με τη

---

μορφή καθυστερήσεων στη μετάδοση και λήψη πακέτων. Επομένως τα έξοδα αυτά, επιβαρύνουν έμμεσα τον πάροχο, καθώς θα είναι ο αποδέκτης των διαμαρτυριών των πελατών για τις μη ικανοποιητικές ταχύτητες του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι αναγκασμένος να προβεί σε επεκτάσεις και αναβαθμίσεις των δικτυακών του υποδομών.

#### 4.4 Ο ρόλος της Χρέωσης

Ο ρόλος της χρέωσης δεν πρέπει μόνο να καλύπτει τα έξοδα παροχής υπηρεσιών και να δημιουργήσει κέρδη, αλλά και να επηρεάζει τον τρόπο που οι πελάτες (χρήστες) χρησιμοποιούν το δίκτυο (Dolan, 2000). Αυτό συμβαίνει όταν κάθε μεμονωμένος χρήστης ενεργεί με στόχο την μείωση της χρέωσης του. Η πολιτική χρέωσης μπορεί να δώσει τα σωστά κίνητρα στους χρήστες ώστε αυτοί να χρησιμοποιούν το δίκτυο κατά τρόπο που αυξάνει την συνολική απόδοσή του. Στην γλώσσα της οικονομίας, τέτοιες πολιτικές χρέωσης λέγεται ότι διαθέτουν συμβατότητα κινήτρων (incentive compatibility) μεταξύ των χρηστών και του δικτύου (Roberts, 1998). Αυτό θα μείωνε τις αρνητικές επιπτώσεις που έχει η συμφόρηση, που όπως αναφέρθηκε, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στα δίκτυα. Η χρέωση πρέπει να έχει τέτοια πολιτική, ώστε να οδηγεί τους χρήστες να χρησιμοποιούν αποδοτικά τις παρεχόμενες υπηρεσίες, ώστε να αποφεύγονται συνθήκες υπερβολικού φόρτου και η απόδοση του δικτύου να μπορεί να πλησιάζει ευκολότερα τη βέλτιστη.

Οι διαδικασίες της τιμολόγησης, θα πρέπει να είναι ακριβείς, αποδοτικές, και να λαμβάνουν υπ' όψη τα χαρακτηριστικά των δικτύων στα οποία εφαρμόζονται, όπως η μεταφορά πληροφορίας με διαφορετικά χαρακτηριστικά (που μπορεί να μεταβάλλονται με το χρόνο) καθώς και τις διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών σε ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS), όπως και την υποστήριξη υπηρεσιών με διαφορετική φιλοσοφία στην παροχή τους (Stiller, Reichl and Leinen, 2000).

#### 4.5 Τιμολογιακές Πολιτικές

Η ορολογία που συναντούμε σε θέματα σχετικά με τιμολογιακές πολιτικές δίνει την εντύπωση μίας μη συγκεντρωμένης και μερικές φορές αλληλοσυγκρουόμενης σημασιολογίας. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια γίνεται μια μεγάλη προσπάθεια για εφαρμογή τιμολογιακής πολιτικής και λογιστικής διαχείρισης (και καταγραφής) προκειμένου για packet-based δίκτυα. Ας μην ξεχνούμε ότι τα δίκτυα αυτά διαφέρουν από τα παραδοσιακά connection-oriented ή ιδεατά connection-oriented δίκτυα. Παρακάτω θα περιγράψουμε κάποιες έννοιες σχετιζόμενες με το ευρύ φάσμα των τιμολογιακών πολιτικών που θα συναντήσουμε και χρησιμοποιήσουμε σε επόμενες ενότητες της παρούσας εργασίας (Odlizko, 2004).

---

➤ *Λογιστικά (Accounting)*

Με τον όρο ‘Λογιστικά’ εννοούμε τη συλλογή πληροφοριών σχετικών με τη χρήση κάποιων υπηρεσιών από κάποιο πελάτη / χρήστη του δικτύου. Οι πληροφορίες που συλλέγονται εκφράζουν τη χρήση πόρων ή πιο απλά την κατανάλωσή τους. Έτσι, τα λογιστικά καθορίζουν από μόνα τους μία συνάρτηση (αντιστοιχία) της χρήσης συγκεκριμένων πόρων σε ειδικές (τεχνικές) τιμές. Οι πληροφορίες που θα συγκεντρωθούν καθορίζονται από ένα σύνολο παραμέτρων που περιλαμβάνονται σε μία *λογιστική εγγραφή (accounting record)*. Αυτή η εγγραφή εξαρτάται από (1) τη δικτυακή υποδομή, που υποστηρίζει κάποια υπηρεσία, δηλ., Internet, N-ISDN, ATM ή Frame Relay και (2) την παρεχόμενη υπηρεσία. Το περιεχόμενο μίας λογιστικής εγγραφής είναι τεχνικής φύσεως, όπως για παράδειγμα η διάρκεια μίας τηλεφωνικής συνομιλίας, η απόσταση μιας δικτυακής γραμμής σε ένα δίκτυο υψηλών ταχυτήτων ή ο αριθμός των αγοραστικών συναλλαγών που πραγματοποιήθηκαν. Αυτή η λογιστική εγγραφή αποτελεί και τη βάση για τη χρέωση και την έκδοση τιμολογίων.

➤ *Χρέωση (Charging)*

Η ‘Χρέωση’ καθορίζει τη διαδικασία υπολογισμού του κόστους ενός πόρου κάνοντας χρήση της τιμής (price) για μία δοσμένη λογιστική εγγραφή και η οποία σηματοδοτεί μία συγκεκριμένη κατανάλωση πόρων. Έτσι, η χρέωση αποτελεί, ουσιαστικά, μία συνάρτηση που μετατρέπει ειδικές (τεχνικές) τιμές σε νομισματικές μονάδες. Οι νομισματικές πληροφορίες χρέωσης περιλαμβάνονται σε εγγραφές χρέωσης (charging records). Για συγκεκριμένους πόρους, οι τιμές (prices) τους μπορεί ήδη να είναι διαθέσιμες σε κάποια λογιστική εγγραφή. Επιτρέπεται, οποιοσδήποτε κατάλληλος συνδυασμός των δύο ειδών εγγραφών, πράγμα το οποίο εξαρτάται από τη δικτυακή τεχνολογία ή την εκάστοτε εφαρμογή.

➤ *Τιμολόγηση (Pricing)*

Με τον όρο ‘Τιμολόγηση’ εννοούμε τη διαδικασία επιβολής κάποιας τιμής (price) σε κάποια υπηρεσία ή κάποιο προϊόν ή περιεχόμενο. Αυτή η διαδικασία είναι αναπόσπαστο και κρίσιμο μέρος των επιχειρήσεων και είναι στενά συνδεδεμένο με το σύνολο των ενεργειών πώλησης αγαθών. Οι τιμές (prices) υπολογίζονται με βάση το κόστος / κέρδος ή συνάρτησε της τρέχουσας κατάστασης της αγοράς. Όσον αφορά στους (στις) οργανισμούς (εταιρείες) πώλησης τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών / αγαθών, οι τιμές τίθενται σε προκαθορισμένες υπηρεσίες και στις οποίες μετριέται η ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε, δηλ., σε μονάδες, χρόνο, απόσταση, εύρος ζώνης, όγκος (πληροφορίας) ή οποιονδήποτε συνδυασμό των προηγούμενων. Οι βασικές ποσότητες στις οποίες επιβάλλεται η τιμή, λαμβάνονται από τις λογιστικές συσκευές και βασίζονται στον τύπο του δικτύου (βλ. την παράγραφο για τα ‘Λογιστικά’ παραπάνω). Ο όρος ‘tariffing’ είναι μία ειδική περίπτωση του pricing, που υπό κανονικές συνθήκες ρυθμίζεται βάσει κυβερνητικών και πολιτικοοικονομικών επιδράσεων. Κάτι τέτοιο ισχύει, για παράδειγμα, για το παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο.

➤ *Έκδοση Τιμολογίου /λογαριασμού (Billing)*

Ο όρος ‘Billing’ δηλώνει τη διαδικασία μετασχηματισμού των συλλεχθέντων πληροφοριών χρέωσης ενός πελάτη σε ένα τελικό λογαριασμό. Η διαδικασία αυτή

---

περιλαμβάνει την κατασκευή λίστας (για κάποιον πελάτη) όλων των πληροφοριών χρέωσης που υπάρχουν στις εγγραφές χρέωσης. Οι εγγραφές χρέωσης με τη σειρά τους, έχουν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια κάποιας χρονικής περιόδου, π.χ., κατά τη διάρκεια ενός μήνα. Ο τελικός λογαριασμός (bill) συνοψίζει όλες τις χρεώσεις και ενδεικνύει το τελικό χρεωστικό ποσό για τον πελάτη. Να σημειωθεί ότι η διαδικασία έκδοσης λογαριασμού, εκτός των άλλων, μπορεί να καθορίζει και τη διαδικασία αποπληρωμής και ο τελικός λογαριασμός κοινοποιείται στους πελάτες είτε ηλεκτρονικά, είτε εγγράφως (επιταγή).

## 4.6 Βασικές Παράμετροι Χρέωσης

Η χρέωση στα διάφορα μοντέλα γίνεται κυρίως με βάση τρεις παραμέτρους. Αυτές είναι η χωρητικότητα πρόσβασης, η ποσότητα των δεδομένων και η διάρκεια της σύνδεσης. Δηλαδή κάθε μία από τις πολιτικές που παρουσιάζονται στη συνέχεια της εργασίας βασίζονται σε μία ή σε συνδυασμό των παρακάτω παραμέτρων προκειμένου να καθορίσουν το κόστος που επιβαρύνει το χρήστη (Μπούρας, 2006).

### ➤ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Η χωρητικότητα πρόσβασης είναι ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο ο χρήστης μπορεί να στέλνει ή να λαμβάνει πληροφορία. Η παράμετρος αυτή καθορίζει το κόστος σε εκείνες τις πολιτικές χρέωσης όπου κάθε χρήστης συνδέεται στο διαδίκτυο με μία γραμμή σύνδεσης η οποία έχει ένα προκαθορισμένο μέγιστο ρυθμό μετάδοσης πληροφοριών (πάγια χρέωση). Ο χρήστης χρεώνεται για αυτή τη γραμμή με ένα προκαθορισμένο πάγιο ποσό ανά έτος, για παράδειγμα, και έχει τη δυνατότητα να τη χρησιμοποιεί όσο χρόνο επιθυμεί, χωρίς να περιορίζεται από τον όγκο της πληροφορίας που μπορεί να στείλει ή να λάβει. Δηλαδή, ο χρήστης χρεώνεται μόνο με βάση το ρυθμό μετάδοσης της πληροφορίας που του έχουν εγγυηθεί και όχι με βάση το χρόνο σύνδεσης ή τον αριθμό των bits που έχουν μεταδοθεί. Συνεπώς, επειδή το κόστος της χωρητικότητας δεν εξαρτάται από το πόσο ο χρήστης χρησιμοποιεί το σύστημα μπορεί να αποτελέσει τη σταθερή χρέωση για το χρήστη.

### ➤ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η ποσότητα των δεδομένων είναι μία παράμετρος που καθορίζει τη χρέωση σε κάποιες από τις πολιτικές όπου η χρέωση είναι εξαρτώμενη από τη χρήση, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση όπου η χρέωση είναι γραμμική ως προς τον όγκο των δεδομένων. Η ποσότητα των δεδομένων είναι η πραγματική κυκλοφορία, δηλαδή ο αριθμός των bits που στέλνουν ή λαμβάνουν οι χρήστες. Έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι για τον υπολογισμό του όγκου των δεδομένων που στέλνει ή λαμβάνει ένας χρήστης. Για παράδειγμα, η πλατφόρμα NetFlow της εταιρίας Cisco χρησιμοποιείται για τη συλλογή ενός ευρέως φάσματος στατιστικών στοιχείων κίνησης. Ωστόσο, στην εφαρμογή των μεθόδων αυτών υπάρχουν και κάποια προβλήματα όπως η αντιστοίχιση της IP διεύθυνσης, από την οποία αποστέλλονται ή λαμβάνονται δεδομένα, με το σωστό χρήστη. Για παράδειγμα, στα τηλεφωνικά δίκτυα μπορούμε να αναγνωρίσουμε τον αριθμό που καλεί, δεν μπορούμε όμως να καθορίσουμε το άτομο που κάνει τα τηλεφωνήματα. Έτσι και στο διαδίκτυο, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε το άτομο το οποίο έχει στείλει συγκεκριμένα πακέτα. Το ζήτημα αυτό καταλήγει να γίνεται ένα ιδιαίτερα μεγάλο πρόβλημα για τους μεγάλους οργανισμούς,

---

όπου πολλοί χρήστες μοιράζονται το ίδιο μηχάνημα με κοινή IP διεύθυνση.

#### ➤ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Η διάρκεια της σύνδεσης είναι το χρονικό διάστημα για το οποίο ο χρήστης έχει στη διάθεσή του μία σύνδεση. Η παράμετρος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη χρέωση με βάση τον παρακάτω τρόπο. Ο χρήστης μπορεί να πληρώνει ένα σταθερό ποσό (πάγια χρέωση) για μία σύνδεση με ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης και για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα οπότε η χρέωση θα είναι σταθερή και δε θα εξαρτάται από το πόσο χρησιμοποιεί τη σύνδεση αυτή. Μία τέτοια περίπτωση είναι εκείνη των μισθωμένων γραμμών. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως είναι για παράδειγμα οι dial-up συνδέσεις ο χρήστης πληρώνει ένα σταθερό πάγιο και ένα επιπλέον ποσό που είναι μεταβλητό και καθορίζεται από τη χρονική διάρκεια που χρησιμοποιεί τη σύνδεση. Επομένως, η διάρκεια της σύνδεσης είναι παράμετρος που καθορίζει τόσο τη σταθερή χρέωση όσο και τη χρέωση την εξαρτώμενη από τη χρήση.

### 4.7 Χαρακτηριστικά ενός σχήματος χρέωσης

Τα επιθυμητά και απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα σχήμα χρέωσης σε ένα μελλοντικό, πολλαπλών κλάσεων υπηρεσιών (multiple service class), περιβάλλον δικτύου είναι τα εξής (Μπούρας, 2006):

- Οι τιμές πρέπει να ωθούν τους χρήστες να χρησιμοποιούν το δίκτυο όταν είναι λιγότερο συμφορημένο μεταθέτοντας τις αιτήσεις τους στο πεδίο του χρόνου.
- Οι τιμές πρέπει να λαμβάνουν υπόψην τους το αντίκτυπο του δικτυακού φόρτου κάθε στιγμή πάνω στη μελλοντική ζήτηση εξυπηρέτησης από τους χρήστες.
- Κατά προτίμηση η τιμολόγηση πρέπει να γίνεται σε επίπεδο ανώτερο από το επίπεδο του πακέτου ώστε να είναι ευκολότερη και φθηνότερη στην υλοποίηση.
- Οι τιμές πρέπει να αντικατοπτρίζουν την κατάσταση φόρτου στους πόρους του δικτύου (δρομολογητές, πύλες).
- Το μοντέλο χρέωσης πρέπει να υλοποιείται με έναν τελείως από-κεντρικοποιημένο τρόπο. Διαφορετικά, τα γενικά έξοδα υπολογισμού των τιμών μπορεί να ακυρώνουν οποιαδήποτε οφέλη αποκομίζονται εφαρμόζοντας τη μέθοδο χρέωσης.
- Οι τιμές πρέπει να αποφέρουν αποδοτική διαχείριση φόρτου (load management) κατανέμοντας τον φόρτο από τους υψηλά στους ελαφρώς φορτωμένους κόμβους του δικτύου.
- Πρέπει να υπάρχουν πολλαπλές προτεραιότητες (priority class) για να μπορεί το σχήμα χρέωσης να λαμβάνει υπόψην του τα διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας (QoS levels) που απαιτούνται από διαφορετικές εφαρμογές και χρήστες.
- Το σχήμα χρέωσης πρέπει να υλοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε οι χρήστες να έχουν κίνητρα να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένοι στην τιμή που πληρώνουν

---

και παράλληλα οι φορείς παροχής υπηρεσιών (NSPs) να έχουν κίνητρα να παρέχουν την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) με βάση τα κέρδη που αποκομίζουν από τις μεθόδους τιμολόγησης.

Οι απαιτήσεις των πολιτικών χρέωσης μπορούν να διακριθούν σε εκείνες που αφορούν τους πελάτες / χρήστες και σε εκείνες που αφορούν το δίκτυο.

➤ **Απαιτήσεις των πελατών / χρηστών**

1. *Προβλεψιμότητα.* Για παράδειγμα, ο χρήστης επιθυμεί να γνωρίζει τι θα πληρώσει τον επόμενο μήνα.
2. *Απλότητα.* Ο τρόπος χρέωσης πρέπει να είναι κατανοητός από τον χρήστη. Για παράδειγμα, ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να συμπεράνει την επίπτωση στην χρέωση που θα έχει κάποια μείωση της κυκλοφορίας του.
3. *Δικαιοσύνη.* Η χρέωση των χρηστών πρέπει να είναι δίκαιη. Για παράδειγμα, παρόμοιες υπηρεσίες πρέπει να χρεώνεται το ίδιο.
4. *Διαφάνεια.* Πρέπει η υλοποίηση του σχήματος να μην 'φαίνεται' στον πελάτη ενός παρόχου και να μην τον 'ενοχλεί' με διάφορους τρόπους κατά τη χρήση δικτυακών υπηρεσιών που του προσφέρονται.

➤ **Απαιτήσεις του παρόχου δικτυακών υπηρεσιών**

1. Κάλυψη εξόδων και δημιουργία κερδών.
2. Χαμηλό κόστος υλοποίησης του συστήματος λογιστικής, δηλαδή υπολογισμού των τιμών (low accounting overhead costs): Διαφορετικά, τα κέρδη που αποκομίζονται από την εφαρμογή της μεθόδου χρέωσης αναιρούνται από τα υψηλά κόστη υλοποίησης και ο πάροχος συνολικά ζημιώνεται.
3. Κίνητρα στους χρήστες για αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου από οικονομική άποψη.
4. *Ευελξία.* Να μπορεί να χρησιμοποιείται το σχήμα χρέωσης για υπηρεσίες με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας εξυπηρέτησης.

## **4.8 Χρέωση Δικτυακών Υπηρεσιών**

Η εισαγωγή του GPRS οδήγησε στη σύγκλιση της κινητής τηλεφωνίας με το Internet. Το αποτέλεσμα είναι, υπηρεσίες που ήταν μέχρι πρότινος διαθέσιμες από desktop συστήματα να είναι διαθέσιμες και από κινητό τηλέφωνο. Έτσι πέρα από την παραδοσιακή χρονοχρέωση για την χρήση του τηλεφώνου προκύπτει η ανάγκη για σωστή τιμολόγηση των πρόσθετων αυτών υπηρεσιών. Είναι άλλωστε αποδεδειγμένο ότι μια σωστή πολιτική χρέωσης βοηθά και στον έλεγχο της συμφόρησης ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου, ειδικά σε περιοχές με μεγάλο αριθμό συνδρομητών ή σε περιοχές με μικρή παροχή τέτοιων υπηρεσιών (Marinidis, 2003). Προτού εξετάσουμε ποικίλα οικονομοτεχνικά μοντέλα χρέωσης, στις επόμενες ενότητες πραγματοποιούμε μια μικρή ιστορική αναδρομή που περιλαμβάνει τους βασικούς τομείς για τους

---

οποίους μας ενδιαφέρει κυρίως η εφαρμογή των πολιτικών χρέωσης (Internet, Σταθερή & Κινητή Τηλεφωνία).

#### 4.8.1 Χρέωση στο Internet

Το Internet θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως η γρηγορότερα αναπτυσσόμενη οικονομία από άποψη χρηστών, το πλήθος των οποίων αναπτύσσεται με εκθετικό βαθμό με αντίστοιχη αύξηση των providers, αυτών δηλαδή που εισάγουν πληροφορίες στο διαδίκτυο. Επί του παρόντος έχουν καταγραφεί περισσότεροι από 30 εκατομμύρια χρήστες και εκτιμάται σε 100% η ετήσια αύξηση τους (Coffman and Odlyzko, 2001). Εξετάζοντας το Internet σαν ένα οικονομικό σύστημα θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε τους information providers, συμπεριλαμβανομένου τις υπηρεσίες ειδήσεων, ψυχαγωγίας, εκπαίδευσης κ.α. ως παραγωγούς και τους χρήστες του διαδικτύου ως καταναλωτές. Λαμβάνοντας υπόψη το κυκλοφοριακό χάος που ήδη επικρατεί στις υπερλεωφόρους του διαδικτύου και την μελλοντική ανάγκη που ήδη έχει αρχίσει να διαφαίνεται για υποστήριξη real time εφαρμογών, το πρόβλημα αυτής της συμφόρησης πρόκειται να μεγιστοποιηθεί αν δεν ληφθούν εγκαίρως τα κατάλληλα μέτρα (Mackie and Varian, 1997).

Οι πλέον διαδεδομένες υπηρεσίες και χρήσεις του διαδικτύου αφορούν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, ειδήσεις για κάθε τομέα εξειδικευμένο ή όχι, δωρεάν λογισμικό, δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων, συνδιασκέψεις σε πραγματικό χρόνο και πολλές άλλες υπηρεσίες με κυριότερο ίσως το ηλεκτρονικό εμπόριο που αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Οι υπηρεσίες σε επίπεδο εφαρμογής που υποστηρίζει το Internet, είναι το telnet, ftp, gopher και world wide web, υπηρεσίες μέσω των οποίων για παράδειγμα ένας ερευνητής θα μπορούσε να ανατρέξει σε όποιες πηγές τον ενδιέφεραν πάρα πολύ εύκολα και γρηγορότερα από ότι ψάχνοντας σε βιβλιοθήκες (Coffman and Odlyzko, 2001). Κατά τα λεγόμενα του Cronin “ ο αντίκτυπος των παγκοσμίων και υψηλής ταχύτητας δικτύων επικοινωνίας στην έρευνα και την εκπαίδευση είναι ήδη τόσο εδραιωμένος που το Internet έχει προκαλέσει την δεύτερη επανάσταση αντίστοιχη αυτής του Γουτεμβέργιου”.

Είναι ανάγκη να επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στο θέμα της χρέωσης των υπηρεσιών του Internet, το κυριότερο στοιχείο της εμπορικής διάστασης του διαδικτύου. Κατάλληλοι μηχανισμοί χρέωσης των υπηρεσιών θα μπορούσαν αποτελεσματικά να διαμοιράσουν τον φόρτο του δικτύου, να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες και τις καθυστερήσεις των υπηρεσιών. Για τον λόγο αυτό θα μπορούσαμε να διακρίνουμε δυο μεγάλες κατηγορίες υπηρεσιών: (i) *users services*, (ii) *network services*. Η πρώτη αφορά υπηρεσίες στις οποίες επιθυμεί να έχει πρόσβαση ο χρήστης όπως βάσεις δεδομένων, ειδήσεις, ταινίες κτλ και η δεύτερη είναι αυτή που μας αφορά άμεσα και έχει να κάνει με την υποδομή των υπηρεσιών, τον φορέα που θα μεταδώσει τις πληροφορίες του users services και θα θέσει σε πέρας τις απαιτήσεις επικοινωνίας του χρήστη.

*Η πορεία εξέλιξης του διαδικτύου από το ARPANET στη σημερινή του μορφή μπορεί να διακριθεί σε τρεις φάσεις, αναφορικά στις πολιτικές χρέωσης που εφαρμόστηκαν (Coffman and Odlyzko, 2001):*



---

Στην πρώτη φάση, η χρήση του δικτύου ήταν *ελεύθερη χρεώσεων* (free of charge) λόγω της κυβερνητικής υποστήριξης στο εγχείρημα. Κι αυτό ήταν φυσιολογικό καθώς το γενικό πλαίσιο στο οποίο εντασσόταν το ARPANET, ήταν αυτό της κυβερνητικής χρηματοδότησης με σκοπό την περαιτέρω ανάπτυξη των πρωτοεμφανιζόμενων δικτυακών τεχνολογιών (μεταγωγή πακέτου κλπ). Το άσχημο σε αυτή την περίπτωση είναι ότι η ελεύθερη από χρεώσεις χρήση του Διαδικτύου θεωρήθηκε ως *de facto*, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δυσαρέσκεις στους χρήστες στην πορεία.

Στη δεύτερη φάση, βλέπουμε να εισάγεται η πολιτικής της *πάγιας χρέωσης* ή αλλιώς *τιμολόγησης ενιαίου τέλους* (flat rate charge). Στην περίπτωση αυτή, η πρόσβαση στο Internet είναι χρεώσιμη υπηρεσία, προφανώς η πρόσβαση παρέχεται από κάποια εταιρεία, τον λεγόμενο πάροχο (provider) και κοστολογείται με ένα σταθερό, ίδιο για όλους τους χρήστες ποσό (πάγιο τέλος) ανά χρονική μονάδα σύνδεσης (πχ εβδομάδα ή μήνα). Εδώ θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το πάγιο αυτό τέλος είναι ανεξάρτητο των πραγματικών ωρών σύνδεσης του χρήστη με το διαδίκτυο. Στην πορεία όμως, η πολιτική αυτή διαφοροποιήθηκε κάπως. Δημιουργήθηκαν διαβαθμίσεις στα πάγια τέλη που αντανakλούσαν την ταχύτητα σύνδεσης του υπολογιστή του χρήστη με το Internet (πολιτική που ακολουθούν σήμερα σχεδόν όλοι οι πάροχοι συνδέσεων και υπηρεσιών Internet στην Ελλάδα) (Odlyzko, 2001).

Ιστορικά, η επικράτηση της τιμολόγησης ενιαίου τέλους έχει να κάνει κυρίως με τη μορφολογία της αμερικανικής αγοράς και οικονομίας, κάτι που είναι απολύτως φυσικό, λόγω της αρχικής ανάπτυξης του Internet σ' αυτή τη χώρα. Αν θελήσουμε να δούμε περιληπτικά τους λόγους, αυτοί συνοψίζονται στα εξής (Sarkar, 1995):

1. Στην πρώτη φάση τα έξοδα του Internet καλύπτονταν ισομερώς από όλους τους φορολογούμενους, πράγμα που είχε ως φυσιολογικό αποτέλεσμα την πολιτική ίσων & ενιαίων μεριδίων για όλους τους χρήστες κατά τη δεύτερη φάση.
2. Στις Η.Π.Α., από όπου ξεκίνησε το Internet, υπήρχε το προηγούμενο της πάγιας χρέωσης στην τοπική τηλεφωνία (κάτι που δε συμβαίνει στην Ελλάδα).
3. Τα δεδομένα στα οποία είχαν πρόσβαση οι χρήστες ήταν δωρεάν και ως εκ τούτου δεν υπήρχε νόημα να διαφοροποιηθεί η χρέωση σύμφωνα με τις χρησιμοποιούμενες υπηρεσίες.
4. Η αρχιτεκτονική και οι υποδομές του Internet δεν υποστήριζαν κάποια άλλη μορφή χρέωσης. Επομένως η λύση της πάγιας χρέωσης ήταν η πιο εύκολη και οικονομικά πιο εφικτή.

Τέλος, μπορούμε να πούμε ότι φτάνουμε σε μια τρίτη φάση. Τη φάση της *χρέωσης βάσει της χρήσης* (Usage-sensitive charging). Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι αυτό το μοντέλο χρέωσης δε συνίσταται σε κάτι το συγκεκριμένο. Άλλη εταιρεία μπορεί να εφαρμόζει χρέωση ανά μονάδα πληροφορίας, άλλη ανά μονάδα χρόνου κι άλλη ανά υπηρεσία. Αντιλαμβάνεται όμως κανείς εύκολα τη διαφορά φιλοσοφίας σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο χρέωσης. Στο θέμα αυτό υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία και εκφράζεται η άποψη ότι τελικά θα ακολουθηθούν τα παραδείγματα της εξάλειψης διακρίσεων (pricing discriminations) στις χρεώσεις των επικοινωνιακών συστημάτων (π.χ. ταχυδρομείο, τηλεγράφος κλπ) όπου τελικά η

---

ιστορία έδειξε ότι οι εταιρείες αναγκάστηκαν να συμμορφωθούν, στο μέτρο του οικονομικά γι' αυτές δυνατού, με τις επιθυμίες των χρηστών (Clark, 1999).

#### **4.8.2 Σταθερή τηλεφωνία**

Αντίστοιχα μοντέλα χρέωσης ακολουθήθηκαν και σε αυτό τον τομέα με κάθε χώρα να εφαρμόζει τη δική της πολιτική, ανάλογα με τις ιστορικές και τεχνολογικές εξελίξεις. Στην Ελλάδα, λόγω διαφόρων ιστορικών συγκυριών που εμπόδισαν την ταυτόχρονη και ίση τεχνολογικά ανάπτυξη της σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Δυτικής Ευρώπης, ο εθνικός οργανισμός τηλεπικοινωνιών (OTE) που αποτελούσε μονοπωλιακό πάροχο υπηρεσιών τηλεφωνίας ακολουθούσε το εξής μοντέλο μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990 για τους μεμονωμένους πελάτες του. Όλοι οι χρήστες είχαν ένα ενιαίο πάγιο τέλος χρήσης του δικτύου και κάθε τοπική αστική κλήση χρεωνόταν με ένα επίσης ενιαίο πάγιο τέλος, ανεξάρτητα της χρονικής διάρκειας της κλήσης. Αντίθετα οι υπεραστικές κλήσεις χρεώνονταν βάσει της απόστασης, αλλά και της διάρκειάς τους.

Από τη δεκαετία του 1990 και μετά τα πράγματα άλλαξαν ριζικά. Ο OTE καταρχήν άρχισε να εφαρμόζει την πολιτική της χρονοχρέωσης για κάθε κλήση. Ακολούθησε ένα κύμα επενδύσεων και για πρώτη φορά έκαναν την εμφάνισή τους επί Ελληνικού εδάφους, τα ψηφιακά κέντρα που διευκόλυναν τις εξελίξεις αλλά και αναβάθμισαν ποιοτικά τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Επιπρόσθετα, νέες άγνωστες υπηρεσίες άρχισαν σιγά-σιγά να εμφανίζονται (αναγνώριση κλήσεων, διμερείς & τριμερείς διασκέψεις, ISDN συνδέσεις κλπ). Ακολούθως, λόγω των αντιμονοπωλιακών κανόνων που θέσπισε η Ευρωπαϊκή Ένωση, εμφανίστηκαν και οι πρώτες εταιρείες, παροχής τηλεφωνικών υπηρεσιών καταρχήν και λίγο αργότερα και Internet. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 όμως είχαμε την εισαγωγή στην Ελλάδα και των πρώτων εμπορικών παρόχων υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας με την οποία κινητή τηλεφωνία θα ασχοληθούμε στην επόμενη παράγραφο.

#### **4.8.3 Κινητή τηλεφωνία**

Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας προϋπήρχαν σε κάποιες χώρες του πλανήτη (Καναδάς, Ιαπωνία, ΗΠΑ). Το 1992 όμως για πρώτη φορά δημιουργήθηκε ένα παγκόσμιο πρότυπο προκειμένου να ενοποιηθούν όλα τα υπάρχοντα δίκτυα αλλά και να θεσπιστούν διεθνείς κανόνες για την περαιτέρω λειτουργία και ανάπτυξη τους, το GSM (Global System for Mobile). Σκοπός του GSM ήταν να παρέχει ένα παγκόσμιο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας που θα μπορούσε να δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα δομικά κομμάτια και να μην εξαρτάται από συγκεκριμένους κατασκευαστές και πωλητές υλικού (hardware).

Η 1η γενιά GSM κινητής τηλεφωνίας παρείχε υψηλής ποιότητας επικοινωνίες φωνής, μικρού εύρους ζώνης συνδέσεις δεδομένων για FAX και SMS (Short Message Service), και πλήρη dial-in σύνδεση στο Internet για υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) και πλοήγησης (web browsing) με τη χρήση φορητού υπολογιστή.

Η αυξημένη χρήση των κινητών τηλεφώνων, συσκευών και επικοινωνία δεδομένων αποτελεί τον οδηγό της αγοράς για γρήγορες και αξιόπιστες υποδομές. Η

---

2η και 3η γενιά του GSM επιτυγχάνουν αυτό το σκοπό, καθώς δίνουν ένα επαρκές πλαίσιο για τη χρήση τεχνολογιών που επιτρέπουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης και καινούργιες υπηρεσίες δεδομένων. Η 2η γενιά GSM εισήγαγε το GPRS (General Packet Radio Service) και η 3η γενιά το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Η μεταγωγή πακέτου είναι πλέον ο μηχανισμός μεταγωγής για κλήσεις δεδομένων (data calls) και Διαδικτυακές συνόδους (Internet sessions), σε αντίθεση με τη μεταγωγή κυκλώματος που είναι ο μηχανισμός μεταγωγής για την 1η γενιά GSM. Βέβαια, λόγω των κάποιων περιορισμών, η μεταγωγή κυκλώματος μπορεί να εξακολουθήσει να υπάρχει στα δίκτυα GSM 2ης και 3ης γενιάς για επικοινωνίες με φωνή. Η αλλαγή αυτή στους μηχανισμούς μεταγωγής, όπως ήταν φυσικό, επέφερε και κάποια νέα μοντέλα στις πολιτικές χρέωσης. Στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγράψουμε αναλυτικά τα σημαντικότερα από τα μοντέλα που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν καθώς επίσης και κάποιες προτάσεις για το μέλλον.

Η διεύθυνση της κινητής τηλεφωνίας στη χώρα μας έχει φτάσει σε επίπεδα άνω του 75%. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι 3 στους 4 κατοίκους της χώρας έχει στα χέρια τους μία προσωπική επικοινωνιακή συσκευή, ικανή να χρησιμοποιηθεί για επικοινωνία με ήχο, κείμενο αλλά και εικόνα. Η συνηθέστερη πολιτική χρέωσης που χρησιμοποιείται για την κινητή τηλεφωνία, στην Ελλάδα, είναι η fixed price κοστολόγηση. Πρόκειται για μια πολιτική χρέωσης κατά την οποία ο χρήστης γνωρίζει απόλυτα τη τιμή χρέωσης του για την κάθε παρεχόμενη υπηρεσία, π.χ. γνωρίζει απόλυτα την τιμή χρέωσης για την αποστολή ενός SMS από το κινητό του τηλέφωνο ή για την αποστολή ενός MMS, κ.οκ..

## **4.9 Παρεχόμενες Λύσεις QoS για Δίκτυα**

Στις επόμενες ενότητες θα μελετήσουμε διάφορες υπηρεσίες οι οποίες διαμέσου της χρέωσης υποστηρίζουν καθορισμένες ποιότητες υπηρεσιών (QoS) στις δικτυακές τους εφαρμογές.

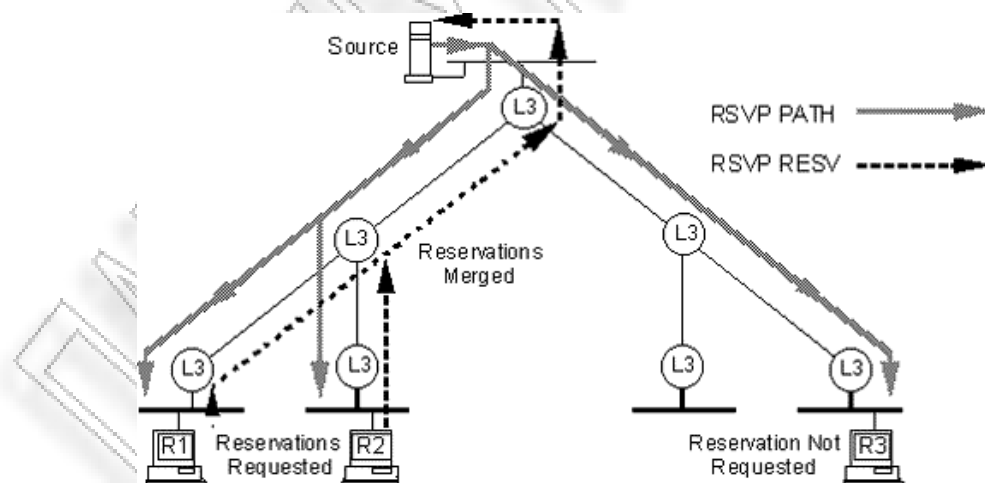
### **4.9.1 Το πρωτόκολλο RSVP**

Το πρωτόκολλο RSVP (Resource ReSerVation Setup Protocol) είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης που ορίστηκε από την IETF (Braden et al, 1997). Το πρωτόκολλο RSVP είναι αναπτύχθηκε για να καθιστά ικανό το διαδίκτυο να υποστηρίζει καθορισμένες ποιότητες υπηρεσίας (QoS). Χρησιμοποιώντας το RSVP, μια εφαρμογή είναι ικανή να κρατά πόρους (εφεδρεία) στους δρομολογητές (router) από την πηγή στον προορισμό και κάτι τέτοιο φαντάζει από την πρώτη στιγμή να είναι κάτι πολύ σημαντικό για τη λειτουργία των πακέτων. Οι δρομολογητές που υποστηρίζουν το RSVP, στη συνέχεια προγραμματίζουν και δίνουν προτεραιότητες στα πακέτα για πραγματοποίηση ποιότητας υπηρεσίας (QoS). Το RSVP είναι ένα κύριο συστατικό ενός νέου αναπτυσσόμενου διαδικτύου, γνωστού ως διαδικτύου αναβαθμισμένων υπηρεσιών. Η γενική ιδέα είναι ο εμπλουτισμός του διαδικτύου για υποστήριξη μετάδοσης πραγματικού χρόνου δεδομένων (real-time).

Ένα από τα προβλήματα του πρωτοκόλλου RSVP είναι ότι το ποσό της πληροφορίας που πρέπει να αποθηκεύεται στους δρομολογητές αυξάνει ανάλογα με τον αριθμό των ροών κίνησης στις οποίες παρέχεται μια συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας (Stiller, Reichl and Leinen, 2000). Αυτό δημιουργεί πολύ μεγάλο

υπολογιστικό φόρτο και απαιτεί τεράστιο αποθηκευτικό χώρο στους δρομολογητές. Γι' αυτό το πρωτόκολλο αυτό δεν επεκτείνεται αποδοτικά στο εσωτερικό του Internet. Το πρόβλημα αυτό περιορίζεται ελάχιστα από τη δυνατότητα του πρωτοκόλλου RSVP να ενοποιεί ροές κίνησης για πολλαπλούς αποδέκτες. Επίσης, οι απαιτήσεις σε λειτουργικότητα που δημιουργεί η αρχιτεκτονική αυτή στους δρομολογητές είναι μεγάλες. Όλοι οι δρομολογητές πρέπει να υλοποιούν το πρωτόκολλο RSVP, τη διαδικασία ελέγχου αποδοχής κλήσης, τη διαδικασία διαχωρισμού της κυκλοφορίας ανά ροή, και τη διαδικασία χρονοπρογραμματισμού αποστολής κίνησης.

Το RSVP ενώ αρχικά σχεδιάστηκε να υποστηρίζει multicast εφαρμογές, υποστηρίζει και point-to-point συνδέσεις. Το RSVP είναι ένα reservation setup και control πρωτόκολλο και όχι routing πρωτόκολλο. Συνεπώς εάν αλλάξει το μονοπάτι, εξαιτίας αλλαγών της τοπολογίας δικτύου, το RSVP θα προσπαθήσει να διατηρήσει την υπάρχουσα κράτηση πάνω στο καινούριο μονοπάτι, χωρίς όμως να μπορεί να εγγυηθεί. Το παρακάτω σχήμα δείχνει πώς μια RSVP κράτηση γίνεται. Η πηγή στέλνει ένα *RSVP PATH* μήνυμα στον σταθμό προορισμού (ή σε πολλούς σταθμούς προορισμού εάν η σύνδεση είναι multicast). Το *PATH* μήνυμα περιέχει τις παραμέτρους οι οποίες περιγράφουν την ποιότητα εξυπηρέτησης που απαιτεί η εφαρμογή. Αφού φτάσει το RSVP μήνυμα στους παραλήπτες, το κάθε desktop αποφασίζει εάν μπορεί να κάνει κράτηση εύρους ζώνης. Εάν το desktop αποφασίσει να κάνει την κράτηση, ο παραλήπτης στέλνει ένα *RSVP RESV* μήνυμα, το οποίο περιέχει την απαίτηση για εύρος ζώνης. Οι routers που βρίσκονται κατά μήκος του μονοπατιού, καταχωρούν με την σειρά ο καθένας, με κατεύθυνση από τον παραλήπτη στον αποστολέα, την κράτηση και προσπαθούν να διαθέσουν το εύρος ζώνης που απαιτείται. Οι routers μπορούν να συγχωνεύσουν τις αιτήσεις για κράτηση από διάφορους παραλήπτες σε μια αίτηση (εφόσον η πηγή είναι κοινή) και να την στείλουν στον επόμενο router. Εάν η κράτηση δεν μπορεί να γίνει σε έναν από τους routers τότε ο router στέλνει ένα μήνυμα πίσω στον παραλήπτη με το οποίο τον πληροφορεί ότι δεν μπορεί να κάνει την κράτηση (Stiller, Reichl and Leinen, 2000).



Σχήμα 4-15: Η λειτουργία του Resource ReServation Protocol (RSVP)

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του RSVP πρωτοκόλλου είναι ότι δυναμικά δημιουργεί και καταστρέφει συνδέσεις με το επίπεδο εξυπηρέτησης που απαιτείται και συνεπώς γίνεται διαμοιρασμός του εύρους ζώνης με το πιο αποτελεσματικό τρόπο. Το RSVP είναι ένας εξαιρετικά δυνατός μηχανισμός που μπορεί να συνεργαστεί με

---

scheduling/queuing αλγορίθμους έτσι ώστε να υποστηρίζει με έξυπνο τρόπο διαφορετικού επιπέδου υπηρεσίες.

#### 4.9.2 Integrated Services

Η κλάση ποιότητας υπηρεσίας Guaranteed προορίζεται για ανελαστικές εφαρμογές που απαιτούν συγκεκριμένο άνω φράγμα στην καθυστέρηση με την οποία λαμβάνουν τα πακέτα μιας ροής κίνησης. Από την άλλη, η κλάση ποιότητας υπηρεσίας Controlled Load προορίζεται για ελαστικές εφαρμογές που απαιτούν αξιόπιστη και αποδοτική υπηρεσία Best Effort (Crawley et al., 1998). Η φιλοσοφία του μοντέλου παροχής υπηρεσιών Integrated Services έχει να κάνει με τη δέσμευση πόρων και τη διατήρηση πληροφορίας για αυτή σε κάθε δρομολογητή του δικτύου από τους οποίους πρόκειται να περάσει η κίνηση μιας ροής για την οποία δεσμεύονται οι πόροι. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο RSVP. Προκειμένου να ισχύουν τα χαρακτηριστικά μιας κλάσης ποιότητας υπηρεσίας για μια ροή κίνησης πρέπει αυτή η κλάση ποιότητας υπηρεσίας και φυσικά το πρωτόκολλο RSVP να υποστηρίζεται από όλους τους δρομολογητές από τους οποίους θα περάσει η ροή κίνησης. Όμως, δεν είναι αναγκαίο να υποστηρίζονται όλες οι κλάσεις ποιότητας υπηρεσίας από κάθε δρομολογητή. Επίσης, η προσφερόμενη κλάση ποιότητας υπηρεσίας μπορεί να ανανεώνεται δυναμικά κατά τη διάρκεια παροχής της υπηρεσίας σύμφωνα με τα αποτελέσματα της σηματοδοσίας ή τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν σε κάποιο δρομολογητή από τον οποίο περνά η ροή κίνησης της υπηρεσίας. Κάθε τέτοια αλλαγή στην κλάση ποιότητας υπηρεσίας γίνεται γνωστή στον παραλήπτη μέσω της σηματοδοσίας. Ο παραλήπτης μπορεί να επιχειρήσει να επαναδιαπραγματευτεί την ποιότητα υπηρεσίας που λαμβάνει ή να διακόψει την παροχή ποιότητας υπηρεσίας. Τη δυνατότητα να διακόψει την παροχή ποιότητας υπηρεσίας την έχει και ο αποστολέας κίνησης. Πρόσφατα, το πρωτόκολλο RSVP τροποποιήθηκε και επεκτάθηκε με διάφορους τρόπους, ώστε να δεσμεύει πόρους για ομαδοποιημένες ροές κίνησης (Guerin et al., 1997), να ορίζει συγκεκριμένα μονοπάτια (Explicit Routes) με απαιτήσεις για παροχή ποιότητας υπηρεσίας, και να κάνει κάποιες άλλες λειτουργίες σηματοδοσίας για διαχείριση κυκλοφορίας (Awduché et al., 1998). Οι Integrated Services αποτελούνται από τέσσερα λειτουργικά μέρη:

- Το πρωτόκολλο σηματοδοσίας (π.χ. RSVP),
- τη διαδικασία ελέγχου αποδοχής κλήσης,
- τη διαδικασία διαχωρισμού της κυκλοφορίας ανά ροή, και
- τη διαδικασία χρονοπρογραμματισμού αποστολής κίνησης.

Το πρωτόκολλο σηματοδοσίας μεταφέρει την αίτηση δέσμευσης πόρων. Η διαδικασία ελέγχου αποδοχής κλήσης καθορίζει αν θα γίνει αποδεκτή η αίτηση δέσμευσης πόρων σε κάθε δρομολογητή. Κάθε δρομολογητής που λαμβάνει ένα πακέτο πραγματοποιεί μια ανάλυση πολλαπλών πεδίων του προκειμένου να εξετάσει αν έχουν δεσμευθεί πόροι για τη ροή κίνησης στην οποία ανήκει, δηλαδή διαχωρίζει τη κυκλοφορία ανά ροή. Η διαδικασία τοποθετεί το πακέτο στην κατάλληλη ουρά εξυπηρέτησης και

---

προγραμματίζει χρονικά την αποστολή του σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ροής κίνησης για ποιότητα υπηρεσίας (Stiller, Reichl and Leinen, 2000).

### 4.9.3 Differentiated Services

Η αρχιτεκτονική υπηρεσιών Differentiated Services (DiffServ) παρέχει ένα περιβάλλον στο οποίο οι παροχείς υπηρεσιών μπορούν να παρέχουν σε κάθε πελάτη ένα εύρος υπηρεσιών δικτύου που διαφοροποιούνται τόσο στην ποιότητα υπηρεσίας όσο και στη χρέωσή τους. Μετά από μια αίτηση παροχής ποιότητας υπηρεσίας σε μια ροή κίνησης ενός χρήστη τα πακέτα της ροής σημαδεύονται ανάλογα στην είσοδο του δικτύου. Συγκεκριμένα ανατίθεται στο Type Of Service (TOS) byte της επικεφαλίδας του πρωτοκόλλου IPv4 μια συγκεκριμένη κωδική τιμή (Differentiated Services Code Point - DSCP). Σύμφωνα με την τιμή του DSCP τα πακέτα έχουν διαφορετική αντιμετώπιση στους δρομολογητές του δικτύου. Η αντιμετώπιση αυτή ονομάζεται Per Hop Behavior (PHB) και αφορά στην προτεραιότητα της προώθησης των πακέτων, στις πιθανές απώλειες πακέτων και στις εγγυήσεις σε εύρος ζώνης. Ο τρόπος χρήσης του TOS byte ορίζεται από την αρχιτεκτονική DiffServ και σε αυτή αναφέρεται ως πεδίο DS. Σε κάθε τιμή DSCP αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη PHB. Η αντιστοιχία μεταξύ των DSCP και των PHB αφορά το διαχειριστή του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να υλοποιηθούν διάφορες κλάσεις ποιότητας υπηρεσίας, στις οποίες κατηγοριοποιείται ένα πακέτο βάσει της τιμής του πεδίου DS της επικεφαλίδας του. Στην πραγματικότητα, οι διάφορες PHB είναι μόνο συστατικά για το χτίσιμο ολοκληρωμένων κλάσεων ποιότητας υπηρεσίας. Οι παροχείς υπηρεσιών δικτύου (ISP) συνδυάζοντας τις υλοποιήσεις των PHB με ελεγκτές κυκλοφορίας (που μορφοποιούν, σημαδεύουν ή απορρίπτουν κίνηση ανάλογα), με στρατηγικές παροχής υπηρεσιών και με μοντέλα χρέωσης, μπορούν να δώσουν ολοκληρωμένες κλάσεις ποιότητας υπηρεσίας στους πελάτες τους (Courcoubetis and Siris, 1999).

Για να παρέχονται σε ένα πελάτη διαφοροποιημένες υπηρεσίες είναι αναγκαίο να υπάρχει μεταξύ του πελάτη και του ISP μια συμφωνία για το επίπεδο υπηρεσίας (Service Level Agreement – SLA). Το SLA αποτελεί συμφωνία σχετικά με το ποιες διαφοροποιημένες υπηρεσίες παρέχονται σε έναν συγκεκριμένο πελάτη, τα κριτήρια ελέγχου (προσδιορισμός ροής, προγραμματισμός παροχής, το κόστος και άλλα) της κίνησης που εισάγεται στο δίκτυο και τις παραμέτρους της κίνησης (Stiller, Reichl and Leinen, 2000). Ένα υποσύνολο του SLA ορίζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά (π.χ. τις παραμέτρους ελέγχου κίνησης του μοντέλου Leaky Bucket, τις εγγυήσεις σε εύρος ζώνης και σε καθυστέρηση) των υπηρεσιών που παρέχονται και ονομάζεται Service Level Specification (SLS). Οι υπηρεσίες DiffServ παρέχονται μόνο για κίνηση μιας κατεύθυνσης. Για το λόγο αυτό η συμπεριφορά του δικτύου για κάθε κατεύθυνση ορίζεται από διαφορετικά SLA. Ένα SLA μπορεί να είναι στατικό ή δυναμικό. Για τα στατικά SLA η διαπραγμάτευση μεταξύ του πελάτη και του ISP γίνεται ανά μεγάλα χρονικά διαστήματα, για παράδειγμα μηνιαίως ή ετησίως. Οι πελάτες με δυναμικά SLA πρέπει να χρησιμοποιούν κάποιο πρωτόκολλο σηματοδότησης (π.χ. RSVP), προκειμένου να ζητούν άλλες υπηρεσίες κατά βούληση (Courcoubetis and Siris, 1999).

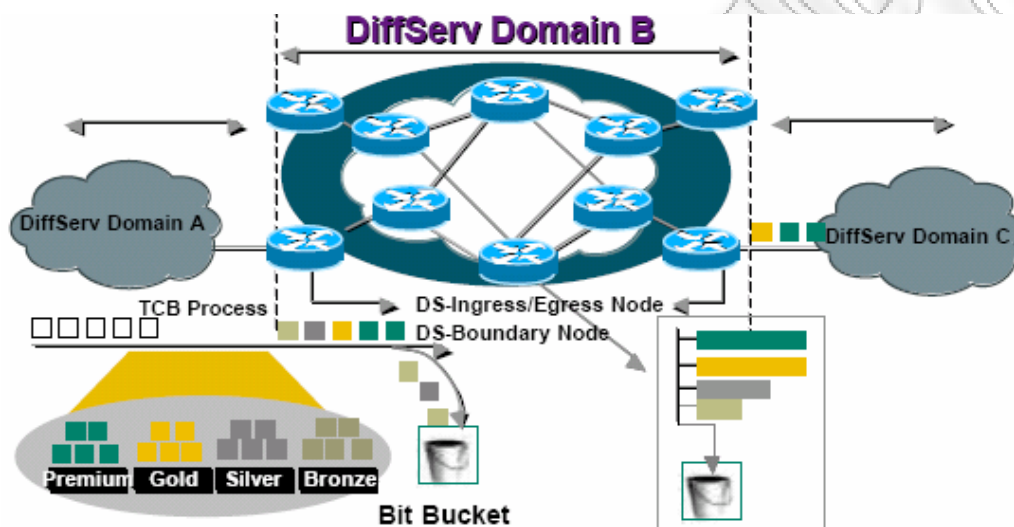
Ο ελεγκτής κυκλοφορίας (Traffic Conditioner) περιλαμβάνει τις απαραίτητες λειτουργίες για την εφαρμογή των SLA στα πακέτα των διαφόρων ροών κίνησης στο δίκτυο. Αποτελείται από (Courcoubetis and Siris, 1999):

- 
- Τον διαχωριστή κίνησης (Classifier) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία ενός ή περισσότερων πεδίων του πακέτου προκειμένου να το μεταχειριστεί σύμφωνα με το SLA της ροής κίνησης στην οποία ανήκει. Αν η κίνηση διαχωρίζεται στο επίπεδο ομαδοποιημένων ροών κίνησης με βάση το πεδίο DS των πακέτων της κυκλοφορίας, τότε ο διαχωριστής κίνησης ονομάζεται Bandwidth Aggregate (BA) Classifier. Αν ο διαχωρισμός της κίνησης περιλαμβάνει επεξεργασία πολλών πεδίων του πακέτου προκειμένου να βρεθεί η ροή στην οποία ανήκει, τότε ο διαχωριστής κίνησης ονομάζεται Micro-Flow (MF) Classifier.
  - Το λειτουργικό τμήμα (Marker) που σημαδεύει τα ασημάδευτα πακέτα (το πεδίο DS) ανάλογα με τη ροή κίνησης στην οποία ανήκουν ή τα σημαδεμένα πακέτα σύμφωνα με την τιμή του DSCP που έχουν ήδη (σε περίπτωση αντιστοίχισης μεταξύ DSCP από τον διαχειριστή του δικτύου ή όπως ορίζει η πολιτική που ακολουθείται τοπικά).
  - Το μετρητή κίνησης (Meter) ο οποίος συλλέγει στοιχεία για την κυκλοφορία σε κάθε PHB και άλλα στατιστικά στοιχεία για την κίνηση.
  - Το λειτουργικό τμήμα (Conditioner) που εφαρμόζει σε κάθε πακέτο μιας ροής κίνησης τη PHB που του αντιστοιχεί. Η συμπεριφορά που αντιστοιχεί σε κάθε πακέτο μπορεί να περιλαμβάνει μαρκάρισμα ή μέτρηση (από τα προηγούμενα λειτουργικά τμήματα), αλλά μπορεί να περιλαμβάνει και επιλογή της ουράς εξυπηρέτησης όπου θα τοποθετηθεί το πακέτο. Επίσης, σε αυτό το λειτουργικό τμήμα μπορεί να εφαρμόζεται μορφοποίηση ή απόρριψη κίνησης ανά ροή κίνησης ή σε επίπεδο ομαδοποιημένων ροών προκειμένου να συμμορφώνεται η κίνηση με τους όρους του SLA της και με τη συνολική χωρητικότητα ανά PHB.

Η παραπάνω λειτουργικότητα του ελεγκτή κίνησης πραγματοποιείται σε επίπεδο ροών ή ομαδοποιημένων ροών σε κάθε δρομολογητή ενός δικτύου DiffServ (Shu and Varaiya, 2003). Ο διαχωρισμός κίνησης τύπου MF είναι εξαιρετικά επιβαρυντικός σε υπολογιστικό φόρτο για ένα δρομολογητή. Επίσης, το μαρκάρισμα της κίνησης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, πρέπει να γίνεται στην είσοδο του δικτύου DiffServ. Η συμμόρφωση της κίνησης στους όρους των συμβολαίων που τη διέπουν ανά ροή είναι και αυτή εξαιρετικά επιβαρυντική σε υπολογιστικό φόρτο για τους δρομολογητές. Για τους λόγους αυτούς οι παραπάνω λειτουργίες πρέπει να λαμβάνουν χώρα στους δρομολογητές εισόδου του δικτύου ή ακόμα και στους υπολογιστές των πελατών που αποστέλλουν την κίνηση, αν είναι δυνατό και μπορεί το δίκτυο να τους εμπιστευθεί. Στο εσωτερικό του δικτύου πρέπει να λαμβάνουν χώρα μόνο διαχωρισμός κίνησης τύπου BA και συμμόρφωση της κίνησης στο επίπεδο ομαδοποιημένων ροών. Με τον τρόπο αυτό ο υπολογιστικός φόρτος δεν επιβαρύνει το εσωτερικό ενός δικτύου DiffServ. Τα παραπάνω πρέπει να γίνουν και για έναν επιπλέον λόγο. Τα δίκτυα των ISP αποτελούνται από δρομολογητές πρόσβασης και από δρομολογητές κορμού. Οι δρομολογητές κορμού πρέπει να προωθούν τα πακέτα πολύ γρήγορα και γι' αυτό οι λειτουργίες που κάνουν πρέπει να είναι απλές, ενώ οι δρομολογητές πρόσβασης δεν είναι ανάγκη να προωθούν τα πακέτα τόσο γρήγορα λόγω του ότι οι γραμμές πρόσβασης των πελατών είναι σχετικά αργές. Οπότε οι δρομολογητές πρόσβασης είναι σε θέση να ξοδέψουν υπολογιστικό χρόνο για να κάνουν επεξεργασία (μαρκάρισμα, μορφοποίηση, απόρριψη) της κίνησης ανά ροή. Όταν ένα πακέτο εξέρχεται από ένα διαχειριζόμενο περιβάλλον δικτύου και εισέρχεται σε ένα άλλο το

πεδίο DS της επικεφαλίδας του μπορεί να μαρκαριστεί ξανά και σύμφωνα με το SLA μεταξύ των διαχειριζομένων δικτύων.

Μία περιοχή των Differentiated Services είναι ένα σύνολο από συνεχόμενα DS domain. Οι DS περιοχές είναι ικανές να υποστηρίξουν διαφοροποιημένες υπηρεσίες κατά τα μονοπάτια που βρίσκονται στα domain της περιοχής. Η συνολική αρχιτεκτονική των Differentiated Services σε μία DS περιοχή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Είναι πιθανό διάφορα DS domains σε μία DS περιοχή να υιοθετούν μία κοινή πολιτική παροχής υπηρεσίας και να υποστηρίζουν ένα κοινό σύνολο από PHB και αντιστοιχήσεων των DS πεδίων σε αυτές, προσπερνώντας την ανάγκη για έλεγχο κυκλοφορίας μεταξύ αυτών.



Σχήμα 4-16: Αρχιτεκτονική των Differentiated Services

#### 4.9.4 Λειτουργία ενοποιημένων υπηρεσιών (IntServ over DiffServ)

Σήμερα, το μοντέλο των DiffServ έχει γίνει ευρέως αποδεκτό για παροχή QoS και προβλέπεται η υιοθέτηση του από μεγάλο μέρος των ISP. Έχει αποδειχτεί πως είναι κλιμακούμενο, υποστηρίζεται από πολλές συσκευές και παρέχει ένα εξισορροπημένο συμβιβασμό μεταξύ της προσπάθειας για QoS και των αποτελεσμάτων. Οι δύο υπηρεσίες εμφανίζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τέτοια που η μία κατά κάποιον τρόπο να συμπληρώνει την άλλη (Bernet *et al.*, 1999). Έτσι, θέλουμε να εκμεταλλευθούμε την απλότητα και την επεκτασιμότητα που διαθέτει το μοντέλο των διαφοροποιημένων υπηρεσιών από τη μια, και από την άλλη θέλουμε να εκμεταλλευθούμε τις αυξημένες δυνατότητες ελέγχου στην παροχή ποιότητας υπηρεσιών που μας δίνει το μοντέλο των ενοποιημένων υπηρεσιών. Ένας τρόπος να το πετύχουμε αυτό είναι να υλοποιήσουμε τη λειτουργία των ενοποιημένων υπηρεσιών, που έχει υλοποιηθεί σε ένα μικρό εταιρικό δίκτυο, πάνω από ένα μεγάλο δίκτυο διαφοροποιημένων υπηρεσιών.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, στις ενοποιημένες υπηρεσίες η κράτηση πόρων (resource reservation) γίνεται ζητώντας μια συγκεκριμένη υπηρεσία στέλνοντας ένα



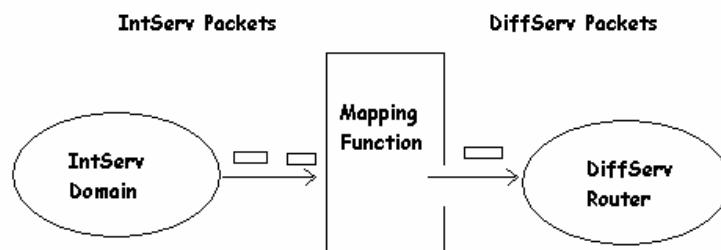
---

σύνολο παραμέτρων, το οποίο ονομάζεται  $T_{spec}$  (Traffic Specification). Κάθε τέτοιο σύνολο παραμέτρων καθορίζει ένα αντίστοιχο επίπεδο προτεραιότητας. Το πρόβλημα είναι πως θα μετατραπεί αυτό το σύνολο παραμέτρων σε ένα κατάλληλο DSCP, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα DS-domain. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι να τρέχουμε ταυτόχρονα στους συνοριακούς δρομολογητές (boundary routers) ενοποιημένες και διαφοροποιημένες υπηρεσίες, όπου δηλαδή η επικοινωνία σε επίπεδο ενοποιημένων υπηρεσιών γίνεται μόνο ανάμεσα σε συνοριακούς δρομολογητές αφού φύγουμε από το αμιγώς IntServ περιβάλλον και οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες λειτουργούν κάπως σαν ένα πρωτόκολλο μεταφοράς των IntServ πακέτων (Hal R. Varian, 1995).

Οπότε θα πρέπει να βρούμε μια αντιστοίχιση από IntServ σε DiffServ πακέτα και θα πρέπει να συμβαίνουν τα παρακάτω:

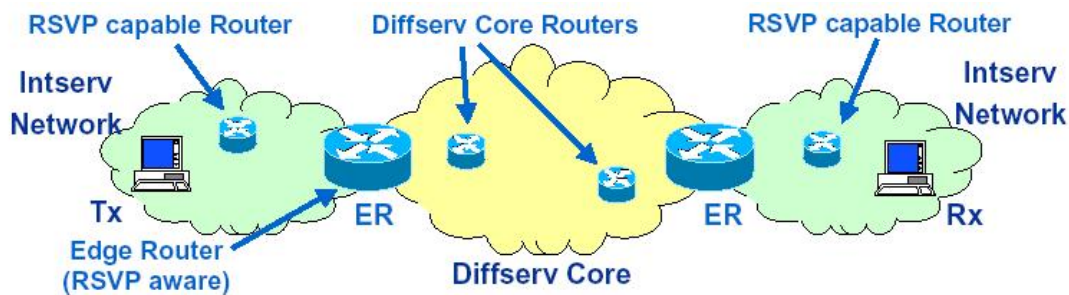
1. Πρέπει να επιλέγονται κατάλληλες PHB για κάθε αίτηση που γίνεται από το IntServ domain.
2. Οι αναγκαίες λειτουργίες marking, shaping πρέπει να γίνονται στους συνοριακούς δρομολογητές του DS-domain.
3. Λαμβάνοντας υπόψη τους διαθέσιμους πόρους στο DS-domain, πρέπει να γίνεται κάποιου είδους έλεγχος για την αποδοχή ή απόρριψη ενός πακέτου.

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται η ιδέα που αναλύσαμε στις παραπάνω γραμμές.



Σχήμα 4-17: Απεικόνιση InterServ over DiffServ

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η οργάνωση των δρομολογητών σε ένα δίκτυο που υποστηρίζει τη λειτουργία των ενοποιημένων υπηρεσιών πάνω από δρομολογητές που υποστηρίζουν διαφοροποιημένες υπηρεσίες.



Σχήμα 4-18: Λειτουργία IntServ over DiffServ

Με τον τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω είναι εφικτή η εφαρμογή του συνδυασμού των μηχανισμών σε μεγάλα δίκτυα. Η βασική διαφορά των δύο μηχανισμών είναι ότι το DiffServ δεν επιχειρεί να εγγυηθεί ένα επίπεδο υπηρεσίας (όπως το μοντέλο των IntServ), αλλά μάλλον επιχειρεί μια σχετική διάταξη των ροών, έτσι ώστε μια συνολική ροή να τυχαίνει καλύτερης ή χειρότερης μεταχείρισης σε σχέση με άλλες. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο συνεργασίας, η επεκτασιμότητα των DiffServ δικτύων συντελεί στην εξάπλωση των δυνατοτήτων των IntServ δικτύων. Τα παρεμβαλλόμενα DiffServ δίκτυα μεταχειρίζονται ως απλοί κόμβοι από τα IntServ δίκτυα (Courcoubetis and Siris, 1999). Τα RSVP μηνύματα σηματοδότησης μεταφέρονται διαφανώς διαμέσου των δικτύων που υποστηρίζουν differentiated services. Οι συσκευές στα όρια ανάμεσα στα δύο διαφορετικά δίκτυα επεξεργάζονται τα RSVP μηνύματα και παρέχουν έλεγχο αποδοχής με βάση τη διαθεσιμότητα των πόρων στο DiffServ δίκτυο. Το μοντέλο υπηρεσιών IntServ over DiffServ είναι εξαιρετικά κατάλληλο για την παροχή ποσοτικών υπηρεσιών από άκρο σε άκρο. Η χρήση της RSVP σηματοδότησης παρέχει έλεγχο αποδοχής στο δίκτυο των DiffServ, με βάση τη διαθεσιμότητα των πόρων και αποφάσεις διάφορων πολιτικών. Επίσης, απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τη διάρθρωση των ταξινομητών, των ελεγκτών και άλλων συνιστωσών διαμόρφωσης της κυκλοφορίας στα δίκτυα που υποστηρίζουν differentiated services (Stiller, Reichl and Leinen, 2000).

#### 4.9.5 Χρέωση Ελαστικών Υπηρεσιών

Ένας αριθμός εφαρμογών, των οποίων η κίνηση κυριαρχεί στο Internet, είναι οι ελαστικές υπηρεσίες, δηλαδή εκείνες που προσαρμόζουν τον ρυθμό αποστολής κίνησης στην ανάδραση του ελέγχου ροής, και συνεπώς στις συνθήκες συμφόρησης που επικρατούν (Courcoubetis, Siris, 1999). Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η μεταφορά ηλεκτρονικών μηνυμάτων (μέσω του πρωτοκόλλου SMTP), η μεταφορά αρχείων (μέσω των πρωτοκόλλων FTP, HTTP) και η απομακρυσμένη πρόσβαση σε τερματικό (Telnet). Η ελαστική κίνηση επιτρέπει ένα εύκαμπτο συμβόλαιο κίνησης μεταξύ του πελάτη και του παροχέα του δικτύου, στο οποίο δεν παρέχονται εγγυήσεις σχετικά με την καθυστέρηση και την πιθανότητα απώλειας των πακέτων της κίνησης. Οι ελαστικές εφαρμογές δεν έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για εύρος ζώνης, αλλά χρησιμοποιούν όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης του δικτύου για την εξυπηρέτησή τους. Είναι κατάλληλες για την εξυπηρέτηση των ελαστικών εφαρμογών. Παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών είναι η υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας μεταφοράς (Best Effort) του Internet με το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP και η υπηρεσία Available Bit Rate

---

(ABR) του πρωτοκόλλου δικτύου ATM. Η απόδοση των ελαστικών υπηρεσιών μειώνεται δραστικά στις περιόδους υπερφόρτωσης του δικτύου.

Αν στην παροχή των ελαστικών υπηρεσιών δε λαμβάνεται υπόψη η ζήτηση δικτυακών πόρων (δηλαδή εύρους ζώνης και χώρου ενταμίευσης) για τη χρέωσή τους, ο διαμοιρασμός των πόρων στους διαφόρους χρήστες δε γίνεται με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση αυτή, γιατί ενώ κάποιοι διατίθενται να πληρώσουν περισσότερα για να χρησιμοποιήσουν περισσότερους πόρους, πληρώνουν το ίδιο και οι πόροι που χρησιμοποιούν δεν είναι οι ίδιοι (εξαρτώνται από την εκάστοτε εφαρμογή). Προκειμένου να λαμβάνεται υπόψη η ζήτηση δικτυακών πόρων από τους χρήστες και να πραγματοποιείται οικονομικά αποδοτικός διαμοιρασμός των πόρων του δικτύου, έχει προταθεί η χρέωση των ελαστικών υπηρεσιών με βάση τη συμφόρηση του δικτύου. Στην περίπτωση αυτή, οι τιμές ανά μονάδα χρησιμοποιούμενων δικτυακών πόρων μπορεί να υπολογίζονται δυναμικά (ανάλογα με τη συμφόρηση του δικτύου), ή να προκύπτουν από προηγούμενες μετρήσεις της συμφόρησης (π.χ. διαφορετικές τιμές ανά ώρα της ημέρας). Κατά την περίοδο συμφόρησης του δικτύου, οι χρήστες που πληρώνουν περισσότερο διατηρούν ικανή ποσότητα πόρων και άρα έχουν καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας. Η οικονομικά βέλτιστη τιμή ανά μονάδα χρήσης δικτυακών πόρων είναι αυτή για την οποία ισχύει ότι η μοναδιαία αύξηση ή μείωση στην ωφελιμότητα ενός χρήστη ισούται με τη μοναδιαία αύξηση ή μείωση στο κοινωνικό κόστος λόγω συμφόρησης στο δίκτυο (να σημειώσουμε ότι για να ισχύει αυτό η ζήτηση είναι περίπου ίση με τη χωρητικότητα).

Έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για την υλοποίηση αυτού του τρόπου χρέωσης. Μια από αυτές είναι κάθε χρήστης να υπολογίζει τις απαιτήσεις του σε δικτυακούς πόρους, να πληροφορεί το δίκτυο σχετικά, και το δίκτυο να υπολογίζει την τιμή ανά μονάδα χρήσης δικτυακών πόρων με βάση τη συνολική ζήτηση και να πληροφορεί τους χρήστες. Μια άλλη προσέγγιση είναι το δίκτυο να δημοπρατεί τους πόρους του στους χρήστες. Σύμφωνα με αυτή, οι χρήστες πληροφορούν το δίκτυο για τη μέγιστη τιμή ανά μονάδα χρήσης πόρων που διατίθενται να πληρώσουν. Το δίκτυο επιτρέπει την αποστολή της κίνησης σε κάποιο χρήστη, μόνο όταν η τιμή ανά μονάδα χρήσης πόρων που υπολογίζεται από το δίκτυο είναι μικρότερη από αυτή που διατίθεται να πληρώσει ο χρήστης. Τέλος, σύμφωνα με μια τρίτη προσέγγιση, ο ρυθμός των ροών κίνησης των χρηστών ελέγχεται με βάση το ρυθμό χρέωσης από το δίκτυο με βάση τη συμφόρησή του κάθε χρονική στιγμή, αλλά και το συνολικό ποσό που διατίθεται να πληρώσει κάθε χρήστης, επιτυγχάνοντας έτσι αναλογική δικαιοσύνη (proportional fairness). Στην προσέγγισή μας, υποθέτουμε ότι η ελαστική υπηρεσία του Internet (Best Effort) παρέχεται δωρεάν, γιατί δεν παρέχει καμιά εγγύηση χρήσης δικτυακών πόρων παρά μόνο συνδεσιμότητα. Στην περίπτωση αυτή, οι απαιτήσεις των χρηστών για δικτυακούς πόρους ικανοποιούνται από κλάσεις υπηρεσίας ανώτερες της κλάσης Best Effort.

#### **4.9.6 Χρέωση Εγγυημένων Υπηρεσιών**

Οι εφαρμογές που έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις παροχής QoS από το δίκτυο για την κίνηση που στέλνουν ή λαμβάνουν ονομάζονται υπηρεσίες εγγυημένης ποιότητας ή απλώς εγγυημένες υπηρεσίες. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η μεταφορά κίνησης πολυμέσων πραγματικού χρόνου, η τηλεφωνία και η συνδιάσκεψη μέσω video. Εγγυημένες υπηρεσίες δικτύου (Courcoubetis, Siris, 1999) είναι αυτές

---

που παρέχουν στις εγγυημένες εφαρμογές τις αντίστοιχες εγγυήσεις ποιότητας (καθυστέρηση, διακύμανση καθυστέρησης, εύρος ζώνης, πιθανότητα απώλειας πακέτου) είτε στατιστικές είτε ντετερμινιστικές. Το συμβόλαιο κίνησης μιας εγγυημένης υπηρεσίας καθορίζεται από τους πόρους που δεσμεύονται στο δίκτυο για την παροχή της υπηρεσίας αυτής. Επειδή οι συνολικοί πόροι του δικτύου είναι περιορισμένοι, κάθε νέο συμβόλαιο κίνησης υπόκειται σε έλεγχο αποδοχής κλήσης και αν γίνει δεκτό η κίνησή του ελέγχεται, ώστε να συμμορφώνεται με τους όρους του.

Μια διαδεδομένη μέθοδος για τον έλεγχο της εισερχόμενης κίνησης στο δίκτυο και τη συμμόρφωσή της σύμφωνα με το συμβόλαιο κίνησής της είναι το μοντέλο Leaky Bucket (LB) που υλοποιείται ως κυλιόμενο χρονικό παράθυρο. Χρησιμοποιείται ευρέως σε δικτυακές τεχνολογίες που δίνουν εγγυήσεις για την ποιότητα υπηρεσίας μεταφοράς όπως είναι το ATM (σύμφωνα με τον αλγόριθμο Generic Cell Rate Algorithm, GCRA), το Frame Relay, αλλά και οι Differentiated Services.

Σύμφωνα με τη μέθοδο LB (συνεχούς χρόνου) των Differentiated Services για κάθε ροή εισερχόμενης κίνησης στο δίκτυο ορίζονται οι παρακάτω παράμετροι ελέγχου της:

- Token Bucket Rate ( $\rho$ ), εκφράζει το μέγιστο μέσο ρυθμό αποστολής κίνησης σε όλα τα χρονικά παράθυρα. Μετριέται σε μονάδες εύρους ζώνης.
- Token Bucket Size ( $\beta$ ), είναι το μέγεθος του κυλιόμενου χρονικού παραθύρου. Εκφράζει τη μέγιστη χρονική διάρκεια ενός «ξεσπάσματος» κίνησης, δηλαδή συνεχόμενης αποστολής κίνησης με το μέγιστο ρυθμό αποστολής. Μετριέται σε μονάδες χωρητικότητας.
- Peak Rate ( $h$ ), είναι ο μέγιστος ρυθμός αποστολής κίνησης σε όλα τα χρονικά παράθυρα. Μετριέται σε μονάδες εύρους ζώνης.

Το κυλιόμενο χρονικό παράθυρο «γεμίζει» με ρυθμό  $\rho$ . Σε κάθε χρονική στιγμή  $t$  σε κάποιο δρομολογητή εισόδου του δικτύου DiffServ φθάνει κίνηση  $x(t)$ . Αν η κίνηση  $x(t)$  είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ποσότητα κίνησης  $h\Delta t$  που μπορεί να αποσταλεί, τότε η κίνηση είναι μη συμμορφούμενη με το SLS της και είτε κατηγοριοποιείται σε κατώτερη κλάση ποιότητας υπηρεσίας από αυτή που ορίζει το SLS της και προωθείται, είτε απορρίπτεται, είτε μορφοποιείται (αποθηκεύεται έως ότου γίνει συμμορφούμενη). Διαφορετικά, αν η κίνηση  $x(t)$  είναι μικρότερη από τη μέγιστη ποσότητα κίνησης  $h\Delta t$  που μπορεί να αποσταλεί, τότε συγκρίνεται με την ποσότητα  $LB(t)$  που εκφράζει το πόσο «γεμάτο» είναι το χρονικό παράθυρο. Αν  $x(t) > LB(t)$ , τότε η κίνηση είναι μη συμμορφούμενη και αντιμετωπίζεται όπως περιγράψαμε παραπάνω. Αν, όμως,  $x(t) \leq LB(t)$ , τότε η κίνηση είναι συμμορφούμενη με το SLS της, κατηγοριοποιείται στην κλάση ποιότητας υπηρεσίας που ορίζει το SLS και προωθείται.

Το ισοδύναμο εύρος ζώνης παρέχει ένα μέτρο της ισοδύναμης χρήσης των πόρων του δικτύου από μια πηγή σε ένα ορισμένο σημείο λειτουργίας του  $(s, t)$ . Η χωρική παράμετρος  $s$  (μετριέται σε  $\text{Mbit}^{-1}$ ) ενός συνδέσμου εκφράζει τη δυνατότητα που έχει για πολυπλεξία ο σύνδεσμος και εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τη σχέση της χωρητικότητας του συνδέσμου με το μέγιστο ρυθμό των πολυπλεκομένων πηγών

---

κυκλοφορίας. Όταν ο μέγιστος ρυθμός των πολυπλεκομένων πηγών σε ένα σύνδεσμο είναι πολύ μικρότερος από τη χωρητικότητα του συνδέσμου, τότε ο σύνδεσμος έχει μεγάλες δυνατότητες πολυπλεξίας, το  $s$  τείνει στο 0 και το ισοδύναμο εύρος ζώνης των ροών κυκλοφορίας προσεγγίζει το μέσο ρυθμό τους (δηλαδή το  $X(t)/t$ ). Αντίθετα, αν η χωρητικότητα ενός συνδέσμου δεν είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με τον μέγιστο ρυθμό των πολυπλεκομένων πηγών, τότε ο σύνδεσμος δεν έχει μεγάλες δυνατότητες για πολυπλεξία, το  $s$  τείνει στο άπειρο και το ισοδύναμο εύρος ζώνης των πολυπλεκομένων ροών κυκλοφορίας προσεγγίζει το μέγιστο ρυθμό τους. Η χρονική παράμετρος  $t$  ενός συνδέσμου εκφράζει την πιο πιθανή χρονική διάρκεια που γεμίζει ο ενταμιευτής του συνδέσμου μέχρι να συμβεί υπερχειλίση.

Το ισοδύναμο εύρος ζώνης ορίζεται για ένα σύνδεσμο του δικτύου, αλλά μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να γενικευτεί για ολόκληρο το δίκτυο, αφού αποδεικνύεται ότι τα στατιστικά χαρακτηριστικά μιας ροής κυκλοφορίας παραμένουν αναλλοίωτα κατά το πέρασμά της από ένα μεταγωγέα του δικτύου, και ότι η συμπεριφορά του μεταγωγέα εξαρτάται μόνο από το ισοδύναμο εύρος ζώνης των ροών που διέρχονται από αυτόν. Επίσης, μετρήσεις με πραγματική κίνηση έχουν δείξει ότι ο παραπάνω ορισμός του ισοδύναμου εύρους ζώνης είναι ακριβής. Επίσης, έχουν δείξει ότι οι παράμετροι  $s$ ,  $t$  δεν επηρεάζονται για μικρές μεταβολές στο μείγμα των πολυπλεκομένων ροών κυκλοφορίας ενός συνδέσμου.

Όπως έχει αναφερθεί, διαφορετικά είδη πηγών κυκλοφορίας έχουν διαφορετικό ισοδύναμο εύρος ζώνης. Για κάποια είδη πηγών ο υπολογισμός του ισοδύναμου εύρους ζώνης είναι εξαιρετικά πολύπλοκος. Ο έλεγχος αποδοχής κλήσης για την είσοδο μιας νέας ροής κυκλοφορίας στο δίκτυο, προϋποθέτει ότι το δίκτυο γνωρίζει το είδος της πηγής της ροής αυτής. Προκειμένου να λαμβάνεται υπόψη, για μια τυχαία πηγή κυκλοφορίας  $X(t)$ , η μέγιστη χρήση/κατανάλωση πόρων του δικτύου κατά τον έλεγχο αποδοχής της στο δίκτυο, έχει ορισθεί το «απλό» φράγμα στο ισοδύναμο εύρος ζώνης μιας πηγής. Όπως έχει αναφερθεί, διαφορετικά είδη πηγών κυκλοφορίας έχουν διαφορετικό ισοδύναμο εύρος ζώνης. Για κάποια είδη πηγών ο υπολογισμός του ισοδύναμου εύρους ζώνης είναι εξαιρετικά πολύπλοκος.

#### 4.10 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκε μια διερεύνηση της έννοιας της πολιτικής χρέωσης και μια μελέτη ενός επιστημονικού κλάδου που τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ιδιαίτερος δημοφιλής και απασχολεί σημαντικό κομμάτι της επιστημονικής κοινότητας: τις Πολιτικές Χρέωσης που ακολουθούνται στην τιμολόγηση δικτυακών υπηρεσιών (Internet, Σταθερή & Κινητή Τηλεφωνία). Αρχικά, αναφέραμε τις γενεσιουργές αιτίες της χρέωσης των δικτυακών υπηρεσιών που είναι η κάλυψη του κόστους του δικτύου (cost recovery), αλλά και ποιος μπορεί να είναι ο ουσιαστικός ρόλος της χρέωσης δικτυακών υπηρεσιών και πως μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο που οι πελάτες (χρήστες) χρησιμοποιούν το δίκτυο ώστε να τους οδηγήσει να χρησιμοποιούν αποδοτικά τις παρεχόμενες υπηρεσίες με αποτέλεσμα να αποφεύγονται συνθήκες υπερβολικού φόρτου και η απόδοση του δικτύου να μπορεί να πλησιάζει ευκολότερα τη βέλτιστη. Ερευνήσαμε ποιές είναι οι βασικές παράμετροι χρέωσης και ποιά είναι τα επιθυμητά αλλά και απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει ένα σχήμα χρέωσης σε ένα περιβάλλον δικτύου, τόσο από τη μεριά των πελατών /χρηστών, όσο και από τη μεριά των παρόχων του δικτύου. Προτού

---

μελετήσουμε ποικίλα οικονομοτεχνικά μοντέλα χρέωσης, εξετάσαμε τη σημερινή πραγματικότητα είδαμε τι συμβαίνει, όσον αφορά στη χρέωση, στους τρεις βασικούς τομείς δικτυακών εφαρμογών, χρέωση στο internet, στη σταθερή και στην κινητή τηλεφωνία. Τέλος, μελετήσαμε διάφορες υπηρεσίες οι οποίες μέσω της χρέωσης υποστηρίζουν καθορισμένες ποιότητες υπηρεσιών (QoS) στις δικτυακές εφαρμογές τους. Στο επόμενο κεφάλαιο, θα μελετήσουμε ποικίλα μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται είτε στο διαδίκτυο, είτε στις τηλεπικοινωνίες, αλλά και διάφορα μοντέλα που βρίσκονται σε ερευνητικό ακόμη στάδιο.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑΚ

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΡΕΩΣΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΧΩΝ

---

РАВЕЉИЊИМО ТЕРАЈА



---

---

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΡΕΩΣΗΣ

---

## 5.1 Εισαγωγή

Η εισαγωγή του GPRS οδήγησε στη σύγκλιση της κινητής τηλεφωνίας με το Internet. Το αποτέλεσμα είναι, υπηρεσίες που ήταν μέχρι πρότινος διαθέσιμες από desktop συστήματα να είναι διαθέσιμες και από κινητό τηλέφωνο. Έτσι πέρα από την παραδοσιακή χρονοχρέωση για την χρήση του τηλεφώνου προκύπτει η ανάγκη για σωστή τιμολόγηση των πρόσθετων αυτών υπηρεσιών. Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι αποδεδειγμένο ότι μια σωστή πολιτική χρέωσης βοηθά και στον έλεγχο της συμφόρησης ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου, ειδικά σε περιοχές με μεγάλο αριθμό συνδρομητών ή σε περιοχές με μικρή παροχή τέτοιων υπηρεσιών. Έτσι λοιπόν, για την χρέωση των υπηρεσιών αυτών προτάθηκαν, όπως θα δούμε και στις επόμενες ενότητες, οικονομοτεχνικά μοντέλα, ανάλογα με του Internet.

Σε αυτό το κεφάλαιο, αρχικά ταξινομούμε τις πολιτικές χρέωσης σε δυο βασικές κατηγορίες, Χρέωση που βασίζεται στη χρήση (usage-based charging) και Χρέωση που δεν βασίζεται στην χρήση, δηλαδή ενιαίου-τέλους (flat-rate charging). Στη συνέχεια, εξετάζουμε γνωστά μοντέλα χρέωσης και αν αυτά προσαρμόζονται στις ανάγκες της αγοράς κινητών επικοινωνιών. Μελετούμε ποικίλα μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται ήδη στο διαδίκτυο ή στις τηλεπικοινωνίες, αλλά και μοντέλα χρέωσης που βρίσκονται σε ερευνητικό ακόμη επίπεδο και τα συγκρίναμε μεταξύ τους μελετώντας βασικά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα του κάθε μοντέλου χρέωσης.

## 5.2 Βασική Κατηγοριοποίηση Πολιτικών Χρέωσης

Ενώ το θέμα της χρέωσης ακούγεται εκ πρώτης όψεως απλό και κατανοητό, ο πραγματικά μεγάλος όγκος εργασιών που έχει γίνει και κυρίως οι διαφορετικές υποθέσεις που γίνονται και η διαφορετική οπτική γωνία από την οποία βλέπει καθένας στην εργασία του τη χρέωση, είναι πολύ πιθανό να μπερδέψουν κάποιον αρχάριο πάνω στο θέμα (και όχι μόνο), δημιουργώντας του την εντύπωση πως κάθε μια, από τις πραγματικά πάρα πολλές εργασίες-προτάσεις, αποτελεί από μόνη της και μια σχεδόν ειδική, τελείως ανεξάρτητη, περίπτωση. Οι κατηγορίες μοντέλων χρέωσης πρέπει να είναι όσο γίνεται πλήρεις, δηλαδή κάθε μοντέλο χρέωσης να εντάσσεται τουλάχιστον σε μια από αυτές. Επιπλέον δεν πρέπει να είναι τόσο γενικές και απλοϊκές ώστε κάθε κατηγορία να περιλαμβάνει ένα τεράστιο αριθμό προτάσεων με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους.

Παρακάτω, θα παρουσιάσουμε διαφορετικές προσπάθειες ταξινόμησης των μοντέλων χρέωσης σε κατηγορίες. Υπάρχουν οι ακόλουθες γενικές κατηγορίες πολιτικών χρέωσης (McKnight and Bailey, 1995):

1. **Χρέωση ενιαίου-τέλους (flat-rate pricing):** Πρόκειται για τον τρόπο με τον οποίο κυρίως χρεώνονται οι υπηρεσίες Internet σήμερα. Οι χρήστες πληρώνουν ένα σταθερό ενιαίο για όλους ποσό (συνδρομή) ανά μια χρονική περίοδο για να συνδεθούν στο Internet, ανάλογα με την ταχύτητα πρόσβασης και ανεξάρτητα από το ποσό των δεδομένων που στέλνουν ή λαμβάνουν.
2. **Χρέωση εξαρτώμενη από τη χρήση (usage-sensitive pricing):** Συνήθως τα τέλη που πληρώνουν οι χρήστες αποτελούνται από δυο μέρη, εκ των οποίων το ένα εξαρτάται από την ταχύτητα σύνδεσης και το δεύτερο είναι μεταβλητό και εξαρτάται (με διάφορους τρόπους) από το ποσό των δεδομένων που στάλθηκαν και (ή) λήφθηκαν. Το οριακό κόστος (marginal cost) της αποστολής ή λήψης ενός επιπλέον bit δεν είναι μηδέν τουλάχιστον για κάποια χρονική περίοδο.
3. **Χρέωση που βασίζεται στο είδος της συναλλαγής (transaction-based pricing):** Όπως και στην χρέωση που εξαρτάται από τη χρήση, το οριακό κόστος της αποστολής (λήψης) ενός επιπλέον bit δεν είναι μηδέν. Παρ' όλα αυτά, οι τιμές καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε συναλλαγής και όχι από τον αριθμό των bits.

Η δεύτερη και τρίτη κατηγορία μπορούν να ενταχθούν στη γενικότερη κατηγορία της **τιμολόγησης βάσει της χρήσης (usage-based pricing)**. Τον απλοϊκό διαχωρισμό σε ενιαίου-τέλους και βασιζόμενης στη χρήση τιμολόγηση, έχει πιθανότατα υπόψην του και ο καθένας που ξεκινά να μελετά τα θέματα της χρέωσης. Πρόκειται περισσότερο για δυο πολύ γενικές φιλοσοφίες-προσεγγίσεις στο θέμα της τιμολόγησης δικτυακών υπηρεσιών, παρά για δυο ακριβείς μεθόδους χρέωσης (ειδικά αυτό ισχύει για τη δεύτερη προσέγγιση που βασίζεται στη χρήση. Πλήθος εργασιών στην επιστημονική κοινότητα του σχεδιασμού δικτύων έχει ασχοληθεί με την πολύ διαδεδομένη διαμάχη: “*flat-rate vs. usage-based pricing*”. Αυτό έγινε από τη στιγμή που άρχισε να διατυπώνεται μια κριτική για το υπάρχον σχήμα τιμολόγησης του Internet, οπότε αυτόματα δημιουργήθηκαν δυο ομάδες στην επιστημονική κοινότητα. Η κάθε μία υποστήριζε σθεναρά μια από τις δυο προσεγγίσεις και παρουσίαζε με επιχειρήματα τα μειονεκτήματα της άλλης (Courcoubetis, et al., 2000). Στις επόμενες ενότητες θα μελετήσουμε πιο αναλυτικά τις τρεις αυτές γενικές κατηγορίες χρέωσης.

### 5.2.1 Χρέωση Σταθερής Τιμής (Flat Rate Pricing)

Αυτό το μοντέλο είναι παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιούν κάποια τηλεφωνικά δίκτυα σταθερής τηλεφωνίας στις ΗΠΑ για τη χρέωση τοπικών κλήσεων. Ο πάροχος των δικτυακών υπηρεσιών ορίζει μια σταθερή τιμή «ενοικίασης» για την τηλεφωνική σύνδεση και όλες οι τοπικές κλήσεις γίνονται δωρεάν. Πρόκειται για ένα μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε πολύ στις ΗΠΑ, από τις τηλεφωνικές εταιρείες. Το τοπικό τηλεφώνημα παρέχονταν δωρεάν, ενώ χρέωση υπήρχε μόνο για τα υπεραστικά. Η εταιρεία κέρδιζε από τη απουσία διατάξεων και λογισμικού για τον υπολογισμό των τοπικών τηλεφωνημάτων, αλλά έχανε αν η χρήση αυτή ξεπερνούσε κάποια κατώφλια (Odlyzko, 2001).

Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου χρέωσης είναι ότι τα δεδομένα μιας τοπικής κλήσης (call data) δεν είναι απαραίτητο να συλλεχθούν και να γίνουν αντικείμενο επεξεργασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του κόστους στα

---

συστήματα χρέωσης και υποδομής για τον διαχειριστή του δικτύου. Η σταθερή ή ομοιόμορφη χρέωση συνίσταται στην πληρωμή συνδρομής από τους χρήστες μόνο με βάση την ταχύτητα πρόσβασης, ενώ δεν προβλέπεται χρέωση με βάση τον όγκο των δεδομένων που στέλνουν ή λαμβάνουν οι χρήστες. Η χρέωση (Charge) σε μία χρονική περίοδο με χρονική διάρκεια  $T$  είναι:

$$\text{Charge} = aT$$

όπου, η παράμετρος  $a$  μπορεί να εξαρτάται από την ταχύτητα της πρόσβασης του χρήστη και τις παραμέτρους κυκλοφορίας του συμβολαίου ή SLA. Ο χρήστης, δηλαδή, πληρώνει ένα σταθερό ποσό για ένα σταθερό χρονικό διάστημα και για απεριόριστη χρήση. Στη σταθερή χρέωση δε λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος της πραγματοποιούμενης χρήσης στην υπηρεσία και χρεώνεται μόνο η συνδρομή. Ο χρήστης πληρώνει για την πρόσβαση και όχι για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών (Anania and Solomon, 1997).

Συμπεραίνουμε, ότι πρόκειται για μία περίπτωση σταθερής χρέωσης που περιλαμβάνει την καταβολή εφάπαξ ποσού (όπου προβλέπεται) και ενός μηνιαίου πάγιου τέλους ανεξάρτητα από τον όγκο των δεδομένων που θα διακινηθούν από τη μόνιμη σύνδεση του πελάτη. Η μόνιμη σύνδεση εξασφαλίζεται μέσω μόνιμης γραμμής και έτσι επιτυγχάνεται η συνεχής και αδιάκοπη σύνδεση δύο σημείων: του κόμβου του παρόχου και της τοποθεσίας που έχει επιλέξει ο πελάτης. Στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνονται οι μισθωμένες γραμμές με πάγιο, πάνω στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί ένα εύρος τεχνολογιών ακμής (HELLASPAC, HELLASCOM, Frame Relay).

Η σταθερή χρέωση έχει μία σειρά από μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα που περιγράφονται με περισσότερη λεπτομέρεια σε επόμενη ενότητα. Ενδεικτικά αναφέρονται κι εδώ, τα σπουδαιότερα από αυτά. Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα σχετικά με το χρήστη, η σταθερή χρέωση δεν τον αποθαρρύνει στην αναζήτηση νέων υπηρεσιών στο διαδίκτυο και επιπλέον του δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσει ακριβώς το κόστος της χρήσης του. Από την πλευρά του παρόχου, η συγκεκριμένη μέθοδος τιμολόγησης είναι αρκετά απλή και παρέχει ένα σταθερό και προβλέψιμο έσοδο. Τα κυριότερα από τα μειονεκτήματα αυτού του τρόπου χρέωσης είναι η έλλειψη δίκαιης μεταχείρισης μεταξύ των χρηστών, η επιδείνωση της ποιότητας των υπηρεσιών που προκαλείται από υπερβολική χρήση του δικτύου, ο περιορισμός στην αναβάθμιση των υπηρεσιών και η συμφόρηση που προκαλείται καθώς δεν υπάρχει χρηματικό όριο για τη χρήση του δικτύου. Όπως διαφαίνεται από τα παραπάνω, αυτή η πολιτική χρέωσης είναι κατάλληλη για υπηρεσίες στις οποίες ο χρήστης στέλνει κυκλοφορία πολύ κοντά στην μέγιστη κυκλοφορία που του επιτρέπει το συμβόλαιο του. Η προσαρμογή του μοντέλου αυτού στο GPRS, θα μπορούσε να σημαίνει κανονική χρέωση των φωνητικών κλήσεων, με δωρεάν την παροχή υπηρεσιών δεδομένων. Κάτι τέτοιο προτείνεται μόνο κατά το στάδιο εισαγωγής της υπηρεσίας στην αγορά. Περαιτέρω συνέχιση, οδηγεί συνήθως σε συμφόρηση αφού όλοι θα προσπαθήσουν να επωφεληθούν από τις δωρεάν χρεώσεις (Clark, 1997).

---

## 5.2.2 Χρέωση Εξαρτώμενη από τη Χρήση (Usage Based Pricing)

Η χρέωση χρήσης αναφέρεται στο μέγεθος της χρήσης που πραγματοποιεί ο χρήστης στην υπηρεσία. Τα δυνατά μέρη μίας χρέωσης χρήσης είναι τα παρακάτω (MacKie-Mason, and Varian, 1994):

- Χρέωση διάρκειας χρήσης (connection-oriented δίκτυα): κόστος δεσμευμένων πόρων
- Χρέωση όγκου χρήσης (connection-oriented δίκτυα & connectionless δίκτυα): κόστος πραγματικά χρησιμοποιημένων πόρων
- Χρέωση εγκατάστασης σύνδεσης (connection-oriented δίκτυα): κόστος πόρων μεταγωγής (switching) και σηματοδότησης (signaling)

Στις πολιτικές όπου η χρέωση εξαρτάται από τη χρήση, η βασική ιδέα είναι ότι οι χρήστες χρεώνονται όχι μόνο για τη σύνδεση αλλά και για τον αριθμό των bits που στέλνουν ή λαμβάνουν (MacKie-Mason, and Varian, 1994). Σε ορισμένες περιπτώσεις οι πολιτικές αυτές χρησιμοποιούνται μόνο για τις ώρες αιχμής και για τις υπόλοιπες ώρες εφαρμόζεται η σταθερή χρέωση. Όμως, ακόμα και σε αυτή την περίπτωση το όλο σύστημα θεωρείται εξαρτώμενο από τη χρήση. Οι πολιτικές αυτές που λαμβάνουν υπόψη την πραγματική χρήση των πόρων χρησιμοποιούν τόσο στατικές όσο και δυναμικές παραμέτρους στην προσπάθειά τους να εκτιμήσουν σωστά το αποδοτικό εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται. Το πλεονέκτημά τους έναντι της χρέωσης επίπεδου ρυθμού είναι ότι παρέχουν τα κίνητρα στους χρήστες να στέλνουν κυκλοφορία με το ρυθμό που πραγματικά χρειάζονται. Το μειονέκτημά τους είναι το επιπλέον κόστος για συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση λογιστικών στοιχείων (Courcoubetis, et al., 2000). Η εφαρμογή τέτοιων πολιτικών χρέωσης βασίζεται, συνήθως, μόνο σε μετρήσεις του όγκου κυκλοφορίας, επειδή πιο πολύπλοκες μετρήσεις έχουν πολύ μεγαλύτερο κόστος υλοποίησης, χωρίς να παρέχουν ανάλογα πλεονεκτήματα. Παρακάτω περιγράφονται τρεις μορφές χρέωσης που αποτελούν η κάθε μία τους ειδική περίπτωση της χρέωσης εξαρτώμενης από τη χρήση και δίνονται τα αντίστοιχα σχήματα κοστολόγησης.

### ➤ Γραμμική ως προς Όγκο

Σύμφωνα με αυτή την πολιτική η χρέωση για μια χρονική περίοδο είναι:

$$\text{Charge} = bV$$

όπου, η παράμετρος  $b$  εξαρτάται από οικονομικούς παράγοντες και  $V$  είναι ο μετρούμενος όγκος της κυκλοφορίας.

Από τον παραπάνω τύπο διαφαίνεται ότι η χρέωση είναι μηδέν όταν  $V = 0$ . Συνεπώς, αυτή η πολιτική χρέωσης είναι ανεξάρτητη από τους πόρους που πιθανό να έχουν

---

δεσμευτεί, και έτσι ο χρήστης δεν αποθαρρύνεται από το να ζητήσει *μεγάλα* συμβόλαια. Προφανώς, η παραπάνω πολιτική χρέωσης είναι κατάλληλη τόσο όταν δεν γίνεται δέσμευση πόρων, όπως στην υπηρεσία καλύτερης εξυπηρέτησης (best-effort) στο Internet, όσο και στην περίπτωση που υπάρχει μεγάλος βαθμός πολυπλεξίας ή *χαλαρή* ποιότητα εξυπηρέτησης (Roberts, 1998).

#### ➤ Γραμμική ως προς Όγκο και Χρόνο

Σύμφωνα με αυτή την πολιτική η χρέωση για μία χρονική περίοδο με διάρκεια  $T$  είναι:

$$\text{Charge} = aT + bV$$

όπου, οι παράμετροι  $a, b$  (στατικοί παράμετροι) εξαρτώνται από τις παραμέτρους κυκλοφορίας του συμβολαίου ή SLA και από οικονομικούς παράγοντες. Η παράμετρος  $a$  είναι χρέωση χρόνου που αφορά την δέσμευση πόρων, ενώ η παράμετρος  $b$  είναι χρέωση όγκου κίνησης που αφορά την πραγματική χρήση και  $V$  είναι ο όγκος των δεδομένων που μεταφέρθηκε (Courcoubetis, Kelly, and Weber, 1999).

Σημειώνεται ότι στην περίπτωση που δε γίνεται δέσμευση πόρων, η χρονική χρέωση είναι μηδέν και ουσιαστικά εφαρμόζεται η πολιτική της προηγούμενης συνάρτησης.

#### ➤ Γενική συνάρτηση Όγκου και Χρόνου

Σύμφωνα με αυτή την πολιτική η χρέωση για μία χρονική περίοδο με διάρκεια  $T$  είναι:

$$\text{Charge} = f(V/T) T$$

όπου, η συνάρτηση  $f(V/T)$  εξαρτάται από τις παραμέτρους κυκλοφορίας του συμβολαίου ή SLA και ονομάζεται *συνάρτηση χρέωσης* (Courcoubetis and Siris, 1999).

### 5.2.3 Χρέωση Βασιζόμενη στη Συναλλαγή (Transaction Based Pricing)

Στην περίπτωση της χρέωσης βασιζόμενη στη συναλλαγή, όπως και στην περίπτωση της χρέωσης εξαρτώμενης από τη χρήση, το οριακό κόστος (marginal cost) της λήψης ή της αποστολής ενός επιπλέον bit είναι μη μηδενικό. Οι τιμές όμως στην τιμολόγηση αυτή, καθορίζονται από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της συναλλαγής και όχι από τον αριθμό των bits και τον όγκο της διακινούμενης πληροφορίας. Έτσι, η χρέωση βασισμένη στη συναλλαγή αναφέρεται κυρίως σε βασισμένη στη σύνδεση (connection-oriented) μετάδοση, όπως συμβαίνει στην τηλεφωνία και στα ATM δίκτυα.

---

## 5.3 Μοντέλα Χρέωσης

Κεντρική ιδέα στο σχεδιασμό ενός καλού συστήματος τιμολόγησης, θα πρέπει να είναι στο πως δεν θα προκαλέσει προβλήματα στη μεγάλη πλειοψηφία των χρηστών. Εάν υιοθετηθεί ένα κακό σύστημα τιμολόγησης, θα μπορούσε να προκαλέσει πολλά προβλήματα στο εκάστοτε δίκτυο. Είναι σημαντικό να σκεφτεί ο καθένας προσεκτικά για το πώς ένα λογικό σύστημα τιμολόγησης μπορεί να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί (Dolan, 2000).

Υπάρχουν πολλά μοντέλα χρέωσης που έχουν προταθεί για τωρινή και μελλοντική χρήση στο Internet και τις Τηλεπικοινωνίες, καθώς και αυτά που παραδοσιακά έχουν χρησιμοποιηθεί στη σταθερή τηλεφωνία. Τα περισσότερα, αν όχι όλα, από τα μοντέλα χρέωσης για το Internet είναι εξίσου εφαρμοστέα και στα κινητά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, ιδίως μετά τη εισαγωγή των GSM 2ης και 3ης γενιάς. Παρακάτω θα μελετήσουμε αναλυτικά ποικίλα μοντέλα χρέωσης δικτυακών υπηρεσιών.

### 5.3.1 Χρέωση με μέτρηση (Metered Charging)

Πρόκειται για την προσφιλή τακτική των τηλεφωνικών εταιρειών. Ο συνδρομητής καλείται να πληρώσει κάποια πάγια δαπάνη σε μηνιαία συνήθως βάση και επιπρόσθετα πληρώνει μονάδες ανάλογες με τον χρόνο χρήσης της υπηρεσίας. Συνήθως η ύπαρξη πάγιου συνεπάγεται και την προσφορά δωρεάν χρόνου χρήσης.

Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται ήδη από πολλούς ISPs και από Ευρωπαϊκές εταιρείες κινητής και σταθερής τηλεφωνίας. Το μοντέλο περιλαμβάνει χρέωση του συνδρομητή για τη σύνδεση με τον πάροχο σε μηνιαία βάση και χρέωση για κάποια μέτρηση επί της χρήσης. Συνήθως η χρήση μετριέται σε χρονικές μονάδες και συχνά υπάρχει μια δωρεάν περίοδος χρήσης συμπεριλαμβανόμενη στο μηνιαίο τέλος. Παραλλαγές σε αυτό το μοντέλο περιλαμβάνουν διαβαθμίσεις στις χρεώσεις που αυξάνονται ή μειώνονται με τη χρήση.

Η χρήση αυτού του μοντέλου μέτρησης σε δίκτυα GSM 2ης και 3ης γενιάς μπορεί να γίνει εμπορικά προβληματική. Ο συνδρομητής μπορεί να ενεργοποιήσει ένα GPRS session, και μετά από κάποια ώρα να σταματήσει την χρήση της υπηρεσίας χωρίς να απενεργοποιήσει το session. Η χρέωση με μέτρηση στην περίπτωση αυτή μπορεί να αποδειχτεί απαγορευτική για τέτοιου είδους χρήση. Αντίθετα, αν η χρήση βασίζεται σε κάποιες άλλες παραμέτρους της κλήσης, όπως ο αριθμός των μεταδιδόμενων ή λαμβανόμενων πακέτων, τότε ο εμπορικός αντίκτυπος μειώνεται και το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητά τηλεφωνικά δίκτυα για δεδομένα.

### 5.3.2 Χρέωση ανά πακέτο (Packet charging)

Η τακτική αυτή, αρμόζει περισσότερο σε δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Στο μοντέλο αυτό η χρέωση προκύπτει από την καταμέτρηση των πακέτων που ανταλλάσσονται κατά τη διάρκεια της χρήσης του δικτύου από τον συνδρομητή. Η μέθοδος αυτή έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα να εξυπηρετεί τον υπολογισμό της χρέωσης τόσο προς τον χρήστη όσο και προς άλλες εταιρείες που αποστέλλουν

---

πακέτα προς το δίκτυο π.χ. ένας ISP προς το GPRS δίκτυο μιας εταιρείας κινητής τηλεφωνίας. Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι η χρέωση μπορεί να γίνει με μεγάλη ακρίβεια, αφού παρέχεται η δυνατότητα καταγραφής της κίνησης ανά υπηρεσία. Από την άλλη πλευρά έχει το μειονέκτημα ότι αυτά τα συστήματα χρέωσης είναι αρκετά πολύπλοκα με αποτέλεσμα η διαδικασία να είναι ακριβότερη από την αξία των πακέτων που ανταλλάχθηκαν.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι η τακτική αυτή είναι ένας καλός τρόπος περισσότερο για τον έλεγχο του δικτύου παρά για τον απ' ευθείας υπολογισμό της χρέωσης. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή συμπληρωματικά με κάποια άλλη μπορούμε να εξασφαλίσουμε ότι το bandwidth του δικτύου χρησιμοποιείται αποδοτικά και δεν υπερ-αναλώνεται από τους συνδρομητές. Η χρέωση ανά πακέτο αναφέρεται συγκεκριμένα σε δίκτυα που χρησιμοποιούν μηχανισμούς μεταγωγής πακέτων (packet switching) και ουσιαστικά περιλαμβάνει το μέτρημα των πακέτων που αντηλλάγησαν σε μια σύνδεση (ή σύνοδο /session). Το μοντέλο αυτό προτάθηκε επίσης για τη μέτρηση της κίνησης στο Διαδίκτυο (Internet traffic) καθώς επίσης και για τις αλληλοχρεώσεις μεταξύ NSPs, ISPs και συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας. Για την εφαρμογή του μοντέλου αυτού απαιτείται η εγκατάσταση των συστημάτων εκείνων που θα υλοποιούν το μέτρημα των πακέτων που βρίσκονται στο δίκτυο.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου χρέωσης είναι ότι μπορεί να μετρηθεί σε σχεδόν απόλυτο βαθμό η χρήση του δικτύου και να υπολογιστεί με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια η χρέωση του πελάτη, αρκεί τα συστήματα που είναι υπεύθυνα για το σκοπό αυτό να είναι υψηλής τεχνολογίας και ακρίβειας. Αντίθετα, το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι το κόστος που απαιτεί η μέτρηση των πακέτων, μπορεί να είναι μεγαλύτερο από τη δική τους αντικειμενική αξία. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη χρήση του μοντέλου αυτού σαν ένα όργανο μιας πολιτικής που θα εγγυάται ότι το εύρος ζώνης του δικτύου θα χρησιμοποιείται σωστά και αποδοτικά, παρά σαν ένα άμεσο μοντέλο χρέωσης.

### **5.3.3 Χρέωση αναμενόμενης χωρητικότητας (Expected capacity charging)**

Το κίνητρο για την ανάπτυξη του μοντέλου αυτού ήταν η δημιουργία ενός μηχανισμού που θα λαμβάνει υπόψη του τη θέληση του χρήστη να δηλώσει τη συνολική χρονική διάρκεια για τη μεταφορά των δεδομένων και τον διαφορετικό όγκο δεδομένων που διακινεί η κάθε εφαρμογή (Dolan, 2000). Είναι γνωστό ότι το διαδίκτυο δεν παρέχει εγγυήσεις κυρίως για την ποιότητα των υπηρεσιών. Ωστόσο οι χρήστες μέσα από την εμπειρία που αποκτούν στο διαδίκτυο αντιλαμβάνονται το περιβάλλον και σταδιακά διαμορφώνουν κατάλληλα τις προσδοκίες για το επίπεδο των υπηρεσιών που θα έχουν ανάλογα με το είδος της εφαρμογής και την ώρα της ημέρας που γίνεται η σύνδεση. Η διαφοροποίηση μεταξύ προσδοκιών και εγγυήσεων είναι το κλειδί στην συγκεκριμένη περίπτωση. Η παροχή δεσμευτικών εγγυήσεων είναι ασυμβίβαστη με τη δομή και τη φύση του διαδικτύου αλλά η ύπαρξη προσδοκιών από τη μεριά των χρηστών και ίσως των παρόχων είναι κάτι το φυσιολογικό.

Σε αυτά τα πλαίσια το μοντέλο της αναμενόμενης χωρητικότητας επιχειρεί να κατηγοριοποιήσει τις υπηρεσίες ανάλογα με τις διαφορετικές προσδοκίες των

---

χρηστών χωρίς να καθορίζει σταθερούς ρυθμούς μετάδοσης ή καθυστερήσεις για κάθε κατηγορία (Dolan, 2000). Στόχος του είναι η τιμολόγηση με βάση τα μη μηδενικά οριακά κόστη που παρατηρούνται όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο. Αυτό σημαίνει πως δεν αλλάζει τίποτα στη συμπεριφορά του χρήστη όταν δεν υπάρχει συμφόρηση αλλά τον χρεώνει για το δικαίωμα (ή προνόμιο κατ' άλλους) να μεταδίδει πακέτα όταν υπάρχει και το οριακό κόστος να είναι μη μηδενικό (Dolan, 2000).

Ο πάροχος απ' την πλευρά του πρέπει να φροντίσει να έχει την κατάλληλη υποδομή για την κάλυψη του συνόλου των προσδοκιών χωρητικότητας των συνδρομητών του στις περιόδους που το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να συνδέσει το πραγματικό του κόστος με το σύνολο της αναμενόμενης χωρητικότητας που έχει διαθέσει στους πελάτες του και να διαμορφώσει ανάλογα τις τιμές του. Επιπλέον, δεν χρειάζεται να μετράει τα πακέτα που μεταφέρονται στο δίκτυο από τον κάθε χρήστη ούτε να εγκαταστήσει μηχανισμούς ελέγχου της κίνησης στα σημεία που αυτό συνήθως μπλοκάρει αλλά απλά να εξασφαλίσει επάρκεια χωρητικότητας βάσει των προσδοκιών. Ο χρήστης έρχεται αντιμέτωπος με ένα σύστημα τιμολόγησης παρόμοιο με αυτό της σταθερής χρέωσης (των συνδρομών) κι άρα διατηρεί τα πλεονεκτήματά της (π.χ. προβλεψιμότητα του κόστους) μόνο που η βασική παράμετρος δεν είναι ο τύπος σύνδεσης (μέγιστο εύρους ζώνης) αλλά η αναμενόμενη χωρητικότητα που έχει δηλώσει.

Υπάρχουν αρκετοί εναλλακτικοί μηχανισμοί εφαρμογής του μοντέλου δίνοντας έτσι ευελιξία στις ενέργειες των παρόχων. Μια από αυτές τις παραλλαγές λοιπόν αποτελείται από τα δύο παρακάτω συστατικά μέρη (Dolan, 2000) :

- Χαρακτηρισμός ροής δεδομένων (traffic flagging) που γίνεται στα σημεία πρόσβασης μέσα σε μετρητές ροής
- Διαχείριση συμφόρησης που λαμβάνει χώρα στις διατάξεις μεταγωγής και τους δρομολογητές όπου περνούν τα πακέτα.

Στο σημείο πρόσβασης του χρήστη κι ανάλογα με την αναμενόμενη χωρητικότητα που έχει συμφωνήσει με τον πάροχο ο μετρητής κίνησης ελέγχει τα πακέτα και βάζει ένα “σήμα” σε κάθε ένα από αυτά δηλώνοντας αν είναι “εντός” ή “εκτός” της συμφωνημένης χωρητικότητας. Να διευκρινιστεί πως δεν προβαίνει σε καμία άλλη ενέργεια (ούτε απόρριψη, ούτε αναδιαμόρφωση της σειράς των πακέτων) παρά μόνο η εισαγωγή αυτής της ένδειξης ανεξάρτητα αν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο.

Σε συνθήκες συμφόρησης τα πακέτα με την ένδειξη “εκτός” παίρνουν μια ειδοποίηση καθυστέρησης (pushback notification) χωρίς όμως περαιτέρω συνέπειες αφού προωθούνται κανονικά. Οι δρομολογητές δεν διαχωρίζουν τα πακέτα ούτε κάνουν καμία ανακατάταξή τους. Έτσι όσα πακέτα ξεπερνούν τη συμφωνημένη αναμενόμενη χωρητικότητα και κινούνται γρηγορότερα από ότι θα έπρεπε έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να πάρουν αρνητική ένδειξη. Αυτό είναι μάλιστα κάτι που μπορεί να συμβεί συχνά με βάση το μηχανισμό και τη λογική του TCP. Όταν ο πάροχος αντιληφθεί ότι το δίκτυο παραμένει υπερφορτωμένο για μεγάλα χρονικά διαστήματα και ταυτόχρονα πακέτα με την ένδειξη “εντός” καθυστερούν να μεταφερθούν τότε πρέπει να προχωρήσει σε αναβάθμιση των υποδομών κι αύξηση της συνολικής χωρητικότητας.



---

Ένα σημείο που πιθανώς χρειάζεται προσοχή είναι ότι η μέχρι τώρα ανάλυση θέτει ως δεδομένη μια ομοιογένεια στο διαδίκτυο που στην πραγματικότητα δεν υφίσταται (Dolan, 2000). Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να επεκταθεί καλύπτοντας κι αυτή την πτυχή με τον εξής τρόπο. Από τη στιγμή που το διαδίκτυο αποτελείται από πολλούς παρόχους, το μόνο που πρέπει να κάνουν είναι να προχωρήσουν σε μεταξύ τους συμφωνίες για το μέγεθος της αναμενόμενης χωρητικότητας που υπολογίζει ότι θα χρειαστεί ο ένας από τον άλλο. Έτσι αποφεύγεται το εμπόδιο των μετρήσεων του όγκου των δεδομένων και η ακριβής παρακολούθηση της ροής ενώ σε περίπτωση που οι πραγματοποιηθείσες συνδέσεις ξεπεράσουν την αγορασμένη (αναμενόμενη) χωρητικότητα τότε ο πάροχος θα δίνει ένα πρόσθετο ποσό και αν θέλει μπορεί να αγοράσει πρόσθετη χωρητικότητα ή να μπει σε άλλη κατηγορία.

Το πλέγμα αυτό των παρόχων εξακολουθεί πάντως να παραμένει η πηγή μιας από τις βασικότερες αδυναμίες του μοντέλου. Έστω λοιπόν ότι κατά τη διαδρομή του ένα πακέτο από τον αποστολέα στον παραλήπτη περνάει μέσα από πολλούς παρόχους. Θεωρητικά όλοι έχουν εξασφαλίσει την απαιτούμενη χωρητικότητα στις μεταξύ τους συνδέσεις και το πακέτο φτάνει κανονικά στον προορισμό του. Όμως τα πράγματα δεν είναι πάντα έτσι αφού υπάρχουν πάροχοι που δεν έχουν είτε την οικονομική είτε την τεχνική δυνατότητα να καλύψουν τις πραγματικές ανάγκες και αποτελούν τους αδύναμους κρίκους στην αλυσίδα αυτή. Το αποτέλεσμα είναι ο χρήστης, παρότι δεν υπερβαίνει την χωρητικότητα που έχει αγοράσει, να μην έχει τις απαιτούμενες εγγυήσεις εξυπηρέτησής του.

Άλλο ένα αδύνατο σημείο προέρχεται από το γεγονός ότι η ανάπτυξη του μοντέλου γίνεται από την μεριά του αποστολέα που είναι αυτός που επωμίζεται το κόστος. Στην πράξη όμως δεν είναι λίγες οι φορές που ο παραλήπτης των δεδομένων ξεκινά μια σύνδεση κι άρα αυτός πρέπει να χρεώνεται. Θα πρέπει δηλαδή ο παραλήπτης να δηλώνει στον πάροχο την αναμενόμενη χωρητικότητα για τα δεδομένα που θέλει να κατεβάσει κι αυτός με τη σειρά του σε άλλους παρόχους. Θα σχηματιζόταν έτσι ένα μικτό σύστημα όπου ανάλογα με την περίπτωση θα πλήρωνε είτε ο αποστολέας είτε ο παραλήπτης. Αυτό μάλιστα μοιάζει με το σύστημα στο τηλεφωνικό δίκτυο όπου συνήθως χρεώνεται αυτός που κάνει την κλήση αλλά υπάρχουν κλήσεις “χωρίς χρέωση” (π.χ. 800 11 xxxxx) όπου το κόστος επιβαρύνει τον αποδέκτη. Ωστόσο το Διαδίκτυο διαφέρει από το τηλεφωνικό δίκτυο στα εξής :

- Στο διαδίκτυο δεν υφίσταται η έννοια της κλήσης.
- Τα δεδομένα μετακινούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις ενώ μπορούν να αποδοθούν διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών.
- Το μέγεθος της ροής των δεδομένων προς μια κατεύθυνση δεν αποκαλύπτει ποια πλευρά ξεκίνησε τη σύνδεση (π.χ. Web sites, e-mail, teleconference) με αποτέλεσμα να γίνεται δύσκολη η εφαρμογή ενός μηχανισμού αναμενόμενης χωρητικότητας για την πλευρά του παραλήπτη και κατ' επέκταση την τιμολόγησή του.

Πρέπει να σημειωθεί πως το συγκεκριμένο μοντέλο δεν περιορίζει την έννοια της χωρητικότητας αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως παράμετροι είτε το εύρος ζώνης είτε ο ρυθμός μετάδοσης ή κάποιο άλλο μέγεθος βάση του οποίου καταρτίζονται τα προφίλ και οι κατηγορίες των χρηστών (Clark and Fang, 1998). Το

---

μοντέλο έχει το πλεονέκτημα ότι η χρέωση του συνδρομητή είναι προβλέψιμη και σταθερή. Αυτό με τη σειρά του δίνει το πλεονέκτημα στους σχεδιαστές του δικτύου, να υπολογίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη χρήση του δικτύου βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Το μοντέλο αυτό στην πράξη, απαιτεί και τη χρήση μιας συμπληρωματικής μεθόδου χρέωσης, για τους συνδρομητές που ξεπερνούν τις συγκεκριμένες στάθμες εξυπηρέτησης. Αυτό το μοντέλο χρέωσης επιτρέπει στον πάροχο να προσδιορίζει το μέγεθος της χωρητικότητας του δικτύου που αντιστοιχεί σε κάθε συνδρομητή σε συνθήκες συμφόρησης. Βασίζεται δηλαδή σε συγκεκριμένα προφίλ χρήσης και η χρέωση του συνδρομητή γίνεται στη βάση μιας προσυμφωνημένης τιμής ανά επίπεδο παρεχόμενων υπηρεσιών. Οι συνδρομητές χρεώνονται για την αναμενόμενη χωρητικότητα που θα χρησιμοποιήσουν και όχι για το μέγιστο ρυθμό που μπορεί να παράσχει το δίκτυο.

Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι ότι η χρέωση για το συνδρομητή είναι συγκεκριμένη και προβλέψιμη, το οποίο σε αντάλλαγμα επιτρέπει στον πάροχο να «τακτοποιεί» βάσει των οικονομικών παραμέτρων τη χρήση του δικτύου. Επίσης, δίνεται στο πάροχο η δυνατότητα για ένα πιο σταθερό ορίζοντα προβλέψεων και σχεδιασμού για μελλοντικές αναβαθμίσεις. Μειονέκτημα του μοντέλου είναι ότι ο διαχειριστής πρέπει να αστυνομεύει ουσιαστικά τη χωρητικότητα που χρησιμοποιούν οι συνδρομητές και ενεργώντας κατά περίπτωση, ή να περιορίζει το επίπεδο των λαμβανόμενων υπηρεσιών στο βαθμό που ο συνδρομητής έχει συμφωνήσει να ανταποκρίνεται οικονομικά ή να τον χρεώνει παραπάνω για τη χρήση μεγαλύτερης χωρητικότητας (Clark and Fang, 1998).

### **5.3.4 Χρέωση στα άκρα (Edge pricing)**

Η κεντρική ιδέα στο μοντέλο αυτό είναι ότι ο χρήστης χρεώνεται μόνο από έναν πάροχο, αυτόν από τον οποίο ξεκινάει τη σύνδεσή του, άσχετα αν τα δεδομένα κατά τη διαδρομή τους διέρχονται κι από άλλους (Dolan, 2000). Το συνολικό κόστος περιλαμβάνει κι έξοδα για τους παρόχους από τους οποίους πέρασαν τα δεδομένα. Με αυτή τη μέθοδο, δεν απαιτούνται πολύπλοκα συμβόλαια μεταξύ των παρόχων αλλά απλές διμερείς συμφωνίες, ενώ το τοπίο για το χρήστη είναι πιο ξεκάθαρο. Στη βασική του μορφή το μοντέλο απαιτεί από το χρήστη να προσδιορίσει το μέγιστο ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει για τη μεταφορά των δεδομένων (είτε ως αποστολέας είτε ως παραλήπτης) καθώς και τον μέγιστο αριθμό των σταθμών (hops) από τους οποίους θα διέλθουν τα δεδομένα.

Η χρέωση στα άκρα αναφέρεται στη συλλογή των τοπικών πληροφοριών χρέωσης. Μόλις συλλεχθούν αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορα είδη χρέωσης. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι η περισσότερη από την παρατηρούμενη συμφόρηση στο διαδίκτυο βρίσκεται στις άκρες των δικτύων που το αποτελούν. Η χρήση της χρέωσης στα άκρα μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματική για την παρακολούθηση της κίνησης και την ενημέρωση των διαχειριστών δικτύων στην περίπτωση συμφόρησης.

Η προσέγγιση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι όλα τα δεδομένα μιας συνόδου (session data) μπορούν να συλλεχθούν τοπικά και ότι δεν περιλαμβάνει την ανταλλαγή δεδομένων με άλλα δίκτυα για τη χρέωση των συνδρομητών (π.χ. πληροφορίες περιαγωγής στην κινητή τηλεφωνία). Το μειονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι η έλλειψη ορατότητας στη δρομολόγηση μέσω εξωτερικών δικτύων,

---

καθώς στο κόστος της κίνησης ανάμεσα στα δίκτυα. Επίσης, το κόστος συλλογής των πληροφοριών μπορεί να είναι ένας ανασταλτικός παράγοντας στη χρήση της edge pricing.

### 5.3.5 Έξυπνες Αγορές (Smart Markets)

Το βασικό πρόβλημα, που παρουσιάζεται κατά την χρήση του δικτύου, είναι ότι όταν το δίκτυο βρίσκεται κοντά στο όριο της ικανότητας του, το επαυξητικό (επιπλέον) πακέτο ενός χρήστη επιβάλλει πρόσθετες δαπάνες σε άλλους χρήστες υπό την μορφή καθυστέρησης ή χαμένων πακέτων. Το σχέδιο για την εσωτερίκευση αυτού του κόστους είναι η επιβολή μιας τιμής συμφόρησης στη χρήση που καθορίζεται από μια σε πραγματικό χρόνο δημοπρασία τύπου Vickrey. Ακολουθώντας την ορολογία των Vernon Smith και Charles Plott, το σχέδιο αυτό καλείται "έξυπνη αγορά" (smart market).

Τον περισσότερο χρόνο το δίκτυο δεν είναι υπό συμφόρηση. Αυτό το χρόνο, η αξία της χρήσης πρέπει να είναι μηδέν. Εντούτοις, όταν το δίκτυο είναι κορεσμένο, τα πακέτα περιμένουν στη σειρά, καθυστερούν, και πέφτουν. Το τρέχον σχέδιο αναμονής είναι FIFO. Οι MacKie-Mason και Varian (1995) στη μελέτη τους προτείνουν αντί του FIFO να υιοθετηθεί ένα σχέδιο αναμονής όπου στα πακέτα θα αντιστοιχεί προτεραιότητα βασισμένη στην αξία την οποία ο χρήστης θέτει για να πάρει το πακέτο γρήγορα. Οι MacKie-Mason και Hal Varian προτείνουν μία χρέωση συμφόρησης που ονομάζεται "έξυπνη αγορά", βασική ιδέα της οποίας είναι ότι πρέπει να πληρώνει αυτός που δημιουργεί τη συμφόρηση. Προτείνεται, δηλαδή, η ιδέα του responsive pricing και κατά συνέπεια η ενεργητική συμμετοχή του χρήστη στην προσπάθεια αποσυμφόρησης του δικτύου.

Κάθε χρήστης ορίζει στα πακέτα του ένα βαθμό προτεραιότητας, με τη μορφή της προσφοράς (bid), μετρώντας την επιθυμία να πληρώσει για την άμεση εξυπηρέτηση (MacKie-Mason and Varian, 1995). Στους κορεσμένους δρομολογητές, η σειρά εξυπηρέτησης των πακέτων βασίζεται στις προσφορές και εξυπηρετούνται τα πακέτα με το μεγαλύτερο βαθμό. Για να υπάρχει το νόημα κινήτρου στην όλη προσέγγιση, ο χρήστης δεν πληρώνει σύμφωνα με την προσφορά που έκανε, αλλά με την τιμή της προσφοράς με την οποία τελικά εξυπηρετήθηκαν τα πακέτα του, δηλαδή την τιμή των πακέτων με την χαμηλότερη προτεραιότητα που έγιναν αποδεκτά, καθώς είναι γνωστό ότι ο μηχανισμός αυτός βοηθάει στην κατεύθυνση των ελκρινών δηλώσεων. Έτσι όχι μόνο εξυπηρετούνται πρώτοι εκείνοι με το υψηλότερο κόστος αναμονής, αλλά και οι τιμές δίνουν μία αληθινή εικόνα για την ανάγκη επέκτασης της χωρητικότητας σε μία ανταγωνιστική αγορά προσφοράς υπηρεσιών δικτύου, με το όριο να βρίσκεται στο σημείο όπου η τιμή προσφοράς εξισώνεται με το κόστος. Από την άλλη πλευρά, οι τιμές στον πραγματικό κόσμο δεν μπορούν να ανανεώνονται συνεχώς και είναι πολλές οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον καθορισμό του μηχανισμού που θα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της τιμής αποκοπής (Dolan, 2000). Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη θέματα τοπολογίας αλλά και το αν θα πρέπει να υπάρχει χρέωση για τον αποστολέα ή τον παραλήπτη (διαφορετικά θα καταλήγαμε σε μία κατάσταση, όπου κάποιος που θα παρέχει δωρεάν για παράδειγμα ένα ftp site, θα αναγκαζόταν να πληρώνει για το μεγαλύτερο μέρος από τη συμφόρηση που θα προερχόταν από τις αιτήσεις των χρηστών του, κάτι που είναι προβληματικό για κάθε σχήμα χρέωσης εξαρτώμενης από τη χρήση).

---

Οι "έξυπνες αγορές" είναι σύστημα τιμολόγησης "κινήτρων". Η βασική ιδέα είναι ότι η τιμή που ένας χρήστης καταβάλλει δεν καθορίζεται από την προτεραιότητα που θέτει, αλλά από την προσφορά του πρώτου πακέτου που απορρίπτεται από το δίκτυο (MacKie-Mason, and Varian, 1995). Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης δεν έχει κανένα κίνητρο για να παραποιήσει την αληθινή αξιολόγηση πακέτων του. Αυτό είναι ένα είδος "δημοπρασίας Vickrey" ή "δημοπρασία δεύτερης-τιμής", τις οποίες οι οικονομολόγοι τις έχουν παρουσιάσει ως συστήματα κινήτρων. Παράδειγμα τέτοιας έρευνας είναι η μελέτη Vickrey. Εάν η συνολική αξία εκείνων των πακέτων υπερβαίνει το κόστος επέκτασης του δικτύου προκειμένου να τα αντιμετωπίσει, είναι αρμόζον να επεκταθεί η ικανότητα του. Η επένδυση των εισοδημάτων από τις αμοιβές συμμόρφωσης στην επέκταση ικανότητας είναι ακριβώς ο σωστός κανόνας που πρέπει να ακολουθηθεί.

### 5.3.6 Μοντέλο Προτεραιότητας (Precedence model)

Το μοντέλο προτεραιότητας είναι μία στρατηγική που προτείνεται για το υπάρχον διαδίκτυο, όχι τόσο για να υποστηριχθούν νέες εφαρμογές πολυμέσων πραγματικού χρόνου, αλλά κυρίως για να προστατευτεί το ίδιο από ενέργειες αντικρουόμενες με τη φιλοσοφία του διαμοιρασμού των πόρων (όπως «βαριές» εφαρμογές πολυμέσων). Έτσι αναζητούνται τα κριτήρια που πρέπει να τεθούν για να καθορίζουν την προτεραιότητα των διαφόρων εφαρμογών. Τα κριτήρια αυτά θα αντιστοιχιστούν με το πεδίο προτεραιότητας των πακέτων δεδομένων του πρωτοκόλλου IP και η δικτυακή προτεραιότητα θα αποδίδεται σύμφωνα με κάποιο αριθμητικό μοντέλο. Σε περίπτωση συμμόρφωσης, αντί να βασιζόμαστε στην υπάρχουσα στρατηγική τυχαίας λήψης απόφασης, παρουσιάζεται μία λογική βάση για την απόφαση του ποια πακέτα θα σταλούν πρώτα, ποια θα καθυστερήσουν και ποια θα χαθούν. Αν και υπάρχει μία ευαισθησία σχετικά με χρήστες που χειρίζονται αδέξια ή πειραματικά τα πεδία προτεραιότητας στις εφαρμογές τους, δίνεται η απαραίτητη ώθηση για τη χρησιμοποίηση πολλαπλών επιπέδων υπηρεσιών.

Οι αδυναμίες του μοντέλου οφείλονται κυρίως στο γεγονός ότι ενώ βασίζεται στον καθορισμό προτεραιότητας για τα πακέτα, ο τρόπος με τον οποίο θα καθορίζονται αυτές και ο προσδιορισμός αυτού που θα τις καθορίζει, οδηγούν σε έναν ελαττωματικό, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, αυξημένο κυβερνητικό-γραφειοκρατικό ρόλο στη ρύθμιση και το συντονισμό. Σε ένα τέτοιο δυναμικό περιβάλλον, οι διαρκείς αλλαγές στα σχήματα προτεραιότητας, καθώς διατίθενται συνεχώς νέα προϊόντα, επιτείνουν την εξαιρετικά μεγάλη δυσκολία καθορισμού προτεραιότητας βασισμένης στην εφαρμογή, πράγμα που αποκλείει τη δυνατότητα καθορισμού κάθε μίας, ξεχωριστά, περιστασης χρήσης.

### 5.3.7 Τιμολόγιο Πολλαπλών Τιμών

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό αρχικά τίθενται κάποια χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να διαμορφώσουν την τιμολογιακή πολιτική και τα οποία βασίζονται στη συμπεριφορά του χρήστη. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- *πρόσβαση*: χρέωση για σύνδεση στο δίκτυο,

- *χωρητικότητα*: ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίον ο χρήστης μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες μέσα στο σύστημα,
- *χρήση*: χρέωση για την πραγματική ποσότητα πληροφορίας που έχει σταλεί στο σύστημα,
- *προτεραιότητα*: χρέωση για την εκτόπιση άλλων χρηστών σε συνθήκες συμφόρησης.

Το μοντέλο αυτό προσθέτει και χαρακτηριστικά τα οποία δε βασίζονται στη συμπεριφορά, όπως αν πρόκειται για κερδοσκοπικό ή μη οργανισμό, η ηλικία του χρήστη, κλπ. Το κόστος της πρόσβασης και της χωρητικότητας δεν εξαρτώνται από το πόσο ο χρήστης χρησιμοποιεί το σύστημα, συνεπώς, μπορούν να συνδυαστούν για να αποτελέσουν τη σταθερή χρέωση για το χρήστη. Το κόστος της χρήσης και της προτεραιότητας εξαρτώνται από το πώς και πόσο χρησιμοποιεί το σύστημα ο χρήστης και για το λόγο αυτό οι χρεώσεις αυτές είναι μεταβλητές.

### 5.3.8 Διαφοροποίηση Τιμών

Μια άλλη μορφή μοντέλων τιμολόγησης είναι αυτή της διαφοροποίησης όπου ο κάθε πελάτης-χρήστης χρεώνεται άλλη τιμή για το ίδιο προϊόν, συνήθως ανάλογα με την αξία που προσδίδει σε αυτό. Με αυτόν τον τρόπο οι εταιρίες, στην περίπτωση αυτή οι πάροχοι, επιδιώκουν να καρπωθούν όσο μεγαλύτερο κομμάτι από το πλεόνασμα (όφελος) του καταναλωτή. Η πρακτική αυτή ακολουθείται ιδίως στο χώρο των νέων τεχνολογιών όπου τα σταθερά κόστη είναι πολύ υψηλά κι άρα η κλασική οικονομική θεώρηση για τις τιμές όπου  $\text{τιμή} = \text{οριακό κόστος}$  ( $P = MC$ ) δεν είναι αποτελεσματική. Αυτό προϋποθέτει χρέωση του κάθε χρήστη ανάλογα με την αξία που δίνει εκείνος στο προϊόν ανεξαρτήτως αν υπερβαίνει το οριακό κόστος.

Υπάρχουν τρεις βαθμοί διαφοροποίησης που είναι :

- **Πρώτος βαθμός.** Το κάθε προϊόν πωλείται σε διαφορετική, για κάθε καταναλωτή, τιμή κι έτσι εξάγεται το μέγιστο πλεόνασμά του για την επιχείρηση. Ωστόσο, είναι εξαιρετικά δύσκολη η εφαρμογή του αφού απαιτεί πολύ καλή πληροφόρηση για τη βούληση του κάθε καταναλωτή χωριστά ενώ κάποιες φορές θεωρείται και παράνομη.
- **Δεύτερος βαθμός.** Εδώ οι καταναλωτές χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση κάποιο χαρακτηριστικό τους που προσπαθεί η επιχείρηση να ανακαλύψει δίνοντας κίνητρα και παρατηρώντας αντιδράσεις. Η κάθε κατηγορία πληρώνει ίδια τιμή όπως γίνεται με τις διάφορες εκδόσεις προϊόντων λογισμικού. Άλλο παράδειγμα είναι η υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου όπου ένας πάροχος μπορεί να το προσφέρει δωρεάν αλλά χωρίς εγγύηση χρόνου αποστολής και να χρεώνει ένα ποσό για τα επείγοντα μηνύματα.
- **Τρίτος βαθμός.** Σε αυτό τον τύπο διαφοροποίησης οι καταναλωτές κατηγοριοποιούνται με βάση ένα αναγνωρισμένο, ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους όπως είναι οι φοιτητές και οι ηλικιωμένοι και για κάθε μια εφαρμόζεται διαφορετική τιμολογιακή πολιτική.

---

Σε ότι αφορά το δεύτερο και τρίτο βαθμό, προκειμένου να αυξηθεί η συνολική ευημερία (πλεόνασμα παραγωγού και καταναλωτή) είναι απαραίτητη προϋπόθεση να υπάρξει αύξηση είτε του αριθμού των καταναλωτών που εξυπηρετούνται είτε της ζητούμενης ποσότητας.

### 5.3.9 Χρέωση Paris-Metro

Το μοντέλο αυτό είναι εμπνευσμένο από τα μέσα μαζικής μεταφοράς και συγκεκριμένα από το σύστημα χρέωσης που είχε ακολουθηθεί στο μετρό της γαλλικής πρωτεύουσας από όπου πήρε και το όνομά του, PMP - Paris Metro Pricing. Βασίζεται στη παροχή διαφοροποιημένων επιπέδων εξυπηρέτησης με τιμολόγηση της χρήσης του μέσου από τον συνδρομητή, για παράδειγμα ποια κατηγορία θέσης είναι επιθυμητή σε μια πτήση (Odlyzko, 1997). Στα δίκτυα δεδομένων, αυτή η επιλογή μπορεί να γίνει δυναμικά και ο συνδρομητής μπορεί να διαλέξει το επίπεδο της εξυπηρέτησης που επιθυμεί. Αυτή η μέθοδος χρέωσης εισάγει την ιδέα της travel class (όπως και στα δημόσια μεταφορικά μέσα) στην κίνηση του δικτύου και στηρίζεται στο να προσφέρει διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών που βασίζονται στην τιμολόγηση ανά χρήση πελάτη. Υποθέτεται δηλαδή ότι κάθε πελάτης επιλέγει τη δική του travel class, με το ανάλογο κόστος, για τις διαφορετικές του μετακινήσεις, έτσι θα διαλέξει και το επίπεδο των δικτυακών υπηρεσιών που του ταιριάζουν σύμφωνα πάντα και με την τιμολόγησή τους. Οι κατηγορίες (classes) μπορούν να διακριθούν σε πρώτη και δεύτερη. Η επιλογή της κατηγορίας μπορεί να γίνει δυναμικά και ο χρήστης μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει τη ρυθμαπόδοση (throughput) του δικτύου για να αποφασίσει ποια κατηγορία να διαλέξει για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του. Αν το δίκτυο έλθει σε κατάσταση συμφόρησης και όλη η χωρητικότητα στην 1η κατηγορία είναι κατειλημμένη, τότε είναι δυνατό να υποβιβαστούν κάποιοι χρήστες στη 2η κατηγορία για να βελτιωθεί η δική τους απόδοση. Για παράδειγμα η αποστολή των επαγγελματικών email, μπορεί να γίνεται με διαφορετικό ρυθμό από ότι η λήψη των προσωπικών email. Αν οι αιτήσεις για εξυπηρέτηση α' κλάσης είναι τόσες ώστε να δημιουργείται συμφόρηση, τότε κάποιες από αυτές υπόκεινται σε down grade (Odlyzko, 1998).

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι ο διαχωρισμός του δικτύου σε λογικά υποδίκτυα που λειτουργούν πάνω από το ίδιο φυσικό δίκτυο μετάδοσης. Σε κάθε ένα από αυτά τα δεδομένα μεταφέρονται με το πρότυπο, που και σήμερα εφαρμόζεται στο διαδίκτυο, της "βέλτιστης προσπάθειας" (best-effort) με τη βοήθεια του πρωτοκόλλου TCP αλλά η χρέωση των πακέτων διαφέρει ανάλογα με το υποδίκτυο. Οι χρήστες επιλέγουν το υποδίκτυο που θεωρούν κατάλληλο (ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας ή της εφαρμογής που χρησιμοποιούν) για τα πακέτα τους έχοντας πάντα υπόψη την τιμή και την ποιότητα του καθενός (Odlyzko, 1997). Η λογική λέει πως τα ακριβότερα υποδίκτυα θα προσελκύσουν λιγότερους χρήστες κι άρα θα είναι σπάνια υπερφορτωμένα κάτι που σημαίνει πως προορίζονται για απαιτητικές εφαρμογές σε όρους ταχύτητας, εύρους ζώνης και συγχρονισμού, χωρίς όμως ποτέ να δίνει απόλυτες εγγυήσεις.

Πλεονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι η δυνατότητα επιλογών που δίνεται στους χρήστες καθώς και το ότι έχουν οι ίδιοι τον έλεγχο του ατομικού τους κόστους. Βασικό μειονέκτημα του δικτύου είναι ότι εισάγει μαθηματική πολυπλοκότητα στη συμπεριφορά του δικτύου (Dolan, 2000). Έτσι, ενώ η μέθοδος αυτή δίνει το

---

πλεονέκτημα στον συνδρομητή να καθορίσει το ύψος της χρέωσης του, έχει όμως το μειονέκτημα να δυσκολεύει τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του δικτύου. Επίσης απαιτεί από τα τηλεπικοινωνιακά πρωτόκολλα να προσθέτουν και μια κεφαλίδα για τον καθορισμό της κλάσης εξυπηρέτησης του συνδρομητή. Τέλος η χρήση του μοντέλου αυτού προϋποθέτει το διαχωρισμό του bandwidth σε διάφορες κατηγορίες εξυπηρέτησης, και κατά συνέπεια δεν επιτρέπει την πολύπλεξη μεταξύ τους. Ουσιαστικά με το PMP επιχειρείται μια απλοποίηση των διαδικασιών χωρίς να αλλάζει κάτι σε επίπεδο τεχνολογίας, πρωτοκόλλων ή υποδομής και χωρίς να απαιτεί μετρήσεις και παρακολούθηση της ροής των δεδομένων. Εκείνο που φιλοδοξεί να πετύχει είναι με την τιμολόγηση αυτού του τύπου να καταπολεμήσει τα φαινόμενα συμφόρησης χωρίς να μεταβάλλει τίποτε άλλο στη φύση του διαδικτύου.

## 5.4 Συνδυασμός μοντέλων

Στις προηγούμενες ενότητες εξετάσαμε διάφορα μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται ή προτείνονται για χρήση από τους εμπορικούς παρόχους δικτυακών υπηρεσιών. Ειδικότερα όμως στην αγορά της κινητής τηλεφωνίας, είναι σημαντικό το ζήτημα του συνδυασμού κάποιων ή όλων από τα παραπάνω μοντέλα κάτω από ένα ενοποιημένο και ελαστικό μοντέλο το οποίο θα καλύπτει τις όλο και διευρυνόμενες απαιτήσεις και εξελίξεις στον τομέα της χρέωσης. Με τον όρο ελαστικότητα αναφερόμαστε και στην πρόσθεση μελλοντικών μοντέλων που ίσως ανακύψουν. Για παράδειγμα, μια βασική συνδρομή μπορεί να αποτελείται από ένα σταθερό τέλος για δωρεάν κλήσεις μέχρι ένα συγκεκριμένο όριο, χρέωση με μέτρηση για τις πρόσθετες κλήσεις, χρέωση πακέτων για πλοήγηση στους δικτυότοπους (Web browsing) και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και χρέωση αναμενόμενης χωρητικότητας και χρήση υπηρεσιών GPRS.

Λόγω του ότι, δημογραφικά, οι κατηγορίες των πελατών μπορούν να ποικίλουν, είναι εμπορικά κρίσιμο για μια εταιρεία να μπορεί να προσφέρει ένα ελκυστικό πακέτο με διαφορετικές χρεώσεις ανά κατηγορία υπηρεσιών, συνδυάζοντας τα διάφορα υπάρχοντα μοντέλα. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να απευθυνθεί σε μεγάλο πλήθος καταναλωτών και να τους προσελκύσει. Μειονέκτημα πάντως αποτελεί το γεγονός ότι ο ένας απλός χρήστης θα πρέπει να θυμάται ή να ανατρέχει συχνά στους τιμοκαταλόγους προκειμένου να μπορεί να υπολογίζει και να κρατάει σε κάποια όρια τα έξοδά του.

*Τα χαρακτηριστικά των παραπάνω μοντέλων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Dolan, 2000):*

<b>Charging Model</b>	<b>Cost of Implementation</b>	<b>Network Overhead</b>	<b>Subscriber Overhead</b>	<b>Provision for Qos Improvement</b>
<b>Metered Charging</b>	High/Medium	Low	Low	No
<b>Flat Rate Charging</b>	Medium/Low	Low	Low	No
<b>Packet Charging</b>	High	High	High	No
<b>Expected Capacity Charging</b>	Medium/High	Medium	Medium	Yes
<b>Paris Metro Charging</b>	Medium	Medium/High	Medium/High	Yes

Πίνακας 5-3: Σύγκριση μοντέλων χρέωσης

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω μπορούμε να προτείνουμε αρχιτεκτονικές χρέωσης οι οποίες να αποτελούν συνδυασμό των παραπάνω μοντέλων. Μια πιθανή αρχιτεκτονική χρέωσης είναι συνδυασμός fixed price traffic και metered charging για τις φωνητικές κλήσεις, δηλαδή με το πάγιο να υπάρχει δωρεάν χρόνος ομιλίας και η πρόσθετη χρέωση να αρχίζει μόλις γίνει υπέρβαση του χρόνου αυτού. Για τις υπηρεσίες δεδομένων, όπως Web Browsing και email, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρχικά το expected capacity, αν αυτό με τη σειρά του ξεπερνιέται από τους συνδρομητές μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το packet charging.

## 5.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Στις επόμενες ενότητες παρατίθενται και σχολιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για τους σημαντικότερους από τους τρόπους /μεθόδους χρέωσης που περιγράφηκαν παραπάνω.

### 5.5.1 Σταθερή Χρέωση

Η συγκεκριμένη πολιτική χρέωσης προσφέρει μία σειρά από πλεονεκτήματα τόσο στον ίδιο το χρήστη όσο και στον πάροχο. Αρχικά, ενθαρρύνει τη χρήση, καθώς ο πελάτης /χρήστης γνωρίζει εκ των προτέρων το ποσό που θα πληρώσει. Η σταθερή συνδρομή εξαλείφει τον κίνδυνο να βγει ο χρήστης εκτός προϋπολογισμού εξαιτίας αστάθμητων παραγόντων που είναι η εκάστοτε συμπεριφορά του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό τόσο οι χρήστες όσο και οι πάροχοι μπορούν να σχεδιάσουν και να οργανώσουν επιχειρηματικά σχέδια, βασιζόμενοι σε μια «προβλέψιμη» δομή χρεώσεων που γίνεται περισσότερο ελκυστική για όλους. Επίσης, καθώς το κόστος είναι σταθερό δεν απαιτούνται διαχειριστικές δαπάνες για την κατανομή των πόρων, των υπηρεσιών αλλά και για τον υπολογισμό του κόστους. Αυτό οφείλεται στο ότι



---

παρακάμπτονται όλες εκείνες οι διεργασίες και το λογισμικό που θα απαιτούνταν προκειμένου να γίνει κατανομή του κόστους και των χρεώσεων ανάλογα με το μέγεθος της χρήσης του διαδικτύου από κάθε χρήστη.

Από την άλλη πλευρά, πολλοί μηχανικοί και οικονομολόγοι πιστεύουν ότι η συμφόρηση στο παγκόσμιο διαδίκτυο οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στο σταθερό σχήμα τιμολόγησης (flat rate pricing) (Dolan, 2000) και σε κάποιες περιπτώσεις το θεωρούν αναποτελεσματικό. Αυτό το σχήμα τιμολόγησης δεν αποθαρρύνει τους χρήστες από το να χρησιμοποιούν τη μέγιστη χωρητικότητα που τους προσφέρει ο τύπος της σύνδεσής τους διότι δεν υπάρχει χρηματικό όριο στη χρήση, με συνέπεια τη συμφόρηση. Η απουσία ενός μηχανισμού χρέωσης που θα ενθαρρύνει τη χρήση του διαδικτύου σε περιόδους μη αιχμής και θα την αποτρέπει σε περιπτώσεις μεγάλου φόρτου, αποτελεί έλλειψη ελαστικότητας και αδυναμίας ισοκαταμερισμού του φόρτου στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Με άλλα λόγια η σταθερή χρέωση δεν μπορεί να παρέχει κανέναν οικονομικό μηχανισμό ελέγχου της συμφόρησης για την κατανομή του εύρους ζώνης.

Επιπλέον, η τιμολόγηση ενιαίου ρυθμού δεν επιτρέπει στους χρήστες να γνωστοποιήσουν τις προτιμήσεις τους. Όλοι οι χρήστες αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο, παρόλο που διαφορετικοί χρήστες μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικές εφαρμογές ή να δίνουν διαφορετική αξία στην ίδια υπηρεσία και έτσι δεν υπάρχει το κίνητρο για την προσαρμογή της παρεχόμενης υπηρεσίας με βάση τις απαιτήσεις των χρηστών. Οι δύο παραπάνω περιορισμοί έχουν σαν αποτέλεσμα τη συμφόρηση του δικτύου του οποίου οι πόροι χρησιμοποιούνται τελικά κατά τρόπο που δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών και την υποβάθμιση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Στην περίπτωση που λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες των χρηστών υπάρχουν περισσότερα κίνητρα για τη βελτίωση των υπηρεσιών που προσφέρονται σε αυτούς καθώς οι προσπάθειες προσανατολίζονται στο να ικανοποιηθούν οι διαφορετικές ομάδες των χρηστών με βάση τις απαιτήσεις τους. Ο χρήστης δεν πληρώνει για την ποιότητα αλλά για την πρόσβαση στο δίκτυο.

Ακόμα, στην περίπτωση της σταθερής χρέωσης παρατηρείται συχνά έλλειψη δικαιοσύνης. Για παράδειγμα, μπορεί ένας απλός χρήστης και ένας “provider” εμφωλευμένων χρηστών να απαιτήσουν το ίδιο εύρος ζώνης, αλλά η συνολική ποσότητα των πληροφοριών που μετακινήθηκαν να είναι περισσότερη για τον δεύτερο οπότε και θα έπρεπε να πληρώσει περισσότερο. Οι λόγοι αυτοί οδηγούν στο σχεδιασμό και την εφαρμογή δυναμικών πολιτικών χρέωσης όπως αυτών που περιγράφηκαν παραπάνω. Οι επιχειρήσεις που κοστολογούν τους πελάτες τους με τη συγκεκριμένη πολιτική χρέωσης θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψουν το συνολικό μέγιστο εύρος ζώνης που έχουν εγγυηθεί σε όλους τους πελάτες τους. Δηλαδή, θα πρέπει να μπορούν να ικανοποιήσουν όλους τους χρήστες /πελάτες τους αν όλοι αυτοί θελήσουν την ίδια χρονική στιγμή να μεταδώσουν πληροφορία με το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που τους έχουν εγγυηθεί προκειμένου να επιβεβαιωθεί η αξιοπιστία της επιχείρησης. Επιπρόσθετα, οι χρήστες θέλουν να αισθάνονται ασφάλεια και να είναι σίγουροι ότι θα ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις τους μέσα στα πλαίσια του συμβολαίου που έχουν υπογράψει. Στο σύστημα αυτό τιμολόγησης δεν υπάρχει πρόβλεψη για αυξημένα τέλη στην περίπτωση χρήσης της σύνδεσης πάνω από το μέσο όρο χρήσης των υπόλοιπων συνδρομητών και η συμφόρηση μπορεί να γίνει σημαντική αν το δίκτυο φτάσει στα όριά του τις ώρες αιχμής. Το δεύτερο μειονέκτημα μάλιστα παρέχει και ένα ισχυρό επιχείρημα σε όλους όσους υποστηρίζουν ότι πρέπει να χρησιμοποιείται η χρέωση σαν ένας τρόπος ελέγχου της συμφόρησης στα δίκτυα.

---

## 5.5.2 Χρέωση Εξαρτώμενη από τη Χρήση

Τα πλεονεκτήματα που σημειώνονται από τη χρησιμοποίηση της μεθόδου τιμολόγησης usage based είναι τα εξής (MacKie-Mason. and Varian, 1994):

1. Αντιστοίχιση των επιπέδων ποιότητας υπηρεσιών (QoS) με κατάλληλες τιμολογιακές πολιτικές. Σαν αποτέλεσμα, επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοποίηση των πόρων των δικτύων, αποτρέπονται φαινόμενα συμφόρησης και αυξάνεται η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

2. Επικράτηση ενός δικαίου στα επίπεδα χρεώσεων μεταξύ των χρηστών. Οι χρήστες που δεν καταναλώνουν πολλούς πόρους του δικτύου πληρώνουν λιγότερο, ενώ οι χρήστες με αυξημένες απαιτήσεις σε πόρους περισσότερο. Παύει έτσι να ισχύει το φαινόμενο της “επιδότησης” των απαιτητικών χρηστών από τους χρήστες που δεν καταναλώνουν πολλούς πόρους.

Αντιθέτως, το κυριότερο μειονέκτημα της συγκεκριμένης πολιτικής, είναι ότι δεν έχει την αποδοχή από την ευρύ βάση των χρηστών, πράγμα που φαίνεται από μελέτες και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί. Μάλιστα, οι χρήστες είναι συχνά πρόθυμοι να πληρώσουν παραπάνω για μία σταθερή χρέωση προκειμένου να αποφύγουν τη χρέωση με βάση τη χρήση και αυτό γιατί όπως περιγράφηκε και παραπάνω η σταθερή χρέωση προσφέρει περισσότερη ασφάλεια. Επίσης, η υλοποίηση σχημάτων πολιτικών χρέωσης εξαρτώμενης από τη χρήση προς το παρόν απαιτεί υψηλό λογιστικό και διαχειριστικό κόστος από πλευράς των ISP (MacKie-Mason. and Varian, 1994).

Η χρέωση που εξαρτάται από τη χρήση αποθαρρύνει τη χρήση αφού το κόστος εξαρτάται από αυτή και επίσης σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει σε ‘κακές’ συμπεριφορές που στοχεύουν στο να μειώσουν τη χρήση ή να την κρύψουν κατά κάποιο τρόπο. Παράδειγμα μίας τέτοιας συμπεριφοράς, είναι η περίπτωση κατά την οποία ένας συγκεκριμένος χρήστης κατεβάζει ένα αρχείο και το μοιράζει ο ίδιος σε άλλους χρήστες με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται να πληρώνουν για να το αποκτήσουν κατεβάζοντάς το από την κατάλληλη ιστοσελίδα (Courcoubetis, et al., 2000).

Στη συγκεκριμένη πολιτική χρέωσης τίθεται το θέμα του κατά πόσο δίκαιο είναι ένα μικρό έρευνητικό ακαδημαϊκό ινστιτούτο που κάνει μεγάλη χρήση να χρεώνεται το ίδιο με ένα μεγάλο πανεπιστήμιο όπως για παράδειγμα το Yale (MacKie-Mason. and Varian, 1994). Επίσης, συνήθως οι οργανισμοί και οι εταιρίες δεν κάνουν τη χρήση που κάνει ένα πανεπιστήμιο και για το σκοπό αυτό διαφοροποιείται ο τρόπος χρέωσής τους σε κάποιες περιπτώσεις. Όμως και στην περίπτωση αυτή τίθεται το θέμα για το αν είναι δίκαιο να χρησιμοποιούνται δύο σχήματα χρέωσης με αποτέλεσμα να χρεώνονται περισσότερο οι εταιρίες και οι οργανισμοί σε σχέση με τα πανεπιστήμια.

### ➤ Γιατί είναι η βασισμένη στη χρήση (usage-based) τιμολόγηση επιθυμητή;

Ένας σημαντικός ρόλος της τιμολόγησης είναι να πληροφορηθούν οι άνθρωποι για το πραγματικό κόστος των ενεργειών τους. Εάν οι τιμές απεικονίζουν με ακρίβεια τις δαπάνες, τα άτομα μπορούν να συγκρίνουν τα οφέλη των ενεργειών τους με τις δαπάνες των ενεργειών τους και να διατηρήσουν ή να επαναπροσδιορίσουν τον τρόπο λειτουργίας τους. Ένας γενναϊόδωρος χρήστης που είναι διατεθειμένος να

---

χρησιμοποιήσει ένα σύστημα τις ώρες μη-αιχμής πρέπει να ξέρει πότε ακριβώς είναι αυτές οι ώρες. Ένας λιγότερο κοινωνικά γενναιόδωρος χρήστης μπορεί, εάν προσφέρεται μια έκπτωση για χρήση εκτός ωρών αιχμής, να επανα-προγραμματίσει τη χρήση του, όχι λόγω φιλανθρωπίας ή ανησυχίας του για το δημόσιο αγαθό, αλλά επειδή είναι προς το συμφέρον του να κερδίσει χρήματα. Ένας χρήστης πρέπει να έχει την ικανοποιητική δύναμη σε θέματα του συστήματος έτσι ώστε όταν έχει αποφασίσει να εξοικονομήσει χρήματα με τη χρησιμοποίηση των πόρων όταν είναι φθινοί να μπορεί να το πετύχει. Ένας χρήστης που υποβάλλει τα μηνύματά του σε έναν κατάλογο διευθύνσεων (mailing list) τη νύχτα (που θεωρείται ώρα μη-αιχμής) δεν θα κερδίσει τίποτε εάν το λογισμικό του συσσωρεύει το ταχυδρομείο μέχρι 9 το πρωί και διαβιβάζει έπειτα τα μηνύματά της (δηλαδή τις ώρες αιχμής) (Marinidis, 2003).

Οι βασισμένες στη χρήση τιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν προτεραιότητα στη χρήση ενός κορεσμένου πόρου, όπως έναν *WWW server*, έτσι ώστε εκείνοι που εκτιμούν την πρόσβαση πιο πολύ (τόσο ώστε να είναι και διατεθειμένοι να πληρώσουν περισσότερα από τους άλλους χρήστες) να παίρνουν την πιο υψηλή προτεραιότητα. Η τιμολόγηση μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί από τους προμηθευτές και για να υπάρξουν κατηγορίες ποιότητας υπηρεσιών (QoS) στις διαφορετικές χρήσεις και για να ανακτήσουν τις δαπάνες της παροχής αυτών των υπηρεσιών. Μια βασική πτυχή της αποτελεσματικής τιμολόγησης των υπηρεσιών είναι ότι τα εισοδήματα (revenues), που αυξάνονται από τις τιμές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν τις αποφάσεις για επένδυση και για επεκτάσεις.

Η σημαντικότερη αντίρρηση στις καλά σχεδιασμένες βασισμένες στη χρήση τιμές είναι η λογιστική (accounting) και το κόστος συναλλαγών (transactions cost). Οι κακοσχεδιασμένες τιμές θα μπορούσαν να έχουν άλλες δαπάνες όπως η παρακώλυση των τεχνικών καινοτομιών και της χρήσης των δικτύων. Οι βασισμένες στη χρήση τιμές μπορούν να είναι ή να μην είναι μια καλή ιδέα, αυτό εξαρτάται από το πόσο καλά σχεδιάζονται, και από το εάν τα οφέλη που παρέχουν υπερβαίνουν τα λογιστικά και τα κόστη συναλλαγών (Marinidis, 2003). Ένας από τους κινδύνους της βασισμένης στη χρήση τιμολόγησης είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους προμηθευτές για να αυξήσουν τα κέρδη τους. Εάν η δυνατότητα χρήσης, του διαδικτύου για παράδειγμα, παρέχεται από ανταγωνιστικές εταιρίες τότε τα κέρδη καθορίζονται από το βαθμό ανταγωνισμού και όχι από το μηχανισμό τιμολόγησης.

Κάποιοι πιστεύουν ότι η βασισμένη στη χρήση τιμολόγηση αυξάνει τις συνολικές δαπάνες των χρηστών. Η αλήθεια είναι ότι εάν η βιομηχανία είναι ανταγωνιστική ή αποτελεσματικά ρυθμισμένη, τα εισοδήματα (revenues) θα είναι ίσα με περίπου τις δαπάνες. Τα κόστη μπορούν να αυξηθούν λόγω του προστιθέμενου κόστους της λογιστικής και της τιμολόγησης. Αφ' ετέρου, τα κόστη μπορούν να μειωθούν επειδή η βασισμένη στη χρήση τιμολόγηση αυξάνει την αποδοτικότητα της λειτουργίας του δικτύου (Marinidis, 2003). Όταν βρίσκονται αντιμέτωπες με τις δαπάνες χρήσης, οι επιπόλαιες και χαμηλής αξίας (μη απαραίτητες) χρήσεις του δικτύου είναι πιθανό να μειωθούν, χαμηλώνοντας τις συνολικές δαπάνες. Έτσι, αντί να πληρώνουν οι χρήστες τον μέσο όρο του κόστους χρήσης όλου του δικτύου (μέσω μιας σύνδεσης, ή της δαπάνης συνδρομής), θα αρχίσουν να πληρώνουν ποσά που βρίσκονται πιο κοντά στο πραγματικό κόστος του μεριδίου χρήσης τους. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες χαμηλού-εύρους θα δουν μια μείωση των συνολικών πληρωμών τους και οι μεγάλου-εύρους χρήστες θα πληρώσουν περισσότερα.

---

Με την ενιαία τιμολόγηση, όλες οι δαπάνες ανακτώνται μέσω των τελών σύνδεσης. Αυτά τα τέλη είναι βασισμένα στη μέση χρήση μιας σύνδεσης. Αυτό σημαίνει ότι οι μικροί (κατώτεροι του μέσου όρου) χρήστες επιδοτούν στην πραγματικότητα τους μεγάλους χρήστες! Με τη βασισμένη στη χρήση τιμολόγηση, οι μεγαλύτεροι χρήστες πληρώνουν τις περισσότερες από τις δαπάνες. Οι μεγάλοι χρήστες είναι πιθανό να χρησιμοποιούν το δίκτυο για μεταφορά εικόνων, ήχου και βίντεο και γενικότερα για πολυμεσικές (video \audio) εφαρμογές. Οι μικροί χρήστες, οι οποίοι χρησιμοποιούν τις παραδοσιακές βασισμένες σε κείμενο υπηρεσίες του διαδικτύου (π.χ. email), θα έχουν μικροσκοπικές απαιτήσεις σε εύρος σε σύγκριση με τα πολυμέσα (Courcoubetis et al., 2000).

### 5.5.3 Τιμολόγηση στα Άκρα

Στη συγκεκριμένη πολιτική χρέωσης το κόστος που επιβαρύνει το χρήστη υπολογίζεται τοπικά, δηλαδή ο χρήστης χρεώνεται μόνο από τον πάροχο από τον οποίο ξεκινάει η σύνδεσή του παρόλο που για τον υπολογισμό του απαιτείται πληροφορία που λαμβάνεται από διαφορετικά τμήματα του δικτύου. Οι πάροχοι συμφωνούν μεταξύ τους και αγοράζουν κάποιες υπηρεσίες ο ένας από τον άλλο με τον ίδιο τρόπο που ένας απλός χρήστης πληρώνει σε έναν πάροχο κάποιο ποσό για μία συγκεκριμένη υπηρεσία.

Οι δομές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του κόστους στην περίπτωση αυτή λειτουργούν τοπικά και ο μηχανισμός χρέωσης είναι καθαρά μία διαδικασία που συμφωνείται μεταξύ του χρήστη και του παρόχου. Επειδή οι αποφάσεις για την κοστολόγηση λαμβάνονται τοπικά, οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να είναι πιο ευέλικτοι και να προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες χρέωσης ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ομάδας χρηστών. Με τον τρόπο αυτό οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν τον τρόπο χρέωσης που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες τους.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι με τη μέθοδο αυτή, οι πάροχοι μπορούν ευκολότερα να πειραματιστούν και να εισάγουν νέες πολιτικές χρέωσης τις οποίες μπορούν να βελτιώνουν συνεχώς με την πάροδο του χρόνου και να τροποποιούν με βάση τις απαιτήσεις των χρηστών. Μάλιστα, αυτό θα οδηγήσει στην αύξηση του ανταγωνισμού μεταξύ των παρόχων και κατά συνέπεια σε καλύτερες προσφορές για το χρήστη, τόσο όσον αφορά τις παρεχόμενες υπηρεσίες και την ποιότητά τους όσο και το κόστος που τον επιβαρύνει. Η πολιτική χρέωσης που θα χρησιμοποιεί ο κάθε πάροχος εξαρτάται αποκλειστικά από τον ίδιο και μπορεί να είναι σταθερή ή να εξαρτάται από τη χρήση.

### 5.5.4 Έξυπνη Αγορά

Οι MacKie-Mason και Hal Varian (1999), όπως προαναφέραμε, προτείνουν μία χρέωση συμφοράρησης που ονομάζεται "έξυπνη αγορά" (smart market). Το μοντέλο αυτό χρέωσης, αναμφισβήτητα έχει κάποια ελκυστικά και ενδιαφέροντα πλεονεκτήματα. Στην πολιτική χρέωσης αυτή, ο βαθμός (bid) που δίνει στα πακέτα του κάθε χρήστης δηλώνει την διάθεση του χρήστη να πληρώσει για την άμεση εξυπηρέτηση των πακέτων του. Οι χρήστες όμως, των οποίων τα πακέτα έγιναν

---

δεκτά, δεν χρεώνονται την τιμή που προσφέρουν, αλλά την προσφορά του πακέτου πιο υψηλής προτεραιότητας που απορρίπτεται (not admitted) από το δίκτυο (Marinidis, 2003). Με το μηχανισμό αυτό, αποδεικνύεται ότι δίνεται στους χρήστες το κίνητρο να αποκαλύψουν την αληθινή προτεραιότητα των πακέτων τους –πιθανή προσπάθεια εξαπάτησης της αγοράς έχει σαν αποτέλεσμα μόνο μειονεκτήματα. Έτσι όχι μόνο εξυπηρετούνται πρώτοι εκείνοι με το υψηλότερο κόστος αναμονής, αλλά και οι τιμές δίνουν μία αληθινή εικόνα για την ανάγκη επέκτασης της χωρητικότητας σε μία ανταγωνιστική αγορά προσφοράς υπηρεσιών δικτύου.

Οι MacKie-Mason και Hal Varian έχουν αναφέρει τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να υπάρχουν σε μία έξυπνη αγορά. Τα προβλήματα αυτά είναι τα παρακάτω: Οι τιμές της έξυπνης αγοράς, στον πραγματικό κόσμο, δεν μπορούν να ενημερώνονται συνεχώς. Θεωρητικά, η αποδοτική τιμή καθορίζεται με τη σύγκριση ενός καταλόγου με προσφορές χρηστών με τη διαθέσιμη ικανότητα του δικτύου και με τον καθορισμό της τιμής αποκοπής (cut off price). Στην πραγματικότητα, τα πακέτα φθάνουν όχι εντελώς ξαφνικά αλλά κατά τη διάρκεια κάποιων χρονικών διαστημάτων, και έτσι θα ήταν απαραίτητο να επανακαθορίζεται η αγορά περιοδικά σύμφωνα με προσφορές που απευθύνονται στα συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Η αποδοτικότητα αυτού του σχεδίου, εξαρτάται από το πόσο δαπανηρό είναι το να επανακαθορίζεται συχνά η αγορά και από το πόσο επίμονες είναι οι περίοδοι συμφόρησης. Εάν το μέγεθος της συμφόρησης μεταβάλλεται πολύ συχνά, τότε κατά την ενημέρωση των τιμών της αγοράς η κατάσταση της συμφόρησης μπορεί να αλλάζει.

Διάφοροι ειδικοί δικτύων έχουν προτείνει ότι πολλοί πελάτες, ιδιαίτερα οι μη κερδοσκοπικές αντιπροσωπείες, θα αντιτεθούν επειδή δεν ξέρουν εκ των προτέρων πόσο θα τους κοστίσει η χρησιμοποίηση των δικτύων (Dolan, 2000). Το επιχείρημα αυτό είναι μερικώς παραπλανητικό, δεδομένου ότι η προσφορά του χρήστη ελέγχει πάντα τις μέγιστες δαπάνες του. Πράγματι, δεδομένου ότι αναμένεται ότι για την περισσότερη κυκλοφορία η τιμή συμφόρησης να είναι μηδέν, πρέπει να είναι δυνατό για τους περισσότερους χρήστες να αποφύγουν να πληρώσουν δαπάνες χρήσης με το να θέσουν όλες τις προσφορές πακέτων σε μηδέν. Όταν το δίκτυο είναι συνωστισμένο αρκετά ώστε, να έχει μια θετική τιμή συμφόρησης, αυτοί οι χρήστες θα πληρώσουν το κόστος σε καθυστέρηση παρά σε μετρητά, όπως σήμερα. Επίσης αναμένεται ότι σε μια ανταγωνιστική αγορά για τις υπηρεσίες δικτύων, οι κυμαινόμενες τιμές συμφόρησης θα είναι ένα γενικό φαινόμενο, και ότι οι μεσάζοντες θα επαναοργανώσουν τις υπηρεσίες και θα τις προσφέρουν σε μια εγγυημένη τιμή στους τελικούς χρήστες. Ουσιαστικά αυτό θα δημιουργούσε μια μελλοντική αγορά για τις υπηρεσίες δικτύων.

Υπάρχουν επίσης θεωρητικά προβλήματα που σχετίζονται με τις δημοπρασίες και πρέπει να λυθούν. Η πρόταση των έξυπνων αγορών προσδιορίζει ένα ενιαίο σημείο εισόδου στο δίκτυο με δημοπρατημένη πρόσβαση. Στην πράξη, τα δίκτυα έχουν πολλές πύλες, με κάθε μια να είναι δυνατόν να βρίσκεται σε διαφορετικές καταστάσεις συμφόρησης. Το ερώτημα που τίθεται είναι το εξής: Θα έπρεπε μια έξυπνη αγορά να βρίσκεται σε ένα ενιαίο, κεντρικό σημείο, με τις τρέχουσες τιμές να διαβιβάζονται συνεχώς στις πολλές πύλες, ή θα έπρεπε ένα σύνολο ταυτόχρονων δημοπρασιών να λειτουργεί σε κάθε πύλη; Πόσος συντονισμός θα πρέπει να υπάρχει μεταξύ των χωριστών δημοπρασιών; Όλες αυτές οι ερωτήσεις χρειάζονται όχι μόνο τα θεωρητικά μοντέλα, αλλά και την εμπειρική εργασία για να καθορίσουν το βέλτιστο ποσοστό των επανακαθορισμών των τιμών της αγοράς και της ανταλλαγής

---

των πληροφοριών των δημοπρασιών, λαμβάνοντας υπόψη τις δαπάνες και τις καθυστερήσεις της επικοινωνίας πραγματικού χρόνου.

Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα για σχεδόν οποιοδήποτε σχέδιο τιμολόγησης χρήσης είναι το πώς μπορεί να καθοριστεί σωστά εάν θα πρέπει να τιμολογηθεί ο πομπός ή ο δέκτης (Dolan, 2000). Με τα τηλεφωνήματα είναι σαφές ότι στις περισσότερες περιπτώσεις ο δημιουργός μιας κλήσης πρέπει να πληρώσει. Εντούτοις, σε ένα δίκτυο πακέτων, και οι δύο πλευρές δημιουργούν τα πακέτα τους, και σε ένα χωρίς σύνδεση δίκτυο δεν υπάρχει κανένας μηχανισμός για να διαχωρίζει ότι τα πακέτα του διακομιστή Β ζητήθηκαν ως απαντήσεις σε μια περίοδο επικοινωνίας που άρχισε από τον χρήστη Α. Ένα απλό παράδειγμα είναι το εξής: Μια σημαντική χρήση του διαδικτύου είναι για την ανάκτηση αρχείων από τα δημόσια αρχεία. Εάν ο δημιουργός κάθε πακέτου χρεωνόταν για το κόστος συμφόρησης εκείνου του πακέτου, τότε οι προμηθευτές των ελεύθερων δημόσιων αγαθών (αρχείων) θα πλήρωναν σχεδόν όλες τις δαπάνες συμφόρησης που προκαλούνται από το αίτημα αρχείων ενός χρήστη. Είτε ο δημόσιος προμηθευτής αρχείων θα χρειαζόταν έναν μηχανισμό τιμολόγησης για να χρεώσει στους αιτούντες (εκ των υστέρων) τις δαπάνες συμφόρησης, ή τα δίκτυα θα πρέπει να κατασκευαστούν έτσι ώστε να μπορούν να τιμολογήσουν το σωστό συμβαλλόμενο μέρος.

Επιπλέον, η έξυπνη αγορά είναι γενικά πολύ δύσκολο και πολύπλοκο να υλοποιηθεί. Η απαίτηση του να επισυνάπτουμε ένα bid σε κάθε πακέτο, επιβάλλει αδιαμφισβήτητα μεγάλα φορτία τόσο στον πομπό και στο δέκτη, αλλά και στους πόρους (ειδικά στους δρομολογητές) που είναι ήδη σε συμφόρηση. Στην πολιτική αυτή χρέωσης, οι χρήστες μπορούν να εκτιμήσουν ακριβώς τη μετάδοση κάθε πακέτου τους. Παρακάτω αναφέρουμε συνοπτικά ορισμένα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν κατά την μέθοδο χρέωσης της 'έξυπνης αγοράς'.

- Οι χρήστες δεν ξέρουν από την αρχή το ποσό που καλούνται να πληρώσουν.
- Τα πακέτα φτάνουν συνεχώς. Όμως, η αποδοχή ή μη των πακέτων γίνεται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Οι τιμές στον πραγματικό κόσμο δεν μπορούν να ανανεώνονται συνεχώς και είναι πολλές οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον καθορισμό του μηχανισμού που θα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της τιμής αποκοπής.
- Ο μηχανισμός της έξυπνης αγοράς, εγγυάται σχετική μόνο προτεραιότητα και όχι απόλυτη ποιότητα υπηρεσίας (QoS).
- Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη θέματα τοπολογίας αλλά και το αν θα πρέπει να υπάρχει χρέωση για τον αποστολέα ή τον παραλήπτη (διαφορετικά θα καταλήγαμε σε μία κατάσταση, όπου κάποιος που θα παρέχει δωρεάν για παράδειγμα ένα ftp site, θα αναγκαζόταν να πληρώνει για το μεγαλύτερο μέρος από τη συμφόρηση που θα προερχόταν από τις αιτήσεις των χρηστών του, κάτι που είναι προβληματικό για κάθε σχήμα χρέωσης εξαρτώμενης από τη χρήση).

### **5.5.5 Χρέωση Αναμενόμενης Χωρητικότητας**

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ένας από τους στόχους του μοντέλου της αναμενόμενης χωρητικότητας είναι να ομαδοποιήσει τις υπηρεσίες με βάση τις διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών χωρίς να καθορίζει σταθερούς ρυθμούς μετάδοσης ή σταθερές καθυστερήσεις για κάθε κατηγορία (Dolan, 2000). Απώτερος στόχος του μοντέλου είναι η τιμολόγηση με βάση τα μη μηδενικά οριακά κόστη που παρατηρούνται σε περίπτωση υπερφόρτωσης του δικτύου. Το τελευταίο σημαίνει ότι

---

ακόμα κι όταν δεν υπάρχει συμφόρηση ο χρήστης χρεώνεται για το δικαίωμά του να μεταδίδει πακέτα.

Από την άλλη πλευρά, ο πάροχος οφείλει να έχει την κατάλληλη υποδομή ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις των χρηστών, με βάση το συμβόλαιο που έχουν υπογράψει, ακόμα και στην περίπτωση που το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο (Dolan, 2000). Άρα, το πραγματικό κόστος στην περίπτωση αυτή, συνδέεται με το σύνολο της αναμενόμενης χωρητικότητας που έχει διατεθεί στους πελάτες και φυσικά, ανάλογα διαμορφώνονται οι τιμές. Ένα πλεονέκτημα εδώ είναι ότι ο πάροχος δε χρειάζεται να μετράει τον όγκο των δεδομένων που μεταφέρονται ούτε να εγκαταστήσει μηχανισμούς ελέγχου της κίνησης στα σημεία που συνήθως παρατηρείται η συμφόρηση αλλά αρκεί απλά να εξασφαλίσει την απαιτούμενη χωρητικότητα βάσει των προσδοκιών.

Από την πλευρά του, ο χρήστης έχει να αντιμετωπίσει μία μέθοδο χρέωσης ανάλογη με τη μέθοδο σταθερής χρέωσης και επομένως επωφελείται από αντίστοιχα πλεονεκτήματα όπως είναι η προβλεψιμότητα του κόστους (Dolan, 2000). Η διαφορά στην περίπτωση αυτή είναι ότι η παράμετρος που καθορίζει τη χρέωση δεν είναι ο τύπος της σύνδεσης (μέγιστο εύρος ζώνης) αλλά η αναμενόμενη χωρητικότητα που ο χρήστης έχει δηλώσει.

Οι πάροχοι θα πρέπει να συμφωνήσουν μεταξύ τους και ο ένας πάροχος θα αγοράζει υπηρεσίες από έναν άλλο με τρόπο ανάλογο με εκείνο με τον οποίο ένας χρήστης πληρώνει για τις υπηρεσίες που δέχεται από έναν πάροχο. Επίσης, οι πάροχοι θα πρέπει να κάνουν συμφωνίες μεταξύ τους για το μέγεθος της αναμενόμενης χωρητικότητας που υπολογίζουν ότι θα χρειαστούν ο ένας από τον άλλο. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται το εμπόδιο των μετρήσεων του όγκου των δεδομένων και η ανάγκη για εισαγωγή μηχανισμών παρακολούθησης της ροής ενώ σε περίπτωση που ξεπεραστεί η αναμενόμενη χωρητικότητα ο πάροχος θα πληρώνει ένα πρόσθετο ποσό ώστε να αγοράσει επιπλέον χωρητικότητα ή να μπει σε κάποια άλλη κατηγορία.

Ένα αδύνατο σημείο του μοντέλου οφείλεται στην ύπαρξη πολλών παρόχων και πολλοί από αυτούς δεν έχουν πάντα τη δυνατότητα, είτε για οικονομικούς είτε για τεχνικούς λόγους να καλύψουν τις ανάγκες των χρηστών με βάση τη συμφωνία που έχει πραγματοποιηθεί. Το επόμενο αδύνατο σημείο οφείλεται στο ότι η ανάπτυξη του συγκεκριμένου μοντέλου γίνεται από τη μεριά του αποστολέα και αυτός είναι που επωμίζεται το κόστος παρόλο που στην πράξη αρκετές φορές η σύνδεση ξεκινάει από τον παραλήπτη των δεδομένων και άρα η χρέωση θα πρέπει να γίνεται σε αυτόν. Επομένως, θα πρέπει ο παραλήπτης να δηλώνει στον πάροχο την αναμενόμενη χωρητικότητα που αφορούν τα δεδομένα που θέλει να κατεβάσει και αυτός με τη σειρά του να δηλώνει την αναμενόμενη χωρητικότητα σε άλλους παρόχους ώστε τελικά να πληρώνει είτε ο παραλήπτης είτε ο αποστολέας ανάλογα με την περίπτωση. Η τελευταία αδυναμία δεν είναι εύκολο να αντιμετωπιστεί διότι στο διαδίκτυο τα δεδομένα μετακινούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις ενώ μπορούν να αποδοθούν διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών. Ακόμα, ο όγκος των δεδομένων που κινείται προς μία κατεύθυνση δε δείχνει την πλευρά που ξεκίνησε τη σύνδεση πράγμα που δυσκολεύει την εφαρμογή του μηχανισμού αναμενόμενης χωρητικότητας και την τιμολόγηση (Dolan, 2000).

---

### 5.5.6 Μοντέλο Προτεραιότητας

Σύμφωνα με το μοντέλο προτεραιότητας θέτονται ορισμένα κριτήρια βάσει των οποίων, αποδίδονται διαφορετικές προτεραιότητες σε κάθε εφαρμογή οι οποίες θα αντικατοπτρίζονται στο αντίστοιχο IP πεδίο (precedence field) της ροής των πακέτων. Τα κριτήρια αυτά θα αντιστοιχιστούν με το πεδίο προτεραιότητας των πακέτων δεδομένων του πρωτοκόλλου IP και η δικτυακή προτεραιότητα θα αποδίδεται σύμφωνα με κάποιο αριθμητικό μοντέλο. Σε καταστάσεις συμφόρησης τα πακέτα θα αντιμετωπίζονται ανάλογα με τον βαθμό προτεραιότητας που έχουν οδηγώντας έτσι στην δημιουργία ποικιλίας επιπέδων υπηρεσιών.

Όπως είναι λογικό έχει και τα αρνητικά σημεία αφού είναι ευάλωτο σε προσπάθειες χρηστών να ξεγελάσουν το σύστημα παραποιώντας τα πεδία των προτεραιοτήτων. Άλλο ζητούμενο είναι ποιος θα καθορίζει τις προτεραιότητες των εφαρμογών και με τι κριτήρια καθώς και οι δυνατότητες ανανέωσης του συστήματος ώστε να λαμβάνει υπόψη τις νέες εφαρμογές και υπηρεσίες. Έτσι μπορεί ένα αρχείο video να παίρνει χαμηλή προτεραιότητα όμως αυτό πρέπει να αναθεωρηθεί αν αρχίσει να γίνεται ευρεία χρήση π.χ. για ιατρικούς σκοπούς (τηλεϊατρική). Καθώς διατίθενται συνεχώς νέα προϊόντα, οι διαρκείς αλλαγές στα σχήματα προτεραιότητας, επιτείνουν την εξαιρετικά μεγάλη δυσκολία καθορισμού προτεραιότητας βασισμένης στην εφαρμογή, πράγμα που αποκλείει τη δυνατότητα καθορισμού κάθε μίας, ξεχωριστά, περίπτωσης χρήσης. Το συμπέρασμα είναι πως το μοντέλο συναρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανθρώπινη συμπεριφορά (χρήστες, θέσπιση κριτηρίων) και δεν καλύπτει μελλοντικές συνθήκες όπου είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα εμφανιστούν εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και μεταφορά δεδομένων.

### 5.5.7 Διαφοροποίηση Τιμών

Στα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου συμπεριλαμβάνεται ότι ο ίδιος ο χρήστης μπορεί να επιλέγει κάθε φορά την ποιότητα με την οποία θα αντιμετωπίζεται. Σε αυτή την περίπτωση θα υπάρχουν περισσότερες από μία γραμμές για τη μετάδοση δεδομένων που θα προσφέρουν διαφορετική ποιότητα υπηρεσιών και θα έχουν διαφορετική κοστολόγηση. Ο χρήστης θα επιλέγει την ποιότητα εξυπηρέτησης με βάση τις ανάγκες του και θα χρεώνεται με βάση ένα πάγιο ή προκαθορισμένο ποσό ανά μεταδιδόμενο bit, που θα μεταβάλλεται ανάλογα με τη γραμμή που θα επιλέγεται κάθε φορά. Καθώς διαφορετικοί χρήστες δίνουν διαφορετική αξία στην ίδια υπηρεσία, το μοντέλο αυτό δίνει τη δυνατότητα να αντιμετωπίζονται (να εξυπηρετούνται και να κοστολογούνται) ανάλογα. Ωστόσο η ύπαρξη διαφορετικών γραμμών σημαίνει κόστος από την πλευρά του παρόχου ο οποίος θα πρέπει να τις συντηρεί ώστε να εξασφαλίζει την ικανοποίηση των απαιτήσεων των χρηστών. Επειδή σε αυτό το μοντέλο ο κάθε πελάτης, χρεώνεται άλλη τιμή για το ίδιο προϊόν με κριτήριο την αξία που προσδίδει σε αυτό η εφαρμογή του κάποιες φορές θεωρείται παράνομη. Επιπλέον, αφού το προϊόν πωλείται σε διαφορετική τιμή για κάθε ομάδα καταναλωτών απαιτεί πολύ καλή πληροφόρηση από την πλευρά του χρήστη προκειμένου να προσδιορίσει αυτό που πραγματικά τον συμφέρει.



---

### 5.5.8 PMP (Paris Metro Pricing)

Στην πολιτική αυτή χρέωσης, όπως προαναφέραμε το δίκτυο χωρίζεται σε διάφορα υποδίκτυα, το καθένα από τα οποία έχει διαφορετική «τιμή». Η χρέωση, δηλαδή, των πακέτων και των δεδομένων διαφέρει ανάλογα με το υποδίκτυο, αλλά κάθε υποδίκτυο διαχειρίζεται τα πακέτα και τα δεδομένα με μία best-effort πολιτική. Οι χρήστες επιλέγουν ποιο υποδίκτυο θα χρησιμοποιήσουν για τα πακέτα τους και πληρώνουν ανάλογα. Τα πιο ακριβά υποδίκτυα αναμένεται να έχουν λιγότερη συμφόρηση και άρα να παρέχουν καλύτερη υπηρεσία. Δεν υπάρχει όμως εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας, απλά το αναμενόμενο επίπεδο υπηρεσίας για κάθε επίπεδο θα είναι διαφορετικό (Odllyzko, 1997).

Η υλοποίηση ενός τέτοιου μοντέλου χρέωσης είναι αρκετά πολύπλοκη. Αρχικά, το διαδίκτυο θα πρέπει να χωριστεί σε λογικά υποδίκτυα και οι δρομολογητές θα πρέπει να τοποθετούν σε κάθε πακέτο διαφορετική προτεραιότητα. Επιπλέον, οι πάροχοι θα πρέπει να υλοποιήσουν διαφορετικό «μαρκάρισμα» για τα πακέτα, ανάλογα με το υποδίκτυο στο οποίο εισέρχονται σύμφωνα με τις προτιμήσεις και απαιτήσεις του χρήστη (συμφορισμένο έναντι ακριβού).

Η πολιτική χρέωσης του Paris Metro αντιστρέφει τη συμβατική σειρά που ακολουθείται στο σχεδιασμό των δικτύων. Η συνηθισμένη προσέγγιση είναι ο καθορισμός των απαιτήσεων σε ποιότητα υπηρεσίας (QoS) για τις διάφορες εφαρμογές και ο σχεδιασμός του δικτύου έτσι ώστε να μπορέσουν να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις και να καθορίζονται κατόπιν οι τιμές για τα διάφορα επίπεδα ποιότητας. Στο μοντέλο του PMP, όμως, γίνεται το αντίθετο. Η τιμολόγηση είναι η κύρια μέθοδος διαχείρισης της κίνησης και της συμφόρησης στο δίκτυο, η οποία τελικά καθορίζει, επηρεάζοντας τις απαιτήσεις του χρήστη, την ποιότητα υπηρεσίας (Dolan, 2000).

### 5.6 Κριτική Μοντέλων

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας κατά πρώτο λόγο μας δόθηκε η ευκαιρία να διερευνήσουμε όλους τους λόγους για τους οποίους η τιμολόγηση δικτυακών υπηρεσιών είναι απαραίτητη στα σημερινά δίκτυα υπολογιστών και ιδιαίτερα στο Internet. Διαπιστώσαμε πως ένας από αυτούς είναι η *συμφόρηση* που τα τελευταία χρόνια έχει πάρει αρκετά μεγάλες διαστάσεις στο Internet. Αυτό αποτελεί μια πραγματικότητα που δεν επιδέχεται αμφισβήτηση. Η πραγματικότητα αυτή σε συνδυασμό με την επίσης κοινή διαπίστωση ότι το σημερινό σχήμα τιμολόγησης ενιαίου-τέλους (flat-rate pricing) που γενικά έχει επικρατήσει στο Internet είναι αρκετά προβληματικό, τουλάχιστον σε όρους αποδοτικής λειτουργίας του από οικονομικής απόψεως, είχε σαν αποτέλεσμα ο κλάδος της τιμολόγησης δικτυακών υπηρεσιών να αποκτήσει σταδιακά μια αρκετά μεγάλη δημοτικότητα μέσα στα όρια της επιστημονικής κοινότητας και όχι μόνο. Πράγματι με αφορμή ορισμένες πρωτοποριακές και φιλόδοξες προτάσεις αλλαγής του σχήματος τιμολόγησης ώστε αυτή να βασίζεται πλέον στη χρήση (usage-based) πριν πέντε περίπου χρόνια, έκαναν την εμφάνισή τους πλήθος νεότερων προτάσεων που προσπάθησαν να επεκτείνουν τις αρχικές ιδέες αντιμετωπίζοντας παράλληλα (όσο αυτό ήταν δυνατό) τα σημαντικά, κάποιες φορές, μειονεκτήματά τους. Η αξιόλογη αυτή δουλειά που απαίτησε πολύ κόπο και αρκετά χρόνια μάλιστα από επιστήμονες από όλα τα μέρη του κόσμου,

---

οδήγησε σταδιακά στην δημιουργία ενός ισχυρού ρεύματος, μιας τάσης δηλαδή, για όσο γίνεται ταχύτερη αλλαγή του υπάρχοντος σχήματος χρέωσης. Ίσως όμως με αυτές τις εξελίξεις, οι επιστήμονες που τάχθηκαν φανατικά υπέρ μιας τέτοιας αλλαγής επηρεαζόμενοι ο ένας από τον άλλο, να άφησαν ως ένα βαθμό στην άκρη τον απλό, τελικό χρήστη και να μην έδωσαν την πρέπουσα σημασία στις ιδιαίτερες προτιμήσεις του (τη στιγμή που το πλήθος των τελικών χρηστών είναι χωρίς συζήτηση ασύγκριτα μεγαλύτερο).

Από την άλλη μεριά έχει δημιουργηθεί και μια (μάλλον μικρότερη) ομάδα ερευνητών που κατά τη γνώμη μας αντιμετωπίζει τα πράγματα κάπως πιο ψύχραιμα και εξετάζει και άλλες παραμέτρους που ίσως δεν έχουν μεγάλη αξία από μια απόλυτα επιστημονική σκοπιά, αλλά οπωσδήποτε πρέπει να τους δοθεί η πρέπουσα σημασία (Dolan, 2000). Η σημαντικότερη από αυτές είναι οι *προτιμήσεις των χρηστών για απλή από κάθε άποψη τιμολόγηση*. Συγκεκριμένα με τον καιρό οι τιμές κατεβαίνουν, η χρήση αυξάνεται και η τιμολόγηση τείνει να γίνεται κατά το δυνατόν απλή. Η ιστορία δηλαδή των τηλεπικοινωνιών ρητά υποδεικνύει σε μας ότι η σταδιακή πτώση των τιμών για τις παρεχόμενες υπηρεσίες και η αύξηση της χρήσης, απομακρύνουν την ισορροπία από την ανάγκη τμηματοποίησης της αγοράς, εξαγωγή των μέγιστων εσόδων και μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας χρησιμοποίησης, πράγματα στα οποία ως επί το πλείστον στοχεύουν οι περισσότερες προτάσεις τιμολόγησης. Αντιθέτως όλα αυτά έρχονται σε σύγκρουση με την ισχυρή προτίμηση των χρηστών για απλότητα, η οποία τελικά «νικάει» και επικρατεί στα περισσότερα σημεία.

Ως γνωστόν το απλούστερο και άρα κοντινότερο στις προτιμήσεις αυτές σχήμα χρέωσης είναι η πάγια χρέωση που ήδη ισχύει. Άρα είναι πολύ πιθανόν κατά τη γνώμη μας (και δεδομένου της συνεχούς αύξησης των χρηστών και άρα της αντίστασης σε σχήματα χρέωσης με τη χρήση) να διατηρηθεί για αρκετό καιρό. Όμως θα μπορούσε να παρατηρήσει κανείς ότι το Internet δεν μοιάζει αναγκαστικά με τις εν λόγω αγορές τηλεπικοινωνιών. Επίσης οι τιμές συνδρομής του σχήματος πάγιας χρέωσης δείχνουν και κάποιες αυξητικές τάσεις και δεν μειώνονται ομοιόμορφα όπως θα ήταν αναμενόμενο. Πράγματι αν σκεφτεί κανείς αυτά τα δεδομένα και συγχρόνως τις συνεχείς σημαντικές τεχνολογικές βελτιώσεις που προσπαθούν να εισάγουν διαφοροποιημένες υπηρεσίες (και συνεπώς τιμές) στο Internet, καταλήγει σίγουρα στο συμπέρασμα πως δεν μπορούν να γίνουν ασφαλείς προβλέψεις, ειδικά για συνολική επικράτηση της ενιαίου-τέλους τιμολόγησης. Για παράδειγμα στις ασύρματες επικοινωνίες δεν είναι ίσως εφικτό καν να υπάρχει μια τέτοια τιμολόγηση γιατί εκεί το εύρος ζώνης πιθανότατα θα συνεχίσει να είναι υπό έλλειψη (σαφώς μεγαλύτερη από τις ενσύρματες επικοινωνίες στο χώρο του Internet).

Στα σημεία, λοιπόν, στα οποία δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα σχήμα καθαρής ενιαίου-τέλους τιμολόγησης, θα μπορούσε να προβλέψει κανείς πως οι πολιτικές που θα επικρατήσουν δεν θα έχουν ως πρωταρχικό στόχο την επίτευξη υψηλής αποδοτικότητας, αλλά τη συμφωνία με τις προτιμήσεις των χρηστών για απλότητα. Από τις πολιτικές που παρουσιάσαμε αυτές που φαίνονται να είναι πιο απλές, πιο κοντά στην πάγια χρέωση και συνεπώς πιο εύκολα αποδεκτές από τους χρήστες, είναι κατά σειρά η τιμολόγηση βάσει «αναμενόμενου προφίλ χρήσης» (expected usage pricing) και η τιμολόγηση PMP (Paris Metro Pricing). Πιστεύουμε λοιπόν πως μελλοντικά η τιμολόγηση θα έχει τέτοιες κατευθύνσεις. Βέβαια δεν αποκλείεται ο χώρος του Internet που δύσκολα μπαίνει σε οποιαδήποτε

---

προκαθορισμένα όρια, αποτελώντας μάλλον μια μοναδική περίπτωση και καταρρίπτοντας πολλούς μύθους κατά την ευρύτατη και χωρίς προηγούμενο διάδοσή του, να μας επιφυλάσσει εκπλήξεις και στον τομέα της τιμολόγησής του.

### 5.6.1 Κριτική των δύο γενικότερων μοντέλων χρέωσης

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τα πλεονέκτημα και μειονεκτήματα που παρουσιάζουν δύο γενικές μέθοδοι τιμολόγησης που απαντώνται συχνά, η ‘Χρέωση σταθερής τιμής’ (flat rate pricing) και η ‘Χρέωση εξαρτώμενη από τη χρήση’ (usage based pricing).

Η πολιτική της *Πάγιας χρέωσης* που είναι ευρύτατα διαδεδομένη σήμερα, έχει αρκετά πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα συγκρινόμενη με τις πολιτικές χρέωσης που βρίσκονται υπό μελέτη.

*Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα είναι τα εξής:*

- Η σταθερότητα των τιμών. Η σταθερότητα αυτή παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για τον χρήστη και αυτό διαφαίνεται και από έρευνες που έχουν γίνει κατά καιρούς ως προς την συμπεριφορά των χρηστών προς διαφορετικές μεθόδους τιμολόγησης.
- Είναι σχετικά απλή, κατανοητή και εύκολα υλοποιήσιμη, μιας και ο κάθε χρήστης χρεώνεται ανάλογα μόνο με το μέγεθος του bandwidth που του αποδίδεται χωρίς να είναι απαραίτητος ο υπολογισμός πολλών και δύσκολα μετρήσιμων ποσοτήτων.
- Οι χρήστες δεν χρεώνονται από την εταιρεία που τους προσφέρει την σύνδεση με το Internet επιπλέον και για την διαχείριση, αναβάθμιση και συντήρηση του δικτύου όπως χρεώνονται οι συνδρομητές του ΟΤΕ για την συντήρηση του τηλεφωνικού δικτύου. Το επιπλέον αυτό κόστος εκτιμάται ότι θα είναι ιδιαίτερα σημαντικό.
- Το bandwidth που δεν χρησιμοποιείται από μία σύνδεση αποδίδεται στους χρήστες που το έχουν πραγματική ανάγκη. Έτσι, δεν μένει αχρησιμοποίητο το bandwidth που περισσεύει και ικανοποιούνται ως ένα βαθμό όλοι οι χρήστες, ιδιαίτερα τις ώρες μη αιχμής. Δηλαδή, αυτό το σύστημα είναι πολύ αποδοτικό σε ώρες που δεν παρατηρείται συμφόρηση.

*Αντίθετα, τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα του συγκεκριμένου χρεωστικού σχήματος είναι τα εξής:*

- Δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός για τον έλεγχο και την αντιμετώπιση της συμφόρησης ιδιαίτερα κατά τις ώρες αιχμής. Ο οποιοσδήποτε χρήστης μπορεί να κάνει χρήση του δικτύου οποιαδήποτε στιγμή, για όσο χρόνο επιθυμεί και να μεταφέρει όση ποσότητα πληροφορίας θέλει. Έτσι, παρατηρείται υπερφόρτωση δικτύου και γίνεται αλόγιστη χρήση του. Υπάρχουν μεγάλες καθυστερήσεις στην μετάδοση της πληροφορίας μιας και το TCP πρωτόκολλο που χειρίζεται περιπτώσεις συμφόρησης μειώνει τον ρυθμό μετάδοσης bit σε ένα δίκτυο που

---

παρουσιάζει κυκλοφοριακή συμφόρηση και μεγάλη δυσαρέσκεια ανάμεσα στους χρήστες για την χαμηλή ποιότητα εξυπηρέτησης.

- Δεν δίνονται κίνητρα στους χρήστες να κάνουν χρήση των υπηρεσιών του Internet τις ώρες μη αιχμής ή να χρησιμοποιούν λιγότερο bandwidth από αυτό της γραμμής σύνδεσης ώστε να ελέγχεται η συμφόρηση και να υπάρχει μια πιο ομοιόμορφη κατανομή των χρηστών, που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο, κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Όλοι οι χρήστες άρα και τα πακέτα που μεταδίδουν αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο. Οι χρήστες δεν μπορούν να δηλώσουν την απαίτηση τους κάποια πακέτα να αντιμετωπίζονται από τον διακομιστή δικτύου με υψηλότερη ποιότητα εξυπηρέτησης από κάποια άλλα. Έτσι, αφού δεν κοστολογούνται περισσότερο τα πακέτα εκείνα που μεταφέρουν μεγαλύτερο όγκο πληροφορίας ή επιθυμούν ποιοτικότερη αντιμετώπιση από κάποια άλλα, όλοι οι χρήστες επιθυμούν την καλύτερη δυνατή ποιοτική εξυπηρέτηση απαιτώντας περισσότερο bandwidth.

*Τα πλεονεκτήματα που σημειώνονται από την χρησιμοποίηση της μεθόδου Χρέωσης Εξαρτώμενης της Χρήσης είναι τα εξής (Odlyzko, 2000):*

- Αντιστοίχιση των επιπέδων ποιότητας υπηρεσιών (QoS) με κατάλληλες τιμολογιακές πολιτικές. Σαν αποτέλεσμα, επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοποίηση των πόρων των δικτύων, αποτρέπονται φαινόμενα συμφόρησης και αυξάνεται η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.
- Επικράτηση ενός δικαίου στα επίπεδα χρεώσεων μεταξύ των χρηστών. Οι χρήστες που δεν καταναλώνουν πολλούς πόρους του δικτύου πληρώνουν λιγότερο, ενώ οι χρήστες με αυξημένες απαιτήσεις σε πόρους περισσότερο. Παύει έτσι να ισχύει το φαινόμενο της “επιδότησης” των απαιτητικών χρηστών από τους χρήστες που δεν καταναλώνουν πολλούς πόρους.

*Αντιθέτως, τα μειονεκτήματα του συγκεκριμένου χρεωστικού σχήματος είναι:*

- Μη αποδοχή από τους περισσότερους χρήστες πράγμα που φάνηκε και από τις μελέτες και έρευνες.
- Η υλοποίησή του απαιτεί υψηλό λογιστικό κόστος από πλευράς των ISP.
- Η χρέωση σύμφωνα με το μέγεθος της χρήσης του δικτύου είναι πιθανόν να απομακρύνει τους μεγάλους χρήστες, όπως είναι εταιρείες που δραστηριοποιούνται μέσω του διαδικτύου, με αποτέλεσμα να δημιουργήσουν αυτοί τα δικά τους δίκτυα χωρίς χρέωση ανάλογα με την χρήση. Έτσι θα εναπομείνουν οι λεγόμενοι μικροί χρήστες που βέβαια δεν θα πληρώνουν μεγάλα ποσά με αποτέλεσμα οι πάροχοι να χρειάζεται να αναπροσαρμόσουν προς τα πάνω τα τιμολόγια τους προσπαθώντας να καλύψουν τα κέρδη που έχασαν. Μία τέτοια όμως κίνηση μόνο αποτρεπτικά θα μπορούσε να δράσει για τους χρήστες που έχουν απομείνει. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε το γεγονός ότι προτιμούν οι χρήστες τις σταθερές πολιτικές χρέωσης, (συνδρομές) από αυτές που λειτουργούν αναλογικά με την χρήση του δικτύου, και αυτό αποτελεί απόδειξη της ίδιας της αγοράς.

---

Μελέτες πάνω στην ζήτηση τηλεφωνικών υπηρεσιών έδειξαν ότι οι χρήστες προτιμούν flat rate τιμές απ' ό τι υπολογιζόμενες (measure) (Odlyzko, 2000). Επιπλέον έρευνες έδειξαν ότι οι χρήστες που παύουν τις τηλεφωνικές τους υπηρεσίες είτε με πρόθεση είτε από αδυναμία τακτοποίησης των λογαριασμών τους, το πράττουν είτε λόγω τις αβεβαιότητας που προσδίδει η μέθοδος χρέωσης usage based, είτε διότι δεν μπορούν να υπολογίσουν σωστά το ποσό του λογαριασμού τους και δεν μπορούν να ανταποκριθούν σ' αυτό. Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν και αφορούν την πρόσβαση στο διαδίκτυο έδειξαν ότι οι τελικοί χρήστες προτιμούν την βεβαιότητα στις τιμές. Τα αποτελέσματα του πειράματος INDEX (Internet Demand Experiment) έδειξαν ότι οι χρήστες προτιμούν την χρέωση flat rate, παρόλο που η χρέωση usage based ήταν συγκρίσιμη με αυτήν. Επίσης, ομοιόμορφες (flat) χρεώσεις επιλέχθηκαν από τους χρήστες ακόμα και όταν οι αντίστοιχες εβδομαδιαίες χρεώσεις με usage based χρέωση ήταν μικρότερες. Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι ο τελικός χρήστης προτιμά την σταθερότητα και βεβαιότητα που του παρέχει μία τέτοια πολιτική τιμολόγησης, από την αβεβαιότητα που θα του παρέχει η πολιτική usage based. Ένα άλλο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τρόπου χρέωσης από την πλευρά του ISP είναι και η ευκολία στην επεξεργασία των λογαριασμών των χρηστών, κρατώντας παράλληλα το κόστος τιμολόγησης σε χαμηλά επίπεδα. Τέλος, πέρα από την βεβαιότητα των τελικών χρηστών όσον αφορά τα επίπεδα τιμών, και οι ISPs μπορούν να γνωρίζουν εκ των προτέρων το μέγεθος των εσόδων που θα εισρεύσουν και έτσι θα μπορούν να σχεδιάζουν πολιτικές επέκτασης με περισσότερη ασφάλεια. Το κύριο μειονέκτημα των flat rate χρεώσεων είναι η μη υποστήριξη των μηχανισμών που θέτουν τα επίπεδα ποιότητας μέσω του συστήματος τιμών. Έτσι, το πιο πιθανό είναι να καταλήξουμε σ' ένα δίκτυο με μεγάλη συμφόρηση αφού σχεδόν όλοι οι χρήστες θα επιλέγουν ανώτερες υπηρεσίες CBR και VBR ακόμα και για απλές διεργασίες, εκτός και αν επικρατήσει μία άτυπη συμφωνία μεταξύ των χρηστών ή προστεθούν εσωτερικοί μηχανισμοί ελέγχου ώστε να αποφεύγεται η συμφόρηση. Ένα άλλο μειονέκτημα των flat rate χρεώσεων είναι σύμφωνα με τους οικονομολόγους, και η παγίωση των κερδών, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει στο φαινόμενο της αρνητικής ανατροφοδότησης, δηλαδή με την αύξηση των χρηστών και την ανάπτυξη περισσότερων υποδομών από τους ISP τα κέρδη θα μειώνονται (Odlyzko, 2000).

### **5.6.2 Κριτική ποικίλων μοντέλων χρέωσης**

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρατίθενται κάποιες ιδέες για τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη οι παραπάνω πολιτικές χρέωσης (π.χ. κάποιες από αυτές μπορούν να συνδυαστούν), γίνεται σύγκριση με βάση τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητές τους και εκφράζονται εκτιμήσεις σχετικά με το τι συμφέρει τις διαφορετικές κατηγορίες χρηστών. Πάντως, είναι γεγονός ότι διαφορετικές πολιτικές χρέωσης μπορεί να ικανοποιούν τις απαιτήσεις διαφορετικών κατηγοριών χρηστών.

Ξεκινώντας, γνωρίζουμε ότι μία εναλλακτική μέθοδος στην περίπτωση της σταθερής χρέωσης, είναι ο καθορισμός των τιμών ανάλογα με το ωράριο χρήσης. Μία καλή αναλογία για το μοντέλο αυτό είναι η μέθοδος που ακολουθούν πολλοί τηλεφωνικοί οργανισμοί, όπως για παράδειγμα συνέβαινε παλαιότερα με τον ΟΤΕ, στην περίπτωση του οποίου μία κλήση κόστιζε περισσότερο κατά το χρονικό

---

διάστημα 8:00 – 17:00 σε σχέση με τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας. Ένα από τα πλεονεκτήματα του μοντέλου αυτού είναι ότι προάγει την αποτελεσματικότερη χρήση και κατά συνέπεια η λιγότερο κρίσιμη κίνηση θα γίνεται στις ώρες μη αιχμής (off-peak). Επιπλέον, το μοντέλο αυτό είναι εύκολα διαχειρίσιμο καθώς οι πόροι που απαιτούνται για την καταγραφή της κίνησης και τη χρέωση των προσφερόμενων υπηρεσιών είναι ελάχιστοι. Η χρήση θα μπορούσε να παρακολουθείται και να συλλέγεται στο δρομολογητή αυτού που στέλνει ή λαμβάνει. Τελικά οι τιμές είναι προβλέψιμες και αυτό βοηθάει στον προγραμματισμό του κόστους για το χρήστη και των εσόδων για τον πάροχο. Ωστόσο, το μοντέλο αυτό δεν αντανακλά την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου και επιπλέον, ενώ προάγει την αποτελεσματική χρήση των πόρων, εξακολουθητικά μπορεί να υπάρχει συμφόρηση και το μοντέλο αυτό δεν μπορεί να ρυθμίσει τέτοιες καταστάσεις.

Η υιοθέτηση ενός μοντέλου τιμολόγησης για το διαδίκτυο είναι μια χρονοβόρα και πολύπλοκη διαδικασία (Odlyzko, 2000). Η σημερινή κυριαρχία της σταθερής χρέωσης μπορεί να επιζεί λόγω της ευκολίας εφαρμογής και των άλλων πλεονεκτημάτων καθώς και των σημαντικών τεχνολογικών εξελίξεων που ρύθμισαν σε κάποιο βαθμό τα προβλήματα υπερφόρτωσης όμως οι συνθήκες οδηγούν σε μια κατάσταση που αργά ή γρήγορα θα πρέπει να αναθεωρηθούν κάποια δεδομένα. Όσο το διαδίκτυο αναπτύσσεται και εισέρχεται όλο και περισσότερο στην καθημερινή ζωή και τις συναλλαγές τόσο θα ολοκληρώνεται αυτό που ο Bill Gates ονόμασε “ψηφιακό νευρικό σύστημα” όπου τα άτομα θα έρχονται σε επαφή με επιχειρήσεις, οργανισμούς κ.ο.κ. Αυτό που ενδιαφέρει κυρίως το χρήστη είναι η σωστή λειτουργία των εφαρμογών και το επίπεδο των υπηρεσιών, δεν τον απασχολεί το τεχνικό μέρος ή ο τύπος της τιμολόγησης. Γι’ αυτόν, το βασικό κριτήριο είναι η απλότητα και η αμεσότητα που ουσιαστικά έδωσε και την αρχική ώθηση σε αυτό που είναι σήμερα.

Η ιστορία έδειξε πως οι ανάγκες του ανθρώπου αυξάνονται συνεχώς όπως και οι απαιτήσεις του. Κατά συνέπεια το διαδίκτυο θα ήταν φρόνιμο να προνοήσει για μεθόδους, πέραν των τεχνικών, που θα βάλουν μια τάξη και μια σειρά προτού τα πράγματα οδηγηθούν σε οριακό σημείο. Το σίγουρο, λοιπόν, είναι πως ένα μικτό σύστημα τιμολόγησης που θα περιλαμβάνει ένα μηχανισμό εκτίμησης του κόστους συμφόρησης και θα στοχεύει στην αποτελεσματική κατανομή των περιορισμένων πόρων καθίσταται σταδιακά αναγκαίο. Η διατήρηση της σταθερής χρέωσης, που θα καλύπτει το σταθερό κόστος των παρόχων και ο συνδυασμός με ένα μηχανισμό μεταβλητής χρέωσης πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο που να είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτός. Το πιο σημαντικό ωστόσο στοιχείο ήταν και πρέπει να παραμείνει η απλότητα ακόμη κι αν αυτό συνεπάγεται ένα μικρό κόστος.

### **5.6.3 Κριτήρια αξιολόγησης**

Στη συνέχεια παραθέτουμε τα κριτήρια στα οποία καταφύγαμε ύστερα από τη σύγκριση ποικίλων μεθόδων χρέωσης που προαναφέραμε. Η σύγκριση επικεντρώθηκε σε ορισμένα κριτήρια αξιολόγησης, τα οποία θεωρήσαμε ικανά να αναδείξουν τις ιδιαιτερότητες των μοντέλων τιμολόγησης και τις μεταξύ τους διαφορές και τα οποία αναφέρονται παρακάτω (Dolan, 2000).

---

## Κριτήρια αξιολόγησης

- ✦ Συμβατότητα των μοντέλων τιμολόγησης με τις υπάρχουσες δικτυακές τεχνολογίες.
- ✦ Απαιτήσεις μετρήσεων για λογιστική διαχείριση και χρέωση.
- ✦ Υποστήριξη για έλεγχο συμφόρησης και διαχείριση κίνησης.  
Έλεγχος συμφόρησης μέσω ευαισθητοποίησης των χρηστών λόγω τιμών.
- ✦ Παροχή εξατομικευμένων εγγυήσεων για ποιότητα υπηρεσίας(QoS)
- ✦ Βαθμός αποδοτικότητας δικτύου  
Αναμενόμενος βαθμός χρησιμοποίησης: μεγάλη χρησιμοποίηση καλή για χειριστή/ μικρή χρησιμοποίηση καλή για χρήστη
- ✦ Βαθμός οικονομικής αποδοτικότητας  
Συνολικό επίπεδο χρησιμοποίησης (όφελος χρήστη) της κοινότητας χρηστών (οικονομικά αποδοτικό= αριθμός των χρηστών που έγιναν αποδεκτοί κοστολογούν την παρεχόμενη υπηρεσία υψηλότερα από τον αριθμό χρηστών που απορρίφθηκαν)
- ✦ Αντίκτυπο σε κοινωνική δικαιοσύνη  
Μπορούν οι χρήστες να αποτραπουν από την προσπέλαση του δικτύου σε ώρες συμφόρησης όταν δε μπορούν να πληρώσουν για αυτό;
- ✦ Τιμολόγηση χρονικών πλαισίων

Με βάση τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν θα προχωρήσουμε στη σύγκριση των μεθόδων χρέωσης, αξιολογώντας καθεμιά ανάλογα με τα κριτήρια αυτά (Dolan, 2000):

### ➤ ΣΤΑΘΕΡΗ ΧΡΕΩΣΗ

- Συμβατότητα με IP.
- Δεν απαιτούνται μετρήσεις για χρέωση.
- Δεν υπάρχει έλεγχος συμφόρησης και διαχείριση κίνησης.
- Καμιά ανταλλαγή σημάτων μεταξύ χρήστη και πάροχου
- Συμφόρηση/ ανεπαρκείς επενδύσεις για επέκταση δικτύου
- Δεν υποστηρίζεται εξατομικευμένη ποιότητα υπηρεσίας(QoS)
- Χαμηλή αποδοτικότητα δικτύου/ χαμηλή οικονομική αποδοτικότητα

---

➤ **PARIS METRO PRICING**

- Συμβατότητα με IP.
- Μετρήσεις αναγκαίες για χρέωση
  - Κατηγοριοποίηση.
- Έλεγχος συμφόρησης και διαχείριση κίνησης μέσω τιμολόγησης.
  - Οι χρήστες τοποθετούνται οι ίδιοι σε διαφορετικές κλάσεις.
  - Οι τιμές πρέπει να οριστούν προσεκτικά προς αποφυγή συμφόρησης.
- Δεν υποστηρίζεται εξατομικευμένη ποιότητα υπηρεσίας (QoS).
- Μεταβαλλόμενη αποδοτικότητα δικτύου/ μεταβαλλόμενη οικονομική αποδοτικότητα
- Υψηλή χρησιμοποίηση του δικτύου για χαμηλές τιμές και αντίστροφα

➤ **ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ**

- Συμβατότητα με IP.
- Μετρήσεις αναγκαίες για χρέωση
  - Παρακολούθηση του πεδίου προτεραιότητας για κάθε μεταδιδόμενο πακέτο
- Έλεγχος συμφόρησης και διαχείριση κίνησης μέσω επιλογής σχετικής προτεραιότητας από το χρήστη.
- Κατά τη διάρκεια συμφόρησης η κίνηση χαμηλής προτεραιότητας καθυστερείται ή απορρίπτεται.
- Δεν υποστηρίζεται εξατομικευμένη ποιότητα υπηρεσίας (QoS).
- Υψηλή αποδοτικότητα δικτύου/ υψηλή οικονομική αποδοτικότητα
- Αυξάνεται η γενικότερη ικανοποίηση του χρήστη (οι τιμές πρέπει να τεθούν κατάλληλα για αποφυγή συμφόρησης).



---

➤ **ΕΞΥΠΝΗ ΑΓΟΡΑ**

- Μη συμβατή με υπάρχουσες τεχνολογίες.
- Απαραίτητες μετρήσεις για χρέωση.
  - Για κάθε μεταδιδόμενο πακέτο αναγκαία η ανανέωση των αρχείων χρέωσης.
- Έλεγχος συμφόρησης και διαχείριση κίνησης μέσω σχετικής προτεραιότητας από τις τιμές των bids.
  - Πακέτο με χαμηλό bid μπορεί να απορριφθεί.
- Δεν υποστηρίζεται εξατομικευμένη ποιότητα υπηρεσίας (QoS).
- Υψηλή αποδοτικότητα δικτύου/ μεταβαλλόμενη οικονομική αποδοτικότητα
  - Το bandwidth δεσμεύεται για την πιο «πολύτιμη» κίνηση.
  - Τα εισοδήματα που συλλέγονται επενδύονται για επέκταση του δικτύου.

➤ **ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΑ ΑΚΡΑ**

- Συμβατή με ATM.
- Απαραίτητες μετρήσεις για χρέωση στα άκρα του δικτύου.
- Έλεγχος συμφόρησης και διαχείριση κίνησης μέσω μικρών προς μεσαίων χρονικών πλαισίων.
- Υποστηρίζεται εξατομικευμένη ποιότητα υπηρεσίας (QoS).
- Υψηλή αποδοτικότητα δικτύου/ μεταβαλλόμενη οικονομική αποδοτικότητα
  - Ενθαρρύνει τη χρήση του multicast, συμβατού με ATM.

➤ **ΧΡΕΩΣΗ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

- Συμβατή με ATM.
- Απαραίτητες μετρήσεις για χρέωση.
- Έλεγχος συμφόρησης και διαχείριση κίνησης μέσω επιλογής του επιπέδου υπηρεσίας από τους χρήστες.

- 
- Υποστηρίζεται εξατομικευμένη ποιότητα υπηρεσίας(QoS).
  - Υψηλή αποδοτικότητα δικτύου/ μεταβαλλόμενη οικονομική αποδοτικότητα

#### 5.6.4 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με όλα αυτά που αναφέραμε στις παραπάνω ενότητες και ύστερα από τη σύγκριση ποικίλων μοντέλων χρέωσης που πραγματοποιήσαμε καταλήξαμε σε ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία παρουσιάζονται επιγραμματικά παρακάτω:

- Στις προτεινόμενες μεθόδους τιμολόγησης εμφανίζονται οι εξής δύο υποθέσεις:
  - Αν τα αποθέματα είναι μικρά, η ποιότητα υπηρεσίας διασφαλίζεται μέσω ελέγχου συμφόρησης.
  - Αν τα αποθέματα είναι μεγάλα, η ποιότητα υπηρεσίας διασφαλίζεται με μεγάλη παροχή.
- Η τιμολόγηση χρησιμοποιείται ως μέσο ελέγχου συμφόρησης
  - Ταξινόμηση κίνησης σχετικά με προτεραιότητα σε Paris Metro pricing, Priority pricing, Smart Market.
  - Έλεγχος συμφόρησης και διαχείριση κίνησης σε Edge Pricing, Expected Capacity pricing.
- Αν και δεν υποστηρίζεται εξατομικευμένη ποιότητα υπηρεσίας, το επίπεδο της υπηρεσίας βελτιώνεται με μοντέλα προτεραιότητας.
  - Δικαίωμα στους χρήστες να αποκτήσουν σχετική προτεραιότητα έναντι άλλων χρηστών (μεγαλύτερη προτεραιότητα → καλύτερη εξυπηρέτηση)
  - Καμία εγγύηση για μετάδοση → απαιτούνται καλά υπολογισμένες τιμές
- Το overhead λόγω των μετρήσεων για τη χρέωση μπορεί να είναι σημαντικό (Priority Pricing, Smart market).
- Η αντίληψη του χρήστη για την ποιότητα υπηρεσίας δεν είναι αρκετά κατανοητή.
- Το να δοθεί μια στιγμιαία τιμή σε κάποιο πακέτο δεν είναι εφικτό για τον πάροχο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, ενώ έχουν μελετηθεί τόσα πολλά θέματα σχετικά με την τιμολόγηση δικτυακών υπηρεσιών, υπάρχουν προβλήματα που κάνουν μία πολύ δύσκολη υπόθεση την αλλαγή ή ακόμη και τη μικρή τροποποίηση των μοντέλων τιμολόγησης. Όπως προαναφέραμε είναι επιτακτική η ανάγκη οικονομικής προσέγγισης του δικτύου, η οποία επιβάλλει την εφαρμογή τιμολογιακών πολιτικών, παρόλα αυτά η εφαρμογή τέτοιων πολιτικών μπορεί να συναντήσει κάποιες δυσκολίες.

---

Τα βασικότερα από τα προβλήματα εφαρμογής τιμολογιακής πολιτικής αναφέρονται παρακάτω:

- *Η διαχείριση.* Το βασικότερο πρόβλημα για την εισαγωγή μιας τιμολογιακής πολιτικής, είναι η μέτρηση των μεταδιδόμενων bits καθώς και η αποθήκευση της πληροφορίας αυτής. Αυτό προσθέτει, συνήθως, πολύ μεγάλο φόρτο στους διακομιστές δικτύου, τόσο για την απόκτηση νέων μηχανισμών μέτρησης της μεταδιδόμενης πληροφορίας, όσο και για την αντιστοίχιση της με τον κατάλληλο χρήστη.
- *Η τελική χρέωση.* Ένα ακόμα μεγάλο πρόβλημα είναι η αντιστοίχιση της IP διεύθυνσης, από την οποία αποστέλλονται ή λαμβάνονται δεδομένα, με το σωστό χρήστη. Για παράδειγμα, στα τηλεφωνικά δίκτυα, μπορούμε να αναγνωρίσουμε τον αριθμό που καλεί, δεν μπορούμε όμως να καθορίσουμε το άτομο που κάνει τα τηλεφωνήματα. Έτσι και στο Internet, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε το άτομο το οποίο έχει στείλει συγκεκριμένα πακέτα. Το ζήτημα αυτό καταλήγει να γίνεται ένα ιδιαίτερα μεγάλο πρόβλημα για τους μεγάλους οργανισμούς, όπου πολλοί χρήστες μοιράζονται το ίδιο μηχάνημα με κοινή IP διεύθυνση.
- *Προβλήματα στην αποδοχή μοντέλων τιμολόγησης.* Ενώ έχουν αναφερθεί διάφορα θέματα γύρω από την τιμολόγηση των υπηρεσιών του Internet, η αλλαγή ή ακόμα και η μικρή τροποποίηση των μοντέλων τιμολόγησης δεν είναι μία εύλογη υπόθεση. Ο λόγος είναι ότι υπάρχουν δύο βασικά εμπόδια που πρέπει να αντιμετωπιστούν: 1. Η τεχνολογία και 2. Το γεγονός ότι η πλειοψηφία θα πρέπει να συμφωνεί. Το πρώτο εμπόδιο στην αλλαγή των μοντέλων τιμολόγησης είναι η τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογίας. Πολλά από αυτά που υποστηρίζουν οι οικονομολόγοι οδηγούν βαθιά μέσα στη θεωρία της οικονομικής επιστήμης και η διαθέσιμη τεχνολογία δεν είναι ικανή να παρέχει βιώσιμες λύσεις. Βέβαια, η τεχνολογία αναπτύσσεται πολύ γρήγορα και οι δρομολογητές θα μπορούν σύντομα να έχουν τη δυνατότητα να διαχωρίζουν την κίνηση ανάλογα με το χρήστη, αλλά και να ανιχνεύουν τη συμφόρηση και να δρομολογούν πακέτα ανάλογα. Το δεύτερο εμπόδιο είναι ότι η πλειοψηφία της κοινωνίας του Internet θα πρέπει να συμφωνήσει στις όποιες αλλαγές. Αυτό θα μπορούσε να είναι δύσκολο θέμα δεδομένης της ανεξάρτητης φύσης της κοινωνίας του Internet. Είναι, επίσης, δύσκολο πρόβλημα και σχετικό για τους παροχείς δικτύου. Ποια εταιρεία θα επιχειρούσε μία τέτοια αλλαγή που η πλειοψηφία των πελατών της δεν πρόκειται να αποδεχτεί; Το αποτέλεσμα θα ήταν οι πελάτες να στρέφονταν στους ανταγωνιστές της εταιρείας. Ο μόνος τρόπος που θα μπορούσε κάτι τέτοιο να αποφευχθεί είναι αν μία εταιρεία είχε ένα κυρίαρχο ρόλο και μπορούσε να επιβάλλει μία τέτοια αλλαγή. Το μόνο πρόβλημα θα ήταν αν οι χρήστες (πελάτες) αποφάσιζαν ότι το τίμημα δεν αξίζει το κόστος και την εγκατέλειπαν.
- *Η ποιότητα και οι κατηγορίες εξυπηρέτησης.* Πριν από λίγα χρόνια το IP ήταν ένα πρωτόκολλο το οποίο χρησίμευε, κυρίως, για διασύνδεση UNIX συστημάτων καθώς και για τη σύνδεση στο Internet. Καθώς όμως η χρήση του IP έχει αρχίσει να εξαπλώνεται, το πρωτόκολλο αυτό έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται για κάθε είδους εφαρμογές. Έχει αρχίσει να εκτοπίζει άλλα

---

πρωτόκολλα από τα τοπικά δίκτυα και επίσης έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως για real-time εφαρμογές, όπως, για παράδειγμα, για μετάδοση φωνής. Η επέκταση της χρήσης όμως του IP και για εφαρμογές για τις οποίες δεν είχε αρχικά σχεδιαστεί, έχει αρχίσει να φέρνει στην επιφάνεια κάποια προβλήματα. Το IP είναι ένα καθαρά connectionless πρωτόκολλο, το οποίο σημαίνει ότι τα πακέτα ταξιδεύουν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και δεν υπάρχει καμία εγγύηση από το δίκτυο ότι τα πακέτα θα φτάσουν στο άλλο άκρο. Πολύ περισσότερο δεν υπάρχει εγγύηση για τη σειρά με την οποία θα φτάσουν, για την καθυστέρηση παράδοσης κλπ. Γενικότερα δεν υπάρχει καμία εγγύηση για την ποιότητα της επικοινωνίας μεταξύ των δύο πλευρών. Καθώς, όμως, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το IP έχουν αρχίσει πλέον να έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σε bandwidth, έχει γίνει πλέον επιτακτική η ανάγκη για ανάπτυξη σχημάτων τα οποία να εγγυώνται Quality of Service σε IP δίκτυα. Ήταν φυσικό επακόλουθο, επομένως, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι νέες προκλήσεις που εμφανίστηκαν τόσο με τη μορφή των νέων εφαρμογών όσο και με τη μορφή των νέων απαιτήσεων να δημιουργηθούν κατηγορίες εξυπηρέτησης για κάθε εφαρμογή. Έτσι, η ύπαρξη αυτής της κατηγοριοποίησης επιβάλλει μία πολιτική χρέωσης που θα δίνει για παράδειγμα διαφορετικό βάρος σε μία εφαρμογή τηλεδιάσκεψης και διαφορετικό βάρος όταν πρόκειται για την αποστολή ενός απλού μηνύματος με τη χρήση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Συμπερασματικά, όσον αφορά το θέμα της τιμολόγησης δικτυακών υπηρεσιών υπάρχουν αρκετά εμπόδια αλλά και ασάφειες οι οποίες πρέπει να ξεκαθαριστούν ώστε να οδηγηθούμε στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου τιμολογιακού συστήματος για τα δίκτυα. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη εργαλείων διοίκησης που θα επιτρέπουν τους ISP και NSP να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με το ύψος των χρεώσεών τους. Τέτοια εργαλεία πρέπει να είναι εύχρηστα και να οδηγούν σε σωστές αποφάσεις. Επίσης πρέπει να δοθούν απαντήσεις και άρα να ερευνηθούν περισσότερο σημαντικά θέματα τιμολόγησης τα οποία ακόμα παραμένουν εκκρεμή όπως, το ποιος θα χρεωθεί για την ανταλλαγή των πληροφοριών, ο αποστολέας ή ο παραλήπτης, ποιος θα λαμβάνει την πληρωμή, το δίκτυο στο οποίο ο χρήστης είναι συνδεδεμένος ή όλα τα δίκτυα που παρεμβλήθηκαν μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη κ.α. Πάντως σε κάθε περίπτωση πρέπει να επιδιώκεται η διαφύλαξη του δικτύου και η δυνατότητα αποτελεσματικότερης πρόσβασης από τους χρήστες.

## 5.7 Επισκόπηση ερευνητικών εργασιών

Στην ενότητα αυτή, πραγματοποιούμε μια συνοπτική αναφορά σημαντικών, κατά τη γνώμη μας, εργασιών που έχουν γίνει για το θέμα της χρέωσης δικτυακών υπηρεσιών, στοιχεία των οποίων συμπεριλαμβάνουμε στην ερευνητική εργασία μας. Το 1995 οι Courcoubetis, Siris, Stamoulis και Markopoylos, πρότειναν ένα ενοποιημένο πλαίσιο εργασίας για βασίζομενη-στη-χρήση χρέωση των δικτυακών υπηρεσιών σε δίκτυα ευρείας ζώνης (Courcoubetis t al., 1995). Πάνω στο ίδιο αντικείμενο, οι Danielsen και Weiss, πρότειναν οι χρήστες να χρεώνονται, ανά IP πακέτο, (Danielsen and Weiss, 1995) ένα ποσό το οποίο θα ποικίλει δυναμικά ανάλογα με το IP φορτίο, και να εγκατασταθούν ελεγκτές εξόδων (expenditure controllers) στα τερματικά των χρηστών, έτσι ώστε να μπορούν να θέτουν ένα άνω

---

όριο στα έξοδά τους. Το 1997, οι Courcoubetis, Kelly και Weber (Courcoubetis, Kelly and Weber, 1997), μελέτησαν σχήματα χρέωσης που βασίζονται στη χρήση, για ευρείας ζώνης δίκτυα επικοινωνιών, και απέδειξαν ότι η χρέωση της χρήσης βάσει του effective bandwidth μπορεί να προσεγγιστεί με χρεώσεις που βασίζονται σε απλές μετρήσεις. Την ίδια χρονιά, οι Walker, Kelly και Solomon (Walker, Kelly and Solomon, 1997), παρουσίασαν ένα νέο τιμολογιακό μοντέλο το οποίο αντανακλά τα χαρακτηριστικά των νέων IP πρωτοκόλλων και υποστηρίζει χρέωση για πρόσβαση και χρέωση για χρήση. Το 1998, οι Courcoubetis και Siris (Courcoubetis and Siris, 1998), μελέτησαν ορισμένα βασισόμενα-στη-χρήση σχήματα χρέωσης που βασίζονται σε όρια του effective bandwidth, από τα οποία μερικά απαιτούν απλές μετρήσεις για όλη τη διάρκεια της κλήσης και άλλα απαιτούν μετρήσεις σε διακριτά χρονικά διαστήματα, μικρότερα από τη διάρκεια της κλήσης. Σχετικά με το ίδιο θέμα, οι Courcoubetis, Kelly, Siris και Weber, ανέπτυξαν μια προσέγγιση για υπολογισμό των χρεώσεων από απλές μετρήσεις και για συσχέτισή τους με όρια του effective bandwidth (Courcoubetis, Kelly, Siris and Weber, 1998). Επίσης, οι Siris, Songhurst, Stamoulis και Stoer, παρουσίασαν μια προσέγγιση η οποία χρησιμοποιεί το effective bandwidth σαν ένα μέτρο της χρήσης των πόρων για τη δημιουργία τιμολογίων είτε βασιζόμενων-μόνο-στο-χρόνο είτε βασιζόμενων-στο-χρόνο και στην ένταση (volume), για υπηρεσίες με εγγυημένη QoS (Siris et al., 1998). Το 1999, οι Courcoubetis και Siris, ανέπτυξαν μια προσέγγιση για διαχείριση και χρέωση των SLAs (Service Level Agreements) για διαφοροποιημένες υπηρεσίες, η οποία χρησιμοποιεί ένα απλό ανώτερο όριο για το effective bandwidth της κυκλοφορίας σαν ένα proxy για τη χρήση των πόρων και όπου οι χρεώσεις για μια συγκεκριμένη περίοδο είναι ανάλογες προς αυτό το proxy (Courcoubetis and Siris, 1999). Παράλληλα, οι Courcoubetis, Stamoulis, Manolakis και Kelly, παρουσίασαν μια προσέγγιση για χρέωση των ABR συνδέσεων, η οποία περιλαμβάνει έναν Intelligent Agent (Courcoubetis, 1999) ο οποίος, μέσω ενός αλγορίθμου που σχεδίασαν οι ίδιοι, μαθαίνει τις προτιμήσεις του χρήστη και επιλέγει την προθυμία του να πληρώσει για λογαριασμό του. Στο κείμενο αυτό ερευνάται η χρήση και η λειτουργία ενός Intelligent Agent στην πλευρά του χρήστη, σε ένα περιβάλλον όπου διάφοροι χρήστες εξυπηρετούνται από και χρεώνονται για ABR συνδέσεις. Η δέσμευση του εύρους ζώνης βασίζεται στο ποσό το οποίο επιλέγουν οι χρήστες να πληρώσουν ανά μονάδα χρόνου. Αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος έτσι ώστε ο Intelligent Agent να μαθαίνει τις προτιμήσεις του χρήστη και να επιλέγει την προθυμία του να πληρώσει (willingness-to-pay) για λογαριασμό του. Αναλύονται τα κύρια θέματα σχετικά με το παραπάνω πρόβλημα και παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοίωσης που δείχνουν ότι η απόδοση του αλγορίθμου πλησιάζει τη βέλτιστη. Η προτεινόμενη προσέγγιση προσφέρει νέες δυνατότητες για διαχείριση πόρων και μπορεί να εφαρμοστεί σε TCP/IP.

## 5.8 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό, έγινε διερεύνηση διαφόρων τιμολογιακών πολιτικών και τρόπων οικονομικής χρέωσης σύγχρονων δικτυακών υπηρεσιών. Μελετήσαμε ποικίλα μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται ήδη στο διαδίκτυο ή στις τηλεπικοινωνίες, αλλά και μοντέλα χρέωσης που βρίσκονται σε ερευνητικό ακόμη επίπεδο. Μελετήσαμε κάποια μοντέλα που μπορούν να χαρακτηριστούν ως σταθμοί στην ερευνητική προσπάθεια στο χώρο της τιμολόγησης δικτυακών υπηρεσιών αλλά και αρκετές καινούριες προτάσεις, ορισμένες μάλιστα από τις οποίες ήταν

---

πραγματικά πολύ ενδιαφέρουσες και φιλόδοξες και αν αυτά προσαρμόζονται στις ανάγκες της αγοράς κινητών επικοινωνιών. Αρχικά ταξινομήσαμε τις πολιτικές χρέωσης σε δυο βασικές κατηγορίες, Χρέωση ενιαίου-τέλους (flat-rate charging), και Χρέωση εξαρτώμενη από τη χρήση, (usage-based charging). Εξετάσαμε ποικίλα μοντέλα χρέωσης και τα συγκρίναμε μεταξύ τους μελετώντας τα βασικά πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα του κάθε μοντέλου χρέωσης. Έτσι, λοιπόν, μελετώντας όλα τα παραπάνω μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται στις δικτυακές υπηρεσίες, αλλά και ποικίλες ερευνητικές προσεγγίσεις μεθόδων χρέωσης που αναφέραμε, στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζουμε μια προτεινόμενη μεθοδολογία χρέωσης ασύρματων δικτυακών υπηρεσιών.

---

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ  
ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΡΕΩΣΗΣ**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑΣ

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА



---

---

# ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΡΕΩΣΗΣ

---

---

## 6.1 Εισαγωγή

Τα κινητά δίκτυα προβλέπεται να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στο μέλλον, ενώ ήδη υπάρχει πληθώρα τεχνολογιών για την υλοποίηση κινητών δικτύων τόσο σε μικρή κλίμακα (Bluetooth, IEEE 802.11 κλπ) όσο και σε ευρεία κλίμακα (GPRS, UMTS). Βασικό χαρακτηριστικό των κινητών δικτύων είναι το συνεχώς μεταβαλλόμενο δικτυακό περιβάλλον (Alexiou, Mrougas and Igglesis, 2005), πράγμα που σημαίνει ότι οι δικτυακοί πόροι οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στις εφαρμογές ενός κόμβου κινητού δικτύου μπορούν να μεταβληθούν πολύ γρήγορα και οι εφαρμογές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους το γεγονός αυτό. Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε ποικίλα μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται ή προτείνονται για χρήση από τους παρόχους δικτυακών υπηρεσιών (Network Operators – NOs, είτε ISPs, είτε NSPs,) είτε στο διαδίκτυο, είτε στις τηλεπικοινωνίες. Ειδικότερα, στην αγορά της κινητής τηλεφωνίας, είναι σημαντικό το ζήτημα του συνδυασμού κάποιων ή όλων από τα παραπάνω μοντέλα κάτω από ένα ενοποιημένο και ελαστικό μοντέλο το οποίο θα καλύπτει τις όλο και διευρυνόμενες απαιτήσεις και εξελίξεις στον τομέα της χρέωσης.

Σε αυτό το κεφάλαιο, έχοντας ως βάση και σημείο αναφοράς κάποιες (κατά το δυνατόν) ολοκληρωμένες κατηγορίες μοντέλων χρέωσης και λαμβάνοντας υπόψη, τις υπάρχουσες τεχνολογίες κινητών δικτύων θα παρουσιάσουμε ένα προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης που μπορεί να ενταχθεί πολύ αποδοτικά μέσα στο συνολικό χώρο των πολιτικών χρέωσης των Τηλεπικοινωνιών. Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά αναφέρουμε, ύστερα από την έρευνα που πραγματοποιήσαμε σχετικά με τη χρέωση δικτυακών υπηρεσιών, ποιά θεωρούμε ως απαραίτητα χαρακτηριστικά για τον σχεδιασμό ενός αποδοτικού σχήματος χρέωσης, κατόπιν περιγράφουμε σύντομα το περιβάλλον μέσα στο οποίο μπορεί να υπάρξει το μοντέλο χρέωσης που προτείνουμε και τέλος, περιγράφουμε αναλυτικά την προτεινόμενη μεθοδολογία χρέωσης ασύρματων δικτυακών υπηρεσιών βάσει του οποίου, μάλιστα σε περιόδους συμφόρησης, οι τιμές επρόκειτο να αποφέρουν αποδοτική διαχείριση φόρτου (load management) επανακατανέμοντας τον φόρτο από τους υψηλά στους ελαφρώς φορτωμένους κόμβους του δικτύου.

## 6.2 Προτεινόμενα Χαρακτηριστικά ενός σχήματος χρέωσης

Έχοντας μελετήσει, σε προηγούμενα κεφάλαια, ποικίλα μοντέλα χρέωσης, σε αυτή την ενότητα, θα αναφέρουμε ποιά θεωρούμε εμείς τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα αποδοτικό σχήμα χρέωσης. Άλλωστε ένας κατάλληλος τρόπος τιμολόγησης είναι η πιο ελπιδοφόρα και φιλόδοξη λύση στην αντιμετώπιση της συμφόρησης στα δίκτυα.

---

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, βασικός ρόλος ενός σχήματος χρέωσης δεν πρέπει να είναι μόνο να καλύπτει τα έξοδα ενός NSP ή ISP (cost recovery) και να του αποφέρει και ορισμένα κέρδη, αλλά επίσης να επηρεάζει τον τρόπο που οι πελάτες (χρήστες) χρησιμοποιούν το δίκτυο. Αυτό γίνεται όταν κάθε μεμονωμένος χρήστης ενεργεί με στόχο την μείωση της χρέωσής του. Η πολιτική χρέωσης πρέπει να δίνει στους χρήστες τα σωστά κίνητρα για να διαλέξουν τις υπηρεσίες που καλύτερα καλύπτουν τις ανάγκες τους. Αν γίνεται αυτό από τους χρήστες, τότε χρησιμοποιείται το δίκτυο με τρόπο που να αυξάνει η συνολική απόδοσή του, δηλαδή η κοινωνική ευημερία (social welfare). Σε αυτή την περίπτωση, με όρους της οικονομίας, λέγεται ότι η πολιτική χρέωσης διαθέτει την ιδιότητα της συμβατότητας κινήτρων (incentive compatibility). Ο ρόλος ενός σχήματος χρέωσης, πέρα από την κάλυψη των εξόδων ενός NO, προτείνεται να επεκτείνεται και στην αντιμετώπιση της συμφόρησης, μέσω της ιδιότητας της συμβατότητας κινήτρων που αποφέρει πιο οικονομικά αποδοτική χρήση του δικτύου.

Οι οικονομολόγοι βλέπουν την τιμολόγηση ως μια κάπως αφηρημένη έννοια και δεν υπολογίζουν τη βιωσιμότητα των μηχανισμών τιμολόγησης. Έτσι, υπογραμμίζεται η ανάγκη υπολογιστικά βιώσιμων και οικονομικών λύσεων και επίσης, καθώς στο μέλλον δεν θα επικρατήσει ένα και μόνο ενιαίο σχήμα χρέωσης για όλο το Internet και τις Τηλεπικοινωνίες, προτείνονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά ως επιθυμητά και απαραίτητα για οποιοδήποτε σχήμα χρέωσης σε ένα μελλοντικό πολλαπλών κλάσεων υπηρεσιών (multiple service class) περιβάλλον δικτύου:

- Οι τιμές πρέπει να ωθούν και να ενθαρρύνουν τους χρήστες να χρησιμοποιούν το δίκτυο όταν είναι λιγότερο συμφορημένο μεταθέτοντάς τις αιτήσεις τους στο πεδίο του χρόνου και επηρεάζοντας έτσι το φορτίο (load) του δικτύου στο χρόνο.
- Οι τιμές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους, το αντίκτυπο του τωρινού δικτυακού φόρτου, πάνω στη μελλοντική ζήτηση εξυπηρέτησης από τους χρήστες.
- Οι τιμές πρέπει να αντικατοπτρίζουν το φορτίο των κόμβων του δικτύου, δηλαδή την κατάσταση φόρτου στους πόρους του δικτύου (routers, gateways).
- Απαιτείται σχεδιασμός αξιόπιστων, ανθεκτικών και σταθερών μηχανισμών δέσμευσης bandwidth.
- Οι τιμές πρέπει να αποφέρουν αποδοτική διαχείριση φόρτου (load management) επανακατανέμοντας τον φόρτο από τους υψηλά στους ελαφρώς φορτωμένους κόμβους του δικτύου. Τα μεγάλα και περίπλοκα προβλήματα δέσμευσης bandwidth πρέπει να διαιρούνται σε μικρότερα.
- Κατά προτίμηση η τιμολόγηση πρέπει να είναι σε επίπεδο ανώτερο από το επίπεδο του πακέτου, ώστε να είναι ευκολότερη και φθηνότερη στην υλοποίηση. Δηλαδή, η τιμολόγηση πρέπει να γίνεται όσο το δυνατό κατά έναν γενικό υπολογισμό απ' ότι χρεώνοντας ξεχωριστά τα πακέτα έτσι ώστε να είναι ευκολότερη και πιο οικονομική στην υλοποίηση της.

- 
- Το μοντέλο χρέωσης πρέπει να εφαρμόζεται σε ένα τελείως αποκεντρωμένο επίπεδο, για παράδειγμα ζητώντας πληροφορίες επίδοσης σε έναν ξεχωριστό κόμβο, ώστε να θέσει τις τιμές στον κόμβο αυτό και να υπολογίζεται αυτόματα η χρέωση εκεί και όχι κάπου συγκεντρωτικά. Έτσι, δεν απαιτείται οποιαδήποτε, για το σύστημα, (global, system-wide) πληροφορία. Ειδικά, τα γενικά έξοδα υπολογισμού των τιμών μπορεί να ακυρώνουν οποιαδήποτε οφέλη προσπαθούμε να αποκομίσουμε εφαρμόζοντας τη μέθοδο χρέωσης και το κόστος που μπορεί να προκληθεί, μπορεί να ισοσκελιστεί με τα έσοδα ή ακόμα και να τα ξεπεράσει.
  - Απαιτείται καθορισμός των κριτηρίων απόδοσης του συστήματος, τα οποία συνιστούν στη συγκέντρωση των διαφοροποιημένων απαιτήσεων των χρηστών και των εφαρμογών τους.
  - Χρειάζεται σχεδιασμός ενός ομοιόμορφου περιβάλλοντος, στο οποίο οι χρήστες θα έχουν διάφανη πρόσβαση στις υπηρεσίες, οι οποίες με τη σειρά τους θα διατίθενται με αποδοτικό τρόπο. Το περιβάλλον αυτό πρέπει να κρύβει την πολυπλοκότητα των πολιτικών δέσμευσης bandwidth.
  - Πρέπει να υπάρχουν πολλαπλές προτεραιότητες για να μπορεί το σχήμα χρέωσης να λαμβάνει υπόψη του τα διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας (QoS levels) που απαιτούνται από διαφορετικές εφαρμογές και χρήστες. Να σημειωθεί ότι δεν είναι ανάγκη να υπάρχουν ακριβώς τόσες κλάσεις προτεραιότητας όσοι οι διαφορετικοί τύποι απαιτήσεων ποιότητας υπηρεσίας (QoS requirements), αλλά ορισμένες διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας μπορούν να ικανοποιούνται από μια μοναδική κλάση προτεραιότητας (priority class).
  - Το σχήμα χρέωσης πρέπει να υλοποιείται και να εφαρμόζεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι χρήστες να έχουν κίνητρα να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένοι στην τιμή που πληρώνουν και παράλληλα οι φορείς παροχής υπηρεσιών (NSPs - ISPs) να έχουν κίνητρα να παρέχουν την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) με βάση τα κέρδη που αποκομίζουν από τις μεθόδους τιμολόγησης. Η ιδιότητα αυτή λέγεται συμβατότητα κινήτρων (incentive compatibility).

Έτσι, λοιπόν, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά του επιθυμητού τιμολογιακού σχήματος ο κάθε χρήστης βάσει των εφαρμογών που θέλει να χρησιμοποιεί, καθορίζει και τις δικές του απαιτήσεις όσον αφορά την απόδοση του συστήματος. Έτσι θα του παρέχεται το απαραίτητο επιπλέον bandwidth εφόσον βέβαια αυτό είναι εφικτό, με την αντίστοιχη επιπλέον χρέωση φυσικά. Έτσι, πακέτα που αντιμετωπίζονται με υψηλότερα standards ποιότητας θα πρέπει να χρεώνονται παραπάνω. Ακόμα, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας σωστός σχεδιασμός χρέωσης που δεν θα επιτρέπει καταστάσεις συμφόρησης και θα τις προλαμβάνει, λαμβάνοντας κάθε φορά υπόψη την κίνηση στο δίκτυο και ανάλογα με την περίπτωση να ρυθμίζεται και η χρέωση ούτως ώστε να αποτρέπονται ή να ενθαρρύνονται οι χρήστες για τη χρησιμοποίηση του δικτύου. Στην περίπτωση της δυναμικής αξιοποίησης του bandwidth, όπως συμβαίνει π.χ. στην περίπτωση που κάποιος χρήστης δεν χρειάζεται το διατιθέμενο από το σύστημα εύρος και αυτό διατίθεται σε κάποιον άλλο χρήστη τότε αυτός που το αξιοποιεί θα πρέπει να επιβαρύνεται και από κάποιο επιπλέον κόστος που θα εξισορροπείται με το κόστος που θα είχε αν χρησιμοποιούσε μόνο το

---

εύρος που του διατέθηκε αρχικά και εκτελούσε την εφαρμογή του με την συνεπαγόμενη καθυστέρηση. Φυσικά όλα τα παραπάνω δεν πρέπει να είναι εμφανή στους χρήστες αλλά βέβαια να γίνονται με ξεκάθαρο τρόπο, και αυτό επιβάλλει ένα προσεχτικό και αναλυτικότερο σχεδιασμό τόσο του συστήματος δέσμευσης bandwidth όσο και του συστήματος χρέωσης.

Γενικότερα προτείνεται, ένα αποδοτικό σχήμα χρέωσης να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά, που διαχωρίζονται σε αυτά που ενδιαφέρουν τους χρήστες και αυτά που ενδιαφέρουν άμεσα έναν φορέα παροχής δικτυακών υπηρεσιών:

#### **Για τους χρήστες:**

- *Προβλεψιμότητα*: να γνωρίζει ο χρήστης εκ των προτέρων τι ακριβώς πρόκειται να πληρώσει. Πρόκειται για μια πολύ βασική και λογική απαίτηση των χρηστών. Κανένα σχήμα χρέωσης που καθιστά αβέβαιο τον χρήστη για το ποσό που πρόκειται να πληρώσει, δεν έχει πιθανότητες επιβίωσης.
- *Απλότητα /Φιλικότητα Χρήστη*: ο τρόπος χρέωσης πρέπει να είναι απόλυτα κατανοητός από τον χρήστη. Για παράδειγμα ο χρήστης πρέπει να μπορεί να συμπεράνει την επίπτωση που θα έχει στην χρέωσή του κάποια μείωση της κυκλοφορίας του.
- *Δικαιοσύνη*: οι τιμές πρέπει να αντικατοπτρίζουν τη σχετική χρήση πόρων των χρηστών, έτσι ώστε παρόμοιες υπηρεσίες να χρεώνονται το ίδιο, ενώ ένας χρήστης που κάνει μικρότερη (μεγαλύτερη) χρήση του δικτύου αναλόγως να χρεώνεται και λιγότερο (περισσότερο).
- *Διαφάνεια*: πρέπει η υλοποίηση του σχήματος χρέωσης να μην «φαίνεται» στον πελάτη ενός NSP ή ISP και να μην τον «ενοχλεί» με διάφορους τρόπους κατά τη χρήση των δικτυακών υπηρεσιών που του προσφέρονται. Πρέπει το όλο σχήμα λοιπόν να είναι «σαν να μην υπάρχει» για τον συνδρομητή του NSP ή ISP, όταν αυτός κάνει χρήση του δικτύου.

#### **Για τους φορείς παροχής δικτυακών υπηρεσιών:**

- *Κάλυψη εξόδων (cost recovery) και δημιουργία κερδών*: όπως έχουμε ήδη αναφέρει πρόκειται για πρωταρχική απαίτηση των NSPs και ISPs.
- *Χαμηλό κόστος υλοποίησης του συστήματος λογιστικής, δηλαδή υπολογισμού των τιμών (low accounting overhead costs)*: πρόκειται επίσης για πολύ σημαντική απαίτηση. Διαφορετικά, τα κέρδη που αποκομίζονται από την εφαρμογή της μεθόδου χρέωσης θα αναιρούνται από τα υψηλά κόστη υλοποίησης και ο NSP ή ISP συνολικά δεν θα έχει πετύχει τίποτα.
- *Κίνητρα στους χρήστες για αποτελεσματική, από οικονομική άποψη, χρήση των πόρων του δικτύου*: αυτή η απαίτηση θα ικανοποιείται αν το σχήμα χρέωσης έχει την ιδιότητα της συμβατότητας κινήτρων (incentive combatibility) όπως ήδη περιγράφηκε.

- 
- *Ευελιξία*: να μπορεί να χρησιμοποιείται το σχήμα χρέωσης για υπηρεσίες με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας εξυπηρέτησης (QoS requirements).

Προτού παρουσιάσουμε την προτεινόμενη μεθοδολογία χρέωσης, στις επόμενες ενότητες θα πραγματοποιηθεί μια μικρή περιήγηση στον κόσμο της ασύρματης πρόσβασης. Στόχος μας, είναι να γίνει μια σύντομη αναφορά της πληθώρας των τεχνολογιών και κατ'επέκταση απαιτήσεων και δυνατοτήτων των χρηστών, χωρίς βέβαια να αναλυθούν σε βάθος αφού κάτι τέτοιο θα απαιτούσε μεγάλη έκταση και κατά συνέπεια θα ξέφευγε από τα πλαίσια της εργασίας μας. Έτσι, πραγματοποιούμε μια αναφορά με βασικό σκοπό την παρουσίαση, σε επόμενες ενότητες, ενός προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης που θα βασίζεται μέσα σε αυτόν τον 'κόσμο' της πληθώρας των ασύρματων τεχνολογιών και των πολλών δυνατοτήτων εξυπηρέτησης που μπορούν να προσφέρουν στους χρήστες.

### 6.3 Ασύρματη Πρόσβαση

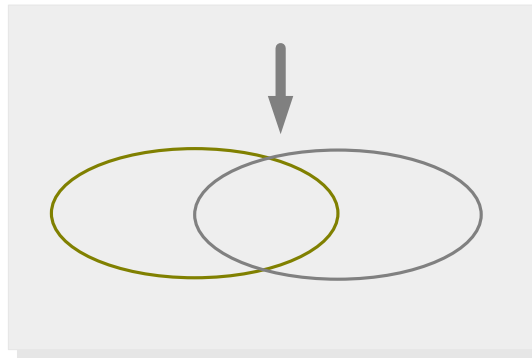
Ο σημερινός τρόπος ζωής απαιτεί άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες και δεδομένα και αυτή η απαίτηση έχει δημιουργήσει μια συνεχώς αυξημένη αγορά για διάφορους τύπους προϊόντων τα οποία παρέχουν στον χρήστη τη δυνατότητα ασύρματης μεταφοράς δεδομένων. Από τους υπολογιστές παλάμης και τα κινητά τηλέφωνα, έως τους εκτυπωτές και ένα πλήθος άλλων περιφερειακών συσκευών, η υποστήριξη ασύρματης δικτύωσης εμφανίζεται καθημερινά σε όλο και περισσότερα προϊόντα. Ανάμεσα στις πολλές και εντυπωσιακές δυνατότητες που διαθέτουν οι φορητές συσκευές 'πρώτης γραμμής' (smartphones, laptops, PDA, Pocket PC, handhelds) είναι και η σύνδεση στο διαδίκτυο [WL-20].

Η ενότητα αυτή αποτελεί μια εισαγωγική και πληροφοριακή ενότητα σχετικά με τις τεχνολογίες που 'αποδεσμεύουν' τους κατόχους φορητών τερματικών από τους γεωγραφικούς περιορισμούς και δημιουργούν νέες τάσεις και δεδομένα στη δικτυακή πρόσβαση. Στην ουσία, η ενότητα αυτή αποτελεί μια σύντομη πληροφοριακή ενότητα σχετικά με την πληθώρα των τεχνολογιών που υπάρχουν και κατ'επέκταση των αυξημένων και ποικίλων υπηρεσιών που παρέχονται στους χρήστες. Η προτεινόμενη μεθοδολογία κοστολόγησης που θα περιγράψουμε σε επόμενη ενότητα βασίζεται σε αυτόν τον κόσμο της ασύρματης δικτύωσης.

#### ➤ Φορητές Συσκευές και Πρόσβαση στο Διαδίκτυο

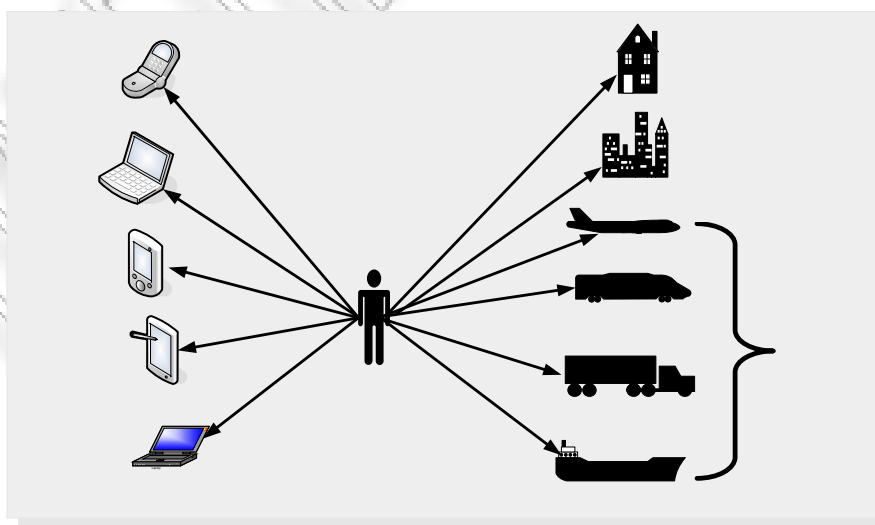
Οι τεχνολογικές εξελίξεις στις φορητές συσκευές τα τελευταία χρόνια έχουν επιτρέψει την ικανοποίηση αναγκών και επιθυμιών, που παλαιότερα φάνταζαν εξωπραγματικές. Πλέον, ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί στο Internet μέσω τηλεφωνικής συσκευής, φορητού υπολογιστή ή υπολογιστή παλάμης, με απλές και γρήγορες διαδικασίες, να περιηγηθεί σε ιστοσελίδες με μεγάλη ταχύτητα, να κατεβάσει e-mail, βίντεο, μουσική κ.ά. Το γεγονός αυτό αποδεσμεύει τη (στατική) πρόσβαση στο Internet από το χώρο του γραφείου, του σπιτιού κ.λπ. και δημιουργεί προοπτικές τόσο για τους απλούς χρήστες όσο και για εκείνους που κάνουν

επαγγελματική χρήση. Προκύπτει, δηλαδή, μια σύγκλιση Κινητής (Mobile) και Ασύρματης (Wireless) Σύνδεσης (βλ. παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 6-19: Σύγκλιση Κινητής και Ασύρματης Σύνδεσης

Τα οφέλη της ασύρματης δικτύωσης είναι πολλά, αλλά και τόσο προφανή που δεν απαιτείται ιδιαίτερος κόπος για να αναδειχθούν. Αν αποδεχόμαστε ότι μία εικόνα αξίζει όσο χίλιες λέξεις, τότε ας δανειστούμε μία "εικόνα" από τη διαφημιστική επικοινωνία, που καταδεικνύει έξοχα τα οφέλη της ασύρματης δικτύωσης: Ένας μοτοσυκλετιστής, στη μέση του πουθενά, ακουμπά στη σέλα της μηχανής το laptop του και πληκτρολογεί κάτι. Μπορεί, απλά, να στέλνει κάποιο e-mail ή μπορεί **Wireless** βλέπει την πορεία των μετοχών του στο χρηματιστήριο ή ακόμα να τσεκάρει τις εκκρεμότητες κάποιου πελάτη που σχεδιάζει να επισκεφθεί. Λίγη σημασία έχει αυτό, όπως λίγη σημασία έχει αν η συσκευή είναι laptop, PDA, handheld ή smartphone. Το σημαντικό είναι ότι, διασύνδεση μπορεί να υπάρξει παντού, χωρίς κανένα είδους φυσικού φραγμού, με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα και στο μικρότερο δυνατό κόστος, το αίτημα των χρηστών είναι κοινό για όλους: 'παντού, πάντα, φθηνά και καλά'. (βλ. παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 6-20: Ασύρματη δικτύωση: 'Επικοινωνία οπουδήποτε και οποτεδήποτε'

---

Βέβαια, η ασύρματη πρόσβαση έχει ορισμένες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι δύο: η μία είναι σχετική με τις υποδομές, ενώ η άλλη αφορά στις συσκευές. Αναφορικά με την πρώτη, δύο είναι οι βασικοί τρόποι μέσω των οποίων μπορεί κανείς να συνδεθεί με τη φορητή συσκευή του ασύρματα στο διαδίκτυο. Ο ένας είναι η φορητή συσκευή να χρησιμοποιεί τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και ο άλλος την ασύρματη δικτύωση, πιο γνωστή ως Wi-Fi. Αναφορικά με τη δεύτερη προϋπόθεση, (τις συσκευές), για να μπορέσουν αυτές να συνδεθούν στο internet θα πρέπει να διαθέτουν τις απαιτούμενες τεχνολογίες. Οι τεχνολογίες αυτές μεταφράζονται σε κάρτες ασύρματης δικτύωσης και εφαρμογές λογισμικού. Μέσω των καρτών ασύρματης δικτύωσης, τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές και υπολογιστές παλάμης μπορούν να συνδεθούν είτε στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, είτε μέσω Wi-Fi. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η κάρτα ασύρματης δικτύωσης της Vodafone για φορητούς υπολογιστές. Η "Vodafone Mobile Connect UMTS/WLAN/GPRS datacard", όπως υποδηλώνει και ο τίτλος της, επιτρέπει πρόσβαση στο Internet τόσο μέσω δικτύων κινητής τηλεφωνίας (UMTS και GPRS) όσο και μέσω Wi-Fi (WLAN). Τα ίδια ισχύουν και για τα smartphones, τα σύγχρονα πολυεργαλεία, που διαθέτουν ποικίλες τεχνολογικές δυνατότητες διασύνδεσης και επικοινωνίας.

Συνοψίζοντας, τα δύο "βάθρα" που υποστηρίζουν την πρόσβαση φορητών συσκευών στο διαδίκτυο είναι:

- Οι **τεχνολογίες πρόσβασης**, δηλ. τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και το Wi-Fi, και
- Οι **φορητές συσκευές** που διαθέτουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό για την πρόσβαση ή μπορούν να τον ενσωματώσουν.

Στις επόμενες υπο-ενότητες θα ασχοληθούμε διεξοδικά με αυτές τις δύο παραμέτρους, καθώς και με το σχετικό λογισμικό.

### 6.3.1 Πληθώρα Τεχνολογιών Πρόσβασης

Η υλοποίηση του τεχνολογικού δόγματος: "παντού και πάντα συνδεδεμένος", σήμερα που τα φορητά τερματικά (υπολογιστές, palmtops, κινητά τηλέφωνα κ.λπ.) αποτελούν τα απαραίτητα εργαλεία για κάθε επαγγελματία, η μεγιστοποίηση της αξιοποίησής τους μέσω της συνεχούς και απροβλημάτιστης δικτύωσής τους δεν αποτελεί ευχή αλλά ευκαιρία για κάθε επιχείρηση που θέλει να έχει ευχαριστημένους πελάτες και συνεργάτες. Ασύρματη επιχείρηση συνεπάγεται ευκίνητη επιχείρηση που εργάζεται παντού, χωρίς καλώδια. Το αίτημα των στελεχών αλλά και των ίδιων των επιχειρήσεων είναι αρκετά σαφές [WL-19]: Διασύνδεση παντού, χωρίς κανενός είδους φυσικούς φραγμούς, με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα και στο μικρότερο δυνατό κόστος. Βέβαια, όλα τα επιχειρηματικά αιτήματα στα ίδια θέματα καταλήγουν: «παντού, πάντα, φθηνά και καλά!». Στη συνέχεια αναφέρουμε σύντομα τις δυνατότητες των τεχνολογιών των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και των προτύπων ασύρματης δικτύωσης.

---

## ➤ Δίκτυα Κινητής Τηλεφωνίας

Μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση στο Internet κινητά τηλέφωνα (smartphones), φορητοί υπολογιστές, υπολογιστές παλάμης κ.α. Ωστόσο, ο τρόπος πρόσβασης, όπως επίσης και η ποιότητά της, εξαρτώνται από το είδος κινητής τηλεφωνίας ή ακριβέστερα, από τη "γενιά" της. Ως γνωστόν, η κινητή τηλεφωνία διακρίνεται σε γενιές. Πρόκειται για διαφορετικές τεχνολογικές πλατφόρμες, που απεικονίζουν την εξέλιξη στην κινητή τηλεφωνία. Μολονότι συνήθως γίνεται λόγος για 3 γενιές, την πρώτη, τη δεύτερη και την τρίτη, τις οποίες για συντομία ονομάζουμε 1G, 2G και 3G, στην πραγματικότητα και οι γενιές και οι τεχνολογικές υποδομές μέσω των οποίων εκφράζονται είναι περισσότερες των τριών [WL-14]. Είναι χαρακτηριστικό ότι μεταξύ δεύτερης και τρίτης γενιάς παρεμβάλλεται η γενιά 2.5 (2.5G), ενώ περισσότερες της μιας τεχνολογικές υποδομές στεγάζονται κάτω από την "ομπρέλα" μιας γενιάς, όπως θα δούμε και παρακάτω, ενώ κάλλιστα κάθε διαφορετική υποδομή θα μπορούσε να ταυτίζεται και με διαφορετική γενιά. Στη συνέχεια πραγματοποιούμε μια μικρή αναφορά σχετικά με τα συστήματα που περιλαμβάνει η κάθε γενιά [WL-21].

Η αρχή έγινε με την **πρώτη γενιά (1G)**, που έκανε την εμφάνισή της πριν από το 1990 σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης και στην Αμερική. Στην Ελλάδα δεν έφθασε ποτέ. Ογκώδεις συσκευές, χαμηλότερες ταχύτητες, χαμηλή ποιότητα και μετάδοση φωνής με αναλογικό τρόπο, αλλά και πολλά προβλήματα σύνδεσης ήταν τα χαρακτηριστικά της 1G. Τα συστήματα πρώτης γενιάς, μεταφέρουν ακόμα μόνο αναλογική πληροφορία φωνής. Τα πιο εξέχοντα συστήματα πρώτης γενιάς, είναι το Προηγμένο Σύστημα Κινητής Τηλεφωνίας (Advanced Mobile Phone System – **AMPS**), με δυνατότητα μετάδοσης φωνής με ρυθμούς που σταδιακά έφτασαν τα 2.4kbps, το Σκανδιναβικό Κινητό Τηλέφωνο (Nordic Mobile Telephone – **NMT**) και το Σύστημα Επικοινωνίας Ολικής Πρόσβασης (Total Access Communication System – **TACS**).

Η **δεύτερη γενιά (2G)** κινητής τηλεφωνίας εισήχθη στο παγκόσμιο στερέωμα στις αρχές της δεκαετίας του '90, κυρίως μέσω των τεχνολογικών υποδομών **GSM** (Global System for Mobile Communications) [WL-17] με χρήση σε Ευρώπη, Αφρική, Ασία. Κύρια χαρακτηριστικά του είναι η ψηφιακή μετάδοση φωνής με καλή πιστότητα και η ψηφιακή μετάδοση δεδομένων με χαμηλή ταχύτητα, μόλις 9,6 Kbps. Το GSM είναι η πιο επιτυχημένη οικογένεια κυψελωτών προτύπων (GSM900, GSM-σιδηρόδρομος [GSM – Railway, GSM-R], GSM1800, GSM1900 και GSM400), υποστηρίζοντας περίπου 250 εκατομμύρια, από τα 450 εκατομμύρια συνδρομητών, με διεθνή περιαγωγή (roaming) σε περίπου 140 χώρες και 400 δίκτυα. Επίσης, **TDMA** (Time Division Multiple Access) με χρήση στις ΗΠΑ, **CDMA** (Code Division Multiple Access) σε ΗΠΑ και Ασία και **PDC** (Personal Digital Cellular) στην Ιαπωνία. Όλες οι παραπάνω τεχνολογικές πλατφόρμες εντάσσονται στη **2G**. Στην Ελλάδα, το πρότυπο 2G που χρησιμοποιείται είναι το GSM.

Η πρώτη προσπάθεια σύνδεσης στο Internet μέσω των δικτύων της 2G έγινε πριν από μερικά χρόνια με την εμφάνιση του **WAP** (Wireless Applications Protocol). Οι χαμηλές όμως ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και η ανυπαρξία συσκευών που να υποστηρίζουν ικανοποιητική απεικόνιση των ιστοσελίδων οδήγησε το WAP σε αποτυχία.

Στη συνέχεια μία άλλη τεχνολογία, η **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data), ανέλαβε να υποστηρίξει τη γρήγορη μετάδοση δεδομένων μέσω του δικτύου



---

GSM και πέτυχε να διπλασιάσει (και να τριπλασιάσει, ενίοτε) την ταχύτητα διαμεταγωγής δεδομένων, έναντι της ταχύτητας του GSM. Κάπου εδώ ολοκληρώνεται η πρώτη περίοδος των κινητών τεχνολογιών σύνδεσης με το Internet, που δεν στέφθηκε με επιτυχία, με εξαίρεση ορισμένες μόνο χώρες, στις οποίες δεν συγκαταλέγεται η Ελλάδα.

Από εκείνο το σημείο και εφεξής τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας αρχίζουν να γίνονται πιο ελκυστικά για τους χρήστες που επιθυμούν να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω του κινητού τους ή άλλης φορητής συσκευής. Αυτό οφείλεται στο ότι οι γενιές που ακολούθησαν ήταν (και είναι) ασύγκριτα πιο γρήγορες, καθώς και στο ότι κυκλοφόρησαν στην αγορά οι "κατάλληλες" συσκευές (μεγάλες έγχρωμες οθόνες, με υποστήριξη πολυμέσων κ.λπ.). Έτσι, την αργή και χαμηλών δυνατοτήτων 2G ακολούθησε η γενιά 2.5G. Τα τεχνολογικά πρότυπα της **2.5G** είναι το **GPRS** (General Packet Radio Service) και το **EDGE** (Enhanced Data rates for Global Evolution), [WL-12] με πιο διαδεδομένο το GPRS, το οποίο χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα. Η 2.5G, εκτός από άριστη ποιότητα μετάδοσης φωνής, προσφέρει μετάδοση δεδομένων σε πολύ υψηλότερες ταχύτητες έναντι της 2G, και, θεωρητικά, μπορεί να φθάσει και τα 115Kbps για το GPRS και τα 384Kbps για το EDGE.

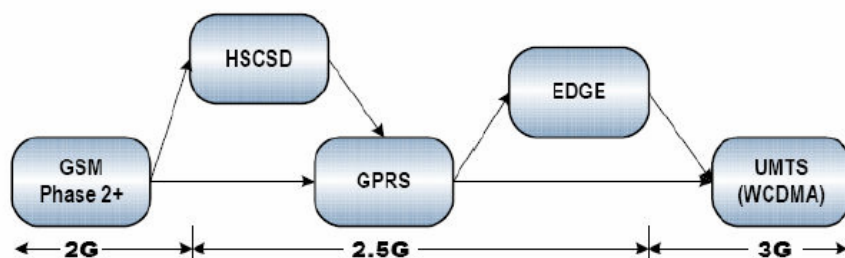
Η πρώτη φάση της προτυποποίησης του GSM900, ολοκληρώθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute – ETSI ) [WL-13] το 1990 και εμπεριείχε όλους τους απαραίτητους ορισμούς για τις δικτυακές λειτουργίες του GSM. Αρκετές τηλε-υπηρεσίες και υπηρεσίες φορέα έχουν οριστεί (συμπεριλαμβανομένης και της μετάδοσης δεδομένων με ταχύτητα μέχρι και 9.6 kbps), αλλά μόνο μερικές συμπληρωματικές υπηρεσίες προσφέρονταν. Σαν αποτέλεσμα, τα πρότυπα του GSM, ενισχύθηκαν στην δεύτερη φάση (1995) για να ενσωματώσουν μία μεγάλη ποικιλία συμπληρωματικών υπηρεσιών, οι οποίες ήταν συγκρίσιμες με τα πρότυπα του (σταθερού) ψηφιακού δικτύου ολοκληρωμένων υπηρεσιών (Integrated Services Digital Network – ISDN). Το 1996, το ETSI αποφάσισε να ενισχύσει περαιτέρω το GSM με ετήσιες διατάξεις φάσης 2+, που ενσωματώνουν δυνατότητες τρίτης γενιάς. Οι διατάξεις της φάσης 2+, έχουν εισάγει σημαντικά χαρακτηριστικά τρίτης γενιάς όπως υπηρεσίες έξυπνου δικτύου (Intelligent Network – IN), με Προσαρμοζόμενη Εφαρμογή για Κινητή Επαυξημένη Λογική (Customized Application for Mobile Enhanced Logic – CAMEL), βελτιωμένη συμπίεση /αποσυμπίεση ομιλίας (COmpression /DECompression – CODEC), Επαυξημένο Πλήρη Ρυθμό (Enhanced Full Rate – EFR) και Προσαρμοστικό Πολλαπλό Ρυθμό (Adaptive Multirate –AMR),

Η **τρίτη γενιά (3G)** κινητής τηλεφωνίας ενσωματώνει, αρκετά πρότυπα με πιο διαδεδομένα τα πρότυπα **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System) [WL-16] και **WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access). Η 3G είναι διαθέσιμη στην Ελλάδα και προσφέρει πολλές δυνατότητες υπηρεσιών πολυμέσων (λ.χ. παρακολούθηση τηλεοπτικών προγραμμάτων από το κινητό), συνεχή σύνδεση με το Διαδίκτυο και μετάδοση κάθε είδους δεδομένων σε πολύ υψηλές ταχύτητες, από 64Kbps έως 384Kbps σε πρώτο στάδιο, και μέχρι τα 2Mbps αργότερα (Alexiou, Mpouras and Igglesis, 2005).

Τέλος, η συνέχεια σε αυτή τη διαδοχή των γενιών θα δοθεί, με το λανσάρισμα της τέταρτης γενιάς κινητής τηλεφωνίας (**4G**), που βρίσκεται ήδη σε στάδιο ανάπτυξης και εκτιμάται ότι θα ξεπερνά κατά πολύ όλες τις προηγούμενες. Η τέταρτη γενιά θα προσεγγίσει περισσότερο τις προσωπικές επικοινωνίες, παρέχοντας επικοινωνία οποιαδήποτε μορφής, σε κάθε χώρο και χρόνο, με οποιονδήποτε. Θα

απαιτήσει επίσης καλή απόδοση επικοινωνίας, που θα αφορά κυρίως media παρά φωνή (Θεολόγου, 2002). Επιπρόσθετα θα είναι υψηλότερου τεχνολογικού επιπέδου από τα 3G συστήματα. Για παράδειγμα σε σχέση με την ραδιο-τεχνολογία, η αρχή του κυψελωτού δικτύου θα ξεπεραστεί προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη κάλυψη. Στη χωρητικότητα το SDMA (Space Division Multiple Access) μπορεί να εισαχθεί σε βάση των FDMA, TDMA, CDMA. Το SDMA θα έχει προσαρμοστική εκπομπή, συνδέοντας τον κάθε χρήστη σαν να βρίσκεται σε ένα ασύρματο καλώδιο, και θα αυξάνει τη χωρητικότητα του ασύρματου συστήματος κατά κανόνα 1-2 φορές περισσότερο. Τα CN (core networks) θα υιοθετήσουν τη μεταγωγή πακέτου (κάτι σαν cell switching) ώστε να επιτρέψουν την κατανομή του εύρους κατά απαίτηση. Στις εφαρμογές τα τεμαχικά της τέταρτης γενιάς δε θα παρέχουν μόνο ομιλία ή εικόνα αλλά επιπλέον θα προειδοποιούν και θα ενημερώνουν το χρήστη. Τα τεμαχικά μπορεί ακόμα να γίνουν μέρος του ανθρώπινου σώματος, ενημερώνοντας το χρήστη για την πίεσή του, τη θερμοκρασία του κ.α.

Στο παρακάτω σχήμα (Γιαγλής, Γ., 2006) φαίνεται η ολοκλήρωση των επίγειων και των αντίστοιχων δορυφορικών επικοινωνιών, η οποία πραγματοποιήθηκε με την εξέλιξη της κυτταρικής κινητής τηλεφωνίας. Στόχος του στρατηγικού αναπτυξιακού σχεδίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα των Τηλεπικοινωνιών, σε συνδυασμό με τις συντονισμένες ενέργειες διεθνών Τηλεπικοινωνιακών φορέων είναι να τεθούν σε χρήση βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα, οι αναβαθμισμένες, σε περιβάλλον πολυμέσων, υπηρεσίες της κινητής τηλεφωνίας σε παγκόσμιο επίπεδο.



Σχήμα 6-21: Η εξέλιξη των ψηφιακών τεχνολογιών της κινητής τηλεφωνίας

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η αντιστοιχία γενιών κινητής τηλεφωνίας και Προτύπων /standards ανά γενιά.

<b>OG</b>	<b>0.5G</b>	<b>1G</b>	<b>2G</b>	<b>2.5G</b>	<b>2.75G</b>	<b>3G</b>	<b>3.5G</b>	<b>3.75G</b>
<i>PTT</i>	<i>Autote /PALM</i>	<i>NMT</i>	<b>GSM</b>	<b>GPRS</b>	<i>CDMA2000</i>	<b>W-CDMA</b>	<b>HSPDA</b>	<i>HSUPA</i>
<i>MTS</i>	<i>ARP</i>	<i>AMPS</i>	<i>iDEN</i>	<b>HSCSD</b>	<b>EDGE</b>	<b>UMTS</b>		
<i>IMTS</i>		<i>Hicap</i>	<i>D-AMPS</i>	<i>WiDEN</i>		<i>FOMA</i>		
<i>AMTS</i>		<i>CDPD</i>	<i>cdmaOne</i>			<i>CDMA120001*EV</i>		
		<i>Mobitex</i>	<i>PDC</i>			<i>TD-SCDMA</i>		
		<i>DataTac</i>	<i>CSD</i>					

Πίνακας 6-4: Γενιές κινητής τηλεφωνίας

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται ενδεικτικά και συγκεντρωτικά κάποια χαρακτηριστικά διαφόρων τεχνολογιών δικτύων τηλεπικοινωνίας που αναφέραμε παραπάνω.

	<b>GSM</b>	<b>HSCSD</b>	<b>GPRS</b>	<b>EDGE</b>	<b>UMTS</b>
<b>Διαθεσιμότητα</b>	Σήμερα	Σήμερα	Σήμερα	Σήμερα	Σήμερα
<b>Δείκτες Μεταφοράς Δεδομένων</b>	9,6KBPS	38,4KBPS	28,4KBPS 114KBPS	384KBPS	384KBPS 2KBPS
<b>Σύστημα Τιμολόγησης</b>	Υφιστάμενο	Υφιστάμενο	Νέο	Αναβάθμιση	Αναβάθμιση
<b>Απαιτήσεις Δικτύου</b>	Υφιστάμενες	Νέα Στοιχεία	Νέα Στοιχεία	Νέα Στοιχεία	Πλήρη Αναμόρφωση

Πίνακας 6-5: Χαρακτηριστικά τεχνολογιών δικτύων κινητής τηλεφωνίας

---

➤ **ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗ (Wi-Fi)**

Η ασύρματη δικτύωση, περισσότερο γνωστή ως **Wi-Fi** (Wireless Fidelity), [WL-21] επιτρέπει σε κατάλληλα εξοπλισμένες φορητές συσκευές να χρησιμοποιούν ορισμένα πρότυπα επικοινωνίας για να συνδέονται μεταξύ τους ή με το Διαδίκτυο, χωρίς καλώδια, αξιοποιώντας το φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων.

Το πιο διαδεδομένο πρότυπο ασύρματης δικτύωσης είναι το επονομαζόμενο **802.11** και οι επεκτάσεις του **802.11b** και **802.11g**. Η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων πάνω σε δίκτυα Wi-Fi που χρησιμοποιούν την εν λόγω οικογένεια πρωτοκόλλων είναι ασύλληπτη. Ξεκινά από τα 2Mbps και μπορεί να ξεπεράσει ακόμη και τα 50Mbps. Για να συνδεθεί μια φορητή συσκευή στο Internet μέσω Wi-Fi πρέπει να βρεθεί στην ακτίνα δράσης κάποιου σημείου πρόσβασης. Συνήθως, αυτή η ακτίνα δράσης είναι τουλάχιστον δέκα μέτρα. Το σημείο πρόσβασης (access point) δεν είναι τίποτε άλλο από έναν πομποδέκτη με κεραία, που κάνει χρήση συγκεκριμένης ραδιοσυχνότητας για να μεταφέρει τα δεδομένα και να επικοινωνήσει με τις φορητές συσκευές. Στους δημόσιους χώρους (αεροδρόμια, ξενοδοχεία, καφετέριες, πλοία κ.ά.) τα σημεία ασύρματης πρόσβασης ονομάζονται hot spots. Παλαιότερα, τα hot spots ήταν ελάχιστα. Σήμερα, υπάρχουν δεκάδες τέτοια σημεία σε όλη την Ελλάδα, με το ρυθμό ανάπτυξής τους να αυξάνεται εντυπωσιακά. Παράλληλα, υπάρχουν αμέτρητα ιδιωτικά σημεία πρόσβασης στο επιχειρηματικό περιβάλλον, από όπου οι υπάλληλοι μιας εταιρίας μπορούν να συνδέονται στο διαδίκτυο με τη φορητή τους συσκευή (Varshney and Vetter, 2000). Υπενθυμίζεται ότι για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να βρίσκονται εντός της ακτίνας δράσης του σημείου πρόσβασης. Το **Wi-Max** [WL-15] βασίζεται στο πρότυπο **IEEE 802.16** και ανήκει στην οικογένεια του Wi-Fi που χρησιμοποιείται σήμερα στα ασύρματα δίκτυα στο εσωτερικό σπιτιών ή σε άλλων εγκαταστάσεων. Το Wi-Fi προσφέρει κάλυψη κάποιων εκατοντάδων μέτρων, αλλά η κάλυψη του Wi-Max φτάνει μέχρι τα 30 μίλια.

Στους παρακάτω πίνακες αποτυπώνονται ενδεικτικά κάποια χαρακτηριστικά διαφόρων προτύπων ασύρματων δικτύων (Θεολόγου, 2002).

	Ταχύτητα (Mbps)	Εμβέλεια	Συχνότητα	Διασύνδεση	Κατάσταση	Υποστ.
<b>Bluetooth</b>	1 Mbps	10 m	2.4 GHz	Καμία	Διαθέσιμο	Ericsson IBM, Intel, Toshiba, Nokia, Motorola
<b>HomeRF</b>	2 Mbps	50 m	2.4 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο	Promix, Intel,HP, 3COM, Motorola
<b>HiperLAN Type 1</b>	24 Mbps	50 m	5 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο	ETSI, Promix, HP,IBM, Xircom, Nokia
<b>HiperLAN Type 2</b>	54 Mbps	30-150 m	5 GHz	Ethernet, ATM,IP, UMTS, Firewire, PPP		ETSI, Promix, HP,IBM, Xircom, Nokia, Ericsson, Dell,TI
<b>IEEE 802.11</b>	2 Mbps	100-2000 m	2.4 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο	Cisco, Lucent, 3Com, Apple,
<b>802.11b</b>	11 Mbps	-//-	2.4 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο	Nokia,
<b>802.11a</b>	54 Mbps	-//-	5 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο	Compaq
<b>802.11g</b>	54 Mbps	-//-	2.4 GHz		Διαθέσιμο	
<b>Wi-Max</b>	70 Mbps	30 miles	2-11 GHz		Διαθέσιμο	RedLine

Πίνακας 6-6: Χαρακτηριστικά προτύπων για ασύρματη δικτύωση

Τεχνολογία	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΧΡΗΣΗ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΑΚΤΙΝΑ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ
Wi-Fi	IEEE, 802 11a	WLAN	Έως 54Mbps	Έως 1km	5GHz
Wi-Fi	IEEE, 802 11b	WLAN	Έως 11Mbps	Έως 1km	2,4GHz
Wi-Fi	IEEE, 802 11g	WLAN	Έως 54Mbps	Έως 1km	2,4GHz
WiMAX	IEEE, 802 16d	WMAN	Έως 75Mbps (20 MHz BW)	Τυπικά 6-9km	Sub 11GHz
WiMAX	IEEE, 802 16e	Mobile WMAN	Έως 30Mbps	Τυπικά 1,5-5km	2-6GHz

Πίνακας 6-7: Ταχύτητες και Ακτίνες κάλυψης δικτύων

### ➤ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ

Σήμερα τα ασύρματα δίκτυα γνωρίζουν τεράστια εξάπλωση, η οποία αυξάνεται με την έλευση ορισμένων προτύπων όπως το 802.16 (WiMAX), το 802.15 (Bluetooth), αλλά και την έλευση της κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς (UMTS). Όπως και τα ενσύρματα δίκτυα, έτσι και τα ασύρματα μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες, με βάση κυρίως το μέγεθος τους και την περιοχή κάλυψής τους.

*Σύμφωνα με το εύρος κάλυψης, μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:*

- Δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks – WAN),
- δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής (Metropolitan Area Networks – MAN),
- δίκτυα τοπικής περιοχής (Local Area Networks – LAN) και τέλος,
- μια κατηγορία δικτύων η οποία δεν ορίζεται στα ενσύρματα, τα δίκτυα προσωπικής περιοχής (Personal Area Networks – PAN).

Στις επόμενες παραγράφους αναφέρουμε σύντομα τα πλέον ενδεικτικά δίκτυα κάθε κατηγορίας.

Στα δίκτυα **WAN**, μπορούμε να κατατάξουμε τα δορυφορικά δίκτυα, τα οποία καλύπτουν μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή και εξυπηρετούν έναν μεγάλο αριθμό χρηστών. Ο βασικός ρόλος αυτών των δικτύων είναι να παρέχουν διασύνδεση μεταξύ ηπείρων, παρέχοντας δυνατότητες μεταφοράς φωνής, τηλεοπτικού σήματος, υπηρεσίες εντοπισμού θέσης (π.χ. GPS) και διάφορες άλλες υπηρεσίες. Ένας σημαντικός τομέας χρήσης των δορυφορικών δικτύων στο μέλλον αναμένεται να είναι η παροχή ταχύτατης σύνδεσης στο Internet. Τα περισσότερα διαδεδομένα δίκτυα WAN και γενικότερα ασύρματα δίκτυα που λειτουργούν σήμερα είναι τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (GSM στην Ευρώπη), τα οποία αποτελούνται από σύνολα διασυνδεδεμένων κυψελικών δικτύων και καλύπτουν ένα πολύ μεγάλο μέρος του

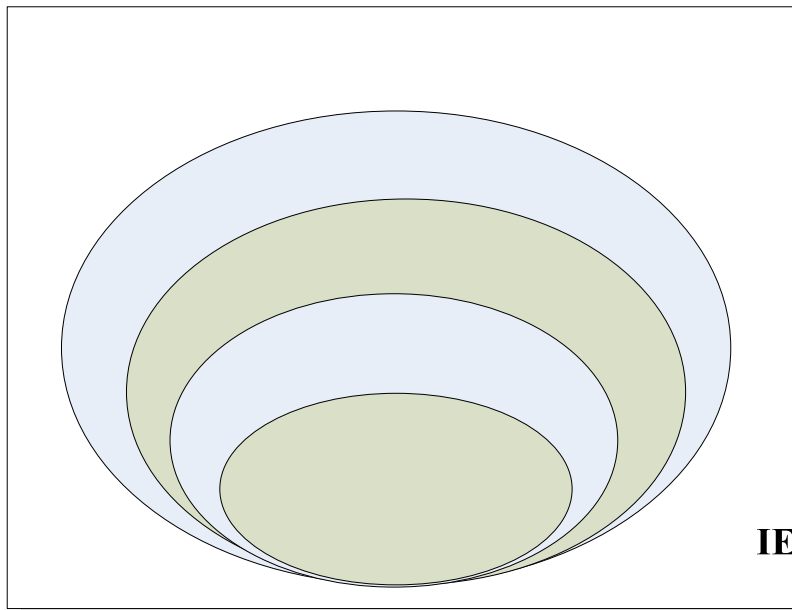
---

πλανήτη, εξυπηρετώντας έναν τεράστιο αριθμό χρηστών. Μια τελευταία κατηγορία δικτύων που κατατάσσονται στα WAN είναι συνήθως κάποια δίκτυα που λειτουργούν σε συχνότητες κάτω των 2MHz σε πολύ χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης και τα οποία χρησιμοποιούνται για την παροχή πληροφοριών σε πλοία και αεροσκάφη.

Ένα από τα σημαντικότερα ασύρματα δίκτυα **MAN** αναμένεται να είναι το 802.16, το οποίο αυτή τη στιγμή βρίσκεται υπό προτυποποίηση. Το δίκτυο αυτό αναμένεται να χρησιμοποιηθεί για αντικατάσταση των LL από WLL. Το δίκτυο αυτό αναμένεται να παρέχει υπηρεσίες φωνής, δεδομένων, τηλεόρασης υψηλής ευκρινείας και διάφορων άλλων υπηρεσιών. Άλλα γνωστά ασύρματα δίκτυα MAN, τα οποία βρίσκονται σε χρήση (αν και δεν είναι τόσο διαδεδομένα, κυρίως λόγω του κόστους τους) είναι Πολυκαναλική Πολυσημειακή Υπηρεσία Διανομής (Multichannel Multipoint Distribution Service – MMDS) και η εξέλιξη της που ονομάζεται Τοπική Πολυσημειακή Υπηρεσία Διανομής (Local Multipoint Distribution Service – LMDS). Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για την παροχή καλωδιακής τηλεόρασης και υπηρεσιών σταθερής τηλεφωνίας. Με την ραγδαία ανάπτυξη, όμως, του Internet άρχισαν να χρησιμοποιούνται και για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών πρόσβασης.

Όσον αφορά τα ασύρματα **LAN**, η πλέον διαδεδομένη κατηγορία που γνωρίζει μεγάλη διάδοση σήμερα είναι τα γνωστά σε όλους δίκτυα 802.11 (WiFi). Ο βασικός λόγος ύπαρξης των δικτύων αυτών είναι η ασύρματη τοπική δικτύωση, όπως για παράδειγμα σε συγκροτήματα γραφείων, στα οποία δεν υπάρχει δυνατότητα για ενσύρματη δικτύωση, αλλά και στο λεγόμενο Small Office Home Office (SOHO) περιβάλλον. Τελευταία έχει αρχίσει να γίνεται συχνή χρήση δικτύων 802.11 για την δημιουργία ασύρματων κοινοτήτων χρηστών, στα πλαίσια για παράδειγμα μιας πόλης (π.χ. Patras Wireless Network). Άλλα σημαντικά πρότυπα για WLAN που αναπτύχθηκαν (και συνεχίζουν να αναπτύσσονται) είναι το HiperLAN και το HomeRF.

Τέλος, όσον αφορά την κατηγορία των ασύρματων **PAN**, σε αυτήν το πλέον σημαντικό πρότυπο είναι το Bluetooth, το οποίο γίνεται προσπάθεια να προτυποποιηθεί και να βελτιωθεί από την επιτροπή 802.15 της IEEE. Η νέα γενιά του Bluetooth θα παρέχει αυξημένες δυνατότητες δικτύωσης μεταξύ των διάφορων συσκευών, στοχεύοντας στην οριστική κατάργηση των καλωδίων (Stallings and William, 2000). Μια παλαιότερη κατηγορία PAN δικτύων είναι τα δίκτυα IrDA τα οποία χρησιμοποιούν υπέρυθρες και τα οποία δεν γνώρισαν σημαντική αποδοχή. Το παρακάτω σχήμα αναπαριστά τον κόσμο της ασύγχρονης πραγματικότητας με κύριο χαρακτηριστικό το εύρος της περιοχής κάλυψης, που περιγράψαμε παραπάνω.



**Global Wireless**

**WAN**

**IEEE 802.20**

**MAN**

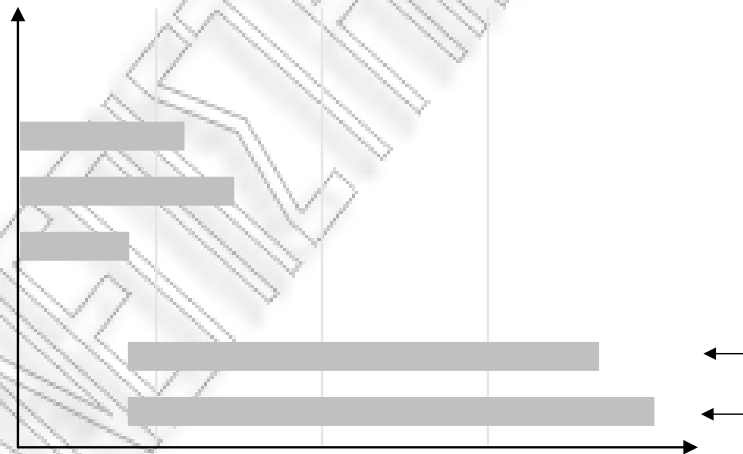
**IEEE 802.16**  
Wireless Man

**LAN**

**IEEE 802.11**  
Wireless Lan

**PAN**

**IEEE 802.15**  
Bluetooth



Σχήμα 6-23: Πρότυπα Ασύρματων Δικτύων – Ταχύτητα και Εμβέλεια



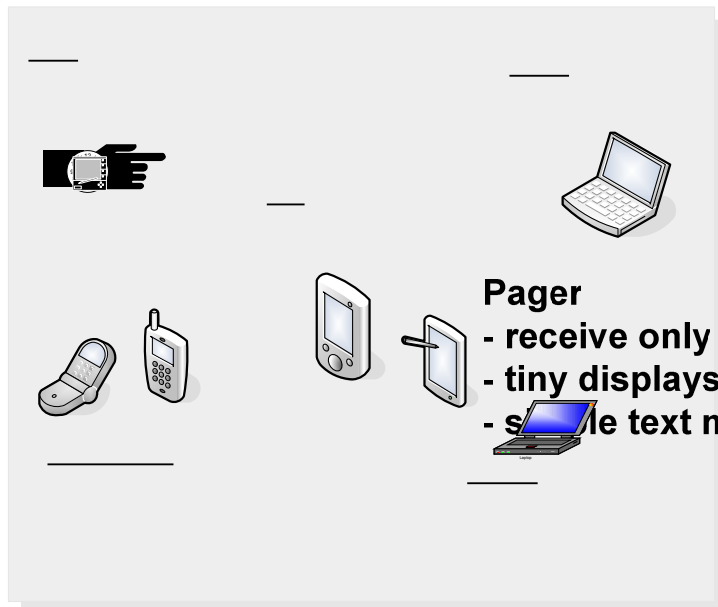
---

### 6.3.2 Τερματικά και Λογισμικό

Η αξιοποίηση των τεχνολογιών που περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες απαιτεί την ύπαρξη κατάλληλων τερματικών. Τα πιο διαδεδομένα φορητά τερματικά που μπορούν να συνδεθούν με το Internet είναι τα κινητά τηλέφωνα, τα laptops και οι υπολογιστές παλάμης (βλ. σχήμα:24).

Ξεκινώντας από την κινητή τηλεφωνία, προκειμένου να συνδεθεί κάποιος χρήστης μέσω του τερματικού του, θα πρέπει να διαθέτει μια συσκευή που να μπορεί να συνδεθεί στα δίκτυα GPRS ή UMTS (3G) ή στο Wi-Fi [WL-22]. Στην αγορά κυκλοφορούν αρκετές τέτοιες συσκευές, εκ των οποίων οι πιο πλούσιες σε εξοπλισμό ονομάζονται smartphones. Αν και οι δυνατότητες των smartphones παρουσιάζουν διαβαθμίσεις ανάλογα με τον τύπο της συσκευής, ένα τυπικό smartphone διαθέτει μεγάλη έγχρωμη οθόνη, δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, λειτουργίες PDA (λ.χ. πληκτρολόγιο), κάμερα, μνήμη και λειτουργικό σύστημα (π.χ. Windows Mobile). Οι συσκευές αυτές είναι κάτι πολύ περισσότερο από ένα απλό κινητό τηλέφωνο και αποτελούν χαρακτηριστικά δείγματα της σύγχρονης σύγκλισης πολλών και διαφορετικών τεχνολογιών. Στην κατηγορία των smartphones ανήκουν τα Nokia 6680, Motorola MPx220, Panasonic X800 κ.ά.

Συνεχίζοντας με τους φορητούς υπολογιστές (laptops, PDA, handhelds κ.ά.), η πρώτη παρατήρηση είναι ότι τόσο οι επιγονάτιοι όσο και οι παλάμης έχουν ξεπεράσει κάποια όρια που μερικά χρόνια πριν φάνταζαν απίθανα. Πλέον, υπάρχουν laptops με βάρος λιγότερο των δύο κιλών, πάχος μεταξύ 2 και 5 εκατοστών, και οθόνη 10, 12 ή 14 ιντσών. Μεταξύ άλλων, διαθέτουν και τη δυνατότητα σύνδεσης στο Internet μέσω Wi-Fi ή δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Τέτοια μοντέλα είναι το Sony VAIO VGN S3XP, το Toshiba Portege M100, το HP Pavilion dv1155EA, το Acer TravelMate 382Tmi και πολλά άλλα. Παρόμοια ισχύουν και για τους μικρότερους φορητούς υπολογιστές, δηλαδή, τα PDA, τα Pocket PC και τα handhelds. Όλα σχεδόν τα νέα μοντέλα μπορούν να συνδεθούν στο Διαδίκτυο μέσω Wi-Fi, GPRS ή 3G, ενώ ακόμα και οι συσκευές που δεν διαθέτουν τις υποδομές για τη σύνδεση με το Internet μπορούν να τις αποκτήσουν, αν υπάρχει η κατάλληλη θύρα στην οποία θα τοποθετηθεί μία κάρτα επέκτασης. Η συντριπτική πλειονότητα των καινούριων φορητών υπολογιστών διαθέτει αυτήν τη θύρα, και έτσι η ασύρματη δικτύωση είναι δυναμικά πανταχού παρούσα στον κόσμο των φορητών [WL-23].



Σχήμα 6-24: Πληθώρα Φορητών Τερματικών

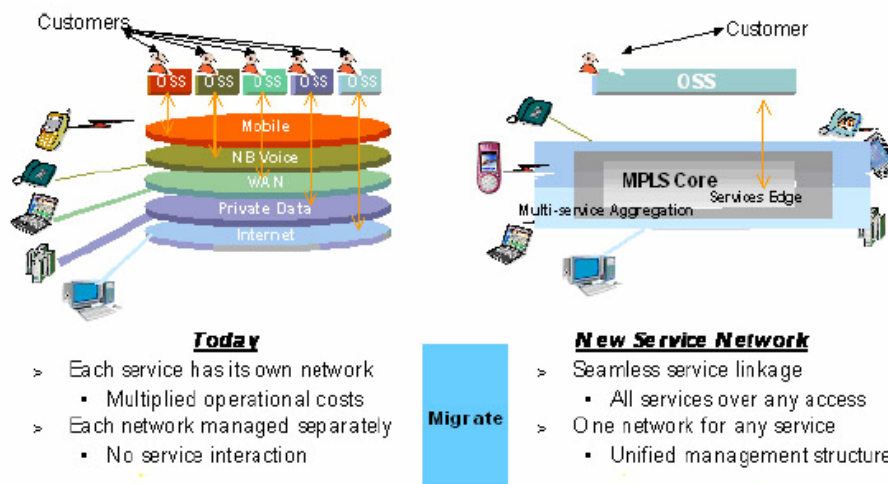
**PDA**  
 - simpler gra  
 - simplified  
 - simplified

### 6.3.3 Δικτυακή ετερογένεια – Ενοποιημένο Δίκτυο

Η σύγχρονη εποχή έχει δημιουργήσει μια γενιά ανθρώπων εξαρτημένων από την πληροφορία. Καθημερινά χιλιάδες άνθρωποι χρειάζονται να βρίσκονται στο δίκτυο και να ανακτούν την πληροφορία που χρειάζονται μέσω των διαφόρων τερματικών τους (laptop, palmtop, notebook, shirt pocket, wristwatch), δίχως να είναι ενσύρματα συνδεδεμένοι στην επίγεια επικοινωνιακή υποδομή (Alexiou, Mpouras and Igglesis, 2005). Συνεπώς γι' αυτούς του κινητού κόσμου οι διπλαγωγοί, τα ομοαξονικά καλώδια και οι οπτικές ίνες δεν αποτελούν καλή λύση. Γι' αυτούς τους χρήστες η λύση είναι οι ασύρματες επικοινωνίες. Ο χώρος της ασύρματης επικοινωνίας και των προτύπων, τα οποία την καθορίζουν, εξελίσσεται συνεχώς. Οι μεγαλύτερες εταιρίες έχουν χωριστεί σε ομάδες και αναπτύσσουν ανταγωνιστικές τεχνολογίες με σκοπό την κυριαρχία σε μια αγορά που αναμένεται μέσα στα επόμενα χρόνια να εκτοξευτεί σε μερικά δισεκατομμύρια δολάρια.

Η ασύρματη επικοινωνία αποκτά ιδιαίτερη αξία σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, που η μορφολογία του εδάφους της δεν επιτρέπει πολλές φορές τη χρήση εναλλακτικών μέσων μετάδοσης όπως για παράδειγμα οι οπτικές ίνες. Στην μεγάλη εξέλιξη του τομέα της κινητής τηλεφωνίας συμβάλλουν στο μέγιστο και οι απαιτήσεις των σύγχρονων καιρών για ένα ενοποιημένο και λειτουργικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας παρέχοντας πληθώρα υπηρεσιών στους πελάτες /χρήστες του.

Η ιδέα των Δικτύων Νέας Γενιάς εισήχθη ούτως ώστε να ληφθεί υπόψη η νέα πραγματικότητα στο χώρο των τηλεπικοινωνιών, η οποία προήλθε μεταξύ άλλων από τους παρακάτω παράγοντες: ανταγωνισμός μεταξύ των διαφόρων εταιριών λόγω της συνεχόμενης απελευθέρωσης των αγορών, έκρηξη στην κυκλοφορία ψηφιακών δεδομένων κυρίως λόγω της συνεχώς αυξανόμενης χρήσης του διαδικτύου, την αυξανόμενη ζήτηση για νέες πολυμεσικές (multimedia) υπηρεσίες, την απαίτηση για κινητικότητα, την ανάγκη για διασύνδεση των δικτύων και των υπηρεσιών, κ.α.

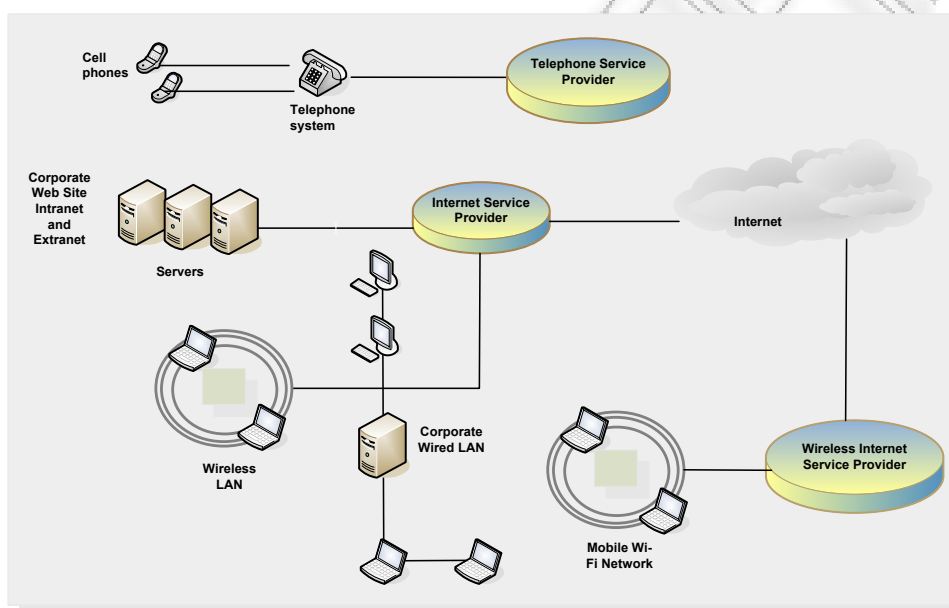


Σχήμα 6-25: Μετάβαση προς ένα ενιαίο δίκτυο

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον για τη μελέτη και ανάπτυξη μηχανισμών για την multicast μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Ο τομέας του multicast έχει αναπτυχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό τα τελευταία χρόνια όσον αφορά τον τομέα του internet και τώρα η διεθνής επιστημονική κοινότητα αναζητά τρόπους για μεταφορά των μεθόδων που εφαρμόζονται επιτυχώς, στα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς. Οι μηχανισμοί προσαρμογής της μετάδοσης πολυμέσων είναι μηχανισμοί μετάδοσης πολυμεσικών δεδομένων (adaptive streaming multimedia) πάνω από δίκτυα, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζουν την μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων στην τρέχουσα κατάσταση του δικτύου. Για την υλοποίηση αυτών των μηχανισμών προσαρμογής της μετάδοσης απαιτείται ανάπτυξη μηχανισμών τόσο για την παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου, όσο και για την προσαρμογή των πολυμεσικών δεδομένων στις εκάστοτε δικτυακές συνθήκες. Ο κύριος στόχος αυτών των μηχανισμών είναι η προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων κάθε φορά που οι δικτυακές συνθήκες διαφοροποιούνται και μεταβάλλονται (Alexiou, Mpouras and Igglesis, 2005).

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα κινητά δίκτυα προβλέπεται να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στο μέλλον, ενώ ήδη υπάρχει πληθώρα τεχνολογιών για την υλοποίηση κινητών δικτύων τόσο σε μικρή κλίμακα (Bluetooth, IEEE 802.11 κλπ) όσο και σε ευρεία κλίμακα (GPRS, UMTS). Βασικό χαρακτηριστικό των κινητών δικτύων (Alexiou, Mpouras and Igglesis, 2005) είναι το συνεχώς μεταβαλλόμενο δικτυακό περιβάλλον, πράγμα που σημαίνει ότι οι δικτυακοί πόροι οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στις εφαρμογές ενός κόμβου κινητού δικτύου μπορούν να μεταβληθούν πολύ γρήγορα και οι εφαρμογές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους το γεγονός αυτό. Σε αντίθεση με τους περισσότερους στατικούς υπολογιστές, οι οποίοι μένουν συνδεδεμένοι σταθερά σε ένα δίκτυο, οι κινητοί υπολογιστές πραγματοποιούν πολλές ετερογενείς συνδέσεις. Καθώς ξεπερνούν την ακτίνα ενός αναμεταδότη του δικτύου στρέφονται σε έναν άλλο. Σε διαφορετικά μέρη θα συνδεθούν με διαφορετικής ποιότητας δίκτυο, όπως για παράδειγμα ένας χώρος συνεδριάσεων μπορεί να έχει καλύτερο εξοπλισμό εγκατεστημένο απ' ότι ένας

διάδρομος. Επίσης θα υπάρχουν μέρη όπου θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πολλαπλούς αναμεταδότες διαφορετικών συχνοτήτων. Ακόμα και όταν θα είναι συνδεδεμένοι θα μπορούν ταυτόχρονα να χρησιμοποιούν ασύρματη πρόσβαση. Επίσης, μπορεί να χρειάζεται να αλλάξουν interface όταν μετακινούνται από έναν εσωτερικό χώρο σε έναν εξωτερικό. Για παράδειγμα, υπέρυθρα interfaces δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικό χώρο διότι το ηλιακό φως υπερκαλύπτει το σήμα. Ακόμα και να χρησιμοποιηθεί μόνο η εκπομπή με ραδιοσυχνότητες, το interface θα πρέπει να αλλάξει για να εναρμονισθεί με πρωτόκολλα διαφορετικών δικτύων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει κατά την αλλαγή από την κυβελική κάλυψη σε μια πόλη στη δορυφορική κάλυψη της χώρας. Αυτή η ετερογένεια κάνει την κινητή δικτύωση πιο περίπλοκη από την συνηθισμένη. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η δικτυακή υποδομή μιας μεγάλης εταιρείας που περιλαμβάνει συνήθως διαφορετικά δίκτυα.

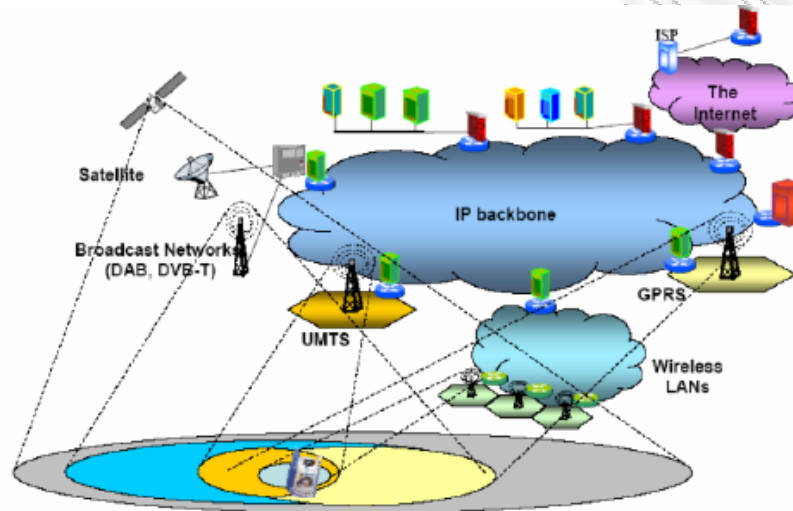


Σχήμα 6-26: Δικτυακή ετερογένεια

Σε αυτή την ενότητα, σε όλες τις παραπάνω υποενότητες αναφερθήκαμε στην πληθώρα των υπάρχουσών τεχνολογιών (Radio Access Technology, RAT) που επικρατούν στον κόσμο της ασύρματης επικοινωνίας και είδαμε ενδεικτικά κάποια χαρακτηριστικά ορισμένων από αυτά. Ύστερα από την έρευνα που πραγματοποιήσαμε στην αγορά πληροφορικής, παρατηρήσαμε την μεγάλη αφθονία σε προϊόντα που υλοποιούν πρωτόκολλα, τα οποία υπόσχονται ασύρματες, εύκολες και κυρίως γρήγορες λύσεις για τις δικτυακές μας ανάγκες. Είδαμε ότι πολλά είναι τα πρότυπα που διεκδικούν ένα κομμάτι της αγοράς, όπως Bluetooth, HiperLAN, HomeRF, 802.11a, 802.11b, 802.11g, αλλά και φυσικά η αφθονία των τεχνολογιών όπως GSM, GPRS, UMTS, WLAN, κ.α.

Κύριος στόχος του κεφαλαίου δεν είναι να αναλυθούν σε βάθος οι τεχνολογίες αυτές, αφού κάτι τέτοιο θα απαιτούσε μεγάλη έκταση και κατά συνέπεια θα ξέφευγε από τα πλαίσια της εργασίας, αλλά πώς οι πάροχοι δικτυακών υπηρεσιών (Network Operators providers, NOs, είτε ISPs, είτε NSPs), μέσα σε αυτόν τον κόσμο της αφθονίας τεχνολογιών (βλ. παρακάτω σχήμα), μέσω του προτεινόμενου μοντέλου

χρέωσης που θα αναλύσουμε σε επόμενη ενότητα, θα έχουν τη δυνατότητα να διαχειρίζονται δυναμικά τις τεχνολογίες της εκάστοτε παρεχόμενης υπηρεσίας με κύριο σκοπό την αποδοτική αυξομείωση των τιμών χρέωσης των πελατών και προσφοράς καλής ποιότητας υπηρεσιών, αλλά και αποτελεσματικής αντιμετώπισης του φαινομένου συμφόρησης του δικτύου. Έτσι, και οι δύο πλευρές, τόσο οι πάροχοι των δικτυακών υπηρεσιών όσο και οι χρήστες /πελάτες του δικτύου, θα μείνουν ικανοποιημένοι. Οι μεν πάροχοι θα αποφεύγουν τη συμφόρηση και παράλληλα θα επωμίζονται κέρδος και οι δε χρήστες θα έχουν υπηρεσίες οποτεδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή με καλή ποιότητα υπηρεσιών και ανάλογο κόστος.

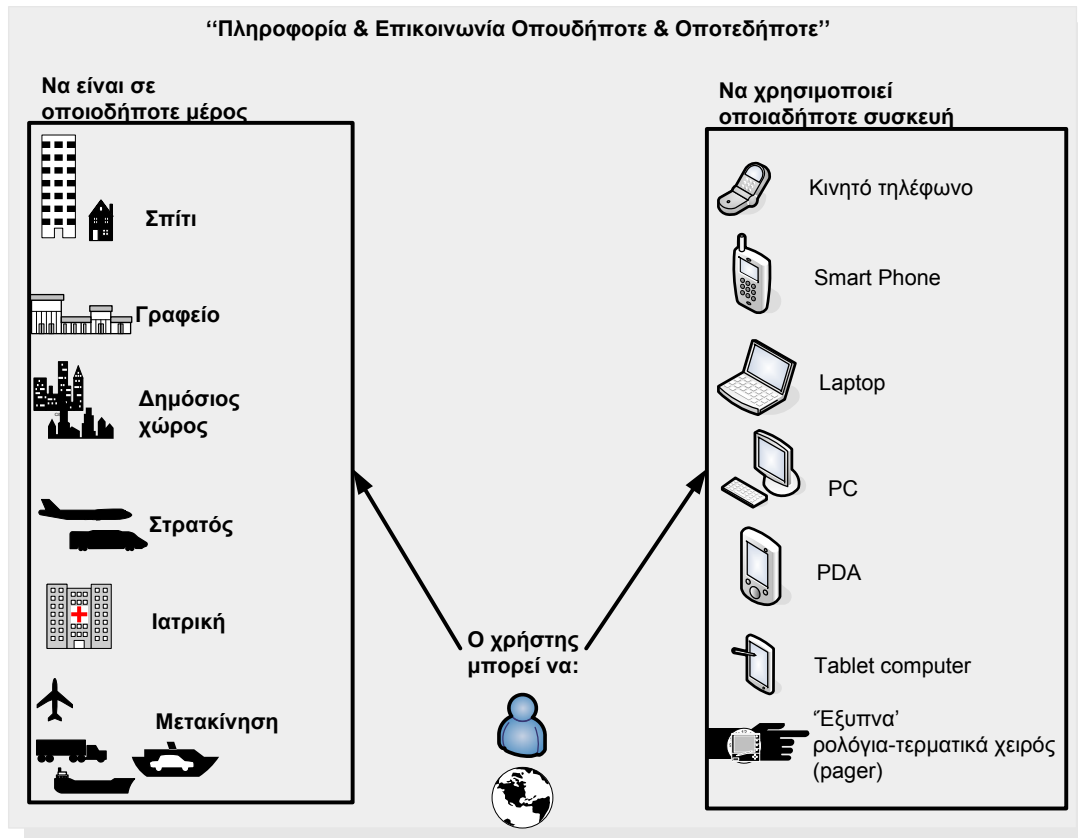


Σχήμα 6-27: Πληθώρα Τεχνολογιών

## 6.4 Προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στον χώρο της ασύρματης δικτύωσης είναι διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός από καινούργιες συσκευές και προϊόντα ασύρματης επικοινωνίας που βασίζονται σε μια πληθώρα νέων τεχνολογιών και νέων προτύπων. Τα τελευταία χρόνια τα κινητά τερματικά (π.χ. notebook, laptop, palmtop) είναι διαθέσιμα και ελκυστικά για το ευρύ κοινό, αφού έχουν πλέον συγκρίσιμο κόστος, υπολογιστική ισχύ και ποιότητα υπηρεσιών με τα σταθερά τερματικά. Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την έρευνα για την ανάπτυξη προτύπων και την υποστήριξη των ασύρματων επικοινωνιών.

Στον ανταγωνιστικό, αυτό, κόσμο της τηλεπικοινωνίας κύριο μέλημα των παρόχων δικτυακών υπηρεσιών (NOs), είναι η πραγματοποίηση του οράματος “από την εύκολη πρόσβαση στην πληροφορία μέσω Η/Υ”, “στην πληροφορία και επικοινωνία οπουδήποτε και οποτεδήποτε”. Προκειμένου, ένας NO να διεκδικήσει μια καλή θέση στην αγορά πρέπει να μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες καλής ποιότητας σε χαμηλότερες τιμές από αυτές των ανταγωνιστών του (Θεολόγου, 2002).



Σχήμα 6-28: Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες

Στις επόμενες ενότητες θα μελετήσουμε την περίπτωση ανάπτυξης δυναμικής διαχείρισης χωρητικότητας δικτύων (Dynamic Capacity Management System, DCMS) με σκοπό τη διαχείριση του κόστους και των επιπέδων ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Θα εξετάσουμε ότι σε μια περιοχή δικτύου, μέσω της χρήσης DCMS, ο πάροχος είναι δυνατό να μπορεί να διαχειρίζεται δυναμικά τη χωρητικότητα σε μια περιοχή δικτύου, που τα αιτήματα των χρηστών εξυπηρετούνται από τεχνολογίες (RATs), αυξομειώνοντας τις τιμές χρέωσης αυτών, αλλά παράλληλα να διαχειρίζεται το επίπεδο της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Να σημειώσουμε ότι, με τον όρο χωρητικότητα (capacity), σε μία περιοχή δικτύου εννοούμε, τον αριθμό των υπηρεσιών που παρέχονται στους χρήστες /πελάτες του συγκεκριμένου δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το θεώρημα Shannon–Hartley [WL-18] η χωρητικότητα  $C$  (capacity) σε ένα κανάλι δικτύου ορίζεται ως εξής:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

όπου:  $C$ , είναι η χωρητικότητα (capacity) και μετριέται σε bits per second,

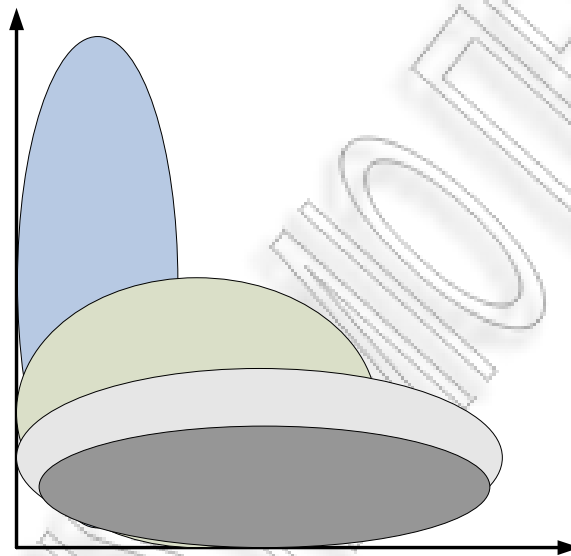
$B$ , είναι το εύρος ζώνης (bandwidth) του καναλιού και μετριέται σε hertz,

$S$ , είναι το συνολικό σήμα μετάδοσης στο εύρος ζώνης,

$N$ , είναι ο συνολικός θόρυβος του εύρους ζώνης.

### 6.4.1 Επιχειρησιακή ανάλυση του μοντέλου

Ύστερα από την έρευνα που πραγματοποιήσαμε στην αγορά πληροφορικής, (βλ ενότητα [6.3 Ασύρματη Πρόσβαση](#)), διαπιστώσαμε την μεγάλη αφθονία σε προϊόντα που υλοποιούν πρωτόκολλα, τα οποία υπόσχονται ασύρματες, εύκολες και κυρίως γρήγορες λύσεις για τις δικτυακές μας ανάγκες. Παρατηρήσαμε ότι είναι πολλά τα πρότυπα που διεκδικούν ένα κομμάτι της αγοράς, όπως Bluetooth, HiperLAN, HomeRF, 802.11a, 802.11b, 802.11g, αλλά και φυσικά η αφθονία των τεχνολογιών όπως για παράδειγμα GSM, GPRS, UMTS, WLAN (πχ. Wi-Fi, WIMAX) κ.α. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών των δικτύων είναι ότι όσο μικρότερη είναι η εμβέλεια (coverage) ενός δικτύου, τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης του (bandwidth) (βλ. παρακάτω σχήμα) (Γιαγλής, Γ., 2006).



Σχήμα 6-29: Πληθώρα τεχνολογιών με αντιστοιχία σε ακτίνα κάλυψης και εύρους ζώνης

Μέσα σε αυτό τον κόσμο αφθονίας των τεχνολογιών είναι δυνατό μια υπηρεσία που επιθυμείται και αιτείται από έναν χρήστη, να πραγματοποιηθεί μέσω της χρήσης δύο ή και περισσότερων διαφορετικών τεχνολογιών (RATs) (Demestichas, Dimitrakopoulos and Stavroulaki, 2005). Δηλαδή, μια συγκεκριμένη υπηρεσία που αιτείται ο χρήστης από το δίκτυο, π.χ. video streaming, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί είτε μέσω τεχνολογίας UMTS, είτε μέσω WLAN. Φυσικά με την προϋπόθεση ότι οι συνθήκες είναι τέτοιες ώστε επιτρέπουν να συμβεί αυτή η σύγκλιση τεχνολογιών, όπως λόγου χάρη το είδος του τερματικού, το εύρος ζώνης, η ακτίνα κάλυψης, η κινητικότητα, ο ρυθμός μετάδοσης της εκάστοτε τεχνολογίας για τη δεδομένη στιγμή. Αν ο πάροχος κατορθώσει να 'εκμεταλλευτεί' αυτή τη σύγκλιση των τεχνολογιών τα αποτελέσματα θα είναι εμφανώς εποικοδομητικά. Είναι σημαντικό πως οι πάροχοι θα μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν και να αξιοποιήσουν την πληθώρα των τεχνολογιών με τρόπο τέτοιο ώστε και να εξοικονομούν έσοδα αλλά παράλληλα να εξυπηρετούν και να ικανοποιούν απόλυτα μια μεγάλη γκάμα

---

πελατών οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Βασικό μέλημα των παρόχων δικτυακών υπηρεσιών είναι να μπορέσουν να βρουν το ‘ιδανικό’ κόστος που θα επιβαρύνουν τον χρήστη για τη χρήση των υπηρεσιών που επιθυμεί. Λέγοντας ιδανικό κόστος εννοούμε να είναι σχετικά όχι πολύ υψηλό, έτσι ώστε να μην απογοητευτεί ο πελάτης, αλλά παράλληλα ο πάροχος να μπορεί να επωμιστεί κέρδος. Αυτό το κόστος, είναι φυσικό, ότι θα εξαρτηθεί από το είδος της υπηρεσίας που αιτείται ο χρήστης, από την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί και την παρεχόμενη ποιότητα για την αιτούμενη υπηρεσία του χρήστη.

Σε περίπτωση που ο χρήστης αιτείται μια υπηρεσία, το τερματικό μπορεί να ανιχνεύει αυτόματα τα διαθέσιμα συστήματα (τις διαθέσιμες τεχνολογίες, RATs) και μπορεί να συνδεθεί με ένα από αυτά προκειμένου να εξυπηρετηθεί το αίτημα του χρήστη. Φυσικά αναφερόμαστε σε τερματικά που διαθέτουν τις υποδομές για σύνδεση με 2.5G ή 3G δίκτυα ή ακόμα και αν δεν την διαθέτουν μπορούν να την αποκτήσουν, αφού η συντριπτική πλειονότητα των καινούριων φορητών τερματικών διαθέτει μία κατάλληλη θύρα στην οποία μπορεί να τοποθετηθεί μία κάρτα επέκτασης. (Για αυτά τα φορητά τερματικά που υπάρχουν στην αγορά έγινε ειδική αναφορά στην ενότητα ‘[6.3.2 Τερματικά και λογισμικό](#)’). Επίσης, η επιλογή της διαθέσιμης τεχνολογίας μπορεί να βασιστεί σε χαρακτηριστικά των δικτύων και σε προτιμήσεις χρηστών ή των παρόχων ανάλογα με τα προφίλ των χρηστών.

*Η βασική λειτουργικότητα του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης βασίζεται στην παρακάτω φιλοσοφία:*

Έστω, ότι ένας χρήστης αιτείται μια υπηρεσία από τον πάροχό του. Το τερματικό του θα ανιχνεύσει αυτόματα τις διαθέσιμες τεχνολογίες μέσω των οποίων μπορεί να εξυπηρετηθεί η αίτησή του. Στην περίπτωση, όμως, που στην περιοχή του δικτύου έχει αναπτυχθεί, πλατφόρμα DCMS, το σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι το τερματικό θα επιλέξει αυτόματα την τεχνολογία δικτύου εκείνη που έχει το μικρότερο φορτίο (load). Δηλαδή, την τεχνολογία δικτύου εκείνη με το μικρότερο αριθμό υπηρεσιών που εξυπηρετεί τους χρήστες, τη δεδομένη χρονική στιγμή. Ο πάροχος έχοντας παρατηρήσει αυξημένο φορτίο σε μια τεχνολογία, για μια δεδομένη χρονική στιγμή, έχει τη δυνατότητα να ‘ενθαρρύνει’ και τελικά να ‘καθοδηγήσει’ τους επόμενους χρήστες που θα αιτηθούν παρόμοιες υπηρεσίες και οι οποίες μπορούν να εξυπηρετηθούν από παρόμοιες τεχνολογίες, σε τεχνολογίες που διαθέτουν μικρότερο load. Σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης, όταν παρατηρείται σε μια τεχνολογία δικτύου αυξημένο φορτίο τότε, μέσω των κατάλληλων αλγόριθμων χρέωσης, λόγω του αυξημένου load, θα αυξάνονται οι τιμές χρέωσης των χρηστών για την τεχνολογία αυτή. Οι τιμές χρέωσης, όμως, των υπόλοιπων διαθέσιμων τεχνολογιών, λόγω του χαμηλότερου load που διαθέτουν, θα είναι και χαμηλότερες. Κατά συνέπεια οι χρήστες που θα εισέρχονται στο δίκτυο ενθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες με τις χαμηλότερες τιμές και κατά συνέπεια με το χαμηλότερο load. Με αυτόν τον τρόπο οι χρήστες αποτρέπονται να οδηγηθούν στην τεχνολογία με το αυξημένο load και οδηγούνται στις υπόλοιπες διαθέσιμες τεχνολογίες με μικρότερο load, προκειμένου να εξυπηρετηθούν τα αιτήματά τους. Έτσι, ο πάροχος κατορθώνει να αποτρέπει το φαινόμενο της συμφόρησης στο δίκτυο του και να διατηρεί μια ισορροπία του load των τεχνολογιών του δικτύου του (load balancing).



---

Υπάρχει, όμως, και ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα για τον πάροχο μέσω χρήσης πλατφόρμας DCMS στο δίκτυό του, αν ληφθεί υπόψη η παροχή διαφοροποιημένων επιπέδων εξυπηρέτησης με τιμολόγηση της χρήσης του μέσου από τον συνδρομητή. Ο κάθε χρήστης /πελάτης του δικτύου χαρακτηρίζεται από μια κλάση προτεραιότητας, ανάλογα με την συμφωνία που έχει κάνει με τον πάροχο. Αυτή η μέθοδος εισάγει την ιδέα της travel class (όπως και στα δημόσια μεταφορικά μέσα) στην κίνηση του δικτύου και στηρίζεται στο να προσφέρει διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών που βασίζονται στην τιμολόγηση ανά χρήση πελάτη. Υποθέτουμε, δηλαδή, πως κάθε πελάτης επιλέγει τη δική του travel class, με το ανάλογο κόστος, για τις διαφορετικές του μετακινήσεις, έτσι θα 'διαλέξει' και το επίπεδο των δικτυακών υπηρεσιών που του ταιριάζουν σύμφωνα πάντα και με την τιμολόγησή τους. Οι κατηγορίες (classes) μπορούν να διακριθούν σε πρώτη, δεύτερη και τρίτη (gold, silver, bronze class). Ανάλογα με την συμφωνία που έχει κάνει ο κάθε χρήστης με τον πάροχο, χαρακτηρίζεται και από μια κλάση προτεραιότητας. Μέσω της πλατφόρμας DCMS, θα αποδείξουμε στη συνέχεια, ότι ο πάροχος κατορθώνει να διαχειρίζεται άψογα το load των τεχνολογιών που διαθέτει, ώστε όταν στο δίκτυο δεν σημειώνεται αυξημένη κίνηση να είναι δυνατό ακόμη και οι χρήστες με προφίλ silver ακόμη και bronze class να εξυπηρετούνται με high qos. Ενώ αν μια τεχνολογία δικτύου πλησιάζει να έλθει σε κατάσταση συμφόρησης τότε οι χρήστες που θα εξυπηρετούνται σίγουρα με high QoS είναι οι gold users, ενώ οι χρήστες με προφίλ bronze ή ακόμα και silver class, όταν το load των τεχνολογιών είναι πάρα πολύ υψηλό, θα ενθαρρύνονται να μην χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες αυτές με το πολύ αυξημένο load.

Στην διαδικασία αυτή χρέωσης, είναι σημαντικό, ότι υπάρχει *διαφάνεια*, δηλαδή η υλοποίηση του σχήματος χρέωσης δεν «φαίνεται» στον πελάτη και επομένως δεν τον «ενοχλεί» με διάφορους τρόπους κατά τη χρήση των δικτυακών υπηρεσιών που του προσφέρονται. Το όλο σχήμα λοιπόν είναι «σαν να μην υπάρχει» για τον συνδρομητή, όταν αυτός κάνει χρήση του δικτύου, αλλά ο πάροχος μέσω της πλατφόρμας DCMS, έχει τη δυνατότητα, να 'χρησιμοποιήσει' αυτή την 'προβληματική' κατάσταση, (αυξημένο load σε μια περιοχή δικτύου) ώστε να μπορέσει τελικά να εξυπηρετήσει τους χρήστες /πελάτες που πρόκειται να αιτηθούν υπηρεσίες, ανάλογα με τα προφίλ τους, gold, silver, bronze users με την αντίστοιχη γραμμή προτεραιότητας. Έτσι, ο πάροχος θα έχει καταφέρει να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά το φαινόμενο συμφόρησης σε μια περιοχή δικτύου του, ικανοποιώντας παράλληλα τα αιτήματα των υπολοίπων πελατών του και αποκομίζοντας κέρδη. Οι ονομαζόμενοι 'απαιτητικοί' πελάτες, με προφίλ χρηστών gold users) θα μένουν απόλυτα ικανοποιημένοι από τη συνεχή παροχή υπηρεσιών άριστης ποιότητας, ενώ οι ονομαζόμενοι 'μέτριοι' πελάτες με προφίλ χρηστών silver ή bronze users) θα μένουν ικανοποιημένοι από τις χαμηλές τιμές αλλά και υπό συνθήκες καλής κυκλοφορίας δικτύου είναι δυνατό, όπως είπαμε παραπάνω, να εξυπηρετηθούν ακόμη και με high qos.

*Συγκεντρωτικά, σύμφωνα με το μοντέλο χρέωσης που προτείνουμε, ο πάροχος δικτυακών υπηρεσιών έχει τη δυνατότητα:*

- Να διαχειρίζεται δυναμικά το φορτίο των τεχνολογιών του δικτύου του (load management).

- 
- Να καθοδηγεί τους χρήστες σε συγκεκριμένες τεχνολογίες.
  - Να διαχειρίζεται δυναμικά τις τιμές χρέωσης των χρηστών /πελατών του.
  - Να διαχειρίζεται το επίπεδο ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών.
  - Να μην επιτρέπει καταστάσεις συμφόρησης στο δίκτυό του και να τις προλαμβάνει, λαμβάνοντας, κάθε φορά, υπόψη την κίνηση στο δίκτυο.
  - Να μην αποκαλύπτει στον πελάτη του το σχήμα χρέωσης και έτσι δεν τον 'ενοχλεί' με διάφορους τρόπους κατά τη χρήση δικτυακών υπηρεσιών που του προσφέρονται. Οι πελάτες δεν διακρίνουν διαφορές στην ποιότητα και άρα τις διαφορετικές τιμές κόστους στις παρεχόμενες υπηρεσίες. Το όλο σχήμα είναι σαν να μην υπάρχει για τον συνδρομητή όταν αυτός κάνει χρήση δικτύου.

Ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να ενθαρρύνει και να καθοδηγεί τους χρήστες σε συγκεκριμένες τεχνολογίες με αποτέλεσμα να μπορεί να διαχειρίζεται δυναμικά τις τιμές χρέωσης των χρηστών /πελατών του και να διαχειρίζεται το επίπεδο ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών και παράλληλα να αποφεύγει, με έξυπνο τρόπο, την εμφάνιση συμφόρησης σε μια περιοχή δικτύου. Σήμερα, στο χώρο της κινητής τηλεφωνίας, ως επί τον πλείστον, η πολιτική χρέωσης που χρησιμοποιείται είναι η fixed price, ένα από τα μοντέλα χρέωσης που περιγράψαμε στο κεφάλαιο 5 Μοντέλα Χρέωσης. Βέβαια, να σημειώσουμε ότι χρησιμοποιούνται παράλληλα και κάποιες παρεκκλίσεις, π.χ. δωρεάν μιας ώρας χρόνου ομιλίας τον μήνα, ανάλογα με το πακέτο σύνδεσης, ή χαμηλότερες τιμές σε φοιτητές κ.α. Κάτω από το πλαίσιο αυτού του σχήματος σταθερής χρέωσης, όλοι οι χρήστες αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο και ο κάθε χρήστης μπορεί να γνωρίζει ακριβώς την τιμή χρέωσης για την εκάστοτε υπηρεσία που χρησιμοποιεί (π.χ. ο χρήστης γνωρίζει ακριβώς την τιμή χρέωσης από την αποστολή MMS). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο χρέωσης, οι τιμές είναι σταθερές ανεξάρτητα του load των τεχνολογιών του δικτύου και ενδεχομένως σε περιόδους συμφόρησης, ο πάροχος αδυνατεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τη συμφόρηση στο δίκτυο του και απλά σε αυτές τις περιπτώσεις, οι αιτήσεις για υπηρεσίες των χρηστών (ανεξαρτήτως προφίλ είτε gold είτε bronze user) ή θα καθυστερούν υπερβολικά να εξυπηρετηθούν ή δεν θα μπορούν καν να εξυπηρετηθούν, ανάλογα με το είδος της αιτούμενης υπηρεσίας, με αποτέλεσμα τόσο οι πάροχοι, όσο και οι χρήστες /πελάτες του δικτύου να μην μένουν ικανοποιημένοι.

Μέσω της προτεινόμενης πλατφόρμας DCMS, όμως, θα αποδείξουμε στη συνέχεια ότι ο πάροχος δικτυακών υπηρεσιών, μέσα από αυτές τις 'προβληματικές' καταστάσεις μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τη συμφόρηση, να αποφέρει σημαντικά έσοδα, χρησιμοποιώντας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις τεχνολογίες που διαθέτει και να κατορθώνει να διαχειρίζεται δυναμικά τη χωρητικότητα του δικτύου του, καθώς και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Στις επόμενες ενότητες αποδεικνύουμε πρακτικά πως μπορούν να γίνουν όσα περιγράφονται παραπάνω. Στην ενότητα του μαθηματικού μοντέλου προσεγγίζουμε πρακτικά, με μαθηματικούς τύπους, όλα τα παραπάνω θέματα και στη συνέχεια παραθέτουμε μια σειρά πειραματικών διατάξεων, τα αποτελέσματα των οποίων μας βοηθούν να εξάγουμε θετικά συμπεράσματα για την ισχύ του μοντέλου DCMS.

---

## 6.4.2 Μαθηματική ανάλυση του μοντέλου

Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε τον σχεδιασμό του μαθηματικού μοντέλου για την υλοποίηση αλγορίθμων χρέωσης για την κοστολόγηση των χρηστών του δικτύου μέσω της πλατφόρμας DCMS.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα αυτά που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα και θεωρώντας ότι βρισκόμαστε σε ένα adaptive περιβάλλον δικτύου υψηλών ταχυτήτων αρχικά θα αναφέρουμε τους μαθηματικούς συμβολισμούς που θα συναντήσουμε στη συνέχεια. Έστω,  $U$  το σύνολο των χρηστών του δικτύου και  $u$  (user) ο χρήστης που αιτείται μια υπηρεσία από τον πάροχό του, μέσω του τερματικού του. Με  $S$ , συμβολίζουμε το σύνολο των δυνατών υπηρεσιών που μπορεί να χρησιμοποιήσει ένας χρήστης. Δηλαδή, ένα σύνολο με όλες τις δυνατές υπηρεσίες ανάλογα βέβαια με τις δυνατότητες του τερματικού και από τη συμφωνία που έχει κάνει ο χρήστης με τον πάροχο. Με  $s$ , αναφερόμαστε σε μια μεταβλητή υπηρεσία που ανήκει μέσα στο σύνολο  $S$  ( $s \in S$ ). Δηλαδή μια συγκεκριμένη υπηρεσία που αιτείται ο χρήστης να εξυπηρετηθεί, υπηρεσία όπως λόγω χάρη VoIP audio call, video streaming, e-mail, SMS, MMS, java εφαρμογές, κ.α. Με  $Q_s$ , συμβολίζουμε ένα σύνολο επιπέδων ποιότητας που αντιστοιχούν στην υπηρεσία  $s$  (όπου  $s \in S$ ). Δηλαδή τα επίπεδα ποιότητας (quality levels) που μπορεί να έχει η υπηρεσία  $s$ . Θεωρούμε τρία επίπεδα ποιότητα υπηρεσιών low, medium και high quality of service, με τιμές χαμηλή, μέτρια και άριστη ποιότητα υπηρεσίας. Με  $q$ , αναφερόμαστε σε μια μεταβλητή ποιότητα που ανήκει μέσα στο σύνολο  $Q_s$  ( $q \in Q_s$ ). Δηλαδή συμβολίζουμε το επίπεδο ποιότητας που παρέχεται στον χρήστη για την υπηρεσία  $s$  που χρησιμοποιεί.

Επίσης, με  $RAT$ , συμβολίζουμε το σύνολο των διαθέσιμων τεχνολογιών μέσω των οποίων μπορεί να πραγματοποιηθεί μια υπηρεσία  $s$ . Δηλαδή οι τεχνολογίες, οι οποίες ανιχνεύονται από το τερματικό του χρήστη και μέσα από τις οποίες είναι δυνατό να εξυπηρετηθεί το αίτημα του, όπως λόγω χάρη GPRS, UMTS, WLAN (WIMAX), κ.α. Με  $r$ , αναφερόμαστε σε μια μεταβλητή τεχνολογία που ανήκει μέσα στο σύνολο  $RAT$  ( $r \in RAT$ ). Δηλαδή, συμβολίζουμε την τεχνολογία που επιλέγεται αυτόματα από το τερματικό του χρήστη προκειμένου να εξυπηρετηθεί το αίτημά του. Στη συνέχεια θα δείξουμε πρακτικά με ποιο τρόπο γίνεται αυτή η 'αυτόματη' επιλογή. Με  $K$ , συμβολίζουμε ένα σύνολο κλάσεων προτεραιότητας που χαρακτηρίζει τον χρήστη βάσει της συμφωνίας που έχει κάνει με τον πάροχο. Δηλαδή οι κλάσεις προτεραιότητας, gold, silver, bronze class ανάλογα με το προφίλ του χρήστη. Με  $k$ , αναφερόμαστε σε μια μεταβλητή κλάση προτεραιότητας που ανήκει μέσα στο σύνολο  $K$  ( $k \in K$ ). Δηλαδή συμβολίζουμε την κλάση προτεραιότητας που χαρακτηρίζει τον χρήστη  $u$  για την εξυπηρέτηση της υπηρεσίας  $s$ . Οι κλάσεις προτεραιότητας καθώς και τα επίπεδα ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών αποδίδονται στους χρήστες σύμφωνα με το *utility* που χαρακτηρίζει τον κάθε χρήστη. Μια πληροφορία απόλυτα χρήσιμη για τον πάροχο αφού αφορά στις προτιμήσεις των χρηστών.

Από την μεριά του παρόχου, με  $C_{max,s}$ , συμβολίζουμε το μέγιστο αποδεκτό κόστος για την χρήση μιας υπηρεσίας  $s$ , την οποία θέτει ο πάροχος. Δηλαδή, π.χ. ο πάροχος έχει ορίσει ότι μια τηλεφωνική κλήση μπορεί να χρεωθεί με συγκεκριμένη ανώτατη τιμή, ανά λεπτό ή η αποστολή ενός SMS χρεώνεται με συγκεκριμένη ανώτατη τιμή. Από τη μεριά του χρήστη, με  $C_{m,k,s}$ , συμβολίζουμε το μέγιστο αποδεκτό κόστος για την χρήση μιας υπηρεσίας  $s$ , από τον χρήστη  $u$  που ανήκει στην κλάση  $k$ . Δηλαδή, το μέγιστο όριο κόστους το οποίο είναι επιτρεπτό και είναι

διατεθειμένος ο χρήστης να πληρώσει για τις υπηρεσίες που του προσφέρονται μέσω του τερματικού του. Τέλος, με  $br$  (bit rate) συμβολίζουμε τον ρυθμό μετάδοσης μιας υπηρεσίας  $s$ .

Συνοπτικά οι παραπάνω συμβολισμοί αποτυπώνονται στον ακόλουθο πίνακα:

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΕΞΗΓΗΣΗ
$U$	Ο συνολικός αριθμός των χρηστών του δικτύου.
$u$	Ο χρήστης που αιτείται μια υπηρεσία από τον πάροχό του μέσω του τερματικού του.
$S$	Σύνολο των δυνατών υπηρεσιών που μπορεί να χρησιμοποιήσει ένας χρήστης.
$s$	Μια μεταβλητή υπηρεσία που ανήκει μέσα στο σύνολο $S$ ( $s \in S$ ).
$Q_s$	Σύνολο των επιπέδων ποιότητας που μπορεί να έχει μια υπηρεσία $s$
$q$	Μια μεταβλητή ποιότητα που παρέχεται για την υπηρεσία $s$ ( $q \in Q$ ).
$RAT$	Σύνολο των διαθέσιμων τεχνολογιών.
$r$	Μια μεταβλητή τεχνολογία προκειμένου να πραγματοποιηθεί η υπηρεσία $s$ ( $r \in RAT$ ).
$K$	Σύνολο των κλάσεων προτεραιότητας που χαρακτηρίζει τους χρήστες βάσει της συμφωνίας που έχει κάνει με τον πάροχο. (gold, silver, bronze class)
$k$	Μια μεταβλητή κλάση προτεραιότητας που χαρακτηρίζει τον χρήστη και ανήκει μέσα στο σύνολο $K$ ( $k \in K$ ).
$C_{max_s}$	Το μέγιστο αποδεκτό κόστος για την χρήση μιας υπηρεσίας $s$ , την οποία θέτει ο πάροχος.
$C_{m_{k,s}}$	Το μέγιστο αποδεκτό κόστος για την χρήση μιας υπηρεσίας $s$ , από τον χρήστη $u$ , που ανήκει στην κλάση $k$ .
$br$	Τον ρυθμό μετάδοσης μιας υπηρεσίας $s$ .

Πίνακας 6-8: Συμβολισμοί μαθηματικού μοντέλου

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε δυο εναλλακτικούς τρόπους υπολογισμού των τιμών χρέωσης (prices) των χρηστών /πελατών από τον πάροχο.

---

➤ *1<sup>ος</sup> τρόπος Υπολογισμού των Prices*

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στην απλούστερη μορφή του, το φορτίο (load),  $l_r$ , της τεχνολογίας  $r$ , του δικτύου ισούται με:

$$l_r = \frac{Capacity_{used}}{Capacity_{maximum}} \quad (1)$$

όπου,  $Capacity_{maximum}$  είναι η μέγιστη χωρητικότητα του δικτύου, και  $Capacity_{used}$  είναι η χρησιμοποιούμενη χωρητικότητα.

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο ισχύει ότι  $0 \leq load \leq 1$ , δηλ.  $0 \leq l_r \leq 1$ . Για τον υπολογισμό της τιμής χρέωσης (price) επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε εκθετική συνάρτηση γιατί όταν θα αυξάνεται το load της τεχνολογίας του δικτύου, τότε θέλουμε να αυξάνονται και οι τιμές χρέωσης των χρηστών. Κατά συνέπεια, όταν το load κάποιων τεχνολογιών είναι χαμηλό, τότε θέλουμε και οι τιμές χρέωσης των χρηστών να διατηρούνται σε χαμηλά σχετικά επίπεδα. Υπενθυμίζουμε ότι με αυτόν τον τρόπο, επιδιώκουμε οι νέοι χρήστες που θα εισέρχονται στο δίκτυο να 'ενθαρρύνονται' να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία με τις χαμηλότερες τιμές χρέωσης και κατά συνέπεια με το χαμηλότερο load. Έτσι λοιπόν, για να εξάγουμε το load της τεχνολογίας  $r$  του δικτύου, τη δεδομένη χρονική στιγμή, χρησιμοποιούμε την παρακάτω εκθετική συνάρτηση  $f(l)$ :

$$f(l) = \frac{l_r * e^{l_r}}{e} \quad (3)$$

Για τον υπολογισμό της τιμής χρέωσης (price), η απόδοση των τιμών χρέωσης για την κάθε προσφερόμενη υπηρεσία, με την αντίστοιχη παρεχόμενη ποιότητα θα είναι :

$$P(s) = f(l) \cdot C \max_s \quad (4)$$

Από τον παραπάνω τύπο παρατηρούμε ότι οι τιμές χρέωσης των χρηστών θα διαμορφώνονται ανάλογα με το load της τεχνολογίας και φυσικά ανάλογα με το ανώτατο επιτρεπτό κόστος που θέτει ο πάροχος για την αντίστοιχη παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών (low, medium, high QoS). Έτσι, όταν το load της τεχνολογίας είναι υψηλό (ή χαμηλό) τότε, οι τιμές χρέωσης θα είναι υψηλές (ή χαμηλές), αντίστοιχα.

---

➤ **2<sup>ος</sup> τρόπος Υπολογισμού των Prices**

Ένας δεύτερος εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού των τιμών χρέωσης παρουσιάζεται παρακάτω. Πρόκειται για μια ακόμη πιο δυναμική ανάθεση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου. Αν για τον υπολογισμό του load της τεχνολογίας,  $r$ , του δικτύου λάβουμε υπόψη μας και το bit rate,  $br$ , της υπηρεσίας  $s$  που αιτείται για εξυπηρέτηση ο χρήστης  $u$ , τη δεδομένη χρονική στιγμή, τότε ο τύπος (1) τροποποιείται ως εξής:

$$l_r' = \frac{Capacity_{used} + Capacity_{service}}{Capacity_{\max imum}} \quad (5)$$

Έτσι λοιπόν, για τον υπολογισμό του load της τεχνολογίας του δικτύου λαμβάνεται υπόψη και το capacity της υπηρεσίας  $s$  που αιτείται ο χρήστης. Επομένως, για τον υπολογισμό των τιμών χρέωσης των χρηστών, λαμβάνεται υπόψη, και το capacity της υπηρεσίας  $s$ , που επρόκειτο να αυξήσει το load της τεχνολογίας  $r$  του δικτύου. Για τον υπολογισμό της τιμής χρέωσης (price), η απόδοση των τιμών χρέωσης για την κάθε προσφερόμενη υπηρεσία, με την αντίστοιχη παρεχόμενη ποιότητα θα είναι :

$$P(s') = f(l_r') \cdot C \max_s \quad (6)$$

Σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο, ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει την τιμή χρέωσης, του καθένα χρήστη, τη χρονική στιγμή που αιτείται την υπηρεσία και οι τιμές να υπολογίζονται ανάλογα με το capacity της υπηρεσίας  $s$ . Πρόκειται για μια ακόμη πιο δυναμική ανάθεση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου.

➤ **Συμπεράσματα**

Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο υπολογισμού, ο πάροχος έχει τη δυνατότητα, να εκτελεί τον αλγόριθμο χρέωσης, ανά ημέρα, για να εξάγει συγκεντρωτικά τις τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου. Γενικότερα, ο πρώτος τρόπος προτείνεται να χρησιμοποιείται περισσότερο από τους παρόχους για planning της εξαγωγής των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, ενώ ο δεύτερος τρόπος (prediction of DCMS) προτείνεται να χρησιμοποιείται από τους παρόχους για την εξαγωγή των τιμών χρέωσης των χρηστών, κάθε φορά που ο χρήστης  $u$  αιτείται μια υπηρεσία  $s$  μέσω του τερματικού του. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο, από τον τύπο (1) παρατηρούμε ότι υπολογίζεται το load της τεχνολογίας  $r$  του δικτύου ανεξάρτητα του bit rate της υπηρεσίας που αιτείται ο χρήστης, ενώ σύμφωνα με τον δεύτερο τρόπο, για τον υπολογισμό των τιμών χρέωσης λαμβάνεται υπόψη και το bit rate της υπηρεσίας που αιτείται ο χρήστης από το δίκτυο. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο

---

πραγματοποιείται μία ακόμη πιο δυναμική ανάθεση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου.

### 6.4.3 Αποτελέσματα

Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, μέσω της προτεινόμενης πλατφόρμας DCMS ο πάροχος, σε περιόδους συμφόρησης, αποτρέπει τους χρήστες να χρησιμοποιούν τεχνολογίες με αυξημένο load (αφού αυξάνονται οι τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες αυτές) και τους καθοδηγεί να χρησιμοποιήσουν τεχνολογίες λιγότερο συμφορημένες (χαμηλό load, άρα χαμηλότερες τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες αυτές). Έτσι, ο πάροχος, σε περιόδους συμφόρησης, αυξάνοντας ή όχι τις τιμές χρέωσης, έχει τη δυνατότητα, να διαχειρίζεται δυναμικά το load των τεχνολογιών που διαθέτει με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά το φαινόμενο της συμφόρησης στο δίκτυο.

Στην ενότητα αυτή, θα παρουσιάσουμε πώς μπορούν να διαμορφωθούν οι κοστολογήσεις των χρηστών του δικτύου σύμφωνα με τρεις διαφορετικές μεθόδους χρέωσης. Αρχικά, σύμφωνα με τη fixed price μέθοδο, τη συνηθέστερη μέθοδο χρέωσης, στη συνέχεια πώς διαμορφώνονται οι τιμές χρέωσης των χρηστών αν ο πάροχος χρησιμοποιεί πλατφόρμα DCMS και κάνει χρήση capacity management και τέλος, πώς διαμορφώνονται οι τιμές χρέωσης των χρηστών με το prediction της πλατφόρμας DCMS. Οι τρεις αυτές μέθοδοι χρέωσης έχουν περιγραφεί και αναλυθεί σε προηγούμενες ενότητες και στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε, από τις πειραματικές διατάξεις που πραγματοποιήσαμε, τις μετρήσεις που ελήφθησαν σχετικά με το πως διαμορφώνονται τα loads των τεχνολογιών του δικτύου, πως διαμορφώνονται οι τιμές χρέωσης (prices) των χρηστών, και τα ποσοστά των χρηστών που εξυπηρετούνται ανάλογα με το προφίλ τους (gold, silver, bronze class) και το επίπεδο ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (high, medium, low QoS). Από τα test cases και τις μετρήσεις που λαμβάνουμε εξέρχονται βασικά συμπεράσματα για τη δυναμική ισχύ της πλατφόρμας DCMS.

Η υλοποίηση της πλατφόρμας DCMS έγινε με την χρήση τεχνολογίας JAVA και πιο συγκεκριμένα με την χρήση του Java Media Framework (JMF) Application Programmable Interface (API) έκδοση 1.6.0\_01. Το Java Media Framework (JMF) είναι ένα API που επιτρέπει την ενσωμάτωση περιεχομένου που βασίζεται στο χρόνο (time-based media) σε Java εφαρμογές και applets.

Το JMF 2.0 έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε:

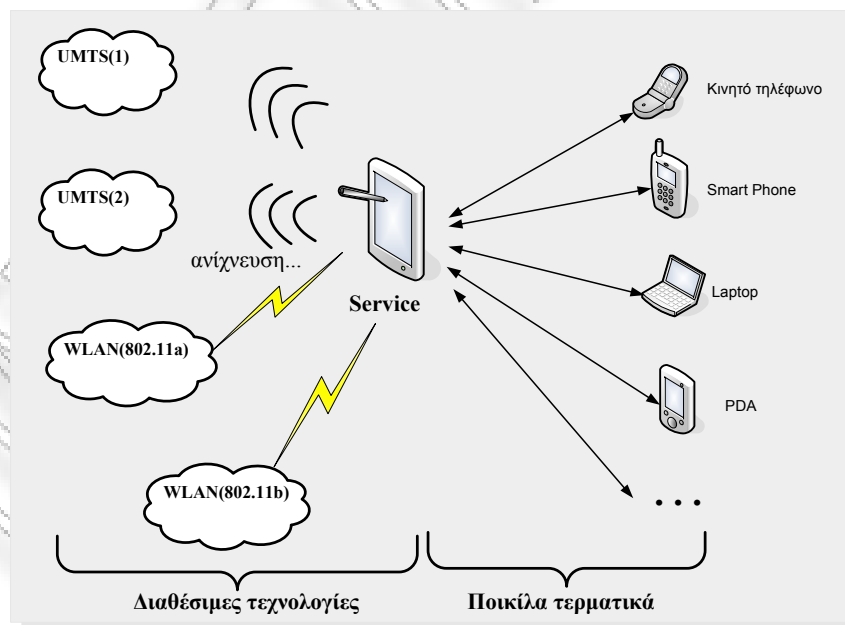
- Να είναι εύκολο στον προγραμματισμό.
- Να υποστηρίζει την μαγνητοσκόπηση δεδομένων πολυμέσων.
- Να επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών streaming και διάσκεψης (conferencing).
- Να επιτρέπει στους προγραμματιστές να υλοποιούν εξειδικευμένες λειτουργίες βασιζόμενοι στο υπάρχον API και να εισάγουν αυτές τις λειτουργίες στο σύνολο δυνατοτήτων του JMF.
- Να παρέχει πρόσβαση σε μη-επεξεργασμένα δεδομένα πολυμέσων.
- Να επιτρέπει την ανάπτυξη εξειδικευμένων αποπολυπλεκτών, κωδικοποιητών-αποκωδικοποιητών (codecs), και σαρωτών (downloadable JMF plug-ins).

Υπάρχουν επίσης τάξεις του JMF 2.0, που παρέχουν υποστήριξη του RTP (Real-Time Protocol), το οποίο επιτρέπει τη μετάδοση και αποδοχή streams δεδομένων

πραγματικού χρόνου μέσα σε ένα δίκτυο. Το RTP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη εφαρμογών δεδομένων κατά απαίτηση (media-on-demand) καθώς και αλληλεπιδραστικών εφαρμογών. Το JMF έχει επίσης σχεδιαστεί έτσι ώστε να υποστηρίζει τους περισσότερους πρότυπους τύπους περιεχομένου (content types) πολυμεσικών δεδομένων όπως AIFF, AU, AVI, GSM, MIDI, MPEG, QuickTime, RMF και WAV. Ταυτόχρονα, επιτρέπει στους προγραμματιστές να υλοποιούν εξειδικευμένες λειτουργίες επεξεργασίας μη-επεξεργασμένων δεδομένων, έτσι ώστε να επεκτείνονται στην υποστήριξη επιπλέον τύπων περιεχομένου και διαμορφώσεων (formats), να βελτιστοποιούν το χειρισμό των διαμορφώσεων που υποστηρίζονται και να δημιουργούν νέους μηχανισμούς παρουσίασης. Έτσι, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα της Java πλατφόρμας, το JMF επιτυγχάνει στο να παρέχει τη δυνατότητα "Write Once, Run Anywhere". Συγκεντρωτικά τα εργαλεία που ήταν απαραίτητα να είναι εγκατεστημένα για την εκτέλεση των ακόλουθων πειραμάτων είναι: η τεχνολογία JAVA version 1.6.0\_01, η MySQL, το SQLyog (εργαλείο για να διαχειριζόμαστε τη βάση δεδομένων), ένας ODBC connector για τη σύνδεση βάσης με την πλατφόρμα και φυσικά το εκτελέσιμο αρχείο του προγράμματος της πλατφόρμας DCMS.

### Test Cases

Θεωρούμε ότι βρισκόμαστε σε ένα adaptive περιβάλλον δικτύου υψηλών ταχυτήτων, και ότι ο χρήστης  $u$  αιτείται μια υπηρεσία  $s$  από τον πάροχό του. Έστω, ότι προκειμένου να εξυπηρετηθεί η υπηρεσία του χρήστη, ανιχνεύονται αυτόματα από το τερματικό του οι εξής τεχνολογίες: UMTS(1), UMTS(2), WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b), όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα.

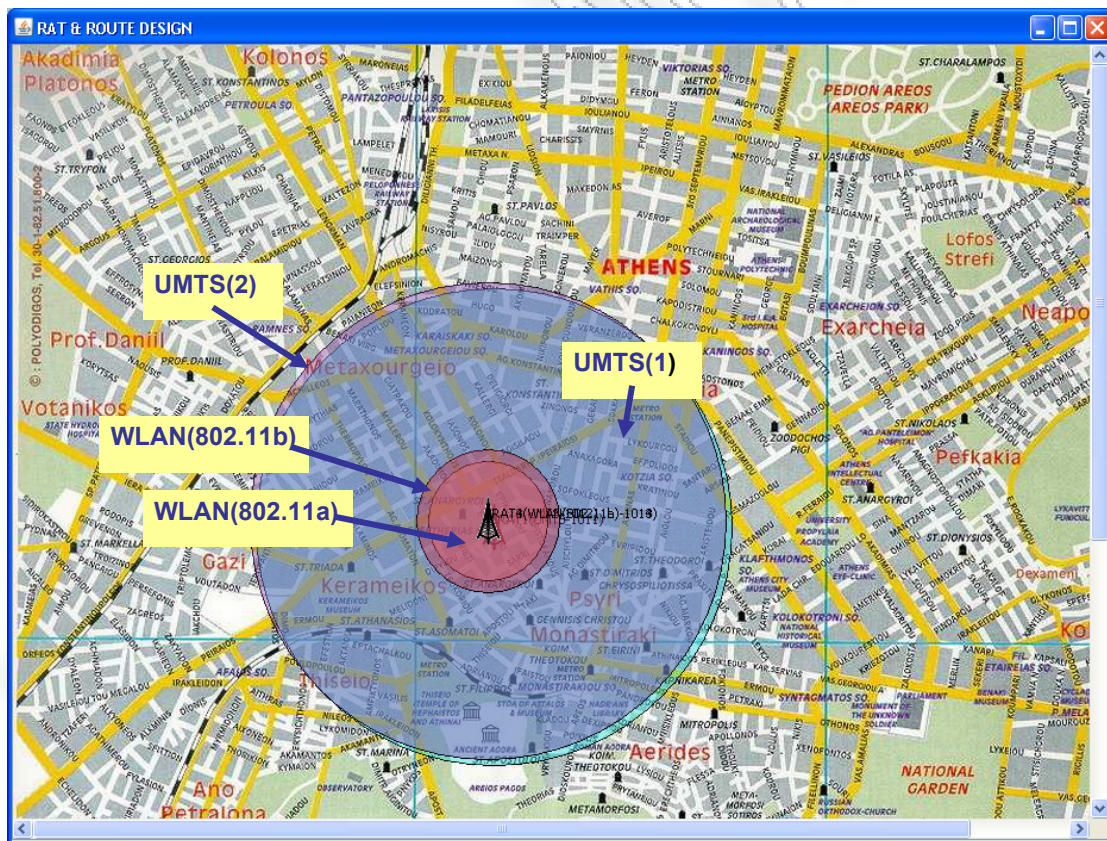


Σχήμα 6-30: Ανίχνευση διαθέσιμων τεχνολογιών  
(Θεολόγου, 2002).



Για τις παραπάνω τεχνολογίες UMTS(1), UMTS(2), WLAN(802.11a), WLAN(802.11b) το σημαντικό πλεονέκτημα για τον πάροχο είναι ότι έχοντας παρατηρήσει αυξημένο load σε μια τεχνολογία, αυτόματα αυξάνονται οι τιμές χρέωσης για την τεχνολογία αυτή. Με αυτόν τον τρόπο οι χρήστες που εισέρχονται στο δίκτυο ενθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες με τις χαμηλότερες τιμές χρέωσης και κατά συνέπεια αποθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία με το υψηλό load. Έτσι, ο πάροχος καταφέρνει να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά το φαινόμενο συμφόρησης σε μια περιοχή δικτύου του, ικανοποιώντας παράλληλα τα αιτήματα των πελατών του και αποκομίζοντας κέρδη. Με αυτόν τον τρόπο, ο πάροχος μπορεί να διαχειριστεί δυναμικά το load των τεχνολογιών του δικτύου του. Το σημαντικό πλεονέκτημα χρήσης συστήματος DCMS είναι η ευελιξία που παρέχει στα τεματικά των χρηστών.

Στο σενάριό μας, θεωρούμε ότι ο πάροχος καθώς, βέβαια, και τα τεματικά των χρηστών /πελατών του μπορούν να υποστηρίξουν υπηρεσίες μέσω των τεχνολογιών (rats) UMTS, WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b). Έστω, ότι σύμφωνα με την ακτίνα κάλυψης της κάθε τεχνολογίας, ο πάροχος καλύπτει μια γεωγραφική περιοχή όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

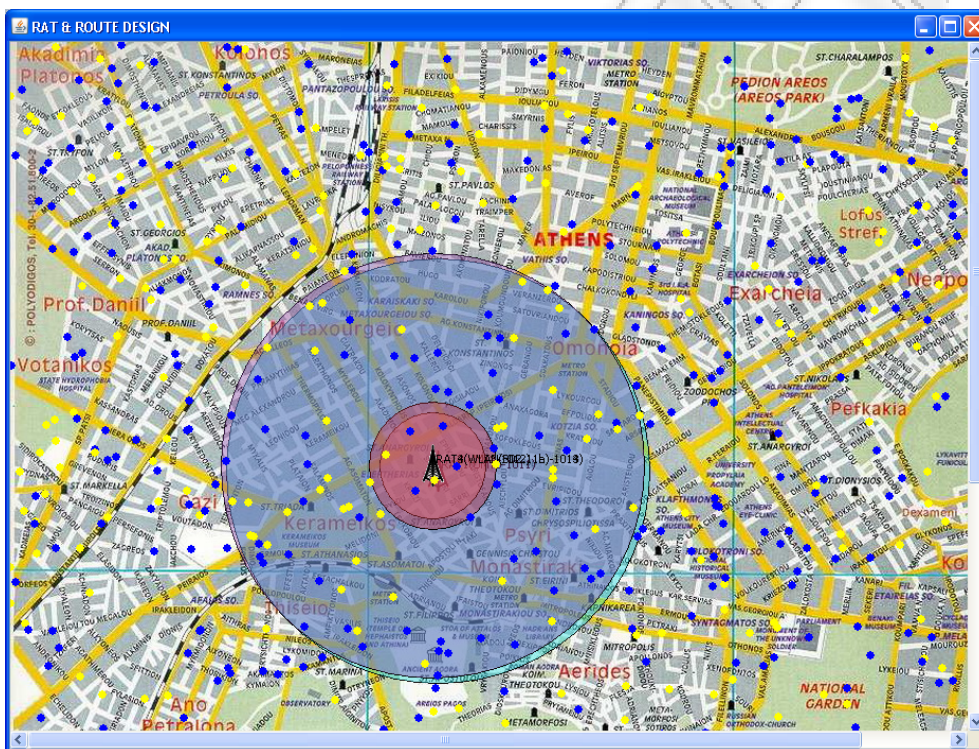


Σχήμα 6-31: Rats UMTS(1), UMTS(2) WLAN(802.11a), WLAN(802.11b)

Ο πάροχος, δηλαδή, έχει διαθέσει τέσσερις τεχνολογίες rats, UMTS(1), UMTS(2), WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b). Θεωρούμε, ότι σε αυτό το περιβάλλον οι

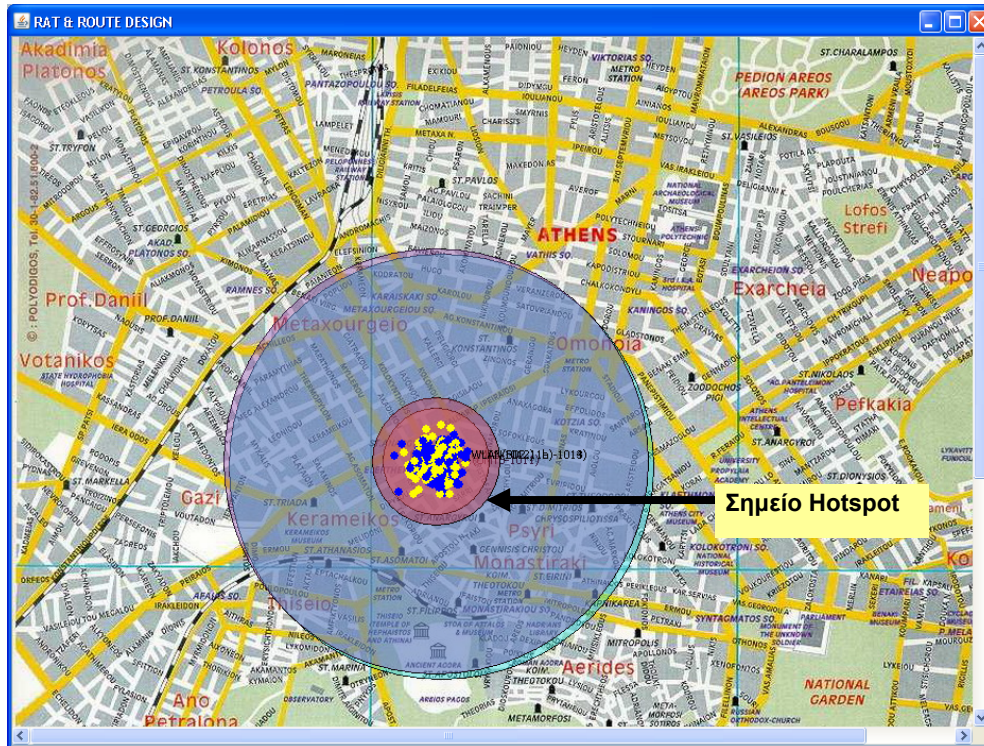
χρήστες αιτούνται υπηρεσίες audio call και video streaming και πρόκειται για χρήστες /πελάτες του δικτύου με προφίλ χρηστών 15% gold, 35% silver και 50% bronze users. Είναι γνωστό, ότι από τις προαναφερθείσες δυο υπηρεσίες, το UMTS εξυπηρετεί και τις δυο υπηρεσίες και το WLAN δεν υποστηρίζει την υπηρεσία audio call.

Αρχικά, θεωρούμε ότι ο ρυθμός άφιξης ( $\lambda$ ), ο ρυθμός των χρηστών που αιτούνται υπηρεσίες και εισέρχονται στο δίκτυο είναι ίδιος με τον ρυθμό ( $\mu$ ) των χρηστών που εξυπηρετούνται και αποχωρούν από το δίκτυο. Δηλαδή πρόκειται για μια κατανομή Poisson και ισχύουν ότι για την υπηρεσία audio call  $\lambda=\mu=12$  και για την υπηρεσία video streaming  $\lambda=\mu=4$ . Έτσι λοιπόν, θεωρώντας, ότι ο ρυθμός των χρηστών που αιτούνται υπηρεσίες και εισέρχονται στο δίκτυο είναι κατά μέσο όρο, ίδιος, με τον ρυθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται και επομένως αποχωρούν από το δίκτυο, η κίνηση (traffic) των χρηστών αναπαρίστανται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 6-32: Κίνηση στο δίκτυο με  $\lambda=\mu$

Στη συνέχεια, σε κάποιες χρονικές στιγμές, τις οποίες θα δούμε παρακάτω, αυξάνουμε τον αριθμό των χρηστών που αιτούνται υπηρεσίες audio call (voice users), θεωρώντας ότι πρόκειται για σημείο hotspot,  $\lambda>\mu$ . Δηλαδή, στο δίκτυο αυξήθηκε ξαφνικά ο ρυθμός των χρηστών που αιτούνται υπηρεσίες, έστω audio call (βλ. παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 6-33: Σημείο hotspot στο δίκτυο,  $\lambda > \mu$

Στη συνέχεια, επαναφέραμε την κατάσταση του δικτύου σε φυσιολογική ροή, δηλαδή ο μέσος αριθμός χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο να είναι ίδιος με το μέσο αριθμό των χρηστών που αποχωρούν από αυτό, δηλαδή  $\lambda = \mu$ . Θεωρήσαμε, δηλαδή, ότι το δίκτυο πλέον δεν αντιμετωπίζει δυσκολίες συμφόρησης και ο ρυθμός κίνησής του επανέρχεται σε σταθερή κυκλοφορία.

Συγκεντρωτικά, επιδιώξαμε να μελετήσουμε πως θα διαμορφωθούν τα loads των διαθέσιμων τεχνολογιών και κατά συνέπεια οι κοστολογήσεις των χρηστών του δικτύου υπό διαφορετικές συνθήκες και καταστάσεις δικτύου. Συγκεκριμένα, εξετάσαμε πως συμπεριφέρεται το δίκτυο, όταν:

1.  $\lambda = \mu$ , φυσιολογική ροή κυκλοφορίας δικτύου,
2.  $\lambda > \mu$ , αυξημένη κίνηση στο δίκτυο,
3.  $\lambda = \mu$ , επαναφορά φυσιολογικής κυκλοφορίας δικτύου,

όπου  $\lambda$ , ο μέσος αριθμός των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο και αιτούνται υπηρεσίες, και

$\mu$ , ο μέσος αριθμός των χρηστών που εξυπηρετούνται και αποχωρούν από το δίκτυο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις υποθέσεις που έχουν γίνει και σε προηγούμενες ενότητες, στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε, υπό αυτές τις καταστάσεις του δικτύου, πώς διαμορφώνονται τα loads των διαθέσιμων τεχνολογιών και κατά συνέπεια οι κοστολογήσεις των χρηστών του δικτύου για την παροχή διαφορετικών επιπέδων ποιότητας υπηρεσιών (low, medium, high qos) και διαφορετικών προφίλ χρηστών (gold, silver, bronze users) σύμφωνα με τρεις μεθόδους χρέωσης fixed price μέθοδο, πλατφόρμα DCMS και το prediction της πλατφόρμας DCMS.

#### ➤ **FIXED PRICE ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ**

Από τις πειραματικές διατάξεις που πραγματοποιήσαμε, σε κάποιες χρονικές στιγμές, τα loads των τεχνολογιών διαμορφώθηκαν όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Στις στήλες αποτυπώνεται ο χρόνος (time), ο κωδικός της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας (rat\_code) [όπου 1011=UMTS(1), 1012=UMTS(2), 1013=WLAN(802.11a), 1014=WLAN(802.11b)] και η τιμή του φορτίου (load), για την κάθε τεχνολογία, αντίστοιχα.

time	rat_code	load
Time:100	1011	0.02
	1012	0.23
	1013	0.02
	1014	0.03
Time:200	1011	0.05
	1012	0.2
	1013	0.05
	1014	0.09
Time:300	1011	0.12
	1012	0.3
	1013	0.09
	1014	0.16
Time:400	1011	0.12
	1012	0.54
	1013	0.12
	1014	0.17
Time:500	1011	0.12
	1012	0.65
	1013	0.12
	1014	0.51

Time:600	1011	0.16
	1012	0.67
	1013	0.16
	1014	0.56
Time:700	1011	0.18
	1012	0.71
	1013	0.18
	1014	0.62
Time:800	1011	0.12
	1012	0.72
	1013	0.12
	1014	0.69
Time:900	1011	0.15
	1012	0.73
	1013	0.15
	1014	0.71
Time:1000	1011	0.22
	1012	0.74
	1013	0.18
	1014	0.72

Πίνακας 6-9: Loads τεχνολογιών με fixed price κοστολόγηση

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρήσαμε ότι υπήρχαν πολλές στιγμές, για τις οποίες, κάποιες τεχνολογίες του δικτύου είχαν πάρα πολύ χαμηλό load και κάποιες άλλες τεχνολογίες πάρα πολύ υψηλό. Παραδείγματος χάρη, για την χρονική στιγμή time=900 το load της τεχνολογίας UMTS(1) ήταν 0.15 και της τεχνολογίας UMTS(2) ήταν 0.73 πράγμα που φυσικά δεν ικανοποιεί κανένα πάροχο, αφού διαθέτει κάποιες τεχνολογίες που ενώ μπορούν να εξυπηρετήσουν τους χρήστες και μάλιστα με δυνατότητα υψηλού επιπέδου ποιότητας να μην χρησιμοποιούνται αποδοτικά.

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο χρέωσης, ανεξάρτητα του load των τεχνολογιών του δικτύου, υπάρχουν καθορισμένες, συγκεκριμένες τιμές χρέωσης για όλες τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Οι χρήστες γνωρίζουν απόλυτα την τιμή χρέωσης για την κάθε υπηρεσία που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν. Για παράδειγμα ένας πάροχος έχει καθορίσει την τιμή χρέωσης για την αποστολή ενός SMS, ή MMS μέσω κινητού τηλεφώνου και η οποία είναι γνωστή και στους χρήστες /πελάτες του δικτύου. Σε καμιά περίπτωση, σύμφωνα με αυτό το μοντέλο χρέωσης, ο πάροχος δεν μπορεί να διαχειριστεί το επίπεδο ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Σημαντικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι ο πάροχος αδυνατεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά το φαινόμενο συμφόρησης στο δίκτυο. Όλοι οι χρήστες αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο, με αποτέλεσμα σε περιόδους συμφόρησης οι υπηρεσίες των χρηστών είτε να μην μπορούν καν να εξυπηρετηθούν, είτε να καθυστερούν να εξυπηρετηθούν και ενδεχομένως το επίπεδο ποιότητας των

παρεχόμενων υπηρεσιών να μην είναι τελικά το αρεστό. Έτσι, λοιπόν σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο κοστολόγησης οι τιμές των χρηστών παραμένουν πάντα σταθερές, δεν μεταβάλλονται με τον χρόνο και ανατίθενται στους χρήστες ανάλογα με το ποιες υπηρεσίες έχουν επιλέξει.

#### ➤ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΣΩ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ DCMS

Σύμφωνα με το παραπάνω σενάριο, στο σημείο αυτό, θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα και τις μετρήσεις που ελήφθησαν χρησιμοποιώντας πλατφόρμα DCMS για διαφορετικές συνθήκες και καταστάσεις δικτύου, δηλαδή όταν  $\lambda=\mu$ , φυσιολογική ροή κυκλοφορίας, όταν  $\lambda>\mu$ , αυξημένη κίνηση στο δίκτυο και όταν  $\lambda<\mu$ , επαναφορά φυσιολογικής κυκλοφορίας δικτύου.

##### 1). Όταν $\lambda=\mu$ , φυσιολογική ροή κυκλοφορίας,

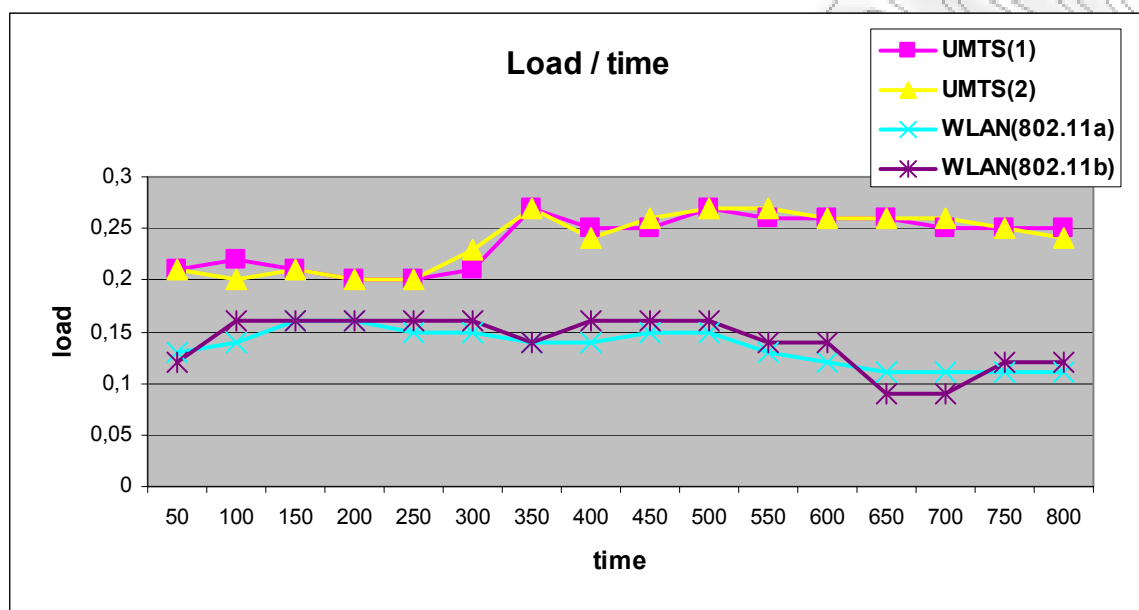
Αρχικά, οι μετρήσεις που ελήφθησαν σχετικά με το load της κάθε τεχνολογίας του δικτύου, για τις χρονικές στιγμές από time=50 έως time=800 και για  $\lambda=\mu$ , φαίνονται από τον παρακάτω πίνακα.

LOAD ( $\lambda=\mu$ )				
time	UMTS(1)	UMTS(2)	WLAN(802.11a)	WLAN(802.11b)
50	0,21	0,21	0,13	0,12
100	0,22	0,2	0,14	0,16
150	0,21	0,21	0,16	0,16
200	0,2	0,2	0,16	0,16
250	0,2	0,2	0,15	0,16
300	0,21	0,23	0,15	0,16
350	0,27	0,27	0,14	0,14
400	0,25	0,24	0,14	0,16
450	0,25	0,26	0,15	0,16
500	0,27	0,27	0,15	0,16
550	0,26	0,27	0,13	0,14
600	0,26	0,26	0,12	0,14
650	0,26	0,26	0,11	0,09
700	0,25	0,26	0,11	0,09
750	0,25	0,25	0,11	0,12
800	0,25	0,24	0,11	0,12

Πίνακας 6-10: Load τεχνολογιών όταν  $\lambda=\mu$  (πλατφόρμα DCMS)

Για τις χρονικές στιγμές time=50 έως time=800, κατά τις οποίες  $\lambda=\mu$ , δηλαδή όταν ο μέσος ρυθμός των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο είναι ίδιος με τον μέσο ρυθμό των χρηστών που αποχωρούν από το δίκτυο, παρατηρούμε ότι το load των τεσσάρων τεχνολογιών βρίσκεται σε ισορροπία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, η γραφική παράσταση για τα loads των τεχνολογιών είναι η εξής:

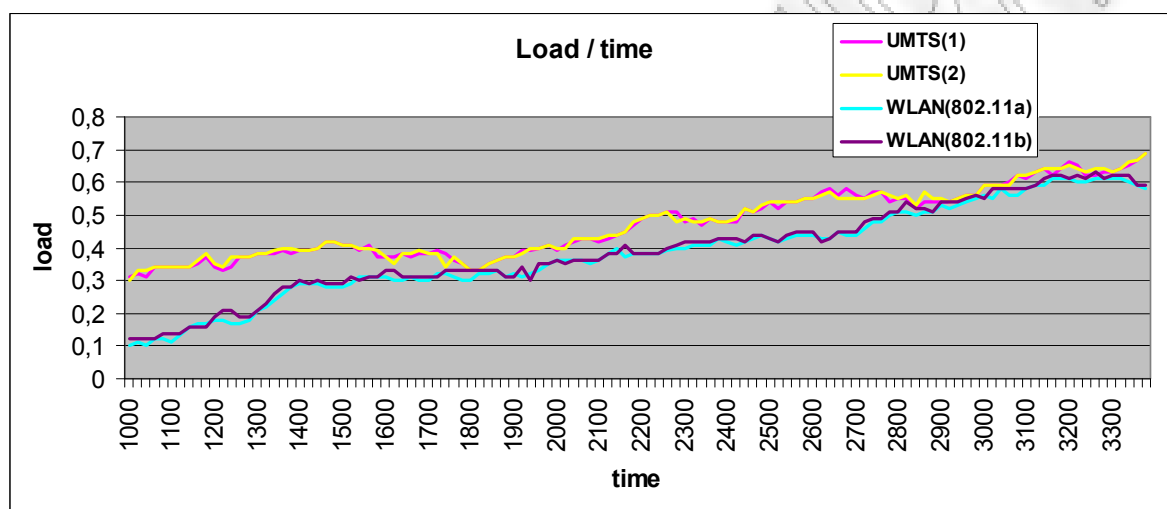


Σχήμα 6-34: Load/time ανά rat, όταν  $\lambda=\mu$  (πλατφόρμα DCMS)

Από την παραπάνω γραφική παράσταση, παρατηρούμε ότι το load των τεχνολογιών, ανά δύο, διατηρείται στα ίδια επίπεδα. Τα loads των τεχνολογιών UMTS(1) και UMTS(2) είναι λίγο υψηλότερα από τα loads των τεχνολογιών WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b) πράγμα που είναι απόλυτα αποδεκτό αφού στο σενάριό μας οι υπηρεσίες που αιτούνται οι χρήστες είναι audio call και video streaming και είναι γνωστό ότι η τεχνολογία UMTS μπορεί να υποστηρίξει και τις δύο υπηρεσίες, ενώ η τεχνολογία WLAN δεν υποστηρίζει την υπηρεσία audio call. Κατά συνέπεια το load των τεχνολογιών των UMTS(1,2) θα είναι λίγο υψηλότερο, αφού εξυπηρετούν και υπηρεσίες audio call, πράγμα που δεν γίνεται από τα WLAN και επομένως το load αυτών των τεχνολογιών θα είναι λίγο χαμηλότερο, όπως ακριβώς φαίνεται στην γραφική παράσταση. Είναι σημαντικό, ότι ακόμα και σε αυτές τις περιπτώσεις ο πάροχος διατηρεί μια ισορροπία μεταξύ των τεχνολογιών του δικτύου του (load balancing).

## 2). Όταν $\lambda > \mu$ , αυξημένη κίνηση στο δίκτυο

Στη συνέχεια, για τις επόμενες χρονικές στιγμές  $\text{time}=1000$  έως  $\text{time}=3380$ , κατά τις οποίες  $\lambda > \mu$ , ο μέσος ρυθμός των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο είναι μεγαλύτερος από με τον μέσο ρυθμό χρηστών που αποχωρούν από το δίκτυο, τα loads των τεχνολογιών διαμορφώθηκαν ως εξής:



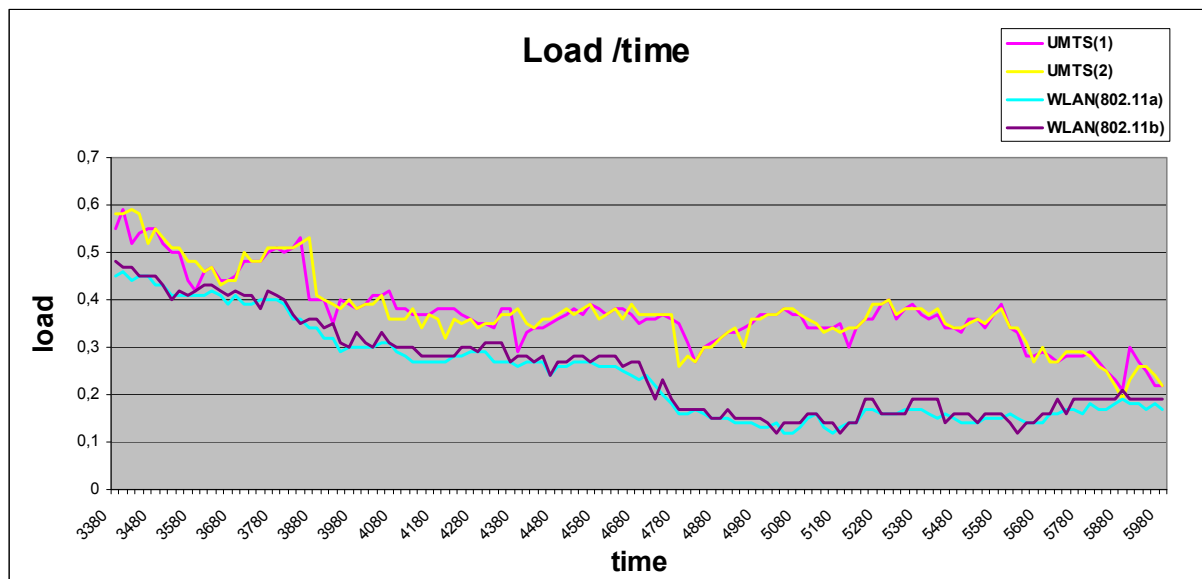
Σχήμα 6-35: Load/time ανά rat, για  $\lambda > \mu$  (πλατφόρμα DCMS)

Παρατηρούμε ότι εφόσον  $\lambda > \mu$ , το load και των τεσσάρων τεχνολογιών άρχισε να αυξάνεται, και λίγο περισσότερο του UMTS(1) και UMTS(2) που υποστηρίζουν υπηρεσίες audio call, εν αντιθέσει με τα WLAN που δεν υποστηρίζουν την υπηρεσία αυτή και επομένως στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι μόνες τεχνολογίες που μπορούν να εξυπηρετήσουν τους χρήστες. Το σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι ακόμα υπό αυτές τις συνθήκες ( $\lambda > \mu$ ) το load των τεσσάρων τεχνολογιών βρίσκεται σε ισορροπία. Καμία τεχνολογία δεν είναι ιδιαίτερα υπερφορτωμένη και κάποια άλλη να είναι σχεδόν άδεια, υπάρχει δηλαδή μια ισοκατανομή του φόρτου, πράγμα που, όπως είδαμε παραπάνω, δεν συμβαίνει πάντα στη fixed price μέθοδο.

## 3). Όταν $\lambda = \mu$ , επαναφορά φυσιολογικής κυκλοφορίας δικτύου

Στη συνέχεια, από τη χρονική στιγμή  $\text{time}=3380$  έως  $\text{time}=5980$ , είναι η στιγμή κατά την οποία επαναφέραμε τον μέσο ρυθμό των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο να είναι ίδιος με τον μέσο ρυθμό των χρηστών που αποχωρούν από το δίκτυο ( $\lambda = \mu$ ). Τα loads των τεχνολογιών διαμορφώνονται ως εξής:





Σχήμα 6-36: Load/time ανά rat, επαναφορά  $\lambda=\mu$ , ξανά (πλατφόρμα DCMS)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, αποδεικνύεται ότι μέσω της πλατφόρμας DCMS, ο πάροχος έχει τη δυνατότητα, ακόμη και σε περιόδους συμφόρησης, να διατηρεί μια πλήρη ισορροπία μεταξύ των τεχνολογιών που διαθέτει. Η ισοκατανομή του φόρτου αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, αφού με αυτόν τον τρόπο ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να κατορθώνει να μοιράζει την κίνηση αρμονικά σε όλες τις τεχνολογίες που διαθέτει με αποτέλεσμα να διατηρεί την ισορροπία του load στις τεχνολογίες του δικτύου του (load balancing).

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε πώς διαμορφώνονται οι τιμές χρέωσης (Prices) των χρηστών σύμφωνα με το load των τεχνολογιών του δικτύου και τα quality levels των παρεχόμενων υπηρεσιών των χρηστών.

---

✦ **PRICES ANA RAT**

Θεωρούμε ότι το μέγιστο κόστος που έχει αναθέσει ο πάροχος για τις υπηρεσίες που παρέχει ανά low, medium και high quality of service είναι αυτό που φαίνεται παρακάτω.

Service	Cmin	Cmed	Cmax
Audio Call	1	2	3
Video Streaming	5	9	17

Λαμβάνοντας υπόψη το μέγιστο κόστος ανά επιθυμητό quality level υπηρεσίας (low, medium, high QoS) και σύμφωνα με τους μαθηματικούς τύπους που παρουσιάσαμε στην ενότητα του μαθηματικού μοντέλου και το load των τεχνολογιών, για την υπηρεσία Video streaming, τα prices από κάθε τεχνολογία rat, διαμορφώνονται ως εξής:

**1). Όταν  $\lambda=\mu$ , time=50 – 800**

• **Prices - Rat = UMTS(1)**

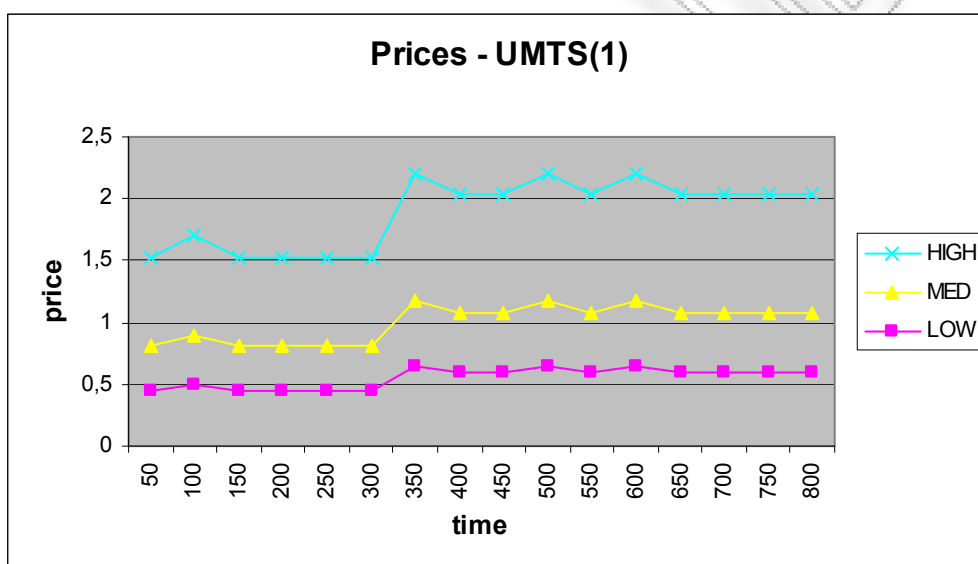
Για την rat UMTS(1), οι τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, διαμορφώνονται ως εξής:

TIME	LOW	MED	HIGH
50	0,45	0,81	1,53
100	0,5	0,9	1,7
150	0,45	0,81	1,53
200	0,45	0,81	1,53
250	0,45	0,81	1,53
300	0,45	0,81	1,53
350	0,65	1,17	2,21
400	0,6	1,08	2,04
450	0,6	1,08	2,04
500	0,65	1,17	2,21

550	0,6	1,08	2,04
600	0,65	1,17	2,21
650	0,6	1,08	2,04
700	0,6	1,08	2,04
750	0,6	1,08	2,04
800	0,6	1,08	2,04

Πίνακας 6-11: Prices low, med, high για rat=UMTS(1)

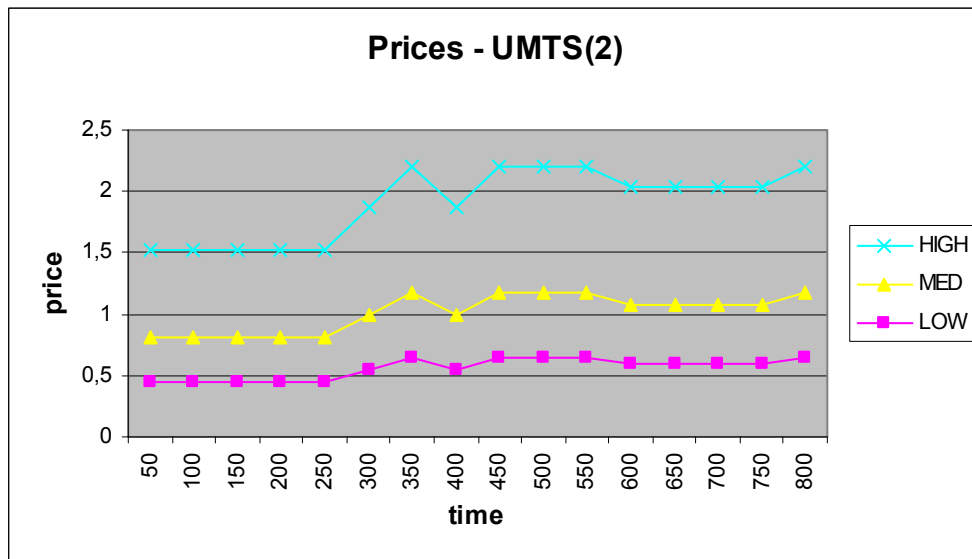
Η αντίστοιχη γραφική παράσταση για τα prices του UMTS(1) ανά low, medium, high QoS είναι η εξής:



Σχήμα 6-37: Prices ανά low, med, high QoS του UMTS(1)

• **Prices - rat = UMTS(2)**

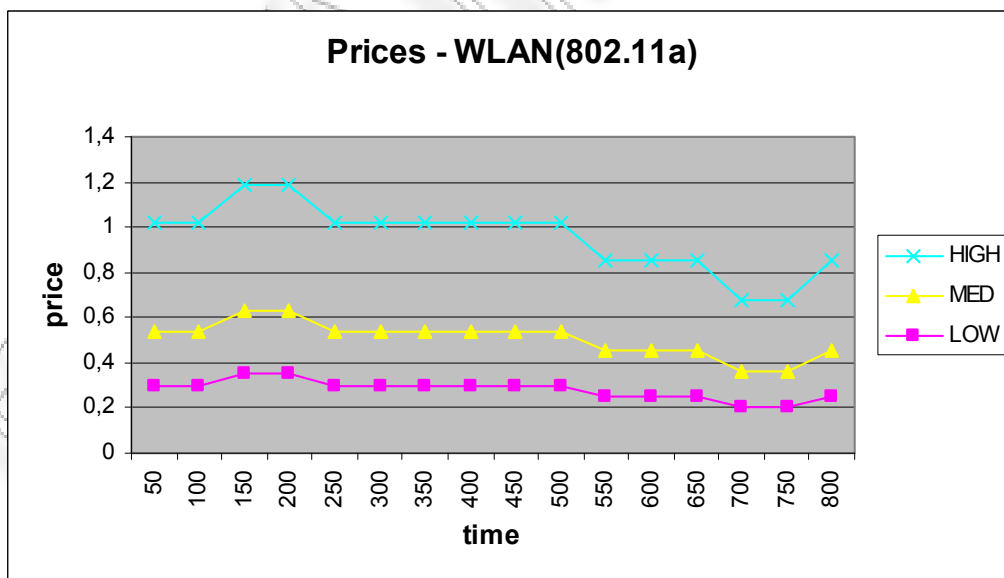
Για την rat UMTS(2), οι τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά quality of service, low, medium και high αντίστοιχα, διαμορφώνονται ως εξής:



Σχήμα 6-38: Prices ανά low, med, high QoS τουUMTS(2)

• **Prices για rat = WLAN(802.11a)**

Για την rat WLAN(802.11a), οι τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά quality of service, low, medium και high αντίστοιχα, διαμορφώνονται ως εξής:

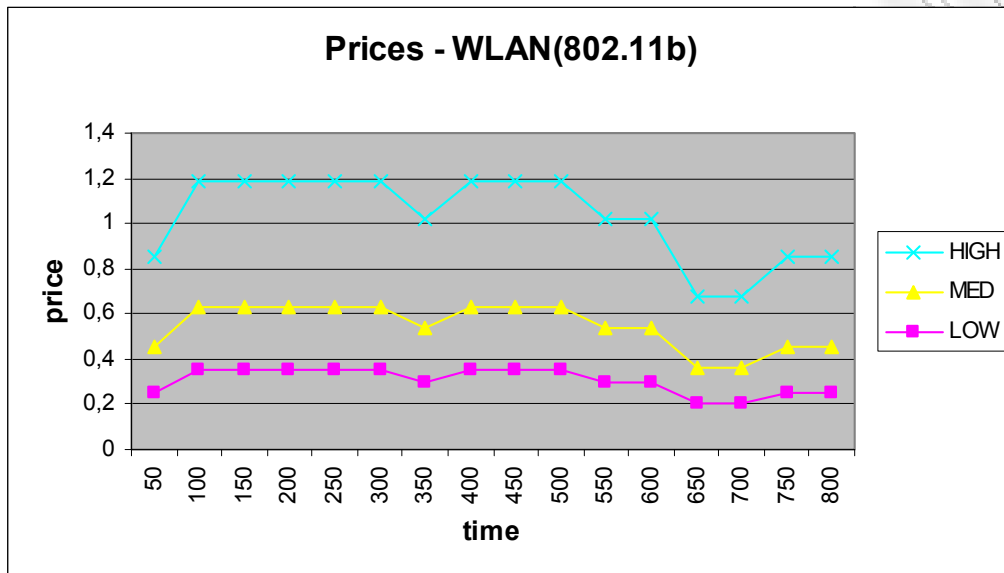


Σχήμα 6-39: Prices ανά low, med, high QoS WLAN(802.11a)

---

- **Prices - rat = WLAN(802.11b)**

Για την rat WLAN(802.11b), οι τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά quality of service, low, medium και high αντίστοιχα, διαμορφώνονται ως εξής:



Σχήμα 6-40: Prices ανά low, med, high QoS του WLAN(802.11b)

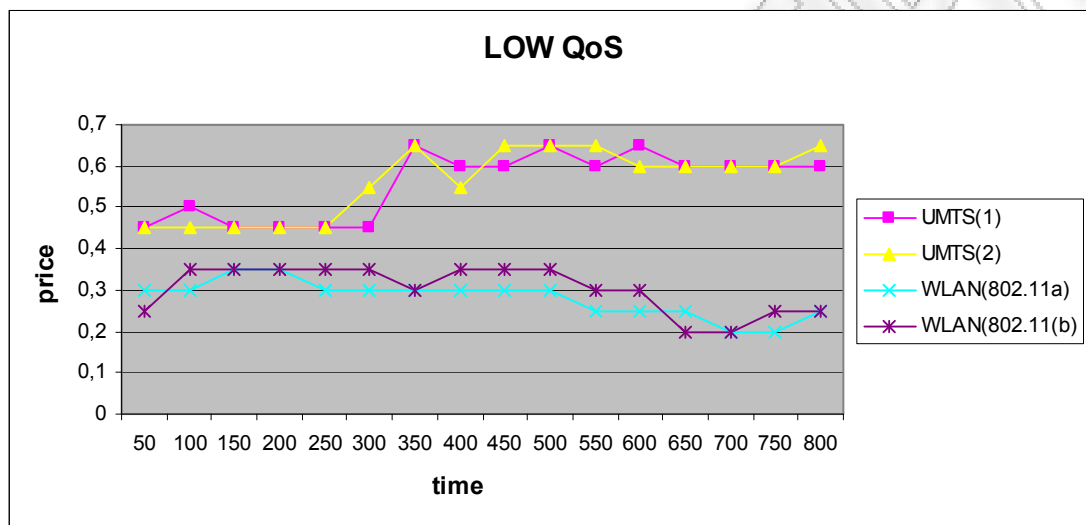
Από όλες τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, αποδεικνύεται ότι οι τιμές χρέωσης των χρηστών διαμορφώνονται ανάλογα με το load της εκάστοτε τεχνολογίας και το επίπεδο ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Κατά συνέπεια, σε κάθε τεχνολογία, οι τιμές χρέωσης των προσφερόμενων high qos υπηρεσιών θα είναι υψηλότερες, οι τιμές χρέωσης των προσφερόμενων medium qos υπηρεσιών θα είναι χαμηλότερες και οι τιμές χρέωσης των προσφερόμενων low qos υπηρεσιών θα είναι ακόμα πιο χαμηλές.

## ✦ PRICES ANA QUALITY LEVEL

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά, ανά τεχνολογία, τις τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και τα μέγιστα κόστη ανά low, medium και high quality of service, συγκεντρωτικά όλων των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών.

### ▪ **Low Prices**

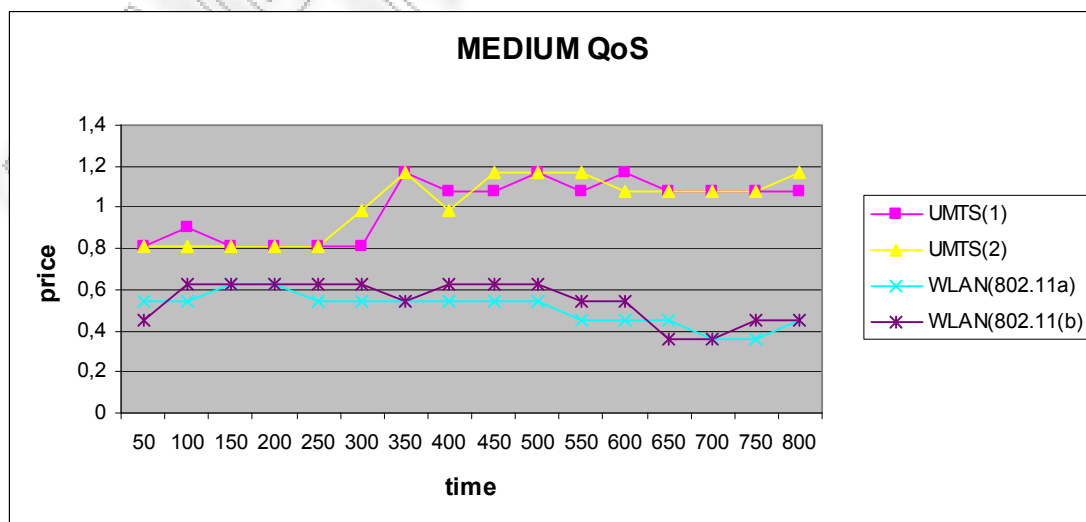
Η γραφική παράσταση για τα low prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-41: Low QoS Prices rat

### ▪ **Medium Prices**

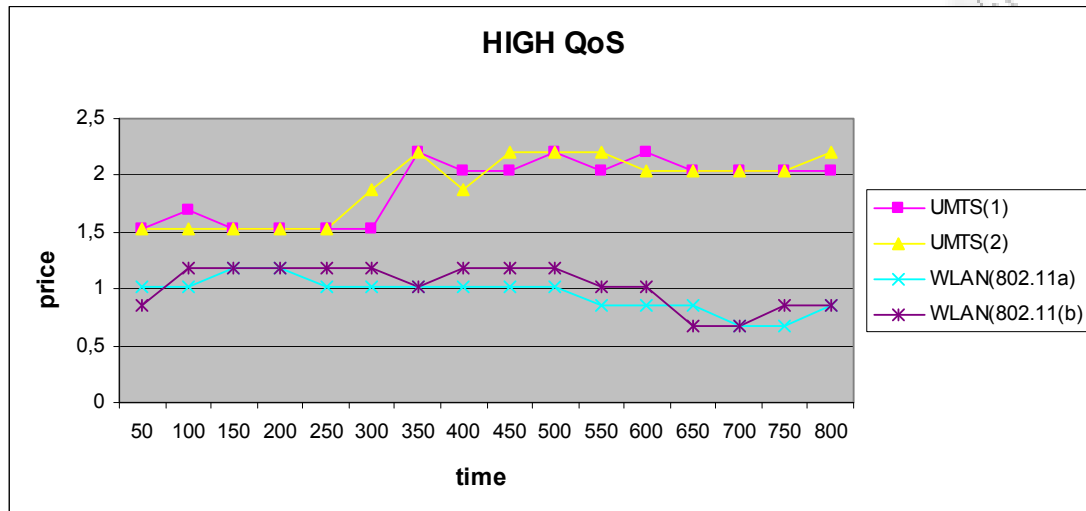
Η γραφική παράσταση για τα medium prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-42: Medium QoS Prices ανά rat

- **High Prices**

Η γραφική παράσταση για τα high prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-43: High QoS Prices ανά rat

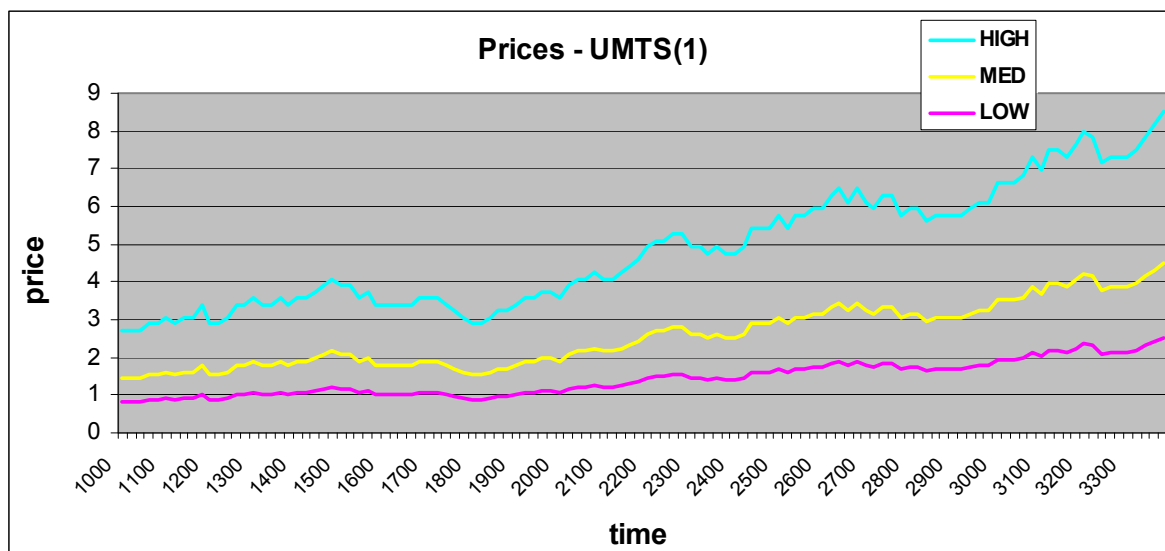
Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, αποδεικνύεται ότι για την κάθε παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών (low, medium, high QoS) οι τιμές χρέωσης των χρηστών ανα δύο τεχνολογίες διατηρούνται στα ίδια επίπεδα. Οι τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες UMTS(1) και UMTS(2) συγκλίνουν, όπως συγκλίνουν και οι τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b). Να επισημάνουμε ότι οι τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες UMTS(1) και UMTS(2) είναι λίγο υψηλότερες, αφού και το load αυτών των τεχνολογιών είναι λίγο υψηλότερο, εφόσον υποστηρίζουν και εξυπηρετούν υπηρεσίες audio call και video streaming, ενώ οι τεχνολογίες WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b) δεν υποστηρίζουν υπηρεσίες audio call. Έτσι, αποδεικνύεται ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί ισορροπία και στις τιμές χρέωσης των χρηστών.

## 2. Για $\lambda > \mu$ , time=1000 - 3380

### ✦ PRICES ANA RAT

- **Prices - Rat = UMTS(1)**

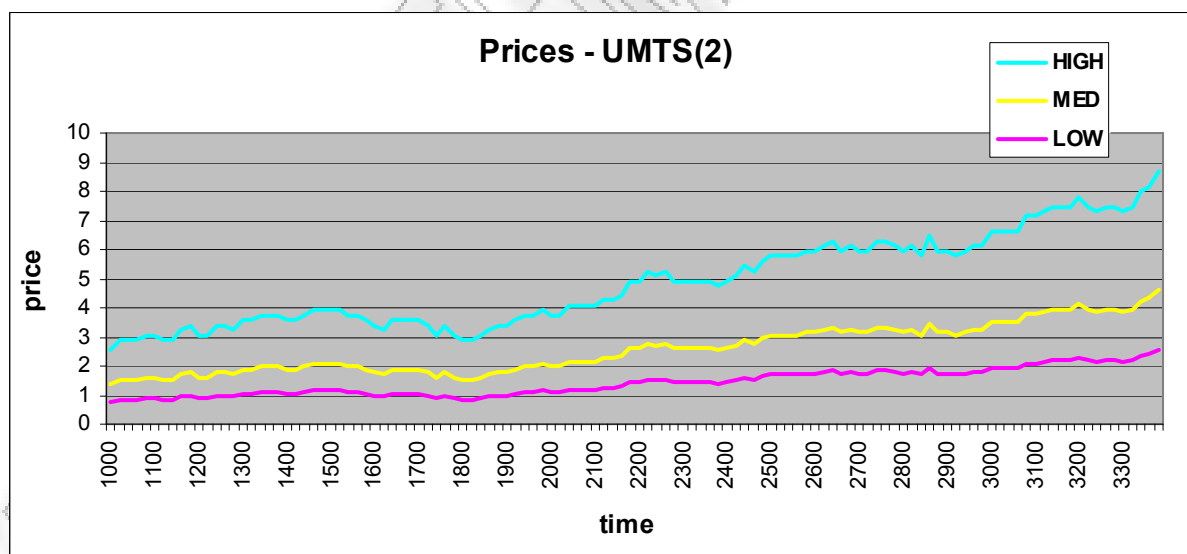
Για την rat UMTS(1), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



Σχήμα 6-44: Prices ανά low, med, high QoS τουUMTS(1)

- **Prices - rat = UMTS(2)**

Για την rat UMTS(2), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:

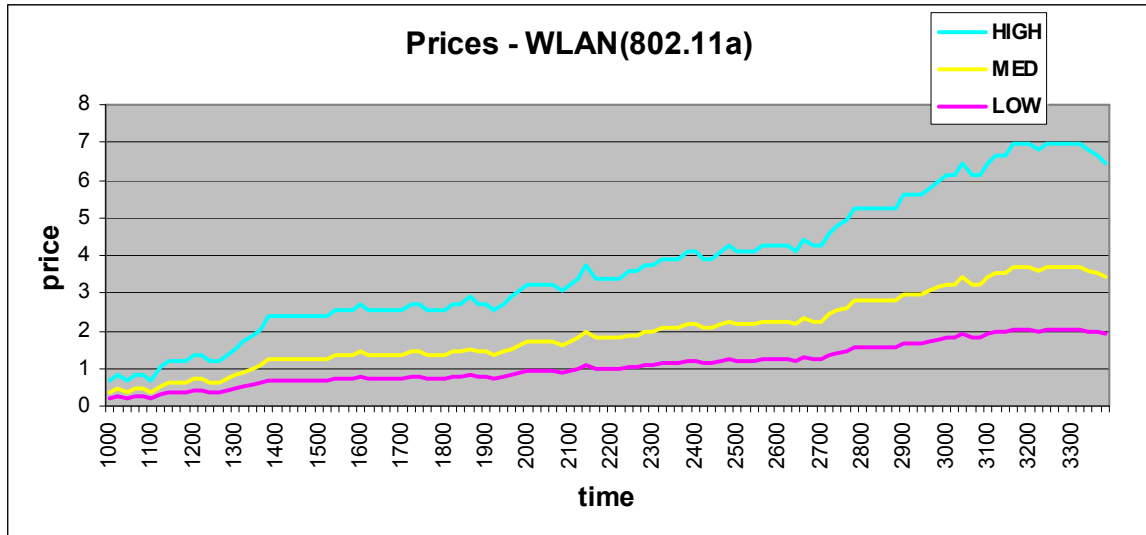


Σχήμα 6-45: Prices ανά low, med, high QoS τουUMTS(2)

- **Prices για rat = WLAN(802.11a)**

Για την rat WLAN(802.11a), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:

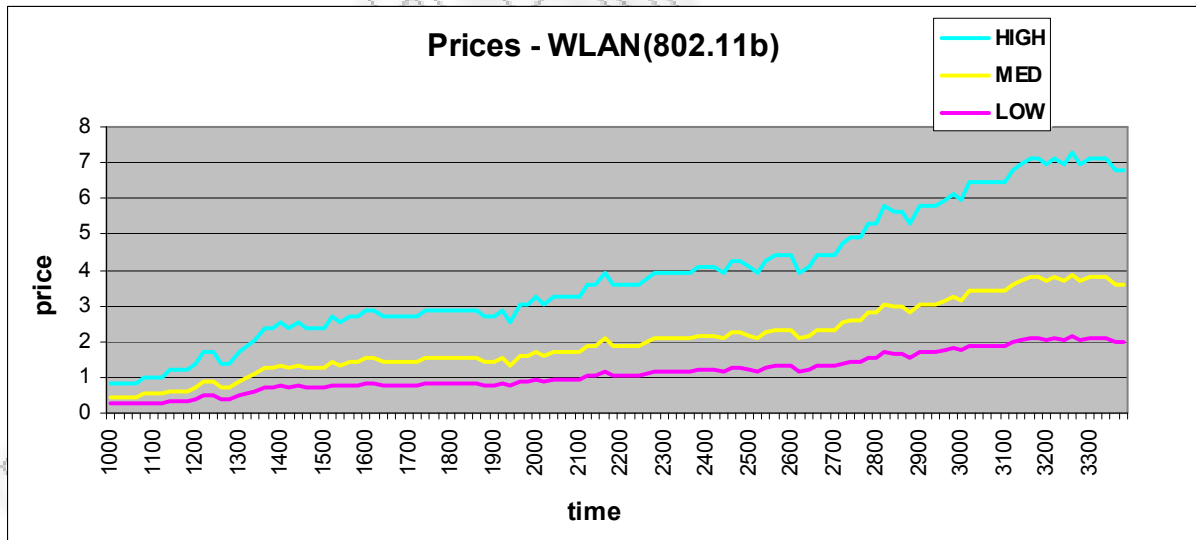




Σχήμα 6-46: Prices ανά low, med, high QoS WLAN(802.11a)

▪ **Prices - rat = WLAN(802.11b)**

Για την rat WLAN(802.11b), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



Σχήμα 6-47: Prices ανά low, med, high QoS του WLAN(802.11b)

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, παρατηρούμε ότι οι τιμές χρέωσης ακολουθούν μια ανοδική πορεία, πράγμα που είναι απόλυτα αποδεκτό εφόσον ισχύει  $\lambda > \mu$  και κατά συνέπεια καθώς αυξάνει το load των τεχνολογιών, αυξάνουν αυτόματα και οι τιμές χρέωσης των χρηστών.

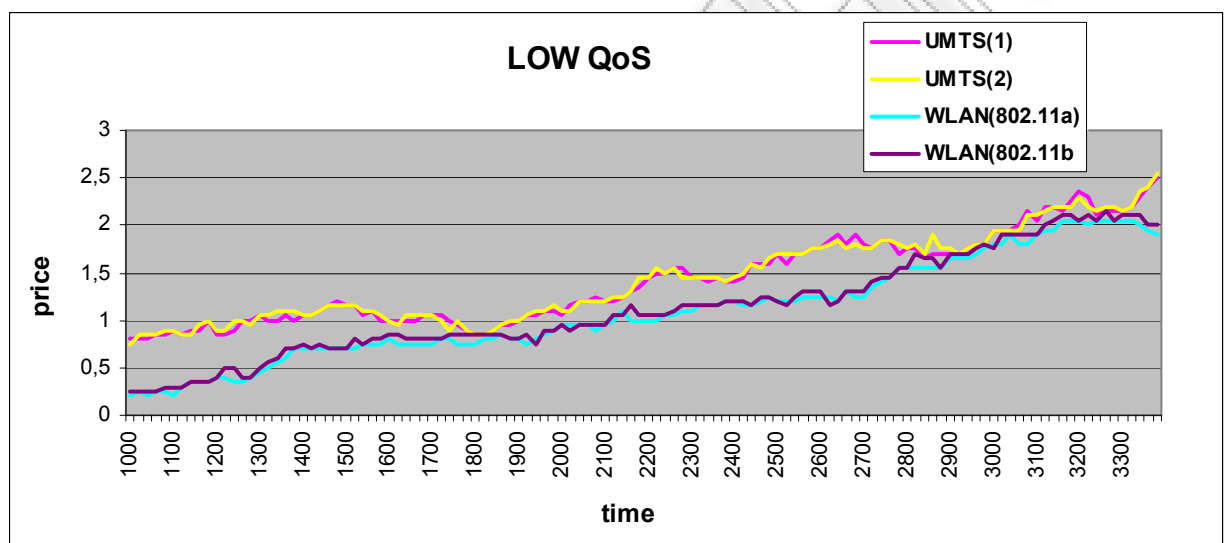
---

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά, τις τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και τα μέγιστα κόστη ανά low, medium και high quality of service, συγκεντρωτικά, όλων των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών.

#### ✦ PRICES ANA QoS

##### • **Low Prices**

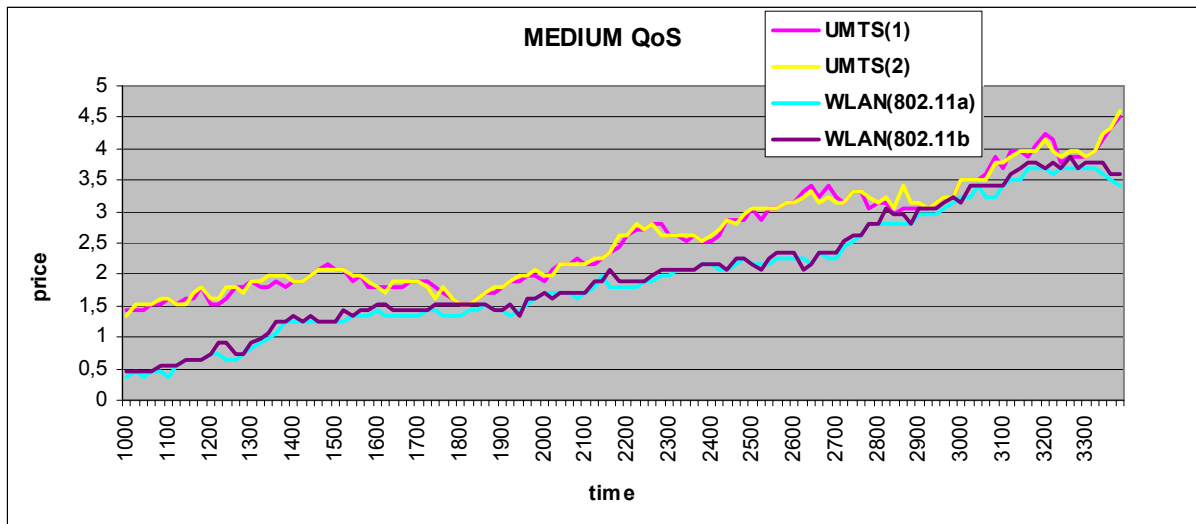
Σύμφωνα με τις μετρήσεις των prices που ελήφθησαν η αντίστοιχη γραφική παράσταση για τα low prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-48: Low QoS Prices rat, όταν  $\lambda > \mu$

##### • **Medium Prices**

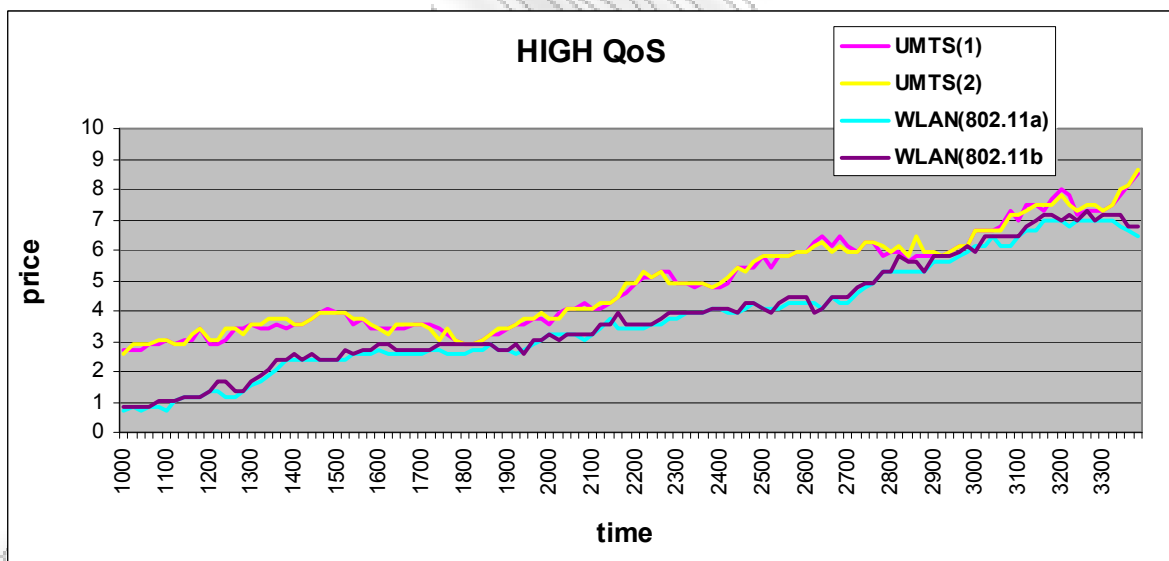
Η γραφική παράσταση για τα medium prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-49: Medium QoS Prices ανά rat όταν  $\lambda > \mu$

- **High Prices**

Η γραφική παράσταση για τα high prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-50: High QoS Prices ανά rat όταν  $\lambda > \mu$

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, αποδεικνύεται, ακόμα και όταν  $\lambda > \mu$  για την κάθε παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών (ανά low, medium, high QoS) οι τιμές χρέωσης των χρηστών ανα δύο τεχνολογίες διατηρούνται στα ίδια επίπεδα. Οι τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες UMTS(1) και UMTS(2) συγκλίνουν, όπως συγκλίνουν και οι τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b). Να επισημάνουμε ότι οι τιμές χρέωσης για τις τεχνολογίες UMTS(1) και UMTS(2) είναι λίγο υψηλότερες, αφού και το load αυτών των τεχνολογιών είναι λίγο υψηλότερο,

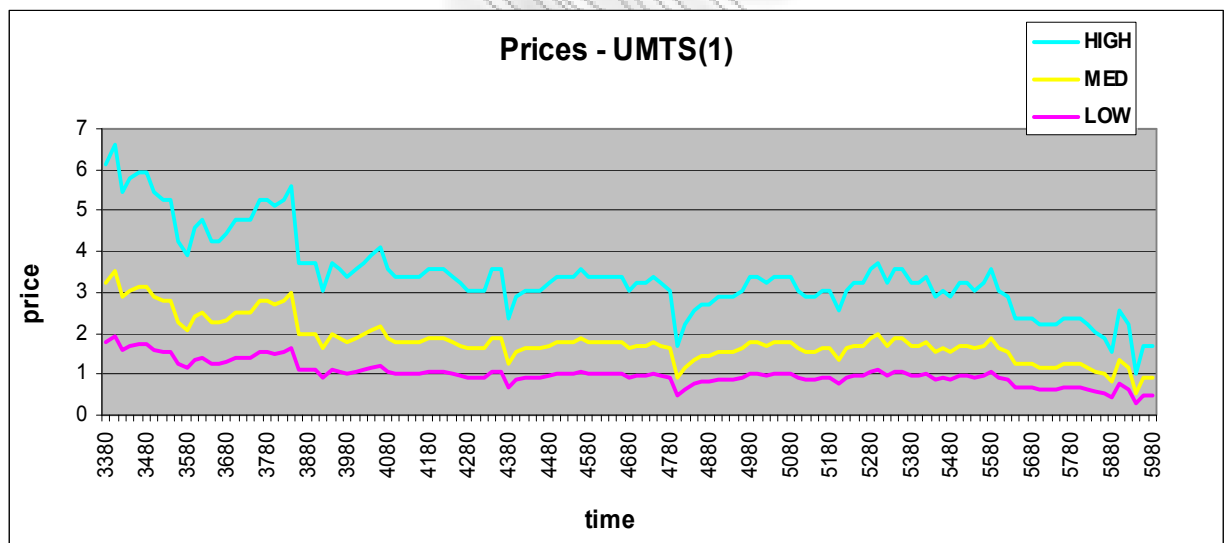
εφόσον υποστηρίζουν και εξυπηρετούν υπηρεσίες audio call και video streaming, ενώ οι τεχνολογίες WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b) δεν υποστηρίζουν την υπηρεσία audio call. Έτσι, αποδεικνύεται ότι τα prices ανα δύο, συγκλίνουν και δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους και υπάρχει μια ισορροπία στις τιμές χρέωσης των χρηστών.

### 3. Για $\lambda=\mu$ , επαναφορά, time=3380-5980

#### ✦ PRICES ANA RAT

##### ▪ **Prices - Rat = UMTS(1)**

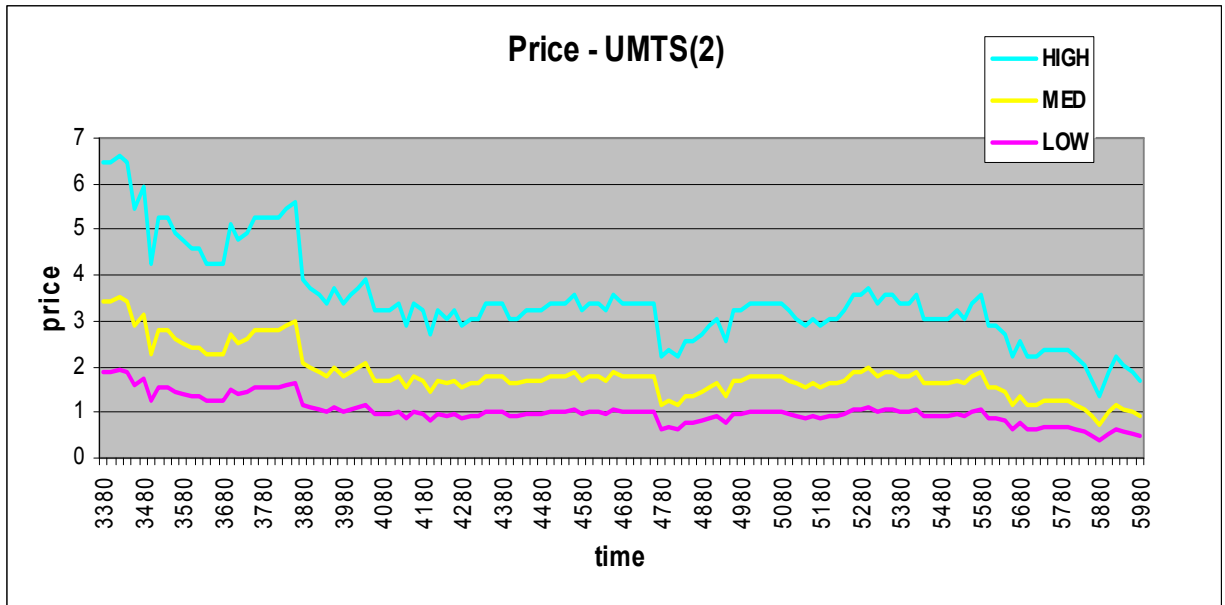
Για την rat UMTS(1), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



Σχήμα 6-51: Prices ανά low, med, high QoS του UMTS(1), όταν  $\lambda=\mu$

##### ▪ **Prices - rat = UMTS(2)**

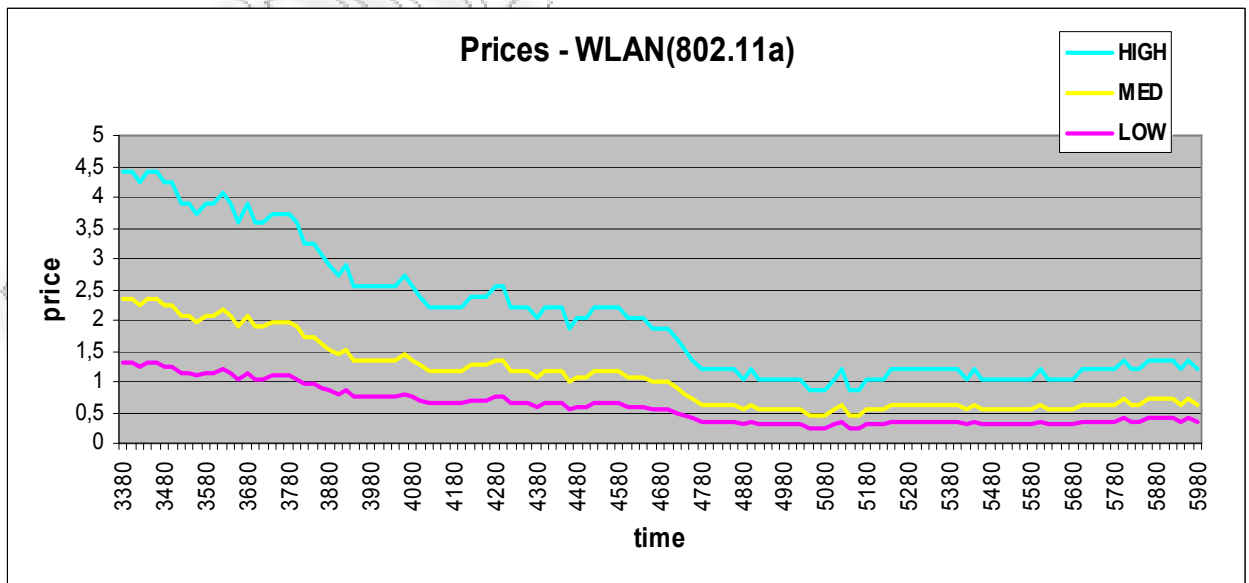
Για την rat UMTS(2), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



Σχήμα 6-52: Prices ανά low, med, high QoS τουUMTS(2), όταν ξανά  $\lambda=\mu$

- **Prices για rat = WLAN(802.11a)**

Για την rat WLAN(802.11a), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:

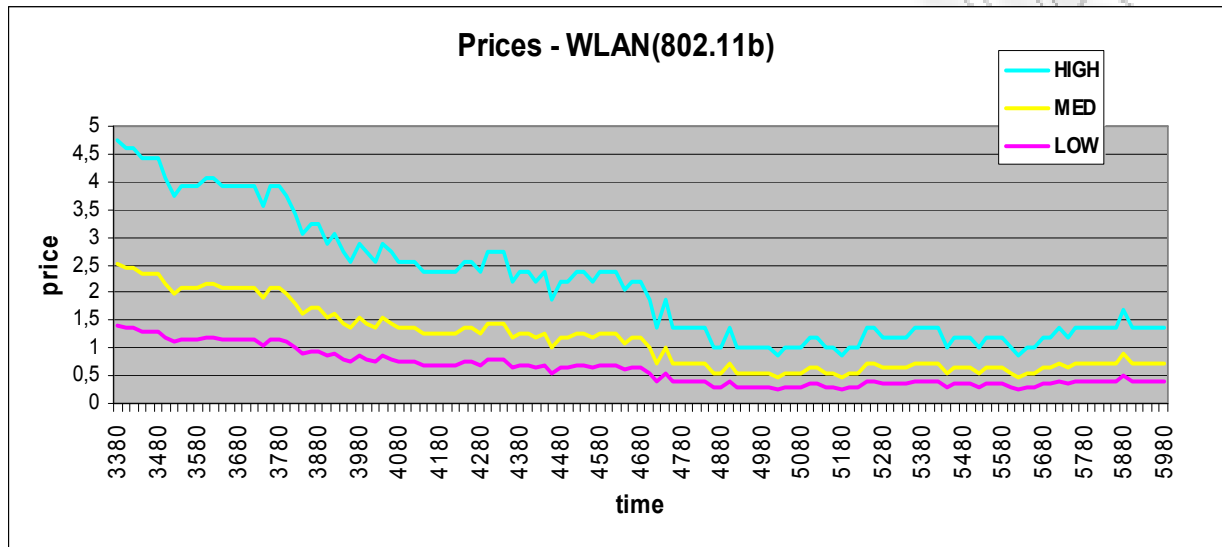


Σχήμα 6-53: Prices ανά low, med, high QoS WLAN(802.11a), όταν ξανά  $\lambda=\mu$

---

- **Prices - rat = WLAN(802.11b)**

Για την rat WLAN(802.11b), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



Σχήμα 6-54: Prices ανά low, med, high QoS του WLAN(802.11b), όταν ξανά  $\lambda = \mu$

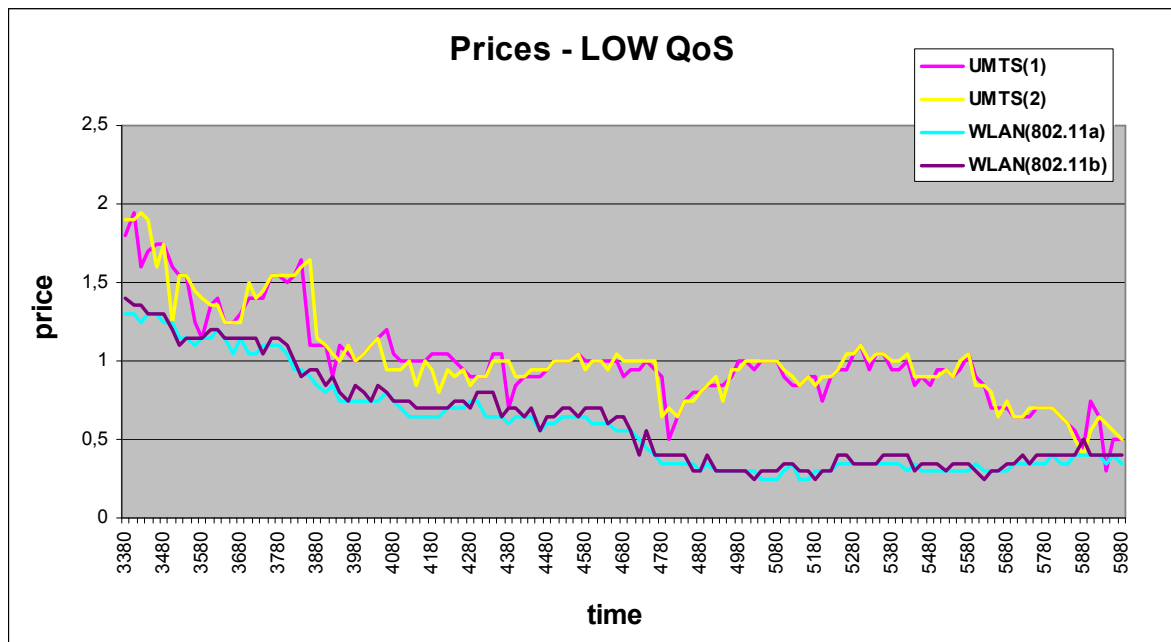
Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, αποδεικνύεται, και πάλι ότι όταν  $\lambda = \mu$  ξανά οι τιμές χρέωσης των χρηστών διαμορφώνονται ανάλογα με το load της κάθε τεχνολογίας και την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών (low, medium, high QoS).

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά, τις τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και τα μέγιστα κόστη ανά low, medium και high quality of service, συγκεντρωτικά όλων των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών.

- **PRICES ANA QoS**

- **Low Prices**

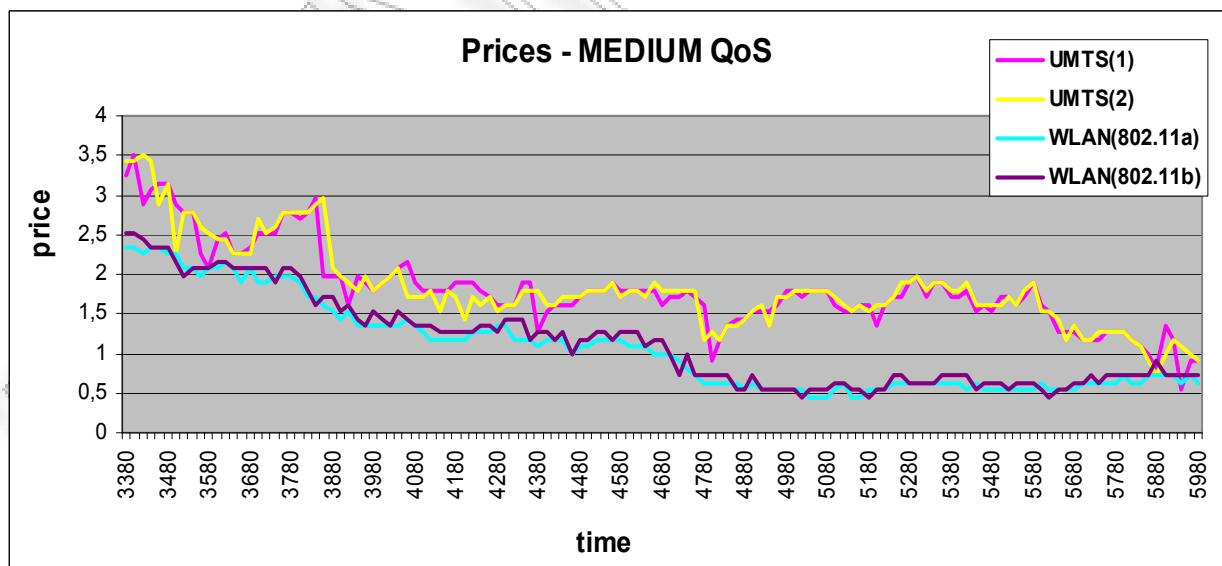
Η γραφική παράσταση για τα low prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-55: Low QoS Prices rat, όταν ξανά  $\lambda=\mu$

#### • Medium Prices

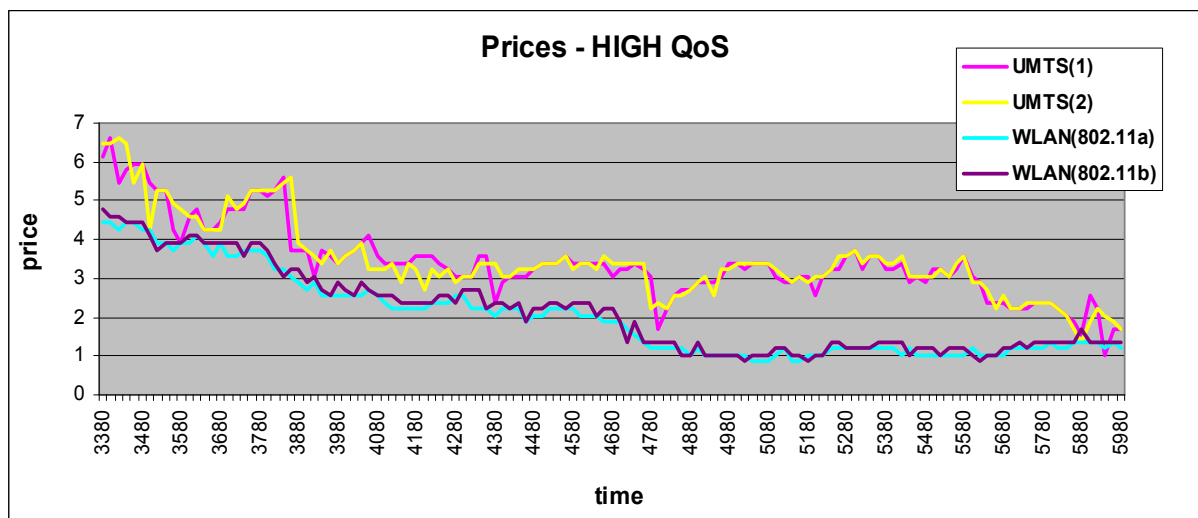
Η γραφική παράσταση για τα medium prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-56: Medium Prices ανά rat, όταν ξανά  $\lambda=\mu$

## • High Prices

Η γραφική παράσταση για τα high prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-57: High Prices ανά rat, όταν ξανά  $\lambda=\mu$

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, αποδεικνύεται, και πάλι ότι όταν ξανά  $\lambda=\mu$ , τα prices, ανα δύο τεχνολογίες [UMTS(1) και UMT(2)], [WLAN(802.11a) και WLAN(802.11b)] συγκλίνουν και δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους.

## Συμπεράσματα

Μελετώντας όλες τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, παρατηρούμε ότι μέσω της πλατφόρμας DCMS ο πάροχος κατορθώνει να επιτυγχάνει μια ισορροπία του φορτίου των τεχνολογιών του δικτύου του. Με όλες τις παραπάνω μετρήσεις αποδεικνύουμε πρακτικά, αυτά που αναφέραμε παραπάνω ότι μέσω της πλατφόρμας DCMS ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να μοιράζει αρμονικά την κίνηση στο δίκτυό του και να πετυχαίνει load balancing. Παρατηρούμε ότι οι τιμές χρέωσης των χρηστών αυξάνονται ανάλογα με το load της τεχνολογίας του δικτύου, με αποτέλεσμα όταν το load μιας τεχνολογίας αυξάνει, τότε αυξάνονται οι τιμές χρέωσης και όταν το load είναι χαμηλότερο και οι τιμές χρέωσης είναι χαμηλότερες. Το σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι με αυτό τον τρόπο, οι επόμενοι χρήστες που εισέρχονται στο δίκτυο ενθαρρύνονται και οδηγούνται να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες με τις χαμηλότερες τιμές χρέωσης και κατά συνέπεια με το χαμηλότερο load. Έτσι, ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται δυναμικά τη χωρητικότητα του δικτύου του (capacity management), γεγονός που είναι πολύ σημαντικό, ιδιαίτερα σε περιόδους συμφόρησης. Κατά συνέπεια, ο πάροχος, μέσω του σχεδιασμού χρέωσης που προτείνουμε, κατορθώνει να μην επιτρέπει καταστάσεις συμφόρησης στο δίκτυο και να τις προλαμβάνει, λαμβάνοντας κάθε φορά υπόψη την κίνηση στο δίκτυο και ανάλογα με την περίπτωση να ρυθμίζεται και η χρέωση ούτως ώστε να αποτρέπονται ή να ενθαρρύνονται οι χρήστες για την χρησιμοποίηση του δικτύου.

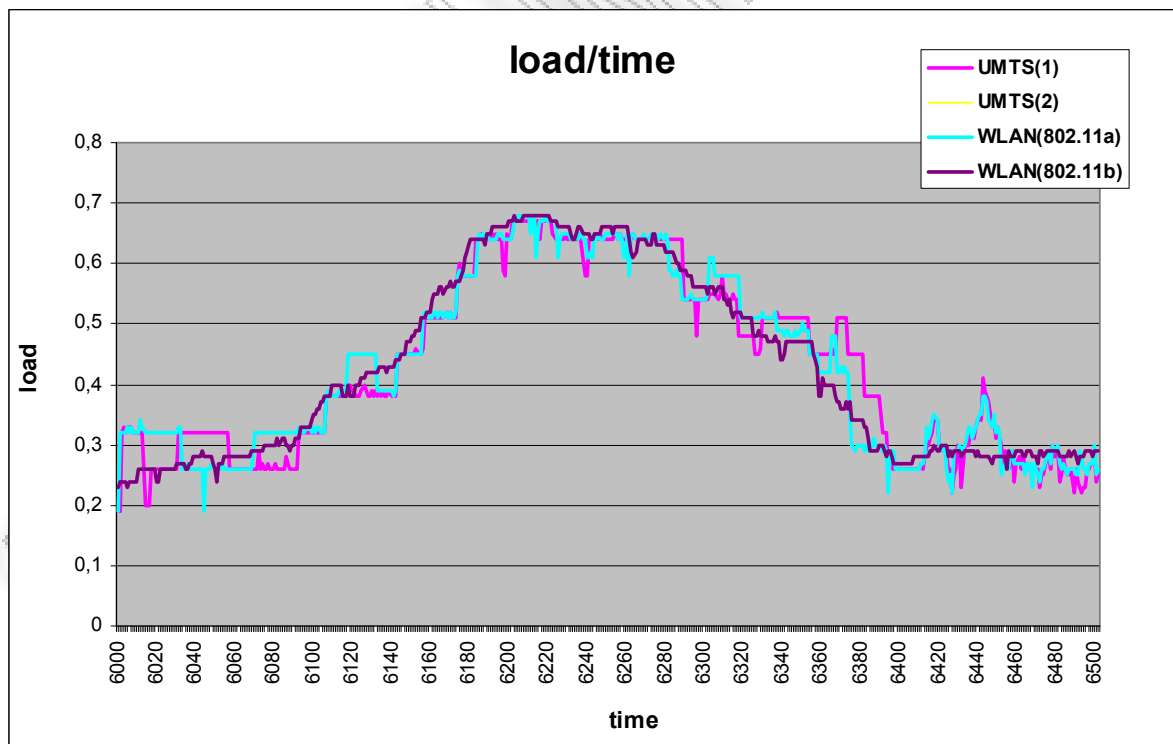


## ➤ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ PREDICTION ΤΟΥ DCMS

Στην ενότητα της μαθηματικής ανάλυσης του μοντέλου παρουσιάσαμε δύο τρόπους υπολογισμού κοστολόγησης χρηστών. Ο πρώτος τρόπος κοστολόγησης μέσω DCMS ο οποίος αναλύθηκε παραπάνω και ένας δεύτερος τρόπος υπολογισμού κοστολόγησης χρηστών ο οποίος επρόκειτο να αναλυθεί στις επόμενες παραγράφους. Πρόκειται για το prediction της πλατφόρμας DCMS κατά το οποίο στον υπολογισμό των τιμών χρέωσης των χρηστών συμπεριλαμβάνεται και το capacity της υπηρεσίας  $s$  που αιτείται ο χρήστης από το δίκτυο. Για αυτό το λόγο πρόκειται για μια ακόμη πιο δυναμική ανάθεση των τιμών χρέωσης των χρηστών.

Στις επόμενες ενότητες, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων με το prediction της πλατφόρμας DCMS.

Συγκεντρωτικά για τις καταστάσεις του δικτύου όταν  $\lambda=\mu=10$  για την υπηρεσία audio call και  $\lambda=\mu=12$  για την υπηρεσία video streaming, κατόπιν όταν  $\lambda>\mu$  και ξανά μετά όταν  $\lambda=\mu$ , και για χρήστες δικτύου με ποσοστά 15% gold users, 35% silver users και 50% bronze users, σύμφωνα με τις μετρήσεις που ελήφθησαν η γραφική παράσταση σχετικά με το load της έκαστης τεχνολογίας, για τις χρονικές στιγμές time=6000 έως time=6502sec, είναι η εξής:



Σχήμα 6-58: Load/time ανά rat-Prediction of DCMS

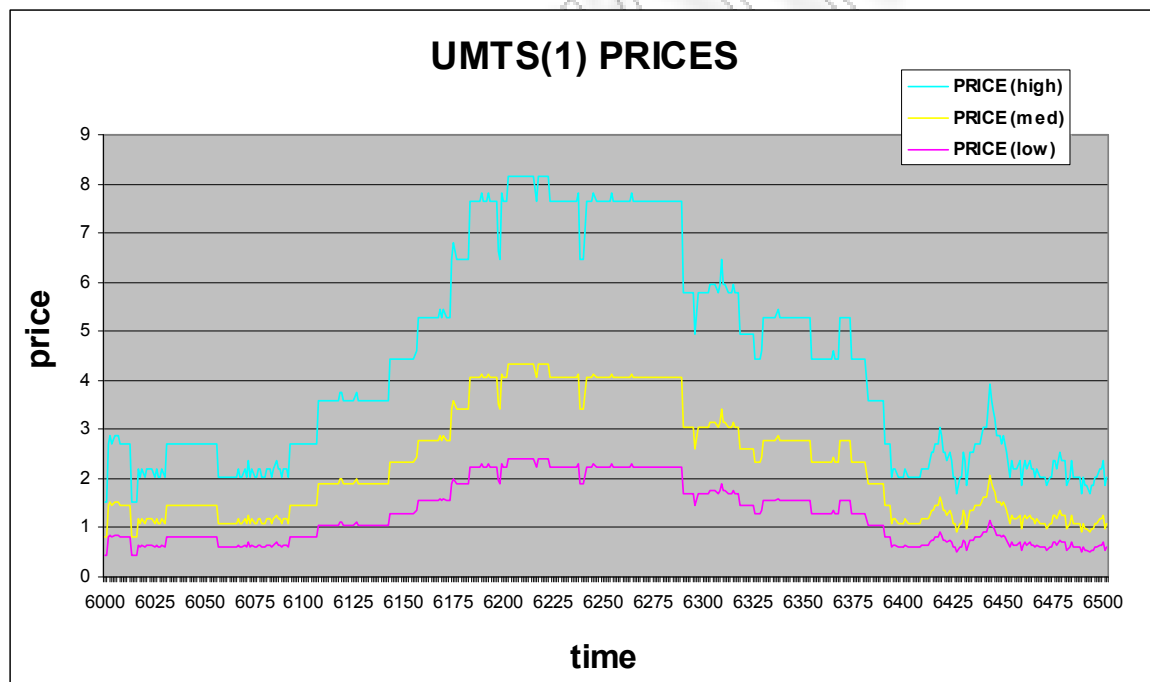
Από την παραπάνω γραφική παράσταση αποδεικνύεται ότι υπάρχει μια πλήρη ισορροπία στο load των τεχνολογιών του δικτύου (load balancing). Επειδή, σε αυτήν

την περίπτωση που λάβαμε snabsot από το σύστημα, ο αριθμός των χρηστών που αιτούνται υπηρεσίες audio call (οι οποίες εξυπηρετούνται μόνο από τα UMTS) δεν είναι πολύ μεγάλος, επιτυγχάνεται ακόμη καλύτερη ισορροπία μεταξύ των τεχνολογιών του δικτύου. Τα loads των τεχνολογιών UMTS(1) και UMTS(2) συγκλίνουν τόσο πολύ που στην γραφική παράσταση η γραμμή απεικόνισης του load της τεχνολογίας UMTS(2) συμπίπτει ακριβώς πάνω στην γραμμή απεικόνισης του load της τεχνολογίας UMTS(1).

#### ✦ PRICES ANA RAT

##### • **Prices - rat = UMTS(1)**

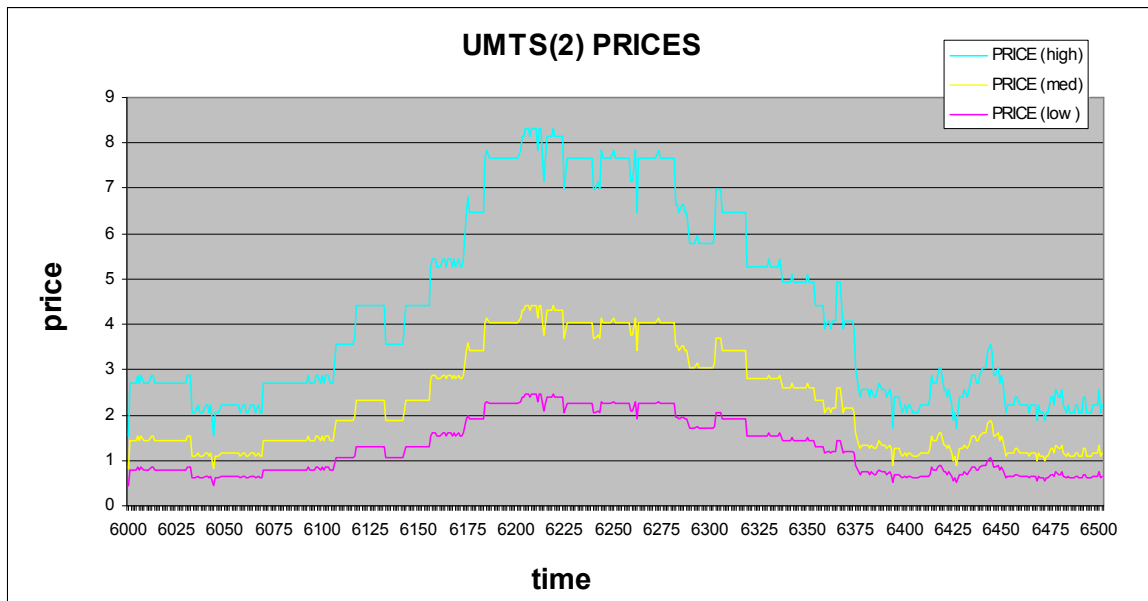
Για την rat UMTS(1), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



Σχήμα 6-59: Prices ανά low, med, high QoS του UMTS(1)-Prediction of DCMS

##### • **Prices - rat = UMTS(2)**

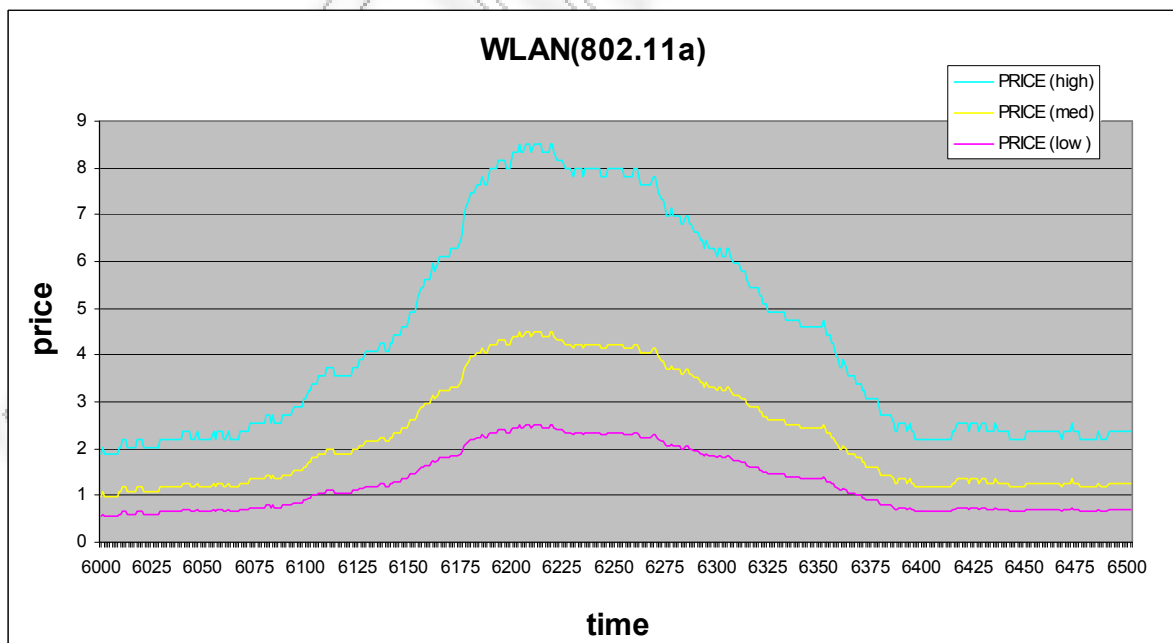
Για την rat UMTS(2), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



Σχήμα 6-60: Prices ανά low, med, high QoS του UMTS(2) –Prediction of DCMS

- **Prices - rat = WLAN(802.11a)**

Για την rat WLAN(802.11a), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:

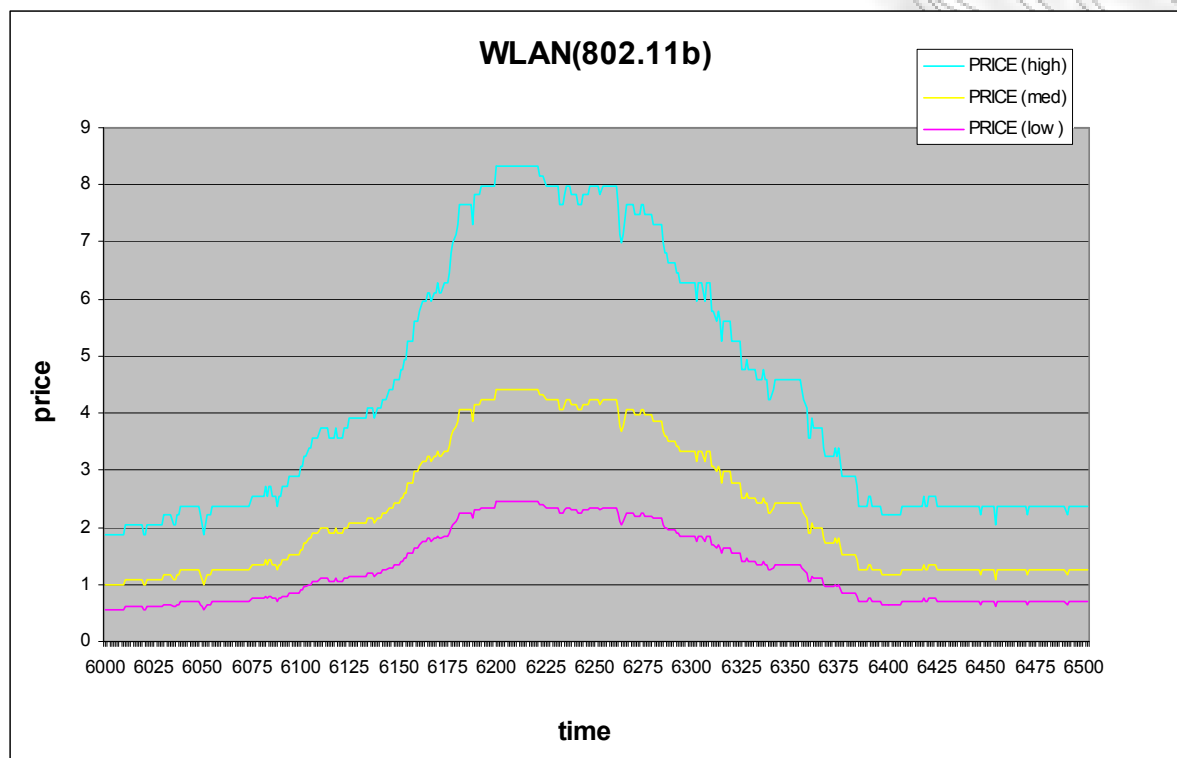


Σχήμα 6-61: Prices ανά low, med, high QoS WLAN(802.11a) –Prediction of DCMS

---

- **Prices - rat = WLAN(802.11b)**

Για την rat WLAN(802.11b), η γραφική παράσταση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και το μέγιστο κόστος ανά low, medium και high quality of service αντίστοιχα, είναι η εξής:



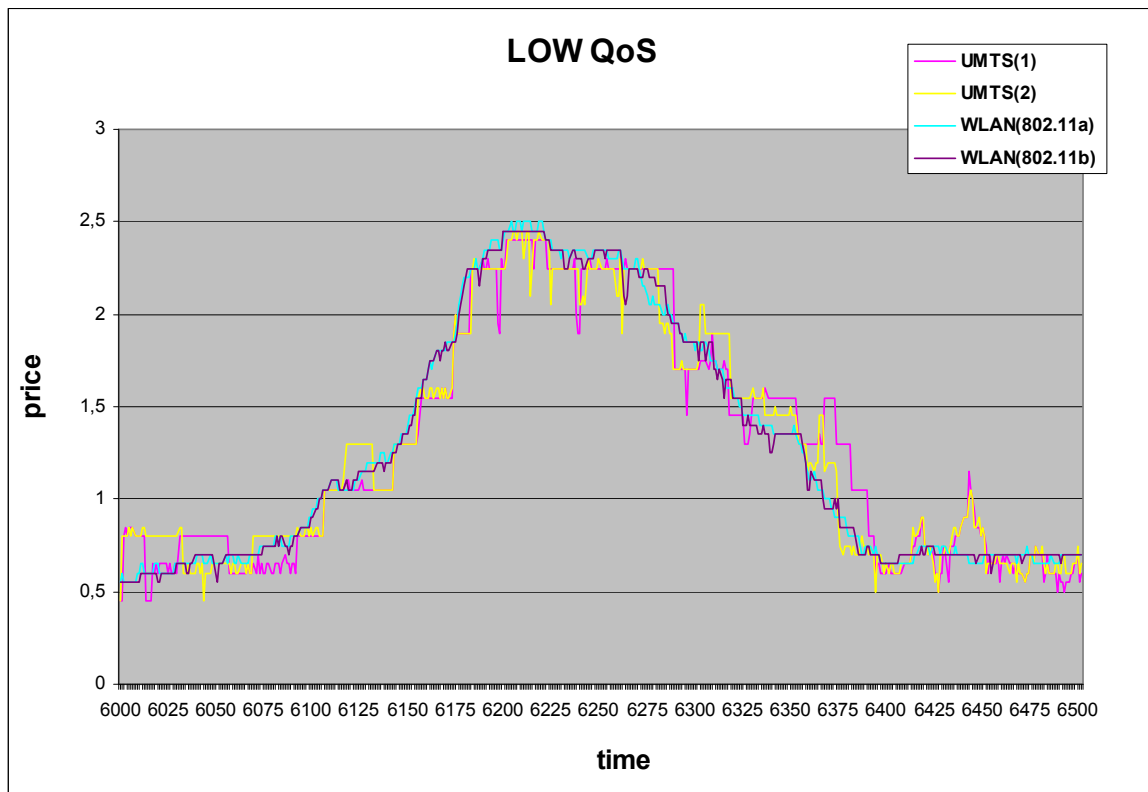
Σχήμα 6-62: Prices ανά low, med, high QoS του WLAN(802.11b) -Prediction of DCMS

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά, τις τιμές χρέωσης των χρηστών του δικτύου, σύμφωνα με το load και τα μέγιστα κόστη ανά low, medium και high quality of service, συγκεντρωτικά όλων των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών με το prediction της πλατφόρμας DCMS.

- **PRICES ANA QoS**

- **Low Prices**

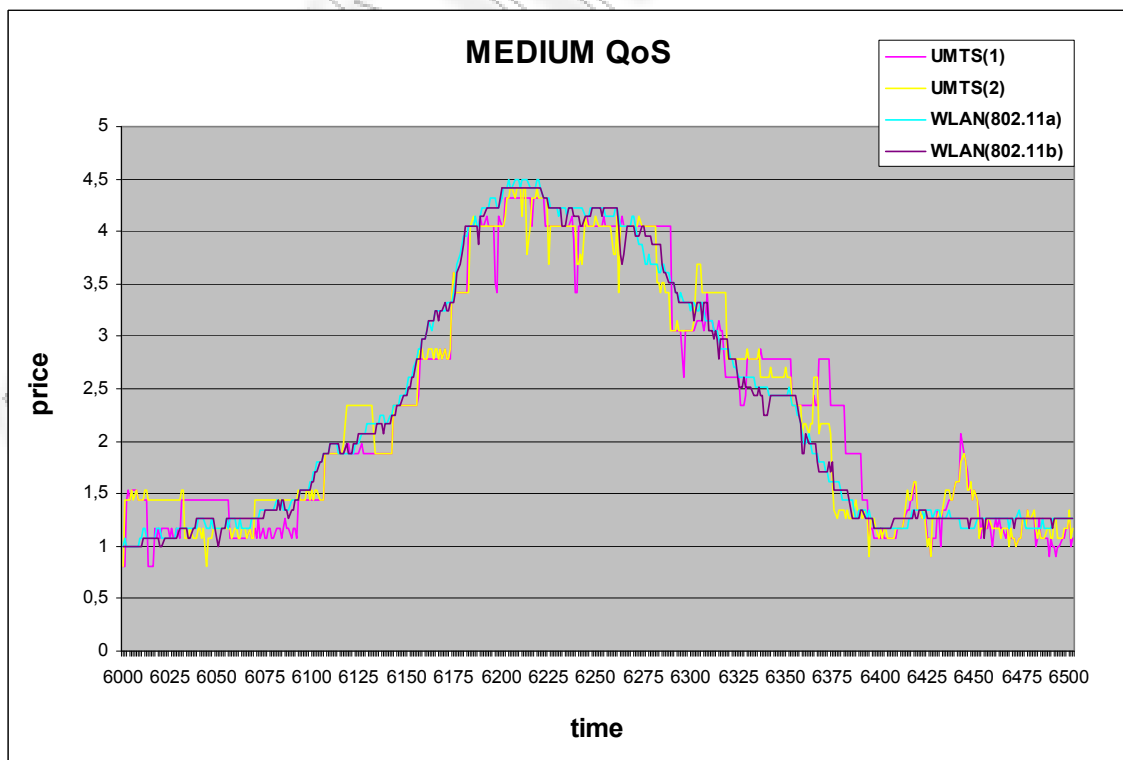
Η γραφική παράσταση για τα low prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-63: Low QoS Prices ανά rat-Prediction of DCMS

▪ **Medium Prices**

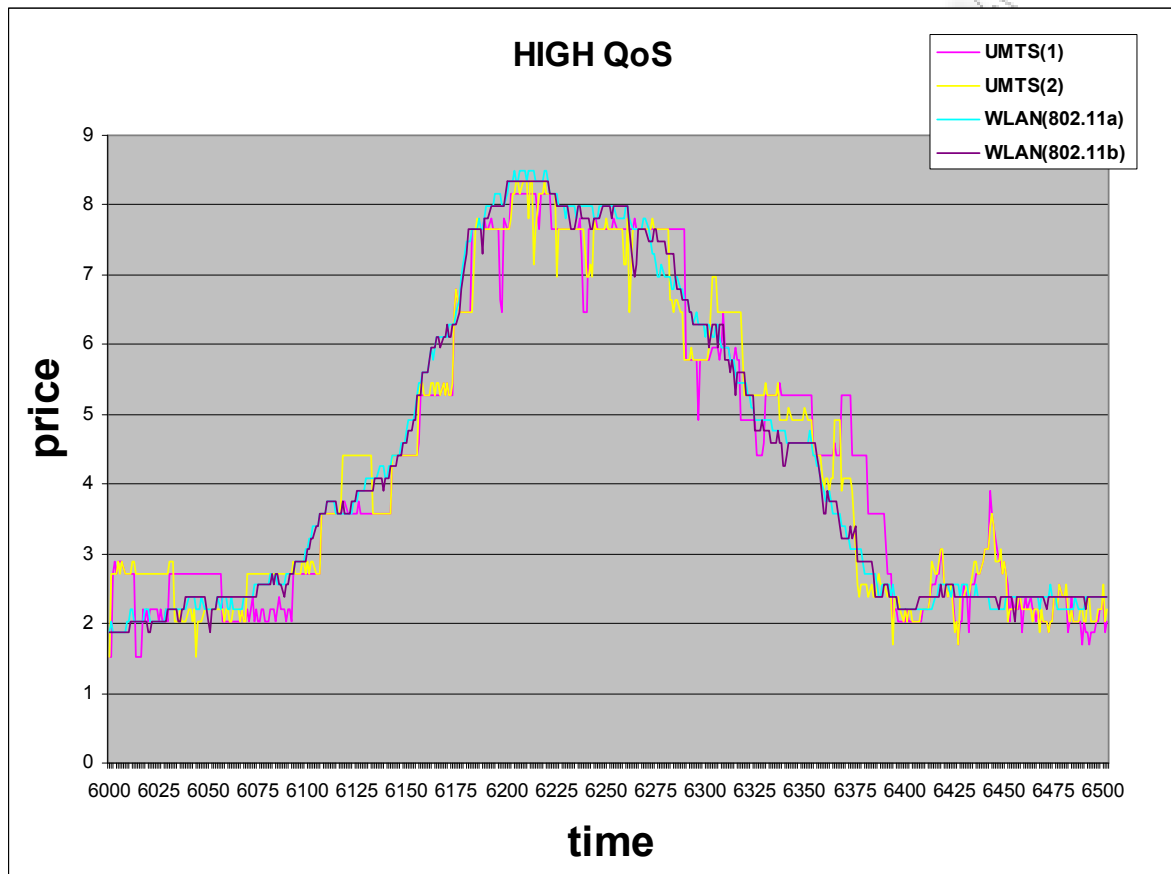
Η γραφική παράσταση για τα medium prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-64: Medium QoS Prices ανά rat-Prediction of DCMS

- **High Prices**

Η γραφική παράσταση για τα high prices ανά rat είναι η εξής:



Σχήμα 6-65: High QoS Prices ανά rat-Prediction of DCMS

Μελετώντας τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι μέσω του prediction του DCMS πραγματοποιείται μια ισοροπία όσον αφορά στο load των τεχνολογιών του δικτύου. Ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να μοιράζει αρμονικά την κίνηση στο δίκτυό του και να πετυχαίνει load balancing. Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου χρέωσης αυτής είναι ότι πραγματοποιείται ακόμη πιο δυναμική ανάθεση των τιμών χρέωσης των χρηστών του δικτύου. Για αυτό το λόγο μπορεί να χρησιμοποιείται τη στιγμή που ο χρήστης /πελάτης αιτείται μια υπηρεσία από το δίκτυο. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει το prediction της πλατφόρμας DCMS είναι ότι στην κοστολόγηση των χρηστών συμπεριλαμβάνεται και το capacity της υπηρεσίας  $s$  που αιτείται ο χρήστης από το δίκτυο. Για αυτό το λόγο πρόκειται για μια ακόμη πιο δυναμική ανάθεση των τιμών χρέωσης των χρηστών.

Παρατηρούμε ότι οι τιμές χρέωσης των χρηστών αυξάνονται ή μειώνονται ανάλογα με το load της τεχνολογίας του δικτύου, με αποτέλεσμα όταν το load μιας τεχνολογίας αυξάνει, τότε αυξάνονται οι τιμές χρέωσης και όταν το load είναι χαμηλότερο και οι τιμές χρέωσης είναι χαμηλότερες. Το σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι με αυτό τον τρόπο οι επόμενοι χρήστες που εισέρχονται στο δίκτυο ενθαρρύνονται και οδηγούνται να χρησιμοποιήσουν τεχνολογίες με χαμηλότερες

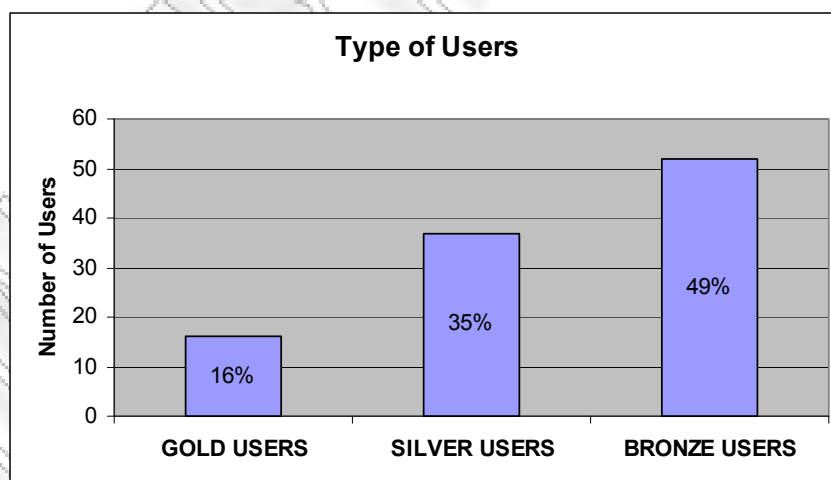
τιμές χρέωσης και κατά συνέπεια χαμηλότερο load. Κατά συνέπεια ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται δυναμικά τη χωρητικότητα του δικτύου του (capacity management), γεγονός που είναι πολύ σημαντικό, ιδιαίτερα σε περιόδους συμφόρησης.

### ➤ ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΤΩΝ

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις που ελήφθησαν σχετικά με τα ποσοστά των προφίλ των χρηστών (gold, silver, bronze users) και την ποιότητα υπηρεσίας (low, medium, high qos) με την οποία εξυπηρετήθηκαν οι χρήστες. Στο σημείο, αυτό να υπενθυμίσουμε ότι στο σενάριό μας το ποσοστό των χρηστών που εισήλθαν στο δίκτυο ήταν 15% gold users, 35% silver users και 50% bronze users. Παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα που ελήφθησαν όταν  $\lambda = \mu$  και όταν  $\lambda > \mu$ , μέσω της πλατφόρμας DCMS καθώς και με το prediction του DCMS.

#### ▪ Όταν $\lambda = \mu$ , φυσιολογική ροή κυκλοφορίας (πλατφόρμα DCMS)

Αρχικά για τις χρονικές στιγμές, που ο μέσος αριθμός των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο και αιτούνται υπηρεσίες είναι ίδιος με τον μέσο αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται και αποχωρούν από το δίκτυο (δηλ.  $\lambda = \mu$ ) και κατά τις οποίες το load των τεχνολογιών δεν ήταν πολύ υψηλό αφού δεν υπήρχε ιδιαίτερη μεγάλη κίνηση στο δίκτυο, οι γραφικές παραστάσεις για τα προφίλ των χρηστών εμφανίζονται παρακάτω.



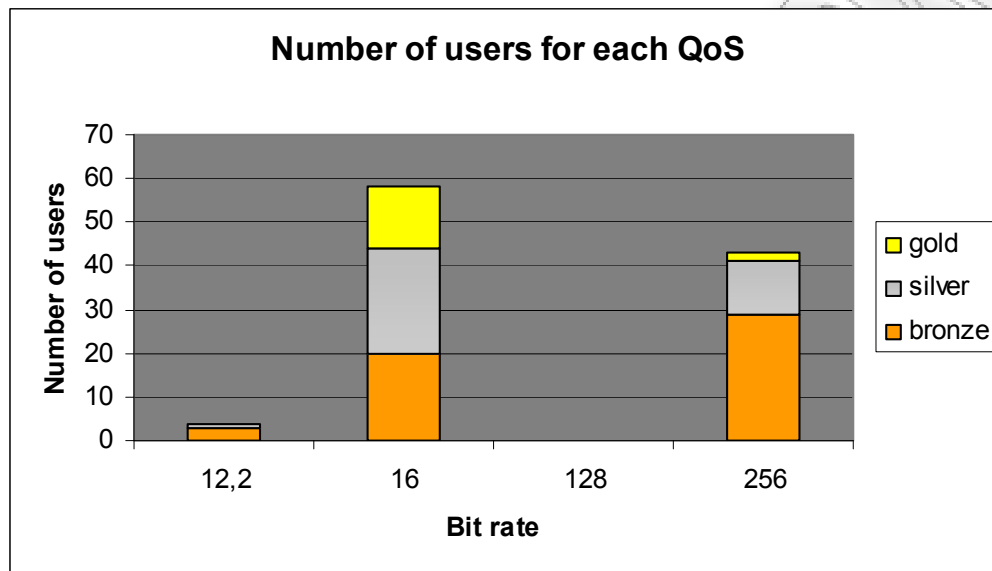
Σχήμα 6-66: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών, όταν  $\lambda = \mu$

Για την χρονική στιγμή που πήραμε snabsots οι μετρήσεις που ελήφθησαν έδειξαν ότι όταν  $\lambda = \mu$ , στο δίκτυο εκείνη τη στιγμή, εξυπηρετούνταν 105 χρήστες, εκ των οποίων 16% χαρακτηρίστηκαν ως gold users, 35% silver users και 49% bronze users. Από

---

την παραπάνω γραφική παράσταση αποδεικνύεται ότι μέσω της πλατφόρμας DCMS τα ποσοστά των προφίλ των χρηστών διατηρήθηκαν σε ιδανικό αρεστό επίπεδο.

Όταν  $\lambda = \mu$ , πρόκειται για μια ροή της κίνησης του δικτύου η οποία είναι σταθερή και δεν υπάρχει αυξημένη κίνηση στο δίκτυο. Η παρακάτω γραφική παράσταση που λαμβάνουμε για την ποιότητα υπηρεσιών που προσφέρθηκε στους χρήστες /πελάτες του δικτύου είναι η εξής.



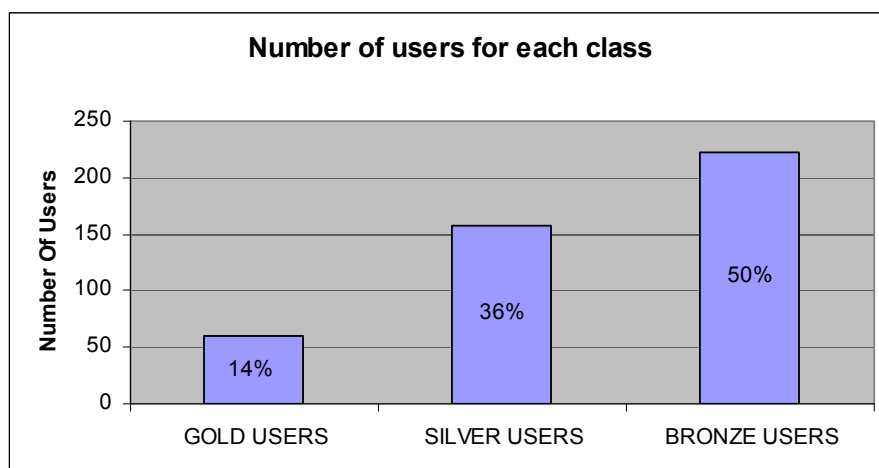
Σχήμα 6-67: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών ανά QoS, όταν  $\lambda = \mu$

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι σε αυτό το σημείο, που ο πάροχος δεν εξυπηρετεί σχετικά πάρα πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών κατορθώνει να εξυπηρετήσει όλους τους gold users με άριστη ποιότητα υπηρεσιών αλλά και παράλληλα πολλούς silver, ακόμη και πολλούς bronze users να τους παρέχει επίσης high qos υπηρεσιών! Παρατηρούμε ότι σχεδόν όλοι οι χρήστες έχουν εξυπηρετηθεί με high qos, πράγμα που είναι απόλυτα αποδεκτό εφόσον το load των τεχνολογιών δεν είναι πολύ υψηλό, δηλαδή δεν υπάρχει ιδιαίτερα αυξημένη κίνηση στο δίκτυο. Μέσω της πλατφόρμας DCMS και από την παραπάνω γραφική απεικόνιση αποδεικνύουμε ότι ο πάροχος μπορεί να κατορθώσει να προσφέρει υπηρεσίες άριστης ποιότητας σχεδόν σε όλους τους χρήστες του δικτύου του. Αποδεικνύεται ότι μέσω της πλατφόρμας DCMS ο πάροχος είναι δυνατό να εξυπηρετήσει εκτός από τους gold users και πάρα πολλούς silver, ακόμα και bronze users με άριστη ποιότητα υπηρεσιών!

- **Όταν  $\lambda > \mu$ , αυξημένη κίνηση στο δίκτυο (πλατφόρμα DCMS)**

Για τις χρονικές στιγμές, που ο μέσος αριθμός των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο είναι πολύ μεγαλύτερος από τον μέσο αριθμό των χρηστών που αποχωρούν από το δίκτυο (δηλ.  $\lambda > \mu$ ), υπάρχει, δηλαδή, αυξημένη κίνηση στο δίκτυο, οι γραφικές παραστάσεις για τα προφίλ των χρηστών είναι οι εξής:

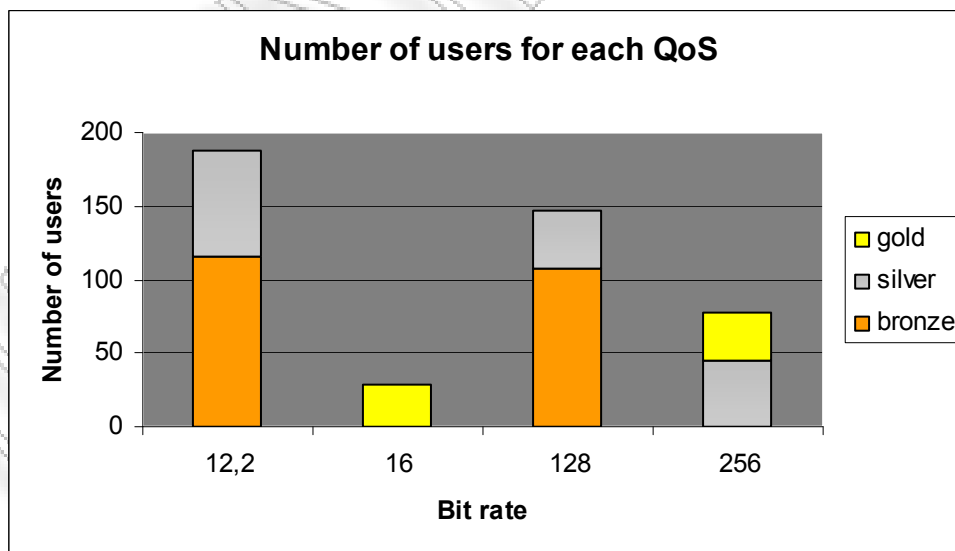




Σχήμα 6-68: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών, όταν  $\lambda > \mu$

Για την χρονική στιγμή που πήραμε snabsots οι μετρήσεις που ελήφθησαν έδειξαν ότι όταν  $\lambda > \mu$ , στο δίκτυο εκείνη τη στιγμή, εξυπηρετούνταν 440 χρήστες, εκ των οποίων 14% χαρακτηρίστηκαν ως gold users, 36% silver users και 50% bronze users. Αποδεικνύεται ότι ακόμη και σε περιπτώσεις πολύ αυξημένης κίνησης, κατά τις οποίες το load των τεχνολογιών ήταν σχετικά υψηλό, τα ποσοστά για τα προφίλ των χρηστών του δικτύου διατηρούνται στα επιθυμητά επίπεδα!

Η γραφική παράσταση για την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών των χρηστών είναι η εξής:



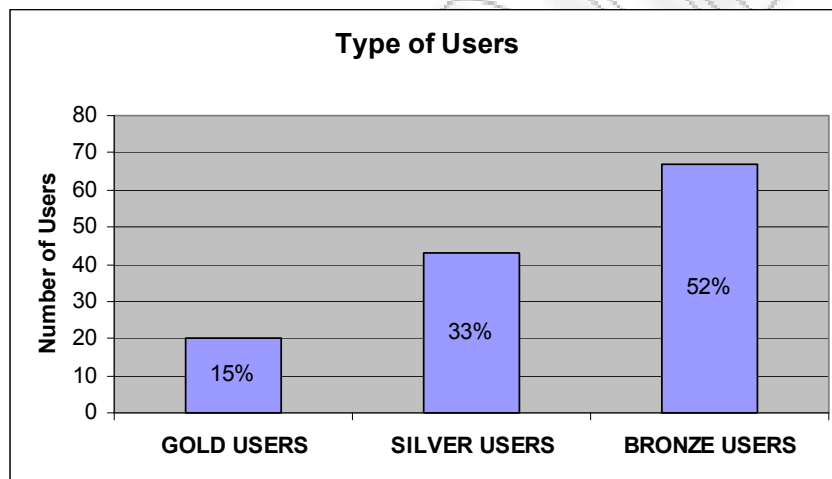
Σχήμα 6-69: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών ανά QoS, όταν  $\lambda > \mu$

Από την παραπάνω γραφική παράσταση, πρώτα από όλα, παρατηρούμε ότι ακόμα και σε συνθήκες αυξημένης κίνησης όλοι οι gold users έχουν εξυπηρετηθεί με άριστη ποιότητα υπηρεσιών. Πρέπει να επισημάνουμε, όμως, ότι ακόμα και υπό αυτές τις

δυσμενείς συνθήκες υπάρχουν κάποιοι silver users οι οποίοι έχουν εξυπηρετηθεί και αυτοί με high qos. Ενώ οι bronze και κάποιοι silver users έχουν εξυπηρετηθεί με medium ή και low qos. Αποδεικνύεται ότι ακόμα και σε περιόδους αυξημένης κίνησης οι gold users θα εξυπηρετηθούν με άριστη ποιότητας υπηρεσίας, ενώ οι bronze και silver users με χαμηλότερη ποιότητα υπηρεσιών, πράγμα που είναι απόλυτα αποδεκτό, τόσο από τον πάροχο όσο και από τους χρήστες /πελάτες του δικτύου.

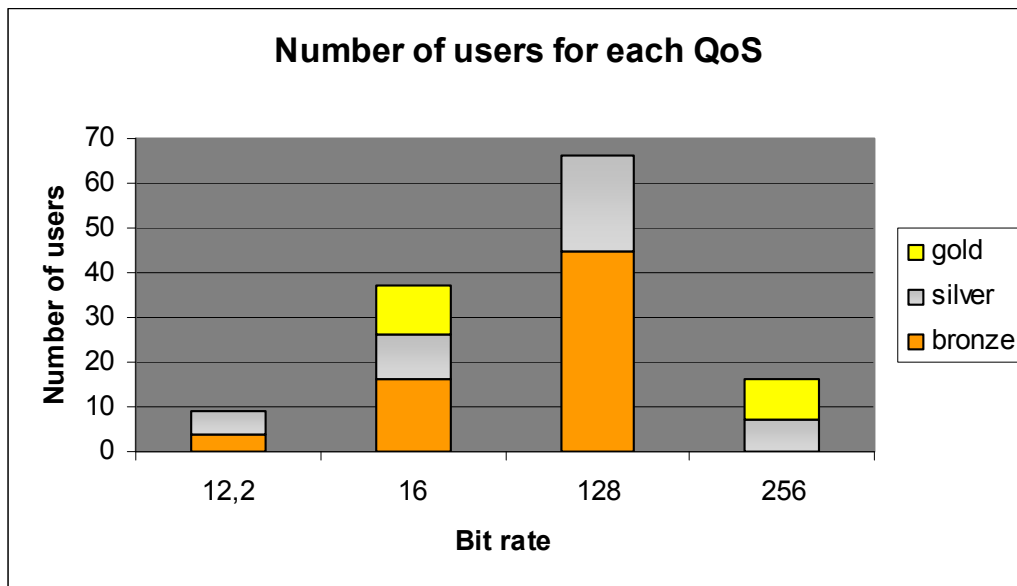
- **Όταν  $\lambda=\mu$ , φυσιολογική ροή κυκλοφορίας -επαναφορά (prediction of DCMS)**

Στην περίπτωση του prediction της πλατφόρμας DCMS, για τις χρονικές στιγμές, που ο μέσος αριθμός των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο είναι περίπου ίδιος με τον μέσο αριθμό των χρηστών που αποχωρούν από το δίκτυο (δηλ.  $\lambda=\mu$ ) και κατά τις οποίες το load των τεχνολογιών είναι σχετικά χαμηλό αφού δεν υπάρχει ιδιαίτερη μεγάλη κίνηση στο δίκτυο, οι γραφικές παραστάσεις για τα ποσοστά των προφίλ των χρηστών είναι οι εξής:



Σχήμα 6-70: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών, όταν  $\lambda=\mu$  (prediction of DCMS)

Για την χρονική στιγμή που πήραμε snabsots οι μετρήσεις που ελήφθησαν έδειξαν ότι όταν  $\lambda=\mu$ , στο δίκτυο εκείνη τη στιγμή, εξυπηρετούνταν 130 χρήστες, εκ των οποίων 15% χαρακτηρίστηκαν ως gold users, 33% silver users και 52% bronze users.

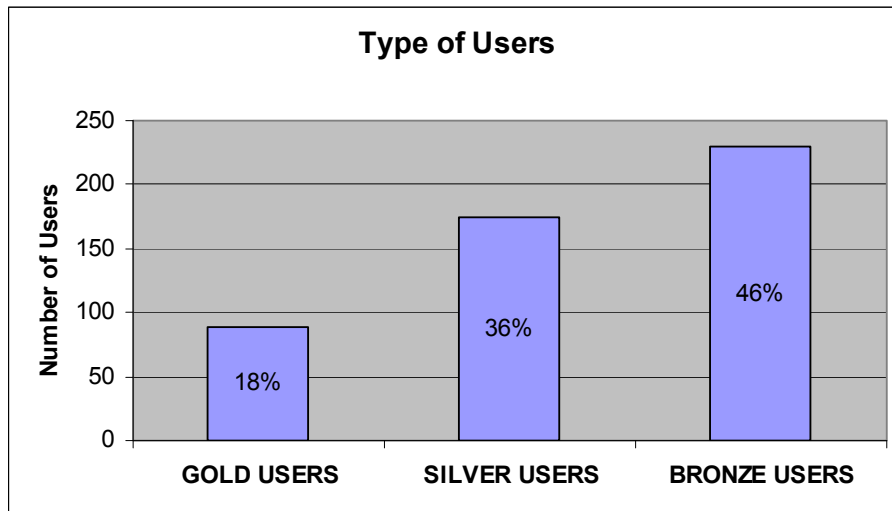


Σχήμα 6-71: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών ανά QoS, όταν  $\lambda=\mu$  (prediction of DCMS)

Από την παραπάνω γραφική παράσταση, παρατηρούμε ότι όταν  $\lambda=\mu$  κατά το prediction της πλατφόρμας DCMS όλοι οι gold χρήστες έχουν εξυπηρετηθεί με high qos, καθώς επίσης και μερικοί silver users, ακόμη και ορισμένοι bronze users, πράγμα που είναι απόλυτα αποδεκτό εφόσον το load των τεχνολογιών είναι σχετικά μικρό, δηλαδή δεν υπάρχει αυξημένη κίνηση στο δίκτυο. Οι bronze users που έχουν εξυπηρετηθεί με high QoS υπηρεσιών είναι οι χρήστες που αιτήθηκαν υπηρεσίες audio call εφόσον το bit rate της υπηρεσίας αυτής δεν είναι σχετικά πολύ υψηλό και άρα ο πάροχος διαχειρίζοντας το load των τεχνολογιών του κατορθώνει, σε ορισμένες περιπτώσεις, να προσφέρει high QoS ακόμη και σε bronze users!

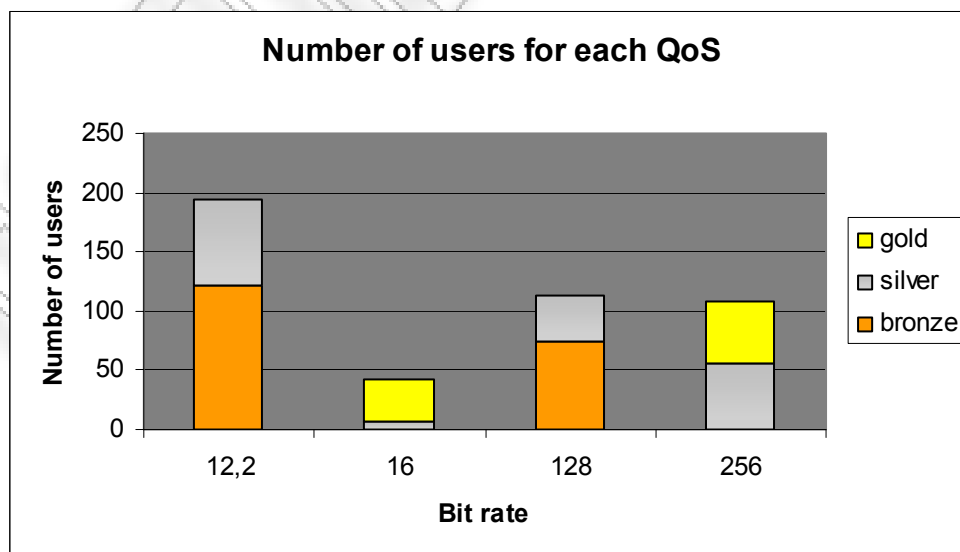
- **Όταν  $\lambda>\mu$ , αυξημένη κίνηση στο δίκτυο (prediction of DCMS)**

Στην περίπτωση του prediction της πλατφόρμας DCMS, για τις χρονικές στιγμές, που ο μέσος αριθμός των χρηστών που εισέρχονται στο δίκτυο είναι μεγαλύτερος από τον μέσο αριθμό των χρηστών που αποχωρούν από το δίκτυο (δηλ.  $\lambda>\mu$ ) και κατά τις οποίες το load των τεχνολογιών είναι σχετικά υψηλό, υπάρχει, δηλαδή, αυξημένη κίνηση στο δίκτυο, οι γραφικές παραστάσεις για τα προφίλ των χρηστών διαμορφώνονται οι εξής:



Σχήμα 6-72: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών, όταν  $\lambda > \mu$  (prediction of DCMS)

Για την χρονική στιγμή που πήραμε snabsots οι μετρήσεις που ελήφθησαν έδειξαν ότι όταν  $\lambda > \mu$ , στο δίκτυο εκείνη τη στιγμή, εξυπηρετούνταν 493 χρήστες, εκ των οποίων 18% χαρακτηρίστηκαν ως gold users, 36% silver users και 46% bronze users. Από την παραπάνω γραφική παράσταση, παρατηρούμε ότι σε περιπτώσεις που η κίνηση του δικτύου έχει αυξηθεί πάρα πολύ (το load των τεχνολογιών είναι περίπου 0,65) το σύστημα, για τις τεχνολογίες αυτές με αυξημένη κίνηση, ανεβάζει τις τιμές χρέωσης με αποτέλεσμα οι bronze users να αποτρέπονται να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες αυτές. Πράγμα που αποδεικνύεται από τα ποσοστά των χρηστών, 18% οι gold users, 35% οι silver users και 46% οι bronze users, το ποσοστό των bronze users είναι τώρα μικρότερο, δηλαδή οι χρήστες με προφίλ bronze class αποτρέπονται να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες οι οποίες έχουν αυξημένη κίνηση.



Σχήμα 6-73: Ραβδόγραμμα κατανομής προφίλ χρηστών ανά QoS, όταν  $\lambda > \mu$  (prediction of DCMS)

---

Παρατηρούμε ότι σε περιόδους με πολύ αυξημένη κίνηση ο πάροχος κατορθώνει να εξυπηρετήσει σίγουρα τους gold users με άριστη ποιότητα υπηρεσιών και ακόμα και σε μερικούς silver users να παρέχει άριστη ποιότητα υπηρεσιών!!

Από όλες τις παραπάνω μετρήσεις αποδείξαμε πρακτικά, ότι μέσω της πλατφόρμας DCMS ο πάροχος κατορθώνει να διαχειρίζεται τη χωρητικότητα των τεχνολογιών του δικτύου του, καθώς και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Μέσω του μοντέλου DCMS σημειώνεται μια ισορροπία (capacity balancing) όλων των τεχνολογιών που διαθέτει στο σύστημά του. Σε καμιά περίπτωση δεν θα υπάρξει τεχνολογία ιδιαίτερα υπερφορτωμένη και κάποια άλλη σχεδόν άδεια, όπως μπορεί να συμβεί σε άλλα συστήματα. Είδαμε ότι σε περιπτώσεις πολύ αυξημένης κίνησης οι gold users θα εξυπηρετηθούν σίγουρα με άριστη ποιότητα υπηρεσιών. Ενώ σε περιπτώσεις που το load των τεχνολογιών που διαθέτει ο πάροχος, δεν είναι σχετικά πολύ υψηλό, είναι δυνατό ακόμη και οι silver users αλλά και κάποιοι bronze users να εξυπηρετηθούν με άριστη ποιότητα υπηρεσιών!

#### 6.4.4 Συμπεράσματα

Το *flat rate pricing* που έχει επικρατήσει κυρίως σήμερα και προβλέπει ένα σταθερό μηνιαίο τέλος, το οποίο καταβάλλεται από τον τελικό χρήστη που χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο πακέτο αμφίδρομων υπηρεσιών, δεν προσφέρει την ευελιξία που αναζητούν αρκετοί συνδρομητές που χρησιμοποιούν πληθώρα υπηρεσιών. Το μοντέλο αυτό χρέωσης, δεν μπορεί να παρέχει κανέναν οικονομικό μηχανισμό ελέγχου της συμφόρησης για την κατανομή του εύρους ζώνης. Επιπλέον, δεν επιτρέπει στους χρήστες να γνωστοποιήσουν τις προτιμήσεις τους, όλοι οι χρήστες αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο, παρόλο που διαφορετικοί χρήστες μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικές εφαρμογές ή να δίνουν διαφορετική αξία στην ίδια υπηρεσία και έτσι δεν υπάρχει το κίνητρο για την προσαρμογή της παρεχόμενης υπηρεσίας με βάση τις απαιτήσεις των χρηστών. Οι παραπάνω περιορισμοί έχουν σαν αποτέλεσμα τη συμφόρηση του δικτύου του οποίου οι πόροι χρησιμοποιούνται τελικά κατά τρόπο που δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών και την υποβάθμιση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Οι παραπάνω λόγοι οδηγούν στο σχεδιασμό και την εφαρμογή δυναμικών πολιτικών χρέωσης κάτω από τις οποίες οι επιχειρήσεις που κοστολογούν τους πελάτες τους με τη συγκεκριμένη πολιτική χρέωσης θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψουν το συνολικό μέγιστο εύρος ζώνης που έχουν εγγυηθεί σε όλους τους πελάτες τους. Δηλαδή, θα πρέπει να μπορούν να ικανοποιήσουν όλους τους χρήστες /πελάτες τους αν όλοι αυτοί θελήσουν την ίδια χρονική στιγμή να μεταδώσουν πληροφορία με το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που τους έχουν εγγυηθεί προκειμένου να επιβεβαιωθεί η αξιοπιστία της επιχείρησης. Επιπρόσθετα, οι χρήστες θέλουν να αισθάνονται ασφάλεια και να είναι σίγουροι ότι θα ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις τους μέσα στα πλαίσια του συμβολαίου που έχουν υπογράψει.

Καθώς, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το IP έχουν αρχίσει πλέον να έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σε bandwidth, έχει γίνει επιτακτική η ανάγκη για ανάπτυξη σχημάτων τα οποία να εγγυώνται Quality of Service σε IP δίκτυα. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι νέες προκλήσεις που εμφανίστηκαν τόσο με τη μορφή των νέων εφαρμογών όσο και με τη μορφή των νέων απαιτήσεων δημιουργήθηκαν κατηγορίες

---

εξυπηρέτησης για κάθε εφαρμογή. Έτσι, η ύπαρξη αυτής της κατηγοριοποίησης επιβάλλει την πολιτική χρέωσης που θα δίνει για παράδειγμα διαφορετικό βάρος σε μία εφαρμογή τηλεδιάσκεψης και διαφορετικό βάρος όταν πρόκειται για την αποστολή ενός απλού μηνύματος με τη χρήση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Στο προτεινόμενο σχήμα χρέωσης, που παρουσιάσαμε στις προηγούμενες ενότητες, η τιμολόγηση είναι η κύρια μέθοδος διαχείρισης της κίνησης και της συμφόρησης στο δίκτυο, η οποία τελικά καθορίζει, επηρεάζοντας τις απαιτήσεις του χρήστη και την ποιότητα υπηρεσίας. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποτελεί, κατά τη γνώμη μας, μια αισιόδοξη άποψη για το μέλλον της ασύρματης δικτύωσης. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, βασικός ρόλος ενός σχήματος χρέωσης δεν πρέπει να είναι μόνο να καλύπτει τα έξοδα ενός NSP - ISP (cost recovery) και να του αποφέρει και ορισμένα κέρδη, αλλά επίσης να επηρεάζει τον τρόπο που οι πελάτες (χρήστες) χρησιμοποιούν το δίκτυο και παράλληλα να ελέγχει την χρήση των πόρων του δικτύου. Βασικός ρόλος του, πέρα από την κάλυψη των εξόδων των παρόχων, είναι η αποτελεσματική αντιμετώπιση της συμφόρησης, μέσω της ιδιότητας της συμβατότητας κινήτρων που αποφέρει πιο οικονομικά αποδοτική χρήση του δικτύου. Το σχήμα τιμολόγησης που προτείνουμε δίνει τα σωστά κίνητρα ώστε οι χρήστες να κάνουν, από μια οικονομική πλευρά, αποδοτική χρήση των πόρων του δικτύου. Με την αύξηση ή μείωση των τιμών χρέωσης των τεχνολογιών του δικτύου ανάλογα με το αν η χωρητικότητα είναι αυξημένη ή όχι, ο πάροχος κατορθώνει να καθοδηγεί τους χρήστες σε συγκεκριμένες τεχνολογίες, έτσι μειώνονται οι αρνητικές επιπτώσεις που έχει η συμφόρηση. Οι διαδικασίες της τιμολόγησης, είναι αποδοτικές, και λαμβάνουν υπ' όψη τα χαρακτηριστικά των δικτύων στα οποία εφαρμόζονται, όπως η μεταφορά πληροφορίας με διαφορετικά χαρακτηριστικά (που μπορεί να μεταβάλλονται με το χρόνο) καθώς και τις διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών σε ποιότητα εξυπηρέτησης, QoS, όπως και την υποστήριξη υπηρεσιών με διαφορετική φιλοσοφία στην παροχή τους.

*Συνοπτικά αναφέρουμε παρακάτω τα βασικότερα πλεονεκτήματα που μπορούμε να αποκομίσουμε, τόσο για τον πάροχο όσο και για τους χρήστες /πελάτες του δικτύου μέσω του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης:*

- Οι τιμές αποφέρουν αποδοτική διαχείριση φόρτου (load management) επανακατανέμοντας τον φόρτο από τους υψηλά στους ελαφρώς φορτωμένους κόμβους του δικτύου. Δυναμική διαχείριση της χωρητικότητας (capacity management) του δικτύου, γεγονός που το καθιστά ακόμη πιο σημαντικό σε περιόδους συμφόρησης.
- Υπάρχουν πολλαπλές προτεραιότητες και το σχήμα χρέωσης λαμβάνει υπόψη του τα διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας (QoS levels) που απαιτούνται από διαφορετικές εφαρμογές και χρήστες. Σε καταστάσεις συμφόρησης οι αιτήσεις των χρηστών θα αντιμετωπίζονται ανάλογα με τον βαθμό προτεραιότητας που έχουν (gold, silver, bronze users), οδηγώντας έτσι στη δημιουργία ποικιλίας επιπέδων υπηρεσιών.
- Δυναμική διαχείριση επιπέδων ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών. Επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοποίηση των πόρων των δικτύων, αποτρέπονται

---

φαινόμενα συμφόρησης και αυξάνεται η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

- Οι χρήστες έχουν κίνητρα να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένοι στην τιμή που πληρώνουν και παράλληλα οι φορείς παροχής υπηρεσιών (NSPs - ISPs) έχουν κίνητρα να παρέχουν την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) με βάση τα κέρδη που αποκομίζουν.

*Γενικότερα το προτεινόμενο σχήμα χρέωσης έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά, τα οποία διαχωρίζονται σε αυτά που ενδιαφέρουν τους χρήστες και αυτά που ενδιαφέρουν άμεσα έναν φορέα παροχής δικτυακών υπηρεσιών:*

#### **Για τους χρήστες:**

- *Απλότητα /Φιλικότητα Χρήστη:* ο τρόπος χρέωσης είναι κατανοητός από τον χρήστη και ο καθένας γνωρίζει, ότι ανάλογα με την συμφωνία που έχει κάνει με τον πάροχο, θα έχει και το ανάλογο κόστος.
- *Δικαιοσύνη:* οι τιμές αντικατοπτρίζουν τη σχετική χρήση των πόρων των χρηστών, έτσι ώστε παρόμοιες υπηρεσίες να χρεώνονται το ίδιο, ενώ ένας χρήστης που κάνει μικρότερη (μεγαλύτερη) χρήση του δικτύου, αναλόγως να χρεώνεται και λιγότερο (περισσότερο).
- *Διαφάνεια:* η υλοποίηση του σχήματος χρέωσης δεν «φαίνεται» στον πελάτη ενός NSP ή ISP και δεν τον «ενοχλεί» με διάφορους τρόπους κατά τη χρήση των δικτυακών υπηρεσιών που του προσφέρονται. Το όλο σχήμα, δηλαδή, είναι «σαν να μην υπάρχει» για τον συνδρομητή του NSP ή ISP, όταν αυτός κάνει χρήση του δικτύου.
- Είναι δυνατό, σε κάποιες περιπτώσεις κάποιοι silver ή και ακόμα και bronze users να εξυπηρετούνται με άριστη ποιότητα υπηρεσιών (high qos), χωρίς να επιβαρύνονται φυσικά οι gold users, ενώ ακόμη και σε περιόδους συμφόρησης όλοι οι gold users σίγουρα εξυπηρετούνται με high qos.

#### **Για τους φορείς παροχής δικτυακών υπηρεσιών:**

- *Κάλυψη εξόδων (cost recovery) και δημιουργία κερδών:* όπως έχουμε ήδη αναφέρει πρόκειται για πρωταρχική απαίτηση των NSPs και ISPs.
- *Χαμηλό κόστος υλοποίησης του συστήματος λογιστικής, δηλαδή υπολογισμού των τιμών (low accounting overhead costs):* ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα, γιατί διαφορετικά, τα κέρδη που αποκομίζονται από την εφαρμογή της μεθόδου χρέωσης θα αναιρούνται από τα υψηλά κόστη υλοποίησης και ο NSP ή ISP συνολικά δεν θα έχει πετύχει τίποτα.

- 
- *Δυναμική διαχείριση χωρητικότητας:* Ο πάροχος έχει το σημαντικό πλεονέκτημα να καθοδηγεί τους νέους χρήστες σε συγκεκριμένες τεχνολογίες. Έτσι, σε περιόδους συμφόρησης, όταν παρατηρεί αυξημένη χωρητικότητα σε μια τεχνολογία δικτύου αυτόματα αυξάνει τις τιμές χρέωσης για την τεχνολογία αυτή και μειώνει τις τιμές χρέωσης των υπόλοιπων διαθέσιμων τεχνολογιών. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να καθοδηγεί τους χρήστες να χρησιμοποιούν συγκεκριμένες τεχνολογίες, με σκοπό την αντιμετώπιση της συμφόρησης στο δίκτυό του.
  - *Δυναμική διαχείριση των τιμών χρέωσης των χρηστών /πελατών του δικτύου.*
  - *Κίνητρα στους χρήστες για αποτελεσματική, από οικονομική άποψη, χρήση των πόρων του δικτύου:* αυτή η απαίτηση ικανοποιείται αφού το σχήμα χρέωσης έχει την ιδιότητα της συμβατότητας κινήτρων (incentive combatibility).
  - Ο πάροχος κατορθώνει να έχει πάντα μια ισοκατανομή του φόρτου των τεχνολογιών του δικτύου που διαθέτει. Όταν ο πάροχος διαθέτει έναν αριθμό τεχνολογιών που μπορούν εξυπηρετήσουν τους πελάτες του, σε καμία περίπτωση δε θα υπάρξει στιγμή που μία τεχνολογία είναι ιδιαίτερα υπερφορτωμένη και κάποια άλλη όχι. Αποτέλεσμα αυτού είναι η καλύτερη απόδοση του δικτύου.
  - *Διαφάνεια:* Οι πελάτες δεν διακρίνουν διαφορές στην ποιότητα και άρα τις διαφορετικές τιμές κόστους στις παρεχόμενες υπηρεσίες.
  - *Ευελιξία:* μπορεί να χρησιμοποιείται το σχήμα χρέωσης για υπηρεσίες με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας εξυπηρέτησης (QoS requirements).

## 6.5 Σύνοψη

Ενώ το θέμα της χρέωσης ακούγεται εκ πρώτης όψεως απλό και κατανοητό, ο πραγματικά μεγάλος όγκος εργασιών που έχει γίνει και κυρίως οι διαφορετικές υποθέσεις που γίνονται και η διαφορετική οπτική γωνία από την οποία βλέπει καθένας στην εργασία του τη χρέωση, είναι πολύ πιθανό να μπερδέψουν κάποιον αρχάριο πάνω στο θέμα (και όχι μόνο), δημιουργώντας του την εντύπωση πως κάθε μια, από τις πραγματικά πάρα πολλές εργασίες-προτάσεις, αποτελεί από μόνη της και μια σχεδόν ειδική, τελείως ανεξάρτητη, περίπτωση.

Ήδη υπάρχει πληθώρα τεχνολογιών για την υλοποίηση κινητών δικτύων τόσο σε μικρή κλίμακα (Bluetooth, IEEE 802.11 κλπ) όσο και σε ευρεία κλίμακα (GPRS,UMTS). Βασικό χαρακτηριστικό των κινητών δικτύων (Alexiou, Mpouras and Igglesis, 2005) είναι το συνεχώς μεταβαλλόμενο δικτυακό περιβάλλον, πράγμα που σημαίνει ότι οι δικτυακοί πόροι οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στις εφαρμογές ενός κόμβου κινητού δικτύου μπορούν να μεταβληθούν πολύ γρήγορα και οι εφαρμογές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους το γεγονός αυτό. Σε αυτό το κεφάλαιο, λαμβάνοντας υπόψη, την αφθονία των υπαρχουσών τεχνολογιών των κινητών δικτύων παρουσιάσαμε ένα προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης ασύρματων δικτυακών υπηρεσιών, βάσει του οποίου, μάλιστα σε περιόδους συμφόρησης, οι τιμές επρόκειτο να αποφέρουν αποδοτική διαχείριση φόρτου (load management) επανακατανέμοντας



---

τον φόρτο από τους υψηλά στους ελαφρώς φορτωμένους κόμβους του δικτύου και επίτευξη δυναμικής διαχείρισης της χωρητικότητας του δικτύου, μέσω της πλατφόρμας DCMS που παρουσιάσαμε.

Συνοπτικά, παρουσιάστηκε μία γενική ευέλικτη μεθοδολογία, η οποία βασίζεται σε μία προκαθορισμένη βασική δομή (σταθερό και μεταβλητό τιμολόγιο), λαμβάνοντας υπόψη κάποιες περισσότερο και κάποιες λιγότερο σημαντικές παραμέτρους, εστιάζοντας κυρίως στη χρήση του δικτύου. Το μοντέλο αυτό μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στους ειδικούς σκοπούς και τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε δικτύου (αριθμός κόμβων, αριθμό χρηστών κ.λ.π.), προσθέτοντας ή αφαιρώντας κάποιες παραμέτρους ή αλλάζοντας τους συντελεστές βαρύτητας.

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

---

## 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑΣ

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

---

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Η πιο σημαίνουσα τάση στην τεχνολογία σε παγκόσμιο επίπεδο τα τελευταία χρόνια είναι αδιαμφισβήτητα το Internet, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη και εξάπλωση της κινητής τηλεφωνίας. Στις αρχές του 21ου αιώνα η νέα παγκόσμια τάση που διαμορφώνεται, είναι η “επικοινωνία οπουδήποτε και οποτεδήποτε”. Η σύγκλιση των δύο αυτών τεχνολογιών διαμορφώνει το παγκόσμιο σκηνικό, καθιστώντας το Internet κινητό. Οι προβλέψεις σε ευρωπαϊκό αλλά και ελληνικό επίπεδο για την εξέλιξη και την ανάπτυξη της κινητής τηλεφωνίας και του Internet δείχνουν ότι οι δύο αυτοί κλάδοι είναι οι ταχύτερα αναπτυσσόμενες αγορές της τηλεπικοινωνιακής βιομηχανίας μέσα στα επόμενα 10 έτη. Έρευνες έχουν δείξει ότι μέχρι το 2010 το 50% των χρηστών κινητών τηλεφώνων θα χρησιμοποιεί και το Internet μέσω κινητού. Η εξέλιξη αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι με την υποδομή της κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς UMTS η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων γίνεται 200 φορές πιο γρήγορη. Η νέα αυτή τάση αντιπροσωπεύει την πραγματοποίηση του οράματος “από την εύκολη πρόσβαση στην πληροφορία μέσω Η/Υ” στην πρόσβαση στην “πληροφορία και επικοινωνία οπουδήποτε και οποτεδήποτε”. Η εμφάνιση της ασύρματης και κινητής τεχνολογίας έχει δημιουργήσει νέες ευκαιρίες αλλά και νέες προκλήσεις για την επιχειρησιακή κοινότητα. Το αντίκτυπο αυτών στη σχέση μεταξύ πελατών και προμηθευτών όσον αφορά στην παροχή πληθώρας αγαθών και αφθονίας υπηρεσιών είναι εμφανές.

Ήδη έχει αρχίσει να δημιουργείται μια σειρά υπηρεσιών, όπως ηλεκτρονικές συναλλαγές, χρηματιστηριακές συναλλαγές και e-banking. Οι τράπεζες συμμετέχουν δυναμικά στο mobile business, μιας και όλα δείχνουν ότι ο κυβερνοχώρος δημιουργεί ένα νέο δίκτυο διανομής για την προώθηση των τραπεζικών προϊόντων. Άλλες περιοχές ανάπτυξης, που ήδη διαφαίνονται, είναι ενημερωτικές ή και ψυχαγωγικές, ενώ, παράλληλα, αναπτύσσονται και νέες επιχειρηματικές δραστηριότητες, όπως οι καθετοποιημένες πύλες (vortals-vertical portals). Η διάθεση των προϊόντων και των υπηρεσιών καθίσταται πλέον προσιτή μέσα από το Internet και, κατ’ επέκταση, μέσω των κινητών τερματικών. Με τον τρόπο αυτό, η πληροφόρηση και η επικοινωνία είναι άμεση, γρήγορη και διαθέσιμη από παντού και οποιαδήποτε στιγμή. Επιπρόσθετα, η ταχύτητα και ο δυναμισμός προσφέρουν συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τον ανταγωνισμό, ανεξάρτητα από το μέγεθος της επιχείρησης.

Μέσα από αυτή την πληθώρα τεχνολογιών και τη σύγκλιση internet και κινητών τερματικών είναι επιτακτική η ανάγκη ενός αποδοτικού και αποτελεσματικού σχήματος χρέωσης των χρηστών! Αποτελεσματικό σχήμα χρέωσης θα είναι όταν, εκ των άλλων, μπορεί να αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τον μεγαλύτερο κίνδυνο, την συμφόρηση. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, κατά πρώτο λόγο, μας δόθηκε η ευκαιρία να διερευνήσουμε όλους τους λόγους για τους οποίους η τιμολόγηση δικτυακών υπηρεσιών είναι απαραίτητη στα σημερινά δίκτυα υπολογιστών. Διαπιστώσαμε πως ένας από αυτούς είναι η συμφόρηση που τα τελευταία χρόνια έχει πάρει αρκετά μεγάλες διαστάσεις ιδιαίτερα, στο Internet. Η πραγματικότητα αυτή σε συνδυασμό με την επίσης κοινή διαπίστωση ότι το σημερινό σχήμα τιμολόγησης ενιαίου-τέλους (flat-rate pricing) που γενικά έχει επικρατήσει στο Internet είναι αρκετά προβληματικό, τουλάχιστον σε όρους αποδοτικής λειτουργίας του από οικονομικής απόψεως, είχε σαν αποτέλεσμα ο κλάδος της τιμολόγησης

---

δικτυακών υπηρεσιών να αποκτήσει σταδιακά μια αρκετά μεγάλη δημοτικότητα μέσα στα όρια της επιστημονικής κοινότητας και όχι μόνο. Η σημαντικότερη απαίτηση χρηστών είναι η ανάγκη για απλή από κάθε άποψη τιμολόγηση. Η ιστορία των τηλεπικοινωνιών ρητά υποδεικνύει σε μας ότι η σταδιακή πτώση των τιμών για τις παρεχόμενες υπηρεσίες και η αύξηση της χρήσης, απομακρύνουν την ισορροπία από την ανάγκη τμηματοποίησης της αγοράς, εξαγωγή των μέγιστων εσόδων και μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας χρησιμοποίησης, πράγματα στα οποία ως επί το πλείστον στοχεύουν οι περισσότερες προτάσεις τιμολόγησης. Αντιθέτως όλα αυτά έρχονται σε σύγκρουση με την ισχυρή προτίμηση των χρηστών για απλότητα, η οποία τελικά «νικάει» και επικρατεί στα περισσότερα σημεία. Στα σημεία λοιπόν στα οποία δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα σχήμα καθαρής ενιαίου-τέλους τιμολόγησης, θα μπορούσε να προβλέψει κανείς πως οι πολιτικές που θα επικρατήσουν δεν θα έχουν ως πρωταρχικό στόχο την επίτευξη υψηλής αποδοτικότητας αλλά την συμφωνία με τις προτιμήσεις των χρηστών για απλότητα.

Διαπιστώσαμε, ότι τα αποδοτικά σχήματα χρέωσης μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο που οι χρήστες /πελάτες χρησιμοποιούν το δίκτυο. Ο ρόλος της χρέωσης είναι δυνατό να προσφέρει τα σωστά κίνητρα για χρήση των πόρων του δικτύου κατά οικονομικά δίκαιο και ορθολογικό τρόπο και σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες των χρηστών. Λαμβάνοντας υπόψη, την αφθονία των υπάρχουσών τεχνολογιών των κινητών δικτύων και ύστερα από τη μελέτη ποικίλων μοντέλων χρέωσης που πραγματοποιήσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια, παρουσιάσαμε ένα προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα adaptive δίκτυα υψηλών ταχυτήτων, βάσει του οποίου, μάλιστα σε περιόδους συμφόρησης, οι τιμές επρόκειτο να αποφέρουν αποδοτική διαχείριση φόρτου (load management) επανακατανέμοντας τον φόρτο από τους υψηλά στους ελαφρώς φορτωμένους κόμβους του δικτύου και επίτευξης δυναμικής διαχείρισης της χωρητικότητας του δικτύου, μέσω της πλατφόρμας DCMS που αναπτύξαμε. Το προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης σχεδιάστηκε με τρόπο τέτοιο ώστε να μην επιτρέπει καταστάσεις συμφόρησης και να τις προλαμβάνει, λαμβάνοντας, κάθε φορά, υπόψη την κίνηση στο δίκτυο και ανάλογα με την περίπτωση να ρυθμίζεται και η χρέωση, ούτως ώστε να αποτρέπονται ή να ενθαρρύνονται οι χρήστες για την χρησιμοποίηση του δικτύου. Παρουσιάστηκε μία γενική ευέλικτη μεθοδολογία, η οποία βασίζεται σε μία προκαθορισμένη βασική δομή, λαμβάνοντας υπόψη κάποιες περισσότερο και κάποιες λιγότερο σημαντικές παραμέτρους, εστιάζοντας κυρίως στη χρήση του δικτύου. Το μοντέλο αυτό μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στους ειδικούς σκοπούς και τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε δικτύου (αριθμός κόμβων, αριθμό χρηστών κ.λ.π.), προσθέτοντας ή αφαιρώντας κάποιες παραμέτρους ή αλλάζοντας τους συντελεστές βαρύτητας. Επίσης, παράλληλα αποδείξαμε ότι μέσω του μοντέλου, ο πάροχος έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται δυναμικά και το επίπεδο ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοποίηση των πόρων των δικτύων και αυξάνεται η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Το προτεινόμενο μοντέλο αποτελεί μια αισιόδοξη άποψη για το μέλλον της ασύρματης δικτύωσης, αφού υπάρχει μια πληθώρα διαθέσιμων τεχνολογιών και επομένως οι εταιρείες ασύρματης τεχνολογίας μπορούν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους μέσω πολλαπλών ετερογενών δικτύων όπως UMTS, WLAN, GPRS, κ.τ.λ. Οι μικρότερες εταιρείες μπορούν να συνάπτουν συνεργασίες με τις μεγαλύτερες για να αντιμετωπίσουν τις τεχνολογικές προκλήσεις. Αυτοί που θα κυριαρχήσουν στην αγορά θα είναι οι εταιρείες κινητής επικοινωνίας λόγω του ελέγχου που έχουν ήδη σε μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Απ' την άλλη πλευρά, οι παροχείς υπηρεσιών θα

---

ανταγωνίζονται για να εξασφαλίσουν την συνεργασία με τις πιο ισχυρές από αυτές. Από την κατάσταση αυτή και την αύξηση της αγοράς θα ωφεληθούν και οι δύο πλευρές. Επομένως, μια ραγδαία αναπτυσσόμενη αγορά θα δημιουργηθεί για δημιουργία υπηρεσιών και εφαρμογών, εύκολα προσβάσιμων από όλους τους καταναλωτές. Η μεγάλη αύξηση στον αριθμό των υπηρεσιών, επιχειρησιακών μοντέλων και παροχών υπηρεσιών θα δημιουργήσει μια κατάσταση όπου οι πελάτες δεν θα μπορούν εύκολα να κατανοήσουν και να διακρίνουν τις διαφορές στην ποιότητα και άρα τις διαφορετικές τιμές κόστους στις παρεχόμενες υπηρεσίες.

Μάλιστα, αυτή την περίοδο οι επιχειρήσεις που προετοιμάζονται πυρετωδώς για την αναπτυσσόμενη αγορά, χωρίζονται στους κατασκευαστές συσκευών και τους παροχείς υπηρεσιών και περιεχομένου. Στους κατασκευαστές συσκευών κινητής τηλεφωνίας, εκτός από τους τρεις μεγάλους, δηλαδή τις Nokia, Ericsson και Motorola, σημαντικές επενδύσεις προς αυτή την κατεύθυνση υλοποιούν και οι Panasonic, Samsung, NEC, Siemens, Alcatel και Fujitsu. Στους παροχείς υπηρεσιών και περιεχομένου συμπεριλαμβάνονται όλες οι εταιρείες που προσφέρουν σήμερα μέσω του Internet ειδήσεις, πληροφορίες και υπηρεσίες, όπως τραπεζικές συναλλαγές ή ηλεκτρονικές αγορές. Ουδείς μπορεί να αμφισβητήσει ότι ο αριθμός των συνδρομητών της κινητής τηλεφωνίας αυξάνεται ταχύτατα, ξεπερνώντας σε μερικές χώρες τον αριθμό συνδρομητών σταθερής τηλεφωνίας. Η Datamonitor υπογραμμίζει στην έρευνά της ότι οι χρηματιστηριακές συναλλαγές μέσω κινητού τηλεφώνου θα αναπτυχθούν ταχύτερα από όλες τις υπόλοιπες υπηρεσίες. Οι παραπάνω εξελίξεις κάνουν επιτακτική την ανάγκη για σχεδιασμό και εφαρμογή δυναμικών πολιτικών χρέωσης κάτω από τις οποίες οι επιχειρήσεις που κοστολογούν τους πελάτες τους θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψουν το συνολικό μέγιστο εύρος ζώνης που έχουν εγγυηθεί σε όλους τους πελάτες τους. Το προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης μπορεί να ανταποκριθεί πλήρως σε αυτή την αφθονία υπηρεσιών και οι πάροχοι μπορούν να καλύπτουν το συνολικό μέγιστο εύρος ζώνης που έχουν εγγυηθεί σε όλους τους πελάτες τους με το καλύτερο δυνατό και κερδοφόρο τρόπο!

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА



## 8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

---

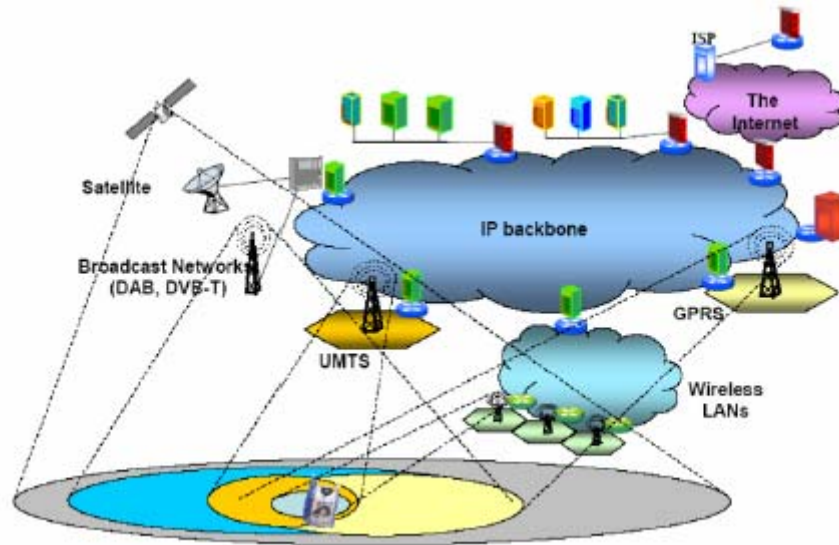
## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

---

Η παρούσα διπλωματική κινήθηκε σε τρεις άξονες. Αρχικά έγινε μια προσέγγιση για το ρόλο της λογιστικής διαχείρισης δικτύων, το ρόλο χρέωσης δικτυακών υπηρεσιών και πως μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητα του δικτύου, στη συνέχεια παρουσιάστηκαν και μελετήθηκαν ποικίλα μοντέλα, είτε μοντέλα που είναι ευρέως γνωστά, είτε μοντέλα χρέωσης που βρίσκονται σε ερευνητικό ακόμη στάδιο, και τέλος προτάθηκε μια μεθοδολογία για κοστολογήσεις χρηστών δικτυακών υπηρεσιών. Παρουσιάστηκαν οι πειραματικές διατάξεις που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και οι μετρήσεις που ελήφθησαν για την εξαγωγή βασικών συμπερασμάτων. Στον τελευταίο άξονα υπάρχει πεδίο για περαιτέρω βελτίωση της μελέτης. Έτσι η απαιτούμενη μελλοντική εργασία περιγράφεται παρακάτω.

Καταρχήν, μπορεί να γίνει περαιτέρω παρακολούθηση και επικαιριοποίηση των στοιχείων για την διεξαγωγή περισσότερων σεναρίων με σκοπό ακόμα πιο αναλυτικής δοκιμής της πλατφόρμας DCMS. Μπορούν να πραγματοποιηθούν και άλλες πειραματικές διατάξεις με εναλλακτικά σενάρια και κριτήρια, έτσι ώστε να δοκιμαστεί σε ακόμη μεγαλύτερο βάθος η ισχύ της προτεινόμενης πλατφόρμας DCMS. Είναι γνωστό πως τα adaptive δίκτυα υψηλών ταχυτήτων αποτελούν ή έχουν αρχίσει να αποτελούν βασικό στοιχείο των πολιτικών ανάπτυξης και κοινωνικό-οικονομικής ανασυγκρότησης των ανεπτυγμένων χωρών και για το λόγο αυτό αναμένονται ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Οι εξελίξεις αυτές θα περιλαμβάνουν και σημαντικές προόδους στον τομέα των τεχνολογιών για την κατασκευή συνεχώς φθηνότερου εξοπλισμού και αποδοτικότερων προτύπων και τεχνολογιών μετάδοσης. Επομένως απαιτείται μελέτη των ασύρματων τεχνολογιών, που υπόσχονται υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης και μεγαλύτερη εμβέλεια, καθώς ακόμη και αναζήτηση του φθηνότερου εξοπλισμού, που θα συνδράμει στις οικονομικότερες ασύρματες λύσεις. Η μελέτη μπορεί να επεκταθεί με τη μελέτη πολύπλοκων σεναρίων με διαφορετικές τεχνολογίες όπως UMTS, Wi-Max, (φθηνός και αποδοτικότερος εξοπλισμός, Wi-Max συσκευές) και υπολογισμός του κόστους του συνολικού έργου, με σκοπό τη εξαγωγή συμπερασμάτων για τις κοστολογήσεις χρηστών υπό διαφορετικές συνθήκες και καταστάσεις δικτύων.

Τα ανοιχτά θέματα που υπάρχουν, όσο αφορά για τα σχήματα τιμολόγησης, στο πεδίο των κινητών δικτύων 3<sup>ης</sup> γενιάς είναι πολλά. Με τον καιρό καθίσταται σαφές ότι τα κινητά δίκτυα 4<sup>ης</sup> γενιάς, αποτελούν το μέλλον, υλοποιώντας ένα All-ip δίκτυο (όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα). Η ενοποίηση όλων των υπαρχόντων δικτύων παγκοσμίως, είναι σίγουρο πως θα φέρει μια νέα επανάσταση για τον 'κινητό' χρήστη, αλλά και γενικότερα για τα ποσοστά διείσδυσης στο διαδίκτυο, επομένως γίνεται επιτακτική η ανάγκη για ένα αποδοτικό και καλά δομημένο σχήμα τιμολόγησης. Αυτή την περίοδο βρισκόμαστε μπροστά σε μια πραγματική "έκρηξη" στις συναλλαγές μέσω κινητών τερματικών, η οποία αναγκάζει τους μεγάλους κατασκευαστές συσκευών κινητού εξοπλισμού να αναπροσαρμόσουν τη στρατηγική τους και να ετοιμάσουν τις θέσεις τους σε στενή συνεργασία με τους παροχείς υπηρεσιών και τους content developers.



Σχήμα 8-74: All-ip δίκτυα

## 9 ΕΙΔΙΚΟ ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΠΗΛΙΑ

---

РАВЕЉИЧНО ТЕРАЈА

**Adaptive δίκτυα.** Πρόκειται για δίκτυα που έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζουν την μετάδοση των δεδομένων στην τρέχουσα κατάσταση του δικτύου, έχουν δηλαδή την δυνατότητα να αλλάζουν από μια κατάσταση σε μια άλλη. Χαρακτηριστική ιδιότητά τους είναι η προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων κάθε φορά που οι δικτυακές συνθήκες διαφοροποιούνται και μεταβάλλονται.

**ADMPS - Advanced Mobile Phone System.** Αμέσως μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι απαιτήσεις των συνδρομητών για χρήση ΚΣΚΤ (Κυτταρικών Συστημάτων Κινητής Τηλεφωνίας – Cellular Mobile Telephone System) ευρείας κλίμακας, οδήγησαν τους μηχανικούς - σχεδιαστές στην έρευνα γύρω από τα συστήματα αυτά. Την εποχή εκείνη, οι μηχανικοί των εργαστηρίων Bell (Bell Telephone Laboratory - BTL) είχαν αρχίσει να θεμελιώνουν την «κυτταρική ιδέα». Η τεχνολογία όμως της εποχής, δεν επέτρεπε την υλοποίηση των πολύ-κυτταρικών συστημάτων, τουλάχιστον μέχρι το 1960. Μεταξύ των ετών 1958 και 1968, η εταιρεία AT&T άρχισε να ενεργοποιείται και να δίνει επιστημονικά εναύσματα προς την FCC, την υλοποίηση υψηλής χωρητικότητας ΚΣΚΤ. Τελικά, οι παραπάνω διεργασίες οδήγησαν το έτος 1968, την FCC στην έκδοση της αντίστοιχης απόφασης (Docket) με αύξοντα αριθμό 18262. Η απόφαση αυτή στόχευε στην αντιμετώπιση του προβλήματος της κινητής επικοινωνιακής συμφόρησης. Το έτος 1970, η FCC καταχώρησε 75 MHz στην ζώνη από 800 έως 900 MHz για χρήση των συστημάτων υψηλής χωρητικότητας. Κατόπιν προσκάλεσε τις Βιομηχανίες Τηλεπικοινωνιών να καταθέσουν, εντός χρονικού διαστήματος 18 μηνών, συγκεκριμένες προτάσεις για το τομέα αυτόν. Τον Δεκέμβριο του έτους 1971, η AT&T κατέθεσε ολοκληρωμένη τεχνική πρόταση για την υλοποίηση ενός κυτταρικού συστήματος υψηλής χωρητικότητας. Το 1974, η FCC καταχώρησε επιπλέον 40 MHz, για την κινητή τηλεφωνία. Η εγκατάσταση του συστήματος πραγματοποιήθηκε σε πειραματική βάση το έτος 1978.

**ADSL - Asymmetrical Digital Subscriber Line**– ADSL είναι το είδος της γραμμής τεχνολογίας DSL το οποίο παρέχει υψηλούς ρυθμούς δεδομένων σε υπάρχουσες τηλεφωνικές γραμμές, πολυπλέκοντας τα σήματα των υψηλών συχνοτήτων σε καλώδια συνεστραμμένων ζευγών. Οι ρυθμοί των δεδομένων είναι υψηλότεροι από το δίκτυο στον χρήστη (downstream), από τους ρυθμούς από τον χρήστη στο δίκτυο (upstream).

**Bandwidth (εύρος ζώνης)** – Το εύρος ζώνης αντιπροσωπεύει τον όγκο των πληροφοριών που μεταδίδει ένα κανάλι και συχνά περιγράφεται σε Mbits/sec για τα ψηφιακά δίκτυα.

**Bluetooth** – Το Bluetooth είναι το πρωτόκολλο για τη ραδιοεπικοινωνία μεταξύ συσκευών σε μικρές αποστάσεις, της τάξης των 10m. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του προτύπου είναι η σταθερότητα, η μικρή πολυπλοκότητα, το χαμηλό κόστος και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Το Bluetooth λειτουργεί στην ελεύθερη μπάντα των 2.4GHz, χρησιμοποιώντας την τεχνική μεταπήδησης συχνότητας (frequency-hopping) για να καταστήσει τη ραδιο-επαφή αξιόπιστη. Η στοίβα πρωτοκόλλων περιλαμβάνει το επίπεδο ραδιο-επαφής, το οποίο αποτελεί τη διεπαφή φυσικής σύνδεσης, το επίπεδο βασικής ζώνης (baseband) και το πρωτόκολλο διαχείρισης ζεύξης (Link Management Protocol - LMP), για την εγκαθίδρυση και τον έλεγχο των ζεύξεων ανάμεσα σε συσκευές Bluetooth, τα οποία υλοποιούνται σε

---

hardware/firmware. Το επίπεδο ελεγκτή κόμβου (Host Controller Layer – HCL) προσαρμόζει το Bluetooth hardware στις απαιτήσεις του επιπέδου L2CAP (Logical Link Layer Control and Adaptation Protocol), το οποίο είναι υπεύθυνο για πολυπλεξία, τμηματοποίηση και επανασύνδεση (segmentation & reassembly) και παροχή κατάλληλης ποιότητας υπηρεσίας. Η ασύρματη τεχνολογία Bluetooth είναι de facto πρότυπο, καθώς επίσης και μια προδιαγραφή για χαμηλού κόστους, περιορισμένου φάσματος ραδιοσυνδέσεις μεταξύ κινητού PCs, κινητών τηλεφώνων και άλλων φορητών συσκευών. Το Bluetooth θα επιτρέψει στους χρήστες να συνδέσουν ένα ευρύ φάσμα συσκευών υπολογισμού και τηλεπικοινωνιών εύκολα και απλά, χωρίς την χρήση καλωδίων. Εισάγει νέες ευκαιρίες για τις γρήγορες εξιδεικευμένες συνδέσεις, και τη δυνατότητα των αυτόματων, ασυναίσθητων, συνδέσεων μεταξύ των συσκευών. Παραδείγματος χάριν, καθώς περπατάτε στο γραφείο σας το βιβλίο διευθύνσεων του κινητού τηλεφώνου σας θα συγχρονίσει αυτόματα με το βιβλίο διευθύνσεων του PC σας .

**Broadband (ευρεία ζώνη)** - Το broadband αναφέρεται σε υψηλής ταχύτητας μεταδόσεις δεδομένων, συνήθως 200 Mbits γρηγορότερες. Μικρότεροι ρυθμοί συνήθως αναφέρονται ως narrowband.

**CDMA - Code Division Multiple Access.** Στο CDMA [[WL-21](#)] ανατίθεται σε κάθε χρήστη μια μοναδική κωδική ακολουθία που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση του φέροντος την πληροφορία σήματος. Ο δέκτης, γνωρίζοντας την κωδική ακολουθία του χρήστη, αποκωδικοποιεί ένα σήμα μετά τη λήψη του και ανακτά την πληροφορία. Αυτό είναι εφικτό αφού οι ετεροσυσχετίσεις ανάμεσα στον κωδικό του επιθυμητού χρήστη και τους κωδικούς των άλλων χρηστών είναι μικρή. Εφόσον το εύρος ζώνης του κωδικού σήματος επιλέγεται να είναι πολύ μεγαλύτερο από το εύρος ζώνης του φέροντος την πληροφορία σήμα, η διαδικασία κωδικοποίησης απλώνει το φάσμα του σήματος και επομένως είναι επίσης γνωστό και σαν διαμόρφωση εξάπλωσης φάσματος. Το σήμα που προκύπτει ονομάζεται επίσης και σήμα εξαπλωμένου φάσματος, και το CDMA συχνά δηλώνεται σαν πολλαπλή πρόσβαση εξαπλωμένου φάσματος (Spread Spectrum Multiple Access – SSMA). Η φασματική εξάπλωση του μεταδιδόμενου σήματος δίνει στο CDMA δυνατότητα για πολλαπλή πρόσβαση. Είναι επομένως σημαντικό να γνωρίζουμε τις απαραίτητες τεχνικές που παράγουν τα σήματα εξαπλωμένου φάσματος και τις ιδιότητες αυτών των σημάτων. Μια τεχνική διαμόρφωσης εξαπλωμένου φάσματος πρέπει να πληρεί δύο κριτήρια: Το εύρος μετάδοσης πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το εύρος πληροφορίας. Το προκύπτων εύρος ραδιοσυχνότητας καθορίζεται από μια συνάρτηση διαφορετική από την πληροφορία που στέλνεται (έτσι το εύρος στατιστικά εξαρτάται από το σήμα πληροφορίας). Αυτό περιλαμβάνει τεχνικές διαμόρφωσης όπως είναι η διαμόρφωση συχνότητας (FM) και η φάση διαμόρφωσης (PM). Ο αποδέκτης συσχετίζει το ληφθέν σήμα με σύγχρονα παραγόμενο αντίγραφο του κώδικα εξάπλωσης (spreading code) για την ανάκτηση της αρχικής πληροφορίας του φέροντος σήματος. Αυτό συνεπάγεται ότι ο αποδέκτης πρέπει να γνωρίζει τον κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την διαμόρφωση των δεδομένων.

**D-AMPS - Digital Advanced Mobile Phone System.** Το D-AMPS είναι η προγενέστερη ονομασία του Αμερικάνικου προτύπου για ψηφιακή κινητή τηλεφωνία και χρησιμοποιήθηκε κυρίως στην Βόρεια και Λατινική Αμερική, την Αυστραλία και



περιοχές της Ρωσίας και της Ασίας. Το κύριο κίνητρο σχεδιασμού του, ήταν η αύξηση της χωρητικότητας και της ποιότητας του υπάρχοντος AMPS συστήματος με κάποιες ψηφιακές τεχνικές. Η αύξηση της χωρητικότητας είναι ελαφρώς πιο σημαντική από την βελτίωση της ποιότητας. Δεν δεσμεύθηκε επιπλέον φάσμα για τις κυβελικές συχνότητες. Το πρώτο επακόλουθο των βιομηχανικών προτάσεων ήταν η πολυπλεξία στο πεδίο του χρόνου, δηλαδή η επαναχρησιμοποίηση των πόρων της συχνότητας και του καναλιού με τη διαμοίραση του καναλιού σε μικρές χρονικές σχισμές (Time Slots) περίπου 13 ms ο ένας χρήστης μετά τον άλλο. Αυτή η τεχνική είναι η μέθοδος TDMA. Η τεχνική αυτή απαιτεί ψηφιακή κωδικοποίηση, συμπίεση δεδομένων και ειδική μετάδοση δεδομένων ομιλίας. Το κανάλι ελέγχου εκπομπής του αναλογικού συστήματος και η σηματοδότησή του μοιράζονται και στο αναλογικό και στο ψηφιακό σύστημα. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του προτύπου είναι ότι τα τηλέφωνα είναι διπλής λειτουργίας (dual-mode), και γι' αυτό το σύστημα λέγεται και dual mode AMPS. Η επικάλυψη ενός συστήματος πάνω από ένα άλλο σημαίνει ότι τα διπλής λειτουργίας τηλέφωνα θα προσπελούν τις ψηφιακές υπηρεσίες όταν αυτές υπάρχουν, αλλά εξακολουθούν να μπορούν να χρησιμοποιούν το συμβατικό αναλογικό σύστημα όταν επαυξημένες υπηρεσίες δεν είναι διαθέσιμες.

**DiffServ - Differentiated Services (Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες).** Οι νέες πολυμεσικές εφαρμογές απαιτούν εγγυήσεις για real-time απόδοση, όπως οριακή καθυστέρηση και ελάχιστο throughput. Το σύγχρονο Internet δεν υποστηρίζει αυτές τις QoS παραμέτρους και αποτελεί πραγματική πρόκληση να ενοποιηθούν στην υπάρχουσα αρχιτεκτονική. Η ομάδα εργασίας των DiffServ προσπαθεί να παρέχει ένα απλό σχήμα που να υποστηρίζει ποικίλους τύπους εφαρμογών με διαφοροποιημένες κλάσεις υπηρεσίας για την κυκλοφορία στο Internet. Οι Differentiated Services (Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες - DiffServ) είναι ένας μηχανισμός καθορισμένος από το IETF (internet Engineering Task Force) με τον οποίο οι πάροχοι υπηρεσιών δικτύου μπορούν να προσφέρουν διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών δικτύου για διαφορετική κίνηση, παρέχοντας έτσι ποιότητα υπηρεσίας στους πελάτες τους. Η αρχιτεκτονική των differentiated services προτείνει τη χρήση ενός καλά ορισμένου συνόλου δομικών block από τα οποία μία ποικιλία υπηρεσιών μπορεί να χτιστεί. Σε αυτή την αρχιτεκτονική, κάθε πακέτο έχει μία πληροφορία (DS byte) που χρησιμοποιείται σε κάθε βήμα για να δώσει μία συγκεκριμένη προώθηση στο πακέτο. Ο κυριότερος σκοπός της ομάδας εργασίας των DiffServ είναι η τυποποίηση του πεδίου του DS byte κι η αντιστοίχιση ειδικής συμπεριφοράς για την προώθηση, που καλείται συμπεριφορά για κάθε βήμα (PHB). Οι DiffServ προσφέρουν προβλεπόμενη συμπεριφορά στην καθυστέρηση και στην απώλεια πακέτων για ένα δεδομένο φορτίο σε ένα δεδομένο διάστημα χρόνου. Ο μηχανισμός των DiffServ επιτρέπει στους παρόχους του δικτύου να δώσουν διαφορετικά επίπεδα υπηρεσίας σε διαφορετικούς χρήστες του Internet και γίνονται επενδύσεις σε μηχανισμούς, όπως μετρητές κίνησης, διαμορφωτές, μαρκαριστές των πακέτων να χρησιμοποιούνται στα όρια του δικτύου.

**DSL – Digital Subscriber Line.** Βλέπε ADSL.

**DSLAM - DSL Access Multiplexer.** Μια συσκευή που τερματίζονται πολλαπλές τοπικές γραμμές DSL συνδρομητών και τα δεδομένα μεταβιβάζονται σε ένα προσβάσιμο μεταγωγό στοιχείο πριν συνδεθούν στο δίκτυο. Το DSLAM είναι ανάλογο με το CMTS στα ευρείας ζώνης καλωδιακά δίκτυα.

---

**EDGE - Enhanced Data Rates for Global Evolution.** Το Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE) [WL-21] θα ωθήσει την network capability (το ποσό δεδομένων που μπορεί να χειριστεί ένα δίκτυο σε οποιαδήποτε στιγμή) και αύξηση των air interface data rates. Για τους προμηθευτές GSM, αυτή η νέα τεχνολογία θα αυξήσει τα data rates μεταγωγής πακέτου (GPRS) και μεταγωγής κυκλώματος (HSCSD) στο τριπλάσιο.

**GSM - Global System Mobile.** Η ανάπτυξη του GSM [WL-17] ξεκίνησε το 1982 όταν το Conference of European Posts and Telegraphs (CEPT) σχημάτισε το Group Special Mobile (η αρχική σημασία του MTS) με συχνότητα 900 MHz. Τα βασικά κριτήρια για το σύστημα αυτό ήταν καλή υποκειμενικά ποιότητα φωνής, χαμηλό κόστος υπηρεσίας, υποστήριξη διεθνούς roaming, συμβατότητα με το ISDN, υποστήριξη νέων υπηρεσιών και δυνατοτήτων και φασματική αποδοτικότητα. Το 1989, η αρμοδιότητα για το GSM περιήλθε στο ETSI (European Telecommunication Standards Institute), και οι συστάσεις της πρώτης φάσης δημοσιεύθηκαν το 1990. Η εμπορική εκμετάλλευση ξεκίνησε στα μέσα του 1991, και μέχρι το 1993 υπήρχαν 36 GSM δίκτυα σε 22 χώρες. Παρά το γεγονός ότι καθιερώθηκε στην Ευρώπη, το GSM υιοθετήθηκε παγκοσμίως. Περισσότερα από 200 GSM δίκτυα (συμπεριλαμβανομένων των DCS1800 -Digital Cellular System – και PCS1900) λειτουργούσαν σε 110 χώρες του κόσμου. Στις αρχές του 1994 υπήρχαν 1.3 εκατομμύρια συνδρομητές παγκοσμίως, που ανήλθαν σε 55 εκατομμύρια το 1997.

**GPRS - General Packet Radio System.** Ένα από τα κύρια οφέλη αυτής της νέας τεχνολογίας είναι ότι οι χρήστες είναι διαρκώς on-line και μπορεί να χρεωθούν μόνο για το ποσό δεδομένων που μεταφέρονται. Οι φωνητικές κλήσεις μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα, ενώ μια data connection λειτουργεί. Οι χρήστες θα ωφεληθούν επίσης από την γρήγορη και εύκολη 114 kbps data access στις διαφορετικές υπηρεσίες [WL-21]. Έχει προβλεφθεί ότι η τάση που παρατηρείται στα σταθερά δίκτυα – όπου η μεταφορά δεδομένων ξεπερνά σε όγκο τη μεταφορά φωνής – θα εμφανιστεί και στα ασύρματα δίκτυα. Αυτή η μετάβαση αναμενόταν στα σταθερά δίκτυα, περίπου στο 2000. Η μετάβαση στα ασύρματα δίκτυα, θα ακολουθήσει σύντομα. Εν τούτοις, μία πρόκληση που οφείλεται σ' αυτήν την τάση, είναι ότι οι παρούσες ασύρματες υποδομές πρέπει να εξελιχθούν, ώστε να ανταπεξέλθουν στην προβλεπόμενη κυκλοφορία δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα να μεταφέρουν φωνητική κυκλοφορία με αποδοτικό και ταχύ τρόπο. Οι διαφορετικές προσεγγίσεις στα ασύρματα συστήματα τρίτης γενιάς, έγιναν με την πρόθεση να απευθυνθούν στην πρόκληση της ενσωμάτωσης και μείξης φωνής και δεδομένων. Εν τούτοις, η πολυπλοκότητα των νέων τεχνολογιών, έχει καθυστερήσει την ανάπτυξη και την ευρεία διάδοσή τους. Οι διεθνείς βιομηχανικοί οργανισμοί τυποποίησης, δεν μπόρεσαν να αποδεχτούν όλα τα απαιτούμενα πρότυπα. Ειδήσεις σχετικά με αποδεκτά πρωτότυπα συστημάτων τρίτης γενιάς εμφανίζονται, ειδικά από την Κορέα και την Ιαπωνία, αλλά κανένα σύστημα ή δίκτυο τρίτης γενιάς δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα.

**HIPERLAN – High performance radio Local Area Network.** Το πρότυπο HiperLAN αναπτύχθηκε από το ETSI (European Telecommunications Standardization Institute-Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών) και

υποστηρίζεται από διάφορες εταιρίες του κόσμου. Το HiperLAN υπάρχει σε δύο εκδόσεις, το HiperLAN Type 1 που τυποποιήθηκε το 1996 και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 24Mbps και το HiperLAN Type 2, η ανάπτυξη της οποίας δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί και θα υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 54Mbps. Αμφότερες οι εκδόσεις του HiperLAN χρησιμοποιούν τη συχνότητα των 5GHz, η οποία στην Αμερική και στην Ιαπωνία είναι ελεύθερη και στην Ευρώπη έχει επισήμως παραχωρηθεί για χρήση από τα ασύρματα δίκτυα, με αποτέλεσμα αφενός μεν να μη δημιουργούνται προβλήματα με τα δίκτυα που τρέχουν στα 2,4GHz και αφετέρου οι συσκευές HiperLAN να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου χωρίς τροποποιήσεις. Το HiperLAN Type 2 παρέχει μια εύκαμπτη πλατφόρμα για ποικίλες εφαρμογές πολυμέσων για επιχειρήσεις και για προσωπική χρήση που μπορούν να υποστηρίξουν ένα σύνολο από υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 54 Mbps. Σε ένα τυπικό σενάριο επιχειρησιακής εφαρμογής, ένα κινητό τερματικό χρησιμοποιεί υπηρεσίες και την υποδομή του καλωδιωμένου εταιρικού / δημόσιου δικτύου. Εκτός από QoS, το δίκτυο θα παράσχει στα κινητά τερματικά τις διοικητικές υπηρεσίες ασφάλειας κατά την μετακίνηση.

**HSCSD - High Speed Circuit Switched Data).** Το HSCSD είναι μια νέα high-speed εφαρμογή των GSM (Global System for Mobile Communication (cellular phone technology) τεχνικών δεδομένων. Θα επιτρέψει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω του δικτύου GSM με πολύ υψηλότερα data rates από τα σημερινά. Το HSCSD επιτρέπει στα ασύρματα δεδομένα να έχουν ρυθμούς μετάδοσης 38,4 kbps ή ακόμα και γρηγορότερους στα δίκτυα GSM. Το HSCSD, είναι μία τεχνολογία, που ταιριάζει αρκετά με το τρέχον τηλεφωνικό σύστημα. Ακολουθεί σύστημα μεταγωγής κυκλώματος, το οποίο το τοποθετεί σε πλεονεκτική θέση στον τομέα της επικοινωνίας με τα διάφορα σταθερά συστήματα μεταγωγής κυκλώματος, όπως το PSTN και το ISDN. Η μεταγωγή κυκλώματος, καθιστά επίσης το HSCSD χρήσιμο για μια πλειάδα εφαρμογών πραγματικού χρόνου, όπως βίντεο, κατά την οποία οι μη ελεγχόμενες καθυστερήσεις της μεταγωγής πακέτου, είναι καταστροφικές.

**IEEE 802.11** – Τα πρότυπα της οικογένειας IEEE 802.11 προδιαγράφουν τα χαρακτηριστικά του στρώματος ελέγχου πρόσβασης στο μέσο και του φυσικού στρώματος των ασύρματων δικτύων. Το πρότυπο 802.11b αποδείχθηκε ιδιαίτερα επιτυχές και σήμερα υπάρχουν αρκετά προϊόντα στην αγορά τα οποία στηρίζονται σε αυτό. Επιπλέον, προϊόντα τα οποία βασίζονται στο πρότυπο 802.11a βρίσκονται στο στάδιο της κατασκευής, αν και η χρήση διαφορετικών συχνοτήτων καθιστά τις δύο τεχνολογίες ασύμβατες. Ένα WLAN 802.11 βασίζεται σε κυψελωτή δομή. Οι κυψέλες, οι οποίες ονομάζονται BSS (Basic Service Set), ορίζουν την περιοχή κάλυψης ενός σημείου πρόσβασης (Access Point - AP). Τα APs μπορεί να διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός συστήματος διανομής (Distribution System - DS), το δε διασυνδεδεμένο WLAN – το οποίο περιλαμβάνει τα BSS, τα APs και το DS, καλείται Extended Service Set (ESS). Το πρότυπο ορίζει επίσης μια γέφυρα διασύνδεσης (portal) του 802.11 με άλλα 802 WLAN.

---

**Internet Protocol (IP)** – Είναι το πρωτόκολλο για την πακετοποίηση των δεδομένων στο επίπεδο του δικτύου το οποίο περιλαμβάνει διευθυνσιοδότηση και πληροφορίες ελέγχου.

**NMT - Nordic Mobile Telephone.** Το σύστημα NMT σχεδιάστηκε αρχικά για να καλύψει τις επικοινωνιακές ανάγκες των τεσσάρων Σκανδιναβικών Χωρών (Φινλανδία, Δανία, Σουηδία και Νορβηγία). Τον Οκτώβριο του έτους 1981 εισήλθε δυναμικά στην αγορά με το πλεονέκτημα ενός συστήματος υψηλών προδιαγραφών για την εποχή εκείνη. Η έρευνα του συστήματος αυτού είχε αρχίσει από τις αρχές του 1970, με την ενεργό συμμετοχή των Πανεπιστημίων και των βιομηχανικών Μονάδων των χωρών της Σκανδιναβικής Χερσονήσου. Τον Αύγουστο του 1983 περισσότεροι από 50.000 Σκανδιναβοί συνδρομητές χρησιμοποιούσαν το εν λόγω σύστημα, ενώ επελέγη να λειτουργήσει στις χώρες της Ισπανίας, Σαουδικής Αραβίας, Ολλανδίας, Αυστρίας και Ιρλανδίας.

**PDC - Personal Digital Cellular.** Το PDC είναι μια τεχνολογία δεύτερης γενιάς που χρησιμοποιήθηκε στις κυψελωτές ψηφιακές τηλεπικοινωνίες της Ιαπωνίας. Χρησιμοποιεί μια παραλλαγή του TDMA η οποία διαιρεί κάθε κυψελωτό κανάλι σε αυτόνομες χρονικές σχισμές προκειμένου να αυξήσει το μέγεθος δεδομένων που μπορεί να μεταφερθεί. Το PDC επί του παρόντος χρησιμοποιείται μόνο στην Ιαπωνία με τα πρώτα συστήματα να παρουσιάζονται από την NTT DoCoMo το 1991 αντικαθιστώντας τα προηγούμενα αναλογικά δίκτυα. Λειτουργεί στις συχνότητες 800 και 1500 MHz κάνοντας πολύ αποδοτική τη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Λόγω υψηλών απαιτήσεων στην Ιαπωνία το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε δύο καταστάσεις: Full rate και Half rate. Τα half rate κανάλια μειώνουν την ποιότητα της ομιλίας και τους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, αλλά επιτρέπουν σε περισσότερα κανάλια να καταλαμβάνουν το ίδιο εύρος ζώνης. Ο αριθμός συνδρομητών είναι τόσο υψηλός στην Ιαπωνία ώστε παρόλο που το PDC λειτουργεί μόνο σ' αυτή τη χώρα, αντιστοιχούσε στο 12% των παγκοσμίων ψηφιακών συνδρομητών ως το Δεκέμβριο του 1999. Μαζί με άλλα πρότυπα κινητής τηλεφωνίας, το PDC μπορεί να ακολουθήσει ένα σταδιακά εξελικτικό μονοπάτι για το παγκόσμιο πρότυπο IMT-2000. Πράγματι, μία τεχνολογία του IMT-2000, το WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) δοκιμάζεται πειραματικά στην Ιαπωνία.

**Resource ReSerVation Setup Protocol (RSVP)** - Το πρωτόκολλο RSVP είναι ένα πρωτόκολλο του διαδικτύου που αναπτύχθηκε για να καθιστά ικανό το διαδίκτυο να υποστηρίζει καθορισμένες ποιότητες υπηρεσίας (Qualities of Service). Χρησιμοποιώντας το RSVP, μια εφαρμογή είναι ικανή να κρατά πόρους (εφεδρεία) στους δρομολογητές (router) από την πηγή στον προορισμό και κάτι τέτοιο φαντάζει από την πρώτη στιγμή να είναι κάτι πολύ σημαντικό για τη λειτουργία των πακέτων. Οι δρομολογητές που υποστηρίζουν το RSVP, στη συνέχεια προγραμματίζουν και δίνουν προτεραιότητες στα πακέτα για πραγματοποίηση ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service). Το RSVP είναι ένα κύριο συστατικό ενός νέου αναπτυσσόμενου διαδικτύου, γνωστού ως *διαδικτύου αναβαθμισμένων υπηρεσιών*. Η γενική ιδέα είναι ο εμπλουτισμός του διαδικτύου για υποστήριξη μετάδοσης πραγματικού χρόνου δεδομένων (real-time).

**SLA - Service Level Agreement.** Οι SLA αποτελούν ένα συμβόλαιο μεταξύ ενός παρόχου υπηρεσιών (ISP) και ενός άλλου φορέα (ο οποίος μπορεί να είναι ένας άλλος ISP ή ένας οργανισμός χρηστών ή ένας μεμονωμένος χρήστης), το οποίο ορίζει τις υπηρεσίες που ο πάροχος καλείται να προσφέρει στο άλλο μέρος, τα χαρακτηριστικά των οποίων συνήθως καθορίζονται σε μετρήσιμες ποσότητες». Στην ουσία, μια SLA καθορίζει τον τρόπο που αντιμετωπίζεται η κίνηση στο δίκτυο που παράγει ο πελάτης (traffic profile) από τους δρομολογητές του πάροχου. Σε ένα δίκτυο που υποστηρίζει διαφοροποιημένες υπηρεσίες, οι δρομολογητές με βάση τις SLA και χρησιμοποιώντας τους μετρητές (meters), markers, shapers και droppers (στοιχεία τα οποία αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο), μπορούν να κατανέμουν στους χρήστες τους πόρους του δικτύου που επιθυμούν και τους αναλογούν. Η ενημέρωση των δρομολογητών σε δίκτυο που υποστηρίζει διαφοροποιημένες υπηρεσίες, για την SLA που αντιστοιχεί στον κάθε χρήστη, γίνεται μέσω της χρήσης ειδικών agents, οι οποίοι ονομάζονται Bandwidth Brokers (BB) (ή αλλιώς Policy Managers). Σήμερα, μια τυπική SLA είναι ένα επίσημο συμβόλαιο μεταξύ του πελάτη και του πάροχου και το οποίο μπορεί να περιγράφει Διαθεσιμότητα της υπηρεσίας που καλείται να προσφέρει ο πάροχος, Χρονική περίοδος που είναι διαθέσιμη η υπηρεσία, Χαρακτηριστικά κίνησης, όπως ταχύτητα download/upload, Παροχή τεχνικής βοήθειας (helpdesk), Νομικές πλευρές του συμβολαίου καθώς και πολιτικές χρέωσης από τον πάροχο για τις προσφερόμενες υπηρεσίες, Μηχανισμούς πιστοποίησης του πελάτη (authentication) καθώς και μηχανισμούς κρυπτογράφησης (encryption).

**UMTS - Universal Mobile Telecommunications System.** Το UMTS [WL-16] είναι ένα από τα σημαντικότερα συστήματα της τρίτης γενιάς (γνωστά και σαν IMT2000), που αναπτύχθηκε με βάση τα πρότυπα που καθιέρωσε το ITU. Υπήρξε το αντικείμενο πολλών παγκοσμίως, προσπαθειών σε έρευνα και ανάπτυξη την περασμένη δεκαετία. Το UMTS έχει την υποστήριξη πολλών τηλεπικοινωνιακών χρηστών και κατασκευαστών, αφού αντιπροσωπεύει μία μοναδική ευκαιρία για δημιουργία μιας μαζικής αγοράς με φιλική προς το χρήστη πρόσβαση, στην κοινότητα πληροφοριών. Το UMTS επιδιώκει την επέκταση των δυνατοτήτων των σημερινών κινητών καθώς και την επέκταση των ασύρματων και δορυφορικών τεχνολογιών, παρέχοντας αυξημένη χωρητικότητα, υποστήριξη δεδομένων και μεγαλύτερο εύρος υπηρεσιών χρησιμοποιώντας ένα πρωτοποριακό σχήμα ράδιο-πρόσβασης και ένα προηγμένο αναπτυσσόμενο καλωδιακό δίκτυο. Προσφέρει Ευκολία στη χρήση και χαμηλό κόστος, Καινούριες και καλύτερες υπηρεσίες, Γρήγορη πρόσβαση, Μετάδοση πακέτων και ρυθμοί δεδομένων κατά απαίτηση, Φιλικό και συνεπές περιβάλλον υπηρεσιών, Ευκινησία και κάλυψη, Ράδιο τεχνολογία για όλα τα περιβάλλοντα, Υπηρεσίες UMTS είναι διαθέσιμες παγκόσμια από δορυφόρο.

**WIMAX** – Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16, γνωστό και σαν WiMAX (Worldwide Interoperability of Microwave Access) [WL-15], ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί σε μια ευρεία μάντα συχνοτήτων η οποία εκτείνεται από 2 ως 66 GHz. Υποστηρίζει ταχύτητες μετάδοσης ως και 70Mbps στον αέρα ενώ η πραγματική ταχύτητα στο Ethernet υπολογίζεται στα 50Mbps. Οι αποστάσεις που μπορεί να καλυφθούν ξεπερνούν τα 50Km σε συνθήκες οπτικής επαφής. Μια σημαντική διαφορά του προτύπου IEEE 802.16 σε σχέση με το IEEE 802.11 είναι ότι το πρώτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνθήκες μη

---

οπτικής επαφής φυσικά με ρυθμούς μετάδοσης πολύ χαμηλότερους των 50Mbps. Το WiMAX σχεδιάστηκε κατά βάση ώστε να καλύπτει κυρίως point to multipoint (PTM) συνδέσεις χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και η χρήση του για point to point συνδέσεις. Η διαμόρφωση η οποία χρησιμοποιείται ονομάζεται OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Πρόκειται για μια πολύ ανθεκτική διαμόρφωση σε ότι αφορά το φαινόμενο της πολυδιόδευσης ειδικότερα στις συχνότητες άνω των 2 GHz όπου το πρότυπο χρησιμοποιεί. Παραλλαγές του προτύπου, που στοχεύουν στους κινητούς χρήστες (802.16e) και στην παροχή ενισχυμένης QoS (802.16b) είναι ήδη σε εξέλιξη. Το πρώτο 802.16a προϊόν καθώς και συμβατός με αυτό εξοπλισμός εκδόθηκε από την Redline Communications τον Μάρτιο του 2004. Διάφοροι προμηθευτές chip, συμπεριλαμβανομένης και της Intel, εργάζονται στο 802.16a ενσωματωμένο πυρίτιο, και σε χαμηλού κόστους μονάδες συνδρομητών και αναμένεται το 2005 να είναι ευρέως διαθέσιμα σημεία πρόσβασης (Access Points-AP). Αρκετοί προμηθευτές που έχουν ασχοληθεί με εξοπλισμό για ευρείας ζώνης ασύρματη πρόσβαση, έχουν εκδηλώσει το ενδιαφέρον τους για το WiMAX και έτσι δραστηριοποιούνται στην κατασκευή προϊόντων συμβατών με το εν λόγω πρότυπο. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη των ασύρματων τοπικών δικτύων σε ότι αφορά το πρότυπο που χρησιμοποιείται κάθε χρονική περίοδο, τις ταχύτητες που υποστηρίζει και τη διαμόρφωση που χρησιμοποιεί.

**Wireless Local Loop** – Μια ασύρματη σύνδεση μεταξύ των τηλεφωνικών εταιρειών και των προμηθευτών ασύρματων υπηρεσιών σε μια σταθερή τοποθεσία του πελάτη τους.

**WLAN - Wireless Local Area Networks.** Ένα Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο WLAN λειτουργεί όπως ακριβώς ένα ενσύρματο μόνο που τη θέση του καλωδίου τη καταλαμβάνει ένα ραδιοσήμα διεύρυνσης φάσματος. Βασικό στοιχείο του είναι ότι απαιτείται ένα ραδιομονοπάτι για επικοινωνίες. Τα ραδιοκύματα καταλαμβάνουν μόνο ένα υποσύνολο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος το οποίο περιλαμβάνει επίσης τηλεόραση, ραδιόφωνο, έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας κ.ά. Έτσι, για να αποφεύγονται συγκρούσεις και να γίνονται όλες οι μεταδόσεις χωρίς πρόβλημα έχουν καθοριστεί συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων για συγκεκριμένες λειτουργίες. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι τα ραδιοκύματα συχνά αντανακλούν σε σκληρά αντικείμενα προκαλώντας ανακλάσεις και πολλαπλές μεταδόσεις του ίδιο σήματος. Επομένως, ο σχεδιασμός ενός Ασύρματου Τοπικού Δικτύου είναι πιο δύσκολος από την αντίστοιχη δουλειά για ένα καλωδιωμένο τοπικό δίκτυο. Πρέπει να σημειωθεί ότι σχεδόν πάντα (ποσοστό 98%) τα ασύρματα τοπικά δίκτυα μπορούν να διασυνδεθούν με καλωδιωμένα Ethernet τοπικά δίκτυα. Ένας προσωπικός υπολογιστής μπορεί να συνδεθεί σε ένα WLAN μέσω μιας NIC κάρτας όπως είναι μια PCMCIA ή μια ISA κάρτα. Επίσης μπορεί να συνδεθεί μέσω μιας συσκευής που έχει μια ή περισσότερες RJ-45 συνδέσεις.

## 10 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ



---

---

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

---

### ΞΕΝΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Alexiou, A., Mpouras C. and Igglesis, V., “Multimedia Transmission Over Third Generation Cellular Networks”, 10<sup>th</sup> IFIP International Conference on Personal Wireless Communications, - PWC’05, Colmar, France, August 25-27 2005.
- [2] Awduche, D. et al. “Extensions to RSVP for Traffic Engineering, IETF Internet Draft, August 1998.
- [3] Bernet, Y., et al. “A Framework For Integrated Services Operation Over Diffserv Networks”, Work in progress, IETF Internet Draft, September 1999.
- [4] Braden, R., et al. “RSVP Functional Specification”, IETF RFC: 2205, September 1997.
- [5] Coffman, K. and Odlyzko, A., “Growth of the Internet”, AT&T Labs – Research, July, 2001.
- [6] Courcoubetis, C., Kelly, F., Siris, V. and Weber, R., “A study of simple usage-based charging schemes for broadband networks”, Under review for Telecommunication Systems, 2000.
- [7] Courcoubetis, C. and Siris, V., “Managing and pricing service level agreements (SLAs) for differentiated services”, In Proc. of 7<sup>th</sup> IEEE/IFIP International Workshop on Quality of Service (IWQoS '99), London, UK, May-June 1999. Available at <http://www.ics.forth.gr/netgroup/publications/>
- [8] Courcoubetis, F. P. Kelly, and R. Weber. “Measurement-based usage charges in communications networks”, To appear in Operations Research, 1999. Available at <http://www.statslab.cam.uk/Reports/1997/1997-19.html>
- [9] Clark, D., W. Fang: “Explicit Allocation of Best-Effort Packet Delivery Service”, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 6, No 4, August 1998.
- [10] Clark, D. “Internet cost allocation and pricing”, In L. W. McKnight and J. P. Bailey, eds., Internet Economics. MIT Press, MA, 1997.
- [11] Clark, D., “A Model for Cost Allocation and Pricing in the Internet”, Workshop on Internet Service Quality Economics, MIT, Dec 2-3 1999.

- [12] Crawley, E., et al. "A Framework for Integrated Services and RSVP over ATM", IETF RFC: 2382, August 1998.
- [13] Davies, D., "Pricing Networks or Who Pays for the String?", DANTE, TERENA Networking Conference, Lisbon, May 2000.
- [14] Demestichas, P., Vivier, G., El-Khazen, K. and Theologou, M., "Evolution in Wireless Systems Management Concepts: From Composite Radio Environments to Reconfigurability", IEEE Communications Vol. 42, No. 5, May 2004, pp. 90-98.
- [15] Demestichas, P., Dimitrakopoulos, G. and Stavroulaki, V., "Introducing Reconfigurability in Wireless B3G Environments", University of Piraeus, Greece, 2005. Demestichas, P. and Stavroulaki, V., "Issues in introducing resource brokerage functionality in B3G composite radio environments", Wireless Communications Mag., Vol 11, Issue 5, Oct. 2004, pp. 32-40.
- [16] Dolan, T., "Internet Pricing: Is the end of the World Wide Wait in view?", Collège of Europe, Bruges, 2000.
- [17] Guerin, R., et al. "Aggregating RSVP-based QoS", Requests. IETF Internet Draft, November 1997.
- [18] Gupta, A., Stahl, D. and Whinston, A., "The Economics of Network Management", Communications of the ACM, September 1999.
- [19] Leastar, E., and McGibney, J., "Flexible Multi-Service Telecommunications Accounting System", Second International Network Conference, Plymouth, UK, 2000.
- [20] Mackie-Mason, J. K. and Varian, H., "Economic FAQs about the Internet", in McKnight L. W. and J. P. Bailey (eds.), Internet Economics, M.I.T. Press, 27-62, 1997.
- [21] MacKie-Mason, J. and Varian, H., "Some FAQs about Usage-Based Pricing" University of Michigan, September, 1994.
- [22] Mackie – Mason, H. Varian: "Pricing the Internet", In Public Access to the Internet, B. Kahn, J. Keller (eds.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 1995.

- 
- [23] McKnight, L., Bailey, J.,: “An Introduction to Internet Economics”, in Internet Economics, eds. L. W. McKnight, J. P. Bailey, pp 3-26, 1995, <http://www.press.umich.edu/jep/econTOC.html>.
- [24] Marinidis I., “Pricing, Accounting & Access Pricing”, Thessaloniki Greece 2003.
- [25] Odlyzko, A., “Pricing and Architecture of the Internet: Historical Perspectives from Telecommunications and Transportation”, Digital Technology Center, University of Minnesota, 2001.
- [26] Odlyzko, A., “Paris Metro Pricing for the Internet”, in Proc. ACM Conference on Electronic Commerce (EC-99). Based on a 1997 unpublished manuscript, “A modest proposal for preventing Internet congestion” (<http://www.research.att.com/~amo>)
- [27] Odlyzko, A., “The economics of the Internet: Utility, utilization, pricing, and Quality of Service”, July, 1998.
- [28] Odlyzko, A., “Pricing and Architecture of the Internet: Historical Perspectives from Telecommunications and Transportation”, university of Minnesota, August 2004.
- [29] Odlyzko, A., “The history of communications and its implications for the Internet”, AT&T Labs – Research, June 2000.
- [30] Roberts., W., “Quality of service guarantees and charging in multiservice networks’. IEICE Trans. Comm., 1998.
- [31] Sarkar, M., “An Assessment of Pricing Mechanisms for the Internet--A Regulatory Imperative”, Presented at MIT Workshop on Internet Economics March 1995.
- [32] Siris, V., Songhurst, D., Stamoulis, G. and Stoer, M.. “Usage-based charging using effective bandwidths: studies and reality”, Accepted at 16<sup>th</sup> International Teletraffic Congress (ITC-16), 1999. Available at <http://www.ics.forth.gr/netgroup/publications/>
- [33] Shenker, S., et al. “Specification of Guaranteed Quality of Service”, IETF RFC: 2212, Category: Standards Track, September 1997.
- [34] Shu, J. and Varaiya, P., “Pricing Network Services”, UC Berkeley, 2003.
- [35] Stavroulaki, V., Katidiotis, A., Dimitrakopoulos, G., Demestichas, P. and Buljore, S., “Negotiation and Selection of Equipment Reconfigurations in Beyond 3G Systems”, in Proc. IEEE PIMRC 2005, Berlin, September 2005.

- [36] Stallings, W., “Wireless Communications and Networks”, Prentice Hall, 2002.
- [37] Stiller, B, Reichl, P., Leinen, S., “Pricing and Cost Recovery for Internet Services: Practical Review, Classification, and Application of Relevant Models”, version published in Netnomics, Vol. 2, No. 1, January 2000.
- [38] Tanenbaum, Andrew S. «Δίκτυα Υπολογιστών», Παπασωτηρίου 2000 (Τρίτη Έκδοση).
- [39] Tzagkaris, K., Dimitrakopoulos, G., Saatsakis, A., and Demestichas, P., “Distributed Radio Access Technology Selection for Adaptive Networks in High-Speed, B3G Infrastructures”, accepted for publication to International Journal of Communication Systems.
- [40] Roberts, W., “Quality of Service Guarantees and Charging in Multiservice Networks”, IEICE Transactions on Communications, vol. E81-B, no. 5, pp. 824-831, 1998.
- [41] Varian, H., “Differential prices and efficiency”, First Monday, 1996 (<http://www.firstmonday.dk/issues/issue2/different/index.html>)
- [42] Varian, H., “Microeconomic Analysis”, W. W. Norton & Company Inc., 1992.
- [43] Varshney, R., Vetter, “Emerging mobile and broadband wireless networks”, Communications of the ACM, Vol. 43, No. 6, June 2000.
- [44] Wolisz, A., “The Dual Approach to Internet Charging”, Technical University of Berlin, February 2000.

#### **ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

- [45] Αδάμ Κ., “GPRS Performance Evaluation”, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 2003.
- [46] Γιαγλής, Γ., Ζειμπέκης, Β., Γρυλλάκης, Α. και Οικονόμοπουλος, Ν., “Εφαρμογές και Υπηρεσίες Δικτύων κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς (3G)”, Επιχειρησιακό πρόγραμμα – Κοινωνία της Πληροφορίας, Αθήνα, Μάιος 2006.
- [47] Θεολόγου, Μ., “Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών”, Εκδόσεις Ε.Μ.Π. 2002.

---

[48] Μπούρας, Χ., “Αλγοριθμικά θέματα δικτύων”, πανεπιστημιακή διάλεξη, τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής, πανεπιστήμιο Πατρών, 2006.

[49] Πομπόρτσος, Α., «Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών», Εκδόσεις Α.Τζιόλα Ε. Θεσσαλονίκη, 1997.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΠΑ

---

---

## ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

---

### Web Links

- [WL-1] Request for Comments (RFC) Editor, <http://www.rfc-editor.org/>
- [WL-3] Internet Society (ISOC), <http://www.isoc.org/>
- [WL-4] Internet Architecture Board, <http://www.iab.org/>
- [WL-5] Internet Engineering Task Force (IETF), <http://www.ietf.org/>
- [WL-6] Internet Assigned Numbers Authority (IANA), <http://iana.org/>
- [WL-7] International Telecommunication Union (ITU), <http://www.itu.int/>
- [WL-8] The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), <http://www.ieee.org/>
- [WL-9] MRTG: The Multi Router Traffic Grapher, <http://www.mrtg.org/>
- [WL-10] New Zealand experiences with network traffic charging, <http://www.press.umich.edu:80/jep/works/BrownNewZe.html>
- [WL-11] Network and Telecommunication Laboratory, <http://www.ics.forth.gr/netgroup/publications/>
- [WL-12] Wireless Communications - <http://uwcc.org/>
- [WL-13] European Telecommunications Standards Institute, [www.etsi.org](http://www.etsi.org)
- [WL-14] Wireless Communications - <http://www.techguide.com>
- [WL-15] Πρότυπο WIMAX, [www.wimaxreview.com](http://www.wimaxreview.com)
- [WL-16] Rat UMTS, <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm>
- [WL-17] Rat GSM, <http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouria/GSM/gsmreport.html>
- [WL-18] [http://en.wikipedia.org/wiki/Shannon\\_hartley](http://en.wikipedia.org/wiki/Shannon_hartley)

- [WL-19] Διασύνδεση /Τηλεπικοινωνίες,  
[http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article\\_id=391](http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=391)
- [WL-20] Ασύρματη πρόσβαση,  
[http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article\\_id=1395](http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1395)
- [WL-21] Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας,  
[http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article\\_id=1397](http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1397)
- [WL-22] Ασύρματη δικτύωση  
[http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article\\_id=1398](http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1398)
- [WL-23] Συσκευές και Λογισμικό  
[http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article\\_id=1399](http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1399)