



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΤΕΛΕΧΗ (Ε-ΜΒΑ)

**Οικονομοτεχνική Ανάλυση και Αξιολόγηση
Νέων Ευρυζωνικών Τεχνολογιών (FTTx) στην Ελλάδα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΚΑΚΟΥΡΗ

Επιβλέπων : Αναπληρωτής Καθηγητής Δ. Γεωργακέλλος

Πειραιάς, Νοέμβριος 2010

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΔΙΑ

Στη μνήμη του πατέρα μου

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς και τα στοιχεία που αναφέρονται δεν πρέπει να θεωρούνται ακριβή.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Δημήτριο Γεωργακέλλο, αφενός μεν για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε, δίνοντάς μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την παρούσα διπλωματική εργασία, και αφετέρου δε για την ουσιαστική καθοδήγηση και πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, και ιδιαίτερως την Αθηνά, για την αμέριστη συμπαράσταση και ηθική στήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Αντικείμενο εργασίας	1
1.2	Σκοπός εργασίας.....	2
1.3	Δομή εργασίας.....	2
2	Ευρυζωνικότητα στη Ελλάδα.....	4
2.1	Εισαγωγή.....	4
2.2	Ορισμός της Ευρυζωνικότητας	4
2.3	Ευρυζωνικές Τεχνολογίες	6
2.4	Πορεία της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα.....	8
2.5	Νέες τάσεις στην παγκόσμια αγορά.....	11
2.6	Εθνική στρατηγική για τα δίκτυα οπτικών ινών	14
3	Τεχνολογίες Ευρυζωνικής Πρόσβασης Χαλκού.....	16
3.1	Υπάρχον δίκτυο πρόσβασης χαλκού	16
3.2	Τεχνολογίες xDSL	18
3.2.1	Ασύμμετρες παραλλαγές.....	20
3.2.2	Συμμετρικές Παραλλαγές.....	27
3.2.3	Σύγκριση των τεχνολογιών xDSL.....	30
3.3	Παράγοντες που επηρεάζουν τις επιδόσεις του xDSL	32
4	Τεχνολογίες Οπτικής Ευρυζωνικής Πρόσβασης.....	36
4.1	Γενικά περί οπτικών ινών	36
4.2	Πλεονεκτήματα Οπτικών Ινών.....	37
4.3	Δίκτυα πρόσβασης οπτικών ινών	38
4.4	Επιλογές FTTx.....	39
4.4.1	Οπτική ίνα έως το σπίτι – FTTH	40
4.4.2	Οπτική ίνα έως το κτήριο – FTTB.....	40
4.4.3	Οπτική ίνα έως την καμπίνα – FTTC	42

4.5	Τοπολογίες υποδομής πρόσβασης.....	43
4.5.1	“Point-to-Point” (P2P).....	44
4.5.2	“Point-to-Multipoint” (P2M).....	44
4.5.3	“Ring”.....	45
4.6	Τεχνολογίες οπτικής πρόσβασης (PON και AON).....	45
4.6.1	Παθητικά οπτικά δίκτυα (PON).....	46
4.6.2	WDM-PON.....	52
4.6.3	Ενεργά οπτικά δίκτυα (AON).....	54
4.7	Περιγραφή Σεναρίων Υλοποίησης Δικτύων FTTx.....	56
5	Ευρυζωνικές Υπηρεσίες.....	58
5.1	Ευρυζωνικές Υπηρεσίες Περιεχομένου.....	58
5.1.1	Υπηρεσίες Ενημέρωσης.....	58
5.1.2	Υπηρεσίες Επικοινωνίας.....	58
5.1.3	Υπηρεσίες Τηλε - Εκπαίδευσης (e-Education).....	59
5.1.4	Υπηρεσίες Τηλε-εργασίας (e-Business).....	59
5.1.5	Υπηρεσίες Τηλε-ιατρικής (e-Health).....	60
5.1.6	Υπηρεσίες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (e-Government).....	61
5.1.7	Υπηρεσίες ηλεκτρονικού εμπορίου (e-Commerce).....	62
5.1.8	Υπηρεσίες Ψυχαγωγίας.....	62
5.1.9	Υπηρεσίες E-Home.....	69
5.1.10	Υπηρεσίες Κοινωνικής Δικτύωσης και WEB2.0.....	69
5.2	Σύγχρονες ανάγκες ευρυζωνικών συνδέσεων.....	70
5.3	Πρόβλεψη ζήτησης ευρυζωνικών συνδέσεων.....	72
5.3.1	Μοντέλο αποδοχής Fisher-Pry.....	72
5.3.2	Μοντέλο αποδοχής Gompertz.....	73
5.3.3	Μοντέλο αποδοχής Bass.....	74
5.3.4	Εκτίμηση παραμέτρων αποδοχής.....	75
5.3.5	Καμπύλη αποδοχής ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα.....	75
5.3.6	Καμπύλη αποδοχής τεχνολογίας FTTx στην Ελλάδα.....	76

5.4	Εκτίμηση εσόδων ευρυζωνικών συνδέσεων FTTx.....	78
6	Οικονομοτεχνική αξιολόγηση λύσεων	79
6.1	Εισαγωγή.....	79
6.2	Υπολογισμός Κατασκευαστικού Κόστους.....	79
6.2.1	Κατασκευαστικό κόστος δικτύου FTTH – Homerun	80
6.2.2	Κατασκευαστικό κόστος δικτύου FTTH GPON.....	87
6.2.3	Κατασκευαστικό κόστος δικτύου FTTC VDSL.....	91
6.2.4	Σύγκριση κατασκευαστικού κόστους λύσεων FTTx.....	94
6.3	Υπολογισμός Λειτουργικού Κόστους.....	95
6.4	Κριτήρια Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων	96
6.4.1	Ταμειακές Ροές	96
6.4.2	Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	97
6.4.3	Καθαρή παρούσα αξία (NPV)	97
6.4.4	Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης.....	98
6.4.5	Περίοδος αποπληρωμής.....	98
6.4.6	Ανταποδοτικότητα της επένδυσης (ROI).....	99
6.5	Οικονομική Αξιολόγηση λύσεων FTTx.....	99
6.5.1	Οικονομική Αξιολόγηση FTTH homerun	99
6.5.2	Οικονομική Αξιολόγηση FTTH GPON.....	101
6.5.3	Οικονομική Αξιολόγηση FTTC VDSL.....	102
6.6	Συγκριτική αξιολόγηση λύσεων FTTx	103
7	Επίλογος	106
7.1	Σύνοψη και συμπεράσματα.....	106
7.2	Μελλοντικές επεκτάσεις.....	108
	Βιβλιογραφία	109
	Παράρτημα	113

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Εξέλιξη των ευρυζωνικών γραμμών στην Ελλάδα [6]	8
Διάγραμμα 2. Αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης στα κράτη μέλη της Ε.Ε. την περίοδο 1/1/2009 – 1/1/2010 [6]	9
Διάγραμμα 3. Εξέλιξη των ευρυζωνικών γραμμών στην Ελλάδα [6]	10
Διάγραμμα 4. Ευρυζωνική διείσδυση στα κράτη μέλη της Ε.Ε. την 1/1/2010 [6].....	10
Διάγραμμα 5. Αριθμός συνδρομητών FTTH/B στην Ευρώπη των 35 [8].....	11
Διάγραμμα 6. Σπίτια με δυνατότητα σύνδεσης FTTH/B στην Ε.Ε. των 35 [8].....	12
Διάγραμμα 7. Ποσοστό σπιτιών με δυνατότητα χρήσης τεχνολογία FTTH/B [8].....	12
Διάγραμμα 8. Εξέλιξη των συνδρομητών FTTH/B στην Ευρώπη [8].....	13
Διάγραμμα 9. Εξέλιξη των σπιτιών με δυνατότητα σύνδεσης FTTH/B στην Ευρώπη [8].....	13
Διάγραμμα 10. Καμπύλες διαφόρων μοντέλων αποδοχής.....	73
Διάγραμμα 11. Εκτίμηση αποδοχής της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα.....	75
Διάγραμμα 12. Εκτίμηση αποδοχής της τεχνολογίας FTTx στην Ελλάδα.....	77
Διάγραμμα 13. Εξέλιξη του μέσου όρου λιανικού κόστους ευρυζωνικής πρόσβασης [9].....	78
Διάγραμμα 14. Σωρευτική Χρηματοροή της λύσης FTTH homeup ανά μοντέλο διείσδυσης.....	100
Διάγραμμα 15. Σωρευτική Χρηματοροή της λύσης FTTH GPON ανά μοντέλο διείσδυσης.....	102
Διάγραμμα 16. Σωρευτική Χρηματοροή της λύσης FTTC VDSL ανά μοντέλο διείσδυσης.....	103
Διάγραμμα 17. Σύγκριση σωρευτικών χρηματοροών λύσεων FTTx	104

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1. Συσκευή τερματισμού οπτικής ίνας – FTTH [32]	40
Εικόνα 2. Συσκευή τερματισμού οπτικής ίνας – FTTB [28].....	41
Εικόνα 3. Μετατροπή FTTB σε FTTH με τη κατασκευή οπτικής “εσωτερικής” καλωδίωσης [34].....	42
Εικόνα 4. Τερματικό Οπτικών Γραμμών – OLT [37].....	49
Εικόνα 5. Τερματική Οπτική Μονάδα – FTTC ONU (VDSL) [37].....	49
Εικόνα 6. Οπτική διαιρέτες (splitters)[37].....	50

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1. Το υπάρχον δίκτυο πρόσβασης χαλκού [12]	17
Σχήμα 2. Τοπολογία δικτύου xDSL [12]	19
Σχήμα 3. Εξέλιξη Ασύμμετρων παραλλαγών DSL	20

Σχήμα 4. Χρήση φάσματος στην τεχνολογία ADSL	21
Σχήμα 5. Το ADSL2+ διπλασιάζει το εύρος ζώνης για λήψη δεδομένων.....	23
Σχήμα 6. Χρήση φάσματος στην τεχνολογία VDSL	24
Σχήμα 7. Παράδειγμα υποδομής FTTC.....	24
Σχήμα 8. Χρήση φάσματος στην τεχνολογία VDSL2	25
Σχήμα 9. Διαχωρισμός του φάσματος στις VDSL τεχνολογίες [13]	26
Σχήμα 10. Το VDSL2 προσφέρει ταχύτητες VDSL με κάλυψη και ευελιξία των ADSL/2+ [22]	27
Σχήμα 11. Ενεργοί συνδρομητές σαν συνάρτηση της απόστασης από το κέντρο [28]	33
Σχήμα 12. Ονομαστική ταχύτητα σαν συνάρτηση της απόστασης [28]	34
Σχήμα 3.13: Παρεμβολές NEXT και FEXT αντίστοιχα [12]	35
Σχήμα 14. Αρχιτεκτονικές FTTx [31]	39
Σχήμα 15. Τοπολογίες Τηλεπικοινωνιακών δικτύων [35]	43
Σχήμα 16. Point-to-Point συνδέσεις [30].....	44
Σχήμα 17. Point-to-Multipoint συνδέσεις [36]	45
Σχήμα 18. Αρχιτεκτονικές δικτύων PON [30].....	46
Σχήμα 19. Παθητικό οπτικό δίκτυο GPON – P2M [37]	48
Σχήμα 20. TDM – Πολυπλεξία ως προς το χρόνο	50
Σχήμα 21. Μέγιστος ρυθμός κατερχόμενης κίνηση σε GPON 1:32 [37].....	52
Σχήμα 22. Δίκτυο τεχνολογίας WDM – PON [33]	52
Σχήμα 23. Υβριδικά δίκτυα WDM/TDM-PON [33].....	54
Σχήμα 24. Ενεργό οπτικό δίκτυο AON [38].....	55
Σχήμα 25. Λειτουργία δικτύου AON [31].....	56
Σχήμα 26. Απαιτήσεις εφαρμογών και υπηρεσιών σε ταχύτητα μετάδοσης [30]	71
Σχήμα 27. Περιοχή Παλαιού Φαλήρου μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας [28]	80
Σχήμα 28. Ενεργός εξοπλισμός FTTH – homerun Αστικό Κέντρο (CO) [48].....	81
Σχήμα 29. Υπολογισμός κόστους κατασκευής FTTH homerun αστικού κέντρου	82
Σχήμα 30. Χαντάκι δικτύου συγκέντρωσης [28].....	83
Σχήμα 31. Χαντάκι κυρίως δικτύου [28].....	83
Σχήμα 32. Κύριο δίκτυο περιοχής Παλαιού Φαλήρου [28]	84
Σχήμα 33. Δίκτυο Διανομής Πεζοδρομίου FTTH homerun σε τυπικό ΟΤ	85
Σχήμα 34. Υπολογισμός μέσου μήκους εκσκαφής δικτύου διανομής πεζοδρομίου	85
Σχήμα 35. Υπολογισμός κόστους κατασκευής δικτύου διανομής FTTH homerun.....	86
Σχήμα 36. Μορφή δικτύου FTTH GPON 1:32 [28]	87
Σχήμα 37. Υπολογισμός κόστους κατασκευής FTTH GPON αστικού κέντρου	89
Σχήμα 38. Κύριο δίκτυο FTTH GPON περιοχής Παλαιού Φαλήρου [28]	90
Σχήμα 39. Δίκτυο Διανομής Πεζοδρομίου FTTH GPON σε τυπικό ΟΤ [28]	90
Σχήμα 40. Υπολογισμός κόστους κατασκευής δικτύου διανομής FTTH GPON	91

Σχήμα 41. Μορφή δικτύου FTTC VDSL [28]	91
Σχήμα 42. Υπολογισμός κόστους κατασκευής FTTC VDSL αστικού κέντρου	92
Σχήμα 43. Υπολογισμός κόστους κατασκευής δικτύου διανομής FTTC VDSL	93
Σχήμα 44. Υπολογισμός λειτουργικού κόστους για τις λύσεις FTTx.....	96

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1. VDSL - Υποστηριζόμενες ταχύτητες DS/US και μέγιστες αποστάσεις	25
Πίνακας 2. Σύγκριση xDSL Τεχνολογιών	31
Πίνακας 3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου FTTH "homerun"	47
Πίνακας 4. Βασικά χαρακτηριστικά προτύπων μετάδοσης PON [33]	48
Πίνακας 5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου FTTx GPON.....	51
Πίνακας 6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου FTTx WDM-PON.....	53
Πίνακας 7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου AON	56
Πίνακας 8. Σύγκριση των τριών δημοφιλέστερων σεναρίων ανάπτυξης δικτύων FTTx	57
Πίνακας 9. Μελλοντικές ανάγκες τυπικής οικογένειας σε ταχύτητα ευρυζωνικής σύνδεσης.....	72
Πίνακας 10. Τιμές παραμέτρων μοντέλων αποδοχής της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα.....	76
Πίνακας 11. Ποσοστά αποδοχής τεχνολογίας FTTx ανά έτος και μοντέλο.....	77
Πίνακας 12. Συγκεντρωτική ανάλυση κόστους λύσεων FTTx για την περιοχή Π. Φαλήρου	94
Πίνακας 13. Διαχωρισμός κατασκευαστικού κόστους σε σταθερό και μεταβλητό	95
Πίνακας 14. Δεδομένα για την οικονομική ανάλυση της λύσης FTTH homerun	100
Πίνακας 15. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης της λύσης FTTH homerun	100
Πίνακας 16. Δεδομένα για την οικονομική ανάλυση της λύσης FTTH GPON.....	101
Πίνακας 17. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης της λύσης FTTH GPON	101
Πίνακας 18. Δεδομένα για την οικονομική ανάλυση της λύσης FTTC VDSL.....	102
Πίνακας 19. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης της λύσης FTTC VDSL.....	103
Πίνακας 20. Συγκριτικά αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης των λύσεων FTTx	104

1

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο εργασίας

Οι τηλεπικοινωνίες αποτελούν ίσως το σημαντικότερο παράγοντα ανάπτυξης της σύγχρονης οικονομίας. Οι συνεχείς και ταχύτατες αλλαγές που συντελούνται στο χώρο, όπως η εξάπλωση της ευρυζωνικότητας, η σύγκλιση των κλάδων τηλεπικοινωνιών και πληροφορικής, καθώς και η ύπαρξη πολλαπλών τεχνολογικών επιλογών, δημιουργούν ένα ρευστό περιβάλλον μέσα στο οποίο οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών καλούνται να χαράζουν τη στρατηγική τους. Πολλοί αναλυτές θεωρούν ότι οι οικιακές ευρυζωνικές συνδέσεις, λόγω των νέων δυνατοτήτων που παρέχουν, θα αποτελέσουν τον καταλύτη για ακόμα μεγαλύτερη οικονομική ανάπτυξη.

Μέχρι πρόσφατα, η προσφορά ευρυζωνικής πρόσβασης με την αξιοποίηση του υφιστάμενου δημόσιου δικτύου χαλκού με την χρήση τεχνολογιών xDSL αποτελούσε σχεδόν επιχειρηματικό μονόδρομο για κάθε τηλεπικοινωνιακό πάροχο. Όμως, οι περιορισμοί των υφιστάμενων δικτυακών υποδομών αρχίζουν σταδιακά να γίνονται αισθητοί, με αποτέλεσμα η προσφορά ευρυζωνικών συνδέσεων να τείνει να αδυνατεί να καλύψει τις ανάγκες των τελικών χρηστών για ολοένα μεγαλύτερες ονομαστικές και πραγματικές ταχύτητες σύνδεσης.

Στο πλαίσιο της ανταγωνιστικής και συνεχώς διευρυνόμενης αγοράς ευρυζωνικής πρόσβασης, οι πάροχοι δικτυακών υπηρεσιών ενδιαφέρονται για επενδύσεις σε φυσικές υποδομές, ώστε να υποστηρίξουν με επιτυχία τη ζήτηση για υπηρεσίες πρόσβασης υψηλών

ταχυτήτων, πετυχαίνοντας έτσι τη επιβίωση μέσα στο ολοένα και πιο ανταγωνιστικό περιβάλλον της τηλεπικοινωνιακής αγοράς. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση οπτικών ινών για την κατασκευή Δικτύων Μητροπολιτικών Περιοχών (Metropolitan Area Networks – MANs) γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής για την εξυπηρέτηση των αναγκών πρόσβασης των τελικών χρηστών.

1.2 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η τεχνοοικονομική ανάλυση και αξιολόγηση των νέων ευρυζωνικών τεχνολογιών οπτικής πρόσβασης στην Ελλάδα.

Στο πλαίσιο αυτό επιδιώκεται η παρουσίαση και η τεχνική αξιολόγηση των διαθέσιμων τεχνολογικών λύσεων, τις οποίες εξετάζουν οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, ώστε να χαράξουν τη στρατηγική τους για την ανάπτυξη νέων δικτύων πρόσβασης, που θα καλύπτουν τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες των τελικών χρηστών. Εκτός από τα τεχνολογικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που διαθέτει η κάθε λύση, το πιο σημαντικό ρόλο στην επιλογή μιας τέτοιας επένδυσης παίζει η οικονομική ανάλυση. Για το λόγο, θα επιλεγεί μια αντιπροσωπευτική γεωγραφική περιοχή των Αθηνών και θα προσδιοριστεί με σχετική ακρίβεια το κόστος υλοποίησης των τριών πιο δημοφιλών σεναρίων που εξετάζουν σήμερα οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Επιπλέον, με τη χρήση διαφόρων μοντέλων εκτίμησης της διείσδυσης νέων τεχνολογικών προϊόντων και υπηρεσιών στην καταναλωτική αγορά, θα πραγματοποιηθεί ο προσδιορισμός των εσόδων της επένδυσης. Τέλος, η βασική επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η οικονομική σύγκριση των τριών εξεταζόμενων τεχνικών λύσεων και επιλογή της πιο συμφέρουσας.

1.3 Δομή εργασίας

Η διπλωματική εργασία ακολουθεί την εξής δομή:

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην έννοια της ευρυζωνικότητας. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από την παρουσίαση του ορισμού και των διαθέσιμων τεχνολογιών, εξετάζεται η διάδοση της ευρυζωνικότητας στην ελληνική και την παγκόσμια αγορά καθώς και τα εθνικά μας σχέδια για την περαιτέρω ανάπτυξή της.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση των διαθέσιμων τεχνολογιών ευρυζωνικής πρόσβασης χαλκού, καθώς και των περιορισμών που εισάγουν οι υφιστάμενες δικτυακές υποδομές ως προς τις μέγιστες υποστηριζόμενες ταχύτητες σύνδεσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται εκτενής παρουσίαση των τεχνολογιών οπτικής ευρυζωνικής πρόσβασης. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από την παρουσίαση των πλεονεκτημάτων των οπτικών ινών έναντι του υφιστάμενου δικτύου χαλκού, αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων τεχνολογιών και τεχνικών οπτικής πρόσβασης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στις διαθέσιμες ευρυζωνικές υπηρεσίες καθώς και στην απαιτούμενη ελάχιστη ταχύτητα πρόσβασης ώστε να είναι δυνατή η υποστήριξη τους. Επιπλέον, παρουσιάζονται κάποια μοντέλα εκτίμησης της διείσδυσης των νέων τεχνολογιών στο καταναλωτικό κοινό και, με τη χρήση αυτών, υπολογίζεται η πιθανή διείσδυση της τεχνολογίας FTTx στην Ελλάδα.

Στο έκτο κεφάλαιο, αναπτύσσεται η οικονομική αξιολόγηση των τεχνικών λύσεων. Πιο συγκεκριμένα για την κάθε εξεταζόμενη τεχνική λύση προσδιορίζονται τα έσοδα, το λειτουργικό και το κατασκευαστικό κόστος και στη συνέχεια παρουσιάζεται η οικονομική αξιολόγηση της.

Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2

Ευρυζωνικότητα στη Ελλάδα

2.1 Εισαγωγή

Όλοι γνωρίζουμε πως οι προσωπικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές (PC) άλλαξαν τη ζωή μας τις τελευταίες δυο δεκαετίες. Έχοντας ενσύρματη, ασύρματη και κινητή πρόσβαση στο διαδίκτυο, είμαστε πλέον σε θέση να στέλνουμε και να λαμβάνουμε email και δεδομένα οποιαδήποτε ώρα και στιγμή από οποιονδήποτε χώρο. Επιπλέον, εφαρμογές φωνής μας επιτρέπουν να μιλάμε με οποιονδήποτε στον κόσμο διαθέτει PC ή τηλέφωνο. Κλήσεις φωνής από υπολογιστή σε υπολογιστή είναι σήμερα διαθέσιμες χωρίς χρέωση και κλήσεις από υπολογιστή σε τηλέφωνο είναι σημαντικά φτηνότερες σε σχέση με τις παραδοσιακές κλήσεις. Επίσης, μέχρι πρότινος, η παρακολούθηση μια ταινίας ή της αγαπημένης μας τηλεοπτικής εκπομπής γινόταν αποκλειστικά στην τηλεόραση μας, ενώ στις μέρες μας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον υπολογιστή ή το κινητό μας τηλέφωνο. Βιώνουμε λοιπόν, καθημερινά την αλλαγή των παραδοσιακών καθημερινών συνηθειών μας στην επικοινωνία, στις αγορές, στη διασκέδαση, στις τραπεζικές συναλλαγές και σε πολλούς άλλους τομείς της κοινωνικής και επαγγελματικής μας ζωής. Τίποτα, όμως, από όλα αυτά δεν θα είχαν συμβεί χωρίς τις δυνατότητες που μας παρέχει η «ευρυζωνικότητα».

2.2 Ορισμός της Ευρυζωνικότητας

Ο όρος «ευρυζωνικός» (broadband) πρωτοεμφανίστηκε σε ερευνητικά εργαστήρια τηλεπικοινωνιών και χαρακτηρίζει τηλεπικοινωνιακές γραμμές υψηλής ταχύτητας (γραμμές

ευρείας ζώνης). Σήμερα, η ευρυζωνικότητα αναφέρεται στην ποιοτική διαδικτυακή εμπειρία του καταναλωτή που βασίζεται σε γραμμές μετάδοσης υψηλής ταχύτητας, οι οποίες προσφέρουν γρήγορη και αδιάλειπτη πρόσβαση στο Internet. Σύμφωνα με την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) [1], μία τηλεπικοινωνιακή σύνδεση είναι ευρυζωνική εφόσον διαθέτει τα παρακάτω δύο χαρακτηριστικά:

1. Προσφέρει αδιάλειπτη πρόσβαση στο Internet. Αδιάλειπτη πρόσβαση σημαίνει ότι η ευρυζωνική σύνδεση ενός Η/Υ με το διαδίκτυο παραμένει διαρκώς «ενεργή» ανεξάρτητα με το αν ο χρήστης τη χρησιμοποιεί ή όχι, χωρίς κανένα επιπρόσθετο κόστος κατά τη διάρκεια της σύνδεσης.
2. Έχει υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων προς το χρήστη, ώστε ο χρήστης να έχει πρόσβαση σε διαδραστικές υπηρεσίες πλούσιου περιεχομένου (φωνή, εικόνα και δεδομένα).

Η Ευρυζωνική σύνδεση θα πρέπει να εξασφαλίζει σύμφωνα με τα υπάρχοντα πρότυπα ταχύτητες λήψης δεδομένων όχι χαμηλότερες από 144Kbps (Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Communications Committee, COCOM). Ωστόσο, πολλοί ειδικοί επιχειρηματολογούν ότι τα όρια αυτά είναι εξαιρετικά χαμηλά, καθώς δεν επαρκούν για να υποστηρίξουν υπηρεσίες όπως τηλεφωνία, video ή τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας μέσω Internet κλπ.

Σύμφωνα με την «Ομάδα Εργασίας για την Ευρυζωνική Πρόσβαση» [2], ο όρος Ευρυζωνικότητα ορίζεται με την ευρεία έννοια, ως το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, κοινωνική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον αποτελούμενο από:

- **την παροχή γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο** σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, με ανταγωνιστικές τιμές (με τη μορφή καταναλωτικού αγαθού), χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων
- **την κατάλληλη δικτυακή υποδομή**, που: α) επιτρέπει την κατανεμημένη ανάπτυξη των υπάρχουσών και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών, β) δίνει τη δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές, γ) ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα και δ) είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπρόσθετο κόστος, ώστε να εξακολουθεί να ικανοποιεί τις ανάγκες όπως αυτές αυξάνουν και μετεξελίσσονται με ρυθμό και κόστος που επιτάσσονται από την πρόοδο της πληροφορικής και της τεχνολογίας επικοινωνιών

- **την δυνατότητα του πολίτη να επιλέγει** α) ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του, β) μεταξύ διαφόρων δικτυακών εφαρμογών και γ) μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας, με πιθανή παράλληλη συμμετοχή του ίδιου του πολίτη στην παροχή περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών
- **το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο** αποτελούμενο από πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες καθώς και, άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, στοιχεία απαραίτητα για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του ανταγωνισμού και την εγγύηση σοβαρής ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξης, ικανής να προέλθει από τη γενικευμένη συμμετοχή στην Ευρυζωνικότητα και την Κοινωνία της Πληροφορίας.

2.3 Ευρυζωνικές Τεχνολογίες

Οι ευρυζωνικές τεχνολογίες κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες: τις ενσύρματες, στις οποίες η σύνδεση εξασφαλίζεται μέσω καλωδίου (τηλεφωνικό δίκτυο, δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης, δίκτυα οπτικών ινών, δίκτυα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, κτλ) και τις ασύρματες, στις οποίες η σύνδεση εξασφαλίζεται μέσω εκπομπής/λήψης σημάτων στον αέρα (δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, δορυφορικά δίκτυα, WiFi, WiMax). Οι πιο διαδεδομένες ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες, οι οποίες θα περιγράψουν αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια, είναι οι τεχνολογίες xDSL και FTTx. Αντίστοιχα, οι πιο διαδεδομένες ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες είναι:

α) Wi-Fi ή WLAN

Ο όρος WiFi (Wireless Fidelity) [3] χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις συσκευές που βασίζονται στην προδιαγραφή IEEE 802.11 b/g και εκπέμπουν σε συχνότητες 2.4GHz. Ωστόσο, το WiFi («ασύρματη πιστότητα» στα ελληνικά) έχει επικρατήσει και ως όρος αναφερόμενος συνολικά στα υψηλής συχνότητας ασύρματα τοπικά δίκτυα - WLAN (Wireless Local Area Network). Οι ασύρματες τεχνολογίες πρόσβασης χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν ή να επεκτείνουν ένα κοινό ενσύρματο δίκτυο (Ethernet) και επιτρέπουν στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων. Έτσι, λοιπόν, χρησιμοποιώντας το WiFi, δίνεται η δυνατότητα διασύνδεσης φορητών ηλεκτρονικών υπολογιστών και κινητών τηλεφώνων με το Διαδίκτυο. Οι ρυθμοί μετάδοσης που υποστηρίζονται φτάνουν σήμερα μέχρι και τα 54 Mbps. Ωστόσο λόγω της μικρής ισχύος

εκπομπής ανά κεραία, η κάλυψη που προσφέρει είναι περιορισμένη. Παρόλα αυτά, χρησιμοποιείται ευρέως σε σπίτια, ξενοδοχεία, εστιατόρια, φοιτητικές εστίες, αθλητικές εγκαταστάσεις, αεροδρόμια, λιμάνια, σταθμούς τρένων ή λεωφορείων, εκπαιδευτικά κέντρα, βιβλιοθήκες, μουσεία, πολυκαταστήματα, τράπεζες, νοσοκομεία, δικαστήρια, κεντρικές πλατειές δήμων, κ.α..

β) WiMAX

Το WiMAX (Worldwide Interoperability Microwave Access) [4] είναι ένα σύστημα ασύρματης ψηφιακής επικοινωνίας, βασιζόμενο στο πρότυπο IEEE 802.16, το οποίο σχεδιάστηκε κυρίως για ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα. WiMAX αποκαλείται η τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης, η οποία λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με το Wi-Fi, αλλά με πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια. Συγκεκριμένα, ενώ το Wi-Fi εξασφαλίζει εμβέλεια επικοινωνίας μέχρι 100 μέτρα, το WiMax φθάνει τα 35 χιλιόμετρα ή και παραπάνω. Το WiMAX είναι πρωτόκολλο δεύτερης γενιάς που επιτρέπει υψηλές ταχύτητες διαμεταγωγής δεδομένων και αποτροπή παρεμβολών ενώ ταυτόχρονα στοχεύει σε ασύρματη επικοινωνία μακρινών αποστάσεων με γρήγορους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

γ) 3G/UMTS/HSDPA

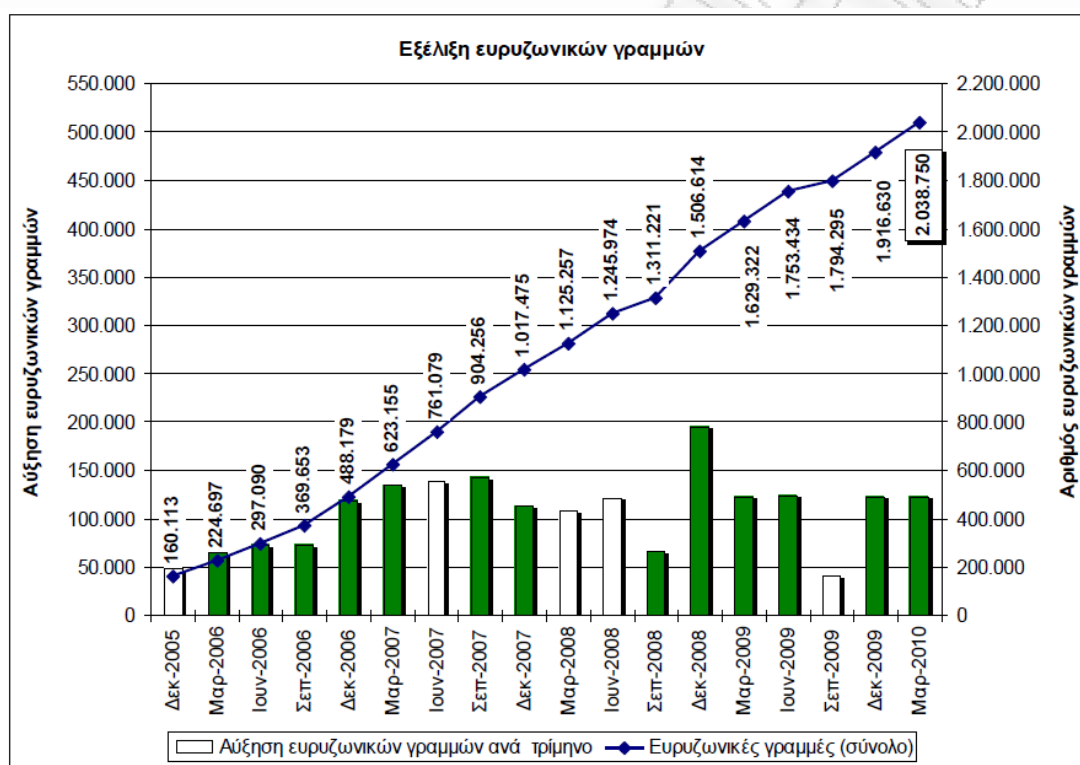
Η καλούμενη ως Τρίτη Γενιά (3rd Generation - 3G) κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιεί το σύστημα UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) το οποίο στηρίζεται στον τύπο ασύρματης δικτύωσης W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς υποστηρίζουν, σήμερα, την τεχνολογία HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) [5] παρέχοντας ταχύτητες μετάδοσης 1.8, 3.6, 7.2 και 14.0 Mbit/s. Επιπλέον, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας αναμένεται μελλοντικά να υποστηρίζουν και την τεχνολογία HSPA+ παρέχοντας ταχύτητες μέχρι και 84.4 Mbps.

δ) Δορυφορικό Internet

Οι υπηρεσίες δορυφορικού internet χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου δεν υπάρχει επίγεια πρόσβαση στο internet ή σε σταθμούς που μετακινούνται συνεχώς. Η δορυφορική σύνδεση στο internet είναι διαθέσιμη σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων σταθμών που κινούνται στη θάλασσα ή στη στεριά. Υπάρχουν τρεις τύποι δορυφορικού internet: (α) μονόδρομο Multicast (β) μονόδρομο με επίγεια επιστροφή και (γ) αμφίδρομο.

2.4 Πορεία της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα ξεκίνησε το 2003 από τη τελευταία θέση στην κατάταξη ευρυζωνικής διείσδυσης στα κράτη μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης – Ε.Ε. των «27», λόγω της γεωγραφικής της ιδιαιτερότητας, της ετεροβαρούς οικιστικής – εμπορικής ανάπτυξης (αστικά κέντρα και περιφέρεια) και της χαμηλής προσφοράς και ζήτησης προηγμένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Από τότε, όμως, μέχρι σήμερα, έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στη ευρυζωνική διείσδυση της χώρας, η οποία το Μάρτιο του 2010 έφτασε στο επίπεδο του 18% (Διάγραμμα 1).

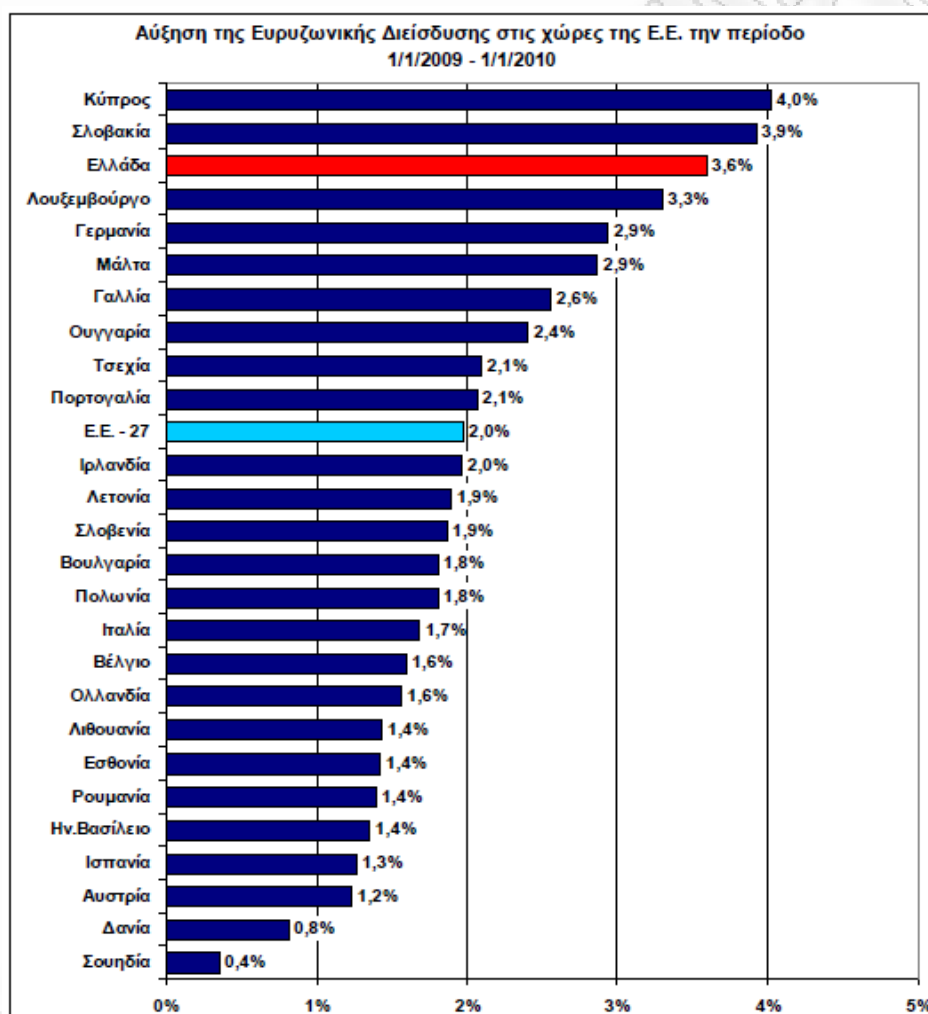


Διάγραμμα 1. Εξέλιξη των ευρυζωνικών γραμμών στην Ελλάδα [6]

Στο τέλος του πρώτου τριμήνου του 2010, οι ευρυζωνικές συνδέσεις έφτασαν τις 2.038.750, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 25,13% σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα του προηγούμενου έτους και κατά 13,62% σε σχέση με το προηγούμενο εξάμηνο. Η δυναμική αύξησης της ζήτησης παρουσιάζει αξιοσημείωτη σταθερότητα καθώς, εν μέσω κρίσιμης οικονομικής συγκυρίας, η αύξηση που σημειώθηκε κατά το πρώτο τρίμηνο του έτους (122.120 γραμμές) είναι ανάλογη με αυτή που σημειώθηκε το προηγούμενο τρίμηνο (122.335), καθώς και με εκείνη του πρώτου (122.708) και του δεύτερου τριμήνου (124.112)

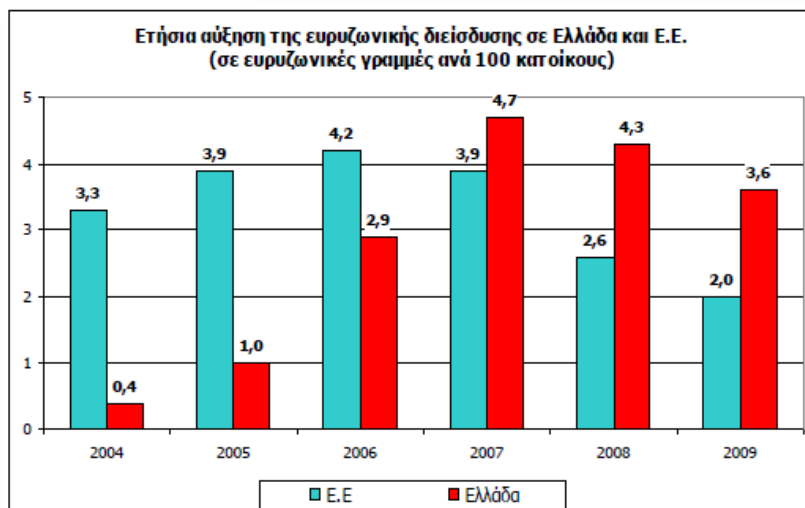
του 2009. Χαμηλότερο πλήθος συνδέσεων διαπιστώνεται μόνο στο θερινό τρίμηνο, λόγω εποχικότητας.

Σύμφωνα με την Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής “Europe’s Digital Competitiveness Report”, αλλά και τη 15^η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την πορεία της αγοράς Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών στην Ευρώπη [7], η αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης στην Ελλάδα το 2009 (3,6%) ήταν η τρίτη υψηλότερη στην Ε.Ε. και σημαντικά υψηλότερη από τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο (2%)(Διάγραμμα 2).



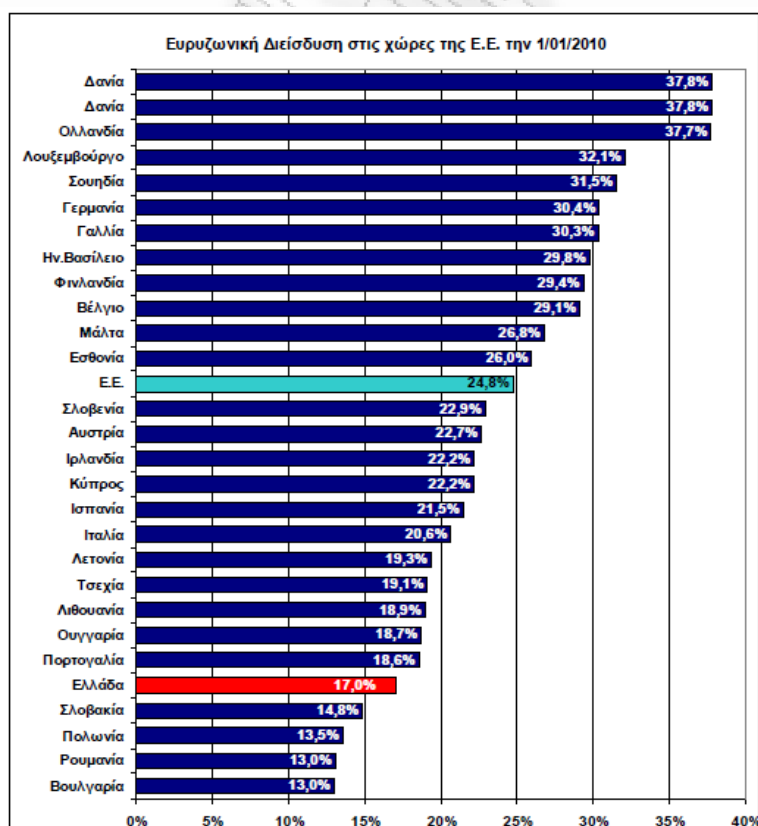
Διάγραμμα 2. Αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης στα κράτη μέλη της Ε.Ε. την περίοδο 1/1/2009 – 1/1/2010 [6]

Επιπλέον όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 3, η αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης στην Ελλάδα από το 2006 και μετά, είναι σταθερά υψηλότερη από αυτή της Ε.Ε., παρουσιάζοντας, ωστόσο, κάμψη από έτος σε έτος.



Διάγραμμα 3. Εξέλιξη των ευρυζωνικών γραμμών στην Ελλάδα [6]

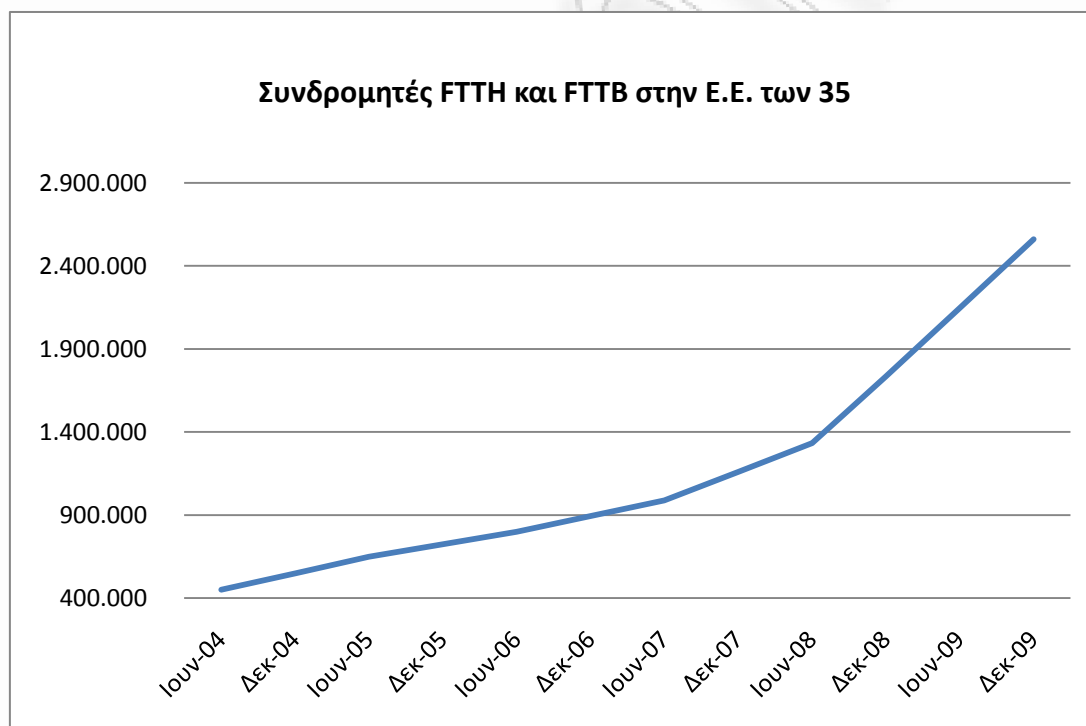
Κατά συνέπεια, η Ελλάδα μειώνει την απόσταση που τη χωρίζει από την υπόλοιπη Ευρώπη. Ωστόσο, η μείωση αυτή δεν συνεπάγεται και την ανέλιξη της χώρας σε υψηλότερες θέσεις κατάταξης, όσον αφορά στην ευρυζωνική διείσδυση. Έτσι, η Ελλάδα παραμένει στην 24^η θέση με 17% έναντι της 23^{ης} θέσης της Πορτογαλίας με 18,6% και του Ευρωπαϊκού μέσου όρου με 24,8%.



Διάγραμμα 4. Ευρυζωνική διείσδυση στα κράτη μέλη της Ε.Ε. την 1/1/2010 [6]

2.5 Νέες τάσεις στην παγκόσμια αγορά

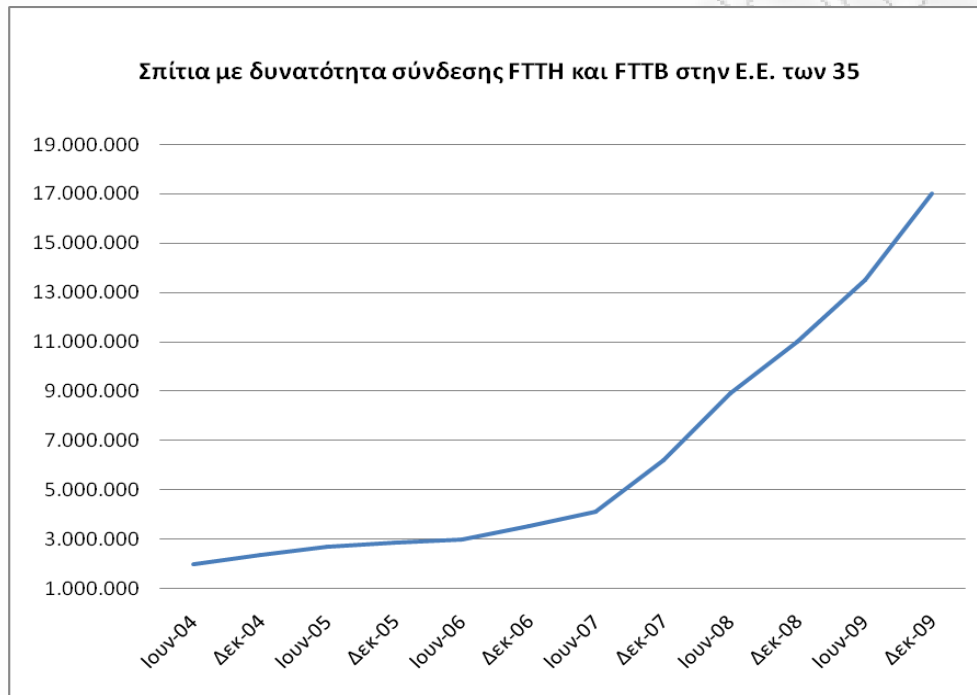
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι βασικές ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας είναι η τεχνολογία xDSL και τα δίκτυα οπτικών ινών. Η ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (DSL) παραμένει η πλέον διαδεδομένη τεχνολογία ευρυζωνικής πρόσβασης στην Ευρώπη, με 94 εκατ. γραμμές. Αντιθέτως, το Δεκέμβριο του 2009, στο σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 35 (EU35) υπήρχαν μόλις 2,5 εκατομμύρια ενεργοί συνδρομητές με οπτική ίνα έως το σπίτι/κτήριο (Fiber To The Home/Building – FTTH/B) και περίπου 17 εκατομμύρια σπίτια με τη δυνατότητα χρήσης της τεχνολογίας αυτής. Εάν προστεθεί στην EU35 και η Ρωσία, τότε ο συνολικός αριθμός πλησιάζει τα 3,5 εκατομμύρια ενεργών συνδρομητών και τα σπίτια με τη δυνατότητα χρήσης της τεχνολογίας αυτής προσεγγίζουν τα 25 εκατομμύρια. [8]



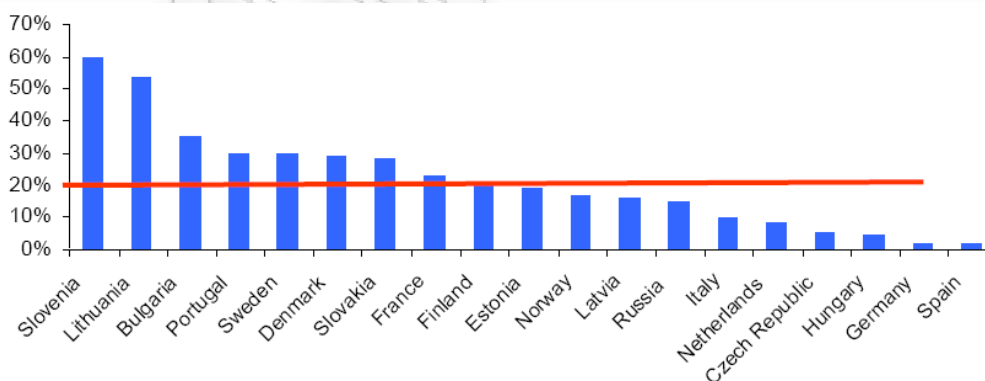
Διάγραμμα 5. Αριθμός συνδρομητών FTTH/B στην Ευρώπη των 35 [8]

Σύμφωνα με τα στοιχεία της IDATE (Διάγραμμα 5 και Διάγραμμα 6), είναι εμφανές ότι ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των συνδρομητών στην Ευρώπη αλλά και των σπιτιών με δυνατότητα χρήσης της τεχνολογία FTTH/B παρέμεινε σταθερός, πάρα την οικονομική ύφεση που διανύουμε. Πιο συγκεκριμένα, τόσο το έτος 2009 όσο και το 2008, ο αριθμός των συνδρομητών αυξήθηκε κατά περίπου 50%. Παρόλα αυτά, επί του παρόντος, οι FTTH/B συνδέσεις αντιπροσωπεύουν μόλις το 1,75% του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών στην

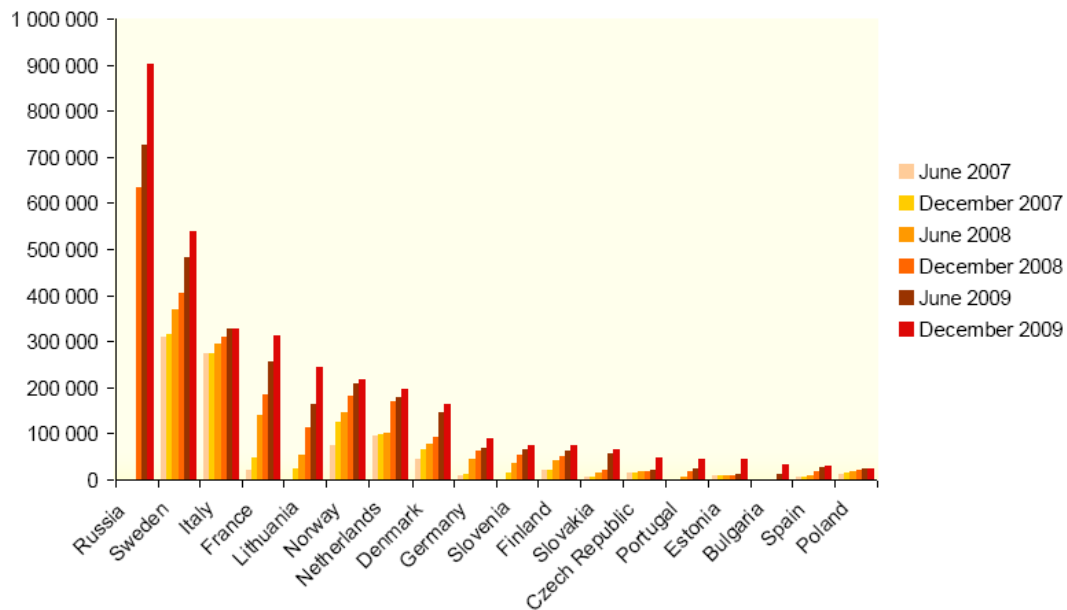
Ευρώπη, καθώς η τεχνολογία αυτή διατίθεται σε μικρή κλίμακα και σε λίγες μόνο χώρες. Εξαιρέση αποτελούν χώρες όπως η Σλοβενία, η Λιθουανία, καθώς και οι Σκανδιναβικές χώρες όπου το ποσοστό χρήσης FTTH/B είναι εξαιρετικά υψηλό (Διάγραμμα 7). Η Ρωσία με 900.000 FTTB συνδρομητές και πάνω από 8 εκατομμύρια σπίτια με δυνατότητα διασύνδεσης είναι ξεκάθαρα πρωτοπόρος, όπως διαπιστώνεται από το Διάγραμμα 8 και το Διάγραμμα 9.



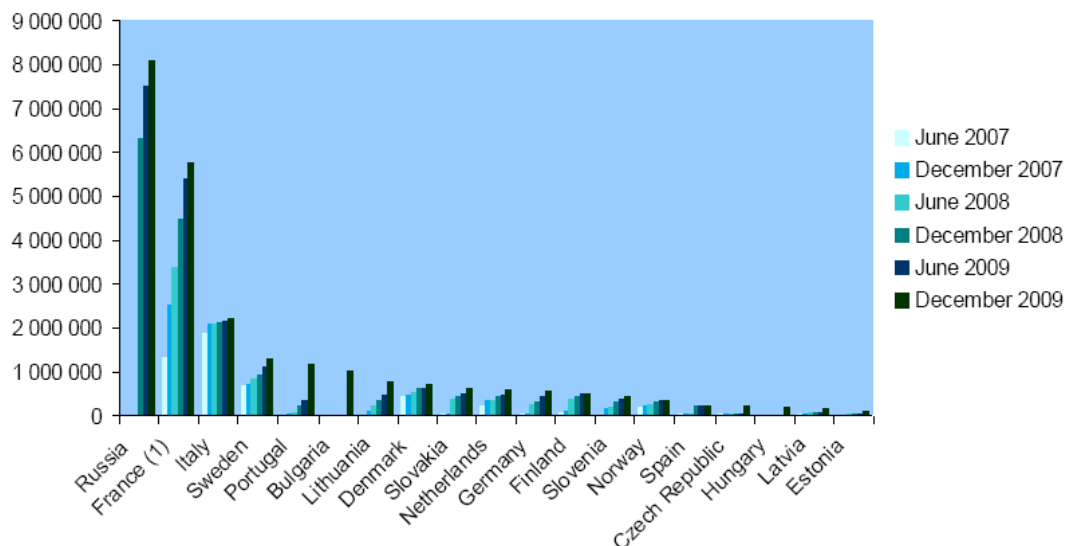
Διάγραμμα 6. Σπίτια με δυνατότητα σύνδεσης FTTH/B στην Ε.Ε. των 35 [8]



Διάγραμμα 7. Ποσοστό σπιτιών με δυνατότητα χρήσης τεχνολογία FTTH/B [8]



Διάγραμμα 8. Εξέλιξη των συνδρομητών FTTH/B στην Ευρώπη [8]



Διάγραμμα 9. Εξέλιξη των σπιτιών με δυνατότητα σύνδεσης FTTH/B στην Ευρώπη [8]

Επιπλέον, η διείσδυση των πελατών FTTH/B στις περιοχές όπου παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης παραμένει χαμηλή, περίπου 15%, δηλαδή 2,5 εκατομμύρια πελάτες στα 17 εκατομμύρια σπίτια με δυνατότητες FTTH/B. Εξάιρεση αποτελούν η Νορβηγία και η Σουηδία, όπου η διείσδυση το Δεκέμβριο του 2009 ανερχόταν στο 64,9% και στο 41,4% αντίστοιχα.

Ομοίως και στην Ελλάδα, η συντριπτική πλειοψηφία των ευρυζωνικών γραμμών είναι τεχνολογίας xDSL, ήτοι 99,5%, ενώ υπάρχουν γύρω στις 9.000 (0,5%) ευρυζωνικές συνδέσεις

λοιπών τεχνολογιών (π.χ. μισθωμένες γραμμές, γραμμές οπτικών ινών, κτλ) οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως από επιχειρησιακούς και εταιρικούς πελάτες. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ποσοστό των ευρυζωνικών συνδέσεων λοιπών τεχνολογιών είναι μακράν η χειρότερη επίδοση μεταξύ των κρατών μελών της Ε.Ε. [6][9]

2.6 Εθνική στρατηγική για τα δίκτυα οπτικών ινών

Το Σεπτέμβριο του 2008, το τότε Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, έχοντας και την έγκριση του Υπουργείου Οικονομικών, ανακοίνωσε ένα επταετές πλάνο κατασκευής ενός ανοιχτής πρόσβασης δικτύου οπτικών ινών, επικεντρωμένο στα αστικά κέντρα της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης και 50 ακόμα πόλεων, το οποίο θα κάλυπτε το 40% τις επικράτειας (περίπου 2.000.000 σπίτια). Ο προϋπολογισμός του έργου ήταν 2.1 δισεκατομμύρια ευρώ και η υλοποίηση θα γινόταν μέσω της εφαρμογής του νόμου για τις συμπράξεις Ιδιωτικού και Δημόσιου Τομέα, ιδρύοντας Εταιρείες Ειδικού Σκοπού διάρκειας 30 χρόνων. Η διάθρωση των κεφαλαίων που θα χρησιμοποιούνταν για τη χρηματοδότηση του έργου θα είχε ως εξής: το 1/3 θα προερχόταν από κρατική επιδότηση, το 1/3 από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων με χαμηλότοκη χρηματοδότηση και το υπόλοιπο 1/3 από ιδιωτική συμμετοχή των αναδόχων (ή του αναδόχου) που θα επιλέγονταν.[10]

Για την ταχύτερη ανάπτυξη του δικτύου, η Ελλάδα θα χωριζόταν σε 3 γεωγραφικές περιοχές, που θα αντιστοιχούσαν σε 3 ΣΔΙΤ. Η πηγή εσόδων των ΣΔΙΤ θα ήταν τα τέλη διάθεσης και χρήσης του δικτύου από τους παρόχους επικοινωνίας και περιεχομένου.

Το κράτος αναμενόταν να συμβάλει στο έργο παρέχοντας περίπου 700 εκατ. ευρώ, τα οποία θα προέρχονταν από κρατική χρηματοδότηση, αλλά και λαμβάνοντας επιπλέον μέτρα, που θα βοηθούσαν αποφασιστικά στη γρήγορη και απρόσκοπτη κατασκευή και ανάπτυξη του Δικτύου, όπως [10]:

- την ενίσχυση του τελικού χρήστη, καλύπτοντας μέρος του κόστους της κάθετης καλωδίωσης μέσω ΕΣΠΑ
- την παρέμβαση σε νομοθετικά και ρυθμιστικά θέματα, όπως είναι τα δικαιώματα διέλευσης για νέες και υφιστάμενες υποδομές, τα δικαιώματα διέλευσης κοινόχρηστων δικτύων, οι ρυθμίσεις πρόσβασης σε ιδιωτικά κτίρια, κοινόχρηστους χώρους κ.λπ., καθώς και

- τον καθορισμό των τεχνικών απαιτήσεων και προδιαγραφών για τα εσωτερικά δίκτυα ηλεκτρονικών επικοινωνιών, εξασφαλίζοντας τη σωστή και λειτουργική εγκατάσταση οπτικών ινών σε υφιστάμενα και νεο-ανεγερθέντα κτίρια.

Το χρονοδιάγραμμα το έργου προέβλεπε την προκήρυξη διεθνούς διαγωνισμού το δεύτερο εξάμηνο του 2009 για την ανάθεση του έργου σε ανάδοχο. Ωστόσο, η αλλαγή της κυβέρνησης τον Οκτώβριο του 2009, σε συνδυασμό με τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η χώρα λόγω της πρόσφατης οικονομικής κρίσης, είχε ως αποτέλεσμα την ολική επανεξέταση του σχεδίου από το νέο Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων (δημόσια διαβούλευση), με στόχο την προκήρυξη διαγωνισμού για την ανάθεση του έργου σε ανάδοχο έως τον Ιούλιο του 2011. Οι πρώτες οπτικές ίνες, σύμφωνα με το νέο χρονοδιάγραμμα του Υπουργείου, αναμένεται να εγκατασταθούν στα τέλη του 2011.

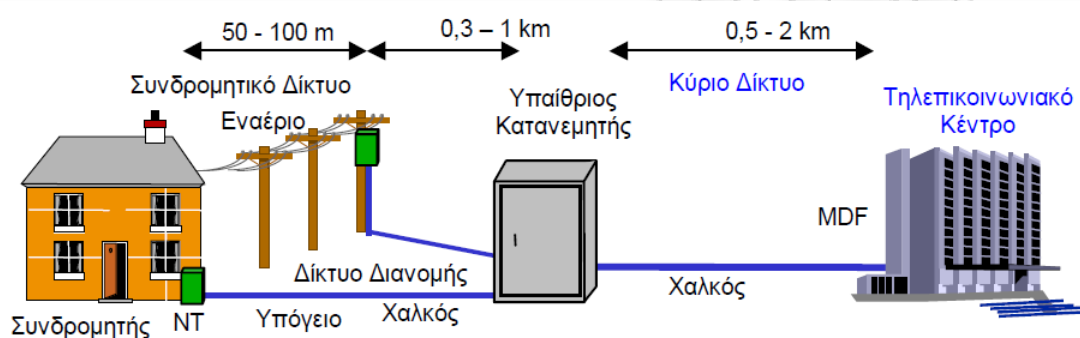
3

Τεχνολογίες Ευρυζωνικής Πρόσβασης Χαλκού

3.1 Υπάρχον δίκτυο πρόσβασης χαλκού

Τα δίκτυα πρόσβασης που βασίζονται στο χαλκό (copper access networks) αποτελούν μέχρι και σήμερα το μεγαλύτερο μερίδιο δικτυακών υποδομών σταθερής τηλεπικοινωνιακής πρόσβασης παγκοσμίως. Ειδικότερα στη χώρα μας, το 99,5% των σταθερών δικτύων πρόσβασης στηρίζονται στο χαλκό και μόλις το 0,5% σε άλλους τύπους πρόσβασης, όπως π.χ. οπτικές ίνες. [6] Τα δίκτυα αυτά αναπτύχθηκαν σταδιακά τις περασμένες δεκαετίες και χρησιμοποιούν ένα μοναδικό μη προστατευμένο συνεστραμμένο ζεύγος (unshielded twisted pair - UTP) χάλκινων καλωδίων για τη διασύνδεση του κάθε τελικού χρήστη (σπίτι, γραφείο, διαμέρισμα σε πολυκατοικία, κτλ) με το τοπικό τηλεπικοινωνιακό κέντρο του παρόχου (Local Exchange). Η διασύνδεση αυτή ονομάζεται τοπικός βρόγχος (local loop) ή “τελευταίο μίλι” (last mile) [11]. Σύμφωνα με έρευνες μέχρι σήμερα υπάρχουν εγκατεστημένοι περισσότεροι από 1 δισεκατομμύριο χάλκινοι συνδρομητικοί βρόχοι σε παγκόσμια κλίμακα. Από αυτή την παρατήρηση γίνεται κατανοητό ότι οι συνδρομητικοί βρόχοι αποτελούν μια τεράστια επένδυση και, κατά συνέπεια, η ανάπτυξη νέων δικτυακών τεχνολογιών που θα εκμεταλλεύονται αποτελεσματικά το φυσικό αυτό μέσο ήταν αναγκαία. Η τηλεφωνία αναπτύχθηκε πάρα πολύ ικανοποιητικά χωρίς να χρησιμοποιήσει πλήρως όλο το φάσμα συχνοτήτων που μπορούν να υπάρξουν σε ένα χάλκινο σύρμα. Το υπόλοιπο φάσμα είναι διαθέσιμο και στη συνέχεια θα περιγραφεί πώς η τεχνολογία DSL εκμεταλλεύεται αυτό το φάσμα για την παροχή ταχύτατων δικτυακών υπηρεσιών.

Παρόλο που οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών έχουν υποδομές ψηφιακού τύπου, οι οικιακές υποδομές των συνδρομητών παραμένουν αναλογικές, χρησιμοποιώντας συνεστραμμένα ζεύγη χάλκινων καλωδίσεων, που είναι μικρότερου κόστους. Η χωρητικότητα των καλωδίων αυτών με την υπάρχουσα τεχνολογία φτάνει τα 30 MHz. Η μετάδοση φωνής όμως, περιορίζεται σε ένα ελάχιστο τμήμα αυτής της χωρητικότητας (μόλις 4 KHz). Το ίδιο ελάχιστο τμήμα των 4 KHz εκμεταλλεύεται και το παραδοσιακό dial-up modem κατά τη σύνδεση ενός υπολογιστή στο Διαδίκτυο, με αποτέλεσμα όταν κάποιος είναι συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο να μην μπορεί να χρησιμοποιεί τις παραδοσιακές τηλεφωνικές υπηρεσίες φωνής.[12]



Σχήμα 1. Το υπάρχον δίκτυο πρόσβασης χαλκού [12]

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, το υπάρχον δίκτυο πρόσβασης χαλκού αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Τοπικό κέντρο παρόχου (Local Exchange – LEX)
- Κεντρικός κατανεμητής (Main Distribution Frame – MDF), που είναι εγκατεστημένος στο ίδιο κτήριο που είναι στεγασμένο το τοπικό κέντρο του παρόχου και στον οποίο καταλήγουν όλα τα συνεστραμμένα ζεύγη χάλκινων καλωδίων από όλους τους τελικούς χρήστες της γεωγραφικής περιοχής που εξυπηρετεί το συγκεκριμένο κέντρο.
- Υπαίθριος κατανεμητής (primary cross-connection point – PCP). Στην Ελλάδα έχει επικρατήσει να τους αποκαλούμε ΚΑΦΑΟ από τη γερμανική προφορά των γραμμάτων KV της γερμανικής λέξης “Kabelverzweiger” (κυριολεκτικά «καλωδιοκατανεμητής»).
- Εξοπλισμός τερματισμού δικτύου (Network Terminating equipment – NTE). Πρόκειται για ένα κουτί το οποίο εξυπηρετεί μια μικρή ομάδα συνδρομητών και στο οποίο γίνεται η σύνδεση μεταξύ του καλωδίου του δικτύου και του καλωδίου που

καταλήγει στην τηλεφωνική πρίζα του τελικού χρήστη. Τα NTE άλλοτε βρίσκεται πάνω σε κολώνες (συνήθως εξυπηρετεί μονοκατοικίες ενός δρόμου) και άλλοτε στις εισόδους κτηρίων (τα διαμερίσματα μιας πολυκατοικίας).

3.2 Τεχνολογίες xDSL

Το DSL – Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (Digital Subscriber Line) αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνική ευρυζωνικής πρόσβασης παγκοσμίως, κατέχοντας το 65% της συνολικής αγοράς και έχοντας πάνω από 200 εκατομμύρια χρήστες [13]. Με τον όρο xDSL εννοούμε μια ποικιλία διαφορετικών και ασύμβατων προδιαγραφών (π.χ. ADSL, VDSL, κ.α.), που στηρίζονται στην τεχνολογία DSL, αλλά η κάθε μια διαθέτει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και καλύπτει διαφορετικές ανάγκες.

Ο βασικός λόγος της επιτυχίας του DSL, έναντι άλλων τεχνολογιών πρόσβασης υψηλής ταχύτητας επικοινωνίας (π.χ. οπτικές ίνες), είναι ότι χρησιμοποιεί την υπάρχουσα τηλεφωνική εγκατάσταση των χάλκινων καλωδίων για τη μεταφορά δεδομένων σε σπίτια και επιχειρήσεις. Συνεπώς, δεν χρειάζεται η εγκατάσταση νέων καλωδίων, όπως στην περίπτωση της οπτικής πρόσβασης, που θα είχε ως αποτέλεσμα τη δραματική αύξηση του κόστους εγκατάστασης.

Για δεκαετίες τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά φωνής, χωρίς να αξιοποιείται στο έπακρο η μεγάλη χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός. Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται συνήθως σε εύρος μεταξύ 100 Hz και 4.000 Hz [14]. Όλες αυτές οι συχνότητες όμως, δεν είναι απαραίτητες για να γίνει καταληπτή η φωνή και η χροιά του συνομιλητή, γι' αυτό, με ειδικά φίλτρα αποκόπτονται οι επιπλέον συχνότητες, αφού όχι μόνο δε χρειάζονται, αλλά μπορεί και να δημιουργήσουν παρεμβολές - παράσιτα. Το εύρος ζώνης όμως του χαλκού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές με κατάλληλους τρόπους, όπως και στην περίπτωση του DSL. Το DSL αποτελεί στην ουσία μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής.

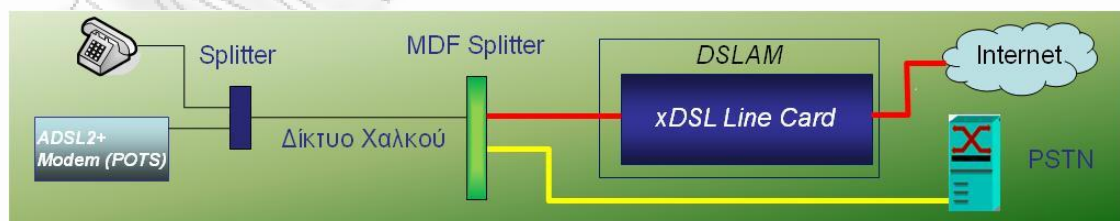
Με το xDSL, η επικοινωνία γίνεται εξ' ολοκλήρου ψηφιακά, επιτρέποντας τη χρήση πολύ μεγαλύτερου εύρους ζώνης για τη μεταφορά των δεδομένων, χάρη στη χρήση εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης σήματος, με αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων από αυτές των συνηθισμένων dial - up συνδέσεων. Το xDSL επιτρέπει, επίσης, τη χρήση ενός μέρους του εύρους για τη μεταφορά αναλογικού σήματος (φωνής), δίνοντας με αυτόν τον

τρόπο την δυνατότητα για ταυτόχρονη χρήση μιας φυσικής γραμμής τόσο για την τηλεφωνική σύνδεση όσο και για τη μετάδοση δεδομένων.

Συνοψίζοντας, τα πλεονεκτήματα του DSL σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές διασύνδεσης (Dial-up) είναι τα παρακάτω:

- οι υψηλές παρεχόμενες ταχύτητες, σε σχέση με τις συνδέσεις PSTN και ISDN
- η σταθερή χρέωση (flat-rate), δηλαδή απεριόριστη χρήση με ένα σταθερό πάγιο
- η ταυτόχρονη χρήση του τηλεφώνου και του Internet
- η δυνατότητα εξυπηρέτησης περισσότερων από έναν υπολογιστές μια μόνο σύνδεση με χρήση του κατάλληλου ADSL router (ενσύρματο ή ασύρματο) και
- η πάντα ενεργή σύνδεση με το Internet είναι, χωρίς να είναι αναγκαία η κλήση κάποιου τηλεφωνικού αριθμού κάθε φορά που θέλει ο χρήστης να συνδεθεί.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η τοπολογία του δικτύου xDSL. Όπως είναι φανερό, για την υλοποίηση ενός δικτύου xDSL δεν είναι αναγκαία η παραμικρή αλλαγή στο δίκτυο πρόσβασης χαλκού (Σχήμα 1). Αλλαγές απαιτούνται στο τοπικό κέντρο του παρόχου, όπου θα πρέπει να εγκατασταθεί ο απαραίτητος εξοπλισμός για τη λειτουργία του xDSL δικτύου. Ο εξοπλισμός αυτός ονομάζεται DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) και ο ρόλος του είναι να συνδέει πολλές γραμμές DSL σε μια γραμμή υψηλής ταχύτητας χρησιμοποιώντας τεχνικές πολυπλεξίας. Η γραμμή υψηλής ταχύτητας στη συνέχεια καταλήγει στο δίκτυο κορμού του παρόχου και από εκεί στο Internet. Το πλήθος των DSL γραμμών που μπορεί να διαχειριστεί ένα DSLAM είναι από μερικές δεκάδες έως μερικές χιλιάδες και εξαρτάται από τον τύπο και την τεχνολογία που χρησιμοποιεί κάθε φορά (π.χ. ADSL, VDSL). Στην περίπτωση του ADSL, το DSLAM περιέχει συνδρομητικές κάρτες, οι οποίες ονομάζονται μονάδες ATU-C (ADSL transmission unit, Central Office side), και αποτελεί το modem στο σημείο τερματισμού του ADSL στο τηλεφωνικό κέντρο. [12] [14]



Σχήμα 2. Τοπολογία δικτύου xDSL [12]

Άλλη μια απαραίτητη αλλαγή, εκτός από την εγκατάσταση του DSLAM είναι η χρήση ενός διαχωριστή (splitter), ο οποίος εγκαθίσταται στον κεντρικό καταναμητή (MDF) στην κατάληξη του δισύρματου καλωδίου του κάθε συνδρομητή DSL. Αυτός ο διαχωριστής διαχωρίζει το σήμα της φωνής (POTS – Plain Old Telephone Service) οδηγώντας το στο τοπικό τηλεφωνικό κέντρο (PSTN – Public Switched Telephone Network ή ISDN - Integrated Services Digital Network), και το σήμα των δεδομένων (DSL), οδηγώντας το στο DSLAM.

Στην πλευρά του συνδρομητή δεν απαιτείται κάποια αλλαγή ως προς την τηλεφωνική του εγκατάσταση. Το μόνο που χρειάζεται είναι η τοποθέτηση στην πρίζα του τηλεφώνου ενός διαχωριστή, αντίστοιχου αυτού που τοποθετήθηκε στον κεντρικό καταναμητή, και η σύνδεση σε αυτόν της συσκευής του τηλεφώνου αλλά και κατάλληλου DSL modem. Το DSL modem του συνδρομητή ονομάζεται και μονάδα ATU-R (ADSL transmission unit, Remote side). [12] [14]

Τα μέλη της οικογένειας DSL διακρίνονται μεταξύ τους, κυρίως, με βάση τον τρόπο που κατακερματίζουν το εύρος ζώνης της γραμμής, ώστε να παρέχουν συμμετρικές ή ασύμμετρες υπηρεσίες. Οι κυριότερες από τις τεχνολογίες αυτές είναι οι εξής: ασύμμετρο DSL (ADSL: Asymmetric DSL), G.Lite ADSL, ADSL2, ADSL2+, συμμετρικό DSL (SDSL: Symmetric DSL), υψηλού ρυθμού μετάδοσης DSL (HDSL: High bit rate DSL), προσαρμοζόμενου ρυθμού μετάδοσης DSL (RADSL: Rate Adaptive DSL), πολύ υψηλού ρυθμού μετάδοσης DSL (VDSL: Very high bit rate DSL).[12]

3.2.1 Ασύμμετρες παραλλαγές

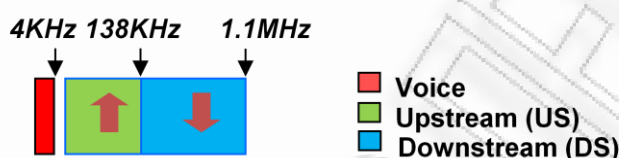
Οι ασύμμετρες παραλλαγές περιλαμβάνουν τις: ADSL, G.lite ADSL (η απλά G.lite), ADSL2, ADSL2+, RADSL, VDSL και VDSL2. Όλες οι τυποποιημένες μορφές της ADSL (Πρότυπα ITU G.992.1, G.992.2, και ANSI T1.413-Issue 2) χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία, το Διακριτό Πολλαπλό Τόνο (Discrete Multi Tone - DMT). Οι παραλλαγές αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακή χρήση, δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στους ρυθμούς κατεβάσματος δεδομένων σε σχέση με τους ρυθμούς ανεβάσματος.



Σχήμα 3. Εξέλιξη Ασύμμετρων παραλλαγών DSL

3.2.1.1 Ασύμμετρη Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή – ADSL

Η ασύμμετρη ψηφιακή γραμμή συνδρομητή (ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line) (ITU G.992.1) [15] χρησιμοποιείται σήμερα σε μεγάλο βαθμό για οικιακή χρήση και για τις ανάγκες δικτύωσης μικρών επιχειρήσεων. Είναι αρκετά οικονομική λύση και από πλευράς επιδόσεων είναι πολύ ταχύτερη του ISDN. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, το ADSL, σε σχέση με την παραδοσιακή τηλεφωνία, εκμεταλλεύεται πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης του συνεστραμμένου ζεύγους χάλκινων καλωδίων, απομονώνοντας τις υπηρεσίες φωνής από τις υπηρεσίες δεδομένων.



Σχήμα 4. Χρήση φάσματος στην τεχνολογία ADSL

Το ADSL χωρίζει το εύρος ζώνης του καλωδίου σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος έχει εύρος από 0 έως 25 KHz και χρησιμοποιείται για τις παραδοσιακές υπηρεσίες φωνής. Δεδομένου ότι ο ήχος απαιτεί μόλις 4 KHz, γίνεται αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο μέρος συχνοτήτων χρησιμοποιείται για λόγους ασφαλείας, ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές ανάμεσα στις υπηρεσίες ήχου και δεδομένων. Το δεύτερο μέρος με εύρος από 25 έως 138 KHz, αναλώνεται σε ροή δεδομένων από το χρήστη προς το τηλεπικοινωνιακό κέντρο (υπηρεσίες ανεβάσματος δεδομένων - Upstream) και το τρίτο μέρος με εύρος από 200 έως 1100 KHz, χρησιμοποιείται για ροή δεδομένων προς το χρήστη (υπηρεσίες κατεβάσματος δεδομένων - Downstream). Η διαφορά των 62 KHz χρησιμοποιείται και εδώ ως περιθώριο ασφαλείας για να μην υπάρξουν παρεμβολές. Οι τιμές αυτές μπορούν να μεταβληθούν αν αυτό απαιτηθεί από την εφαρμογή. Δεδομένου ότι ο συνδρομητής έχει μεγαλύτερες ανάγκες για υπηρεσίες κατεβάσματος δεδομένων, το δεύτερο κανάλι (από 25 – 200 KHz) μπορεί να είναι αμφίδρομο, δηλαδή κομμάτι του να επικαλυφθεί από το κατέβασμα δεδομένων.

Όπως θα αναλύσουμε παρακάτω, ο ρυθμός μετάδοσης για το κατέβασμα δεδομένων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, κυρίως, όμως, από το μήκος του συνεστραμμένου ζεύγους χάλκινων καλωδίων. Έτσι, λοιπόν, η ADSL τεχνολογία μπορεί να παράσχει μέγιστες ταχύτητες, από 1.544 Mbps (σε αποστάσεις μέχρι 5.5 Km) έως 8.448 Mbps (στα 3 Km περίπου) προς τη μια κατεύθυνση (downstream) και από 640 Kbps έως 1.54 Mbps προς την άλλη κατεύθυνση (upstream). [12]

3.2.1.2 G. Lite ADSL

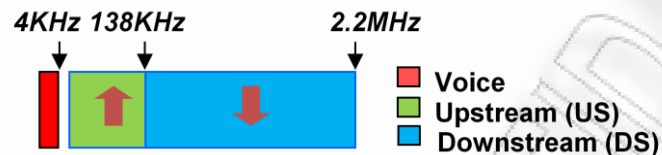
Το πρότυπο G.lite αναπτύχθηκε για να καλύψει τις απαιτήσεις εκείνου του τμήματος της αγοράς που απευθύνεται στον καταναλωτή. Το G.Lite είναι μια παραλλαγή της ADSL με κύρια διαφορά το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιεί διαχωριστή σήματος (splitter) στο χώρο του συνδρομητή. Συνεπώς, τόσο το DSL modem όσο και η τηλεφωνική συσκευή του χρήστη συνδέονται απευθείας με την τηλεφωνική γραμμή. Το modem περιέχει ειδικά chips που διαχωρίζουν τα σήματα, αλλά λειτουργούν σε χαμηλότερη ισχύ ώστε να μη δημιουργούν παρεμβολές στα σήματα της φωνής. Έτσι, η μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μικρότερη σε σχέση με το splitter-based DSL και φτάνει τα 1.5 Mbps για κατέβασμα δεδομένων και τα 512 Kbps για ανέβασμα δεδομένων. Επιπλέον, οι τηλεφωνικές συσκευές απαιτούν την ύπαρξη ενός φίλτρου που θα παρεμποδίζει τα σήματα DSL (δεδομένων), τα οποία μπορεί να ακουστούν ως θόρυβος στη γραμμή και να παρεμβάλλουν την κανονική λειτουργία του τηλεφώνου. Σε αυτήν την τεχνολογία, η μέγιστη απόσταση του συνδρομητή από το κοντινότερο τηλεπικοινωνιακό κέντρο είναι τα 5,5 km. [16]

Το θετικό της προτυποποίησης της τεχνολογίας G.Lite από την ITU (G.992.2) [16] είναι ότι έδωσε ώθηση στην κατασκευή DSL modems ή υπολογιστές με ενσωματωμένο εξοπλισμό, τα οποία να είναι συμβατά μεταξύ τους, ανεξαρτήτως παροχέα ή ακόμα και χώρας. Με αυτόν τον εξοπλισμό, η σύνδεση με το δίκτυο DSL γινόταν πολύ εύκολη και μπορούσε να γίνει από τους οικιακούς χρήστες χωρίς τη μεσολάβηση κάποιου τεχνικού. Παρόλα αυτά όμως, τόσο η ανάγκη των χρηστών για ταχύτητες μεγαλύτερης του 1.5 Mbps όσο και το γεγονός ότι οι εταιρείες εστίασαν τις δοκιμές τους σε splitter-less τεχνολογίες οι οποίες αποδείχτηκαν αποδοτικότερες του G.Lite, είχαν ως αποτέλεσμα τη μη ευρεία χρήση του συγκεκριμένου πρότυπου.

3.2.1.3 ADSL2 και ADSL2+

Η ADSL2 (ITU G.992.3 και G.992.4) [17] [18] τεχνολογία αποτελεί εξέλιξη του ADSL και παρέχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά και λειτουργικότητες που στοχεύουν στη βελτίωση της απόδοσης. Έτσι, λοιπόν, το ADSL2 βελτιώνει τόσο το ρυθμό όσο και το μήκος κάλυψης του ADSL πετυχαίνοντας κυρίως καλύτερη επίδοση σε μεγάλες γραμμές παρουσία παρεμβολών. Οι μέγιστοι ρυθμοί κατεβάσματος που υποστηρίζει είναι της τάξης των 12 Mbps και οι αντίστοιχοι ανεβάσματος της τάξης του 1 Mbps, τα οποία εξαρτώνται τόσο από την απόσταση όσο και από άλλους παράγοντες.

Η ADSL2+ (ITU G.992.5) [19] τεχνολογία διπλασιάζει το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται για την λήψη δεδομένων και αντί για 1.1 Mhz χρησιμοποιεί 2.2 Mhz, επιτυγχάνοντας ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων έως και 24 Mbps σε τηλεφωνικές γραμμές μικρότερες από 2 χιλιόμετρα σε μήκος. Ο ρυθμός ανόδου είναι περίπου 1 Mbps και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του βρόχου.



Σχήμα 5. Το ADSL2+ διπλασιάζει το εύρος ζώνης για λήψη δεδομένων

3.2.1.4 RADSL – Rate Adaptive DSL

Η υπηρεσία RADSL (Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Προσαρμοζόμενου Ρυθμού) είναι μια εναλλακτική περίπτωση της ADSL, με τη διαφορά ότι μπορεί να προσαρμόζει το ρυθμό μετάδοσης ανάλογα με την ποιότητα της γραμμής μετάδοσης και το μήκος του τοπικού βρόχου. Η παραλλαγή αυτή δεν έχει προτυποποιηθεί. Σχεδιάστηκε για εφαρμογές βίντεο κατά απαίτηση (video on demand). Μπορεί, επίσης, να μεταβάλλει την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων ανάλογα με τις εφαρμογές, π.χ. απλά δεδομένα, πολυμεσικές εφαρμογές, φωνή, κτλ.

Ένα κατάλληλο πρόγραμμα είναι αυτό που αποφασίζει για το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων και έχει δύο εναλλακτικές επιλογές: η πρώτη είναι να επιτρέψει σε μια γραμμή ρυθμούς μετάδοσης ικανούς να καλύψουν μια αναμενόμενη ζήτηση και η δεύτερη είναι η δυναμική προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης της γραμμής ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις της γραμμής. Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός ρυθμών είναι 7 Mbps για κάθοδο δεδομένων και 1 Mbps για άνοδο δεδομένων. [12]

3.2.1.5 VDSL – Very high bit rate DSL

Η πολύ υψηλού ρυθμού DSL (Very High bit rate DSL – VDSL ή VHDSL)[20] είναι η εξέλιξη της ADSL τεχνολογίας ώστε να γίνει ικανή για μετάδοση σε πολύ υψηλότερες ταχύτητες, οι οποίες φτάνουν μέχρι τα 52 Mbps για την downstream επικοινωνία και 12 Mbps για την upstream, κάνοντας χρήση 12 MHz εύρους ζώνης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6. Αναπτύχθηκε έτσι ώστε να μπορεί να εκμεταλλευτεί τις καινοτόμες υποδομές FTTC (Fiber To The Cabinet). Όπως θα αναλύσουμε στην επόμενη ενότητα, πρόκειται για μια προσπάθεια των τηλεπικοινωνιακών εταιρειών να εξοπλίσουν τις γειτονιές των απλών

χρηστών με καλώδια οπτικών ινών υψηλών χωρητικότητων, τα οποία μπορούν να μεταδίδουν σήματα σε μεγάλες αποστάσεις, χωρίς σφάλματα. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα της τεχνολογίας FTTC, όπου, όπως φαίνεται από τις εγκαταστάσεις των χρηστών ξεκινάνε καλώδια συνεστραμμένων ζευγών προς την κοντινότερη καμπίνα - ΚΑΦΑΟ, στην οποία είναι εγκατεστημένος κατάλληλος εξοπλισμός, ο οποίος μπορεί να μετατρέπει τα σήματα σε οπτικά και να τα πολυπλέκει σε ένα καλώδιο οπτικών ινών.



Σχήμα 6. Χρήση φάσματος στην τεχνολογία VDSL



Σχήμα 7. Παράδειγμα υποδομής FTTC

Ανάλογα με το μήκος του βρόγχου (που δεν είναι οπτική ίνα) και το αν θέλουμε συμμετρική ή ασύμμετρη μετάδοση υποστηρίζονται και διαφορετικές ταχύτητες. Αυτές φαίνονται στον Πίνακα 1. Στις δύο πρώτες στήλες παρουσιάζονται οι ταχύτητες downstream και upstream και στην τρίτη η μέγιστη απόσταση σε μέτρα. Το πρότυπο VDSL χρησιμοποιεί μέχρι και 4 ζώνες συχνοτήτων για να επιτύχει τους παραπάνω ρυθμούς μετάδοσης. Δύο ζώνες χρησιμοποιεί η upstream μετάδοση και τις υπόλοιπες δύο η downstream.

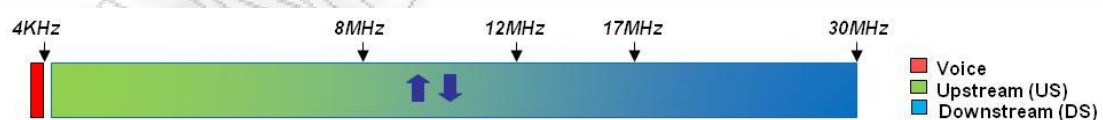
Από τον Πίνακα 1, γίνεται φανερό ότι για μικρότερες αποστάσεις επιτυγχάνεται μεγαλύτερος ρυθμός κατεβάσματος με μέγιστο ρυθμό τα 52 Mbps για αποστάσεις έως 300 μέτρα. Οι ρυθμοί ανόδου δεδομένων από την εγκατάσταση του συνδρομητή προς το κεντρικό γραφείο τηλεπικοινωνίας κυμαίνονται τυπικά μεταξύ 1.6 και 3.2 Mbps, ενώ μπορούν να φτάσουν σε περιπτώσεις συμμετρικής κίνησης μέχρι και τα 26 Mbps. Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη του συμμετρικού VDSL, είναι το μικρό μήκος της γραμμής.

Πίνακας 1. VDSL - Υποστηριζόμενες ταχύτητες DS/US και μέγιστες αποστάσεις

Downstream (Mbps)	Upstream (Mbps)	Απόσταση (m)
52	6,4	300
26	3,2	800
26	26	300
13	13	600
13	1,6	1200

3.2.1.6 VDSL2 – Very high bit rate DSL 2

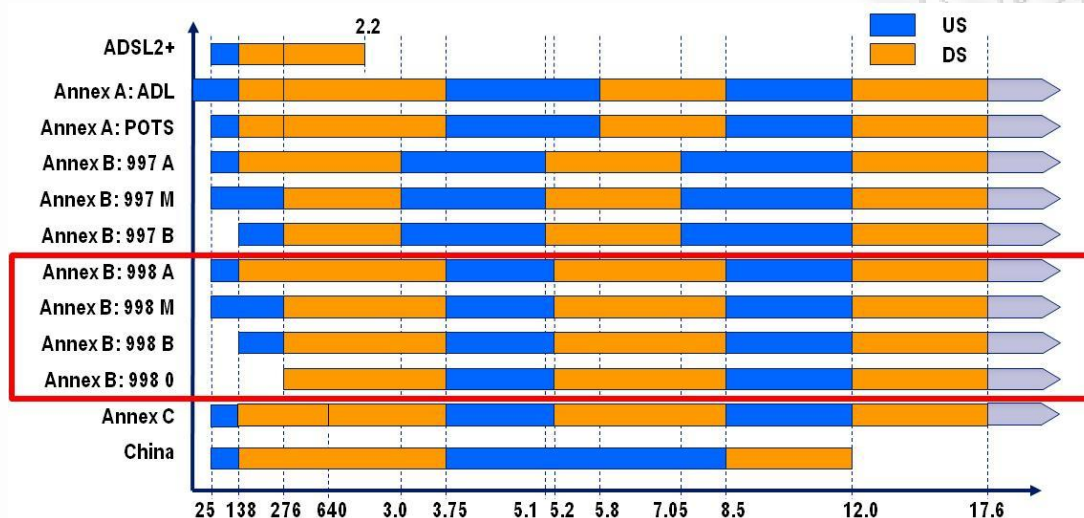
Το ADSL2+ επεκτείνεται αυτήν την περίοδο παγκοσμίως και εμφανίζεται ως η νέα επικρατούσα τάση ευρυζωνικής τεχνολογίας για τους οικιακούς και επαγγελματικούς πελάτες. Την ίδια στιγμή, όμως, η βιομηχανία προσανατολίζεται προς το επόμενο βήμα της εξέλιξης DSL: το VDSL2 [21]. Αυτή η δεύτερη έκδοση της Ψηφιακής Γραμμής Συνδρομητή πολύ Υψηλού Ρυθμού Δεδομένων (VDSL) υπόσχεται να παραδώσει 100Mbps συμμετρικής κίνησης σε μικρές αποστάσεις. Το VDSL2 είναι το πλέον εξελιγμένο πρότυπο για ενσύρματη DSL μετάδοση. Υποστηρίζει ταχύτητες τόσο σε συμμετρική όσο και σε ασύμμετρη μετάδοση, οι οποίες προσεγγίζουν το θεωρητικό μέγιστο των 250 Mbps, κάνοντας χρήση 30 MHz εύρους ζώνης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8. Φυσικά, το θεωρητικό αυτό μπορεί να μετρηθεί μόνο στον πομπό. Στην περίπτωση που έχουμε μετάδοση, το άνω όριο πέφτει στα 100 Mbps για μήκος 500 μέτρων και στα 50 Mbps για μήκος 1 Km. Παρόλα αυτά, για μεγαλύτερα μήκη, η μείωση της απόδοσης είναι σχετικά αργή. Έτσι το VDSL2, είναι πάντα καλύτερο από το απλό VDSL, ενώ από τα 1.6 Km και πάνω έχει απόδοση παραπλήσια με αυτή του ADSL2+.[22]



Σχήμα 8. Χρήση φάσματος στην τεχνολογία VDSL2

Το πεδίο του προτύπου VDSL2 είναι αρκετά ευρύ. Οι στόχοι του είναι να αυξήσει την απόδοση στους μεγαλύτερους βρόχους (περισσότερο από ότι το VDSL) ως μια εξέλιξη του ADSL2+, και στους μικρούς βρόχους, ως μια εξέλιξη του VDSL. Το VDSL καταλαμβάνει το φάσμα από 138kHz έως 12MHz. Το φάσμα του VDSL2 διευρύνθηκε και προς τα πάνω και

προς τα κάτω, χρησιμοποιώντας συνολικό φάσμα από 25kHz έως 30MHz. Το κλειδί για την αυξανόμενη απόδοση στους μεγάλους βρόχους βρίσκεται στη χρήση του χαμηλού φάσματος από 25kHz έως 138kHz, ενώ το κλειδί για την αύξηση της απόδοσης στους μικρούς βρόχους βρίσκεται στη χρήση του υψηλού φάσματος από 12MHz έως 30MHz.



Σχήμα 9. Διαχωρισμός του φάσματος στις VDSL τεχνολογίες [13]

Το ADSL, όπως προαναφέραμε, χωρίζει γενικά το εύρος ζώνης σε ένα σύστημα δύο-ζωνών, όπου ένα μέρος του φάσματος συχνοτήτων χρησιμοποιείται για την προς τα πάνω μετάδοση και το δεύτερο μέρος χρησιμοποιείται για την προς τα κάτω μετάδοση. Το VDSL, από την άλλη πλευρά, έχει περισσότερες ζώνες τόσο για την προς τα πάνω όσο και για την προς τα κάτω μετάδοση και επιτρέπει ένα μεγαλύτερο βαθμό ευελιξίας, λαμβάνοντας υπόψη τους ρυθμούς μετάδοσης και τη συμμετρία μεταξύ ανόδου και καθόδου δεδομένων. Το 2000 καθορίστηκαν δύο σχέδια ζωνών για να καλύψουν τις απαιτήσεις των εταιρειών για τη συμμετρία/ασυμμετρία (Σχήμα 9). Το πρώτο (Band Plan 998) διευκολύνει τις ασύμμετρες υπηρεσίες, ενώ το Band Plan 997 εξυπηρετεί συμμετρικές υπηρεσίες. Το VDSL υποστηρίζει ένα εύρος ζώνης μέχρι 12MHz, ενώ στο VDSL2 το εύρος ζώνης μπορεί να επεκταθεί στα 30MHz. Προκειμένου να είναι φασματικά συμβατό με το VDSL, το VDSL2 χρησιμοποιεί τις ίδιες ζώνες συχνοτήτων κάτω από τα 12MHz. Όπως στο ADSL, το χαμηλότερο μέρος του φάσματος διατίθεται για την τηλεφωνία (POTS ή ISDN) και ένας διαχωριστής με φίλτρο χρησιμοποιείται για να χωρίσει τις συχνότητες της τηλεφωνίας από τη VDSL2 ζώνη. Υπάρχει επίσης, μια επιλογή "απόλυτου ψηφιακού τύπου – ADL", όπου ουσιαστικά όλο το φάσμα μπορεί να χρησιμοποιείται για VDSL2. [13] [22]

Ενώ στο VDSL το μήκος του τοπικού βρόχου είναι περιορισμένο περίπου στα 1500m, το αντίστοιχο μήκος για το VDSL2 μπορεί να επεκταθεί περίπου στα 2400m. Η πρώτη προς τα

πάνω ζώνη (που ορίζεται ως US0 στο παραπάνω σχήμα) του VDSL2 μπορεί να χρησιμοποιήσει τις ίδιες συχνότητες με το ADSL/2/plus. Αυτό επεκτείνει την κάλυψη του VDSL2 έναντι του VDSL. Για αποστάσεις μεγαλύτερες των 2000-2400m, το ADSL2 παραμένει η πιο κατάλληλη επιλογή για πρόσβαση DSL.

Στο Σχήμα 10, φαίνονται ποιες τεχνολογίες είναι καταλληλότερες ανάλογα με το μήκος του τοπικού βρόχου. Επίσης διαφαίνεται και το γεγονός ότι το VDSL2 έρχεται να καλύψει τις αδυναμίες που εμφάνιζε η κάθε τεχνολογία. [22]



Σχήμα 10. Το VDSL2 προσφέρει ταχύτητες VDSL με κάλυψη και ευελιξία των ADSL/2+ [22]

Συνεπώς, το VDSL2 είναι μια τεχνολογία που εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα των προηγούμενων τεχνολογιών και, σε συνδυασμό με καινούργια χαρακτηριστικά, γίνεται η πλέον αποδοτική τεχνολογία DSL, εισάγοντας ακόμα και δυνατότητες συμμετρικής κίνησης στα 100/100 Mbps με χρήση του φάσματος των 30 Mhz.

3.2.2 Συμμετρικές Παραλλαγές

3.2.2.1 HDSL – High bit rate DSL

Η τεχνολογία HDSL (Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης) [23] είναι από τις πρώτες που αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 από την BellCore και έχει γίνει πρότυπο από την ETSI και την ITU (International Telecommunications Union). Δημιουργήθηκε με απώτερο στόχο να εκμεταλλευτεί την υπάρχουσα τεχνολογία των ψηφιακών κυκλωμάτων T-1 και E-1. Οι γραμμές T-1 χρησιμοποιούνται στη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία και μπορούν να πετύχουν ταχύτητες της τάξεως των 1.544 Mbps. Στην

Ευρώπη, και σε πολλά άλλα μέρη του κόσμου, χρησιμοποιούνται τα E1 πρότυπα που παρέχουν ταχύτητες της τάξεως των 2.044 Mbps. Το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται από την τεχνική HSL είναι της τάξης των 600 KHz και μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητες της τάξεως των 2 Mbps για αποστάσεις μέχρι 5 Km. [24]

Συγκριτικά με την τεχνολογία ADSL, η HDSL προσφέρει απόλυτα συμμετρικές υπηρεσίες, δηλαδή το εύρος ζώνης και προς τις δύο κατευθύνσεις είναι το ίδιο, αλλά δεν παρέχει τυπική υπηρεσία τηλεφωνίας πάνω από την ίδια γραμμή. Για την επίτευξη της πλήρους αμφίδρομης μετάδοσης χρησιμοποιούνται 2 καλώδια συνεστραμμένων ζευγών, τα οποία μπορεί να γίνουν και τρία για υποστήριξη μέχρι και 2.048 Kbps. Αυτό είναι και ένα μειονέκτημα σε σχέση με το ADSL που χρησιμοποιεί μόνο ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών.

Κάποια βασικά πλεονεκτήματα του HDSL είναι τα ακόλουθα:

- η μεγάλη ανοχή σε οποιαδήποτε τροποποίηση του τοπικού βρόχου από την εταιρεία παροχής τηλεφωνικών υπηρεσιών
- η πλήρης συνεργασία με κυκλώματα T-1 και E-1, δεδομένου ότι το HDSL δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό και
- η δυνατότητα αντιμετώπισης περιπτώσεων αποτυχίας του συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι το HDSL μπορεί να ανακάμψει όταν ένα από τα δύο καλώδια αποτύχει. Η χρήση μόνο του ενός καλωδίου περιορίζει τις επιδόσεις του συστήματος στο μισό.

3.2.2.2 2ης γενιάς HDSL(2nd generation HDSL)

Το HDSL2 διαφέρει από την HDSL στο ότι χρησιμοποιεί ένα ζεύγος καλωδίων για να μεταφέρει 1.5 Mbps και προς τις δύο κατευθύνσεις, ενώ το HDSL χρησιμοποιεί δύο ζεύγη. Επιπλέον, όπως και στο HDSL, το HDSL2 δεν παρέχει τυπική υπηρεσία τηλεφωνίας πάνω από το ίδιο ζεύγος καλωδίων.

3.2.2.3 4ης γενιάς HDSL (4th generation HDSL)

Το HDSL4 είναι ουσιαστικά το ίδιο με το HDSL2 με τη διαφορά ότι επιτυγχάνει μεγαλύτερη απόσταση κατά περίπου 30% σε σχέση με το HDSL ή το HDSL2. Χρησιμοποιεί δύο ζευγάρια καλωδίων (4 αγωγοί), ενώ το HDSL2 χρησιμοποιεί ένα ζευγάρι καλωδίων.

3.2.2.4 SDSL - Symmetric DSL

Η τεχνολογία SDSL (Συμμετρική Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή) [25] είναι γνωστή και ως ψηφιακή γραμμή συνδρομητή απλού καλωδίου. Πρόκειται για την HDSL με τη μόνη διαφορά ότι χρησιμοποιείται ένα απλό καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, αντί για δύο, γι' αυτό και η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να ξεπερνά τα 3 km. Δεδομένου ότι η τοπική εγκατάσταση του συνδρομητή λαμβάνει υπόψη μόνο ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών για σύνδεση με το τοπικό τηλεπικοινωνιακό γραφείο, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το SDSL είναι περισσότερο προσιτό στον απλό χρήστη από ότι το HDSL.

Το SDSL μπορεί να επιτύχει ρυθμούς ανόδου και καθόδου δεδομένων από 128 Kbps μέχρι 2048 Kbps. Βρίσκει πολλές εφαρμογές σε επιχειρησιακό επίπεδο, καθώς είναι μια από τις καλύτερες λύσεις για τη σύνδεση εξυπηρετητών στο Διαδίκτυο, για βίντεο-συνδιάσκεψη και για ανταλλαγή μεγάλου όγκου αρχείων. Αν και το κανάλι της παραδοσιακής τηλεφωνικής υπηρεσίας μπορεί να είναι διαχωρισμένο από αυτά των δεδομένων, η τηλεφωνική επικοινωνία, συνήθως, δεν μπορεί να πραγματοποιείται ταυτόχρονα με τις υπηρεσίες δεδομένων. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα σε επιχειρησιακό επίπεδο εξαιτίας της ύπαρξης εναλλακτικών λύσεων, όπως το VoIP.

3.2.2.5 SHDSL – Symmetric High-Bitrate DSL

Το SHDSL (Συμμετρική Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης) είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο αιχμής, συμμετρικού DSL. Ο εξοπλισμός SHDSL ακολουθεί την σύσταση G.991.2 [26] της ITU, γνωστή, επίσης και ως G.shdsl, εγκεκριμένη από την ITU-T το Φεβρουάριο του 2001. Πρόκειται για την πρώτη τεχνολογία συμμετρικού DSL πολλαπλού ρυθμού, η οποία προτυποποιήθηκε. Σε σχέση με το SDSL, το SHDSL χρησιμοποιεί πιο εξελιγμένους αλγόριθμους για την κωδικοποίηση γραμμής και μπορεί να υποστηρίξει ρυθμούς από 192 Kbps μέχρι 2.312 Mbps πάνω από ένα ζευγάρι χάλκινων καλωδίων ή ρυθμούς από 384 Kbps μέχρι 4.624 Mbps όταν χρησιμοποιούνται δύο ζεύγη καλωδίων. Ο ρυθμός γραμμής για το κάθε ζευγάρι πρέπει να είναι ο ίδιος.

Το SHDSL παρέχει αυξημένες δυνατότητες στο μήκος του βρόχου πρόσβασης. Κάνοντας χρήση ενός ενιαίου ζευγαριού καλωδίων, οι συμμετρικοί ρυθμοί των 2.312 Mbps μπορούν να επιτευχθούν σε αποστάσεις της τάξης των 3 χιλιομέτρων, ενώ οι συμμετρικοί ρυθμοί των 192 kbps λειτουργούν χωρίς προβλήματα έως και τα 6 χιλιόμετρα. Η επιλογή των 4 καλωδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επεκταθεί το μήκος πρόσβασης για τους ίδιους

ρυθμούς, όπως για παράδειγμα για τα 2.3 Mbps να φτάσει τα 5 χλμ. Πέρα από αυτές τις αποστάσεις, το πρότυπο προβλέπει τη δυνατότητα χρήσης έως και οχτώ επαναληπτών ανά ζεύγος καλωδίων, επιτρέποντας μεταφορά δεδομένων σε ακόμα μεγαλύτερες αποστάσεις.

Άλλο χαρακτηριστικό του SHDSL είναι ότι δεν μεταφέρει φωνή όπως το ADSL. Ωστόσο νέες τεχνικές μεταφοράς φωνής πάνω από DSL μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να μεταφέρουν ψηφιοποιημένη φωνή και δεδομένα μέσω SHDSL. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι το SHDSL είναι ιδανικό για επιχειρήσεις καθώς η συμμετρική του τεχνολογία είναι κατάλληλη για εφαρμογές όπως η VoIP τηλεφωνία για την επικοινωνία μεταξύ των εργαζομένων, η τηλεδιάσκεψη, η φιλοξενία διακομιστών (hosting), τα ιδεατά ιδιωτικά δίκτυα (PVN – Private Virtual Networks), η διακίνηση δεδομένων και η πρόσβαση από απόσταση (Remote LAN Access).

3.2.2.6 IDSL – ISDN DSL

Η τεχνολογία ISDN DSL (IDSL) [27] παρέχει στους συνδρομητές μετάδοση δεδομένων βασικού ρυθμού μέσω των απλών τηλεφωνικών κυκλωμάτων, που βρίσκονται επάνω σε ISDN γραμμές. Χρησιμοποιεί ένα κανάλι για να επιτύχει ελαφρώς μεγαλύτερο ρυθμό από το BRI (144 Kbps σε αντίθεση με τα 128 Kbps των δύο B καναλιών). Η μετάδοση δεδομένων γίνεται μέσω ενός δικτύου δεδομένων, ενώ παρέχει πάντα ενεργές συνδέσεις.

3.2.3 Σύγκριση των τεχνολογιών xDSL

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις διάφορες xDSL τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα. Όπως γίνεται αντιληπτό, η καθεμία από τις παρακάτω τεχνολογίες καλύπτει διαφορετικές ανάγκες των χρηστών και στοχεύει σε διαφορετική αγορά.

Το ADSL είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία ευρυζωνικής πρόσβασης, με περίπου 150 εκατομμύρια συνδρομητές παγκοσμίως σε ένα σύνολο 310 εκατομμυρίων συνδρομητών ευρυζωνικών τεχνολογιών (ποσοστό 65%), σύμφωνα με τα τελευταία στατιστικά του Broadband Forum [13]. Απευθύνεται κυρίως στους οικιακούς χρήστες αλλά και σε μικρές επιχειρήσεις που έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις για κατέβασμα δεδομένων και λιγότερες για ανέβασμα. Με το ADSL παρέχεται μια γρήγορη πρόσβαση στο διαδίκτυο και οι χρήστες μπορούν να έχουν γρήγορη πρόσβαση σε διαδικτυακό περιεχόμενο, να κάνουν αγορές (e-commerce), να διαχειρίζονται τον τραπεζικό τους λογαριασμό (e-banking), να ανταλλάσσουν e-mails, κλπ.

Πίνακας 2. Σύγκριση xDSL Τεχνολογιών

	Τεχνολογία	Μέγιστος ρυθμός Downstream	Μέγιστος ρυθμός Upstream	Απόσταση
Ασύμμετρες Τεχνολογίες	ADSL	8 Mbps	1024 Kbps	< 5.5 km
	G. Lite ADSL	1.5 Mbps	512 Kbps	< 5.5 km
	Rate Adaptive DSL	7 Mbps	1 Mbps	< 5.5 km
	ADSL 2	12 Mbps	1 Mbps	< 6 km
	ADSL 2+	24 Mbps	1 Mbps	< 6 km
	VDSL	52.8 Mbps asym 26 Mbps sym	2.3 Mbps	< 1.4 km
	VDSL 2	100 Mbps	100 Mbps	< 2.4 km
Συμμετρικές Τεχνολογίες	HDSL	1.544 Mbps duplex (2 UTP) 2.048 Mbps (3 UTP)		< 5.5 km
	SDSL	2.048 Mbps		< 3 km
	SHDSL	2.3 Mbps 1UTP 4.6 Mbps 2UTP		3 km 6 km
	ISDN-DSL	144 Kbps		< 15 km

Παρόμοια χρησιμότητα έχει και η έκδοση G.Lite του ADSL, η οποία, επιπλέον, είναι και πιο εύκολη στην υλοποίηση, προσφέροντας ωστόσο πιο χαμηλές ταχύτητες από την ADSL (μέχρι 1.5 Mbps).

Οι παραλλαγές ADSL2 και ADSL2+, προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες στους συνδρομητές, αφού οι ταχύτητες τους φτάνουν τα 12 και τα 24 Mbps αντίστοιχα, αυξάνοντας παράλληλα και την απόσταση που μπορεί να έχει ο συνδρομητής από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο στα 6 km. Αυτό επιτυγχάνεται με καλύτερη αξιοποίηση του φάσματος και πιο ανεπτυγμένες τεχνικές μετάδοσης και κωδικοποίησης των δεδομένων. Συνεπώς και οι δυο αυτές τεχνολογίες αποτελούν βελτίωση της τεχνολογίας ADSL.

Το VDSL παρουσιάζει τεχνική ομοιότητα με το ADSL επιτυγχάνοντας, ωστόσο, πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες που φτάνουν τα 52.8 Mbps. Το VDSL παρότι χρησιμοποιεί ακριβώς τις ίδιες τεχνικές μετάδοσης και αποσφαλμάτωσης με το ADSL, έχει το μειονέκτημα ότι οι αποστάσεις των χρηστών από τα τηλεπικοινωνιακά κέντρα δεν μπορούν να ξεπερνούν τα 1.4 Km. Με το VDSL οι χρήστες μπορούν, επιπλέον, να έχουν πρόσβαση σε πολυμεσικό περιεχόμενο, όπως είναι το βίντεο κατ' απαίτηση, η καλωδιακή εκπομπή τηλεοπτικού σήματος σε υψηλή ανάλυση (HDTV), οι εφαρμογές τηλεδιάσκεψης και πολλές άλλες

εφαρμογές. Το μόνο μειονέκτημα είναι η ανάγκη ύπαρξης υποδομών οπτικών δικτύων (οπτικές ίνες και οπτικές μονάδες δικτύου), τα οποία για πολλές περιοχές είναι οικονομικά ασύμφορα.

Το VDSL2 παρουσιάζεται ως η τεχνολογία αιχμής στην οικογένεια των ψηφιακών γραμμών συνδρομητή. Αξιοποιεί μεγαλύτερο μέρος του φάσματος από το VDSL και με νέες προηγμένες τεχνικές μπορεί να παρέχει ταχύτητες μέχρι και 100 Mbps συμμετρικά σε πολύ μικρές αποστάσεις, αλλά και πιο χαμηλές ταχύτητες σε αποστάσεις μεγαλύτερες από αυτές του VDSL (μέχρι 2.4 km). Σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 2.4 km, η VDSL2 υστερεί των τεχνολογιών ADSL2/2+.

Η HDSL αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει συγκεκριμένες υποδομές των εταιρειών τηλεφωνίας, όπως τα κυκλώματα T1,T2..., E1, E2... για παροχή συμμετρικών υπηρεσιών. Υπήρξε μια καλή λύση όταν υπήρχαν απαιτήσεις συμμετρικής κίνησης, όπως μόνιμα συνδεδεμένοι εξυπηρετητές, αλλά μειονεκτούσε στο ότι έπρεπε να χρησιμοποιεί 2 ή 3 ζεύγη καλωδίων και δεν υποστήριζε υπηρεσία τηλεφωνίας.

Το SDSL αποτελεί ίδια τεχνολογία με το HDSL με τη διαφορά ότι, χάρη σε πιο προηγμένες τεχνικές μετάδοσης, χρησιμοποιεί ένα ζεύγος καλωδίων και είναι πιο εύκολο στην υλοποίηση.

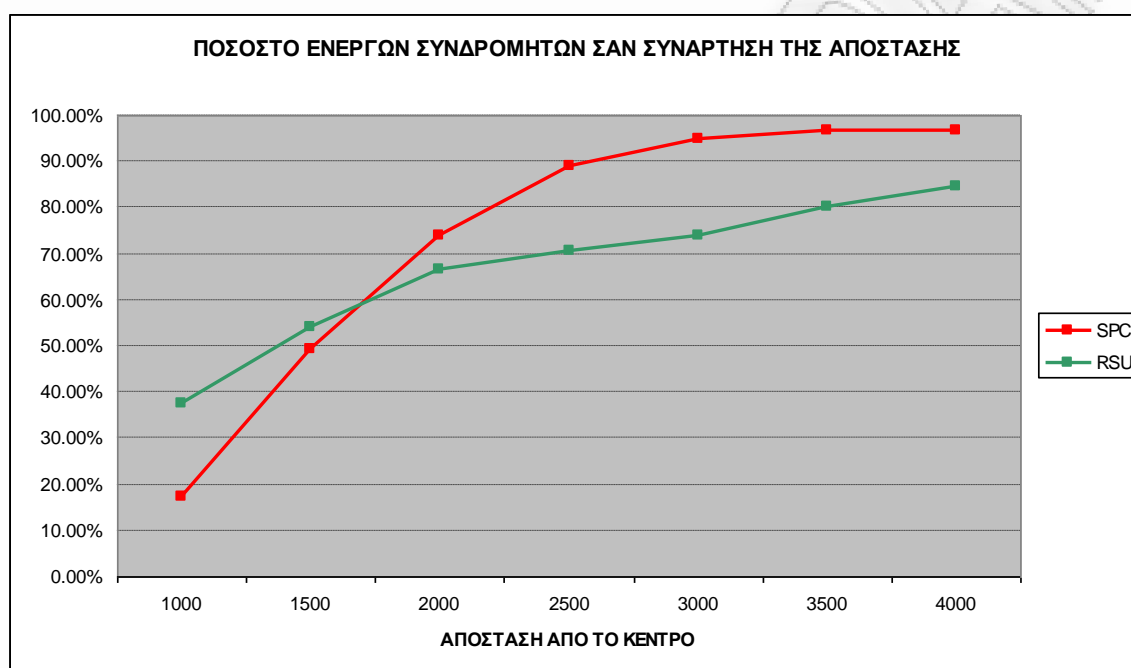
Το SHDSL είναι το πρότυπο αιχμής στις συμμετρικές τεχνολογίες καθώς αξιοποιεί με πιο εξελιγμένες τεχνικές το διαθέσιμο φάσμα και επιτυγχάνει μεγαλύτερους ρυθμούς δεδομένων σε πιο μεγάλες αποστάσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες τεχνικές.

Τέλος, όσον αφορά στο IDSL είναι μια τεχνολογία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές απομακρυσμένες από τα τηλεπικοινωνιακά κέντρα (μέχρι 15 km), ώστε να επιτευχθούν ταχύτητες καλύτερες από αυτές των PSTN συνδέσεων.

3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις επιδόσεις του xDSL

Η ποιότητα υπηρεσιών των τεχνολογιών xDSL μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι εμποδίζουν ή αλλοιώνουν την μετάδοση σήματος. Η παροχή υψηλών ταχυτήτων περιορίζεται από το δίκτυο του χαλκού, ενώ η επίτευξη υψηλών ταχυτήτων εξαρτάται από παράγοντες όπως το μήκος του χάλκινου βρόγχου, η ποιότητα του χαλκού, η διατομή του χαλκού, το πλήθος των DSL βρόγχων στο ίδιο καλώδιο χαλκού (φαινόμενο cross talk), καθώς και το είδος της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για την πρόσβαση (ADSL, ADSL2+, VDSL, VDSL2).

Από τους παραπάνω παράγοντες, ο σημαντικότερος είναι το μήκος του χάλκινου βρόγχου (απόσταση συνδρομητή από το κέντρο του παρόχου). Στο ελληνικό δίκτυο, το ποσοστό των συνδρομητών σαν συνάρτηση της απόστασης από το κέντρο δίνεται από τις ακόλουθες μέσες κατανομές για SPC κέντρα (SPC κέντρα, σημεία με πάνω από 10,000 συνδρομητές) και για απομακρυσμένες συνδρομητικές μονάδες RSU (RSU κέντρα, σημεία με λιγότερους από 10,000 συνδρομητές) (Σχήμα 11).

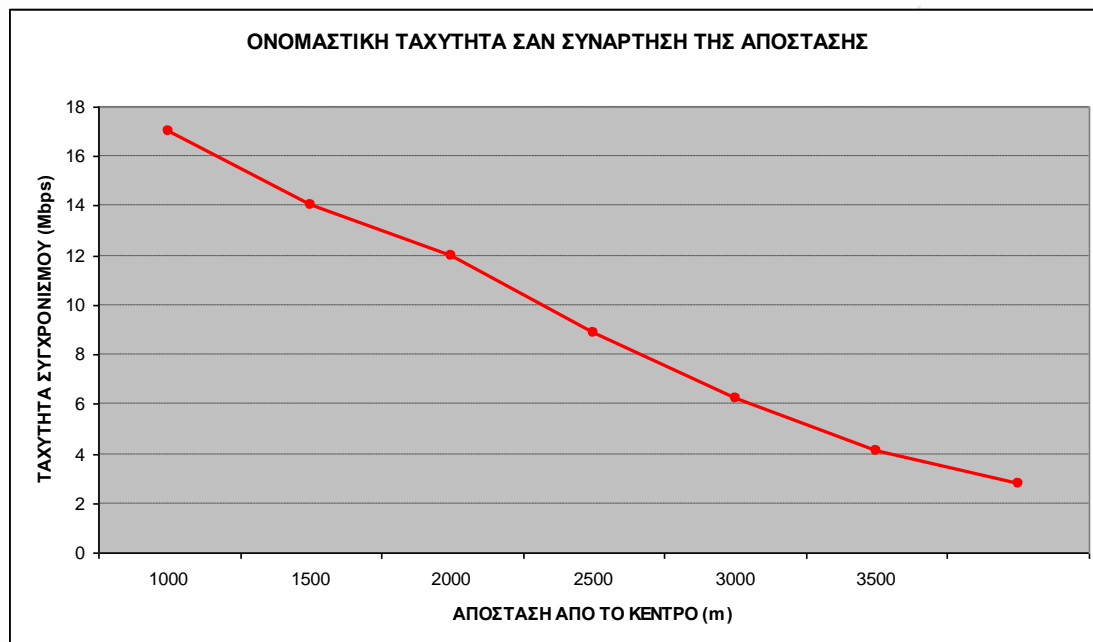


Σχήμα 11. Ενεργοί συνδρομητές σαν συνάρτηση της απόστασης από το κέντρο [28]

Στις περιοχές υψηλής συγκέντρωσης συνδρομητών (SPC), περίπου το 90% των συνδρομητών βρίσκεται σε συνολική απόσταση από το κέντρο μικρότερη από 2.500m, ενώ στις περιοχές χαμηλότερης συγκέντρωσης RSU, στην ίδια απόσταση βρίσκεται περίπου το 70% των ενεργών συνδρομητών. Η ονομαστική ταχύτητα (ταχύτητα συγχρονισμού) που μπορεί να επιτευχθεί σαν συνάρτηση της απόστασης από το κέντρο για τα σημεία SPC με την τεχνολογία ADSL2+ παρουσιάζεται στο Σχήμα 12.

Συνεπώς, ο πραγματικός ρυθμός ανόδου και καθόδου που παρέχεται στους τελικούς χρήστες εξαρτάται από την απόσταση του σπιτιού ή της επιχείρησης του πελάτη από τηλεφωνικό κέντρο. Παρόλο που σήμερα η κάλυψη στην Ελλάδα του ADSL2+ δικτύου προσεγγίζει το 95% των τηλεφωνικών συνδέσεων τις χώρες, παρέχοντας ταυτόχρονα 100% κάλυψη σε όλες τις αστικές περιοχές, αυτό δεν σημαίνει ότι και οι πλειοψηφία των συνδρομητών μπορεί να απολαμβάνει υψηλές ταχύτητες που να προσεγγίζουν τα 24 Mbps. Αντιθέτως, μάλιστα, παρατηρούμε ότι περίπου οι μισοί συνδρομητές απέχουν περισσότερο

από 1500 μέτρα από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο, με αποτέλεσμα η μέγιστη δυνατή ταχύτητα να περιορίζεται στα 12 Mbps.



Σχήμα 12. Ονομαστική ταχύτητα σαν συνάρτηση της απόστασης [28]

Εκτός, όμως, από την απόσταση από τηλεπικοινωνιακό κέντρο σημαντικό ρόλο παίζουν και άλλοι παράγοντες που εμποδίζουν ή αλλοιώνουν την μετάδοση σήματος. [12] Οι κυριότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι οι εξής:

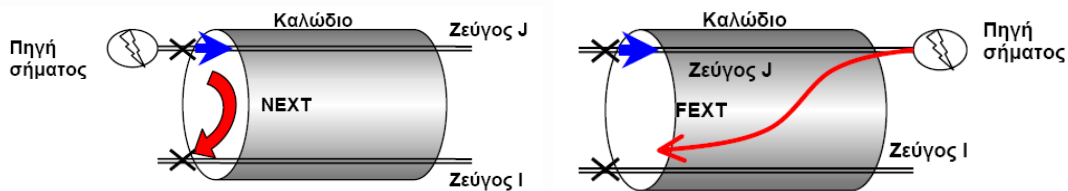
- η εξασθένηση του σήματος,
- οι παρεμβολές και
- η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Το πρόβλημα της εξασθένησης του τηλεπικοινωνιακού σήματος αποτελεί ένα σύνηθες πρόβλημα, το οποίο εντείνεται όσο:

- αυξάνεται το μήκος του συνδρομητικού βρόχου (όπως αναλύθηκε παραπάνω),
- μειώνεται η διατομή των καλωδίων,
- αυξάνεται η παλαιότητα των καλωδίων (οξείδωση – υγρασία) και
- αυξάνεται η συχνότητα λειτουργίας για τη μετάδοση σήματος.

Οι παρεμβολές είναι ένα ακόμα σύνηθες πρόβλημα στη μετάδοση σήματος πάνω από χάλκινο καλώδιο. Οι παρεμβολές προέρχονται από γειτονικά ζεύγη καλωδίων που εξυπηρετούν άλλους συνδρομητές και μπορούμε να τις κατατάξουμε σε δύο ομάδες:

- i. στις παρεμβολές που οφείλονται σε πηγή που βρίσκεται στο ίδιο άκρο ενός γειτονικού ζεύγους καλωδίου (near end crosstalk—NEXT) και
- ii. στις παρεμβολές που οφείλονται σε πηγή που βρίσκεται στο απέναντι άκρο ενός γειτονικού ζεύγους καλωδίων (far end crosstalk – FEXT)



Σχήμα 3.13: Παρεμβολές NEXT και FEXT αντίστοιχα [12]

Συνεπώς, όσο αυξάνεται το πλήθος των ADSL χρηστών, καθώς οι ταχύτητες σύνδεσης, τόσο μειώνεται η τελική μέγιστη ταχύτητα που μπορεί υποστηριχτεί από το ADSL δίκτυο των παρόχων. Τα παραπάνω εξηγούν το λόγο για τον οποίο, στις ώρες αιχμής η ταχύτητα συγχρονισμού του ADSL μόντεμ των συνδρομητών είναι μικρότερη από ότι τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας.

Τέλος, η μετάδοση σήματος xDSL επηρεάζεται σημαντικά από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Αυτές συνήθως προέρχονται:

- από εκπομπές ραδιοφωνικών σταθμών AM,
- από λειτουργίες της τηλεφωνίας, που μερικές φορές προκαλούν σήματα στην περιοχή συχνοτήτων του DSL, καθώς και
- από οικιακές συσκευές (κινητά τηλέφωνα, φούρνοι μικροκυμάτων).

Η συστηματική ύπαρξη τέτοιων ακτινοβολιών έχει ως συνέπεια τη μείωση του μέγιστου μήκους του τοπικού βρόχου, στο οποίο μπορούν να προσφερθούν υπηρεσίες xDSL.

Συνεπώς, εάν συνυπολογίσουμε, εκτός από την απόσταση από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο και τους υπόλοιπους παράγοντες που επηρεάζουν τον τελικό ρυθμό ανόδου και καθόδου που παρέχεται στους τελικούς χρήστες, τότε η μέγιστη δυνατή ταχύτητα περιορίζεται σημαντικά.

4

Τεχνολογίες Οπτικής Ευρυζωνικής Πρόσβασης

4.1 Γενικά περί οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται σήμερα τόσο σε τοπικά δίκτυα όσο και σε μεταδόσεις μεγάλων αποστάσεων (δίκτυα ευρείας περιοχής). Στα τοπικά δίκτυα προτιμώνται για την υλοποίηση εσωτερικών δικτυώσεων κτηρίων, καθώς είναι ευέλικτες και εξοικονομούν χώρο σε σχέση με τα χάλκινα καλώδια, αφού μια μόνο ίνα μπορεί να μεταφέρει ρυθμούς δεδομένων που μεταφέρουν 10 ή και περισσότερα καλώδια μαζί. Επιπλέον, οι οπτικές ίνες είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς στις επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων, καθώς το φως διαδίδεται μέσα από την ίνα με πολύ μικρή εξασθένηση συγκριτικά με τη μεγαλύτερη εξασθένηση του σήματος των χάλκινων καλωδίων. Έτσι, λοιπόν, στις μέρες μας οι οπτικές ίνες παρέχουν εύρος ζώνης, που φθάνει στις ευρέως χρησιμοποιούμενες υλοποιήσεις, όπως το Gigabit Ethernet, μέχρι και τα 10 Gbps. Η απόσταση κυμαίνεται μεταξύ 70-100 Km ανάλογα με τον τύπο της οπτικής ίνας και το σήμα που μεταφέρεται. Συνεπώς, περιορίζουν τον αριθμό των ενδιάμεσων ενισχύσεων που απαιτούνται για να διασχίσει το σήμα μια μεγάλη απόσταση.

Επιπλέον, μέσα από μια οπτική ίνα είναι δυνατόν να περάσουν ταυτόχρονα πολλά ανεξάρτητα κανάλια, το καθένα από τα οποία χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό μήκος κύματος (wavelength). Το κάθε μήκος κύματος εκφράζει ένα διαφορετικό χρώμα φωτός. Σε αυτή την περίπτωση, ο τελικός ρυθμός μετάδοσης είναι τόσες φορές μεγαλύτερος όσες και

τα διαφορετικά μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται (πολυπλεξία ως προς το μήκος κύματος - wavelength-division multiplexing).

Οι οπτικές ίνες έχουν στο κέντρο τους τον πυρήνα, μέσω του οποίου μεταδίδεται το οπτικό σήμα. Ο πυρήνας εγκλωβίζει τις ακτίνες φωτός και τις οδηγεί στο άλλο άκρο της ίνας. Όσο πιο στενός είναι ο πυρήνας, τόσο πιο γρήγορα μεταφέρεται το κύμα φωτός. Ο οπτικός πυρήνας περιβάλλεται από στρώμα γυάλινης επικάλυψης. Η επικάλυψη (cladding), η οποία περιβάλλει την οπτική ίνα κρατάει το φως στον πυρήνα, εμποδίζοντας το σήμα να διασκορπιστεί και να χάσει την ισχύ του. Η επικάλυψη με τη σειρά της περιβάλλεται από το εξωτερικό προστατευτικό υλικό, το οποίο προστατεύει την ίνα από τους περιβαλλοντικούς κινδύνους. [29]

Το οπτικό σύστημα μετάδοσης έχει τρία βασικά συστατικά: την πηγή φωτός, το μέσο μετάδοσης και τον ανιχνευτή. Κατά σύμβαση, ο παλμός φωτός παριστάνει το bit 1 και η απουσία φωτός παριστάνει το bit 0. Το μέσο μετάδοσης είναι μια εξαιρετικά λεπτή ίνα γυαλιού. Ο ανιχνευτής παράγει έναν ηλεκτρικό παλμό όταν πέφτει επάνω του φως. Προσκολλώντας μια πηγή φωτός στο ένα άκρο μιας οπτικής ίνας και έναν ανιχνευτή στο άλλο άκρο, δημιουργείται ένα σύστημα μονόδρομης μετάδοσης δεδομένων, το οποίο δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα που το μετατρέπει και το μεταδίδει με παλμούς φωτός, και στη συνέχεια μετατρέπει ξανά την έξοδο σε ηλεκτρικό σήμα στο άκρο του παραλήπτη.

4.2 Πλεονεκτήματα Οπτικών Ινών

Η υψηλή διείσδυση της τεχνολογίας των οπτικών ινών στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες δεν είναι τυχαία, αλλά οφείλεται στον μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων της, τα οποία συνοψίζονται στα εξής [30]:

1) Χαμηλό κόστος. Η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Αυτό ωφελεί αρχικά τους πάροχους υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι με μικρότερο κόστος παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Τελικά αυτό μειώνει και τις ανάγκες απόσβεσης εξόδων των παροχών, ωφελώντας επομένως και τον καταναλωτή, ο οποίος επιβαρύνεται με μικρότερες χρεώσεις για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί.

2) Υψηλό bandwidth, το οποίο ξεπερνά κατά εκατοντάδες φορές αυτό ενός κοινού καλωδίου. Οι υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων εξασφαλίζουν ταχύτητες της τάξεως των Gbps, που με τη σειρά τους προσφέρουν αστραπιαία διαμεταγωγή δεδομένων και αξιόπιστες υπηρεσίες τηλεφωνίας μέσω πρωτοκόλλου IP.

3) Μικρή εξασθένιση του σήματος, χάρη στην υψηλή ποιότητα του γυαλιού που χρησιμοποιείται ως μέσο μετάδοσης. Ακόμη και αν υπάρξει εξασθένιση σήματος, αυτό ενισχύεται πολύ εύκολα μέσω των κατάλληλων ενισχυτών.

4) Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, η οποία απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα.

5) Αμιγώς ψηφιακό σήμα, το οποίο εξασφαλίζει υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας και αποφυγή προβλημάτων που θα προέκυπταν σε μια αναλογική μετάδοση. Στον κόσμο της ψηφιακής πληροφορίας, τα δεδομένα αναπαρίστανται από τους αριθμούς 0 και 1, οι οποίοι ονομάζονται bits. Το 0 ισοδυναμεί με την κατάσταση «κλειστό» και το 1 με την κατάσταση «ανοικτό». Μια ακολουθία 8 bits σχηματίζουν 1 ψηφιακή λέξη που λέγεται byte ή octet. Οι οπτικές ίνες μεταδίδουν τις φωτεινές αναλαμπές με υψηλή αξιοπιστία, μεταφέροντας τα bytes με πολύ μικρότερες αλλοιώσεις σε σχέση με αυτές ενός κοινού καλωδίου δικτύου ή μιας ασύρματης σύνδεσης δεδομένων.

6) Υψηλή διαθεσιμότητα, η οποία οφείλεται κυρίως στην ανθεκτική κατασκευή των σύγχρονων οπτικών καλωδίων, που μειώνει στο ελάχιστο το ενδεχόμενο εξωτερικής ζημιάς.

7) Μικρές διαστάσεις και βάρος, καθώς ένα μικρό και ελαφρύ καλώδιο οπτικών ινών, μεταφέρει πολύ περισσότερα δεδομένα από ένα μεγαλύτερο και πιο βαρύ χάλκινο καλώδιο. Έτσι, απαιτείται πολύ λιγότερος χώρος για την υλοποίηση ενός δικτύου οπτικών ινών.

8) Μεγάλη ανοχή στις ηλεκτρικές παρεμβολές, αποτρέποντας, έτσι, την εμφάνιση φαινομένων crosstalk και την παρεμβολή περιβαλλοντικού θορύβου.

9) Μεγαλύτερη ασφάλεια, καθώς η υποκλοπή δεδομένων (wiretapping) είναι πιο δύσκολη σε σύγκριση με τις ηλεκτρικές συνδέσεις.

4.3 Δίκτυα πρόσβασης οπτικών ινών

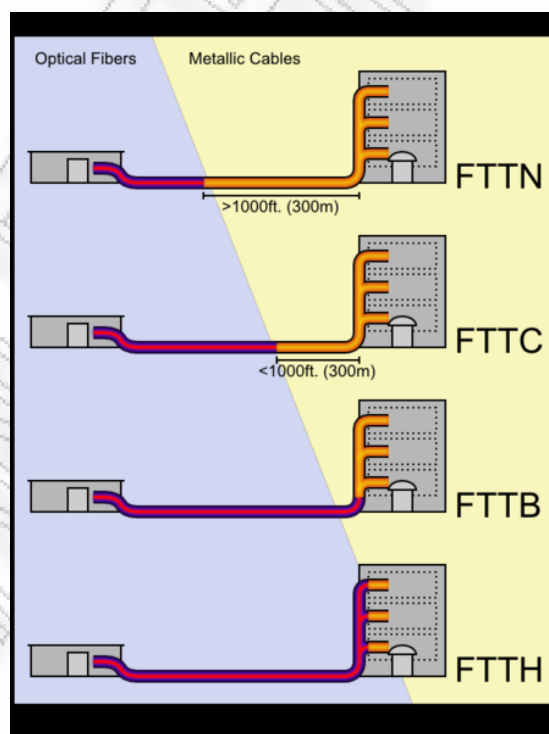
Στη συνέχεια του κεφαλαίου, θα περιγραφούν οι επιλογές ευρυζωνικής πρόσβασης, τις οποίες έχουν σήμερα στη διάθεση τους οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, προκειμένου να αναπτύξουν δίκτυα νέας γενιάς ικανά να προσφέρουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, ώστε να καλύψουν τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες των τελικών χρηστών.

Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών καλούνται σήμερα να χαράξουν τη στρατηγική τους επιλέγοντας την ιδανική τεχνολογική λύση ανάμεσα σε μια πληθώρα επιλογών, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με:

- το βαθμό συμμετοχής της οπτικής ίνας στη διαμόρφωση του τοπικού βρόχου,
- το είδος της τοπολογίας του οπτικού δικτύου πρόσβασης και
- την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί στο οπτικό δίκτυο πρόσβασης.

4.4 Επιλογές FTTx

Ο γενικός όρος “Fiber to the x (FTTx)” αναφέρεται σε οποιαδήποτε αρχιτεκτονική χρησιμοποιεί οπτική ίνα για την αντικατάσταση μέρους ή όλου του χαλκού ή άλλων τεχνολογιών στον τοπικό βρόχο. Ανάλογα με το βαθμό συμμετοχής της οπτικής ίνας στη διαμόρφωση του τοπικού βρόχου, το γράμμα “x” αντικαθίσταται συνήθως από το πρώτο γράμμα της αγγλικής λέξης του σημείου στο οποίο τερματίζεται η ίνα από την πλευρά του πελάτη. Στην αγορά των τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι για να περιγράψουν τις διάφορες FTTx αρχιτεκτονικές. Οι τέσσερις πιο διαδεδομένοι όροι φαίνονται στο Σχήμα 14 και είναι οι FTTN, FTTC, FTTB και FTTH.[31]



Σχήμα 14. Αρχιτεκτονικές FTTx [31]

4.4.1 Οπτική ίνα έως το σπίτι – FTTH

Σύμφωνα με τον ορισμό του FTTH Council, ως “Fiber to the Home (FTTH)” ορίζεται η αρχιτεκτονική στην οποία οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση (γραμμή) που εκτείνεται από τον κεντρικό καταναμητή του παρόχου (Central Office – CO) (τηλεπικοινωνιακό κέντρο) έως και τουλάχιστον το όριο του χώρου διαμονής ή εργασίας του κάθε χρήστη. Η οπτική ίνα τερματίζεται εντός του χώρου διαμονής ή εργασίας του καθενός από τους τελικούς χρήστες όπως καταλήγουν σήμερα οι άπλες τηλεφωνικές πρίζες.



Εικόνα 1. Συσσκευή τερματισμού οπτικής ίνας – FTTH [32]

Η διασύνδεση αυτή παρέχεται με σκοπό να μεταφερθεί τηλεπικοινωνιακή κίνηση προς έναν ή περισσότερους συνδρομητές και για μια ή περισσότερες υπηρεσίες (π.χ. πρόσβαση Internet, τηλεφωνία, video, τηλεόραση, κτλ). Θα πρέπει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι ο παραπάνω ορισμός δεν συμπεριλαμβάνει αρχιτεκτονικές κατά τις οποίες η οπτική ίνα τερματίζεται σε χώρο δημόσιο ή ιδιωτικό, εκτός του χώρου διαμονής ή εργασίας του χρήστη, όπου στη συνέχεια χρησιμοποιείται άλλο μέσο (π.χ. καλώδια χαλκού) προκειμένου η διασύνδεση να καταλήξει στο εσωτερικό του χώρου του πελάτη.[30][33]

4.4.2 Οπτική ίνα έως το κτήριο – FTTB

Σύμφωνα με τον ορισμό του FTTH Council, ως “Fiber to the Building (FTTB)” ορίζεται η αρχιτεκτονική στην οποία οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση που εκτείνεται από τον κεντρικό καταναμητή του παρόχου (Central Office – CO) έως τουλάχιστον

το όριο της ιδιοκτησίας που περιβάλλει το χώρο διαμονής ή εργασίας ενός ή περισσότερων χρηστών και τερματίζεται πριν από τον καθαυτό χώρο διαμονής ή εργασίας του καθενός από τους παραπάνω χρήστες. Η διασύνδεση μέχρι τον ή τους χρήστες ολοκληρώνεται με χρήση άλλου μέσου, όπως ομοαξονικό καλώδιο, συνεστραμμένα ζεύγη χαλκού ή ασύρματη ζεύξη.



Εικόνα 2. Συσκευή τερματισμού οπτικής ίνας – FTTB [28]

Όπως και στην FTTH αρχιτεκτονική, η διασύνδεση αυτή παρέχεται με σκοπό να μεταφερθεί τηλεπικοινωνιακή κίνηση προς έναν ή περισσότερους συνδρομητές και για μια ή περισσότερες υπηρεσίες (π.χ. πρόσβαση Internet, τηλεφωνία, video, τηλεόραση, κτλ).

Είναι προφανές ότι η αρχιτεκτονική FTTB αποτελεί μια μεταβατική λύση που χρησιμοποιείται κατά κόρον για την παροχή υπηρεσιών σε υπάρχοντα κτίρια, στα οποία η εσωτερική καλωδίωση δεν έχει κατασκευαστεί με τη χρήση οπτικών ινών. Αντικαθιστώντας, όμως, την εσωτερική καλωδίωση του κτηρίου με οπτικές ίνες, είναι δυνατό να μετατραπεί η αρχιτεκτονική FTTB σε FTTH (Εικόνα 3). Σε αυτή την περίπτωση, οι τελικοί χρήστες θα είχαν σημαντικά οφέλη ως προς τη χωρητικότητα και τη διάρκεια ζωής της γραμμής πρόσβασης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο παραπάνω ορισμός δεν συμπεριλαμβάνει αρχιτεκτονικές κατά τις οποίες η οπτική ίνα τερματίζεται σε δημόσιο χώρο (π.χ. καμπίνα εξωτερικού χώρου ΚΑΦΑΟ), όπου στη συνέχεια χρησιμοποιείται άλλο μέσο (π.χ. καλώδια χαλκού) προκειμένου η διασύνδεση να καταλήξει στο εσωτερικό του χώρου του πελάτη.[33]

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στη διεθνή βιβλιογραφία συνίσταται συχνά ο όρος “Fiber to the Premises (FTTP) (οπτική ίνα έως το οίκημα)”, ο οποίος αποτελεί μια ομαδοποίηση των δυο αρχιτεκτονικών, FTTH και FTTB.[30][33]



Εικόνα 3. Μετατροπή FTTB σε FTTN με τη κατασκευή οπτικής “εσωτερικής” καλωδίωσης [34]

4.4.3 Οπτική ίνα έως την καμπίνα – FTTC

Στη διεθνή βιβλιογραφία θα συναντήσει κανείς μια πληθώρα όρων και ακρωνυμίων που σε γενικές γραμμές, όμως περιγράφουν την ίδια τεχνολογική αρχιτεκτονική. Ο πιο διαδομένος όρος στις μέρες μας, σύμφωνα με τα πρότυπα του ITU – International Telecommunication Union, είναι ο όρος “Fiber to the Cabinet (FTTC ή FTTCab)”. Συχνά χρησιμοποιείται και ο όρος “Fiber to the Curb (FTTC) (Οπτική ίνα μέχρι το πεζοδρόμιο)”, αλλά και οι όροι “Fiber to the Node (FTTN) (Οπτική ίνα μέχρι το κόμβο)” και Fiber to the Neighborhood (FTTN) (Οπτική ίνα μέχρι τη γειτονιά)”.

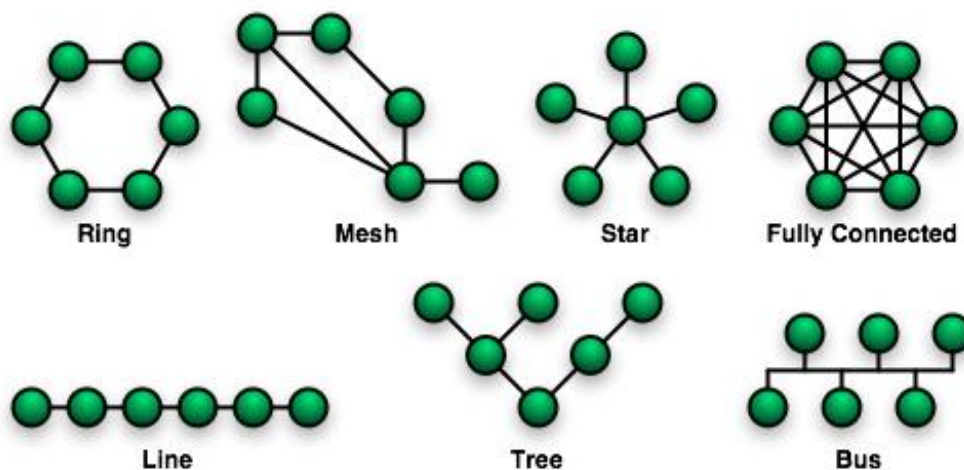
Ως FTTC ορίζεται η αρχιτεκτονική κατά την οποία οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση που εκτείνεται από τον κεντρικό κατανομητή του παρόχου έως τουλάχιστον μία καμπίνα εξωτερικού χώρου (ΚΑΦΑΟ), η οποία υποστηρίζει μια ολόκληρη περιοχή (γειτονιά). Για τον τερματισμό της διασύνδεσης από την καμπίνα εξωτερικού χώρου έως το χώρο του τελικού χρήστη, χρησιμοποιείται οποιοδήποτε μέσο πλην των οπτικών ινών. Στην πιο συνηθισμένη περίπτωση, χρησιμοποιούνται συνεστραμμένα ζεύγη χαλκού. Έτσι, λοιπόν, ο τερματισμός της σύνδεσης στον τελευταίο τμήμα της διαδρομής γίνεται στην συνέχεια μέσω του κλασσικού χάλκινου τηλεφωνικού δικτύου και την χρήση εξοπλισμού xDSL, συνήθως VDSL ή ADSL2+. Μία τέτοια λύση προσφέρει υψηλές ταχύτητες, ανάλογα με την απόσταση του κόμβου από το κτίριο του τελικού χρήστη (π.χ. με την χρήση VDSL2

προσφέρονται ταχύτητες μέχρι και 100 Mbps για απόσταση μικρότερη των 300 μέτρων). Παρόλα αυτά, όταν ο ενδιάμεσος κόμβος βρίσκεται εντός καμπίνας εγκατεστημένης στον πεζοδρόμιο (outdoor cabinet), διάφορα προβλήματα (κυρίως παρεμβολών σήματος) μπορούν να προκύψουν από την παρουσία παρόμοιου εξοπλισμού DSL άλλων παρόχων. Μια εναλλακτική αρχιτεκτονική για το τελευταίο τμήμα της διαδρομής είναι η χρήση ασύρματης τεχνολογίας, η οποία, όμως, μειώνει σημαντικά τόσο την ποιότητα της υπηρεσίας όσο και τις ονομαστικές και πραγματικές προσφερόμενες ταχύτητες.

Αντίστοιχα με τις αρχιτεκτονικές FTTH και FTTB, η διασύνδεση αυτή παρέχεται με σκοπό να μεταφερθεί τηλεπικοινωνιακή κίνηση προς πολλούς συνδρομητές και για μια ή περισσότερες υπηρεσίες (π.χ. πρόσβαση Internet, τηλεφωνία, video, τηλεόραση, κτλ). Θα πρέπει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι οι ρυθμοί μεταφοράς, οι οποίοι μπορούν να υποστηριχτούν, είναι μικρότεροι από αυτούς που θα συναντήσουμε στις αρχιτεκτονικές FTTH και FTTB.[30][33]

4.5 Τοπολογίες υποδομής πρόσβασης

Ο όρος τοπολογία δικτύου αναφέρεται στη μορφή της σύνδεσης μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου. Τα κυριότερα είδη τοπολογιών εμφανίζονται στο Σχήμα 15 και είναι: η γραμμική (line), η τύπου διαύλου (bus), η δακτυλίου (ring), η αστέρα (star), η πλέγματος μερικής διασύνδεσης (mesh ή partial mesh), η πλέγματος πλήρους διασύνδεσης (fully connected mesh ή full mesh) και η τύπου δένδρου (tree).



Σχήμα 15. Τοπολογίες Τηλεπικοινωνιακών δικτύων [35]

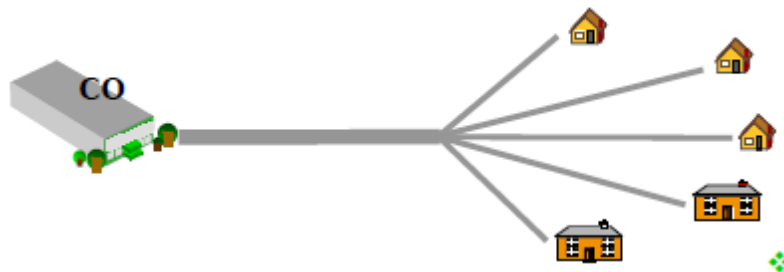
Ο κάθε τύπος τοπολογίας έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα οποία εξετάζονται κάθε φορά που υλοποιείται ένα νέο δίκτυο. Θα παρατηρούσε κανείς ότι η γραμμική

τοπολογία είναι μια απλοποιημένη μορφή της τοπολογία τύπου δένδρου, καθώς και ότι η τοπολογία πλέγματος πλήρους διασύνδεσης αποτελεί ένα υπερσύνολο όλων των άλλων τοπολογιών. Είναι προφανές, ότι υλοποιώντας την τοπολογία πλέγματος πλήρους διασύνδεσης εξασφαλίζονται όλα τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν όλες οι άλλες τοπολογίες μαζί, άλλα είναι συγχρόνως, κατανοητό ότι αποτελεί σε ένα πρακτικά αδύνατο να κατασκευαστεί δίκτυο, αφού από κάθε στίτι θα πρέπει να ξεκινάνε εκατομμύρια ίνες προς κάθε δυνατό προορισμό.

Συνεπώς, όταν αναφερόμαστε στην ανάπτυξη νέων δικτύων FTTx, οι διαθέσιμες τοπολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι τοπολογίες αστέρα, δένδρου και δακτυλίου. [30][33]

4.5.1 “Point-to-Point” (P2P)

Σε γενικές γραμμές η τοπολογία “Point-to-Point” είναι τοπολογία τύπου αστέρα. Η υλοποίηση μιας “Point-to-Point” τοπολογίας προϋποθέτει την ύπαρξη μιας ξεχωριστής οπτικής διασύνδεσης, η οποία εκτείνεται από τον εξοπλισμό μεταγωγής ενός δικτυακού παρόχου (τηλεπικοινωνιακό κέντρο) έως τον τελικό χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε ξεχωριστή οπτική διασύνδεση χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη μετάδοση κίνησης από το συγκριμένο τελικό χρήστη και μόνο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 16. [30][33]

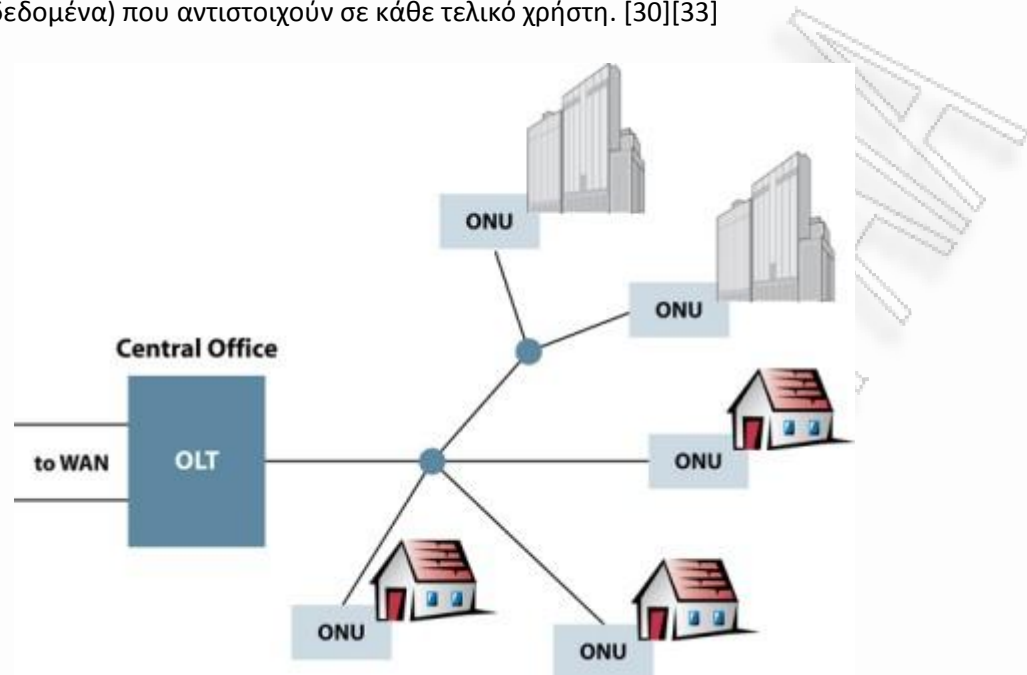


Σχήμα 16. Point-to-Point συνδέσεις [30]

4.5.2 “Point-to-Multipoint” (P2M)

Σε γενικές γραμμές, η τοπολογία “Point-to-Multipoint” είναι τοπολογία τύπου δένδρου. Με την προσέγγιση “PMP”, η οπτική υποδομή αναπτύσσεται με τρόπο ώστε να δίνει τη δυνατότητα δενδροειδούς διακλάδωσης οπτικών μονοπατιών από τον κεντρικό καταναμητή του παρόχου προς διαδοχικές ομάδες γειτνιαζόντων χρηστών. Οι οπτικές ίνες από τον πάροχο προς τον διακλαδωτή (splitter) εξυπηρετούν την κίνηση από και προς πολλούς χρήστες, η οποία μεταφέρεται αυτούσια σε όλες τις ακτίνες του αστέρα, όπως φαίνεται στο

Σχήμα 17. Ουσιαστικά οι χρήστες στα άκρα του αστέρα μοιράζονται το εύρος ζώνης μιας οπτικής οδού με επιπλέον απώλειες και αυξημένη πολυπλοκότητα για την απομόνωση της κίνησης (δεδομένα) που αντιστοιχούν σε κάθε τελικό χρήστη. [30][33]



Σχήμα 17. Point-to-Multipoint συνδέσεις [36]

4.5.3 “Ring”

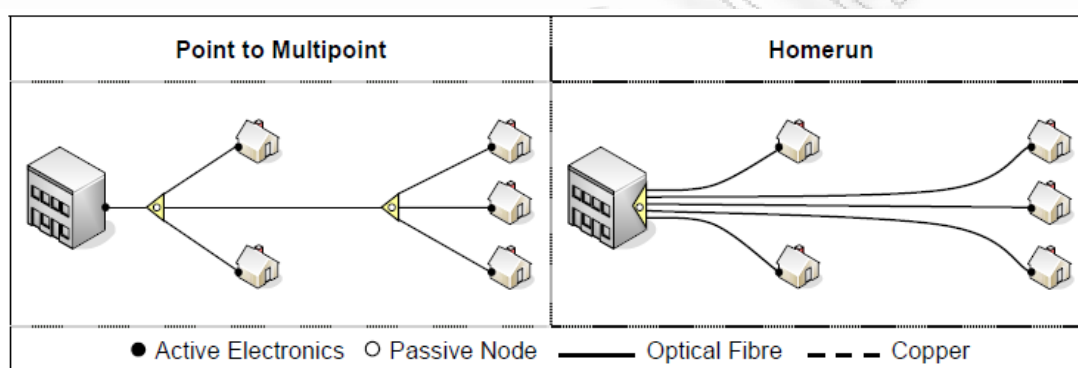
Η τοπολογία δακτυλίου επιτρέπει την κοινή χρήση του οπτικού μέσου, το οποίο υπό τη μορφή δακτυλίου συνδέει χρήστες ή/και παρόχους ή/και εσωτερικούς κόμβους του δικτύου. Πρακτικά η τοπολογία δακτυλίου αυξάνει την αξιοπιστία του δικτύου καθώς ακόμα και αν η οπτική ίνα κοπεί σε ένα τυχαίο σημείο του δακτυλίου, το δίκτυο απλά μετατρέπεται σε P2P ή P2M και οι τελικοί χρήστες συνεχίζουν να απολαμβάνουν τις υπηρεσίες τους. Συνεπώς, η τοπολογία παθητικού δακτυλίου είναι μια βελτιωμένη εκδοχή της τοπολογίας P2M και η τοπολογία ενεργού δακτυλίου είναι μια βελτιωμένη εκδοχή της τοπολογίας P2P.

4.6 Τεχνολογίες οπτικής πρόσβασης (PON και AON)

Σε αυτή την ενότητα αναλύονται οι τεχνολογίες οπτικής πρόσβασης οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα FTTx δίκτυα. Η βασικότερη διάκριση των δικτύων FTTx βασίζεται στη χρήση ή μη ενεργών στοιχείων Ethernet/IP. Έτσι, λοιπόν, οι τεχνολογίες οπτικής πρόσβασης χωρίζονται σε αυτές που χρησιμοποιούν μόνο παθητικές διατάξεις (PON) και σε αυτές που χρησιμοποιούν και ενεργές διατάξεις (AON).

4.6.1 Παθητικά οπτικά δίκτυα (PON)

Τα παθητικά οπτικά δίκτυα (Passive Optical Networks – PON) δεν χρησιμοποιούν ενεργά ηλεκτρονικά στοιχεία¹ κατά την ανάπτυξη τους στο πεδίο, ενώ ταυτόχρονα ένας αριθμός τελικών χρηστών, ο οποίος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 8 και 128, μοιράζονται την ίδια οπτική ίνα. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ειδικές διατάξεις, που ονομάζονται διακλαδωτές (splitters), με τους οποίους η οπτική ίνα διακλαδώνεται μια ή περισσότερες φορές στη διαδρομή προς το χώρο του πελάτη. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όταν ο διακλαδωτής είναι τοποθετημένος σε καμπίνα εξωτερικού χώρου, όπως φαίνεται στην αριστερή εικόνα του Σχήματος 18, τότε η δομή του δικτύου είναι P2M. Στην περίπτωση που ο διακλαδωτής είναι τοποθετημένος στο κεντρικό καταναμητή του παρόχου, τότε η δομή του δικτύου καλείται “home-run” και είναι αρχιτεκτονική P2P (Σχήμα 18).



Σχήμα 18. Αρχιτεκτονικές δικτύων PON [30]

Όπως είναι φανερό, το βασικό πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής P2M, είναι ότι μειώνει κατά πολύ το μήκος των απαιτούμενων οπτικών ινών για την κατασκευή του δικτύου. Εντούτοις, μειονεκτεί έναντι της αρχιτεκτονικής “home-run” στο ότι η διαθέσιμη χωρητικότητα της οπτικής ίνας δεν διαμοιράζεται, προσφέροντας στο τελικό χρήστη τη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα και ως εκ τούτου, μελλοντική κλιμακωσιμότητα (ευκολία υλοποίησης μελλοντικών επεκτάσεων/αναβαθμίσεων) όσον αφορά στις ανάγκες του χρήστη. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική “home-run” δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης τις ίνας από τον πάροχο που έχει επιλέξει ο πελάτης, ακολουθώντας την ίδια λογική που ακολουθείται σήμερα με τον τοπικό βρόχο στο δίκτυο χαλκού. Αντιθέτως, στην P2M αρχιτεκτονική είναι αναγκαία η πολυπλεξία σε επίπεδο χρόνου, συχνότητας ή μήκους κύματος, αφού όλοι οι πάροχοι χρησιμοποιούν κοινές υποδομές. Τα δίκτυα PON, λόγω της μικρότερης εξασθένησης του μεταφερόμενου σήματος, σε σχέση με τα δίκτυα χαλκού, μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες

¹ που να απαιτούν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος

σε τελικούς χρήστες οι οποίοι απέχουν μέχρι και το 20 Km από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του παθητικού P2P δικτύου “home-run”, το οποίο ουσιαστικά είναι αρχιτεκτονικής FTTH.

Πίνακας 3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου FTTH “home-run”

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μέγιστο εύρος ζώνης	Μεγαλύτερο κόστος λόγω μεγαλύτερου συνολικού μήκους οπτικής ίνας
Μέγιστη κλιμακωσιμότητα (δυνατότητα μελλοντική επεκτάσεων/αναβαθμίσεων)	Ανάγκη για μεγαλύτερο χώρο στα PoP και τις σωληνώσεις
Εύκολη διάκριση παρόχου υποδομής και παρόχου υπηρεσιών	Εκτενέστερες επισκευές σε περίπτωση βλάβης
Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών	
Ασφάλεια	

Στα δίκτυα PON χαρακτηρίζονται αρκετά πρότυπα μετάδοσης, τα πιο σημαντικά από τα οποία περιγράφονται στον Πίνακα 4. Όπως παρατηρείται, η τεχνολογία GPON υπερτερεί σε ρυθμούς μετάδοσης έναντι των τεχνολογιών BPON και EPON, λόγω διαίρεσης, απόδοσης και επιλογής πρωτοκόλλου μετάδοσης. Επιπλέον, στις μέρες μας είναι διαθέσιμη και η τεχνολογία 10GPON, η οποία υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης ανάλογους της τεχνολογίας 10GEPON, προσφέροντας, παράλληλα, την δυνατότητα επιλογής πρωτοκόλλου μετάδοσης. Συνοψίζοντας, θα λέγαμε ότι η τεχνολογίες που θα επικρατήσουν στο άμεσο μέλλον είναι η 10GPON και η 10GEPON.

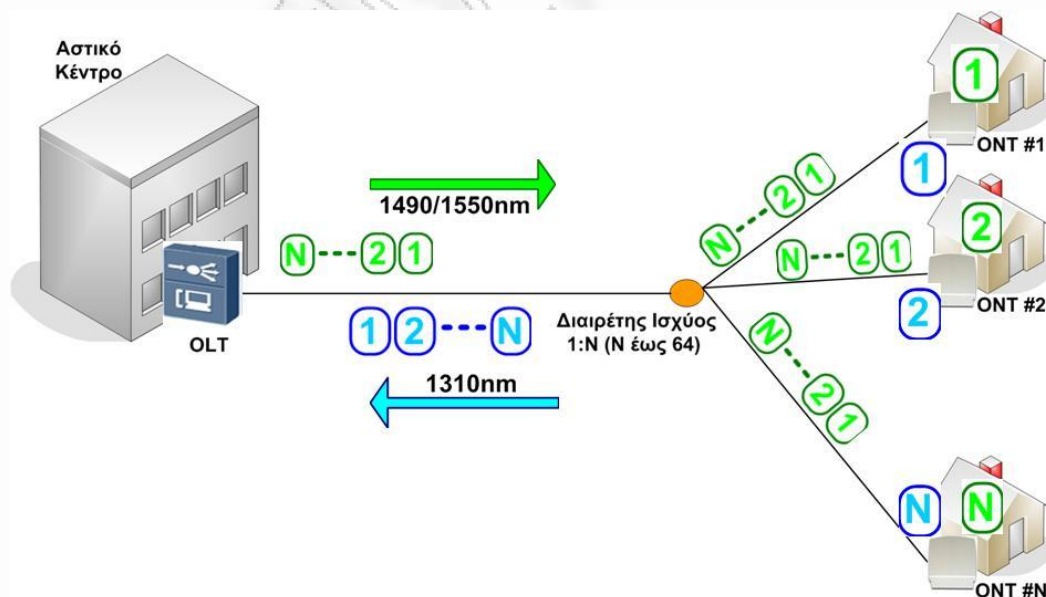
Στο Σχήμα 19 αποτυπώνεται ο γενικός τρόπος λειτουργίας των δικτύων FTTx με τη χρήση τεχνολογίας GPON. Τα κύρια στοιχεία από τα οποία αποτελείται το δίκτυο είναι:

- Optical Line Terminal – OLT. Το τερματικό οπτικών γραμμών είναι μια διάταξη εγκατεστημένη στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο του παρόχου (Central Office – CO), πάνω στην οποία συνδέονται οι οπτικές ίνες που εξυπηρετούν τους τελικούς χρήστες. Επιπλέον η διάταξη αυτή έχει διεπαφές και με το δίκτυο κορμού (Εικόνα 4).

- Optical Network Terminal – ONT. Το τερματικό οπτικού δικτύου είναι η διάταξη στην οποία καταλήγει η οπτική ίνα στην πλευρά του χρήστη, όταν χρησιμοποιείται η τεχνική πρόσβασης FTTH (Εικόνα 1).

Πίνακας 4. Βασικά χαρακτηριστικά προτύπων μετάδοσης PON [33]

	BPON	EPON	GPON	10GEPON
Πρότυπο	ITU-T G.983	IEEE 803.2ah	ITU-T G.984	IEEE 803.2av
Μέγιστος ρυθμός upstream (Mbps)	622	1244	2488	9952
Μέγιστος ρυθμός downstream (Mbps)	1244	1244	2488	9952
Μέγιστη απόσταση λειτουργίας (Km)	20	20	20	60
Μήκος κύματος DS (nm)	1490/1550	1490/1550	1490/1550	1577
Μήκος κύματος US (nm)	1310	1310	1310	1270
Λόγος διαίρεσης	1:32	1:32	1:64 (1:128)	1:64
Μετάδοση	ATM	Ethernet	GEM (ATM, Ethernet, TDM)	Ethernet



Σχήμα 19. Παθητικό οπτικό δίκτυο GPON – P2M [37]


- Optical Network Unit – ONU. Η τερματική οπτική μονάδα είναι η διάταξη στην οποία καταλήγει η οπτική ίνα προς την πλευρά του χρήστη, όταν χρησιμοποιείται η τεχνική πρόσβασης FTTB ή FTTC. Η λειτουργία της ONU και του ONT είναι παραπλήσια με τη διαφορά ότι στο ONT συνδέεται ένας μόνο χρήστης, ενώ στη ONU συνδέονται περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιώντας VDSL πρόσβαση (Εικόνα 2 και Εικόνα 5).
- Διαιρέτης Ισχύος ή διακλαδωτής (splitter). Είναι ο παθητικός εξοπλισμός GPON, ο οποίος διαχωρίζει ή συνθέτει την κίνηση αναλόγως με την κατεύθυνση.



Εικόνα 4. Τερματικό Οπτικών Γραμμών – OLT [37]


FTTC ONUs

MA5606T



- FTTC VDSL DSLAM
- GPON uplink 1.25Gbps
- 2 x VDSL2 κάρτες (96 πόρτες)
- VDSL2 προφίλ έως 17a

MA5616



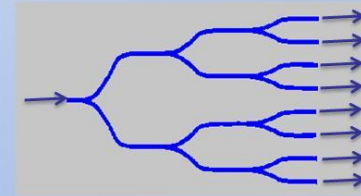
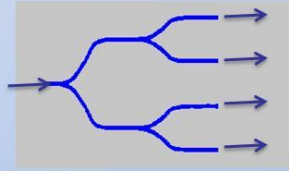
- FTTC VDSL DSLAM
- Νεότερη εκδοχή του MA5606, διαφορετικής σχεδίασης
- GPON + GE uplink
- έως 4 συνδρομητικές κάρτες
- VDSL2 προφίλ έως 17a

Εικόνα 5. Τερματική Οπτική Μονάδα – FTTC ONU (VDSL) [37]

Οπτικοί διαιρέτες 1:4 & 1:8

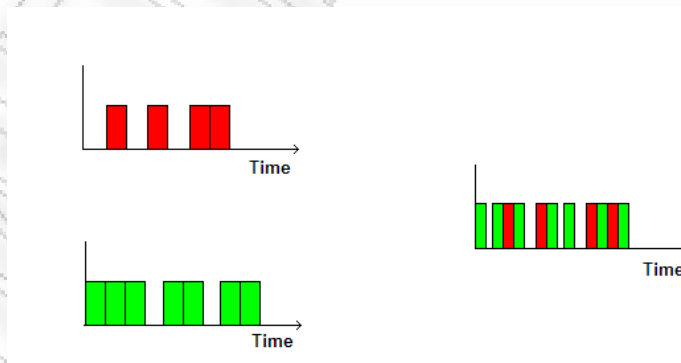


- Τύπος "outdoor"
- έγκλειστος σε ανθεκτικό εξωτερικό περίβλημα
- Παθητική φωτονική διάταξη:



Εικόνα 6. Οπτική διαιρέτες (splitters)[37]

Στη κατεύθυνση καθόδου από το κέντρο προς το τελικό χρήστη, η κατερχόμενη κίνηση του κάθε πελάτη πολυπλέκεται με την κίνηση των άλλων πελατών που εξυπηρετούνται από την ίδια οπτική ίνα ως προς το χρόνο (Time Division Multiplexing – TDM). Η TDM λογική αποτυπώνεται στο Σχήμα 20. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι η τεχνική TDM είναι μια τεχνική broadcast (εκπομπής), το οποίο σημαίνει ότι οι τελικοί χρήστες λαμβάνουν και την κίνηση που προορίζεται για όλους τους άλλους τελικούς χρήστες που εξυπηρετούνται από την ίδια οπτική ίνα. Οι διατάξεις ONT και ONU είναι υπεύθυνες για το διαχωρισμό της κίνησης που προορίζεται για τον τελικό χρήστη(ες) και την αγνόηση της κίνησης που αφορά τους υπόλοιπους τελικούς χρήστες.



Σχήμα 20. TDM – Πολυπλεξία ως προς το χρόνο

Αντίστοιχη λογική χρησιμοποιείται και στην ανερχόμενη κίνηση με τη διαφορά ότι η τεχνική πολυπλεξίας που χρησιμοποιείται είναι η Time Division Multiple Access – TDMA. Η βασική

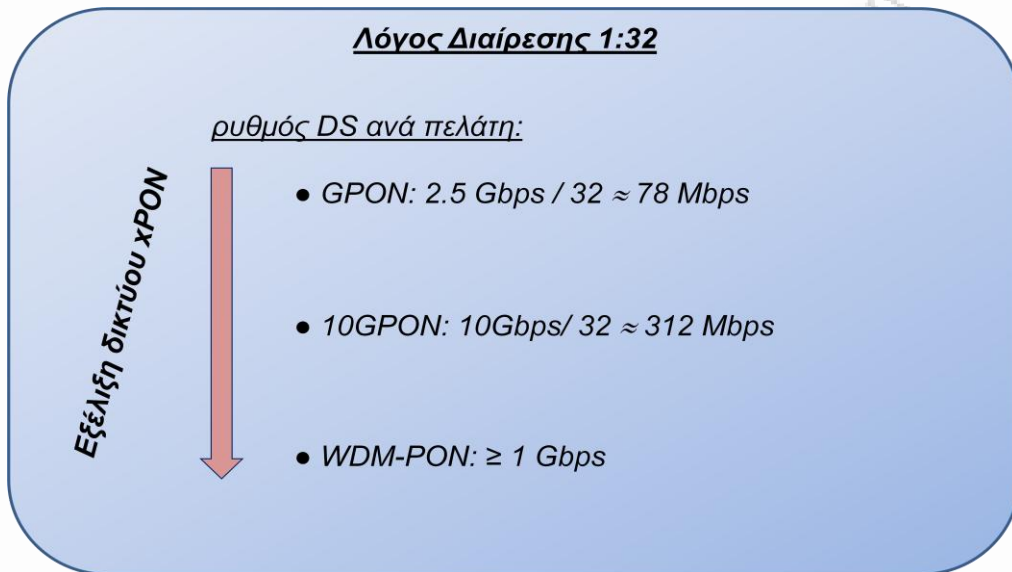
διαφορά μεταξύ TDM και TDMA είναι ότι στην TDM τα σήματα τα οποία πολυπλέκονται προέρχονται από την ίδια πηγή ενώ στο TDMA προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

Πίνακας 5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου FTTx GPON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Δεν είναι ενεργός κανένας απομακρυσμένος κόμβος, συνεπώς δεν απαιτείται παροχή ηλεκτρικού ρεύματος	Το ίδιο εύρος ζώνης πρέπει να διαιρεθεί μεταξύ διάφορων χρηστών
Πλήρως παθητικό δίκτυο, συνεπώς ελάχιστο λειτουργικό κόστος	Η οπτική ισχύς διαχωρίζεται μεταξύ των θυρών εξόδου (output ports), γεγονός που περιορίζει την μέγιστη απόσταση
Επιτρέπει την εύκολη μετάδοση βίντεο και δεδομένων	Το ίδιο οπτικό σήμα παραλαμβάνεται από όλες τις μονάδες (ONUs), εγείροντας ανησυχίες για την ασφάλεια δικτύων
Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών	Το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται για uploading δεν είναι broadcast (λιγότερο εύρος ζώνης από πλήρες P2P)
Χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής	Απαιτήση για έναν αυστηρό αλγόριθμο για την σύλληψη upstream κυκλοφορίας (καταμερισμός χρόνου για την upstream σύνδεση)
Ελάχιστη ίνα	Πιο σύνθετοι πομποδέκτες (οπτική ισχύς, δυνατότητα burst mode)

Όπως διαφαίνεται από τον Πίνακα 5, το GPON σε σχέση με άλλες τεχνολογίες πρόσβασης εξαλείφει ένα μεγάλο μέρος του κόστους εγκατάστασης, συντήρησης, και διαχείρισης που απαιτείται για την διασύνδεση των τελικών χρηστών. Από την άλλη πλευρά, ένα TDM-GPON με διαμοίραση ισχύος έχει, επίσης, ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα. Τα σημερινά TDM-PON πρότυπα καθορίζουν τον μέγιστο ρυθμό μετάδοσης των γραμμών στα 2,5 Gbps και τη μέγιστη απόσταση συνδέσεων στα 20 χιλιόμετρα, με μια τυπική αναλογία διαχωρισμού (split ratio) στα 1:32. Σε αυτή την περίπτωση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 21, ο μέγιστος ρυθμός κατερχόμενης κίνησης προς κάθε πελάτη δεν θα ξεπερνά τα 78 Mbps. Χρησιμοποιώντας, όμως, τεχνολογία 10GPON, ο ρυθμός κατερχόμενης κίνησης προς κάθε πελάτη πενταπλασιάζεται και φτάνει τα 312 Mbps. Το μέλλον, όμως, των xPON συστημάτων

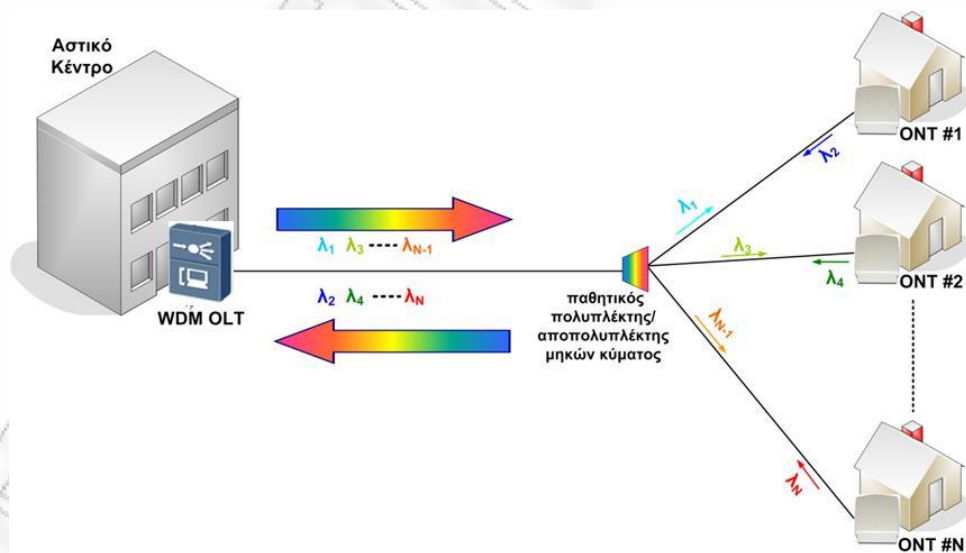
είναι η τεχνολογία WDM – PON, η οποία περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο και μπορεί να προσφέρει ρυθμούς πάνω από 1Gbps προς τον τελικό χρήστη. [30][33]



Σχήμα 21. Μέγιστος ρυθμός κατερχόμενης κίνηση σε GPON 1:32 [37]

4.6.2 WDM-PON

Το σύστημα WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing) αποτελεί εξέλιξη του κλασικού TDM-POM.



Σχήμα 22. Δίκτυο τεχνολογίας WDM – PON [33]

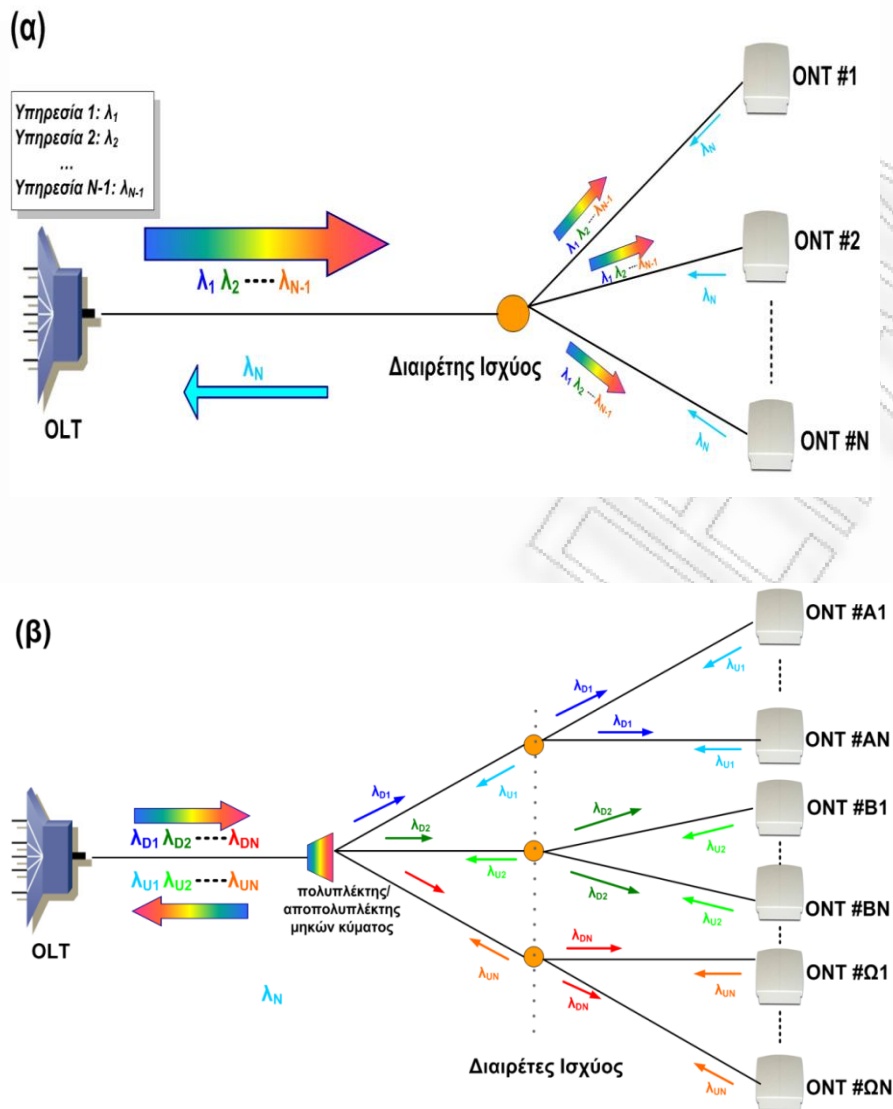
Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, στην τεχνολογία TDM-PON, η κίνηση του κάθε τελικού χρήστη προκειμένου να μεταφερθεί μέσα από μια οπτική ίνα που χρησιμοποιείται και από άλλους χρήστες, πολυπλέκεται ως προς το χρόνο. Στην τεχνολογία WDM-PON, η

πολυπλεξία της κίνησης γίνεται ως προς το μήκος κύματος λ (wavelength). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 22, το τερματικό οπτικού δικτύου – OLT πολυπλέκει σε μια κοινή οπτική ίνα, 32 μήκη κύματος λ (wavelengths), καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό τελικό χρήστη. Επιπλέον, ο απλός διαιρέτης ισχύος που χρησιμοποιείται στην περίπτωση του TDM-PON έχει αντικατασταθεί από έναν παθητικό πολυπλέκτη/αποπολυπλέκτη μήκων κύματος (Arrayed Waveguide -AWG), ο οποίος αποπολυπλέκει τα 32 λ στην κατερχόμενη κίνηση προς τον τελικό χρήστη και πολυπλέκει την ανερχόμενη κίνηση από τους χρήστες. Με αυτό τον τρόπο, αποσοβεί τα προβλήματα ασφάλειας του κλασσικού TDM PON και είναι δυνατό να υποστηρίξει ρυθμούς μετάδοσης μεγαλύτερους από 1 Gbps για κάθε τελικό χρήστη. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η τεχνολογία TDM-PON υποστηρίζει τη μετάδοση κάθε είδους υπηρεσίας, όπως Gigabit Ethernet, Fibre Channel, OC-N, ATM, FDDI, κλπ, για κάθε bit rate ανεξαρτήτως του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου FTTx WDM-PON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Όλα τα πλεονεκτήματα των απλών PON	Υψηλό κόστος – νέα τεχνολογία
Δυνατότητα παροχής ρυθμών μετάδοσης που ξεπερνούν 1Gbps προς τους τελικούς χρήστες	Πιο σύνθετοι πομποδέκτες και πιο ακριβοί
Μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με τα απλά PON	Δεν έχει οριστικοποιηθεί το πρότυπο του
Υποστηρίζει τη μετάδοση κάθε είδους υπηρεσίας όπως Gigabit Ethernet, Fibre Channel, OC-N, ATM, FDDI, κλπ. για κάθε bit rate ανεξαρτήτως πρωτοκόλλου	
Μετατροπή δικτύου φυσικής τοπολογίας P2MP σε αντίστοιχο λογικής τοπολογίας P2P	

Συνοψίζοντας, θα λέγαμε ότι η νέα τεχνολογία WDM-PON συνδυάζει τα οικονομικά πλεονεκτημάτων PON με τις επιδόσεις P2P Ethernet. Δεδομένου, όμως, ότι σαν νέα τεχνολογία είναι ακόμα ακριβή, ένας τρόπος για προοδευτική μετάβαση από τα απλά PON στα WDM-PON είναι τα υβριδικά δίκτυα WDM/TDM-PON, δυο εκδοχές των οποίων εμφανίζονται στο Σχήμα 23.



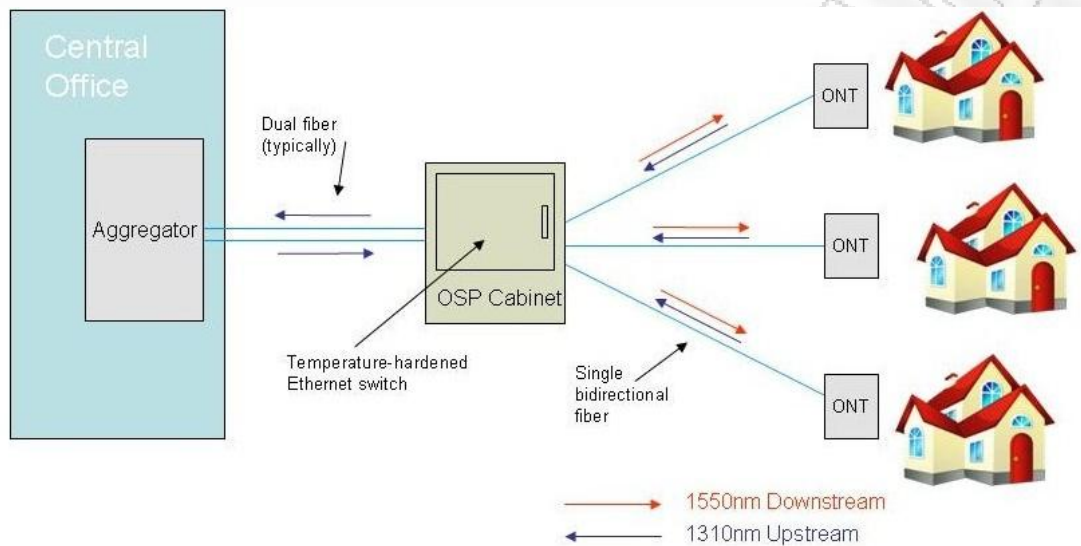
Σχήμα 23. Υβριδικά δίκτυα WDM/TDM-PON [33]

Στην πρώτη περίπτωση (α) του Σχήματος 23, η παροχή υπηρεσιών γίνεται με διαφοροποίηση ως προς το μήκος κύματος. Συνεπώς, δεν απαιτείται η χρήση του παθητικού πολυπλέκτη/αποπολυπλέκτη μήκων κύματος, αλλά ταυτόχρονα χάνεται το πλεονέκτημα τις αυξημένης ασφάλειας του δικτύου. Στην δεύτερη περίπτωση (β) του Σχήματος 23, δημιουργούνται υπερκείμενα δίκτυα PON πάνω από την ίδια κεντρική υποδομή, αυξάνοντας σημαντικά το πλήθος των τελικών χρηστών που εξυπηρετούνται από μια μόνο οπτική ίνα, μειώνοντας, όμως, παράλληλα τον τελικό ρυθμό μετάδοσης του κάθε χρήστη. [33]

4.6.3 Ενεργά οπτικά δίκτυα (AON)

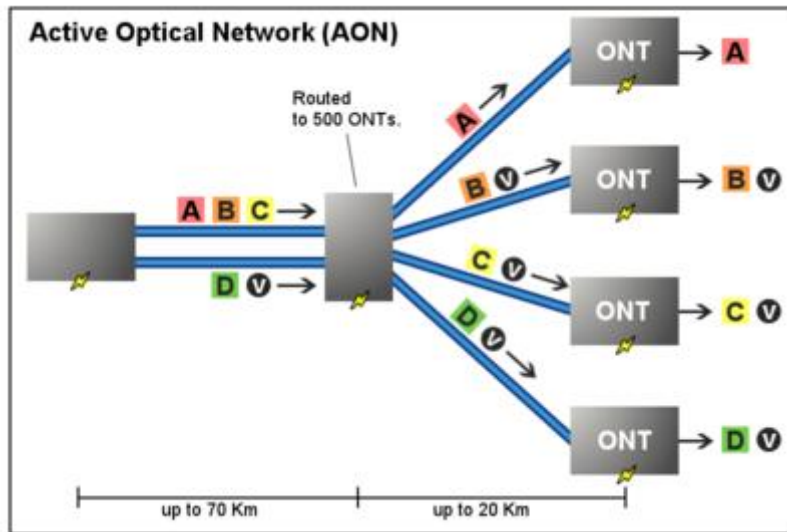
Η κύρια διαφορά ενός ενεργού οπτικού δικτύου (Active Optical Network) σε σχέση με το PON είναι η αντικατάσταση του παθητικού διαχωριστή ισχύος (splitter) από έναν ενεργό

ethernet κόμβο. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια την ανάγκη ύπαρξης είτε ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου (power line) μεταξύ του CO και του ενεργού κόμβου είτε την ηλεκτροδότησης της καμπίνας πεζοδρομίου (ΚΑΦΑΟ) που στεγάζει τον ενεργό κόμβο. Η μορφή ενός AON δικτύου φαίνεται στο Σχήμα 24.



Σχήμα 24. Ενεργό οπτικό δίκτυο AON [38]

Ένα ενεργό δίκτυο είναι τοπολογίας P2P – αστέρα, αλλά είναι εύκολο να υλοποιηθεί και χρησιμοποιώντας αρχιτεκτονική δακτυλίου, προφέροντας μεγαλύτερη αξιοπιστία. Το βασικό πλεονέκτημα του ενεργού δικτύου έναντι των PON είναι ότι μπορεί να διαχωρίσει την κίνηση που προορίζεται για κάθε χρήστη χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο πρόσβασης “EP2P”, οριζόμενο ως Ethernet over P2P 100baseFX, 100baseLX, 100baseBX, 1000baseLX και 1000baseBX κατά IEEE 802.3ah. Στο Σχήμα 25 παρουσιάζεται ένα απλό παράδειγμα, ώστε να γίνουν κατανοητά τα πλεονεκτήματα του AON δικτύου. Έστω ότι η κίνηση A, B, C και D είναι κίνηση φωνής και πρέπει να μεταφερθεί στους χρήστες A,B,C και D αντίστοιχα, ενώ η κίνηση V είναι κίνηση τηλεοπτικού σήματος η οποία πρέπει να μεταφερθεί στους χρήστες B, C και D. Στο AON δίκτυο ο ενεργός Ethernet κόμβος (router ή switch) μπορεί και διαχωρίζει την κίνηση και στέλνει σε κάθε χρήση μόνο την κίνηση που τον αφορά. Αντίθετα όπως είδαμε στα PON συστήματα οι τελικοί χρήστες λαμβάνουν τη συνολική κίνηση της οπτικής ίνας και από αυτή φιλτράρουν την πληροφορία που τους αφορά. [33]



Σχήμα 25. Λειτουργία δικτύου AON [31]

Πίνακας 7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύου AON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλότερο εύρος ζώνης	Ανάγκη ηλεκτροφόρου καλωδίου στους απομακρυσμένους κόμβους
Υψηλότερη πιθανή απόσταση από το κέντρο – CO	Πιο πολύπλοκη υποδομή καλωδίων
Μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με τα PON	

4.7 Περιγραφή Σεναρίων Υλοποίησης Δικτύων FTTx

Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών καλούνται σήμερα να χαράξουν τη στρατηγική τους, επιλέγοντας την ιδανική τεχνολογική λύση ανάμεσα σε μια πληθώρα επιλογών που αφορούν την τοπολογία, την τεχνολογία και το βαθμό συμμετοχής της οπτικής ίνας στη διαμόρφωση του τοπικού βρόχου. Από όλες, όμως, τις πιθανές επιλογές οι τρεις πιο σημαντικές είναι οι παρακάτω:

1. το FTTH P2P παθητικό δίκτυο – HomeRun,
2. το FTTH P2M GPON παθητικό δίκτυο και
3. το FTTC/FTTB με τη χρήση τεχνολογίας VDSL2

Το πρώτο σενάριο “FTTH – Homerun” απαιτεί την ύπαρξη ενός ζεύγους οπτικών ινών από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο έως το χώρο του κάθε τελικού χρήστη. Το δεύτερο σενάριο “FTTH GPON” απαιτεί την ύπαρξη, τόσο ενός ζεύγους οπτικών ινών από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο έως το ΚΑΦΑΟ όσο και ενός ζεύγους οπτικών ινών από το ΚΑΦΑΟ έως το κτήριο του κάθε τελικού χρήστη. Τόσο, στο ΚΑΦΑΟ όσο και στο κτήριο του πελάτη γίνεται χρήση παθητικού εξοπλισμού GPON (Διαιρέτης Ισχύος ή διακλαδωτής (splitter)). Τέλος το τρίτο και τελευταίο σενάριο “FTTC – VDSL” απαιτεί την ύπαρξη ενός ζεύγους οπτικών ινών από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο έως το ΚΑΦΑΟ, καθώς και την ταυτόχρονη εγκατάσταση ενός VDSL DSLAM μέσα στο ΚΑΦΑΟ. Σε αυτή την περίπτωση, από το ΚΑΦΑΟ μέχρι το τελικό χρήστη χρησιμοποιείται το υπάρχον δίκτυο χαλκού.

Πίνακας 8. Σύγκριση των τριών δημοφιλέστερων σεναρίων ανάπτυξης δικτύων FTTx

Χαρακτηριστικά	FTTH - Homerun	FTTH – GPON	FTTC – VDSL
Χρήση Οπτικής Ίνας	Αποτελεί τη λύση με το μεγαλύτερο συνολικό μήκος οπτικής ίνας	Αποτελεί τη λύση με το αρκετά μικρότερο συνολικό μήκος οπτικής ίνας σε σχέση με το homerun	Αποτελεί τη λύση με το μικρότερο συνολικό μήκος οπτικής ίνας
Ρυθμοί μετάδοσης	100 MBps	100 MBps	Μέχρι 100 MBps
Απόσταση Κάλυψης	Μέχρι 70 Km	Μέχρι 20 Km	Μέχρι 300 m
Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης	Διαθέτει τις περισσότερες δυνατότητες μελλοντικής επέκτασης (πχ 1 Gbps ή και περισσότερο)	Σημαντικές δυνατότητες μελλοντικής επέκτασης (πχ 1 Gbps με τη χρήση τεχνολογίας WDM)	Όχι
Κατανάλωση Ρεύματος	Ελάχιστη καθώς αποτελείται από παθητικό εξοπλισμό	Ελάχιστη καθώς αποτελείται από παθητικό εξοπλισμό	Απαιτεί την παροχή ρεύματος στα ΚΑΦΑΟ καθώς ο εξοπλισμός VDSL DSLAM απαιτεί τροφοδοσία

5

Ευρυζωνικές Υπηρεσίες

5.1 Ευρυζωνικές Υπηρεσίες Περιεχομένου

Ο όρος “triple play” χρησιμοποιείται ευρέως στις μέρες μας για την περιγραφή του πακέτου υπηρεσιών που περιλαμβάνει τηλέφωνο (ομιλία), internet και τηλεόραση (video). Πάνω σε αυτές τις τρεις βασικές υπηρεσίες στηρίζεται ένα πλήθος από επιμέρους υπηρεσίες και εφαρμογές οι οποίες αναπτύσσονται ραγδαία, λόγω της μεγάλης αύξησης τόσο του βαθμού διείσδυσης όσο και της ταχύτητας μετάδοσης των ευρυζωνικών συνδέσεων παγκοσμίως. Έτσι, λοιπόν, λόγω της ευρυζωνικότητας, η καθημερινότητα όλων μας αλλάζει σε τομείς όπως η ενημέρωση, η επικοινωνία, η ψυχαγωγία, η εργασία, κτλ.

5.1.1 Υπηρεσίες Ενημέρωσης

Η χρήση του internet στις μέρες μας δίνει δυνατότητες άμεσης και γρήγορης πρόσβασης στην καθημερινή ειδησιογραφία, είτε μέσω των ηλεκτρονικών ΜΜΕ είτε μέσω οποιασδήποτε άλλης πηγής ενημέρωσης (π.χ. δελτία τύπου εταιριών, κυβερνητικές ανακοινώσεις). Επιπλέον, κάνοντας χρήση των διαφόρων διαθέσιμων μηχανών αναζήτησης (π.χ. Google), ο κάθε χρήστης αποκτά πρόσβαση σε διάφορα είδη χρηστικών πληροφοριών (π.χ. δρομολόγια, οδικοί χάρτες, κτλ). [39]

5.1.2 Υπηρεσίες Επικοινωνίας

Στις μέρες μας, οι εφαρμογές μετάδοσης φωνής στο Διαδίκτυο (Voice over IP) παρέχουν υπηρεσίες τηλεφωνίας με ποιότητα παραπλήσια των παραδοσιακών τηλεφώνων. Οι

χρήστες έχουν ή θα έχουν τη δυνατότητα να αγοράσουν υπηρεσίες VoIP είτε από τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο που τους παρέχει την ευρυζωνική σύνδεση είτε από διάφορες εταιρείες παροχής υπηρεσιών φωνής μέσω διαδικτύου (π.χ. Skype). Στην πρώτη περίπτωση, ο χρήστης εξασφαλίζει ποιότητα υπηρεσιών ανάλογη των παραδοσιακών τηλεφωνικών συνδέσεων με σημαντικά χαμηλότερο κόστος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η ποιότητα εξαρτάται από την ποιότητα της ευρυζωνικής σύνδεσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην πρώτη περίπτωση οι πάροχοι εφαρμόζουν τεχνικές προτεραιοποίησης της κίνησης φωνής έναντι της κίνησης των δεδομένων. Παρόλα αυτά, η ποιότητα των υπηρεσιών VoIP, που παρέχονται από τις διάφορες εταιρείες παροχής υπηρεσιών φωνής μέσω διαδικτύου, είναι πολύ καλή και το κόστος κυμαίνεται από πολύ μικρό έως μηδενικό στις περιπτώσεις που η κλήση λαμβάνει χώρα από υπολογιστή σε υπολογιστή. [40]

5.1.3 Υπηρεσίες Τηλε - Εκπαίδευσης (e-Education)

Σήμερα, όλο και περισσότεροι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν ιστολόγια και blogs, παρέχοντας με αυτό το τρόπο υποστήριξη στους μαθητές τους. Έτσι, λοιπόν, οι μαθητές αποκτούν πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό, δέχονται απαντήσεις σε ερωτήσεις ή απορίες, ενημερώνονται για τις εργασίες που πρέπει να εκπονήσουν, κτλ. Επιπλέον, πολύ σημαντική είναι και η πρόσβαση σε ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες πανεπιστημίων και άλλων οργανισμών, όπου με εύκολο και απλό τρόπο μπορεί κάποιος από το σπίτι του να βρει ένα άρθρο, επιστημονικό περιοδικό ή σύγγραμμα που τον ενδιαφέρει. Τέλος, όλο και περισσότερες επιχειρήσεις, στη προσπάθεια τους να μειώσουν τα κόστη μετακίνησης του προσωπικού τους, προωθούν την παρακολούθηση διαλέξεων – μαθημάτων από απόσταση (webinars, e-learning). [40]

5.1.4 Υπηρεσίες Τηλε-εργασίας (e-Business)

Σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον τηλε-εργασίας [39], ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα από το σπίτι του, κάνοντας χρήση εφαρμογών «απομακρυσμένου γραφείου» (remote office), να έχει διαθέσιμες τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (E-mail),
- μεταφορά αρχείων (file transfer) για αποστολή και λήψη αρχείων,
- απομακρυσμένη πρόσβαση (remote access) σε κεντρικές εφαρμογές, υπηρεσίες ειδήσεων και βάσεις δεδομένων,

- τηλεδιάσκεψη με τη χρήση απλού κειμένου, ήχου, εικόνας και video (Audio/Video Teleconferencing),
- επικοινωνία μεγάλων ταχυτήτων όπως διακίνηση πολυμεσικών δεδομένων, δημιουργία 3D - Animation τόσο από απόσταση όσο και σε πραγματικό χρόνο,
- διαμοίραση εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο και
- παροχή πλήρους περιβάλλοντος άμεσης βοήθειας (on-line help) για την άμεση αντιμετώπιση προβλημάτων και αποριών από τηλε-εργαζόμενο.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της τηλε-εργασίας είναι:

- η μείωση λειτουργικού κόστους,
- η αύξηση της παραγωγικότητας και
- η ευελιξία μέσω ελαστικών εργασιακών σχέσεων.

5.1.5 Υπηρεσίες Τηλε-ιατρικής (e-Health)

Μια κατηγορία εφαρμογών με μεγάλη, κοινωνική κυρίως, σημασία είναι οι εφαρμογές τηλε-ιατρικής. Η Τηλε-ιατρική συμβάλλει στην καλύτερη παροχή ιατρικής φροντίδας και υπηρεσιών υγείας σε ασθενείς που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τα θεραπευτικά κέντρα. Πραγματοποιείται με τη χρήση σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών δικτύων και συστημάτων πληροφορικής. Άρτια εκπαιδευμένοι γιατροί μπορούν να δώσουν λύση σε σημαντικά προβλήματα υγείας.

Η υπηρεσία της Τηλε-ιατρικής παρέχει ένα σύστημα διαχείρισης και διακίνησης ιατρικών πληροφοριών (καρδιογραφήματα, υπερηχογραφήματα, τομογραφίες, κλπ.) με πλήθος εφαρμογών στους τομείς διάγνωσης, θεραπείας και εκπαίδευσης των ιατρών. Με βάση τη χρήση τηλεπικοινωνιακών και πληροφοριακών συστημάτων και τη μετατροπή ιατρικής πληροφορίας σε ηλεκτρονική μορφή, διακρίνονται οι παρακάτω κύριες κατευθύνσεις υπηρεσιών και εφαρμογών:

- Τηλεδιάγνωση, η οποία καλύπτει την από απόσταση μελέτη από ειδικούς των αποτελεσμάτων των ιατρικών εξετάσεων (ακτινογραφίες, εργαστηριακά ευρήματα, κλπ) και τη σύνταξη σχετικών αναφορών.
- Τηλεθεραπεία, η οποία καλύπτει την από απόσταση παρακολούθηση ασθενών ή ακόμα και την πραγματοποίηση χειρουργικών επεμβάσεων από ρομποτικές εφαρμογές, όπου ο ασθενής, επισκεπτόμενος την πλησιέστερη προς τον τόπο

διαμονής του ιατρική μονάδα, μπορεί να τυγχάνει ιατρικής φροντίδας ως προς την πάθησή του από απομακρυσμένο ιατρικό κέντρο.

- Τηλεκπαίδευση, η οποία καλύπτει τις ανάγκες του ενεργού ιατρικού και παραϊατρικού προσωπικού για συνεχή ενημέρωση σε διάφορους τομείς της ιατρικής. Επιπλέον εξασφαλίζεται εκπαίδευση του υγιούς πληθυσμού μέσω προγραμμάτων Αγωγής Υγείας, με σκοπό να διαμορφωθούν νέοι τρόποι συμπεριφοράς, όχι μόνο για την πρόληψη των νοσημάτων, αλλά και για την προστασία και προαγωγή της υγείας.
- Τηλεσυμβουλευτική, η οποία καλύπτει την ανάγκη ανταλλαγής απόψεων, καθώς και την οργάνωση συμβουλίων ειδικών ιατρών για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων σύνθετων καταστάσεων, όπου απαιτείται η ταυτόχρονη μελέτη της κατάστασης του ασθενούς από ειδικούς διαφορετικών ειδικοτήτων. Επιπλέον επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών, μέσω της μεταφοράς δεδομένων και της καθοδήγησης του προσωπικού άμεσης βοήθειας από εξειδικευμένο προσωπικό στο νοσοκομείο ή σε ένα κεντρικό σημείο βοήθειας στο σημείο του συμβάντος ή και κατά τη μεταφορά του τραυματία.

Οι εφαρμογές αυτές αναμένεται να βρουν ευρεία εφαρμογή τα επόμενα χρόνια καθώς επίσης, θεωρείται απαραίτητο να ζητούν και συγκεκριμένη μεταχείριση από το δίκτυο εξαιτίας του σκοπού που επιτελούν. [39][40][41]

5.1.6 Υπηρεσίες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (e-Government)

Μια πολύ σημαντική ομάδα υπηρεσιών στον τομέα της εξυπηρέτησης του πολίτη είναι οι εφαρμογές e-government, όπου παρέχεται η δυνατότητα εξυπηρέτησης των πολιτών από το σπίτι τους, επτά ημέρες την εβδομάδα 24 ώρες την ημέρα, χωρίς να χάνεται χρόνος σε μεταβάσεις και ουρές κι εξαλείφοντας, παράλληλα, φαινόμενα διαφθοράς (π.χ. taxisnet). Αν και σε ορισμένο βαθμό η χρήση ορισμένων εφαρμογών είναι δυνατή και με απλές συνδέσεις dialup, τα ευρυζωνικά δίκτυα δημιουργούν προϋποθέσεις για ανάπτυξη νέων εφαρμογών, όπως υποβολή σχεδίων για έκδοση άδειας οικοδομής, ηλεκτρονική υποβολή συμβολαίων σε υποθηκοφυλακεία, υποβολή ολοκληρωμένου φακέλου (με σχέδια) για έγκριση στεγαστικού δανείου, κλπ.

Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα άμεσης και εύκολης επικοινωνίας με φορείς μεσολάβησης, όπως ο συνήγορος του πολίτη, η Γενική Γραμματεία Καταναλωτή, κ.α. καθώς

και η συμμετοχή σε δημόσιες διαβουλεύσεις ή ηλεκτρονικά δημοψηφίσματα, προάγοντας με αυτό τον τρόπο τη συμμετοχική δημοκρατία.

Αναγνωρίζεται ευρέως ότι η ηλεκτρονική δημόσια διοίκηση (e-government) αποτελεί καίριας σημασίας εργαλείο για την αναδιοργάνωση και τον εκσυγχρονισμό του δημόσιου τομέα, επιτυγχάνοντας διαφάνεια και αποδοτική γραφειοκρατία. Η ισχυρή πολιτική στήριξη που παρέχεται από τα κράτη μέλη καταδεικνύεται από το γεγονός ότι όλα εφαρμόζουν μια ενεργό πολιτική για την ηλεκτρονική δημόσια διοίκηση. Οι τεχνολογίες των πληροφοριών και των επικοινωνιών θεωρείται ότι δρουν καταλυτικά στον διοικητικό εκσυγχρονισμό και τη βελτίωση των υπηρεσιών. [39][40]

5.1.7 Υπηρεσίες ηλεκτρονικού εμπορίου (e-Commerce)

Με τον όρο e-commerce περιγράφεται το ηλεκτρονικό εμπόριο, δηλαδή η διάθεση και αγοραπωλησία προϊόντων ηλεκτρονικά. Ο τομέας αυτός έχει γνωρίσει μεγάλη άνθιση σε όλο τον κόσμο και εξαπλώνεται και στην Ελλάδα. Ήδη υπάρχουν πολλά ηλεκτρονικά καταστήματα και η απήχυσή τους στον κόσμο ολοένα και διευρύνεται, καθώς παρέχουν έναν εύχρηστο και γρήγορο τρόπο για πραγματοποίηση αγορών. Το σημείο που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι η ασφάλεια και η εχεμύθεια που πρέπει να παρέχουν, ώστε να πείσουν τους πελάτες τους για την ασφάλεια των συναλλαγών.

Το ηλεκτρονικό εμπόριο παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο στους καταναλωτές όσο και στις επιχειρήσεις. Έτσι, λοιπόν, οι καταναλωτές μπορούν από το σπίτι τους να συγκρίνουν τιμές και προσφορές από την παγκόσμια αγορά και να πραγματοποιούν αγορές χωρίς άσκοπες μετακινήσεις. Από την άλλη πλευρά, οι επιχειρήσεις, εκτός από την προφανή σημαντική μείωση των λειτουργικών τους εξόδων, έχουν στη διάθεσή τους νέες δυνατότητες, όπως η ηλεκτρονική διαφήμιση-προβολή της επιχείρησης, η γρήγορη αναζήτηση προϊόντων από τους πελάτες βάσει κριτηρίων, καθώς και η δυνατότητα αποτελεσματικότερης επικοινωνίας και συντονισμού των επιχειρήσεων με τους προμηθευτές και τα δίκτυα πωλήσεων. [39][40]

5.1.8 Υπηρεσίες Ψυχαγωγίας

5.1.8.1 E-gaming

Τα παιχνίδια ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι μια πολύ διαδεδομένη ενασχόληση σε όλους τους χρήστες, μικρούς και μεγάλους. Τα τελευταία χρόνια, μεγάλη ανάπτυξη παρατηρείται

σε διαδικτυακά παιχνίδια πραγματικού χρόνου, τα οποία λόγω των εξελιγμένων 3D γραφικών απαιτούν υψηλές ταχύτητες σύνδεσης. [39]

5.1.8.2 IPTV – Διαδικτυακή τηλεόραση

Τις προηγούμενες δεκαετίες το τηλεοπτικό σήμα μεταδιδόταν μέσω επίγειων συστημάτων, τηλεπικοινωνιακών δορυφόρων ή καλωδίου (cable tv) – στην Ελλάδα δεν γνωρίσαμε την τελευταία δυνατότητα. Κάθε είδους επιχειρήσεις χρησιμοποιούν καθημερινά την τηλεόραση ως μέσο προβολής των υπηρεσιών και των προϊόντων τους, παρά το αυξημένο, σε σχέση με άλλα μέσα, κόστος των διαφημίσεων ή των χορηγιών. Τα τελευταία χρόνια, με την τρομακτική εξάπλωση του Internet και κυρίως με την επίτευξη πολύ υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων, αλλά και τη γενικότερη εξέλιξη της τεχνολογίας, την αύξηση των ατόμων που συνδέονται στο Διαδίκτυο και τη συνεχή μείωση του σχετικού κόστους, έκανε την εμφάνισή της διστακτικά στην αρχή και η τηλεόραση μέσω Internet, με τη μορφή αποσπασμάτων από «παραδοσιακές» τηλεοπτικές εκπομπές που μεταδίδονταν online.

Η δικτυακή τηλεόραση (Internet television) αναφέρεται συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία ως IPTV (Internet Protocol TeleVision), αν και έχουν εκφραστεί ορισμένες διαφωνίες γι' αυτό, τόσο επειδή ο όρος IPTV σε ορισμένες χώρες έχει ήδη καταχωριστεί ως εμπορικό σήμα (trademark) όσο και γιατί ουσιαστικά η IPTV αποτελεί μόνο ένα κομμάτι της δικτυακής τηλεόρασης.

Με πιο τεχνικούς όρους, η «δικτυακή τηλεόραση» μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύστημα, κατά το οποίο ψηφιακό τηλεοπτικό σήμα εκπέμπεται σε συνδρομητές-χρήστες του Internet με τη βοήθεια του IP (Internet protocol) και μιας ευρυζωνικής (broadband) σύνδεσης. Η υπηρεσία αυτή συχνά παρέχεται σε συνδυασμό με το βίντεο κατά απαίτηση (video-on-demand) και μπορεί να περιλαμβάνει ταυτόχρονα και άλλες δικτυακές υπηρεσίες (π.χ. τηλεφωνία μέσω Internet – VoIP), οπότε έχουμε το λεγόμενο triple play (Internet, τηλεφωνία και βίντεο). Το τηλεοπτικό σήμα, που «φέρει» το περιεχόμενο, είναι συνήθως κωδικοποιημένο σε μορφή MPEG2 ή MPEG4 και διανέμεται μέσω IP Multicast (μέθοδος με την οποία η πληροφορία μπορεί να αποσταλεί ταυτόχρονα σε πολλούς αποδέκτες/υπολογιστές με το πρότυπο H.264). Με τη βοήθεια ειδικών συσκευών (set-top box) και τη χρήση ευρυζωνικών συνδέσεων, το τηλεοπτικό σήμα μπορεί να διανεμηθεί στα νοικοκυριά πολύ πιο εύκολα και αξιόπιστα από ότι με άλλους τρόπους. Επιπλέον, με τη χρήση των νέων συσκευών μαγνητοσκόπησης, όπως των ψηφιακών εγγραφέν βίντεο

(Digital Video Recorders – DVR), είναι δυνατή η ταυτόχρονη εγγραφή πολλών προγραμμάτων, γεγονός που θα ικανοποιήσει και τον πλέον απαιτητικό χρήστη.

Καθώς δε το κόστος έχει μειωθεί κατά πολύ (και διαρκώς μειώνεται) σε σχέση με το παρελθόν, η δικτυακή τηλεόραση μπορεί να αποδειχθεί ένα καλό όχημα και για εμπορική εκμετάλλευση. Σήμερα, με τη χρήση αξιόπιστων, αλλά πολύ οικονομικών, συσκευών εγγραφής εικόνας και ήχου, ακόμη και μια μικρή ή μεσαία επιχείρηση είναι σε θέση να δημιουργήσει με δικά της μέσα τηλεοπτικό σήμα – από βίντεο λίγων δευτερολέπτων με απλή επίδειξη προϊόντων μέχρι ταινίες μεγάλης διάρκειας ή πολύωρο «ζωντανό» πρόγραμμα.

Σήμερα, η λεγόμενη δικτυακή τηλεόραση προφέρει τα παρακάτω:

- τηλεοπτικά κανάλια ή μεμονωμένες εκπομπές που υπάρχουν μόνο στον κυβερνοχώρο ή που παρέχονται μόνο από τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο,
- παραδοσιακά τηλεοπτικά κανάλια που εκπέμπουν ταυτόχρονα και στο Διαδίκτυο,
- παραδοσιακά τηλεοπτικά κανάλια που διαθέτουν online επιλεγμένες εκπομπές τους κατ' απαίτηση (on-demand),
- παραδοσιακά τηλεοπτικά κανάλια που παράγουν επιπλέον τηλεοπτικό περιεχόμενο, το οποίο διαθέτουν αποκλειστικά και μόνο στο δικτυακό τους τόπο και
- κατά απαίτηση προβολή ταινιών παλαιάς ή πρόσφατης προβολής.

Υπολογίζεται ότι στις αρχές του 2006 περισσότερα από 1.300 τηλεοπτικά κανάλια από όλον τον κόσμο διέθεταν το σήμα τους αποκλειστικά και μόνο στον κυβερνοχώρο. Ο τομέας αυτός αναπτύσσεται ραγδαία και νέα και υπάρχοντα κανάλια εισέρχονται συνεχώς στη δικτυακή εποχή, εκπέμποντας αποσπάσματα ή ολόκληρο το περιεχόμενό τους online. Και όπως προαναφέρθηκε, το μόνο που απαιτείται για τη λήψη του σήματός τους από το χρήστη/πελάτη είναι η σύνδεση στο Διαδίκτυο, καθώς και μια συσκευή που να είναι σε θέση να την αξιοποιήσει.

Πέρα από το τεχνολογικό κομμάτι, η δικτυακή τηλεόραση μπορεί να χωριστεί σε δύο είδη:

- την ελεύθερη (δωρεάν)
- την επί πληρωμή (σε συνδρομητική βάση ή κατά αποκοπή/pay-per-view)

Ήδη, σήμερα, αρκετές εταιρίες πειραματίζονται με την IPTV, και τα αποτελέσματα είναι πολύ ικανοποιητικά. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί η λύση της Microsoft (TV IPTV Edition), η οποία παρέχει τη δυνατότητα διανομής των μεταδιδόμενων δεδομένων ανάλογα με το είδος τους (ταινίες, παιχνίδια, μηνύματα, κ.ά.) και δίνει την ευκαιρία στο χρήστη να επιλέξει το τηλεοπτικό πρόγραμμα της αρεσκείας του μέσα από μεγάλη ποικιλία προγραμμάτων, ή ακόμη και να επιλέξει κάποια προγράμματα που θα γραφτούν αυτόματα στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή του για μετέπειτα παρακολούθηση. Μάλιστα, στο πλαίσιο του παγκόσμιου φόρουμ CXN (Content eXchange Network), που έχει δημιουργήσει η αμερικανική εταιρία για την προώθηση της IPTV, αναμένεται σύντομα και οι ελληνικοί τηλεοπτικοί σταθμοί να ενημερωθούν αναλυτικά για τα πλεονεκτήματα της δικτυακής τηλεόρασης, ώστε να αποφασίσουν αν θα ήθελαν να δραστηριοποιηθούν και στον τομέα αυτό, προωθώντας το περιεχόμενό τους τόσο στη χώρα μας όσο και εκτός συνόρων.

Επίσης, λύση δικτυακής τηλεόρασης παρέχει και η канаδική εταιρία Metamedia Capital, σε συνεργασία με την CSC Global Technologies. Το πλεονέκτημα της δικής της εφαρμογής είναι το χαμηλό κόστος, κάτι που επιτυγχάνεται χάρη στην πολύ υψηλή συμπίεση των μεταδιδόμενων πληροφοριών. Η εταιρία προβάλλει ιδιαίτερα το σύστημά της ως μια πολύ καλή λύση για εκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων στο εξωτερικό - μέσω Internet πάντοτε-, δημιουργώντας ουσιαστικά «παγκόσμια» τηλεοπτικά κανάλια. [39][40][42]

5.1.8.3 HD – IPTV

Η High-Definition Internet Protocol Television (IPTV) αποτελεί εξέλιξη του απλού IPTV σήματος. Το απλό IPTV σήμα διαθέτει ανάλυση 720 x 576 pixel, ή 576 γραμμών των 720 pixel. Αντίθετα, το τηλεοπτικό σήμα υψηλής ευκρίνειας διαθέτει πολύ μεγαλύτερη ανάλυση, ξεκινώντας από τη διπλάσια στα 1280 x 720, φτάνοντας την πενταπλάσια έως και 1920 x 1080 pixel. Συνεπώς, όσο περισσότερα pixel, τόσο καλύτερη είναι η ανάλυση και τόσο περισσότερες λεπτομέρειες βλέπει ο τελικός χρήστης στην τηλεόραση του.

5.1.8.4 3D – IPTV

Στη μεγάλη Έκθεση Καταναλωτικών Ηλεκτρονικών του Λας Βέγκας (CES) το 2010, οι μεγάλες εταιρίες παρουσίασαν νέα μοντέλα τηλεοπτικών δεκτών 3D, αλλά και προδιαγραφές για τη μετάδοση και προβολή τηλεοπτικού σήματος, που να δίνει την τρισδιάστατη ψευδαίσθηση του βάθους. Σύμφωνα με ερευνητές, η τεχνολογία 3D θα ανοίξει μια νέα εποχή στην οικιακή ψυχαγωγία. Στις μέρες μας, η πρωτοπόρος βρετανική δορυφορική πλατφόρμα Sky έχει ήδη προχωρήσει στο λανσάρισμα της νέας υπηρεσίας 3D TV, η οποία

μεταδίδει σημαντικά αθλητικά γεγονότα σε 3D. Επιπλέον, η Sony έχει προχωρήσει σε παραγωγές 3D σε κινηματογραφικές ταινίες, ντοκιμαντέρ και ψυχαγωγικά προγράμματα, χρησιμοποιώντας τη νέα τεχνολογία 3ality Digital (με ειδικές κάμερες και επεξεργαστές). Η νέα υπηρεσία 3D TV θα είναι συμβατή με μια σειρά μοντέλων τηλεοπτικών δεκτών «3D Ready», οι οποίοι κατασκευάζονται από τις εταιρείες LG, Panasonic, Samsung και Sony. Το επόμενο βήμα είναι η μετάδοση του 3D TV σήματος να μην γίνεται μέσω δορυφόρου αλλά μέσω της IPTV πλατφόρμας. [43]

5.1.8.5 Υπηρεσίες κατά Απαίτηση

Μια σημαντική κατηγορία εφαρμογών που παρουσιάζουν ραγδαία ανάπτυξη είναι οι εφαρμογές On demand. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν διάφορες εφαρμογές που ζητούνται από τους χρήστες, χρεώνονται από την υπηρεσία και μεταδίδονται με κατάλληλη κωδικοποίηση. Τέτοιες συνήθεις εφαρμογές είναι ταινίες (movies), μουσικά αρχεία, παιχνίδια ή software για χρήση. Αναλυτικότερα οι υπηρεσίες αυτές είναι:

- το βίντεο κατά Απαίτηση (video on demand). Στις εφαρμογές αυτές ο χρήστης καλείται να επιλέξει την ταινία που θέλει να παρακολουθήσει και αφού την πληρώσει, τότε την παρακολουθεί. Στα συστήματα αυτά η κωδικοποίηση μετάδοσης είναι ασφαλής και δεν επιτρέπει στο χρήστη να υποκλέψει την ταινία ή να την ξαναδεί χωρίς χρέωση. Τέτοια συστήματα είναι ήδη διαθέσιμα μέσω των πακέτων IPTV που προσφέρουν οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι. Η εμπορική επιτυχία των συστημάτων αυτών θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την τιμολογιακή πολιτική που αναμένεται να εφαρμοστεί, καθώς και την ποιότητα της εφαρμογής που θα αντιλαμβάνεται ο χρήστης.
- τα νέα κατ' Απαίτηση (news on demand). Αντίστοιχα, μια εφαρμογή on demand θεωρείται πως θα είναι και η παρακολούθηση ειδήσεων (ενημέρωσης). Συγκεκριμένα, ο κάθε χρήστης θα μπορεί να επιλέγει την πηγή από την οποία θέλει να πληροφορηθεί και τα είδη της πληροφορίας που θέλει να προσπελάσει (πολιτικές, κοινωνικές, αθλητικές ειδήσεις, κλπ). Στη συνέχεια, και αφού πληρώσει το κατάλληλο αντίτιμο, θα μπορεί να έχει πλήρη πρόσβαση στις πληροφορίες αυτές.
- η μουσική κατά Απαίτηση (music on demand). Μια δημοφιλή κατηγορία περιεχομένου στο διαδίκτυο σήμερα, η ανταλλαγή μουσικών κομματιών αναμένεται να μετατραπεί σε μια εφαρμογή on demand. Η ραγδαία εξάπλωση της χρήσης του Internet, τα τελευταία χρόνια, έχει προκαλέσει σημαντικά προβλήματα

στη μουσική βιομηχανία, αφού συνήθως είναι αρκετά εύκολο να προμηθευτεί κανείς σε ψηφιακή μορφή τα μουσικά κομμάτια που επιθυμεί. Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερα, η ανάπτυξη και εξάπλωση των προγραμμάτων ανταλλαγής αρχείων έχει βοηθήσει ακόμα και ανθρώπους άπειρους στη χρήση υπολογιστών ή του Internet να «κατεβάζουν» στον υπολογιστή τους με χαρακτηριστική ευκολία τα κομμάτια που επιθυμούν. Η αντίδραση της μουσικής βιομηχανίας ήταν να διωχθούν δικαστικά οι εταιρείες που βοηθούν στην παράνομη εξάπλωση μουσικών κομματιών μέσω του Διαδικτύου, αλλά, όπως φαίνεται, αυτό δεν είναι αρκετό, αφού αφενός μεν είναι πολύ εύκολο να δημιουργηθούν νέες εταιρείες και αφετέρου δε η ανάπτυξη των δικτύων ομότιμων κόμβων (peer-to-peer) κάνει ακόμα πιο δύσκολη την κατάσταση, μιας και θα πρέπει να διώκονται μεμονωμένοι χρήστες. Η λύση για τη μουσική βιομηχανία, όπως υποστηρίζεται ευρέως τον τελευταίο χρόνο θα έλθει από τον ενστερνισμό των νέων τεχνολογιών (ευρυζωνικά δίκτυα), όπου η εφαρμογή αυτή θα γίνει πλέον on demand και συνεπώς ελεγχόμενη. Έτσι, οι υπηρεσίες αυτές θα χρεώνονται, ώστε να περιοριστεί σε κάποιο βαθμό η απώλεια κερδών της μουσικής βιομηχανίας και να αντιμετωπιστεί η παράνομη διακίνηση μουσικών αρχείων. Το κομβικό σημείο για το αν θα πετύχει εμπορικά η χρέωση υπηρεσιών Music-On-Demand θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από το κόστος των προσφερόμενων υπηρεσιών κι από την ποιότητά τους.

Συνοψίζοντας, όλες οι εφαρμογές on demand αναμένεται να αποτελέσουν κάτι καινοτόμο για τους χρήστες του Διαδικτύου, αφού η συνήθης πρακτική ήταν εντελώς διαφορετική (ελεύθερη και παράνομη διακίνηση των εφαρμογών αυτών, μουσική, βίντεο, κλπ). Η αντίδραση του κοινού θεωρείται βέβαιο ότι θα είναι αρχικά αρνητική και ότι θα διαμορφωθεί τελικά, με βάση τις χρεώσεις των υπηρεσιών αυτών.[39][40]

5.1.8.6 Επικοινωνίες μεταξύ ομότιμων κόμβων (Peer-to-peer, P2P)

Οι εφαρμογές peer-to-peer είναι δικτυακές εφαρμογές που δεν ακολουθούν τη λογική Πελάτη/Εξυπηρετητή (client/server), αλλά σχηματίζουν ένα δίκτυο από εφαρμογές (και χρήστες), όπου όλοι είναι ισότιμοι ή έστω δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός έλεγχος. Το περιεχόμενο που προσφέρεται δεν καθορίζεται, συνεπώς, από κάποιον πάροχο περιεχομένου (content provider), αλλά από τους ίδιους τους χρήστες αυτού του δικτύου. Οι εφαρμογές αυτές είναι συνήθως εφαρμογές για διαδικτυακή συζήτηση ή εφαρμογές που επιτρέπουν την ανταλλαγή αρχείων. Σε αυτές οι εφαρμογές, επειδή τα μηνύματα και τα δεδομένα που ανταλλάσσονται δεν μεταφέρονται προς κάποιον κεντρικό υπολογιστή και

από εκεί στους υπολοίπους, μπορεί να προκληθεί υψηλή συμφόρηση σε ένα δίκτυο (ιδιαίτερα αν υποστηρίζουν την ανταλλαγή αρχείων). Ένας άλλος παράγοντας συμφόρησης είναι η άναρχη φύση του δικτύου που σχηματίζουν. Οι εφαρμογές peer-to-peer έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια ως μια προσπάθεια απάντησης χρηστών στις ενέργειες διαφόρων content provider, οι οποίες αποσκοπούν στο να περιορίσουν και να ελέγξουν την παράνομη διακίνηση υλικού κατοχυρωμένης πνευματικής ιδιοκτησίας. Ένα ευρυζωνικό δίκτυο θα βοηθούσε πολύ στην περαιτέρω εξάπλωση των peer-to-peer εφαρμογών, λόγω των υψηλών απαιτήσεων που έχουν σε εύρος ζώνης. [39][40]

5.1.8.7 Ροή Δεδομένων (Streaming/webcasting)

Η Ροή δεδομένων (streaming) είναι ένας όρος που περιγράφει την μετάδοση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιείται ευρέως στο Διαδίκτυο για την μετάδοση διαφόρων μορφών πολυμεσικής πληροφορίας. Με αυτόν τον τρόπο μετάδοσης, τα δεδομένα μεταφέρονται στο δίκτυο με την μορφή μιας συνεχούς ροής πακέτων. Χωρίς την ροή δεδομένων, ο κάθε χρήστης θα έπρεπε να κατεβάζει ένα αρχείο πολυμέσων ολόκληρο από το Διαδίκτυο για να μπορέσει να το χρησιμοποιήσει.

Οι απαιτήσεις αυτής της μορφής μεταφοράς πολυμέσων είναι αρκετά υψηλές όσον αφορά στο εύρος ζώνης του δικτύου. Όσο μεγαλύτερο εύρος ζώνης διαθέτει ο χρήστης, τόσο πιο μικρές είναι οι πιθανότητες να παρουσιαστεί καθυστέρηση στην αναπαραγωγή του αρχείου λόγω συμφόρησης του δικτύου. [39][40]

Κύρια πλεονεκτήματα της ροής δεδομένων αποτελούν:

- η άμεση παράδοση της πληροφορίας ζωντανά και ανάλογα με τη ζήτηση,
- η απήχηση σε πολύ μεγάλο κοινό χωρίς έξοδα για μετακινήσεις,
- η απασχόληση του κοινού με ζωντανό ήχο/εικόνα και διαδραστικά στοιχεία όπως chat και polling,
- η δυνατότητα που παρέχει στις εταιρείες να φτάσουν στο κοινό τους πιο γρήγορα, με λιγότερο κόστος και πιο εύκολα από ότι παλαιότερα με προσωπική διανομή,
- η χρησιμοποίηση του web για την αύξηση της επιρροής ενός γεγονότος μέσω ζωντανών εικόνων και ήχου και
- η μεγαλύτερη απήχηση και προβολή σε παγκόσμιο επίπεδο.

5.1.9 Υπηρεσίες E-Home

Μια εφαρμογή, η οποία στις μέρες μας χρησιμοποιείται από όλο και περισσότερους χρήστες είναι η “Ροή βίντεο με στόχο την επιτήρηση χώρου (video streaming for surveillance purposes)”. Με τη συγκεκριμένη εφαρμογή, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί όλους τους χώρους του σπιτιού ή τις επιχειρήσεις του σε πραγματικό χρόνο, με κάμερα συνδεδεμένη με το δίκτυο. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου παρακολούθησης είναι ότι δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να παρακολουθεί τους χώρους αυτούς μέσω οποιουδήποτε υπολογιστή συνδεδεμένου με το Διαδίκτυο, καθώς και να λαμβάνει ειδοποιήσεις (SMS, email) κάθε φορά που μια παράξενη κίνηση ανιχνεύεται.

Κάνοντας χρήση της ευρυζωνικής σύνδεσης, οι τελικοί χρήστες εκτός από την παρακολούθηση του σπιτιού τους είναι σε θέση και να ελέγχουν πολλές λειτουργίες του, στην περίπτωση που έχει εγκατασταθεί εξοπλισμός διαχείρισης έξυπνου σπιτιού. Έτσι, λοιπόν, ο χρήστης είναι σε θέση από το γραφείο ή το κινητό να ανάψει ή να σβήσει τα φώτα, να ανεβοκατεβάσει τα ρολά ή τις τέντες, να ενεργοποιήσει τη θέρμανση, κτλ. [44]

5.1.10 Υπηρεσίες Κοινωνικής Δικτύωσης και WEB2.0

Όλοι οι χρήστες του διαδικτύου παρατηρούν με ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια την εξέλιξη του “κλασικού” Διαδικτύου σε αυτό που έχει επικρατήσει να ονομάζεται WEB 2.0. Το κύριο χαρακτηριστικό του WEB 2.0 είναι ότι περνάει από τον αρχικό στατικό τρόπο παρουσίασης των πληροφοριών στον χρήστη σε ένα καταρχήν δυναμικό τρόπο παρουσίασης, ο οποίος επιτρέπει τη διαδραστικότητα με τον χρήστη αλλά και επιζητά την συνεισφορά του στη διαμόρφωση του περιεχομένου της πληροφορίας. [45]

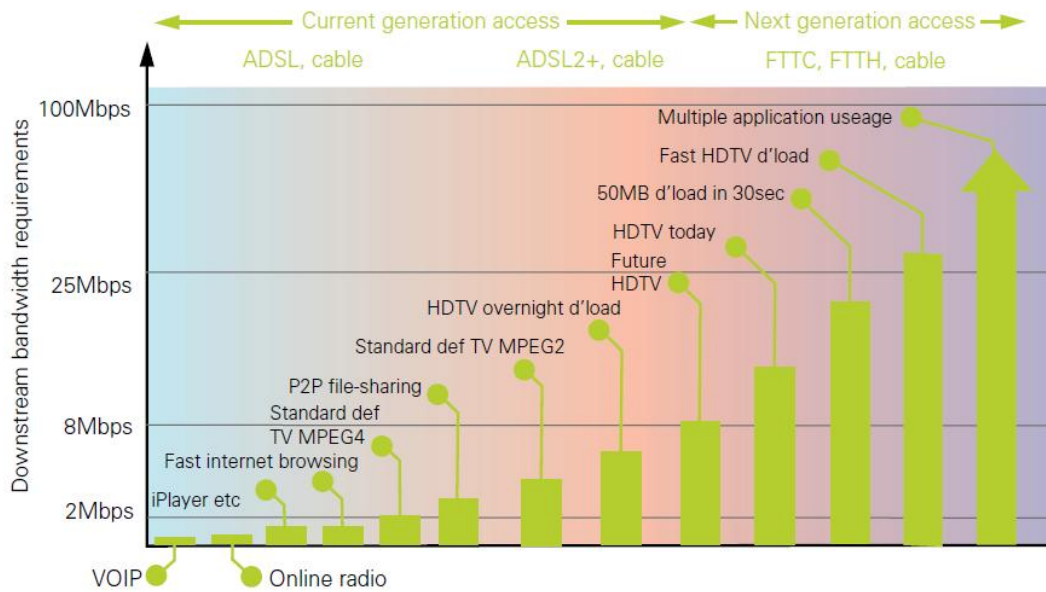
Οι κυριότερες εφαρμογές του WEB 2.0 περιγράφονται εν συντομία παρακάτω:

- **Ιστολόγια (blogs):** Είναι ιστοσελίδες που περιέχουν προσωπικές απόψεις, πληροφορίες, φωτογραφίες, κλπ. Τα άρθρα (posts) είναι ταξινομημένα με χρονολογική σειρά και υπάρχουν αρχεία για αναζήτηση από τους χρήστες. Επιτρέπουν σε όποιον άλλο χρήστη επιθυμεί να καταθέσει το σχόλιό του πάνω σε ένα άρθρο παρέχοντας, έτσι, τη δυνατότητα ανταλλαγής απόψεων μεταξύ των χρηστών.
- **Wikis:** Είναι ιστοσελίδες, το περιεχόμενο των οποίων μπορεί να διαμορφώσει εύκολα ο ίδιος ο χρήστης. Τα wikis είναι αρκετά διαδομένα ως μέσο συλλογικής εργασίας με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη Wikipedia.

- **Ιστοσελίδες:** Είναι χώροι όπου μπορεί ο καθένας να “ανεβάσει” video, φωτογραφίες, κ.α. (π.χ. YouTube, myspace) και να κάνει γνωριμίες μέσα από αυτές (π.χ. hi5, facebook, bebo, linkedin). Σε παιχνίδια όπως το Second life, το Entropia Universe, ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει online πολλές από τις δραστηριότητες της καθημερινής του ζωής ή να είναι ενεργό μέλος μιας αποικίας ανθρώπων στο διάστημα ή στον πλανήτη Calypso. Ειδικότερα οι παραπάνω ιστοσελίδες αποτελούν από τα δημοφιλέστερα παραδείγματα του WEB 2.0 με μεγάλη επίδραση στο χώρο του Διαδικτύου, αλλά και με πτυχές της πραγματικής οικονομίας (ισοτιμία του “εικονικού” νομίσματος με το δολάριο).
- **Real Simple Syndication feeds (RSS):** Προσφέρουν τη δυνατότητα στους χρήστες να λαμβάνουν νέες πληροφορίες τη στιγμή που αυτές δημοσιεύονται από διάφορες ιστοσελίδες.
- **Podcasts:** Είναι μια σειρά ψηφιακών αρχείων που διανέμονται στο Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας τα syndication feeds για αναπαραγωγή σε φορητούς media players και υπολογιστές. Ο όρος podcast μπορεί να αναφέρεται είτε στο περιεχόμενο είτε στη μέθοδο με την οποία δημοσιεύεται.
- **Tagging:** Με αυτήν τη εφαρμογή προσφέρεται η δυνατότητα χαρακτηρισμού οποιουδήποτε περιεχομένου στο Διαδίκτυο (ιστοσελίδες, άρθρα, βίντεο, φωτογραφίες, κτλ) με λέξεις (tags). Τέτοιες δημοφιλείς ιστοσελίδες είναι οι Digg.com, Del.icio.us, Flickr.com και photobucket.com.
- **Twittering:** Είναι μια δωρεάν υπηρεσία κοινωνικής δικτύωσης που επιτρέπει στους χρήστες να στέλνουν “ενημερώσεις” (tweets), οι οποίες είναι απλά κείμενα μέχρι 140 χαρακτήρων, μέσω του συγκεκριμένου ιστότοπου, μέσω ενός SMS, μέσω instant messaging ή μέσω μιας εφαρμογής, όπως το Twitterrific ή το Facebook. Οι ενημερώσεις εμφανίζονται στην σελίδα του χρήστη και παραδίδονται άμεσα στους άλλους χρήστες που έχουν εγγραφεί για να τις λαμβάνουν.

5.2 Σύγχρονες ανάγκες ευρυζωνικών συνδέσεων

Στην προηγούμενη ενότητα έγινε μια σύντομη περιγραφή των ήδη διαθέσιμων, αλλά και των μελλοντικά διαθέσιμων, ευρυζωνικών υπηρεσιών και εφαρμογών περιεχομένου. Όπως όμως, γίνεται αντιληπτό, η κάθε μια από αυτές τις εφαρμογές και υπηρεσίες, απαιτεί μια ελάχιστη ταχύτητα ευρυζωνικής σύνδεσης, η οποία θα είναι ικανή να μεταδώσει τον απαραίτητο όγκο πληροφορίας, ώστε να είναι δυνατή η απρόσκοπτη και ποιοτική λειτουργία της εφαρμογής-υπηρεσίας.



Σχήμα 26. Απαιτήσεις εφαρμογών και υπηρεσιών σε ταχύτητα μετάδοσης [30]

Στο Σχήμα 26 παρουσιάζονται οι κυριότερες εφαρμογές-υπηρεσίες και οι απαιτήσεις τους σε ταχύτητα μετάδοσης της ευρυζωνικής σύνδεσης. Παρατηρείται ότι οι μελλοντικές υπηρεσίες HD TV, 3D TV και multichannel TV δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσουν με τις υπάρχουσες δικτυακές υποδομές της τεχνολογίας ADSL. Επιπλέον, όπως παρουσιάστηκε πιο πάνω, πολλές και από τις εφαρμογές-υπηρεσίες που απαιτούν ταχύτητες μετάδοσης που υποστηρίζονται συνήθως από την τεχνολογία ADSL είναι δυνατόν να μην μπορούν να υποστηριχτούν από το υπάρχον δίκτυο, λόγω των μεγάλων αποστάσεων του τελικού χρήστη από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο του παρόχου. Συνεπώς, προκειμένου να είναι δυνατή η υποστήριξη τόσο των ήδη διαθέσιμων εφαρμογών-υπηρεσιών, είναι αναγκαία η αναβάθμιση των σημερινών υποδομών του δικτύου χαλκού.

Άλλη μια σημαντική παράμετρος που καθιστά αναγκαία την αναβάθμιση του δικτύου πρόσβασης είναι η ταυτόχρονη χρήση δύο ή και περισσότερων εφαρμογών υπηρεσιών από ένα νοικοκυριό. Έτσι, λοιπόν, ένας πελάτης, αγοράζοντας ένα πακέτο "Triple - Play", μπορεί να επιθυμεί ταυτόχρονα να χρησιμοποιεί το VOIP τηλέφωνο του, να σερφάρει στο Internet με υψηλές ταχύτητες, να παρακολουθεί ένα τηλεοπτικό κανάλι και να καταγράφει ένα άλλο τηλεοπτικό κανάλι. Στην περίπτωση, όμως, που, λόγω της απόστασης του σπιτιού από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο του παρόχου, η μέγιστη ταχύτητα της σύνδεσής του χρήστη είναι π.χ. τα 10 Mbps, τότε ο συγκριμένος πελάτης θα είναι σε θέση να παρακολουθεί μόνο ένα τηλεοπτικό κανάλι, ενώ η πλοήγηση στο Internet θα γίνεται με μειωμένη ταχύτητα. Σε λίγα

χρόνια από σήμερα, ένα παράδειγμα των αναγκών μιας τυπικής οικογένειας σε ταχύτητα ευρυζωνικής σύνδεσης, θα έχει τη μορφή που παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 9. Μελλοντικές ανάγκες τυπικής οικογένειας σε ταχύτητα ευρυζωνικής σύνδεσης

Υπηρεσία	MBps
HD TV σήμα για την τηλεόραση του Σαλονιού	9
HD TV εγγραφή σε αποθηκευτικό μέσο	9
Απλό TV σήμα για την τηλεόραση της κουζίνας	4
VoD streaming από τον υπολογιστή των παιδιών	2,5
Βιντεο-κλήση με την γιαγιά στην επαρχία	1,5
Κατέβασμα αρχείων mp3 από τον υπολογιστή	2
Σύνολο	28

5.3 Πρόβλεψη ζήτησης ευρυζωνικών συνδέσεων

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την εκπόνηση μιας επιτυχημένης τεχνοοικονομικής μελέτης είναι η πρόβλεψη της αγοράς, η οποία είναι δυνατό να μοντελοποιηθεί με το κατάλληλο μοντέλο αποδοχής (adoption) ή εξάπλωσης (diffusion). Γενικά, ο όρος “αποδοχή” αναφέρεται σε περιπτώσεις ατομικής επιλογής χρήσης μια συγκριμένης τεχνολογίας, ενώ ο όρος “εξάπλωση” αναφέρεται σε περιπτώσεις γενικευμένης χρήσης μιας νέας τεχνολογίας από την κοινωνία. Οι άνθρωποι δεν αποδέχονται μια νέα υπηρεσία, τεχνολογία ή αγαθό ταυτοχρόνως. Ο Rogers [46] έχει κατηγοριοποιήσει τους ανθρώπους ως προς το χρόνο αποδοχής σε πέντε κατηγορίες: καινοτόμοι (innovators) (2,5%), πρόωρης αποδοχής (early adopters) (13,5%), πρόωρης πλειοψηφίας (early majority) (34%), αργοπορημένης πλειοψηφίας (late majority) (34%) και βραδυκίνητοι (laggards) (16%).

5.3.1 Μοντέλο αποδοχής Fisher-Pry

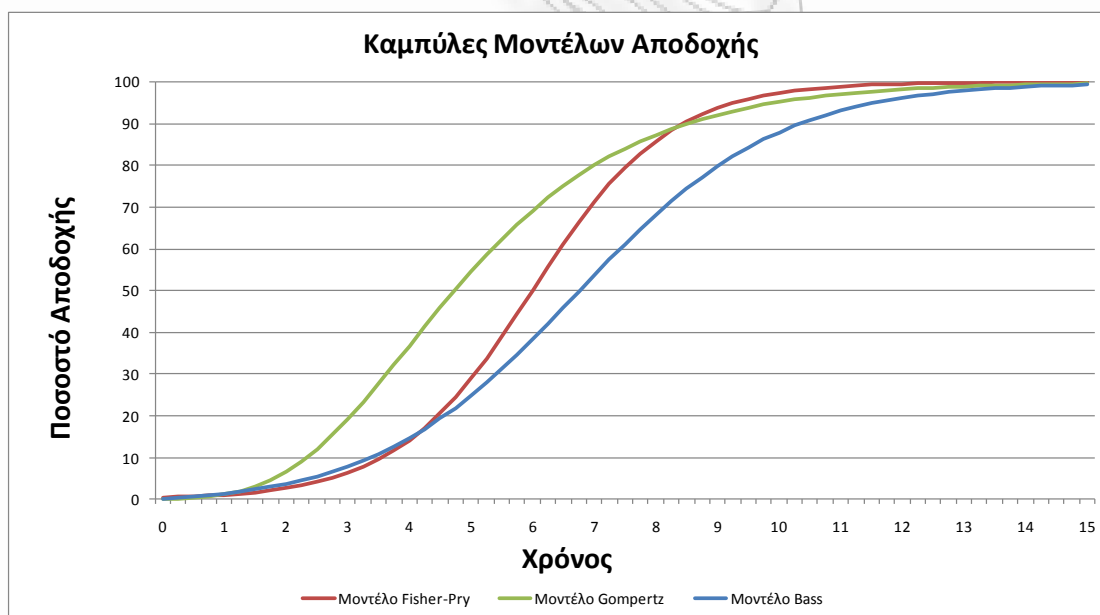
Η καμπύλη Fisher-Pry έχει μορφή S και το αθροιστικό μερίδιο αγοράς εκφράζεται από τη σχέση [47]:

$$S(t) = m \times \frac{1}{1 + e^{-b(t-a)}}$$

Όπου,

- m = Μέγιστη δυνητική αγορά.
- a = Σημείο πρόκλησης, το οποίο είναι το σημείο μετάβασης από επιταχυνόμενη ταχύτητα αποδοχής σε επιβραδυνόμενη. Στην καμπύλη Fisher-Pry αυτό συμβαίνει στο 50% της συνολικής αποδοχής.
- b = Ρυθμός αποδοχής. Όσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει τόσο πιο γρήγορα πραγματοποιείται η αποδοχή.

Στο Διάγραμμα 10 παρουσιάζεται η μορφή της καμπύλης Fisher-Pry (με $m=100\%$, $a=6$ και $b=0,9$), η οποία όπως φαίνεται, είναι συμμετρική ως προς το σημείο $t=a$, δηλαδή την αποδοχή κατά 50%. Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αποδοχής σε περιπτώσεις αντικατάστασης μιας παλαιάς τεχνολογίας από μια νεώτερη και για αυτό θα μπορούσαμε να θεωρηθεί και ως μοντέλο αντικατάστασης τεχνολογίας.



Διάγραμμα 10. Καμπύλες διαφόρων μοντέλων αποδοχής

5.3.2 Μοντέλο αποδοχής Gompertz

Η καμπύλη Gompertz παρουσιάστηκε από τον Benjamin Gompertz το 1825 και αποτελεί μια πολύ δημοφιλή καμπύλη για προβλέψεις [47]. Το αθροιστικό μερίδιο αγοράς εκφράζεται από τη σχέση:

$$S(t) = m \times e^{-e^{-b(t-a)}}$$

Όπου,

- m = Μέγιστη δυνητική αγορά.
- a = Σημείο πρόκλησης. Αποτελεί το σημείο κατά το οποίο η αποδοχή φτάνει το 37% της συνολικής αγοράς.
- b = Ρυθμός αποδοχής. Όσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει τόσο πιο γρήγορα πραγματοποιείται η αποδοχή.

Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 10, το μοντέλο Gompertz έχει και αυτό μορφή S (για $m=100\%$, $a=4$ και $b=0,5$), διαφέροντας, όμως, από το Fisher-Pry, καθώς είναι ασυμμετρικό. Συγκεκριμένα, το μοντέλο Gompertz υποθέτει ότι η περίοδος της αυξανόμενης ανάπτυξης της αποδοχής είναι μικρότερη από την περίοδο της μειούμενης ανάπτυξης, κατά την οποία η καμπύλη κινείται ασυμπτωτικά στο σημείο κορεσμού. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το μοντέλο Gompertz συνήθως προτιμάται περισσότερο από το Fisher-Pry για την εκτίμηση της αποδοχής μια τεχνολογίας από τους καταναλωτές.

5.3.3 Μοντέλο αποδοχής Bass

Το μοντέλο Bass παρουσιάστηκε από τον Frank Bass και είναι σημαντικά επηρεασμένο από τη θεωρία του Rogers [47]. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα δύο μοντέλα, το μοντέλο Bass ξεκινά από δύο διακριτές ομάδες αποδοχής: τους καινοτόμους, που είναι οι αρχικοί αποδέκτες, οι οποίοι δεν έχουν επηρεαστεί από κανένα, και τους μιμητές, που μαθαίνουν από προηγούμενους αποδέκτες. Το αθροιστικό μερίδιο αγοράς και σε αυτή την περίπτωση σχηματίζει μια καμπύλη μορφής S (Διάγραμμα 10) (για $m=100\%$, $p=0,01$ και $q=0,6$) και εκφράζεται από τη σχέση:

$$S(t) = m \times \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}}$$

Όπου,

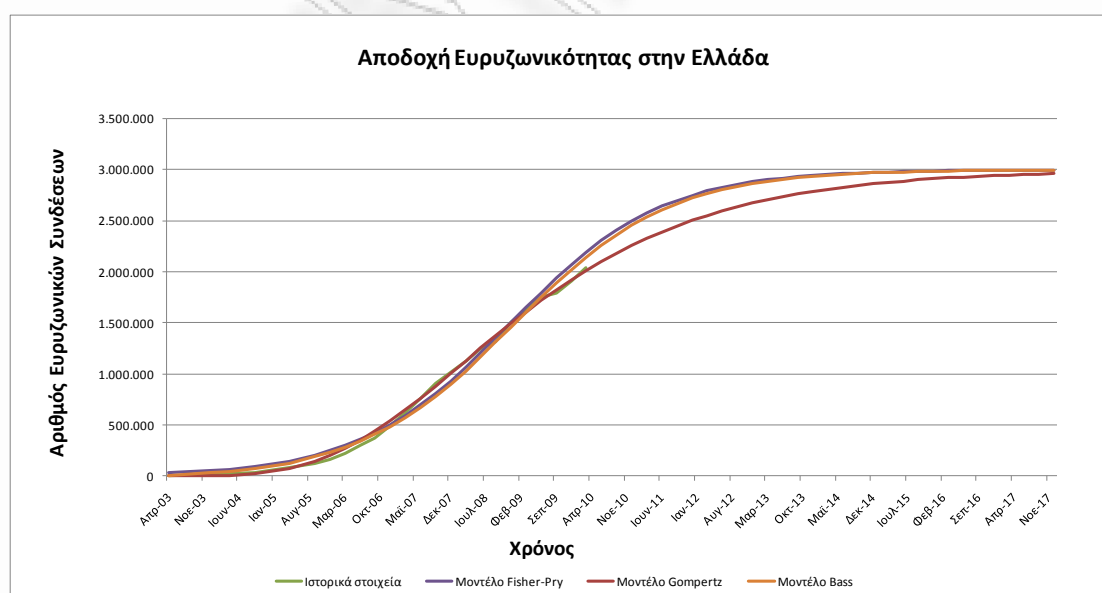
- m = Μέγιστη δυνητική αγορά.
- p = Συντελεστής καινοτομίας. Μια υψηλή τιμή οδηγεί ταχύτερη αποδοχή κυρίως στο αρχικό στάδιο. Συνήθως οι τυπικές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0,005 και 0,03.
- q = Συντελεστής μίμησης. Μια υψηλή τιμή οδηγεί ταχύτερη αποδοχή. Συνήθως, οι τυπικές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0,3 και 0,6.

5.3.4 Εκτίμηση παραμέτρων αποδοχής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η κάθε καμπύλη αποδοχής εξαρτάται από ορισμένες παραμέτρους, η σωστή επιλογή των οποίων είναι ίσως πιο σημαντική από ότι η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος για τον προσδιορισμό των παραμέτρων της καμπύλης στηρίζεται στη χρησιμοποίηση ιστορικών στοιχείων παραπλήσιων προϊόντων ή υπηρεσιών. Πιο συγκεκριμένα, δοκιμάζοντας κανείς διαδοχικούς συνδυασμούς τιμών των παραμέτρων του κάθε μοντέλου, επιλέγει τελικά τις τιμές εκείνες για τις οποίες η καμπύλη του κάθε μοντέλου ταιριάζει περισσότερο στη μορφή της καμπύλης που σχηματίζεται από τα ιστορικά στοιχεία.

5.3.5 Καμπύλη αποδοχής ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα

Ο προσδιορισμός της καμπύλης αποδοχής της τεχνολογίας FTTx θα μπορούσε να στηριχτεί με σχετική ασφάλεια στα ιστορικά στοιχεία διάδοσης των ευρυζωνικών συνδέσεων ADSL στην Ελλάδα, καθώς η τεχνολογία ADSL σταδιακά θα παραχωρήσει τη θέση της στη τεχνολογία FTTx. Βάσει των εκτιμήσεων της μελέτης της AT Kearney για την ανάπτυξη της τεχνολογίας FTTx στην Ελλάδα, ο συνολικός αριθμός των νοικοκυριών στη Ελλάδα πλησιάζει τα 3,8 εκατομμύρια. Επιπλέον, η μέγιστη δυνητική αγορά αναμένεται να φτάσει στο 80% του συνολικού αριθμού νοικοκυριών, όπως προκύπτει από αρκετές μελέτες που έχουν εκπονηθεί σε διάφορες χώρες της ευρωπαϊκής αγοράς. Συνεπώς, ο παράγοντας και για τα τρία μοντέλα αποδοχής παίρνει την τιμή $m=80\%$.



Διάγραμμα 11. Εκτίμηση αποδοχής της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα

Τοποθετώντας στο Διάγραμμα 11 τα ιστορικά δεδομένα του αριθμού ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Διάγραμμα 1, προσδιορίζονται οι τιμές των παραγόντων a , b , p και q , για τις οποίες οι καμπύλες Fisher-Pry, Gompertz και Bass προσεγγίζουν την μορφή της καμπύλης των ιστορικών στοιχείων. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10. Τιμές παραμέτρων μοντέλων αποδοχής της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα

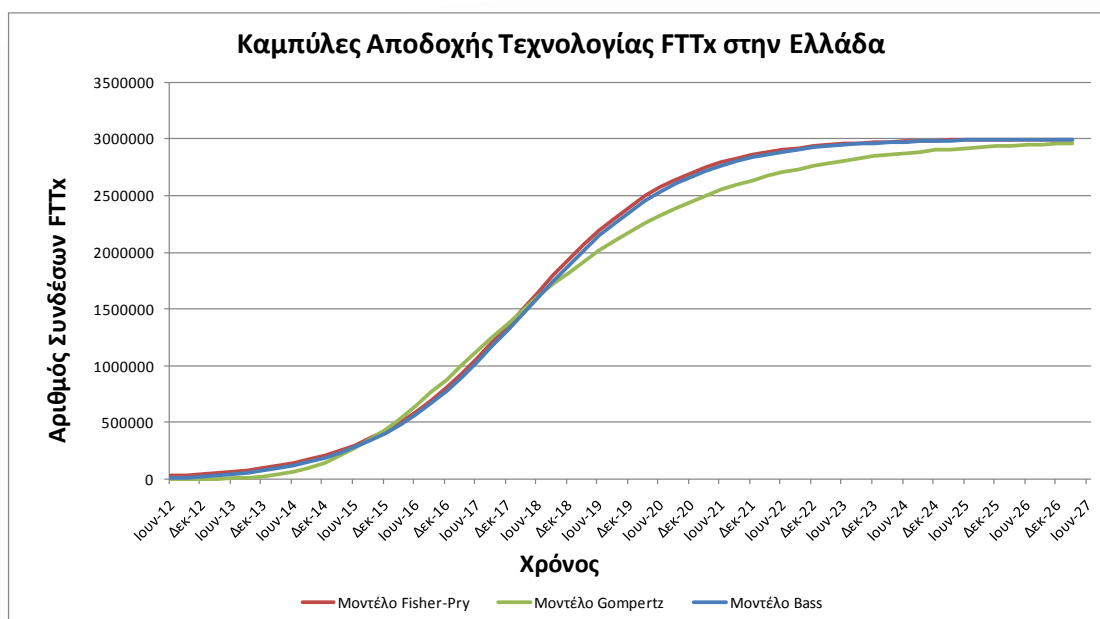
	Fisher-Pry	Gompertz	Bass
m	80%	80%	80%
a	6	5,2	—
b	0,8	0,45	—
p	—	—	0,007
q	—	—	0,77

Όπως γίνεται φανερό από το Διάγραμμα 11, η καμπύλη που προσεγγίζει καλύτερα την αποδοχή των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα είναι αυτή του μοντέλου Gompertz, χωρίς, όμως, να υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις από τα άλλα δύο μοντέλα.

5.3.6 Καμπύλη αποδοχής τεχνολογίας FTTx στην Ελλάδα

Για τον προσδιορισμό της αποδοχής που αναμένεται να έχει η τεχνολογία FTTx στην ελληνική αγορά, θα στηριχτούμε στην παραδοχή ότι τα καταναλωτικό κοινό θα επιδείξει ανάλογη συμπεριφορά με αυτή που επιδεικνύει στην περίπτωση των ευρυζωνικών συνδέσεων. Στο Διάγραμμα 12 παρουσιάζονται οι καμπύλες αποδοχής της τεχνολογίας FTTx για τα μοντέλα Fisher-Pry, Gompertz και Bass, υποθέτοντας ότι τα πρώτα δίκτυα θα κατασκευαστούν μέσα στο 2011 και οι πρώτες συνδέσεις FTTx θα είναι διαθέσιμες το 2012.

Χρησιμοποιώντας τις καμπύλες του Διαγράμματος 12, προσδιορίζονται τα ποσοστά αποδοχής της τεχνολογίας FTTx ανά έτος και ανά μοντέλο όπως φαίνεται στον Πίνακα 11. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για λόγους απλότητας γίνεται η παραδοχή ότι το καταναλωτικό κοινό θα συμπεριφερθεί με τον ίδιο τρόπο και προς και τις τρεις εξεταζόμενες λύσεις FTTx. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν είναι απολύτως σωστό, καθώς είναι πολύ πιθανό αρκετοί πελάτες να είναι πιο επιφυλακτικοί με την τεχνολογία FTTx σε σχέση με την τεχνολογία FTTC, δεδομένου ότι οι ίδιοι θα πρέπει να εκτελέσουν εργασίες κατασκευής νέας εσωτερικής καλωδίωσης στα σπίτια τους.



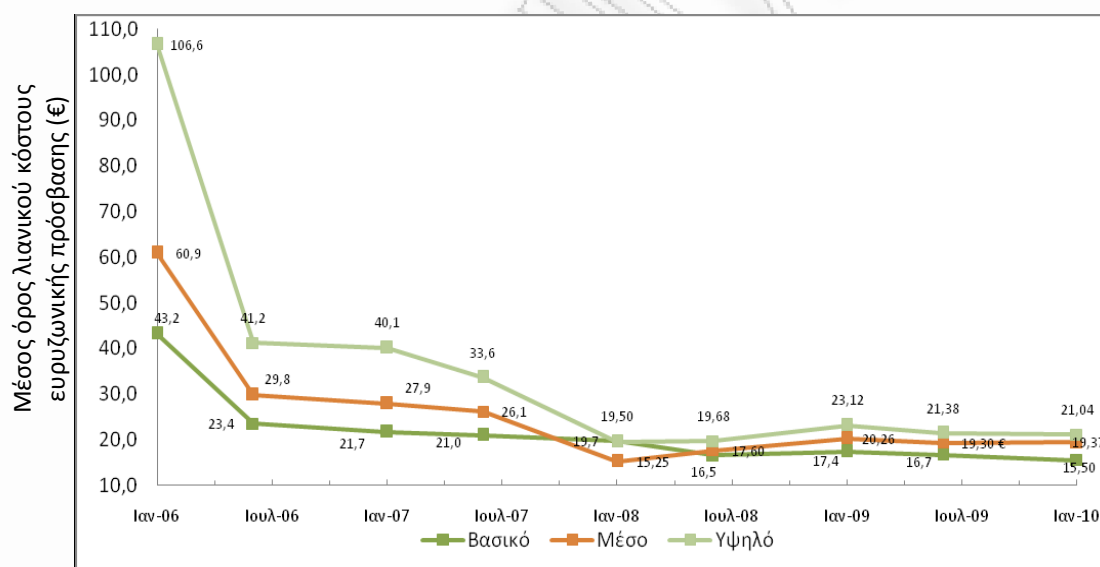
Διάγραμμα 12. Εκτίμηση αποδοχής της τεχνολογίας FTTx στην Ελλάδα

Πίνακας 11. Ποσοστά αποδοχής τεχνολογίας FTTx ανά έτος και μοντέλο

Έτος	Ποσοστό αποδοχής τεχνολογίας FTTx ανά έτος		
	Μοντέλο Fisher-Pry	Μοντέλο Gompertz	Μοντέλο Bass
2012	1,18%	0,05%	0,57%
2013	2,58%	0,71%	2,03%
2014	5,53%	3,94%	5,05%
2015	11,35%	11,72%	10,85%
2016	21,52%	23,51%	20,83%
2017	36,01%	36,64%	34,96%
2018	51,65%	48,63%	50,36%
2019	64,17%	58,24%	63,00%
2020	72,02%	65,34%	71,18%
2021	76,21%	70,31%	75,69%
2022	78,25%	73,68%	77,96%
2023	79,20%	75,91%	79,05%
2024	79,64%	77,37%	79,56%
2025	79,84%	78,31%	79,80%
2026	79,93%	78,92%	79,91%
2027	79,97%	79,31%	79,96%
2028	79,99%	79,56%	79,98%
2029	79,99%	79,72%	79,99%
2030	80,00%	79,82%	80,00%
2031	80,00%	79,89%	80,00%

5.4 Εκτίμηση εσόδων ευρυζωνικών συνδέσεων FTTx

Ο καθορισμός του μέσου εσόδου ανά συνδρομητή (Average Revenue Per User – ARPU) των νέων ευρυζωνικών συνδέσεων FTTx θα στηριχθεί στο υφιστάμενο ARPU των υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης ADSL. Το Διάγραμμα 13 παρουσιάζει την εξέλιξη του μέσου όρου λιανικού κόστους ευρυζωνικής πρόσβασης, συμφωνά με τα στοιχεία του Παρατηρητηρίου για την Κοινωνία της Πληροφορίας. [9] Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα, τα τελευταία χρόνια λόγω του ανταγωνισμού και της ραγδαίας αύξησης του αριθμού των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα, έχουν σημειωθεί σημαντικές μειώσεις το μέσου λιανικού κόστους. Τα τελευταία δύο χρόνια, το μηνιαίο ARPU έχει σταθεροποιηθεί κοντά στα 20 ευρώ, ενώ ταυτόχρονα οι παρεχόμενες ταχύτητες πρόσβασης αυξάνονται διαρκώς. Συνεπώς, παρότι τα τελευταία χρόνια, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι μειώνουν διαρκώς τις τιμές των πακέτων τους, λόγω του ότι όλο και περισσότεροι πελάτες προτιμούν πακέτα πρόσβασης υψηλότερων ταχυτήτων, το ARPU διατηρείται σταθερό.



Διάγραμμα 13. Εξέλιξη του μέσου όρου λιανικού κόστους ευρυζωνικής πρόσβασης [9]

Προκειμένου να καθορισθεί το ARPU των νέων ευρυζωνικών συνδέσεων FTTx, γίνεται η παραδοχή ότι το ARPU θα διατηρηθεί σταθερό στα 20 ευρώ και στην τεχνολογία FTTx, συνεχίζοντας, έτσι, στη λογική ότι με το ίδιο κόστος ο πελάτης θα απολαμβάνει υψηλότερες ταχύτητες πρόσβασης. Σημειώνεται ότι και η ATKEARNEY στη μελέτη της [48] προβαίνει σε ανάλογη παραδοχή, θεωρώντας το ARPU ίσο με 17 – 19 ευρώ μηνιαίως.

6

Οικονομοτεχνική αξιολόγηση λύσεων

6.1 Εισαγωγή

Η τεχνική περιγραφή των σημαντικότερων σεναρίων υλοποίησης δικτύων FTTx, τα οποία εξετάζουν οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών, έγινε στην παράγραφο 4.7. Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται η οικονομοτεχνική αξιολόγηση των παραπάνω σεναρίων, αφού πρώτα υπολογιστεί το κόστος κατασκευής των δικτυακών υποδομών της κάθε λύσης. Είναι προφανές ότι το κόστος κατασκευής ενός νέου δικτύου εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την πληθυσμιακή πυκνότητα της περιοχής που πρόκειται να εξυπηρετήσει. Συνεπώς, είναι λογικό να αναμένεται μεγαλύτερο κατασκευαστικό κόστος σε αραιοκατοικημένες ή επαρχιακές περιοχές σε σχέση με τις πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, αφού με πολύ μικρότερα μήκη οπτικών ινών εξυπηρετούνται περισσότεροι συνδρομητές. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε μια αντιπροσωπευτική περιοχή της Αθήνας, μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας, έτσι ώστε η ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί να προσεγγίσει το μέσο κόστος υλοποίησης των δικτυακών υποδομών της κάθε λύσης.

6.2 Υπολογισμός Κατασκευαστικού Κόστους

Στην παράγραφο αυτή, θα εξεταστεί το κόστος υλοποίησης τριών διαφορετικών δικτύων FTTx για μια γεωγραφική περιοχή μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας, του Δήμου Παλαιού Φαλήρου. Τα δίκτυα που θα εξεταστούν είναι:

- το FTTH P2P παθητικό δίκτυο – Homerun,

- το FTTH P2M GPON παθητικό δίκτυο και
- το FTTC/FTTB με τη χρήση τεχνολογίας VDSL2.

6.2.1 Κατασκευαστικό κόστος δικτύου FTTH – Homerun

Στο Σχήμα 27 απεικονίζεται η περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, για την οποία θα εξεταστεί το κατασκευαστικό κόστος για την τεχνολογική λύση του FTTH – Homerun. Η εξεταζόμενη περιοχή οριοθετείται από τους δρόμους Λ. Ποσειδώνος, Πικροδάφνης, Λ. Αμφιθέας, Αγ. Τριάδος, Ζησιμοπούλου και Λ. Συγγρού, περιλαμβάνει 170 οικοδομικά τετράγωνα με 2005 κτήρια και 12.000 κατοικίες.



Σχήμα 27. Περιοχή Παλαιού Φαλήρου μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας [28]

Το συνολικό κόστος κατασκευής ενός δικτύου FTTH – homerun αποτελείται από:

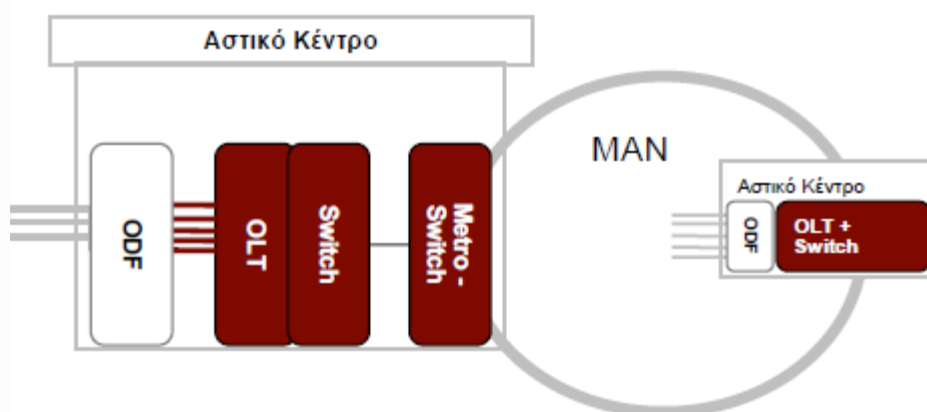
- το κόστος του CO (Central Office),
- το κόστος κατασκευής του οπτικού δικτύου διανομής και
- το κόστος της εσωτερικής καλωδίωσης και του εξοπλισμού του πελάτη.

6.2.1.1 Κόστος Central Office FTTH - homerun

Στην ενότητα αυτή υπολογίζεται το κόστος προετοιμασίας του χώρου που απαιτείται για τη στέγαση τόσο του παθητικού όσο και του ενεργού εξοπλισμού του CO. Ξεκινώντας από το κόστος του χώρου, γίνεται η παραδοχή ότι ο χώρος που θα στεγάσει τον απαραίτητο εξοπλισμό δεν είναι διαθέσιμος, καθώς η λύση FTTH – homerun απαιτεί νέους χώρους

όπου θα καταλήγουν οι οπτικές ίνες των συνδρομητών. Συνεπώς, δεν θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν οι υφιστάμενες κτηριακές υποδομές των τηλεπικοινωνιών παρόχων. Έτσι, λοιπόν, το κόστος κατασκευής ενός CO αναλύεται ως εξής:

- Κόστος αγοράς ή ενοικίασης χώρου 100 τετραγωνικών μέτρων.
- Κόστος διαμόρφωσης χώρου 100 τετραγωνικών μέτρων, που περιλαμβάνει την κατασκευή ψευδοροφών και πατωμάτων, τον απαραίτητο εξοπλισμό για κλιματισμό και πυρανίχνευση, καθώς και τις απαιτούμενες ηλεκτρομηχανολογικές παροχές (υποσταθμοί, UPS, μπαταρίες, κτλ).
- Κόστος ενεργού εξοπλισμού. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 28, ο ενεργός εξοπλισμός του αστικού κέντρου (CO) αποτελείται από τον Optical Line Terminal – OLT, τον μεταγωγέα δευτέρου επιπέδου (L2 Switch), καθώς και τον μεταγωγέα τρίτου επιπέδου (L3 Switch). Η χωρητικότητα του κάθε αστικού κέντρου κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 15 και 20 χιλιάδων συνδρομητών.



Σχήμα 28. Ενεργός εξοπλισμός FTTH – homegun Αστικό Κέντρο (CO) [48]

- Κόστος εισαγωγής δικτύου στο κέντρο, συγκόλληση O.I. σε συνδέσμους στην είσοδο και όδευση O.I. στο εσωτερικό με χρήση υλικών τεχνολογίας Low Smoke Zero Halogen (LSZH).
- Κόστος προμήθειας, εγκατάστασης και τερματισμού O.I. εντός οπτικών κατανομών (ODF).

Με βάση τα παραπάνω το κόστος κατασκευής του αστικού κέντρου της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου για τη λύση FTTH – homegun φαίνεται στο Σχήμα 29.

		ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
Κτηριακή Υποδομή CO	Αγορά Χώρου 100m2	m2	1.000 €	100	100.000 €
	Διαμόρφωση χώρου 100m2		25.000 €	1	25.000 €
	Υποσταθμός ΔΕΗ, UPS, μπαταρίες		115.000 €	1	115.000 €
	Κλιματισμός		35.000 €	1	35.000 €
	Πυρανίχνευση		12.000 €	1	12.000 €
	Σύστημα απομακρυσμένης διαχείρισης		13.000 €	1	13.000 €
Ενεργός Εξοπλισμός CO	OLT, L2 & L3 Switch		48 €*	12.000	576.000 €
Παθητικός Εξοπλισμός CO	Εισαγωγή δικτύου στο κέντρο	τεμ	240.000 €	1	240.000 €
	Οπτικοί κατανομητές ODF	τεμ	45 €	12.000	540.000 €
Σύνολο κόστους κατασκευής αστικού κέντρου FTTH - homerun περιοχής Π. Φαλήρου					1.656.000 €

* Εκτίμηση κόστους ανά 100 Mbps FTTH συνδρομητική πόρτα

Σχήμα 29. Υπολογισμός κόστους κατασκευής FTTH homerun αστικού κέντρου

Σημειώνεται ότι οι τιμές μονάδος των διαφορετικών στοιχείων έχουν υπολογισθεί με βάση στοιχεία που προέρχονται από προμηθευτές εξοπλισμού, κατασκευαστές και διεθνείς μελέτες.

6.2.1.2 Κόστος κατασκευής του οπτικού δικτύου διανομής FTTH - homerun

Η κατασκευή του οπτικού δικτύου διανομής αναλύεται στις παρακάτω εργασίες κατασκευής:

- κατασκευή του δικτύου συγκέντρωσης,
- κατασκευή του κυρίου δικτύου και
- κατασκευή του δικτύου διανομής πεζοδρομίου.

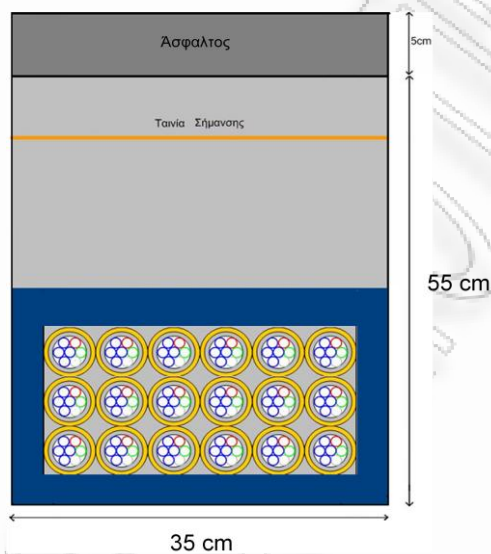
Το δίκτυο συγκέντρωσης αποτελεί το κομμάτι του οπτικού δικτύου διανομής από το οποίο διέρχονται χιλιάδες οπτικές ίνες που καταλήγουν στο CO του τηλεπικοινωνιακού παρόχου. Το μήκος του εξαρτάται τόσο από τη μορφολογία όσο και από την πληθυσμιακή πυκνότητα της περιοχής. Στο Σχήμα 30 παρουσιάζεται η μορφή που έχουν τα χαντάκια του δικτύου συγκέντρωσης.

Το κόστος κατασκευής ενός δικτύου συγκέντρωσης αναλύεται στο κόστος για:

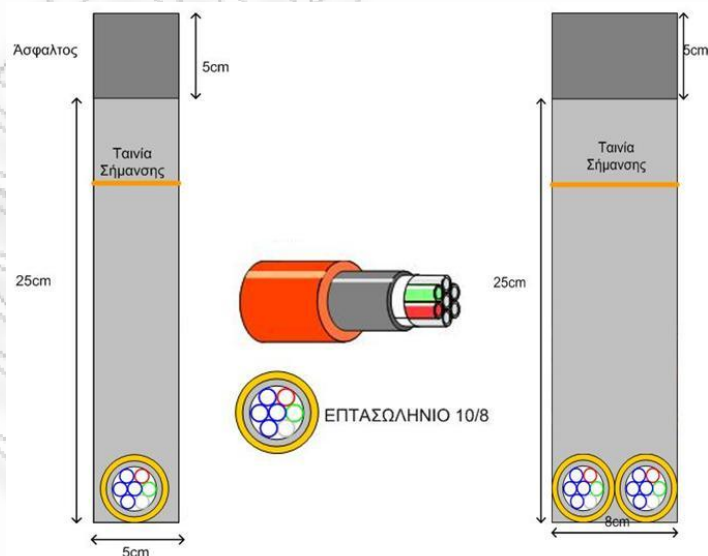
- εργασίες κατασκευής «στεγανής τάφρου» διαστάσεων 25 x 60 cm (ΠxΒ) για τα τμήματα μεγάλης συγκέντρωσης οπτικών ινών του δικτύου κοντά στο κέντρο,
- προμήθεια και εγκατάσταση πολυσωληνίου 7 σωληνίσκων διατομής 10/8 (εξωτερική/εσωτερική),
- προμήθεια και εγκατάσταση καλωδίου 72 Ο.Ι. με εμφύσηση εντός σωληνίσκου διατομής 10/8 και

- προμήθεια υλικών και κατασκευή φρεατίων μεγάλου μεγέθους επί της στεγανής σωλήνωσης.

Το κύριο δίκτυο αποτελεί το κομμάτι του οπτικού δικτύου διανομής από το οποίο διέρχονται εκατοντάδες οπτικές ίνες που καταλήγουν στο δίκτυο συγκέντρωσης. Αποτελείται από άξονες πάνω στους οποίους καταλήγουν τα σημεία συγκέντρωσης του δικτύου διανομής πεζοδρομίου. Το μήκος του εξαρτάται τόσο από τη μορφολογία όσο και από την πληθυσμιακή πυκνότητα της περιοχής. Στο Σχήμα 31 παρουσιάζεται η μορφή που έχουν τα χαντάκια του κυρίως δικτύου, τα οποία μπορεί να έχουν 1 ή 2 πολυσωλήνια 7 σωληνίσκων.



Σχήμα 30. Χαντάκι δικτύου συγκέντρωσης [28]



Σχήμα 31. Χαντάκι κυρίως δικτύου [28]

Στην περίπτωση της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου, η μορφή που θα έχει το κύριο δίκτυο φαίνεται στο Σχήμα 32. Για το σχεδιασμό του δικτύου, έγινε η παραδοχή ότι κάθε κύριος άξονας θα εξυπηρετεί μέχρι 7 σημεία συγκέντρωσης και κάθε σημείο συγκέντρωσης 2 οικοδομικά τετράγωνα. Συνεπώς, για τη συγκριμένη περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, το κύριο δίκτυο αποτελείται από 12 κύριους άξονες και 82 σημεία συγκέντρωσης. Στους 12 κύριους άξονες για τα 3 πιο απομακρυσμένα σημεία συγκέντρωσης απαιτείται ένα πολυσωλήνιο 7 σωληνίσκων, ενώ για τα επόμενα 4 απαιτούνται δυο. Συνεπώς, περίπου για τα 3/7 του κυρίως δικτύου, δηλαδή 4.200 μέτρα, απαιτείται ένα πολυσωλήνιο 7 σωληνίσκων και για τα υπόλοιπα 4/7 του κυρίως δικτύου απαιτούνται δύο.



Μήκος εκσκαφής δικτύου συγκέντρωσης: 940 m
Μήκος κυρίως δικτύου : 9.840 m

Σχήμα 32. Κύριο δίκτυο περιοχής Παλαιού Φαλήρου [28]

Το κόστος κατασκευής του κυρίως δικτύου αναλύεται στο κόστος για:

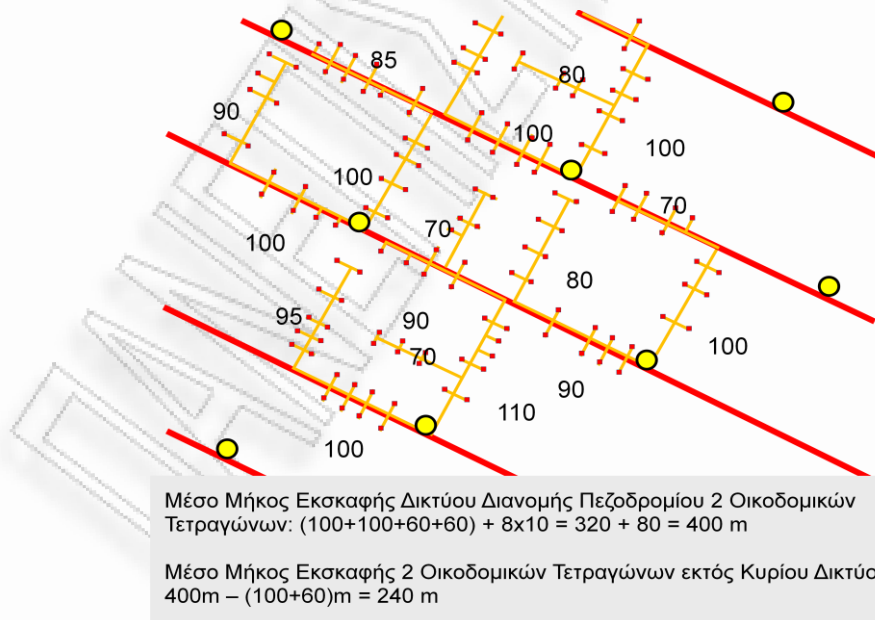
- εργασίες διάνοιξης μικροτάφρου διαστάσεων 8x 40 cm (ΠxΒ),
- προμήθεια και εγκατάσταση πολυσωληνίου 7 σωληνίσκων διατομής 10/8 (εξ/εσ),
- προμήθεια και εγκατάσταση πολυσωληνίου 7 σωληνίσκων διατομής 10/8 (εξ/εσ) έκαστος δύο ανά τμήμα μικροτάφρου 8x 40 cm (ΠxΒ),
- προμήθεια και εγκατάσταση καλωδίου 72 Ο.Ι. με εμφύσηση εντός σωληνίσκου διατομής 10/8 και

- προμήθεια και εγκατάσταση φρεατίων όδευσης δικτύου.

Το δίκτυο διανομής πεζοδρομίου αποτελεί το κομμάτι του οπτικού δικτύου διανομής από το οποίο διέρχονται οι οπτικές ίνες που ξεκινούν από το κάθε κτήριο της περιοχής και καταλήγουν στο κύριο δίκτυο. Το μήκος του εξαρτάται τόσο από τη μορφολογία όσο και από την πληθυσμιακή πυκνότητα της περιοχής. Στο Σχήμα 33 παρουσιάζεται τόσο η μορφή όσο και η διαστασιοποίηση ενός τυπικού οικοδομικού τετραγώνου μεγέθους 100 X 100 μέτρων.



Σχήμα 33. Δίκτυο Διανομής Πεζοδρομίου FTTH homegun σε τυπικό ΟΤ [28]



Σχήμα 34. Υπολογισμός μέσου μήκους εκσκαφής δικτύου διανομής πεζοδρομίου [28]

Το κόστος κατασκευής ενός δικτύου διανομής πεζοδρομίου αναλύεται στο κόστος για:

- εργασίες διάνοιξης μικροτάφρου διαστάσεων 5 x 15 cm (ΠxB),
- προμήθεια και εγκατάσταση πολυσωληνίου 4 σωληνίσκων διατομής 5/3,5 (εξ/εσ) έκαστος,
- προμήθεια και κατασκευή φρεατίου 30 x30 cm (ΜxΠ) επί πεζοδρομίου, αποκατάσταση πεζοδρομίου, διασύνδεση φρεατίου με το επί του δρόμου δίκτυο με κατασκευή κάθετης μικροτάφρου,
- προμήθεια και εγκατάσταση υπαίθρια στεγανής καμπίνας επί πεζοδρομίου για την εντός αυτής στέγαση διατάξεων συγκόλλησης οπτικών ινών, καθώς και του υπό αυτής φρεατίου,
- προμήθεια εξοπλισμού και εργασίες συγκόλλησης οπτικών ινών και
- προμήθεια και εγκατάσταση με εμφύσηση μικροκαλωδίου 12 οπτικών ινών.

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος κατασκευής του δικτύου διανομής της λύσης FTTH homegun της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου φαίνεται στο Σχήμα 35.

		ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ	Στεγανή Σωλήνωση 60x25 για 18xΦ40	m	200 €	940	188.000 €
	Πολυσωλήνιο SUB-DUCT 7xΦ10	m	5	11.345	56.725 €
	Μικροκαλώδιο 72 Οπτικών ινών	m	3 €	79.415	238.245 €
	Στεγανά Φρεάτια	τεμ	4.000 €	9	36.000 €
ΚΥΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ	Μικροτάφρος 8x40	m	30 €	9.840	295.200 €
	Πολυσωλήνιο SUB-DUCT 7xΦ10	m	5 €	4.200	21.000 €
	Πολυσωλήνιο SUB-DUCT 2x7xΦ10	m	10 €	5.640	56.400 €
	Μικροκαλώδιο 72 Οπτικών ινών	m	3 €	71.000	213.000 €
	Φρεάτια Οδευσης 60x60	τεμ	900 €	30	27.000 €
ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΥ	Μικροτάφρος 5x25	m	20 €	18.700	374.000 €
	Τετρασωλήνιο 5/3,5	m	2,5 €	60.480	151.200 €
	Φρεάτιο κτιρίου 30x30	τεμ	675 €	672	453.600 €
	Κιβώτιο Συγκολλήσεων	τεμ	2.250 €	84	189.000 €
	Συγκολλήσεις ινών	τεμ	18 €	12.000	216.000 €
	Bundle 12 Οπτικών ινών	m	1,9 €	282.240	536.256 €
Συνολικό κόστος κατασκευής δικτύου διανομής FTTH - homegun στην περιοχή Π. Φαλήρου					3.051.626 €

Σχήμα 35. Υπολογισμός κόστους κατασκευής δικτύου διανομής FTTH homegun

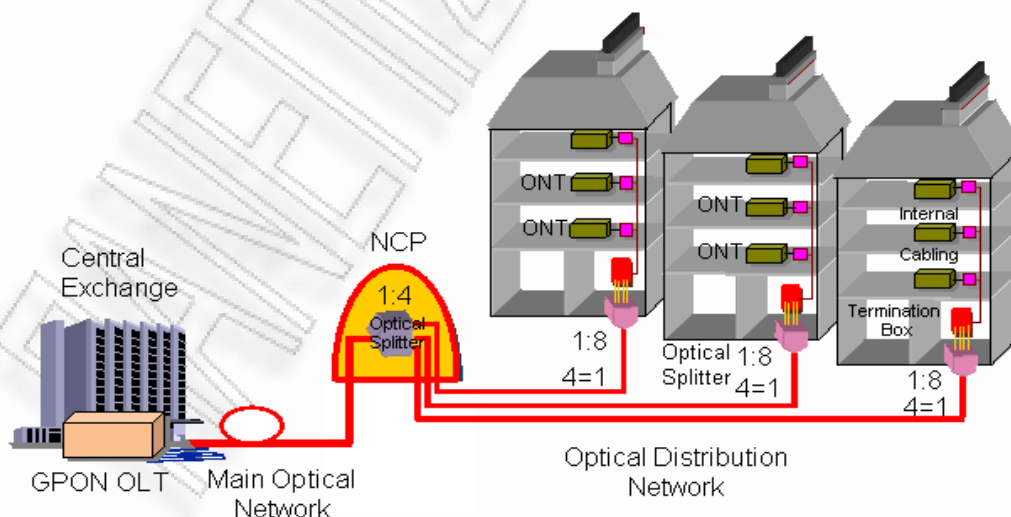
Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, εκτός από το κόστος κατασκευής του δικτύου διανομής, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι ενδέχεται να επιβαρυνθούν και με τα τέλη διέλευσης που επιβάλλονται συνήθως από τους εκάστοτε δήμους, προκειμένου να αδειοδοτήσουν το έργο. Για λόγους απλότητας, γίνεται η παραδοχή ότι τα τέλη διέλευσης είναι μηδενικά.

6.2.1.3 Κόστος εσωτερικής καλωδίωσης και εξοπλισμού του πελάτη

Στην ενότητα αυτή, υπολογίζεται το κόστος του εξοπλισμού ONT που θα πρέπει να τοποθετηθεί στο σπίτι του κάθε συνδρομητή, καθώς και το κόστος κατασκευής της εσωτερικής καλωδίωσης του κάθε κτηρίου (όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.4.2). Στο σημείο αυτό, γίνεται η παραδοχή ότι κανένα από κτήρια της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου που εξετάζουμε, δεν διαθέτει οπτική εσωτερική καλωδίωση, παρότι στο μέλλον αναμένεται ότι όλα τα νέα κτήρια θα παρέχουν αυτή τη δυνατότητα. Συμφωνά με τη μελέτη της AT Kearney [48] το μέσο κόστος κατασκευής της εσωτερικής καλωδίωσης του κάθε συνδρομητή είναι 300 ευρώ, το μέσο κόστος εισόδου στο κτήριο ανά συνδρομητή 50 ευρώ, ενώ το κόστος του εξοπλισμού ανέρχεται στα 100 ευρώ. Συνεπώς, σε κάθε συνδρομητή που συνδέεται στο FTTH – homeun δίκτυο αναλογεί ένα κόστος των 450 ευρώ.

6.2.2 Κατασκευαστικό κόστος δικτύου FTTH GPON

Η βασική διαφορά της τεχνολογικής λύσης FTTH GPON σε σχέση με την FTTH – Homeun είναι ότι για την κατασκευή του δικτύου απαιτούνται πολύ μικρότερα μήκη οπτικών ινών, καθώς κάθε ίνα εξυπηρετεί περισσότερους από έναν συνδρομητές. Στο Σχήμα 36 παρουσιάζεται η μορφή του FTTH GPON δικτύου που θα εξεταστεί σε αυτήν την ενότητα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα ο μέγιστος λόγος διαίρεσης που θα χρησιμοποιηθεί είναι 1:32, ο οποίος θα επιτευχθεί σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο διαίρεσης 1:4 γίνεται στα σημεία συγκέντρωσης δικτύου (Network Concentration Points - NCP) και το δεύτερο στάδιο διαίρεσης 1:8 στο χώρο εισόδου του κάθε κτηρίου.



Σχήμα 36. Μορφή δικτύου FTTH GPON 1:32 [28]

Όπως και στην περίπτωση του FTTH – homerun εξετάζεται το κόστος κατασκευής ενός δικτύου FTTH GPON στη περιοχή του Παλαιού Φαλήρου. Και σε αυτή την περίπτωση, το συνολικό κόστος κατασκευής του δικτύου αποτελείται από:

- το κόστος του CO (Central Office),
- το κόστος κατασκευής του οπτικού δικτύου διανομής και
- το κόστος της εσωτερικής καλωδίωσης και του εξοπλισμού του πελάτη.

6.2.2.1 Κόστος Central Office FTTH GPON

Στην ενότητα αυτή, υπολογίζεται το κόστος προετοιμασίας του χώρου, που απαιτείται για τη στέγαση τόσο του παθητικού όσο και του ενεργού εξοπλισμού του CO. Ξεκινώντας από το κόστος του χώρου, σε αντίθεση με την περίπτωση του homerun, γίνεται η παραδοχή ότι ο χώρος που θα στεγάσει τον απαραίτητο εξοπλισμό είναι διαθέσιμος, καθώς η λύση FTTH GPON έχει πολύ μικρές απαιτήσεις σε νέους χώρους. Η εξήγηση για αυτό εντοπίζεται στο γεγονός ότι στο αστικό κέντρο των παρόχων καταλήγουν πλέον 32 φορές λιγότερες οπτικές ίνες, με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η εγκατάσταση οποιουδήποτε νέου εξοπλισμού στις υπάρχουσες κτηριακές εγκαταστάσεις. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να επιμεριστεί κάποιο από το κόστος της διαμόρφωσης του υφιστάμενου χώρου αλλά και των παροχών αυτού. Για λόγους απλότητας, θα υποθεθεί ότι το κόστος αυτό ισούται με το 10% του κόστους που υπολογίστηκε στην περίπτωση του FTTH – homerun.

Σχετικά με το κόστος εισαγωγής δικτύου στο κέντρο, αλλά και το κόστος προμήθειας, εγκατάστασης και τερματισμού των οπτικών ινών στους κατανεμητές (ODF), υπάρχουν σημαντικές μειώσεις σε σχέση με την περίπτωση του FTTH – homerun, λόγω του μικρότερου αριθμού οπτικών ινών. Συγκριμένα για την περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, απαιτείται η είσοδος στο κέντρο 375 οπτικών ινών, έναντι 12.000 οπτικών ινών της λύσης FTTH - homerun.

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος κατασκευής του αστικού κέντρου της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου για τη λύση FTTH GPON φαίνεται στο Σχήμα 29.

6.2.2.2 Κόστος κατασκευής του οπτικού δικτύου διανομής FTTH GPON

Και στην λύση του FTTH GPON, η κατασκευή του οπτικού δικτύου διανομής αναλύεται στις παρακάτω εργασίες κατασκευής:

- κατασκευή του δικτύου συγκέντρωσης,
- κατασκευή του κυρίου δικτύου και

- κατασκευή του δικτύου διανομής πεζοδρομίου.

		ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
Κτηριακή Υποδομή CO	Αγορά Χώρου 100m2	m2	300.000 €	10%	30.000 €
	Διαμόρφωση χώρου 100m2				
	Υποσταθμός ΔΕΗ, UPS, μπαταρίες				
	Κλιματισμός				
	Πυρανίχνευση				
	Σύστημα απομακρυσμένης διαχείρισης				
Ενεργός Εξοπλισμός CO	GPON OLT		50 €*	12.000	600.000 €
Παθητικός Εξοπλισμός CO	Εισαγωγή δικτύου στο κέντρο	τεμ	40.000 €	1	40.000 €
	Οπτικοί καταμετρητές ODF	τεμ	45 €	375	16.875 €
Σύνολο κόστους κατασκευής αστικού κέντρου FTTH GPON περιοχής Π. Φαλήρου					686.875 €

* Εκτίμηση κόστους GPON OLT [1:32] split ανά συνδρομητική πόρτα

Σχήμα 37. Υπολογισμός κόστους κατασκευής FTTH GPON αστικού κέντρου

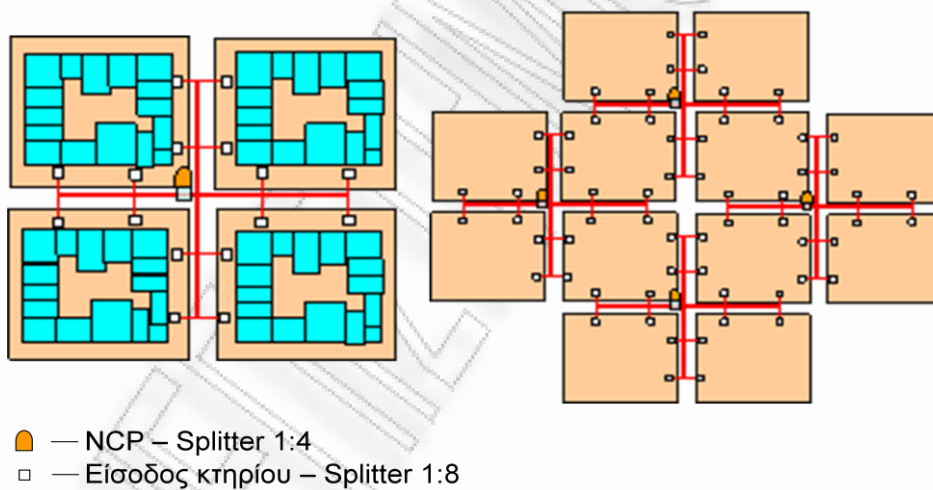
Η κατασκευή του δικτύου συγκέντρωσης της λύσης FTTH GPON είναι πιο απλή σε σχέση με τη λύση GPON – homerun, καθώς, αντί της κατασκευής «στεγανής τάφρου» για τα τμήματα μεγάλης συγκέντρωσης οπτικών ινών του δικτύου κοντά στο κέντρο, απαιτείται η κατασκευή μικροτάφρου 16x50cm. Επιπλέον, απαιτείται η χρησιμοποίηση καλωδίου 12 οπτικών ινών, αντί 72, λόγω του μικρότερου αριθμού οπτικών ινών που καταλήγουν στο αστικό κέντρο. Τέλος δεν είναι αναγκαία η χρήση στεγανών φρεατίων μεγάλου μεγέθους, αλλά συμβατικών, μικρότερου μεγέθους.

Η κατασκευή του κυρίως δικτύου της λύσης FTTH GPON είναι παρόμοια με αυτή της λύσης GPON – homerun. Η μόνη διαφορά εντοπίζεται στη χρησιμοποίηση καλωδίου 12 οπτικών ινών, αντί 72, λόγω του μικρότερου αριθμού οπτικών ινών. Στην περίπτωση της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου, η μορφή που θα έχει το κύριο δίκτυο φαίνεται στο Σχήμα 38. Και σε αυτή την περίπτωση, για το σχεδιασμό του δικτύου, έγινε η παραδοχή ότι κάθε κύριος άξονας θα εξυπηρετεί μέχρι 7 σημεία συγκέντρωσης (NCP) και κάθε σημείο συγκέντρωσης θα εξυπηρετεί 2 οικοδομικά τετράγωνα. Συνεπώς, για τη συγκριμένη περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, το κύριο δίκτυο αποτελείται από 12 κύριους άξονες και 82 σημεία συγκέντρωσης.

Επίσης, και το δίκτυο διανομής πεζοδρομίου FTTH GPON παρουσιάζει ομοιότητες με τα αντίστοιχα του FTTH homerun. Το Σχήμα 39 παρουσιάζει τη μορφή του δικτύου διανομής πεζοδρομίου FTTH GPON ενός τυπικού οικοδομικού τετραγώνου. Όπως είναι φανερό, η βασική διαφορά σε σχέση με τη λύση FTTH homerun είναι η χρήση των 1:4 splitters στα σημεία συγκέντρωσης δικτύου, αλλά και των 1:8 splitters στις εισόδους των κτηρίων.



Σχήμα 38. Κύριο δίκτυο FTTH GPON περιοχής Παλαιού Φαλήρου [28]



Σχήμα 39. Δίκτυο Διανομής Πεζοδρομίου FTTH GPON σε τυπικό ΟΤ [28]

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος κατασκευής του δικτύου διανομής της λύσης FTTH GPON της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου φαίνεται στο Σχήμα 40.

6.2.2.3 Κόστος εσωτερικής καλωδίωσης και εξοπλισμού του πελάτη

Το κόστος του εξοπλισμού ONT που θα πρέπει να τοποθετηθεί στο σπίτι του κάθε συνδρομητή, καθώς και το κόστος κατασκευής της εσωτερικής καλωδίωσης του κάθε κτηρίου, είναι ακριβώς το ίδιο με αυτό που υπολογίστηκε στην περίπτωση της λύσης FTTH

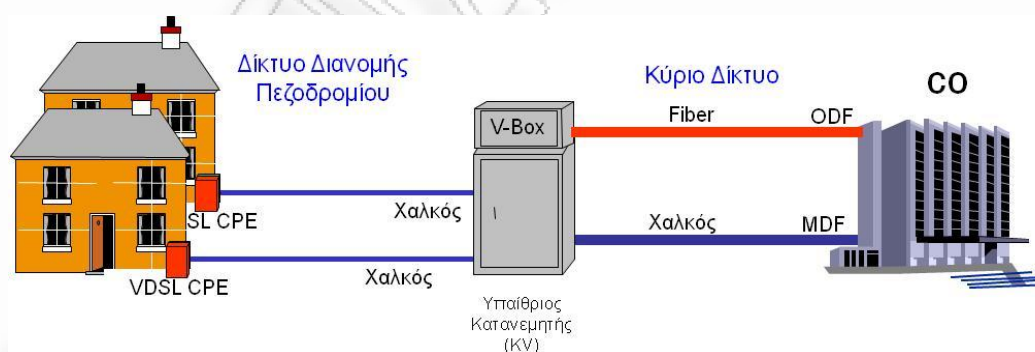
homepun. Συνεπώς, σε κάθε συνδρομητή που συνδέεται στο FTTH GPON δίκτυο αναλογεί ένα κόστος των 450 ευρώ.

		ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ	Μικτροτάφρος 16x50cm	m	60 €	940	56.400 €
	Πολυσωλήνιο SUB-DUCT 7xΦ10	m	5 €	4.340	21.700 €
	Μικροκαλώδιο 12 Οπτικών ινών	m	1,9 €	30.380	57.722 €
	Φρεάτια Συγκέντρωσης	τεμ	1.000 €	9	9.000 €
ΚΥΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ	Μικτροτάφρος 8x40	m	30 €	9.840	295.200 €
	Πολυσωλήνιο SUB-DUCT 7xΦ10	m	5 €	9.840	49.200 €
	Μικροκαλώδιο 12 Οπτικών ινών	m	1,9 €	9.840	18.696 €
	Φρεάτια Οδευσης 60x60	τεμ	900 €	30	27.000 €
ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΥ	Μικτροτάφρος 5x25	m	20 €	18.700	374.000 €
	Τετρασωλήνιο 5/3,5	m	2,5 €	60.480	151.200 €
	Φρεάτια κτιρίου 30x30	τεμ	675 €	672	453.600 €
	Κιβώτιο Συγκολλήσεων	τεμ	2.250 €	84	189.000 €
	Συγκολλήσεις ινών	τεμ	18 €	12.000	216.000 €
	Bundle 12 Οπτικών ινών	m	1,9 €	120.960	229.824 €
Συνολικό κόστος κατασκευής δικτύου διανομής FTTH GPON στην περιοχή Π. Φαλήρου					2.148.542 €

Σχήμα 40. Υπολογισμός κόστους κατασκευής δικτύου διανομής FTTH GPON

6.2.3 Κατασκευαστικό κόστος δικτύου FTTC VDSL

Η τεχνολογική λύση FTTC VDSL διαφέρει σημαντικά από τις δυο παραπάνω, κυρίως λόγω τις χρησιμοποίησης μέρους του υφιστάμενου δικτύου χαλκού. Στο Σχήμα 41 παρουσιάζεται η μορφή του FTTC VDSL δικτύου που θα εξεταστεί σε αυτήν ενότητα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα για την ανάπτυξη του δικτύου χρησιμοποιούνται οι υφιστάμενοι υπαίθριοι καταναμητές “ΚΑΦΑΟ”, καθώς και το υφιστάμενο δίκτυο χαλκού από το ΚΑΦΑΟ έως το χώρο του συνδρομητή.



Σχήμα 41. Μορφή δικτύου FTTC VDSL [28]

Όπως και στις δυο προηγούμενες λύσεις εξετάζεται το κόστος κατασκευής ενός δικτύου FTTC VDSL στη περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, το οποίο αποτελείται από:

- το κόστος του CO (Central Office),
- το κόστος κατασκευής του δικτύου διανομής οπτικών ινών και χαλκού και

- το κόστος εξοπλισμού του πελάτη.

6.2.3.1 Κόστος Central Office FTTC VDSL

Το κόστος κατασκευής του CO παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με το αντίστοιχο κόστος της λύσης FTTH GPON. Ξεκινώντας από το κόστος του χώρου, γίνεται η παραδοχή ότι χρησιμοποιούνται υφιστάμενες κτηριακές εγκαταστάσεις, όπως και στη λύση FTTH GPON, λόγω του μικρού αριθμού των οπτικών ινών που καταλήγουν στο CO. Επιπλέον, σχετικά με τον επιμερισμό του κόστους διαμόρφωσης του υφιστάμενου χώρου, αλλά και των παροχών αυτού, γίνεται πάλι η παραδοχή ότι το κόστος αυτό ισούται με το 10% του κόστους που υπολογίστηκε στην περίπτωση του FTTH – homerun.

Σχετικά με το κόστος εισαγωγής δικτύου στο κέντρο, αλλά και το κόστος προμήθειας, εγκατάστασης και τερματισμού των οπτικών ινών στους κατανεμητές (ODF), ισχύει, ότι ακριβώς υπολογίστηκε και στη λύση FTTH GPON. Αντιθέτως, ο ενεργός εξοπλισμός διαφέρει σημαντικά σε σχέση με τις προηγούμενες δυο λύσεις, καθώς δεν χρησιμοποιούνται OLT διατάξεις (GPON ή μη). Οι οπτικές ίνες συνδέονται σε Ethernet πόρτες 1 Gbps στο L2 switch του αστικού κέντρου.

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος κατασκευής του αστικού κέντρου της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου για τη λύση FTTC VDSL φαίνεται στο Σχήμα 42.

		ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
Κτηριακή Υποδομή CO	Αγορά Χώρου 100m2	m2	300.000 €	10%	30.000 €
	Διαμόρφωση χώρου 100m2				
	Υποσταθμός ΔΕΗ, UPS, μπαταρίες				
	Κλιματισμός				
	Πυρανίχνευση				
	Σύστημα απομακρυσμένης διαχείρισης				
Ενεργός Εξοπλισμός CO	1 Gbps Ethernet πόρτες σε L2 Switch		450 €*	375	168.750 €
Παθητικός Εξοπλισμός CO	Εισαγωγή δικτύου στο κέντρο	τεμ	40.000 €	1	40.000 €
	Οπτικοί κατανεμητές ODF	τεμ	45	375	16.875 €
Σύνολο κόστους κατασκευής αστικού κέντρου FTTC VDSL περιοχής Π. Φαλήρου					255.625 €

Σχήμα 42. Υπολογισμός κόστους κατασκευής FTTC VDSL αστικού κέντρου

6.2.3.2 Κόστος κατασκευής του οπτικού δικτύου διανομής FTTC VDSL

Όπως και προηγουμένως, η κατασκευή του οπτικού δικτύου διανομής FTTC VDSL αναλύεται στις παρακάτω εργασίες κατασκευής:

- κατασκευή του δικτύου συγκέντρωσης,
- κατασκευή του κυρίου δικτύου και
- κατασκευή του δικτύου διανομής πεζοδρομίου.

Στην περίπτωση του FTTC VDSL, τόσο για την κατασκευή του δικτύου συγκέντρωσης όσο και του κυρίως δικτύου, ισχύει ότι ακριβώς ισχύει και στη λύση FTTH GPON. Ωστόσο υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην κατασκευή του δικτύου διανομής πεζοδρομίου. Πιο συγκεκριμένα, για την κατασκευή του δικτύου διανομής πεζοδρομίου στην λύση FTTH VDSL, δεν απαιτείται καμία χωματουργική εργασία, αλλά απαιτείται η εγκατάσταση νέων υπαίθριων καμπίνων “ΚΑΦΑΟ” που θα στεγάσουν τον ενεργό εξοπλισμό των VDSL DSLAMs. Σημειώνεται ότι σε καμία από τις προηγούμενες δύο λύσεις δεν ήταν αναγκαία η εγκατάσταση ενεργού εξοπλισμού σε υπαίθριο χώρο, με αποτέλεσμα η λύση FTTC VDSL να είναι η μόνη λύση που επιβαρύνεται με το κόστος τροφοδοσίας των ΚΑΦΑΟ. Η τροφοδοσία των ΚΑΦΑΟ μπορεί να γίνει είτε απομακρυσμένα με καλώδια τροφοδοσίας, τα οποία ξεκινούν από το αστικό κέντρο και καταλήγουν στα ΚΑΦΑΟ, είτε τοπικά με νέα παροχή από το δίκτυο της ΔΕΗ.

Έτσι, λοιπόν, το κόστος κατασκευής ενός δικτύου διανομής πεζοδρομίου αναλύεται στο κόστος για τις παρακάτω εργασίες:

- προμήθεια και εγκατάσταση νέων μεγαλύτερων καμπίνων που θα αντικαταστήσουν τα υφιστάμενα ΚΑΦΑΟ,
- προμήθεια και εγκατάσταση ενεργού εξοπλισμού VDSL DSLAMs (πλαίσιο, κάρτες και διαμεριστές) και
- εγκατάστασης ηλεκτρικής τροφοδοσίας στα ΚΑΦΑΟ.

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος κατασκευής του δικτύου διανομής της περιοχής του Παλαιού Φαλήρου για τη λύση FTTC VDSL φαίνεται στο Σχήμα 43.

		ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ	Μικροτάφρος 16x50cm	m	60 €	940	56.400 €
	Πολυσωλήνιο SUB-DUCT 7xΦ10	m	5 €	4.340	21.700 €
	Μικροκαλώδιο 12 Οπτικών ινών	m	1,9 €	30.380	57.722 €
	Φρεάτια Συγκέντρωσης	τεμ	1.000 €	9	9.000 €
ΚΥΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ	Μικροτάφρος 8x40	m	30 €	9.840	295.200 €
	Πολυσωλήνιο SUB-DUCT 7xΦ10	m	5 €	9.840	49.200 €
	Μικροκαλώδιο 12 Οπτικών ινών	m	1,9 €	9.840	18.696 €
	Φρεάτια Όδευσης 60x60	τεμ	900 €	30	27.000 €
ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΥ	Καμπίνες (ΚΑΦΑΟ)	τεμ	6.500 €	82	533.000 €
	Ηλεκτρική Τροφοδοσία ΚΑΦΑΟ	τεμ	1.200 €	82	98.400 €
	Πλάσια VDSL2 DSLAM	τεμ	800 €	82	65.600 €
	Σύνδρομητικές κάρτες 48 πορτών για VDSL2 DSLAM	τεμ	960 €	250	240.000 €
	Διαμεριστές VDSL2	τεμ	4 €	12.000	48.000 €
Συνολικό κόστος κατασκευής δικτύου διανομής FTTC VDSL στην περιοχή Π. Φαλήρου					1.519.918 €

Σχήμα 43. Υπολογισμός κόστους κατασκευής δικτύου διανομής FTTC VDSL

6.2.3.3 Κόστος εσωτερικής καλωδίωσης και εξοπλισμού του πελάτη

Στην περίπτωση της λύσης FTTC VDSL, λόγω της χρήσης του υφιστάμενου δικτύου χαλκού, δεν είναι αναγκαία καμία αλλαγή στην εσωτερική καλωδίωση του κτηρίου του πελάτη. Συνεπώς, σε κάθε συνδρομητή του αναλογεί ένα κόστος 50 ευρώ για την προμήθεια ενός VDSL modem.

6.2.4 Σύγκριση κατασκευαστικού κόστους λύσεων FTTx

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλα τα στοιχεία του κόστους της κάθε λύσης FTTx για την περιοχή του Παλαιού Φαλήρου.

Κατηγορία Κόστους	FTTH Homerun	FTTH GPON	FTTC VDSL
Αστικού Κέντρου			
ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	576.000 €	600.000 €	168.750 €
ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	780.000 €	56.875 €	56.875 €
ΚΤΙΡΙΑΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ	300.000 €	30.000 €	30.000 €
ΣΥΝΟΛΟ	1.656.000 €	686.875 €	255.625 €
Δικτύου Συγκέντρωσης			
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	280.725 €	87.100 €	87.100 €
ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	238.245 €	57.722 €	57.722 €
ΣΥΝΟΛΟ	518.970 €	144.822 €	144.822 €
Κυρίως Δικτύου			
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	399.600 €	371.400 €	371.400 €
ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	213.000 €	18.696 €	18.696 €
ΣΥΝΟΛΟ	612.600 €	390.096 €	390.096 €
Δικτύου Διανομής Πεζοδρομίου			
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	978.800 €	978.800 €	0 €
ΚΟΣΤΟΣ ΥΠΑΙΘΡ.ΣΤΕΓΑΣΗΣ	0 €	0 €	631.400 €
ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	941.256 €	634.824 €	0 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	0 €	0 €	353.600 €
ΣΥΝΟΛΟ	1.920.056 €	1.613.624 €	985.000 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	4.707.626 €	2.835.417 €	1.775.543 €
Κόστος εσωτερικής καλωδίωσης και εισόδου στο κτήριο ανά χρήστη	350 €	350 €	0 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ & ΕΣΩΤ. ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ	8.907.626 €	7.035.417 €	1.775.543 €
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΤΗ	742 €	586 €	148 €

Πίνακας 12. Συγκεντρωτική ανάλυση κόστους λύσεων FTTx για την περιοχή Π. Φαλήρου

Όπως ήταν αναμενόμενο, η τεχνική λύση FTTH homerun αποτελεί την πιο ακριβή επιλογή, με το κατασκευαστικό κόστος δικτύου να ξεπερνά τα 4,7 εκατομμύρια ευρώ. Εάν, μάλιστα, σε αυτό το κόστος προσθέσουμε και το κόστος της εσωτερικής καλωδίωσης του κάθε πελάτη, τότε το συνολικό κατασκευαστικό κόστος εκτοξεύεται στα 8,9 εκατομμύρια ευρώ. Η δεύτερη πιο ακριβή επιλογή είναι η λύση FTTH GPON, με το κατασκευαστικό κόστος δικτύου να ξεπερνά τα 2,8 εκατομμύρια ευρώ και το συνολικό κατασκευαστικό κόστος συμπεριλαμβανομένης της εσωτερικής καλωδίωσης του πελάτη, να φτάνει τα 7 εκατομμύρια ευρώ. Τέλος, η πιο οικονομική λύση είναι η λύση FTTC VDSL, η οποία αφενός

μεν δεν επιβαρύνεται από το κόστος της εσωτερικής καλωδίωσης και αφετέρου δε το κατασκευαστικό κόστος δικτύου δεν ξεπερνά τα 1,8 εκατομμύρια ευρώ.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 6.2.1, η εξεταζόμενη περιοχή του Παλαιού Φαλήρου περιλαμβάνει 170 οικοδομικά τετράγωνα με 2005 κτήρια και 12.000 κατοικίες. Συνεπώς, αν επιμερίσουμε το συνολικό κατασκευαστικό κόστος, συμπεριλαμβανομένης της εσωτερικής καλωδίωσης σε κάθε πελάτη, προκύπτει ότι η τεχνική λύση FTTH homerun θα κοστίσει 742 ευρώ ανά πελάτη, η λύση FTTH GPON 586 ευρώ ανά πελάτη και η λύση FTTC VDSL 148 ευρώ ανά πελάτη.

Το συνολικό κατασκευαστικό κόστος της κάθε λύσης διαχωρίζεται σε σταθερό και μεταβλητό. Το σταθερό κόστος αφορά στο κόστος κατασκευής του παθητικού δικτύου (π.χ. χρωματουργικά, οπτικές ίνες, φρεάτια, κτήρια, κτλ), ενώ το μεταβλητό κόστος αφορά κυρίως στον ενεργό εξοπλισμό και στην εσωτερική καλωδίωση του πελάτη. Όπως είναι κατανοητό, το μεταβλητό κόστος εξαρτάται από το πλήθος των πελατών που χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη τεχνολογική λύση, σε αντίθεση με το σταθερό κόστος, το οποίο χρεώνεται στο σύνολό του με την κατασκευή του δικτύου. Τα αποτελέσματα του διαχωρισμού σε σταθερό και μεταβλητό κόστος ανά πελάτη για την κάθε τεχνολογική λύση παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13. Διαχωρισμός κατασκευαστικού κόστους σε σταθερό και μεταβλητό

	FTTH Homerun	FTTH GPON	FTTC VDSL
Κόστος ανά χρήστη - Μεταβλητό	398 €	400 €	44 €
Κόστος ανά χρήστη - Σταθερό	344 €	186 €	104 €
Κόστος ανά χρήστη - Συνολικό	742 €	586 €	148 €
Συνολικό σταθερό κόστος	4.131.626 €	2.235.417 €	1.253.193 €

6.3 Υπολογισμός Λειτουργικού Κόστους

Ο υπολογισμός του λειτουργικού κόστους, που θα απαιτηθεί για τη συντήρηση του εξεταζόμενου δικτύου στην περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία, καθώς κατά τη φάση του αρχικού σχεδιασμού οι εκτιμήσεις πραγματικών στοιχείων λειτουργικού κόστους (π.χ. αναγκαίο προσωπικό, κατανάλωση ρεύματος, ανταλλακτικά, κτλ) θα ήταν μάλλον παρακινδυνευμένες. Για το λόγο αυτό, για την εκτίμηση του λειτουργικού κόστους θα χρησιμοποιηθούν κάποιοι γενικοί κανόνες που χρησιμοποιούνται από τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους και εκφράζουν το λειτουργικό

κόστος των δομικών στοιχείων του δικτύου ως ποσοστό του αντίστοιχου επενδυτικού κόστους. Πιο συγκεκριμένα, το λειτουργικό κόστος (ΟΡΕΧ) ως ποσοστό του αντίστοιχου επενδυτικού κόστους (CAPEX) είναι:

- 10% για τα ενεργά στοιχεία.
- 8% για τα παθητικά πλην καλωδίων (π.χ. διαχωριστές),
- 2% για τα καλώδια των οπτικών ινών και τα χρωματουργικά και
- 0% για την εσωτερική καλωδίωση του πελάτη.

Κατηγορία Κόστους				% ετήσιου ΟΡΕΧ/CAPEX				
	FTTH Homerun	FTTH GPON	FTTC VDSL		FTTH Homerun	FTTH GPON	FTTC VDSL	
Αστικού Κέντρου	ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	576.000 €	600.000 €	168.750 €	10%	57.600 €	60.000 €	16.875 €
	ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	780.000 €	56.875 €	56.875 €	8%	62.400 €	4.550 €	4.550 €
	ΚΤΙΡΙΑΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ	300.000 €	30.000 €	30.000 €	2%	6.000 €	600 €	600 €
	ΣΥΝΟΛΟ	1.656.000 €	686.875 €	255.625 €		126.000 €	65.150 €	22.025 €
Δίκτυο Συγκέντρωσης	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	280.725 €	87.100 €	87.100 €	2%	5.615 €	1.742 €	1.742 €
	ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	238.245 €	57.722 €	57.722 €	2%	4.765 €	1.154 €	1.154 €
	ΣΥΝΟΛΟ	518.970 €	144.822 €	144.822 €		10.379 €	2.896 €	2.896 €
Κυρίως Δικτύου	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	399.600 €	371.400 €	371.400 €	2%	7.992 €	7.428 €	7.428 €
	ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	213.000 €	18.696 €	18.696 €	2%	4.260 €	374 €	374 €
	ΣΥΝΟΛΟ	612.600 €	390.096 €	390.096 €		12.252 €	7.802 €	7.802 €
Δίκτυο Διανομής Πεζοδρομίου	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	978.800 €	978.800 €	0 €	2%	19.576 €	19.576 €	0 €
	ΚΟΣΤΟΣ ΥΠΛΙΘΡ. ΣΤΕΓΑΣΗΣ	0 €	0 €	631.400 €	8%	0 €	0 €	50.512 €
	ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	941.256 €	634.824 €	0 €	2%	18.825 €	12.696 €	0 €
	ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	0 €	0 €	353.600 €	10%	0 €	0 €	35.360 €
	ΣΥΝΟΛΟ	1.920.056 €	1.613.624 €	985.000 €		38.401 €	32.272 €	85.872 €
ΣΥΝΟΛΟ	4.707.626 €	2.835.417 €	1.775.543 €		187.033 €	108.121 €	118.595 €	
Κόστος εσωτερικής καλωδίωσης και εισόδου στο κτήριο ανά χρήστη	350 €			0%	0 €	0 €	0 €	
					3,97%	3,81%	6,68%	

Σχήμα 44. Υπολογισμός λειτουργικού κόστους για τις λύσεις FTTx

Βάσει των υπολογισμών που παρουσιάζονται στο Σχήμα 44, το λειτουργικό κόστος ως ποσοστό του αντίστοιχου επενδυτικού είναι για την περιοχή του Παλαιού Φαλήρου 3,97% για το δίκτυο FTTH homerun, 3,81% για το δίκτυο FTTH GPON και 6,68% για το δίκτυο FTTC VDSL.

6.4 Κριτήρια Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων

Η οικονομική αξιολόγηση των τεχνικών λύσεων θα στηριχτεί σε κριτήρια, όπως η καθαρή παρούσα αξία, ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης, κτλ.

6.4.1 Ταμειακές Ροές

Η ανάλυση των ταμειακών ροών (cash flow – CR) αναφέρεται στα χρηματικά ποσά των εσόδων και των εξόδων κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, η οποία συνήθως είναι το ένα έτος. Από την ανάλυση αυτή, δίνεται η δυνατότητα προσδιορισμού του ετήσιου

κόστους της επένδυσης κατά τα πρώτα χρόνια του εξεταζόμενου έργου, καθώς και των αντίστοιχων κερδών για τα επόμενα χρόνια. Τέλος, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί και το χρονικό σημείο κατά το οποίο τα έσοδα και το κόστος της επένδυσης ισορροπούν.

6.4.2 Προεξοφλημένες Ταμιακές Ροές

Προκειμένου η οικονομική ανάλυση μιας επένδυσης να γίνει με μεγαλύτερη ακρίβεια, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η χρονική αξία του χρήματος. Όπως είναι γνωστό, ένα ποσό χρημάτων που λαμβάνεται σήμερα έχει μεγαλύτερη αξία από το ίδιο ποσό χρημάτων που λαμβάνεται στο μέλλον. Η διαφορά στην αξία του χρήματος ισούται με το ποσό των τόκων που θα μπορούσαν να έχουν κερδηθεί από τα χρήματα αυτά. Συνεπώς, οι προεξοφλημένες ταμιακές ροές (Discounted Cash Flow – DCF) εκφράζονται ως:

$$DCF = \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Όπου,

t	=	Χρόνος της ταμιακής ροής
CF _t	=	Ταμιακή ροή στο χρόνο t
r	=	Επιτόκιο προεξόφλησης

Το επιτόκιο προεξόφλησης, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως στα τηλεπικοινωνιακά έργα, κυμαίνεται μεταξύ 10% και 15%. Δεδομένου ότι η τιμή του επιτοκίου συνυπολογίζει και ρίσκα σχετικά με τις πιθανές αβεβαιότητες του κάθε έργου και των εκτιμούμενων ταμιακών ροών αυτού, γίνεται κατανοητό ότι για νέα τηλεπικοινωνιακά έργα με σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας επιλέγεται επιτόκιο προεξόφλησης 15%, ενώ για ώριμα τηλεπικοινωνιακά έργα με μικρό βαθμό αβεβαιότητας επιλέγεται επιτόκιο προεξόφλησης 10%. Θεωρώντας ότι η αναβάθμιση του δικτύου σταθερής πρόσβασης σε τεχνολογία FTTx είναι μια σχετικά ώριμη τηλεπικοινωνιακή επένδυση με μέτριο προς χαμηλό ρίσκο, το επιτόκιο προεξόφλησης που θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω για την οικονομική ανάλυση είναι 12%.

6.4.3 Καθαρή παρούσα αξία

Η καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value – NPV) είναι μια από τις βασικότερες μεθόδους αξιολόγησης της οικονομικής εφικτότητας έργων μεγάλης διάρκειας. Αναφέρεται στο συνολικό άθροισμα των Προεξοφλημένων Χρηματικών Ροών (DCF) στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο και εκφράζεται ως:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Όπου,

t	=	Χρόνος της ταμιακής ροής
CF _t	=	Ταμιακή ροή στο χρόνο t
N	=	Συνολική χρονική διάρκεια του έργου
r	=	Επιτόκιο προεξόφλησης

Η καθαρή παρούσα αξία αποτελεί μια ένδειξη για το πόση αξία προσδίδει το εξεταζόμενο έργο στην αξία της εταιρίας. Επιπλέον, αποτελεί καθοριστικό κριτήριο για την αποδοχή (NPV>0) ή την απόρριψη (NPV<0) του έργου.

6.4.4 Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης

Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (Internal Rate of Return – IRR) αποτελεί ένα δείκτη της απόδοσης μιας επένδυσης, σε αντίθεση με την καθαρή παρούσα αξία που δείχνει μια τιμή ή ένα μέγεθος. Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης ορίζεται ως το επιτόκιο προεξόφλησης που έχει ως αποτέλεσμα το μηδενισμό της καθαρής παρούσας αξίας. Για το υπολογισμό του IRR απαιτείται η επίλυση της παρακάτω εξίσωσης ως προς το IRR:

$$\sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

Γενικά, ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης χρησιμοποιείται ως ένας επιπλέον έλεγχος κατά την εξέταση της εφικτότητας μιας επένδυσης επικουρικά στο NPV. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι το IRR δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως συγκριτικό κριτήριο για έργα με διαφορετική διάρκεια και μορφή των ταμειακών ροών, καθώς ένα έργο με υψηλότερο κόστος αρχικής επένδυσης, συγκρινόμενο με ένα άλλο, μπορεί να έχει χαμηλότερο IRR, αλλά να παράγει τελικά υψηλότερο NPV. Συνεπώς, όταν δεν υπάρχουν περιορισμοί κεφαλαίου, θα επιλέγεται πάντα το έργο με τη μεγαλύτερο NPV αντί του υψηλότερου IRR.

6.4.5 Περίοδος αποπληρωμής

Η περίοδος αποπληρωμής (Payback Period) αναφέρεται στη χρονική περίοδο που απαιτείται προκειμένου τα έσοδα της επένδυσης να αποπληρώσουν το κόστος της αρχικής επένδυσης. Η περίοδος αποπληρωμής εκφράζεται ως:

$$\text{Περίοδος αποπληρωμής} = n: \sum_{t=0}^{n-1} CF_t < 0, \sum_{t=0}^n CF_t \geq 0$$

Εκτός από την απλή περίοδο αποπληρωμής, υπάρχει και η προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής η οποία εκφράζεται ως:

$$\text{Προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής} = n: \sum_{t=0}^{n-1} \frac{CF_t}{(1+r)^t} < 0, \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq 0$$

Και σε αυτή την περίπτωση, η περίοδος αποπληρωμής χρησιμοποιείται πολύ συχνά ως ένας επιπλέον έλεγχος κατά την εξέταση της εφικτότητας μιας επένδυσης επικουρικά στο NPV. Όπως είναι φυσικό, κατά τη σύγκριση δύο επενδύσεων, προτιμητέα είναι αυτή με τον μικρότερο χρόνο αποπληρωμής.

6.4.6 Ανταποδοτικότητα της επένδυσης

Τέλος, ένα ακόμα κριτήριο για τη αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης είναι η ανταποδοτικότητα της επένδυσης (Return on Investment – ROI), η οποία ορίζεται ως ο λόγος των κερδών της επένδυσης προς το κόστος της και εκφράζεται ως:

$$ROI = \frac{(\text{Έσοδα από την επένδυση} - \text{Κόστος Επένδυσης})}{\text{Κόστος Επένδυσης}}$$

6.5 Οικονομική Αξιολόγηση λύσεων FTTx

Στη ενότητα αυτή, παρουσιάζεται η οικονομική αξιολόγηση των τριών τεχνικών λύσεων: FTTH homerun, FTTH GPON και FTTC VDSL για την περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, χρησιμοποιώντας τόσο τα κριτήρια που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 6.4 όσο και τα μοντέλα εκτίμησης της αποδοχής της τεχνολογίας FTTx, που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 5.3.

6.5.1 Οικονομική Αξιολόγηση FTTH homerun

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση της λύσης FTTH homerun, όπως αυτά υπολογίστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

Εξετάζοντας της εφικτότητα της επένδυσης σε βάθος εικοσαετίας και χρησιμοποιώντας τα ποσοστά αποδοχής της τεχνολογίας FTTx ανά έτος και ανά μοντέλο, όπως αυτά υπολογίστηκαν στον Πίνακα 11, είναι δυνατός ο υπολογισμός της περιόδου αποπληρωμής (Payback Period), της καθαρής παρούσας αξίας (NPV) και του εσωτερικού επιτοκίου

επένδυσης. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι λαμβάνεται ως παραδοχή το γεγονός ότι τα πρώτα δίκτυα θα κατασκευαστούν μέσα στο 2011 και οι πρώτες συνδέσεις FTTH homerun θα είναι διαθέσιμες το 2012. Τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 15 και οι αναλυτικοί υπολογισμοί στο Παράτημα.

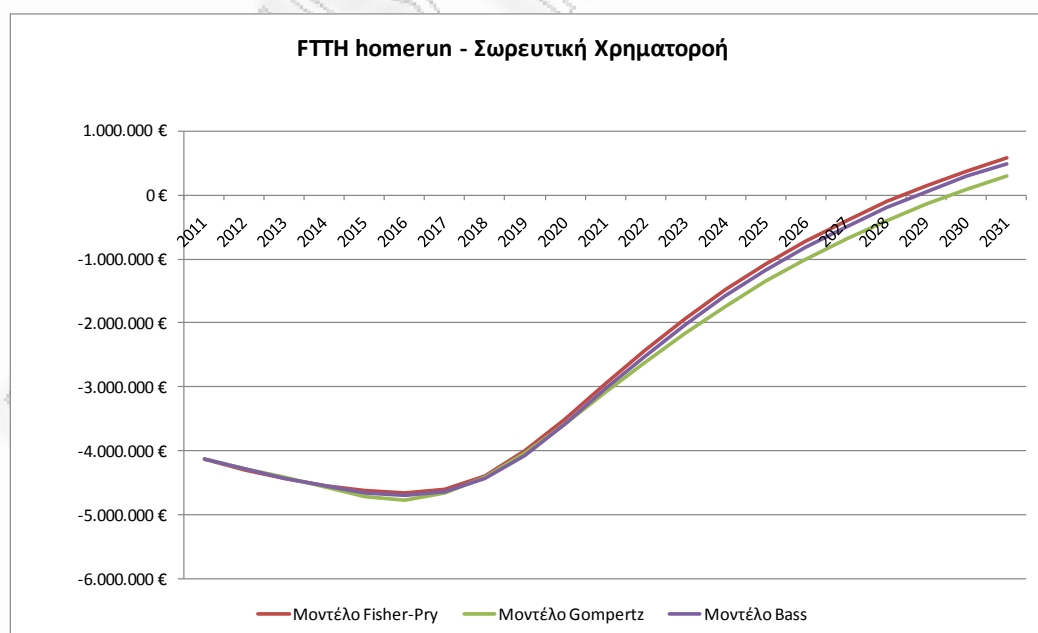
Πίνακας 14. Δεδομένα για την οικονομική ανάλυση της λύσης FTTH homerun

Συνολικός Αριθμός Σπιτιών περιοχής Π. Φαλήρου	12.000
Μηνιαίο ARRU	20€
Επιτόκιο προεξόφλησης	12%
Λειτουργικό κόστος εκφρασμένο ως ποσοστό του κόστους υλοποίησης	3,97%
Συνολικό σταθερό κόστος	4.131.636€
Μεταβλητό κόστος ανά πελάτη	398€

Πίνακας 15. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης της λύσης FTTH homerun

	Μοντέλο Fisher-Pry	Μοντέλο Gompertz	Μοντέλο Bass
Payback period	18 Έτη	19 Έτη	18 Έτη
NPV	588.990 €	296.907 €	496.257 €
IRR	13,08%	12,55%	12,91%

Επιπλέον, στο Διάγραμμα 14 παρουσιάζεται η σωρευτική χρηματοροή της λύσης FTTH homerun για τις εκτιμήσεις των μοντέλων Fisher-Pry, Gompertz και Bass.



Διάγραμμα 14. Σωρευτική Χρηματοροή της λύσης FTTH homerun ανά μοντέλο διεξόδου

Όπως παρατηρείται από τα αποτελέσματα, οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μοντέλων εκτίμησης της διείσδυσης της τεχνολογίας FTTx στους καταναλωτές είναι μικρές. Το μοντέλο με τα πιο αισιόδοξα αποτελέσματα είναι το μοντέλο Fisher-Pry, ενώ τα πιο απαισιόδοξα αποτελέσματα φέρει το μοντέλο Gompertz. Πιο συγκριμένα, η περίοδος αποπληρωμής βρίσκεται πολύ κοντά στο τέλος της εξεταζόμενης περιόδου και είναι 18 έτη για το Fisher-Pry και Bass, ενώ για το Gompertz είναι 19 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική και στα τρία μοντέλα, με καλύτερη επίδοση τις 590 χιλιάδες ευρώ (Fisher-Pry), ενώ ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης κυμαίνεται γύρω στο 13%.

6.5.2 Οικονομική Αξιολόγηση FTTH GPON

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση της λύσης FTTH GPON, όπως αυτά υπολογίστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 16.

Πίνακας 16. Δεδομένα για την οικονομική ανάλυση της λύσης FTTH GPON

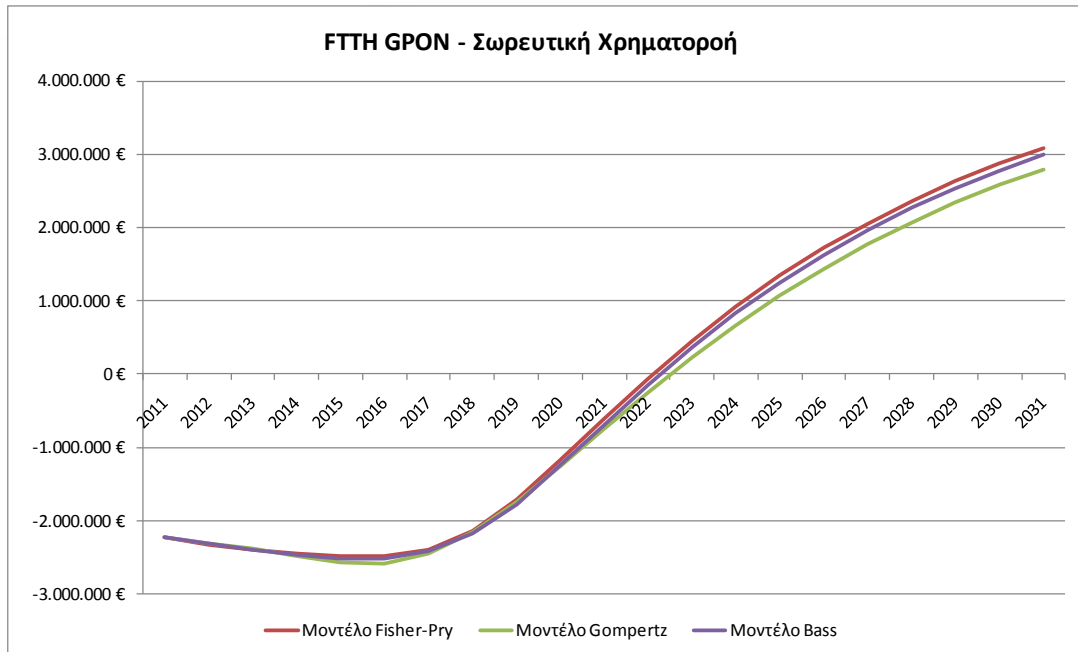
Συνολικός Αριθμός Σπιτιών περιοχής Π. Φαλήρου	12.000
Μηνιαίο ARRU	20€
Επιτόκιο προεξόφλησης	12%
Λειτουργικό κόστος εκφρασμένο ως ποσοστό του κόστους υλοποίησης	3,81%
Συνολικό σταθερό κόστος	2.235.417€
Μεταβλητό κόστος ανά πελάτη	400€

Χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία και τις ίδιες παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν και στην περίπτωση του FTTH homerun, καθίσταται δυνατή η εκπόνηση της οικονομικής ανάλυσης, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 17 και οι αναλυτικοί υπολογισμοί στο Παράτημα.

Πίνακας 17. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης της λύσης FTTH GPON

	Μοντέλο Fisher-Pry	Μοντέλο Gompertz	Μοντέλο Bass
Payback period	12 Έτη	12 Έτη	12 Έτη
NPV	3.084.792 €	2.792.155 €	2.991.883 €
IRR	19,79%	19,14%	19,55%

Επιπλέον, στο Διάγραμμα 15 παρουσιάζεται η σωρευτική χρηματοροή της λύσης FTTH GPON για τις εκτιμήσεις των μοντέλων Fisher-Pry, Gompertz και Bass.



Διάγραμμα 15. Σωρευτική Χρηματοροή της λύσης FTTH GPON ανά μοντέλο διείσδυσης

Όπως παρατηρείται από τα αποτελέσματα, και σε αυτή την περίπτωση οι διαφορές μεταξύ των τριών μοντέλων εκτίμησης της διείσδυσης της τεχνολογίας FTTx στους καταναλωτές είναι μικρές. Η περίοδος αποπληρωμής είναι 12 έτη και για τα τρία μοντέλα, η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική, με καλύτερη επίδοση τα τρία εκατομμύρια ευρώ (Fisher-Pry), ενώ, τέλος, ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης κυμαίνεται γύρω στο 19,5%.

6.5.3 Οικονομική Αξιολόγηση FTTC VDSL

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση της λύσης FTTC VDSL, όπως αυτά υπολογίστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18. Δεδομένα για την οικονομική ανάλυση της λύσης FTTC VDSL

Συνολικός Αριθμός Σπιτιών περιοχής Π. Φαλήρου	12.000
Μηνιαίο ARRU	20€
Επιτόκιο προεξόφλησης	12%
Λειτουργικό κόστος εκφρασμένο ως ποσοστό του κόστους υλοποίησης	3,81%
Συνολικό σταθερό κόστος	2.235.417€
Μεταβλητό κόστος ανά πελάτη	400€

Χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία και τις ίδιες παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν και στις προηγούμενες περιπτώσεις, καθίσταται δυνατή η εκπόνηση της οικονομικής ανάλυσης,

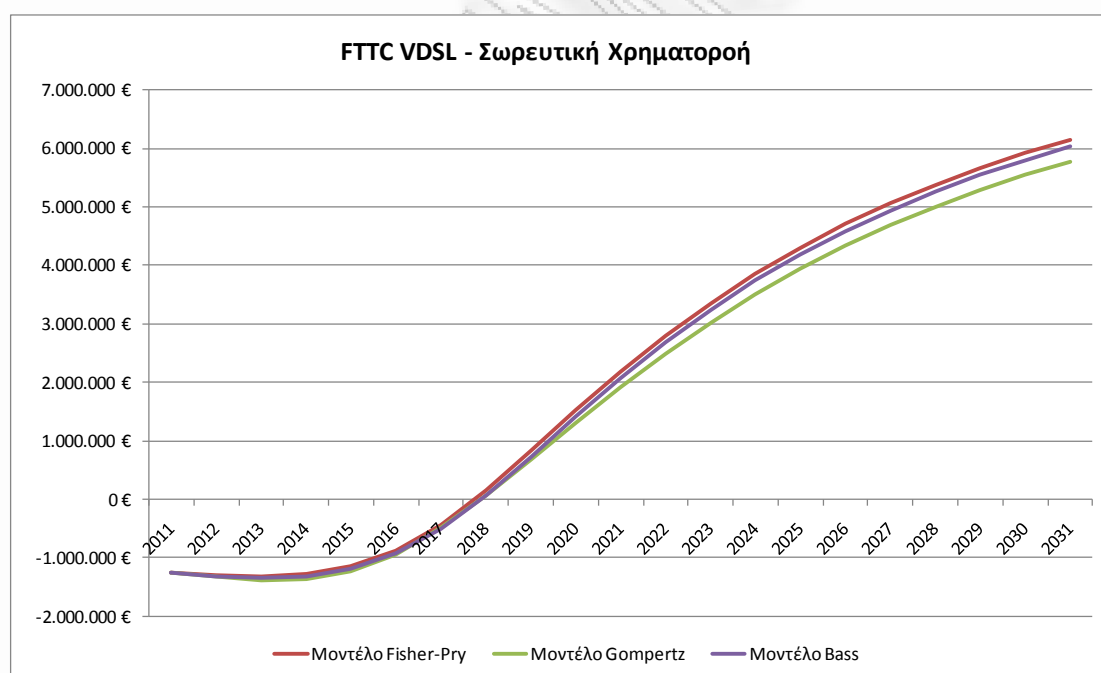
τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 19 και οι αναλυτικοί υπολογισμοί στο Παράτημα.

Πίνακας 19. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης της λύσης FTTC VDSL

	Μοντέλο Fisher-Pry	Μοντέλο Gompertz	Μοντέλο Bass
Payback period	7 Έτη	7 Έτη	7 Έτη
NPV	6.149.138 €	5.774.602 €	6.030.410 €
IRR	33,34%	32,04%	32,74%

Επιπλέον, στο Διάγραμμα 16 παρουσιάζεται η σωρευτική χρηματοροή της λύσης FTTC VDSL για τις εκτιμήσεις των μοντέλων Fisher-Pry, Gompertz και Bass.

Όπως παρατηρείται από τα αποτελέσματα, και σε αυτή την περίπτωση οι διαφορές μεταξύ των τριών μοντέλων εκτίμησης της διείσδυσης της τεχνολογίας FTTx στους καταναλωτές είναι μικρές. Η περίοδος αποπληρωμής είναι 7 έτη και για τα τρία μοντέλα, η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική, με καλύτερη επίδοση γύρω στα 6,1 εκατομμύρια ευρώ (Fisher-Pry), ενώ, τέλος, ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης κυμαίνεται γύρω στο 32,5%.



Διάγραμμα 16. Σωρευτική Χρηματοροή της λύσης FTTC VDSL ανά μοντέλο διείσδυσης

6.6 Συγκριτική αξιολόγηση λύσεων FTTx

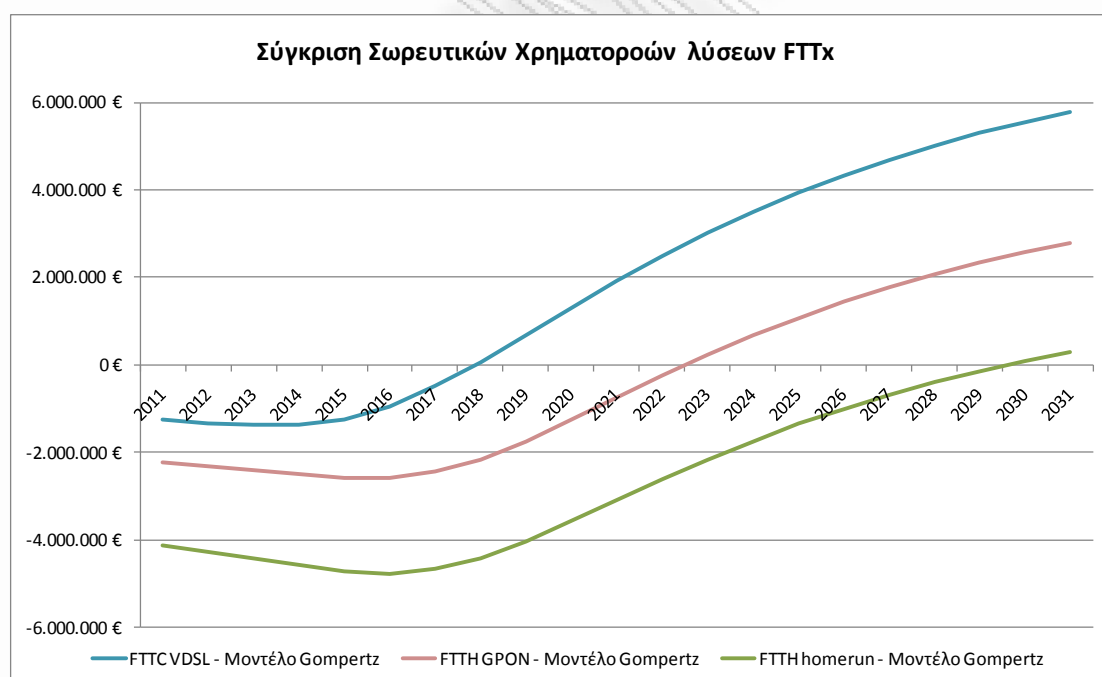
Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης των τεχνικών λύσεων FTTx για την περιοχή του Παλαιού Φαλήρου, όπως αυτά παρουσιάστηκαν παραπάνω, επιχειρείται η

συγκριτική οικονομική αξιολόγησή τους. Η σύγκριση θα στηριχθεί στα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του μοντέλου Gompertz, καθώς όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.3.5, είναι το μοντέλο που αποτυπώνει καλύτερα τη διεξόδου των ευρυζωνικών συνδέσεων στους Έλληνες καταναλωτές. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του μοντέλου Gompertz είναι σαφώς τα πιο απαισιόδοξα σε σχέση με τα άλλα δύο. Συνεπώς, η σύγκριση των λύσεων θα πραγματοποιηθεί για το χειρότερο δυνατό σενάριο. Έτσι, λοιπόν, τα αποτελέσματα των τριών λύσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 20.

Πίνακας 20. Συγκριτικά αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης των λύσεων FTTx

	FTTH homerun	FTTH GPON	FTTC VDSL
Payback period	19 Έτη	12 Έτη	7 Έτη
NPV	296.907 €	2.792.155 €	5.774.602 €
IRR	12,55%	19,14%	32,04%

Επιπλέον, στο Διάγραμμα 17 αποτυπώνονται η σωρευτικές χρηματοροές και των τριών λύσεων για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο των 20 ετών.



Διάγραμμα 17. Σύγκριση σωρευτικών χρηματοροών λύσεων FTTx

Όπως διαφαίνεται από τα αποτελέσματα, η πιο συμφέρουσα οικονομικά επένδυση είναι η λύση FTTC VDSL, αφού έχει τον μικρότερο χρόνο αποπληρωμής με μόλις 7 έτη, ενώ συγχρόνως έχει την μεγαλύτερη καθαρή παρούσα αξία, αλλά και το μεγαλύτερο εσωτερικό συντελεστή απόδοσης στο πέρας της εικοσαετίας. Στον αντίποδα, η επένδυση της λύσης

FTTH homeun θα χαρακτηριζόταν μάλλον επίφοβη, καθώς ο χρόνος αποπληρωμής πλησιάζει το πέρας της εικοσαετίας και ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι οριακά πάνω από το επιτόκιο προεξόφλησης που χρησιμοποιήθηκε. Τέλος, τα αποτελέσματα της λύσης FTTH GPON την τοποθετούν ανάμεσα στις δύο άλλες λύσεις, με αποτέλεσμα να μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι αποτελεί τον μέσο όρο αυτών.

Συνεπώς, με αυστηρώς οικονομικά κριτήρια, η πιο συμφέρουσα επένδυση είναι η υλοποίηση και εκμετάλλευση ενός δικτύου FTTC VDSL.

7

Επίλογος

7.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Η ραγδαία εξάπλωση της ευρυζωνικότητας παγκοσμίως συμβάλλει καθοριστικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και εργασίας των πολιτών, καθώς και στη γενικότερη πρόοδο των κρατών και των οικονομιών. Οι νέες δυνατότητες που παρέχονται μέσω των ευρυζωνικών συνδέσεων αλλάζουν τις καθημερινές συνήθειες των οικιακών καταναλωτών, με αποτέλεσμα πολύ σύντομα οι υπάρχουσες δικτυακές υποδομές των τηλεπικοινωνιακών παρόχων να μην επαρκούν για την κάλυψη των υψηλών αναγκών σε ταχύτητα. Για το λόγο αυτό, οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών καλούνται σήμερα να χαράζουν τη στρατηγική τους σχεδιάζοντας τα δίκτυα επόμενης γενιάς, τα οποία είναι γνωστά ως δίκτυα FTTx. Η απόφασή τους, όμως, για την υλοποίηση της πιο ενδεδειγμένης λύσης δεν είναι καθόλου εύκολη, λόγω τόσο της πληθώρας των διαθέσιμων τεχνολογικών επιλογών όσο και των πολλαπλών παραγόντων που θα πρέπει να συνυπολογιστούν, προκειμένου να επιλεγεί η πιο συμφέρουσα τεχνολογική λύση.

Ψάχνοντας τη λύση στον παραπάνω γρίφο, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε μια αντιπροσωπευτική γεωγραφική περιοχή των Αθηνών και προσδιορίστηκαν για τις τρεις πιο δημοφιλείς τεχνικές λύσεις τόσο το κόστος υλοποίησης και λειτουργίας ενός τέτοιου δικτύου όσο και τα πιθανά έσοδά του σε βάθος εικοσαετίας. Ο προσδιορισμός των εσόδων στηρίχθηκε στη χρήση διαφόρων μοντέλων εκτίμησης της διείσδυσης νέων τεχνολογικών προϊόντων και υπηρεσιών στην καταναλωτική αγορά. Από

την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μοντέλων εκτίμησης της διείσδυσης είναι πολύ μικρές και δεν επηρεάζουν την σύγκριση μεταξύ των διαφόρων τεχνικών λύσεων. Αντιθέτως, οι διαφορές που εντοπίστηκαν κατά την σύγκριση των αποτελεσμάτων της οικονομικής ανάλυσης της κάθε λύσης είναι σημαντικές.

Η πρώτη λύση που εξετάστηκε είναι η λύση FTTH homegun, η οποία διαθέτει τα σημαντικότερα τεχνικά πλεονεκτήματα συγκρινόμενη με τις άλλες δύο, καθώς υποστηρίζει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη μελλοντική επεκτασιμότητα της. Εντούτοις απαιτεί το υψηλότερο κόστος υλοποίησης σε σχέση με τις άλλες δύο, έχοντας ως αποτέλεσμα η επιλογή μιας τέτοιας επένδυσης να συνιστά αρκετά ριψοκίνδυνη απόφαση, καθώς ο χρόνος αποπληρωμής προσεγγίζει τα 19 χρόνια.

Η επόμενη λύση που εξετάστηκε είναι η λύση FTTH GPON, η οποία διαθέτει παρόμοια τεχνικά πλεονεκτήματα με την λύση FTTH homegun, κάνοντας, όμως, κάποιους σχετικά μικρούς συμβιβασμούς ως προς τη μελλοντική επεκτασιμότητα της. Το κόστος υλοποίησης μια τέτοιας λύσης είναι σημαντικά μικρότερο σε σχέση με τη λύση FTTH homegun, με αποτέλεσμα η επιλογή μιας τέτοιας επένδυσης να συνιστά μια αρκετά λογική απόφαση, αφού ο χρόνος αποπληρωμής είναι 12 χρόνια.

Η τρίτη και τελευταία λύση που εξετάστηκε είναι η λύση FTTC VDSL, η οποία χαρακτηρίζεται από τα σοβαρότερα τεχνικά μειονεκτήματα έναντι των άλλων δύο λύσεων. Λόγω της διατήρησης ενός μέρους του υφιστάμενου δικτύου χαλκού, η λύση FTTC VDSL κληρονομεί κι ένα μέρος των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα σημερινά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα, η λύση FTTC VDSL είναι σε θέση να προσεγγίσει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (μέχρι 100 MBps), μόνο όταν τα μήκη των χάλκινων καλωδίων δεν ξεπερνούν τα 300 μέτρα. Συνεπώς, κάποιοι απομακρυσμένοι πελάτες, οι οποίοι εξυπηρετούνται από γερασμένα χάλκινα καλώδια, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίζουν σημαντικούς περιορισμούς ως προς την ταχύτητα της σύνδεσής τους. Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, η λύση FTTC VDSL έχει το μικρότερο κόστος υλοποίησης έναντι των άλλων δύο επιλογών, με αποτέλεσμα ο χρόνος αποπληρωμής μιας τέτοιας επένδυσης να είναι μόλις 7 χρόνια.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης δείχνουν ότι η τεχνολογική λύση FTTC VDSL υπερτερεί ξεκάθαρα έναντι των άλλων δύο λύσεων, καθώς έχει τη μικτότερη περίοδο αποπληρωμής, τη μεγαλύτερη καθαρή παρούσα αξία και το μεγαλύτερο εσωτερικό συντελεστή απόδοσης. Παρόλα αυτά, όμως, είναι μια τεχνολογία με ημερομηνία λήξεως, αφού αντιμετωπίζει περιορισμούς τόσο ως προς τους ρυθμούς μετάδοσης όσο και

ως προς την επεκτασιμότητα της, με αποτέλεσμα, όταν οι παρεχόμενες εφαρμογές της ευρυζωνικότητας ωριμάσουν και οι ανάγκες για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης αυξηθούν εκ νέου, η μετάβαση σε τεχνολογία FTTH να είναι αναπόφευκτη.

7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Περεταίρω έρευνα και ανάλυση θα μπορούσε να γίνει, όσον αφορά στην εξέταση και άλλων γεωγραφικών περιοχών διαφορετικής πληθυσμιακής πυκνότητας. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσαν να επιλεγούν δυο ακόμα περιοχές, μια υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας (π.χ. Κυψέλη) και μια χαμηλής (π.χ. Φιλοθέη), και να εξεταστεί η μεταβολή του κόστους υλοποίησης των δικτύων FTTx σε συνάρτηση της πληθυσμιακής πυκνότητας. Τέλος, μια ακόμα πρόταση για περεταίρω έρευνα θα μπορούσε να είναι η εξέταση συνδυαστικών σεναρίων υλοποίησης δικτύων FTTx, όπως για παράδειγμα η υλοποίηση δικτύου τεχνολογίας FTTC VDSL την πρώτη δεκαετία και στη συνέχεια η μετάβαση σε τεχνολογία FTTH GPON.

Βιβλιογραφία

- [1] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ), “Η αρχή της επικοινωνίας”, http://www.eett.gr/opencms/opencms//admin/downloads/Informative_Documentation/EETT_Entypo_GR_salonia_low.pdf
- [2] Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας - Ειδική Γραμματεία για την ΚτΠ, “Ορισμός Ευρυζωνικής Πρόσβασης & Ευρυζωνικών υπηρεσιών”, <http://www.broad-band.gr/orismos.php>
- [3] Stallings W., “Ασύρματες Επικοινωνίες και Δίκτυα”, Εκδόσεις Τζιόλα, 2007, ISBN: 978-960-418-213-0
- [4] Wikipedia, “WiMAX”, <http://el.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- [5] Wikipedia, “High Speed Downlink Packet Access”, http://en.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Downlink_Packet_Access
- [6] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ), “Πορεία της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα – Α' τρίμηνο 2010”, Μάιος 2010
- [7] European Commission, “Progress report on the single European electronic communications market 2009 (15th Report)”, Brussels, 25/5/2010
- [8] IDATE Consulting & Research, “FTTH Panorama: EU36 & ME14”, FTTH Council Europe, Δεκέμβριος 2009, www.idate.org
- [9] Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας, “10^η Εξαμηνιαία Αναφορά για την Ευρυζωνικότητα”, Αθήνα, Μάρτιος 2010
- [10] Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών & Δικτύων, “Στρατηγική για τις ηλεκτρονικές επικοινωνίες και τις νέες τεχνολογίες 2008 – 2013”, Δελτίο Τύπου 03/09/2008, <http://www.yme.gr/?aid=1532&tid=21>
- [11] Sigurdsson H., Ph.D. thesis “Techno-Economics of Residential Broadband Deployment”, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby 2007, IMM-PHD: ISSN 0909-3192, http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/publication_details.php?id=5443

- [12] Βασιλόπουλος Χ., Παγιατάκης Γ., “Προηγμένες Τηλεπικοινωνιακές Υποδομές και Υπηρεσίες”, Ο.Τ.Ε. Α.Ε. Γενική Δ/νση Τεχνικών Θεμάτων, Μαρούσι, 2001
- [13] Broadband Forum, “DSL Technology Evolution”, http://www.broadband-forum.org/downloads/About_DSL.pdf
- [14] Μπούρας Χ., “Ασύμμετρες Τεχνολογίες Πρόσβασης”, Πανεπιστήμιο Πατρών, http://ru6.cti.gr/bouras/dialekseis/1/07_xDSL.pdf
- [15] Σύσταση της ITU-T G.992.1 (1999), Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers
- [16] Σύσταση της ITU-T G.992.2 (1999), Splitterless Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers
- [17] Σύσταση της ITU-T G.992.3 (2002), Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers -2 (ADSL2)
- [18] Σύσταση της ITU-T G.992.4 (2002), Splitterless Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers - 2 (ADSL2)
- [19] Σύσταση της ITU-T G.992.5 (2003), Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers– Extended Bandwidth ADSL2 (ADSL2plus)
- [20] Σύσταση της ITU-T G.993.1 (2004), Very high speed digital subscriber line transceivers
- [21] Σύσταση της ITU-T G.993.2 (2006), Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)
- [22] Δούκογλου Τ., “Τεχνολογία DSL σήμερα και αύριο”, ΟΤΕ Α.Ε.
- [23] Σύσταση της ITU-T G.991.1 (1998), High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers
- [24] Wikipedia, “High bit rate digital subscriber line”, http://en.wikipedia.org/wiki/High_bit_rate_digital_subscriber_line
- [25] Wikipedia, “Symmetric Digital Subscriber Line”, http://en.wikipedia.org/wiki/Symmetric_digital_subscriber_line
- [26] Σύσταση της ITU-T G.991.2 (2003), Single-pair High-speed Digital Subscriber Line (SHDSL) transceivers
- [27] Wikipedia, “ISDN Digital Subscriber Line”, http://en.wikipedia.org/wiki/ISDN_digital_subscriber_line
- [28] ΟΤΕ Α.Ε., “Εσωτερικές εταιρικές αναφορές”
- [29] Βασιλόπουλος Χ., Ντόκος Ι., Σκουλατος Β., “Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα”, Τόμος Γ', ΟΤΕ Α.Ε., Φεβρουάριος 2000

- [30] Μπούρας Χ., “Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεσης Δικτύων”, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, <http://ru6.cti.gr/bouras/index2.php>
- [31] Wikipedia, “Fiber to the X”, http://el.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x
- [32] Ericsson, “Fiber Termination”, http://www.ericsson.com/ourportfolio/products/fiber-termination-and-o-e-conversion?nav=fgb_101_275|fgb_101_254|2-fgb_101_254
- [33] Βασιλόπουλος Χ., Κωτούλας Δ., Ξενικός Δ., Βούδδας Π., Χελιώτης Γ., Αγαπίου Γ., Δούκογλου Τ., “Δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς”, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2010, ISBN 978-960-461-378-6
- [34] FDT - Exterior Molding Apartment Pathway, <http://janrek.blogspot.com/2008/09/gpon.html>
- [35] Wikipedia, “Network Topology”, http://en.wikipedia.org/wiki/Network_topology
- [36] Ruparelia N., “Evolving passive optical networks (PONs) demand FPGA design flexibility”, EE Times, 3/12/2008, <http://www.eetimes.com/design/programmable-logic/4015160/Evolving-passive-optical-networks-PONs-demand-FPGA-design-flexibility>
- [37] Δούκογλου Τ., “Οπτικές Ίνες στο Δίκτυο Πρόσβασης Στρατηγική και Υπηρεσίες”, 2ο Ετήσιο Συνέδριο TELECOM STRATEGIES – ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΠΟΛΕΙΣ, Αθήνα, 24/6/2010
- [38] Bartell J., “Active Ethernet Tutorial”, 19/8/2009, <http://www.fttxtra.com/ftth/active-ethernet-overview-and-tutorial/>
- [39] Κοινωνία της Πληροφορίας, “Το Σχέδιο για την ανάπτυξη της Ευρυζωνικότητας έως το 2008”, http://www.infosoc.gr/infosoc/el-GR/specialreports/broadband_plan/#t2
- [40] ΕΑΙΤΥ, “Προώθηση της Ευρυζωνικότητας στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας”, Υποέργο 1: Αυτεπιστασία, “Μελέτη για την Άθροιση της Ζήτησης Ευρυζωνικών Υπηρεσιών στην Περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας”, 10/2007
- [41] Γκιμπερίτης Β., “Εφαρμογές Τηλεματικής & Πληροφορικής”, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, 1999
- [42] Ναυτεμπορική, “IPTV: Ορισμός και εφαρμογές της δικτυακής τηλεόρασης”, Επιμέλεια go-online.gr, http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1675
- [43] Ψηφιακά Δορυφορικά Νέα, “2010: Έρχονται οι δορυφορικές υπηρεσίες 3D τηλεόρασης σε Αμερική και Ευρώπη”, 23/2/2010, <http://www.doriforikanea.gr>
- [44] FTTH Council, “The advantage of optical Access”, 3rd Edition, Spring 2009
- [45] Βαρδάγγαλου Γ., “Web 2.0 και εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης”, Περιοδικό On line, τεύχος 27, Αθήνα, Μάιος – Ιούλιος 2010
- [46] Rogers E., “Diffusion of innovations”, 3rd ed., Free Press, New York, 1983, ISBN 0 02

926650 5

- [47] Casier K., "Techno-Economic Evaluation of a Next Generation Access Network Deployment in a Competitive Setting", PhD degree at the Faculty of Engineering of the Ghent University, 8/1/2009, http://ibcn.intec.ugent.be/te/Members/PhD_K_Casier.html
- [48] ATKEARNEY, "Χάραξη Εθνικής Στρατηγικής στον Τομέα των Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών για την περίοδο 2007 – 2013", Αθήνα, Μάιος 2008

Παράρτημα

ΓΑΛΕΡΙΣΤΗΜΟ ΓΕΡΑΝ

Οικονομική ανάλυση ανά μοντέλο αποδοχής της λύσης FTTH homerun για την περιοχή του Π. Φαλήρου

FTTH homerun - Μοντέλο Fisher-Pry																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Διείσδυση %	0	1,18%	2,58%	5,53%	11,35%	21,52%	36,01%	51,65%	64,17%	72,02%	76,21%	78,25%	79,20%	79,64%	79,84%	79,93%	79,97%	79,99%	79,99%	80,00%	80,00%
Αριθμός πελατών	0	142	310	664	1.362	2.582	4.322	6.198	7.701	8.642	9.145	9.390	9.504	9.557	9.581	9.591	9.596	9.598	9.599	9.600	9.600
Εσοδα		34.039	74.409	159.295	326.825	619.641	1.037.182	1.487.592	1.848.232	2.074.175	2.194.731	2.253.586	2.281.071	2.293.641	2.299.334	2.301.901	2.303.056	2.303.576	2.303.809	2.303.914	2.303.962
Σταθερό CAPEX	4.131.626																				
Μεταβλητό CAPEX		56.449	66.946	140.770	277.820	485.587	692.423	746.929	598.061	374.689	199.922	97.601	45.580	20.844	9.441	4.257	1.916	862	387	174	78
Συνολικό CAPEX		4.188.075	4.255.021	4.395.790	4.673.611	5.159.197	5.851.620	6.598.550	7.196.610	7.571.299	7.771.221	7.868.822	7.914.402	7.935.247	7.944.688	7.948.945	7.950.861	7.951.723	7.952.110	7.952.284	7.952.362
OPEX		166.391	169.051	174.643	185.681	204.973	232.483	262.158	285.919	300.805	308.748	312.626	314.437	315.265	315.640	315.809	315.885	315.919	315.935	315.942	315.945
Ταμειακές Ροές	-4.131.626	-188.800	-161.588	-156.118	-136.677	-70.919	112.277	478.504	964.252	1.398.680	1.686.061	1.843.359	1.921.054	1.957.531	1.974.253	1.981.834	1.985.255	1.986.795	1.987.487	1.987.799	1.987.938
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-4.131.626	-168.572	-128.817	-111.122	-86.861	-40.241	56.883	216.451	389.445	504.378	542.866	529.922	493.087	448.616	403.971	362.074	323.838	289.365	258.452	230.797	206.083
Σωρευτική Χρηματοροή	-4.131.626	-4.300.198	-4.429.014	-4.540.136	-4.626.997	-4.667.238	-4.610.355	-4.393.904	-4.004.459	-3.500.081	-2.957.214	-2.427.293	-1.934.206	-1.485.590	-1.081.619	-719.545	-395.707	-106.342	152.110	382.907	588.990
Payback period	18	Έτη																			
NPV στα 20 έτη	588.990	>0																			
IRR στα 20 έτη	13%																				
FTTH homerun - Μοντέλο Gompertz																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Διείσδυση %	0	0,05%	0,71%	3,94%	11,72%	23,51%	36,64%	48,63%	58,24%	65,34%	70,31%	73,68%	75,91%	77,37%	78,31%	78,92%	79,31%	79,56%	79,72%	79,82%	79,89%
Αριθμός πελατών	0	6	85	472	1.407	2.822	4.397	5.835	6.989	7.841	8.438	8.842	9.109	9.284	9.397	9.470	9.517	9.547	9.566	9.578	9.586
Εσοδα		1.398	20.474	113.377	337.669	677.183	1.055.375	1.400.485	1.677.354	1.881.830	2.025.040	2.121.994	2.186.224	2.228.191	2.255.369	2.272.872	2.284.103	2.291.293	2.295.890	2.298.825	2.300.699
Σταθερό CAPEX	4.131.626																				
Μεταβλητό CAPEX		2.318	31.634	154.064	371.951	563.028	627.169	572.306	459.141	339.090	237.490	160.782	106.515	69.594	45.071	29.025	18.625	11.924	7.622	4.868	3.107
Συνολικό CAPEX		4.133.944	4.165.578	4.319.642	4.691.594	5.254.622	5.881.790	6.454.097	6.913.238	7.252.328	7.489.818	7.650.600	7.757.115	7.826.709	7.871.780	7.900.805	7.919.430	7.931.354	7.938.976	7.943.845	7.946.952
OPEX		164.240	165.497	171.618	186.396	208.764	233.682	256.419	274.661	288.133	297.568	303.956	308.188	310.953	312.743	313.897	314.637	315.110	315.413	315.606	315.730
Ταμειακές Ροές	-4.131.626	-165.160	-176.658	-212.306	-220.678	-94.609	194.525	571.759	943.552	1.254.607	1.489.982	1.657.256	1.771.521	1.847.644	1.897.555	1.929.950	1.950.842	1.964.259	1.972.854	1.978.351	1.981.862
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-4.131.626	-147.465	-140.830	-151.115	-140.245	-53.684	98.552	258.635	381.085	452.424	479.734	476.422	454.705	423.432	388.277	352.595	318.225	286.083	256.549	229.700	205.453
Σωρευτική Χρηματοροή	-4.131.626	-4.279.091	-4.419.921	-4.571.036	-4.711.281	-4.764.965	-4.666.412	-4.407.777	-4.026.693	-3.574.269	-3.094.534	-2.618.113	-2.163.407	-1.739.975	-1.351.698	-999.103	-680.878	-394.795	-138.246	91.454	296.907
Payback period	19	Έτη																			
NPV στα 20 έτη	296.907	>0																			
IRR στα 20 έτη	13%																				
FTTH homerun - Μοντέλο Bass																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Διείσδυση %	0	0,57%	2,03%	5,05%	10,85%	20,83%	34,96%	50,36%	63,00%	71,18%	75,69%	77,96%	79,05%	79,56%	79,80%	79,91%	79,96%	79,98%	79,99%	80,00%	80,00%
Αριθμός πελατών	0	68	244	605	1.303	2.500	4.195	6.043	7.560	8.542	9.083	9.355	9.486	9.547	9.576	9.589	9.595	9.598	9.599	9.599	9.600
Εσοδα		16.302	58.568	145.310	312.624	599.891	1.006.863	1.450.292	1.814.350	2.049.965	2.179.872	2.245.233	2.276.606	2.291.324	2.298.155	2.301.309	2.302.762	2.303.431	2.303.738	2.303.880	2.303.945
Σταθερό CAPEX	4.131.626																				
Μεταβλητό CAPEX		27.033	70.091	143.848	277.462	476.384	674.896	735.353	603.730	390.728	215.430	108.391	52.027	24.408	11.327	5.231	2.410	1.109	510	235	108
Συνολικό CAPEX		4.158.659	4.228.751	4.372.599	4.650.061	5.126.445	5.801.341	6.536.693	7.140.423	7.531.151	7.746.580	7.854.971	7.906.997	7.931.405	7.942.732	7.947.963	7.950.373	7.951.482	7.951.992	7.952.226	7.952.334
OPEX		165.222	168.007	173.722	184.745	203.672	230.485	259.701	283.687	299.210	307.769	312.076	314.143	315.112	315.562	315.770	315.866	315.910	315.930	315.939	315.944
Ταμειακές Ροές	-4.131.626	-175.954	-179.531	-172.260	-149.584	-80.166	101.482	455.239	926.934	1.360.027	1.656.673	1.824.767	1.910.437	1.951.804	1.971.265	1.980.308	1.984.486	1.986.412	1.987.298	1.987.706	1.987.893
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-4.131.626	-157.102	-143.121	-122.611	-95.063	-45.488	51.414	205.927	374.373	490.439	533.404	524.577	490.362	447.303	403.360	361.795	323.713	289.310	258.427	230.786	206.078
Σωρευτική Χρηματοροή	-4.131.626	-4.288.728	-4.431.849	-4.554.460	-4.649.523	-4.695.011	-4.643.597	-4.437.670	-4.063.297	-3.572.858	-3.039.454	-2.514.877	-2.024.515	-1.577.212	-1.173.852	-812.057	-488.345	-199.035	59.392	290.178	496.257
Payback period	18	Έτη																			
NPV στα 20 έτη	496.257	>0																			
IRR στα 20 έτη	13%																				

Οικονομική ανάλυση ανά μοντέλο αποδοχής της λύσης FTTH GPON για την περιοχή του Π. Φαλήρου

FTTH GPON - Μοντέλο Fisher-Pry																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Διείσδυση %	0	1,18%	2,58%	5,53%	11,35%	21,52%	36,01%	51,65%	64,17%	72,02%	76,21%	78,25%	79,20%	79,64%	79,84%	79,93%	79,97%	79,99%	79,99%	80,00%	80,00%
Αριθμός πελατών	0	142	310	664	1.362	2.582	4.322	6.198	7.701	8.642	9.145	9.390	9.504	9.557	9.581	9.591	9.596	9.598	9.599	9.600	9.600
Έσοδα		34.039	74.409	159.295	326.825	619.641	1.037.182	1.487.592	1.848.232	2.074.175	2.194.731	2.253.586	2.281.071	2.293.641	2.299.334	2.301.901	2.303.056	2.303.576	2.303.809	2.303.914	2.303.962
Σταθερό CAPEX	2.235.417																				
Μεταβλητό CAPEX		56.732	67.282	141.477	279.217	488.027	695.902	750.683	601.066	376.572	200.927	98.091	45.809	20.949	9.488	4.279	1.926	866	389	175	79
Συνολικό CAPEX		2.292.149	2.359.432	2.500.909	2.780.125	3.268.152	3.964.054	4.714.737	5.315.803	5.692.375	5.893.302	5.991.393	6.037.202	6.058.151	6.067.640	6.071.919	6.073.844	6.074.710	6.075.099	6.075.274	6.075.353
OPEX		87.405	89.970	95.365	106.012	124.622	151.158	179.784	202.704	217.063	224.725	228.465	230.212	231.011	231.373	231.536	231.609	231.642	231.657	231.664	231.667
Ταμειακές Ροές	-2.235.417	-110.098	-82.844	-77.547	-58.404	6.992	190.122	557.126	1.044.462	1.480.540	1.769.079	1.927.029	2.005.050	2.041.680	2.058.472	2.066.086	2.069.521	2.071.068	2.071.763	2.072.076	2.072.216
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-2.235.417	-98.302	-66.043	-55.197	-37.117	3.967	96.322	252.015	421.841	533.897	569.596	553.975	514.646	467.900	421.204	377.466	337.584	301.639	269.411	240.582	214.820
Συρρευτική Χρηματοροή	-2.235.417	-2.333.719	-2.399.761	-2.454.958	-2.492.075	-2.488.107	-2.391.786	-2.139.770	-1.717.930	-1.184.032	-614.436	-60.461	454.185	922.086	1.343.290	1.720.756	2.058.340	2.359.979	2.629.390	2.869.972	3.084.792
Payback period	12	Έτη																			
NPV στα 20 έτη	3.084.792	>0																			
IRR στα 20 έτη	20%																				
FTTH GPON - Μοντέλο Gompertz																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Διείσδυση %	0	0,05%	0,71%	3,94%	11,72%	23,51%	36,64%	48,63%	58,24%	65,34%	70,31%	73,68%	75,91%	77,37%	78,31%	78,92%	79,31%	79,56%	79,72%	79,82%	79,89%
Αριθμός πελατών	0	6	85	472	1.407	2.822	4.397	5.835	6.989	7.841	8.438	8.842	9.109	9.284	9.397	9.470	9.517	9.547	9.566	9.578	9.586
Έσοδα		1.398	20.474	113.377	337.669	677.183	1.055.375	1.400.485	1.677.354	1.881.830	2.025.040	2.121.994	2.186.224	2.228.191	2.255.369	2.272.872	2.284.103	2.291.293	2.295.890	2.298.825	2.300.699
Σταθερό CAPEX	2.235.417																				
Μεταβλητό CAPEX		2.330	31.793	154.838	373.821	565.857	630.320	575.182	461.448	340.794	238.683	161.590	107.050	69.944	45.298	29.171	18.718	11.984	7.661	4.893	3.123
Συνολικό CAPEX		2.237.747	2.269.540	2.424.378	2.798.199	3.364.056	3.994.376	4.569.558	5.031.007	5.371.801	5.610.484	5.772.074	5.879.124	5.949.068	5.994.366	6.023.537	6.042.255	6.054.239	6.061.900	6.066.793	6.069.916
OPEX		85.330	86.543	92.447	106.702	128.279	152.315	174.248	191.844	204.839	213.940	220.102	224.184	226.851	228.579	229.691	230.405	230.862	231.154	231.340	231.460
Ταμειακές Ροές	-2.235.417	-86.262	-97.862	-133.909	-142.853	-16.953	272.741	651.055	1.024.062	1.336.197	1.572.417	1.740.302	1.854.990	1.931.395	1.981.493	2.014.010	2.034.980	2.048.448	2.057.075	2.062.592	2.066.117
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-2.235.417	-77.020	-78.015	-95.314	-90.786	-9.619	138.179	294.504	413.601	481.846	506.276	500.295	476.130	442.626	405.453	367.952	331.949	298.345	267.501	239.481	214.188
Συρρευτική Χρηματοροή	-2.235.417	-2.312.437	-2.390.452	-2.485.766	-2.576.551	-2.586.171	-2.447.992	-2.153.488	-1.739.886	-1.258.040	-751.764	-251.469	224.661	667.287	1.072.740	1.440.692	1.772.641	2.070.986	2.338.487	2.577.968	2.792.155
Payback period	12	Έτη																			
NPV στα 20 έτη	2.792.155	>0																			
IRR στα 20 έτη	19%																				
FTTH GPON - Μοντέλο Bass																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Διείσδυση %	0	0,57%	2,03%	5,05%	10,85%	20,83%	34,96%	50,36%	63,00%	71,18%	75,69%	77,96%	79,05%	79,56%	79,80%	79,91%	79,96%	79,98%	79,99%	80,00%	80,00%
Αριθμός πελατών	0	68	244	605	1.303	2.500	4.195	6.043	7.560	8.542	9.083	9.355	9.486	9.547	9.576	9.589	9.595	9.598	9.599	9.599	9.600
Έσοδα		16.302	58.568	145.310	312.624	599.891	1.006.863	1.450.292	1.814.350	2.049.965	2.179.872	2.245.233	2.276.606	2.291.324	2.298.155	2.301.309	2.302.762	2.303.431	2.303.738	2.303.880	2.303.945
Σταθερό CAPEX	2.235.417																				
Μεταβλητό CAPEX		27.169	70.444	144.571	278.856	478.778	678.287	739.048	606.763	392.691	216.512	108.935	52.288	24.530	11.384	5.257	2.422	1.115	513	236	108
Συνολικό CAPEX		2.262.586	2.333.030	2.477.601	2.756.457	3.235.235	3.913.522	4.652.570	5.259.333	5.652.025	5.868.537	5.977.472	6.029.760	6.054.290	6.065.675	6.070.932	6.073.353	6.074.468	6.074.981	6.075.216	6.075.325
OPEX		86.278	88.964	94.476	105.110	123.367	149.231	177.413	200.550	215.524	223.781	227.934	229.928	230.864	231.298	231.498	231.591	231.633	231.653	231.662	231.666
Ταμειακές Ροές	-2.235.417	-97.145	-100.840	-93.737	-71.342	-2.254	179.344	533.831	1.007.036	1.441.749	1.739.579	1.908.363	1.994.389	2.035.930	2.055.472	2.064.553	2.068.749	2.070.683	2.071.573	2.071.982	2.072.170
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-2.235.417	-86.737	-80.389	-66.720	-45.339	-1.279	90.861	241.478	406.725	519.909	560.098	548.609	511.910	466.583	420.590	377.186	337.458	301.583	269.386	240.571	214.815
Συρρευτική Χρηματοροή	-2.235.417	-2.322.154	-2.402.543	-2.469.263	-2.514.602	-2.515.881	-2.425.020	-2.183.541	-1.776.816	-1.256.907	-696.099	-148.201	363.710	830.292	1.250.883	1.628.069	1.965.527	2.267.110	2.536.496	2.770.067	2.991.883
Payback period	12	Έτη																			
NPV στα 20 έτη	2.991.883	>0																			
IRR στα 20 έτη	20%																				

Οικονομική ανάλυση ανά μοντέλο αποδοχής της λύσης FTTC VDSL για την περιοχή του Π. Φαλήρου

FTTC VDSL - Μοντέλο Fisher-Pry																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Διείσδυση %	0	1,18%	2,58%	5,53%	11,35%	21,52%	36,01%	51,65%	64,17%	72,02%	76,21%	78,25%	79,20%	79,64%	79,84%	79,93%	79,97%	79,99%	79,99%	80,00%	80,00%
Αριθμός πελατών	0	142	310	664	1.362	2.582	4.322	6.198	7.701	8.642	9.145	9.390	9.504	9.557	9.581	9.591	9.596	9.598	9.599	9.600	9.600
Εσοδα		34.039	74.409	159.295	326.825	619.641	1.037.182	1.487.592	1.848.232	2.074.175	2.194.731	2.253.586	2.281.071	2.293.641	2.299.334	2.301.901	2.303.056	2.303.576	2.303.809	2.303.914	2.303.962
Σταθερό CAPEX	1.253.193																				
Μεταβλητό CAPEX		6.174	7.322	15.396	30.385	53.109	75.730	81.691	65.410	40.980	21.865	10.675	4.985	2.280	1.033	466	210	94	42	19	9
Συνολικό CAPEX		1.259.367	1.266.689	1.282.085	1.312.470	1.365.578	1.441.308	1.523.000	1.588.410	1.629.389	1.651.255	1.661.929	1.666.914	1.669.194	1.670.227	1.670.692	1.670.902	1.670.996	1.671.038	1.671.057	1.671.066
OPEX		84.118	84.607	85.635	87.665	91.212	96.271	101.727	106.096	108.833	110.294	111.007	111.340	111.492	111.561	111.592	111.606	111.612	111.615	111.616	111.617
Ταμειακές Ροές	-1.253.193	-56.252	-17.520	58.264	208.775	475.320	865.182	1.304.174	1.676.726	1.924.362	2.062.572	2.131.904	2.164.746	2.179.869	2.186.740	2.189.843	2.191.241	2.191.869	2.192.152	2.192.279	2.192.336
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-1.253.193	-50.225	-13.967	41.471	132.680	269.709	438.328	589.942	677.201	693.944	664.093	612.872	555.636	499.570	447.450	400.076	357.439	319.233	285.067	254.538	227.272
Σωρευτική Χρηματοροή	-1.253.193	-1.303.418	-1.317.385	-1.275.914	-1.143.234	-873.525	-435.197	154.745	831.947	1.525.891	2.189.984	2.802.855	3.358.492	3.858.062	4.305.512	4.705.588	5.063.027	5.382.260	5.667.327	5.921.865	6.149.138
Payback period		7	Έτη																		
NPV στα 20 έτη		6.149.138																			
IRR στα 20 έτη		33%	>0																		
FTTC VDSL - Μοντέλο Gompertz																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Διείσδυση %	0	0,05%	0,71%	3,94%	11,72%	23,51%	36,64%	48,63%	58,24%	65,34%	70,31%	73,68%	75,91%	77,37%	78,31%	78,92%	79,31%	79,56%	79,72%	79,82%	79,89%
Αριθμός πελατών	0	6	85	472	1.407	2.822	4.397	5.835	6.989	7.841	8.438	8.842	9.109	9.284	9.397	9.470	9.517	9.547	9.566	9.578	9.586
Εσοδα		1.398	20.474	113.377	337.669	677.183	1.055.375	1.400.485	1.677.354	1.881.830	2.025.040	2.121.994	2.186.224	2.228.191	2.255.369	2.272.872	2.284.103	2.291.293	2.295.890	2.298.825	2.300.699
Σταθερό CAPEX	1.253.193																				
Μεταβλητό CAPEX		254	3.460	16.850	40.680	61.578	68.593	62.593	50.216	37.086	25.974	17.585	11.650	7.612	4.929	3.174	2.037	1.304	834	532	340
Συνολικό CAPEX		1.253.447	1.256.906	1.273.756	1.314.437	1.376.015	1.444.608	1.507.201	1.557.417	1.594.503	1.620.478	1.638.062	1.649.712	1.657.323	1.662.253	1.665.427	1.667.464	1.668.768	1.669.602	1.670.134	1.670.474
OPEX		83.723	83.954	85.079	87.796	91.909	96.491	100.672	104.026	106.503	108.238	109.412	110.191	110.699	111.028	111.240	111.376	111.463	111.519	111.555	111.577
Ταμειακές Ροές	-1.253.193	-82.578	-66.940	11.448	209.193	523.696	890.291	1.237.220	1.523.112	1.738.241	1.890.828	1.994.997	2.064.384	2.109.880	2.139.412	2.158.457	2.170.690	2.178.526	2.183.537	2.186.738	2.188.782
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-1.253.193	-73.731	-53.364	8.148	132.946	297.159	451.049	559.655	615.159	626.827	608.796	573.514	529.876	483.530	437.766	394.342	354.087	317.290	283.946	253.895	226.904
Σωρευτική Χρηματοροή	-1.253.193	-1.326.924	-1.380.288	-1.372.139	-1.239.194	-942.035	-490.986	68.670	683.829	1.310.656	1.919.452	2.492.966	3.022.842	3.506.372	3.944.138	4.338.481	4.692.567	5.009.857	5.293.803	5.547.698	5.774.602
Payback period		7	Έτη																		
NPV στα 20 έτη		5.774.602																			
IRR στα 20 έτη		32%	>0																		
FTTC VDSL - Μοντέλο Bass																					
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Διείσδυση %	0	0,57%	2,03%	5,05%	10,85%	20,83%	34,96%	50,36%	63,00%	71,18%	75,69%	77,96%	79,05%	79,56%	79,80%	79,91%	79,96%	79,98%	79,99%	80,00%	80,00%
Αριθμός πελατών	0	68	244	605	1.303	2.500	4.195	6.043	7.560	8.542	9.083	9.355	9.486	9.547	9.576	9.589	9.595	9.598	9.599	9.600	9.600
Εσοδα		16.302	58.568	145.310	312.624	599.891	1.006.863	1.450.292	1.814.350	2.049.965	2.179.872	2.245.233	2.276.606	2.291.324	2.298.155	2.301.309	2.302.762	2.303.431	2.303.738	2.303.880	2.303.945
Σταθερό CAPEX	1.253.193																				
Μεταβλητό CAPEX		2.957	7.666	15.733	30.346	52.102	73.813	80.425	66.030	42.734	23.561	11.855	5.690	2.669	1.239	572	264	121	56	26	12
Συνολικό CAPEX		1.256.150	1.263.816	1.279.548	1.309.894	1.361.996	1.435.809	1.516.235	1.582.264	1.624.998	1.648.560	1.660.414	1.666.104	1.668.774	1.670.013	1.670.585	1.670.848	1.670.970	1.671.026	1.671.051	1.671.063
OPEX		83.903	84.415	85.466	87.493	90.973	95.903	101.275	105.686	108.540	110.114	110.905	111.286	111.464	111.547	111.585	111.602	111.611	111.614	111.616	111.617
Ταμειακές Ροές	-1.253.193	-70.558	-33.513	44.112	194.785	456.816	837.147	1.268.591	1.642.635	1.898.691	2.046.197	2.122.473	2.159.630	2.177.191	2.185.369	2.189.152	2.190.896	2.191.699	2.192.068	2.192.238	2.192.316
Προεξοφλημένες Ταμειακές Ροές	-1.253.193	-62.998	-26.717	31.398	123.789	259.210	424.125	573.846	663.433	684.687	658.821	610.160	554.323	498.956	447.170	399.950	357.383	319.209	285.056	254.534	227.270
Σωρευτική Χρηματοροή	-1.253.193	-1.316.191	-1.342.908	-1.311.510	-1.187.721	-928.511	-504.387	69.460	732.892	1.417.579	2.076.400	2.686.560	3.240.883	3.739.839	4.187.009	4.586.959	4.944.341	5.263.550	5.548.606	5.803.139	6.030.410
Payback period		7	Έτη																		
NPV στα 20 έτη		6.030.410																			
IRR στα 20 έτη		33%	>0																		