



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Το ADSL και η Εποχή της Ευρυζωνικότητας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτρης Αθ. Αναγνώστου

Επιβλέπων : ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ Δ. ΣΥΚΑΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2006



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Το ADSL και η Εποχή της Ευρυζωνικότητας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτρης Αθ. Αναγνώστου

Επιβλέπων : ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ Δ. ΣΥΚΑΣ

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 22^η Μαρτίου 2006.

Ευστάθιος Συκάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μιχάλης Θεολόγου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μιλτιάδης Αναγνώστου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2006

.....
Δημήτρης Αθ. Αναγνώστου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Δημήτρης Αθ. Αναγνώστου, 2006

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας δεν ήταν η σε βάθος ανάλυση, από τεχνολογικής άποψης, του DSL και των υπόλοιπων ενσύρματων ή ασύρματων ευρυζωνικών τεχνολογιών πρόσβασης, αλλά πολύ περισσότερο η σε έκταση κάλυψη, επιφανειακή μεν αλλά από όσο το δυνατόν περισσότερες δε οπτικές γωνίες, και πολύπλευρη αντιμετώπιση, θεμάτων σχετικών με το ADSL και την ευρυζωνικότητα στη σύγχρονη ελληνική πραγματικότητα.

Συγκεκριμένα, η εργασία εκκινεί με αναφορές στις έννοιες της ευρυζωνικότητας και των ευρυζωνικών δικτύων, για να προχωρήσει με μια ιστορική αναδρομή του xDSL και περιληπτική αναφορά στις διάφορες τεχνολογίες που το συνθέτουν ως έννοια. Η συνέχεια ανήκει ειδικά στο ADSL όπου γίνεται εκτενής αναφορά - ακόμα και σε τεχνικό επίπεδο - της συγκεκριμένης τεχνολογίας, των προβλημάτων της, της αρχιτεκτονικής της, των σύγχρονων και μελλοντικών εφαρμογών της και τέλος της εξέλιξής της. Το θέμα ακολούθως περνάει και τοποθετείται στη σύγχρονη πραγματικότητα, μελετώντας τις διαστάσεις του ως επί το πλείστον στη χώρα μας. Και η μελέτη ολοκληρώνεται αφιερώνοντας ένα μεγάλο επίσης τμήμα της στην συγκριτική παράθεση των σημαντικότερων λοιπών τεχνολογιών και τεχνοτροπιών ανάπτυξης/υλοποίησης ευρυζωνικών δικτύων πρόσβασης του παρόντος και του μέλλοντος.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω η παρούσα εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει εργαλείο σφαιρικής ενημέρωσης αναφορικά με κάποιες σύγχρονες τεχνολογίες xDSL, ειδικότερα το ADSL, και τη συνύπαρξη αυτών με αρκετές άλλες σύγχρονες τεχνολογίες ευρυζωνικών δικτύων. Παρότι η εργασία πραγματεύεται έναν ραγδαία αναπτυσσόμενο τομέα της τεχνολογίας, κινδυνεύοντας να ξεπεραστεί σύντομα, θα μπορούσε, απευθυνόμενη προς τους προπτυχιακούς φοιτητές της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, να χρησιμοποιηθεί ως βοήθημα σε μαθήματα σχετικά με ενσύρματες τεχνολογίες πρόσβασης και τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες (π.χ. Τηλεφωνία).

Λέξεις Κλειδιά

Ευρυζωνικότητα, Τεχνολογίες xDSL, Ασύμμετρη Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή, Ευρυζωνικά Δίκτυα & Υπηρεσίες, Τηλεπικοινωνιακοί Πάροχοι, Ασύρματες-Ενσύρματες Τεχνολογίες Πρόσβασης.

Abstract

Scope of this Thesis was not the analysis in depth, from technical point of view, of DSL and the rest wired or wireless broadband access technologies, but far most the peripheral coverage, from as many aspects as possible, and multisided confrontal of issues related to ADSL and the Broadband Networks in modern Greek reality.

More specifically, this project work starts with references to the concepts of Broadband Technology and Networks, moving on an historical flashback of xDSL and a summarised reference to the various technologies that define it. The sequence of it, and main body of this research, belongs especially to ADSL, where there is a detailed reference – even on technical level – of this specific technology, its architecture, the restraints and disadvantages of it, the current and future applications of it, and finally its evolution. Afterwards, the analysis passes to another subject as it is placed on the field of modern times reality, studying different dimensions of this reality, mostly in Greece. And the project work completes devoting a large chapter as well to a comparative quotation of the rest most significant technologies and architectures for developing/implementing current and future broadband access networks.

Based on the above, this Thesis could be used as a tool of spherical briefing over some modern xDSL technologies, especially ADSL, and the conjunction of them with several other modern broadband technologies. Even though this study treats a rapidly evolving field of technology, risking to be overrun soon, it could be possibly used from undergraduate students of School of Electrical and Computer Engineering as a guide in classes relevant to wired access technologies and telecommunication services (e.g. Telephony).

Key Words

Broadband World, xDSL Technologies, Asymmetric Digital Subscriber Line - ADSL, Broadband Networks & Services, Service Providers, Wired & Wireless Access Technologies.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ καταρχήν την οικογένειά μου και κάποιους ιδιαίτερους για μένα ανθρώπους για την σημαντική ψυχολογική στήριξη που μου προσέφεραν για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Ευχαριστώ τη φίλη μου Στέλλα Μητσιάνη για τη συμβολή της στη συγκέντρωση του μεγαλύτερου τμήματος του πληροφοριακού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στη συγγραφή της εργασίας.

Τέλος ευχαριστώ τους συναδέλφους μου στην Αττικές Τηλεπικοινωνίες για την παροχή υλικού και πληροφοριών, καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Ο συγγραφέας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	8
ΚΕΦ. 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1. Γενικά.....	10
1.2. Ευρυζωνικότητα - Ορισμός	10
1.3. Ιστορική εξέλιξη (PSTN, ISDN, HDSL, ...)	11
ΚΕΦ. 2 – ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ & DSL	14
2.1. Η παραδοσιακή δομή του δικτύου πρόσβασης	14
2.2. Γενικά Στοιχεία (Νοοτροπία).....	14
2.3. Η Τεχνολογία DSL	16
2.4. Φορείς - Διεθνείς Οργανισμοί Τυποποίησης	18
2.5. Προτυποποίηση	18
ΚΕΦ. 3 - ΤΥΠΟΙ xDSL	20
3.1. Γενικά Στοιχεία.....	20
3.2. Βασικές τεχνολογίες xDSL	21
3.2.1. ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΕΣ	21
3.2.2. ΑΣΥΜΜΕΤΡΕΣ	25
3.3. Εξειδικευμένες τεχνολογίες xDSL	29
3.4. Απολογισμός των Τεχνολογιών xDSL	30
ΚΕΦ. 4 - ADSL: Τεχνολογία και Εφαρμογές	33
4.1. Σχεδίαση	33
4.2. Απαιτήσεις φάσματος.....	34
4.3. Τεχνικές Διαμόρφωσης.....	35
4.4. Τεχνικά προβλήματα & περιορισμοί.....	38
4.4.1 Πηγία φόρτισης.....	39
4.4.2. Συσκευές PCM	39
4.4.3. Εξασθένηση σήματος.....	39
4.4.4. Παρεμβολές / Διαφωνία	40
4.4.5. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	42
4.5. Τεχνικές λεπτομέρειες υλοποίησης	43
4.6. Αρχιτεκτονική δικτύου ADSL	44
4.6.1. Αρχιτεκτονική εξοπλισμού χρήστη	44
4.6.2. Τοπολογία εξοπλισμού τηλεπικοινωνιακού κέντρου	45
4.7. Υπηρεσίες & Εμπορική εκμετάλλευση	47
4.7.1. E-learning (digital libraries, distant learning, virtual worlds)	48
4.7.2. E-Training	48

4.7.3. <i>E-health</i>	48
4.7.4. <i>E-commerce</i>	49
4.7.5. <i>Applications on demand</i>	49
4.7.6. <i>E-gaming</i>	51
4.7.7. <i>Peer-to-peer applications</i>	51
4.7.8. <i>Advanced Communications</i>	52
4.7.9. <i>Interactive TV</i>	52
4.7.10. <i>Virtual / Augmented / Mixed Reality</i>	53
4.7.11. <i>Voice-over-DSL</i>	54
4.7.12. <i>Teleworking</i>	54
4.7.13. <i>Περιβάλλον Ιδιωτικών Δικτύων</i>	55
4.7.14. <i>Επέκταση των LAN δικτύων και συνένωση τους (Lan-to-Lan)</i>	56
4.8. ADSL2, ADSL2+	58
ΚΕΦ. 5 - ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ & ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	61
5.1. Γενικά.....	61
5.2. Παγκόσμια πραγματικότητα και μελλοντικές τάσεις.....	61
5.3. Ελληνική πραγματικότητα	62
5.3.1. <i>Εμπορικά Ζητήματα</i>	63
5.3.2. <i>Ρυθμιστικό περιβάλλον</i>	64
5.3.3. <i>Στατιστικά στοιχεία της εγχώριας αγοράς</i>	65
5.3.4. <i>Απόψεις</i>	66
5.4. Συμπερασματικά	68
ΚΕΦ. 6 - ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	70
6.1. Ορισμός.....	70
6.2. Απαιτήσεις Ευρυζωνικού Δικτύου Πρόσβασης	70
6.3. Ανταγωνιστικές τεχνολογίες - Γενικά	71
6.4. Ανταγωνιστικές τεχνολογίες του περασμένου αιώνα.....	72
6.5.1. <i>Το σύστημα Καλωδιακής Τηλεόρασης</i>	73
6.5.2. <i>Δορυφορικές Υπηρεσίες</i>	75
6.5.3. <i>Τεχνολογίες Οπτικών Ινών</i>	76
6.5.4. <i>Τεχνολογία επικοινωνίας μέσω Δικτύου Μεταφοράς Ενέργειας (PLC)</i>	81
6.5.5. <i>Local Multipoint Distribution System (LMDS)</i>	81
6.5.6. <i>Λοιπές ασύρματες τεχνολογίες</i>	82
Συνομογραφίες.....	89
Βιβλιογραφία	90
Παράρτημα Α – Πίνακες Μετρήσεων ADSL/2/2+	91

ΚΕΦ. 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Τα περασμένα χρόνια, τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνταν σε απλές τηλεφωνικές συνδέσεις. Ήταν αυτά που έδωσαν τις πρώτες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες στο ευρύ κοινό. Στη συνέχεια μπήκαν στη ζωή μας τα modems και το διαδίκτυο. Την τελευταία δεκαετία γνωρίσαμε την τεχνολογία ISDN και τα πλεονεκτήματα που αυτή προσφέρει ενώ τα τελευταία 2 χρόνια γίνεται όλο και συχνότερα στη χώρα μας λόγος για τις τεχνολογίες DSL, οι οποίες παραμένουν ακόμη άγνωστες για το ευρύ κοινό - τουλάχιστον της Ελλάδας - και τις νέες υπηρεσίες που μπορούν να προσφερθούν μέσω αυτών. Έτσι εισήχθηκε σιγά σιγά και στο λεξιλόγιό μας η έννοια των Ευρυζωνικών Υπηρεσιών ή της Ευρυζωνικής Πρόσβασης.

1.2. Ευρυζωνικότητα - Ορισμός

Ευρυζωνική πρόσβαση και ευρυζωνικές υπηρεσίες (ή εφεξής χάριν συντομίας Ευρυζωνικότητα ή Ευρυζωνικό περιβάλλον) ορίζεται σε ευρεία έννοια το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον αποτελούμενο από:

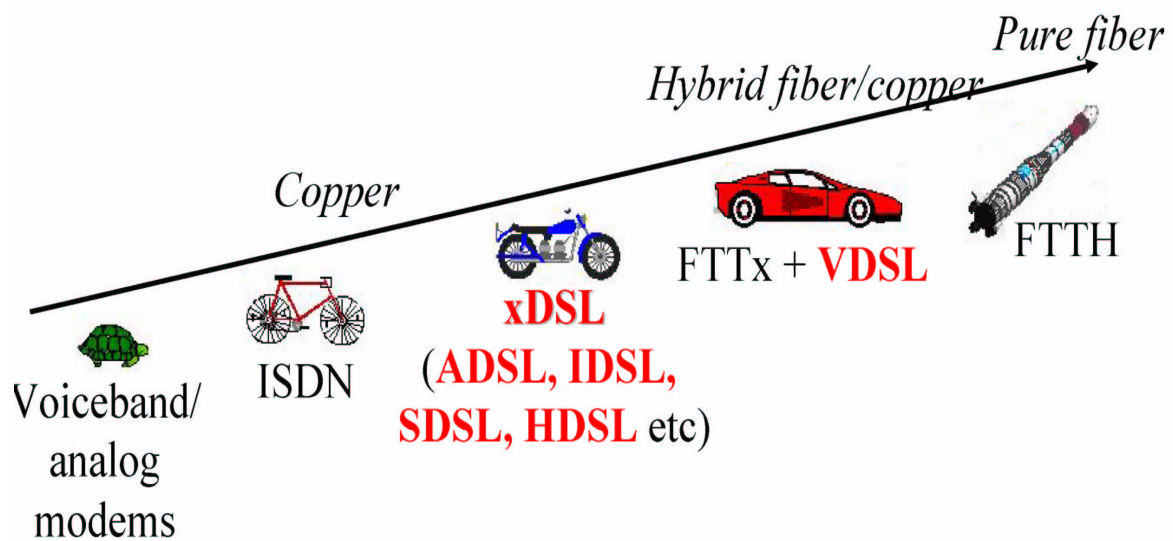
- την παροχή γρήγορων συνδέσεων σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και με ανταγωνιστικές τιμές (με τη μορφή καταναλωτικού αγαθού), χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων
- την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:
 - α) επιτρέπει την κατανομημένη ανάπτυξη υπαρχόντων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών,
 - β) ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης και διαθεσιμότητα, και
 - γ) είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπλέον 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 χωρίς να αποκλείεται και η συμμετοχή του ίδιου του πολίτη στην παροχή περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών

- το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο αποτελούμενο από πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες, άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, αναγκαίες για την ενδυνάμωση των νέων τεχνολογιών, την προστασία του ανταγωνισμού και την εγγύηση σοβαρής και ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξης, ικανής να προκύψει από τη γενικευμένη συμμετοχή στην Ευρυζωνικότητα και την Κοινωνία της Πληροφορίας.

1.3. Ιστορική εξέλιξη (PSTN, ISDN, HDSL, ...)

Μέχρι πριν από κάποια χρόνια ο τρόπος μεταφοράς σήματος μέσω των τηλεφωνικών γραμμών ήταν αναλογικός. Αν παραμερίζαμε για λίγο τα τεχνικά θέματα, θα μπορούσαμε απλουστεύοντας να πούμε πως κατά την επικοινωνία μας με κάποιον η φωνή μας μετατρέπονταν από το τηλέφωνο σε ηλεκτρικά σήματα και από την άλλη πλευρά τα ηλεκτρικά αυτά σήματα δονούσαν το ηχείο του ακουστικού του συνομιλητή μας. Καθώς το σήμα περνούσε μέσα από τα τηλεφωνικά κέντρα του ΟΤΕ, οι συχνότητες που βρίσκονταν εκτός του φάσματος της ανθρώπινης φωνής, "κόβονταν", ώστε να μην υπάρχουν παράσιτα. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα modems που είχαμε στους υπολογιστές μας, δεν μπορούσαν να προσφέρουν αρκετά υψηλές ταχύτητες. Το πρόβλημα αυτό ήρθε αρχικά να διορθώσει η τεχνολογία ISDN (Integrated Services Digital Network), με αποτέλεσμα τα τελευταία χρόνια όσοι "κυνηγούσαν" υψηλότερες ταχύτητες, να περάσουν σιγά σιγά σε αυτό. Το ISDN, όμως, προσέφερε μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης 128Kbps και ως εκ τούτου πλέον δεν είναι αρκετό για τις ανάγκες μετάδοσης τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, ακόμα και απλών υπηρεσιών διαδικτύου (Internet Services). Εδώ και λίγα χρόνια έχουμε περάσει στην εποχή της όλο και αυξανόμενης ζήτησης για όλο και περισσότερη χωρητικότητα μετάδοσης. Τη ζήτηση αυτή ήρθε, μεταξύ άλλων, να καλύψει - παίρνοντας και κατέχοντας ως τώρα το μεγαλύτερο κομμάτι της «ευρυζωνικής πίττας» - η τεχνολογία DSL με τις ποικίλες παραλλαγές της.



Το ISDN λοιπόν αποτέλεσε τον πρόδρομο του DSL και αυτό έγινε για δύο βασικούς λόγους:

1. Ήταν η πρώτη τεχνολογία που εκμεταλλεύτηκε μεγαλύτερο τμήμα του διαθέσιμου φάσματος στο χάλκινο καλώδιο του συνδρομητικού βρόχου σε σχέση με την αναλογική τηλεφωνία.
2. Στηρίζεται στον ψηφιακό κώδικα μετάδοσης πληροφορίας 2B1Q που χρησιμοποιείται και σήμερα σε κάποιες παραλλαγές της τεχνολογίας DSL όπως θα περιγραφεί σε επόμενη ενότητα.

Εμφανίστηκε λοιπόν η τεχνολογία DSL, εκμεταλλεύομενη το υπάρχον χάλκινο δίκτυο που κατέληγε στον κάθε συνδρομητή, για να μετατρέψει όλα τα μειονεκτήματα του απλού modem και του ISDN σε πλεονεκτήματά της. Κατά πρώτο λόγο το DSL εκμεταλλεύτηκε όλο το εύρος ζώνης του συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίων της συνδεσμολογίας του συνδρομητή. Αυτό σημαίνει ότι δεδομένα και φωνή χρησιμοποίησαν το σύνολο του 1MHz (και πλέον των 10MHz) του υπάρχοντος καλωδίου, πράγμα που μεταφράστηκε σε υψηλούς ρυθμούς αποστολής και λήψης. Κατ' επέκταση και με την πάροδο του χρόνου, καθώς η τεχνολογία DSL άρχισαν να εξελίσσονται ταχύτατα, δόθηκε η τεχνική δυνατότητα σε εταιρείες τηλεπικοινωνιών να παράσχουν περισσότερες και πλουσιότερες υπηρεσίες από απλή μετάδοση δεδομένων, όπως για παράδειγμα φωνή, Internet, εικόνα και πολλές άλλες διαδραστικές εφαρμογές... ταυτόχρονα!

Η ιστορική λοιπόν εξέλιξη των πραγμάτων κύλησε κάπως έτσι:

Το 1985 η Bell Labs ανακαλύπτει ένα νέο τρόπο για να κάνει τα παραδοσιακά χάλκινα καλώδια να υποστηρίξουν νέες ψηφιακές υπηρεσίες – ειδικά video-on-demand (VOD).

Το 1988 γίνονται οι πρώτες εγκαταστάσεις του DSL στην Αμερική αλλά ήδη έχει αρχίσει και φαίνεται πως σύντομα η τεχνολογία αυτή θα υπερκεράσει το ISDN, το οποίο υστερεί σημαντικά σε ταχύτητα.

Το 1990 κάποιες τηλεφωνικές εταιρείες ξεκινούν να υλοποιούν High-Speed DSL (HDSL) για να παρέχουν συμμετρική υπηρεσία T1 (~1,5Mbps) πάνω σε καλώδια χαλκού, χωρίς το έξοδο της εγκατάστασης επαναληπτών σήματος (repeaters) – αρχικά μεταξύ μικρών τηλεφωνικών κέντρων. Οι τηλεφωνικές εταιρείες ξεκινούν να προωθούν το HDSL σε μικρές εταιρείες και το νεοεμφανιζόμενο ADSL προς οικιακούς χρήστες για διαδικτυακή πρόσβαση.

Το 1993 αξιολογούνται και προτυποποιούνται οι τρεις κύριες τεχνολογίες του ADSL. Είναι οι τεχνικές διαμόρφωσης QAM, DMT και CAP.

Το 1995 εταιρείες ανάπτυξης νέων τεχνολογιών αρχίζουν να βλέπουν το ADSL ως το μέσο για να ικανοποιηθεί η ανάγκη για γρήγορο Internet («Fast Internet»), και ξεκινούν να δουλεύουν πάνω στο έργο αυτό.

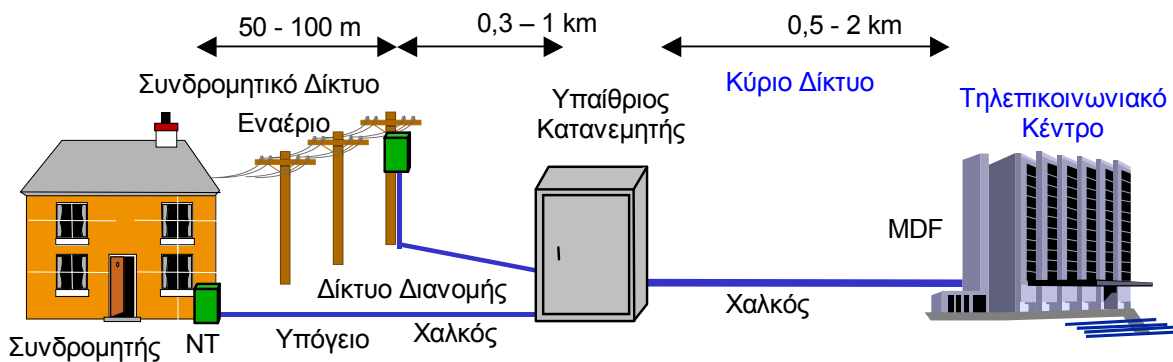
Το 1998 η τεχνική DMT υιοθετείται από όλους σχεδόν τους κατασκευαστές εξοπλισμού DSL ακολουθώντας το πρότυπο ANSI T1.413 – 2ο τεύχος (σε αντίθεση με την CAP).

Από το 1999 και μετά πλέον αρχίζουν σιγά σιγά να εμφανίζονται, με πρώτες τις UADSL (ITU-T G.992.2 “G.lite”) και ADSL full (ITU-T G.992.2 “G.full”), οι διάφορες τεχνολογίες DSL στις οποίες θα γίνει αναφορά σε επόμενες ενότητες.

ΚΕΦ. 2 – ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ & DSL

2.1. Η παραδοσιακή δομή του δικτύου πρόσβασης

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακής Τυποποίησης (ETSI), ως δίκτυο πρόσβασης ορίζεται το μέρος του δικτύου, που ξεκινά από το αστικό κέντρο και φθάνει μέχρι το συνδρομητή (βλέπε Σχήμα 2.1). Εναλλακτικά χρησιμοποιούνται και οι όροι τοπικός βρόχος (ToB), βρόχος χαλκού και τελευταίο μίλι (Local Loop, Copper Loop και Last Mile).



Σχήμα 2.1. Η παραδοσιακή δομή του δικτύου πρόσβασης.

Το δίκτυο πρόσβασης έχει σχεδιασθεί για την εξυπηρέτηση της φωνητικής τηλεφωνίας (POTS). Περιλαμβάνει χάλκινα καλώδια ζευγών ή τετράδων αγωγών (συνεστραμμένα ζεύγη - twisted pairs), που ξεκινούν από τον κύριο κατανεμητή (MDF) του τηλεπικοινωνιακού κέντρου, και τερματίζουν στον εξοπλισμό τερματισμού δικτύου (κατανεμητής), που βρίσκεται εγκατεστημένος στον χώρο του συνδρομητή. Τα καλώδια, που ξεκινούν από το Τηλεπικοινωνιακό Κέντρο είναι μεγαλύτερης χωρητικότητας (400 έως 2400 ζευγών κατά μέσο όρο) και αποτελούν το κύριο δίκτυο, που τερματίζει σε υπαίθριους κατανεμητές. Το τελευταίο τμήμα του δικτύου πρόσβασης ξεκινάει από τον υπαίθριο κατανεμητή, και περιλαμβάνει περισσότερα μικρότερης χωρητικότητας καλώδια (από 10 έως 200 ζεύγη) σε δενδρική διάταξη, που φθάνουν μέχρι το κουτί τερματισμού του δικτύου σε εσωτερικό (εισαγωγή) ή εξωτερικό χώρο του κτιρίου του συνδρομητή ή πάνω σε στύλο, κοντά στο κτίριο του συνδρομητή. Ακολουθεί, κατά περίπτωση, η εσωτερική ή εξωτερική καλωδίωση του δικτύου κάθε συνδρομητή με καλώδια 1 ή 2 ζευγών. Αυτή είναι και η διάρθρωση του δικτύου πρόσβασης του βασικού παρόχου (OTE) και στη χώρα μας.

2.2. Γενικά Στοιχεία (Νοοτροπία)

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 σε εύρος μεταξύ 100Hz και 4.000Hz. Όλες αυτές οι συχνότητες όμως δεν είναι απαραίτητες για να γίνει καταληπτή η φωνή και η χροιά του συνομιλητή και έτσι 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.

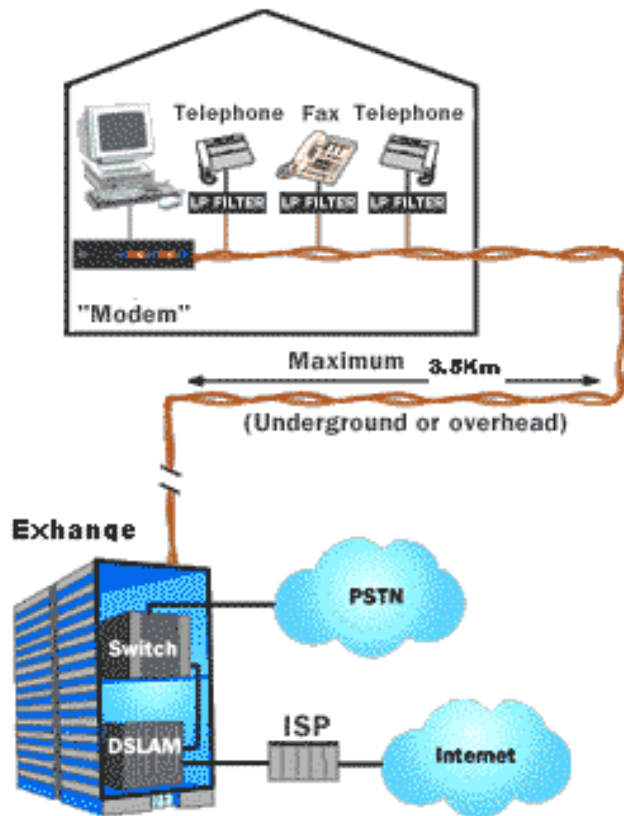
Το DSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Digital Subscriber Line και στην ουσία αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής. Ο δίαυλος αυτός μεταφέρει τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του σήματος της φωνής και τις υψηλές για τα δεδομένα.

Η τεχνολογία DSL χρησιμοποιεί την τηλεφωνική εγκατάσταση των χάλκινων καλωδίων για τη μεταφορά δεδομένων σε σπίτια και επιχειρήσεις. Αξιοποιεί στο έπακρο τις δυνατότητες των καλωδίων αυτών και εγγυάται δικτυακές συνδέσεις υψηλών ταχυτήτων τόσο για οικιακούς χρήστες όσο και για επιχειρήσεις που δεν χρησιμοποιούν την τεχνολογία των καλωδίων οπτικών ινών. Η ανάπτυξή της στην Ελλάδα είναι σχετικά πρόσφατη και έχει αρχίσει ήδη να αντικαθιστά την τεχνολογία ISDN υποστηρίζοντας τόσο δεδομένα όσο και φωνή - με τη μόνη διαφορά ότι, το μέρος της γραμμής που αφορά τη μεταφορά των δεδομένων είναι συνεχώς συνδεδεμένο, δηλαδή ενεργό - και με την προϋπόθεση ότι ο χρήστης βρίσκεται σχετικά κοντά στο κέντρο του τηλεπικοινωνιακού φορέα (βλέπε Σχήμα 2.1).

Έτσι λοιπόν η τεχνολογία DSL επέφερε ριζική αλλαγή στον τρόπο μεταφοράς δεδομένων παρέχοντας εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες μέσω των ήδη υπάρχουσων τηλεφωνικών γραμμών. Η επικοινωνία γίνεται εξ ολοκλήρου ψηφιακά, επιτρέποντας τη χρήση πολύ μεγαλύτερου εύρους ζώνης για τη μεταφορά των δεδομένων, με αποτέλεσμα την επίτευξη πολύ υψηλότερων ταχυτήτων επιτρέποντας ταυτόχρονα τη χρήση ενός μέρους του εύρους για τη μεταφορά αναλογικού σήματος (φωνής). Η ταχύτητα μεταφοράς, σε σχέση με αυτές που έχουμε συνηθίσει οι πιο πολλοί, είναι τεράστια και μπορεί να φτάσει τα 52,8Mbps από το Internet (downstream) προς το χρήστη και τα 2,5Mbps από το χρήστη (upstream) προς το Internet. Επίσης, το DSL προσφέρει συνεχή σύνδεση με το Internet, ο χρήστης, δηλαδή, δεν χρειάζεται να καλεί κάθε φορά κάποιον αριθμό αφού ο υπολογιστής είναι μόνιμα συνδεδεμένος στο δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα δίνει ταχύτητες επαρκείς για τη μεταφορά εικόνας, επιπέδου τηλεοπτικής εκπομπής.

Επειδή, όμως, τίποτε δεν έχει μόνο θετικές πλευρές, το DSL, όπως προαναφέρθηκε, έχει μια μεγάλη δέσμευση: την απόσταση! Το DSL, σε αντίθεση με το ISDN ή τα αναλογικά modems,

έχει σαφή περιορισμό στο επιτρεπόμενο μήκος του καλωδίου ανάμεσα στον υπολογιστή και στο κοντινότερο κέντρο της τηλεφωνικής εταιρείας, ή – ακριβέστερα – στον κοντινότερο DSL κόμβο του τηλεπικοινωνιακού παρόχου. Το μήκος του καλωδίου κυμαίνεται από 300 μέτρα για τις «ονειρεμένες» ταχύτητες και μέχρι τα 5,5 χιλιόμετρα για ταχύτητες μέχρι 8Mbps. Είναι σαφές, λοιπόν, ότι το DSL απευθύνεται κατά βάση στους κατοίκους των αστικών κέντρων.



Σχήμα 2.2. Σχεδίαση δικτύου μεταξύ DSL κόμβου και χρήστη υπηρεσιών

2.3. Η Τεχνολογία DSL

Παρόλο που οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών έχουν πλέον υποδομή δικτύου κορμού (και πολλές φορές και πρόσβασης) ψηφιακού τύπου, οι οικιακές υποδομές των συνδρομητών παραμένουν αναλογικές, χρησιμοποιώντας συνεστραμμένα ζεύγη χάλκινων καλωδιώσεων, που είναι μικρότερου κόστους. Η ζώνη συχνοτήτων που μπορεί να περάσει από αυτά είναι μέχρι 1 MHz. Η μετάδοση φωνής όμως περιορίζεται σε ένα ελάχιστο τμήμα αυτής της ζώνης (μόλις 3.3 KHz).

Το ίδιο ελάχιστο τμήμα των 4 KHz εκμεταλλεύεται και το παραδοσιακό αναλογικό PSTN 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.

Επιπλέον κατά την παλμοκωδική διαμόρφωση που πραγματοποιείται στον πλησιέστερο τηλεπικοινωνιακό κόμβο (CO – Central Office) για τη μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, η ταχύτητα περιορίζεται μόλις στα 56,6 Kbps, κάτι που αποτελεί όριο στην επίδοση του PSTN modem. Τα τελευταία χρόνια έχουν επιτευχθεί πολλές βελτιώσεις στην λειτουργία του modem όπως αποδοτικότερες τεχνικές συμπίεσης και διόρθωσης λαθών, που αποσκοπούν στην αύξηση της ταχύτητάς μετάδοσης δεδομένων, αλλά όλες αυτές οι τεχνικές απλώς προσεγγίζουν ικανοποιητικά το διατιθέμενο εύρος ζώνης των 3.3 KHz.

Το DSL – Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (Digital Subscriber Line) αποτελεί μια οικογένεια τεχνολογιών που συνδυάζουν πολυπλεξία (Multiplexing), αποπολυπλεξία (Demultiplexing) και διαμόρφωση σήματος (Signal Modulation).

Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική του DSL, το εύρος ζώνης της γραμμής επικοινωνίας χωρίζεται σε τρία μέρη: Το πρώτο μέρος αφορά τις υπηρεσίες φωνής που είναι γνωστές με τον όρο POTS (Plain Old Telephone Service). Το δεύτερο μέρος χρησιμοποιείται κατά το ανέβασμα (Uploading) δεδομένων από τη συσκευή του συνδρομητή προς τον κεντρικό τηλεπικοινωνιακό κόμβο. Τέλος, το τρίτο μέρος αναλώνεται στο κατέβασμα (Downloading) των δεδομένων από τον κεντρικό τηλεπικοινωνιακό κόμβο προς τη συσκευή του συνδρομητή.

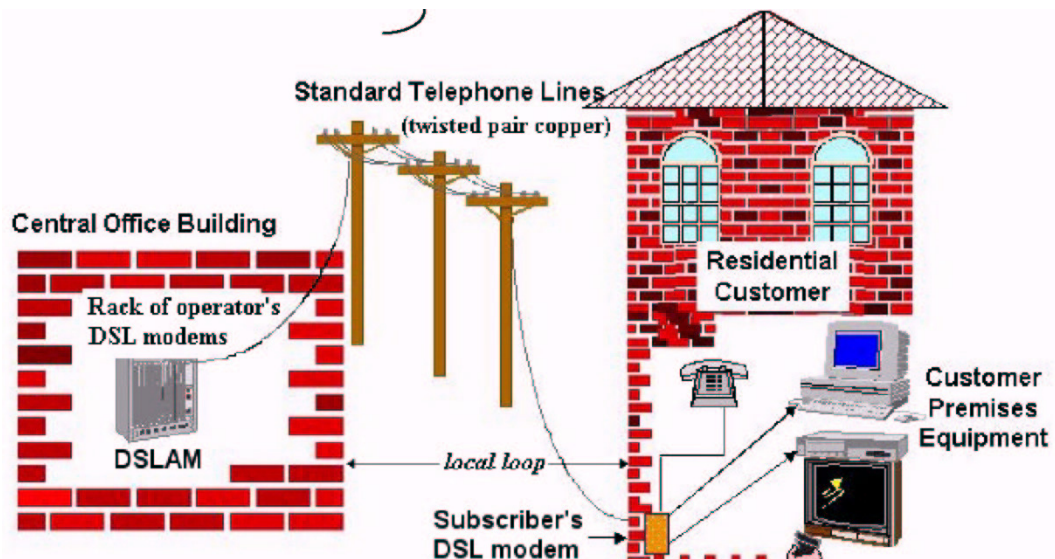
Ανάλογα με τις απαιτήσεις σε εύρος ζώνης προς τις δύο κατευθύνσεις (από και προς τον συνδρομητή), το DSL μπορεί να προσφέρει τόσο συμμετρικές, όσο και ασύμμετρες υπηρεσίες. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν συμμετρικές υπηρεσίες απαιτούν το ίδιο εύρος ζώνης και προς τις δύο κατευθύνσεις. Για παράδειγμα, η υπηρεσία φωνής που παρέχεται από τις εταιρείες τηλεπικοινωνιών είναι συμμετρική. Αντίθετα, οι ασύμμετρες υπηρεσίες παρέχονται στις εφαρμογές που αξιούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης προς την μια κατεύθυνση. Μια τέτοια εφαρμογή είναι ο παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web). Οι αιτήσεις στον παγκόσμιο Ιστό – που αποτελούν το ανέβασμα δεδομένων (uploading) – μεταφέρουν, ως επί το πλείστον, πολύ μικρότερη πληροφορία από τις αποκρίσεις (Responses) – που αποτελούν το κατέβασμα δεδομένων (downloading). Στην εποχή που διανύουμε πλέον ένας πολύ μεγάλος τομέας - τόσο συμμετρικών όσο και ασύμμετρων - υπηρεσιών, ο οποίος υλοποιείται παγκοσμίως κατά κόρον μέσω των τεχνολογιών του DSL, είναι αυτές που ονομάζουμε Triple Play Services. Δηλαδή:

Υπηρεσίες Φωνής – Τηλεφωνία POTS/PSTN, VoIP

Υπηρεσίες Εικόνας – Streaming Video, Video on Demand, IPTV

Υπηρεσίες Δεδομένων – Internet Υψηλών Ταχυτήτων, Intranet

Για αυτές όμως θα μιλήσουμε σε επόμενη ενότητα.



Σχήμα 2.3. Παράδοση ευρυζωνικών υπηρεσιών μέσω Τοπικού Βρόχου (Local Loop)

2.4. Φορείς - Διεθνείς Οργανισμοί Τυποποίησης

ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU - Telecommunication Sector, γνωστή παλαιότερα ως CCITT
ISO	International Standards Organization
ANSI	American National Standards Institute
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
NIST	National Institute of Standards and Technology
IETF	Internet Engineering Task Force
COS	Corporation for Open Systems
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
ECMA	European Computer Manufactures Association
EIA	Electronic Industries Association
TIA	Telecommunications Industries Association
MPEG	Motion Picture Experts Group

2.5. Προτυποποίηση

G.991.1	High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers
G.991.2	Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers
G.992.1	Asymmetrical digital subscriber line (ADSL) transceivers

- G.992.2 Splitterless asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers
- G.992.3 Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2)
- G.992.4 Splitterless asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (splitterless ADSL2)
- G.992.5 Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers - Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+)
- G.993.1 Very high speed digital subscriber line foundation (VDSL)
- G.994.1 Handshake procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers
- G.995.1 Overview of digital subscriber line (DSL) Recommendations
- G.996.1 Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers
- G.997.1 Physical layer management for digital subscriber line (DSL) transceivers

Τα σημαντικότερα και πιο εμπορικά σύγχρονα πρότυπα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Οικογένεια	Πρότυπο ITU	Όνομα	Επικύρωση	Τυπικές δυνατότητες ταχύτητας
ADSL	G.992.1	G.dmt	1999	7 Mbps down 800 kbps up
ADSL2	G.992.3	G.dmt.bis	2002	8 Mbps down 1 Mbps up
ADSL2plus	G.992.5	ADSL2plus	2003	24 Mbps down 1 Mbps up
SHDSL (updated 2003)	G.991.2	G.SHDSL	2003	5.6 Mbps up/down
VDSL	G.993.1	Very-high-data-rate DSL	2004	55 Mbps down 15 Mbps up
VDSL2 -12 MHz long reach	G.993.2	Very-high-data-rate DSL 2	2005	55 Mbps down 30 Mbps up
VDSL2 - 30 MHz Short reach	G.993.2	Very-high-data-rate DSL 2	2005	100 Mbps up/down

Πίνακας 2.4. Προτυποποίηση (πηγή: DSL Forum)

Στα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν θα εμφανιστεί το φαινόμενο αναφοράς σε κάποια DSL τεχνολογία με διαφορετικές ταχύτητες από ότι δείχνει ο παραπάνω πίνακας. Αυτό έχει να κάνει καταρχήν με παραρτήματα που ακολούθησαν την αρχική καθιέρωση κάποιων προτύπων, και κατ' επέκταση με την πρακτική εφαρμογή τους τελικά στο πεδίο, μέσω εξελίξεων και διαφορετικών υλοποιήσεων, από διάφορους κατασκευαστές παγκοσμίως.

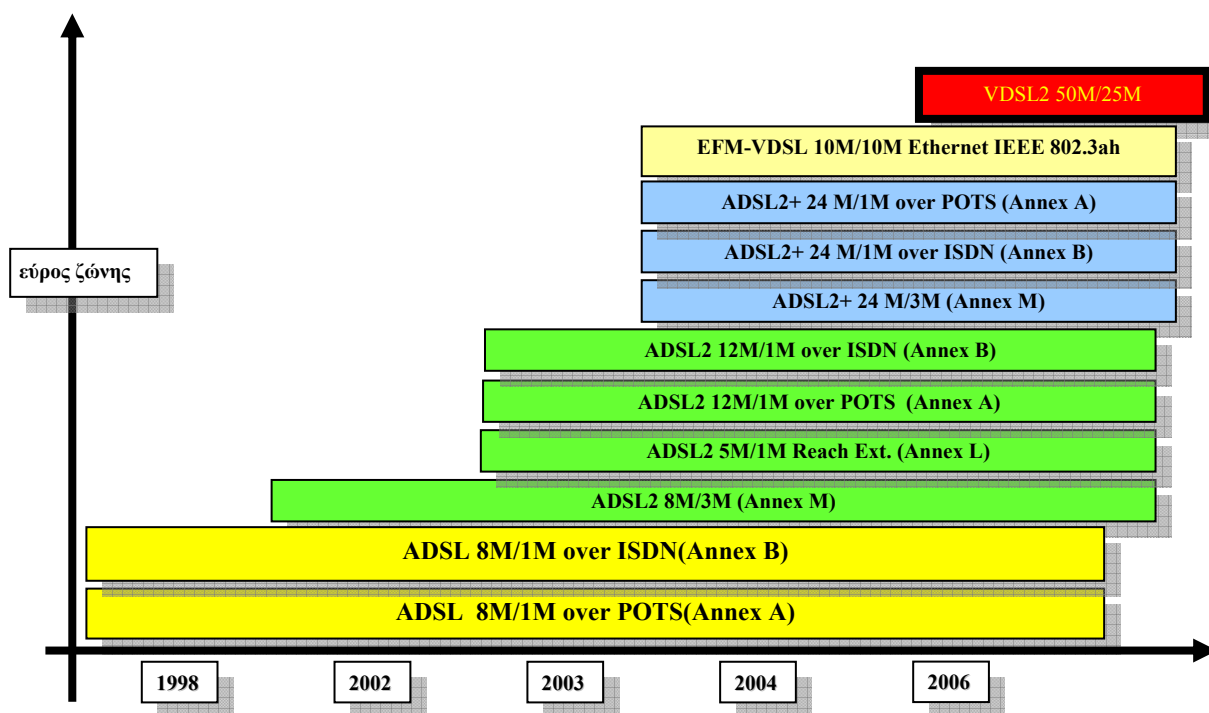
ΚΕΦ. 3 - ΤΥΠΟΙ xDSL

3.1. Γενικά Στοιχεία

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. Όλες οι τεχνολογίες DSL περιγράφονται από τον γενικό όρο xDSL. Οι κυριότερες από τις τεχνολογίες αυτές είναι οι εξής: Ασύμμετρο DSL (ADSL: Asymmetric DSL), Συμμετρικό DSL (SDSL: Symmetrical DSL), Υψηλού ρυθμού μετάδοσης DSL (HDSL: High bit rate DSL), Προσαρμοζόμενου ρυθμού μετάδοσης DSL (RADSL: Rate Adaptive DSL) και Πολύ Υψηλού ρυθμού μετάδοσης DSL (VDSL: Very high bit rate DSL). Μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν και στις Splitter-based και Splitterless. Η βασική τους διαφορά βρίσκεται στο ότι για την Splitter-based απαιτείται η εγκατάσταση ενός διαχωριστή σήματος από την τηλεφωνική εταιρεία στο χώρο που βρίσκεται ο υπολογιστής, ενώ για τη Splitterless ο διαχωρισμός του σήματος γίνεται κεντρικά στις εγκαταστάσεις της τηλεφωνικής εταιρείας. Καθώς όλες οι προαναφερθείσες ανήκουν στην κατηγορία των Splitter-based, η τεχνοτροπία Splitterless είναι γνωστή και ως "Universal ADSL" ή "G.Lite" ή "DSL Lite". Στη χώρα μας, ο ΟΤΕ αλλά και οι εναλλακτικοί Πάροχοι έχουν υλοποιήσει την Splitter-based τεχνοτροπία.

Παρακάτω, στο σχήμα 3.1, μπορούμε να δούμε ότι το DSL είναι μια τεχνολογία με πολύ ικανοποιητικές επιδόσεις πλέον στον τομέα του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων ενώ εξέλιξη των επιμέρους ειδικών τεχνολογιών / υποκατηγοριών DSL συνεχίζεται και σήμερα (ADSL, VDSL), όπως θα διαπιστώσουμε στο τέλος της παρούσας ενότητας και ειδικότερα στην επόμενη. Κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν αποφασιστικά στην εξέλιξη αυτή είναι:

- Η ανάγκη για υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης για την υποστήριξη σύγχρονων εφαρμογών πολυμέσων που συνδυάζουν κλασικές υπηρεσίες με κινούμενη εικόνα (διαδραστική τηλεόραση, τηλεδιάσκεψη, βίντεο κατ' απαίτηση, κ.α.).
- Η τάση υλοποίησης όλων των μορφών υπηρεσιών μετάδοσης (συμμετρικές, ασύμμετρες, πολύ υψηλών ταχυτήτων κλπ.) πάνω από την υπάρχουσα υποδομή των δισύρματων χάλκινων καλωδίων.
- Η ανάγκη για υποστήριξη μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ συνδρομητών και τηλεφωνικών κέντρων, ώστε να καταστεί δυνατή η προσφορά της ίδιας υπηρεσίας σε όλους τους συνδρομητές.



Σχήμα 3.1. Η εξέλιξη των σύγχρονων τεχνολογιών DSL

3.2. Βασικές τεχνολογίες xDSL

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους οι κυριότερες υποκατηγορίες του DSL έχουν ως εξής:

3.2.1. ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΕΣ

HDSL. Το HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) υπήρξε η πρώτη εμπορικά αξιοποιημένη έκδοση του DSL. Χρησιμοποιεί το ίδιο εύρος και για την αποστολή και για τη λήψη των δεδομένων, με αποτέλεσμα να προσφέρει σχετικά μικρές ταχύτητες (2Mbps). Η τεχνολογία HDSL είναι από τις πρώτες που αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 από την BellCore. Δημιουργήθηκε με απώτερο σκοπό να εκμεταλλευτεί και τελικά να αντικαταστήσει την υπάρχουσα τεχνολογία των κυκλωμάτων T1. Οι γραμμές T1 είναι ψηφιακές και φτάνουν σε ταχύτητες της τάξεως των 1.544Mbps.

Η κωδικοποίηση γραμμής που πραγματοποιήθηκε ήταν η AMI (Alternate Mask Inversion). Αυτή απαιτεί ένα εύρος ζώνης της τάξεως των 1.5MHz. Οι υψηλές συχνότητες που χρησιμοποιούνται από την AMI οδηγούν στην εξασθένηση του σήματος, εξαιτίας της ευαισθησίας που εμφανίζουν σε φαινόμενα θορύβου. Αυτό σημαίνει ότι όταν η τεχνολογία HDSL επιστράτευε την τεχνική AMI το σήμα μπορούσε να ταξιδεύει με ασφάλεια σε αποστάσεις της τάξεως του 1Km. Πέρα από αυτές τις αποστάσεις όμως ήταν αναγκαία η χρήση κάποιου επαναλήπτη (Repeater) ή ενισχυτή (Amplifier) σήματος. Μια εναλλακτική λύση στην κωδικοποίηση της γραμμής αποτέλεσε η τεχνική 2B1Q. Πρόκειται για μια τεχνική που σχεδιάστηκε αποκλειστικά για τις τεχνολογίες HDSL, SDSL και την ISDN-BRI. Η 2B1Q

είναι λιγότερο ευαίσθητη σε φαινόμενα εξασθένησης σήματος δεδομένου ότι περιορίζεται σε πολύ μικρότερες συχνότητες σε σχέση με την AMI. Με την 2B1Q κατέστη δυνατό να επιτευχθούν ταχύτητες της τάξεως των 2Mbps για αποστάσεις μεγαλύτερες των 3.6Km.

Συγκριτικά με την τεχνολογία ADSL, η HDSL προσφέρει απόλυτα συμμετρικές υπηρεσίες, δηλαδή το εύρος ζώνης και προς τις δύο κατευθύνσεις είναι το ίδιο. Για την επίτευξη της πλήρους αμφίδρομης μετάδοσης χρησιμοποιούνται 2 καλώδια συνεστραμμένων ζευγών. Αυτό είναι και ένα σημαντικό μειονέκτημα σε σχέση με το ADSL που χρησιμοποιεί μόνο ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών. Τα βασικά πλεονεκτήματα του HDSL ήταν τα ακόλουθα:

- Μεγάλη ανοχή σε οποιαδήποτε τροποποίηση του τοπικού βρόχου από την εταιρεία παροχής τηλεφωνικών υπηρεσιών.
- Πλήρη συνεργασία με κυκλώματα T1, δεδομένου ότι το HDSL δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό.
- Δυνατότητα αντιμετώπισης περιπτώσεων αποτυχίας του συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι το HDSL μπορεί να ανακάμψει όταν ένα από τα δύο καλώδια αποτύχει. Απλά η χρήση μόνο του ενός καλωδίου περιορίζει τις επιδόσεις του συστήματος στο μισό.

Μετάδοση	Συμμετρική
Μέγιστη ταχύτητα	2 Mbps
Διαμόρφωση	2B1Q
Δισύρματο / Τετρασύρματο καλώδιο	Τετρασύρματο
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Όχι
Πιθανή εφαρμογή	Παροχή υπηρεσίας E1, PRI-ISDN συγκέντρωση κίνησης Frame Relay, διασύνδεση LANs
Πρότυπο	ITU G.991, ETSI ETR 152, TS 101 135

HDSL2. Το πρότυπο HDSL2 σχεδιάστηκε για να αντικαταστήσει το HDSL. Παρέχει τους ίδιους ρυθμούς μετάδοσης με το HDSL απαιτώντας όμως μόνο ένα ζεύγος καλωδίων. Το πλεονέκτημα αυτό είναι πολύ σημαντικό, κυρίως σε περιοχές όπου τα αχρησιμοποίητα ζεύγη καλωδίων είναι σπάνια. Το HDSL2 είναι βασισμένο στο πρότυπο ANSI T1E1.4.

Χαρακτηριστικά	HDSL	HDSL2
Ρυθμός μετάδοσης	2 Mbps	2 Mbps
Μετάδοση	Συμμετρική	Συμμετρική
Δισύρματο / Τετρασύρματο καλώδιο	Τετρασύρματο	Δισύρματο
Μέγιστη απόσταση για καλώδιο 0.4 mm	3 χλμ.	3 χλμ.
Μέγιστη απόσταση για καλώδιο 0.5 mm	4 χλμ.	4 χλμ.
Μέγιστο μήκος γραμμής γεφύρωσης	600 μ.	600 μ.

IDSL. Το IDSL (ISDN Digital Subscriber Line) είναι μια υβριδική τεχνολογία των DSL και ISDN. Χρησιμοποιεί την ίδια τεχνική κωδικοποίησης δεδομένων με το ISDN, τις συσκευές ISDN, και επιτυγχάνει ταχύτητες συμμετρικής μεταφοράς δεδομένων 64, 128, και 144Kbps. Η διαφορά του με το ISDN, είναι ότι αποφεύγει την χρησιμοποίηση του δικτύου τηλεφωνίας και των τηλεφωνικών κέντρων ISDN, ενώ χρησιμοποιεί το δίκτυο μετάδοσης δεδομένων και παρέχει μόνιμη σύνδεση. Δεν υποστηρίζει τις υπηρεσίες τηλεφωνίας παράλληλα με την μετάδοση δεδομένων. Η χρησιμότητά του έγκειται στο ότι συντελεί στην αποσυμφόρηση των τηλεφωνικών κέντρων από τις κλήσεις ISDN για πρόσβαση στο διαδίκτυο, ενώ δεν

παρουσιάζονται καθυστερήσεις για την εγκατάσταση της σύνδεσης. Απαιτεί ένα ζεύγος καλωδίων, και η μέγιστη απόσταση για την παροχή των υπηρεσιών είναι 6Km από το τηλεφωνικό κέντρο. Είναι μια τεχνολογία η οποία πάντως πρακτικά (εμπορικά) δεν βρήκε ευρύ πεδίο εφαρμογής καθότι η περιορισμένη της μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, σε σχέση με τις άλλες συμμετρικές τεχνολογίες και με τις ανάγκες των χρηστών, αποτέλεσε τελικά ένα «ανυπέρβλητο» μειονέκτημα.

Μετάδοση	Συμμετρική
Μέγιστη ταχύτητα	144 Kbps
Διαμόρφωση	2B1Q
Μέγιστη απόσταση από τηλεφωνικό κέντρο	6 χλμ.
Δισύρματο / Τετρασύρματο καλώδιο	Δισύρματο
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Όχι
Πιθανή εφαρμογή	Πρόσβαση στο Διαδίκτυο
Πρότυπο	ITU G.997.1, G.996.1 G.995.1, G.995.1, G.994.1

SDSL. Το SDSL (Single-line Digital Subscriber Line) πρακτικά είναι το ίδιο με το HDSL, μόνο που χρησιμοποιεί μία μόνο γραμμή σύνδεσης. Η τεχνολογία SDSL είναι γνωστή και ως ψηφιακή γραμμή συνδρομητή απλού καλωδίου. Αποτελώντας τον «πρόδρομο» του HDSL2. Πρόκειται για την HDSL με τη μόνη διαφορά ότι χρησιμοποιείται ένα απλό καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, αντί για δύο. Δεδομένου ότι η τοπική εγκατάσταση του συνδρομητή λαμβάνει υπόψη μόνο ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών για σύνδεση με το τοπικό τηλεπικοινωνιακό κέντρο, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το SDSL είναι περισσότερο προσιτό στον απλό χρήστη από ότι το HDSL. Βέβαια οι επιδόσεις του SDSL παραμένουν οι ίδιες με αυτές του HDSL – μπορεί να επιτύχει ρυθμούς ανόδου και καθόδου δεδομένων της τάξεως των 2Mbps – αλλά για να γίνει κάτι τέτοιο πρέπει επίσης η ποιότητα της τοπικής γραμμής χαλκού να έχει μέγιστη δυνατή τιμή. Διαφοροποιείται επίσης (νεώτερη του HDSL τεχνολογία) στο ότι για την δημιουργία των συμμετρικών ψηφιακών ζωνών ανόδου και καθόδου δεδομένων χρησιμοποιείται η τεχνική διαγραφής της ηχούς (echo cancellation), ενώ η κωδικοποίηση της πληροφορίας στη γραμμή μετάδοσης πραγματοποιείται ομοίως, με χρήση της μεθόδου 2B1Q.

Το SDSL βρίσκει πολλές εφαρμογές σε επιχειρησιακό επίπεδο. Αποτελεί ακόμα και τώρα μια από τις καλύτερες λύσεις για τη σύνδεση εξυπηρετητών (servers) στο διαδίκτυο. Αν και το κανάλι της παραδοσιακής τηλεφωνικής υπηρεσίας μπορεί να είναι διαχωρισμένο από αυτά των δεδομένων, συνήθως, η τηλεφωνική επικοινωνία δεν μπορεί να πραγματοποιείται ταυτόχρονα με τις υπηρεσίες δεδομένων. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα σε επιχειρησιακό επίπεδο εξαιτίας της ύπαρξης εναλλακτικών λύσεων.

Μετάδοση	Συμμετρική
Μέγιστη ταχύτητα	2 Mbps
Διαμόρφωση	2B1Q
Τετρασύρματο / Δισύρματο καλώδιο	Δισύρματο
Μέγιστη απόσταση από τηλεφωνικό κέντρο	3,5 χλμ.
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Όχι
Πιθανή εφαρμογή	Παροχή υπηρεσίας E1, διασύνδεση LANs
Πρότυπο	ETSI TS 101 524

SHDSL ή G.SHDSL. Το SHDSL (Symmetric High-Bit rate Digital Subscriber Line) είναι η νεώτερη προτυποποιημένη συμμετρική τεχνολογία και η πρώτη συμμετρική πολλαπλού ρυθμού. Είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει συμμετρικούς ρυθμούς από 192Kbps μέχρι 2.3 Mbps σε ένα χάλκινο ζεύγος, ή 384 kbps έως 4.6 Mbps από δύο χάλκινα ζεύγη. Με αυτό τον τρόπο καλύπτει απαιτήσεις παραδοσιακά εξυπηρετούμενες από HDSL, SDSL, T1, E1 ή άλλες συμμετρικές υπηρεσίες. Έχει προτυποποιηθεί με βάση τη σύσταση ITU G.991.2 επονομαζόμενο ως G.SHDSL.

Η διαφορά του με το SDSL είναι πως το SDSL έχει εφαρμοστεί ως επί το πλείστον στην Βόρειο Αμερική υλοποιώντας κωδικοποίηση γραμμής 2B1Q, ενώ το SHDSL προωθείται πλέον παγκοσμίως χρησιμοποιώντας στην υλοποίησή του μια πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία κωδικοποίησης, την TC-PAM. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζει μεγαλύτερη εμβέλεια στον τοπικό βρόχο και καλύτερες στάθμες απόδοσης (φασματικής συμβατότητας) στη συνεργασία με άλλες DSL τεχνολογίες.

Είναι προορισμένες να υλοποιήσουν εφαρμογές συμμετρικής μετάδοσης δεδομένων (μισθωμένα κυκλώματα) σε ακόμα μεγαλύτερες αποστάσεις.

Η τεχνολογία TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation) είναι η τεχνική διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται και στα HDSL2 και SHDSL, παρέχοντας ανθεκτική απόδοση σε μια ποικιλία συνθηκών φυσικού μέσου. Το SHDSL χρησιμοποιεί την TC-PAM για να παρέχει τη δυνατότητα μεταβολής του λόγου ρυθμός προς απόσταση, προσφέροντας με αυτό τον τρόπο αυξημένη απόδοση (σε ταχύτητα ή εμβέλεια) και σαφώς βελτιωμένη φασματική συμβατότητα με ADSL, συγκρινόμενο με το τωρινό 2B1Q του SDSL. Συγκρινόμενο με το HDSL2, το SHDSL είναι σχεδιασμένο τεχνικά/λειτουργικά να προσφέρει χαμηλότερη κατανάλωση ρεύματος.

Το SHDSL παρέχει επίσης πολύ καλές δυνατότητες εμβέλειας. Συμμετρικοί ρυθμοί των 2.3Mbps μπορούν να παρασχεθούν σε αποστάσεις μέχρι και 3 km, μειούμενοι στα 192Kbps στα 6 km πάνω από ένα απλό χάλκινο ζεύγος. Το πρότυπο SHDSL όμως παρέχει την επιλογή της αύξησης του ρυθμού ή της απόστασης με τη χρήση και δεύτερου χάλκινου ζεύγους. Το φορτίο της κίνησης διαμοιράζεται εξίσου και στα δύο ζεύγη, αλλά όσον αφορά την εφαρμογή και οι δύο συνδέσεις λειτουργούν ταυτόχρονα ως ένας μεγάλος δίαυλος. Η προαιρετική αυτή επιλογή των δύο ζευγών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επεκτείνει την εμβέλεια του ρυθμού των 2.3Mbps στα 5 km. Από κει και πέρα ο κάθε τηλεπικοινωνιακός πάροχος έχει τη δυνατότητα να εφαρμόσει το δικό του ιδιαίτερο σχεδιασμό όπως ταιριάζει καλύτερα στην υλοποίηση του δικού του δικτύου.

Σημαντικό μειονέκτημα της τεχνολογίας SHDSL είναι το ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί στο ίδιο ζευγάρι με την κλασική POTS τηλεφωνία, καθώς χρησιμοποιεί και αυτή το χαμηλό τμήμα του φάσματος.

3.2.2. ΑΣΥΜΜΕΤΡΕΣ

ADSL. Το ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) είναι η πιο γνωστή έκδοση του DSL. Είναι, όπως λέει και το όνομά του, ασύμμετρο, δηλαδή χρησιμοποιεί διαφορετικό εύρος για την αποστολή και διαφορετικό εύρος για τη λήψη των δεδομένων. Οι στατιστικές έχουν δείξει ότι ο μεγάλος όγκος κατά τη μεταφορά δεδομένων είναι προς το χρήστη, ενώ η ποσότητα των δεδομένων που αποστέλλει ο χρήστης προς το Διαδίκτυο, είναι πολύ μικρότερη. Το πρώτο πρότυπο ADSL προέβλεπε ονοματικές ταχύτητες μέχρι 6,1Mbps downstream και 640kbps upstream ενώ επέτρεπε επίσης και την ταυτόχρονη μεταφορά φωνής από την ίδια γραμμή. Ωφέλιμη εμβέλεια είναι τα 5,5Km για ταχύτητα 1,5Mbps, τα 4,9Km για ταχύτητα 2Mbps, τα 3,6Km για ταχύτητα 6,3Mbps και τα 2,7Km για ταχύτητα 8,4Mbps.

Μετάδοση	Ασύμμετρη
Μέγιστη ταχύτητα λήψης	6.1 Mbps
Μέγιστη ταχύτητα αποστολής	640 Kbps
Διαμόρφωση	CAP / DMT
Δισύρματο / Τετρασύρματο καλώδιο	Δισύρματο
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Ναι
Πιθανές εφαρμογές	Πρόσβαση στο Διαδίκτυο & σε απομακρυσμένα LANs, video-on-demand, VoIP
Πρότυπο	ITU G.992, ANSI T1.413 Issue2, ETSI TS 101 388, ETR 328

Όπως και φαίνεται στο σχήμα 3.1 παραπάνω η τεχνολογία του ADSL, έχει προχωρήσει στην εποχή μας αρκετά βήματα παραπέρα με νέα πρότυπα **ADSL/ADSL2/ADSL2+**, υψηλότερα ποιοτικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά και ασύλληπτες ταχύτητες πάνω στο χαλκό. Αυτά όμως θα περιγραφούν αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

G.dmt ADSL / Full-rate ADSL. Πρόκειται για μετεξέλιξη του παραπάνω, με τα ίδια σχεδόν χαρακτηριστικά αλλά ελαφρώς καλύτερη απόδοση. Είναι η τεχνολογία του ADSL η οποία εφαρμόζεται κατά κόρον επί του παρόντος στη χώρα μας από τον ΟΤΕ, στα πρότυπα ITU G.992.1 ANNEX A (over PSTN) και ANNEX B (over ISDN). Το G.dmt ADSL υποστηρίζει ικανοποιητικά υπηρεσίες οικιακής χρήσης. Εάν το DSL modem βρίσκεται σε απόσταση 3 - 4 χλμ. από το τηλεφωνικό κέντρο υποστηρίζει λήψη δεδομένων σε ταχύτητες μέχρι και 8Mbps και αποστολή δεδομένων σε ταχύτητες μέχρι και 1.5Mbps. Εάν το DSL modem βρίσκεται σε απόσταση μέχρι και 6 χλμ. από το τηλεφωνικό κέντρο μπορεί να προσφέρει ταχύτητα λήψης δεδομένων μέχρι και 1.5Mbps. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται η εγκατάσταση διαχωριστή από την τηλεπικοινωνιακή εταιρεία στην τηλεφωνική γραμμή του χρήστη.

Μετάδοση	Ασύμμετρη
Μέγιστη ταχύτητα αποστολής	1.5 Mbps
Μέγιστη ταχύτητα λήψης	8 Mbps
Διαμόρφωση	DMT
Δισύρματο / Τετρασύρματο καλώδιο	Δισύρματο
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Ναι
Πιθανές εφαρμογές	Πρόσβαση στο Διαδίκτυο, τηλεφωνία IP, βιντεοτηλεφωνία, video on demand
Πλεονέκτημα	Υψηλός ρυθμός μετάδοσης ακόμη και σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις
Πρότυπο	ITU G.992.1

RADSL. Το RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line) αποτελεί μια παραλλαγή του ADSL, κατά την οποία γίνεται συνεχής μέτρηση της δυνατότητας μεταφοράς που έχει η γραμμή, και προσαρμόζεται ανάλογα ο ρυθμός μεταφοράς. Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός ρυθμών είναι 6.1Mbps για κάθοδο δεδομένων και 640Kbps για άνοδο δεδομένων. Μπορεί να εφαρμοστεί εναλλακτικά του ADSL προσαρμόζοντας το ρυθμό μετάδοσης ανάλογα με την ποιότητα της γραμμής μετάδοσης και το μήκος του τοπικού βρόχου. Ο τηλεπικοινωνιακός πάροχος είναι αυτός που αποφασίζει και μπορεί να μεταβάλει στατικά ή δυναμικά για το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων σε μια σύνδεση. Έχει δύο εναλλακτικές επιλογές: η πρώτη είναι να επιτρέψει σε μια γραμμή ρυθμούς μετάδοσης ικανούς να καλύψουν μια αναμενόμενη ζήτηση. Η δεύτερη επιλογή είναι η δυναμική προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης της γραμμής ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις της γραμμής.

Ένα άλλο χρήσιμο χαρακτηριστικό της RADSL είναι το ότι επιτρέπει στους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους να διαχωρίζουν δεδομένα από φωνή, δρομολογώντας μόνο τα δεδομένα μέσω των δικτύων δεδομένων τους, προκειμένου να εξασφαλίζουν υψηλή ταχύτητα από το συνδρομητή μέχρι τον πάροχο. Με τον τρόπο αυτό εξακολουθούν να είναι χρήσιμα τα υπάρχοντα αναλογικά κυκλώματα μετάδοσης φωνής, ενώ δεν επιβαρύνονται τα δίκτυα δεδομένων - αν και η μετάδοση της φωνής δεν απαιτεί υψηλή χωρητικότητα, πρέπει μόνο να γίνεται με σταθερό ρυθμό μεταξύ των δύο άκρων. Σχεδιάστηκε για εφαρμογές βίντεο κατ' απαίτηση. Μπορεί επίσης να μεταβάλλει την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων ανάλογα με τις εφαρμογές, π.χ. απλά δεδομένα, πολυμεσικές εφαρμογές, φωνή κτλ.

Μετάδοση	Ασύμμετρη
Μέγιστη ταχύτητα λήψης	6.1 Mbps
Μέγιστη ταχύτητα αποστολής	640 Kbps
Διαμόρφωση	CAP / DMT
Δισύρματο / Τετρασύρματο καλώδιο	Δισύρματο
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Ναι
Πιθανές εφαρμογές	Πρόσβαση στο Διαδίκτυο & σε απομακρυσμένα LANs, video-on-demand, VoIP
Πρότυπο	ANSI TR59
Μετάδοση	Ασύμμετρη

DSL-Lite ή G.Lite ή Splitterless DSL ή Universal ADSL. Το G.Lite αποτελεί μια "περιορισμένη" έκδοση του ADSL, η οποία δεν απαιτεί την ύπαρξη splitter (διαχωριστή) στο άκρο που βρίσκεται ο υπολογιστής. Το G.Lite είναι πλέον πρότυπο του οργανισμού ITU (G-992.2) και δίνει ταχύτητες downstream από 1,544Mbps μέχρι 6Mbps και upstream από 128Kbps μέχρι 384Kbps. Σε σχέση με το κανονικό ADSL, το πρότυπο G.Lite ADSL παρέχει μικρότερους ρυθμούς μετάδοσης, ενώ δεν απαιτεί διαχωρισμό της γραμμής στην πλευρά του χρήστη για την εξυπηρέτηση της τηλεφωνίας και των εφαρμογών δεδομένων. Ο διαχωρισμός της γραμμής γίνεται στον τηλεπικοινωνιακό φορέα. Αυτό συντελεί στη μείωση του κόστους εξοπλισμού και της ανάπτυξης. Μια σύνδεση G.Lite λειτουργεί καλύτερα με τη χρήση μικροφίλτρων, τα οποία τοποθετούνται στις τηλεφωνικές γραμμές στις εγκαταστάσεις του πελάτη. Περιλαμβάνει μια τεχνική γνωστή ως γρήγορη επανεκπαίδευση (fast retrain) με

σκοπό την μείωση των παρεμβολών. Κυριότερο μειονέκτημα του G.Lite είναι ότι η ταχύτητά του δεν είναι επαρκής για μετάδοση κινούμενης εικόνας.

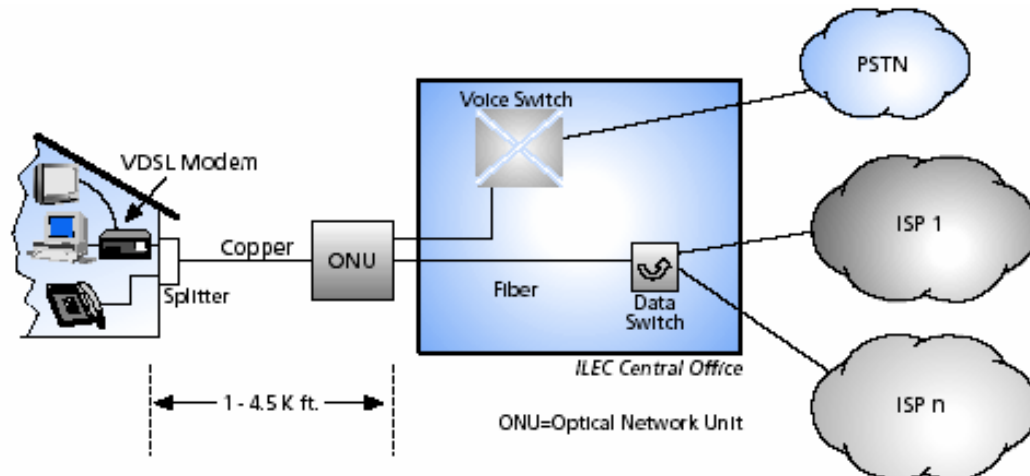
Μετάδοση	Ασύμμετρη
Μέγιστη ταχύτητα αποστολής	384 Kbps
Μέγιστη ταχύτητα λήψης	1.544 Mbps
Διαμόρφωση	DMT
Διούρματο / Τετραούρματο καλώδιο	Διούρματο
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Ναι
Πιθανές εφαρμογές	Πρόσβαση στο Διαδίκτυο, τηλεφωνία IP, βιντεοτηλεφωνία
Πλεονέκτημα	Ευκολία εγκατάστασης
Πρότυπο	ITU G.997.1, G.996.1, G.995.1, G.994.1, G.922.2

VDSL. Το VDSL (Very-high-data-rate Digital Subscriber Line) γενικότερα βρίσκεται ακόμη σε ανάπτυξη και έχοντας πραγματοποιήσει εξωπραγματικές, για τα μέχρι τώρα δεδομένα του χαλκού, ταχύτητες που φτάνουν τα 55Mb το δευτερόλεπτο υπόσχεται πολλά περισσότερα! Δυστυχώς όμως, μόνο όσοι βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από τον κοντινότερο VDSL κόμβο θα μπορούν να την αξιοποιήσουν. Η αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας αποστολής που χρησιμοποιείται από το VDSL δεν έχει ακόμη εξερευνηθεί εξ ολοκλήρου. Το VDSL παρουσιάζοντας μια τεχνική ομοιότητα με το ADSL αναμένεται να συνυπάρξει με αυτό και να το υποκαταστήσει στις περιπτώσεις που οι τεχνικοί περιορισμοί το επιτρέπουν, όπως για παράδειγμα όταν το μήκος του ακραίου χάλκινου τμήματος του δικτύου πρόσβασης μειώνεται (<1,5Km) λόγω μεσολάβησης Μονάδας Οπτικού δικτύου, ONU (βλέπε σχήμα 3.2).

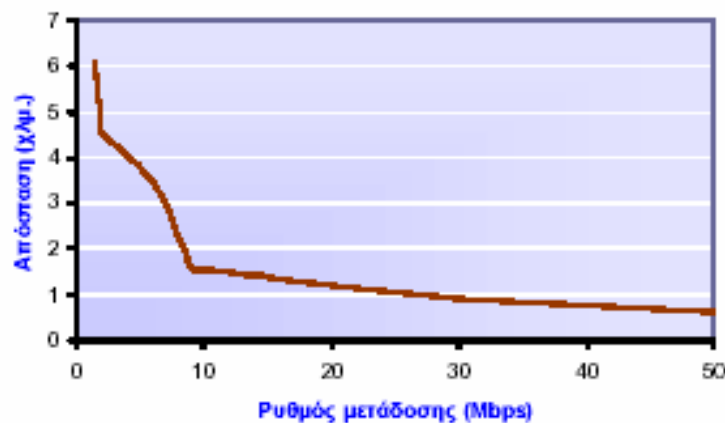
Το VDSL μπορεί να επιτύχει ταχύτητες μέχρι και 10 φορές μεγαλύτερες από το ADSL. Ωστόσο, και τα δύο μοιάζουν να αποτελούν μια ταυτόσημη (μερικώς) τεχνολογία. Το ADSL χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές μετάδοσης και μεθόδους διόρθωσης σφαλμάτων και μπορεί να επιτύχει ρυθμούς από 1.5 μέχρι και 9Mbps για αποστάσεις μέχρι και 5.5Km. Το VDSL χρησιμοποιεί ακριβώς τις ίδιες τεχνικές μετάδοσης και διόρθωσης σφαλμάτων και επιτυγχάνει ρυθμούς από 13 έως 52Mbps αλλά για αποστάσεις μικρότερες του 1.4Km (σχήμα 3.3). Σε αντίθεση όμως με την ADSL, το VDSL έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει τόσο και με συμμετρικό τρόπο, χρησιμοποιώντας είτε μια απλή τηλεφωνική γραμμή είτε μια ISDN γραμμή, μεταδίδοντας δεδομένα με υψηλές ταχύτητες σε μικρές αποστάσεις. Σημειώνεται δε πως έχει δοκιμαστεί – και έχει δουλέψει ικανοποιητικά ως συμμετρική τεχνολογία πρόσβασης – παρέχοντας ρυθμούς ως και 25Mbps στα 1.2Km.

Μετάδοση	Ασύμμετρη
Μέγιστη ταχύτητα	52 Mbps
Διαμόρφωση	CAP / DMT
Διούρματο / Τετραούρματο καλώδιο	Διούρματο
Υποστηρίζει τηλεφωνία	Ναι
Πιθανές εφαρμογές	Πρόσβαση σε εφαρμογές πολυμέσων στο Διαδίκτυο, ευρυζωνικές υπηρεσίες (π.χ., τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας)
Πρότυπο	ETSI TS 101 270

Επί του παρόντος, το ADSL δείχνει να μπορεί να καλύψει καλύτερα τη ζήτηση των συνδρομητών συγκριτικά με το VDSL, δεδομένης της δυνατότητας οικονομικότερης και ευρύτερης επιλογής εξοπλισμού ταυτόχρονα με τις μεγαλύτερες εφικτές αποστάσεις. Πάντως, και οι δύο τεχνολογίες είναι σε θέση να υποστηρίξουν τις αυξημένες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης που προκύπτουν κυρίως από τις σύγχρονες πολυμεσικές εφαρμογές και υπηρεσίες που έχουν ήδη αρχίσει και υλοποιούνται και αντίστοιχα να παρέχονται σε διάφορα μέρη του κόσμου (μη συμπεριλαμβανομένης ακόμα της Ελλάδας).



Σχήμα 3.1. Περίπτωση / πεδίο εφαρμογής VDSL



Σχήμα 3.2. Ρυθμοί μετάδοσης VDSL vs Απόσταση

Σιγά σιγά έχει αρχίσει και ακούγεται όλο και περισσότερο η τεχνολογία **VDSL2** επονομαζόμενη και ως «Επέκταση Οπτικής Ίνας». Πρόκειται για υψηλής απόδοσης DSL τεχνολογία πέρα από την VDSL και την ADSL2+. Θεωρείται ως το μελλοντικό ιδανικό συμπλήρωμα στη κατασκευή δικτύων οπτικής πρόσβασης (FTTx), αποδίδοντας ταχύτητες «100BASE-T» μέσω κανονικών UTP καλωδίων. Η προτυποποίηση της εν λόγω τεχνολογίας κατά ITU, η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη, είναι βασισμένη στην τεχνική διαμόρφωσης DMT, και θα παρέχει διαλειτουργικότητα με τα άλλα xDSL πρότυπα.

3.3. Εξειδικευμένες τεχνολογίες xDSL

Πέρα από τις βασικές τεχνολογίες DSL που αναφέρθηκαν παραπάνω, κατά καιρούς μεγάλοι κατασκευαστές (Vendors) τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού DSL, σε συνεργασία με σημαντικά ερευνητικά εργαστήρια, προσπάθησαν και ανέπτυξαν κάποιες παραλλαγές των βασικών τεχνολογιών DSL με σκοπούς είτε να εκμεταλλευθούν σε αποκλειστικότητα πατέντες οι οποίες θα προσέφεραν κάποια μοναδικά πλεονεκτήματα στους εξοπλισμούς τους, είτε θέλοντας να ενσωματώσουν στα μηχανήματά τους χαρακτηριστικά απαραίτητα για να ικανοποιήσουν ιδιαίτερες ανάγκες συγκεκριμένων πελατών τους.

CDSL. Το CDSL (Consumer Digital Subscriber Line) είναι πατέντα της Rockwell και έδινε ταχύτητες downstream της τάξης του 1Mbps.

UDSL. Το UDSL (Unidirectional Digital Subscriber Line) είναι παρεμφερές με το HDSL. Σε αντίθεση όμως με αυτό, το UDSL είναι μονοκατευθυντικό.

M/SDSL. Για συμμετρικές εφαρμογές το M/SDSL (Multirate SDSL) αποδείχθηκε πολύτιμη τεχνολογία, ειδικά στην παροχή υπηρεσιών TDM. Χτισμένο πάνω στην SDSL τεχνολογία του μονού ζεύγους καλωδίων, υποστηρίζει αλλαγή των ρυθμών της γραμμής και με τον τρόπο αυτό μεταβολής της απόστασης των πομποδεκτών. Η έκδοση που χρησιμοποιεί CAP υποστηρίζει 6 διακριτούς ρυθμούς επιτρέποντας 64/128Kbps υπηρεσία να φτάσει τα 8.9 χιλιόμετρα σε καλώδιο 0.5 χιλιοστών και τα 4.5 χιλιόμετρα σε πλήρη ρυθμό 2Mbps.

ReachDSL. Πρόκειται για συμμετρική τεχνολογία, πατέντα της Paradyne, η οποία ανταποκρίνεται στην απαίτηση υψηλής ταχύτητας DSL υπηρεσιών σε μεγάλες αποστάσεις. Με τη χρήση του χαμηλότερου τμήματος του φάσματος συχνοτήτων το ReachDSL μπορεί να παρέχει ταυτόχρονα POTS και ευρυζωνικές υπηρεσίες, ακόμα και κάτω από τις χειρότερες πιθανές συνθήκες φυσικού μέσου ή κτιριακών δικτυακών εγκαταστάσεων (ανθεκτικό). Έχει αποδειχθεί πως το ReachDSL μπορεί αξιόπιστα να παρέχει υπηρεσίες υψηλών ταχυτήτων, σε συνδρομητές που δεν μπορεί να «φτάσει» καμία άλλη DSL τεχνολογία, με ρυθμούς έως και 2,2Mbps συμμετρικά. Οι λύσεις που βασίζονται στο ReachDSL έχουν την ικανότητα να μοιράζονται γραμμές χωρίς να επηρεάζονται από γεφυρώσεις και είναι ιδανικές για επιχειρήσεις, οικιακές εφαρμογές και ιδιωτικά δίκτυα. Βασικά του πλεονεκτήματα είναι:

- Η μη χρησιμοποίηση διαχωριστών στο χώρο του πελάτη οδηγεί σε απλούστατη διαδικασία εγκατάστασης, και η οποία μπορεί να γίνει και από το χρήστη.
- Η επέκταση των δυνατοτήτων του αρκετά πάνω από 6 χιλιόμετρα, μέχρι και τα 9.
- Το χαμηλότερο κόστος του σε σχέση με τις υπόλοιπες συμμετρικές τεχνολογίες.
- Η δυναμική κατανομή του εύρους ζώνης των συχνοτήτων, η οποία επιτρέπει στην υπηρεσία να τροποποιείται για διαφορετικές εφαρμογές.

10MDSL: Το 10MDSL (10Mbps Ethernet DSL) είναι επίσης γνωστό και ως M2DSL (Multi-megabit, Multi-pair DSL). Η τεχνολογία αυτή σχεδιάστηκε καταρχήν με στόχο να παρέχει μια

συμμετρική υπηρεσία Ethernet 10Mbps, πάνω από ένα ή περισσότερα χάλκινα ζεύγη. Πρόκειται για μια πολύ νέα τεχνολογία (αναμένεται να βγει σε εμπορική λειτουργία το 2007), την οποία στη συνέχεια κάποιοι κατασκευαστές επέλεξαν να μετεξελίξουν προς το εμπλουτισμένο SDSL (enhanced SDSL), ενώ άλλοι ακολουθούν το δρόμο των επιλογών του VDSL. Ο κοινός στόχος είναι τελικά να επιτευχθούν για το σύστημα οι παρακάτω εμβέλειες στον ρυθμό των 10Mbps.

Αριθμός χάλκινων ζευγών	Απόσταση
1	0,9 km
2	2,1 km
3	2,7 km
4	3 km

Πίνακας 3.4: Εργαστηριακές τιμές εμβέλειας 10MDSL

Δεδομένης δε της δυνατότητας του να υλοποιηθεί με τη χρήση πολλαπλών ζευγών, κάποιοι κατασκευαστές εξερευνούν και τις αποδόσεις του σε πολύ μικρές αποστάσεις (<1 km) με το μέγιστο αριθμό ζευγών, για να φτάσουν να μιλούν για συμμετρικούς ρυθμούς μετάδοσης μέχρι και 45Mbps.

3.4. Απολογισμός των Τεχνολογιών xDSL

Οι επιδόσεις του DSL εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες. Οι κυριότεροι είναι ο τύπος της υπηρεσίας DSL που χρησιμοποιείται, η απόσταση του συνδρομητή από το κοντινότερο τηλεπικοινωνιακό κέντρο, η κατάσταση-φύση του μέσου μετάδοσης και η ταχύτητα του διαύλου στη συσκευή του χρήστη.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η τεχνολογία DSL αναπτύχθηκε με απώτερο σκοπό την εκμετάλλευση των υπαρχόντων τηλεπικοινωνιακών, οικιακών μέσων μετάδοσης (δηλαδή, των καλωδίων UTP) για παροχή διαδικτυακών υπηρεσιών οι οποίες απαιτούσαν και απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Όμως, η χρήση των τηλεφωνικών καλωδίων UTP παρουσιάζει κάποια εμφανή μειονεκτήματα εξαιτίας της φύσεώς τους.

Όπως φαίνεται και παρακάτω στον πίνακα 3.5, κατά πρώτο λόγο, για αγωγό διατομής 0.4 mm (ελληνικά αστικά κέντρα), τα χάλκινα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων – θεωρώντας καλώδια άριστης κατάστασης – τυπικά δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν αποστάσεις άνω των 5.5 χιλιομέτρων.

	HDSL/2	SDSL	ADSL	RADSL	VDSL
Ονομαστικός Ρυθμός Ανόδου	1.544 ή 2.048Mbps	1.544 ή 2.048Mbps	640 - 1024Kbps	640Kbps	1.5 - 2.3Mbps
Ονομαστικός Ρυθμός Καθόδου	1.544 ή 2.048Mbps	1.544 ή 2.048Mbps	1.5 – 9Mbps	6.1Mbps	13 – 52Mbps
Κατάσταση	Συμμετρικό	Συμμετρικό	Ασύμμετρο	Ασύμμετρο	Ασύμμετρο
Αριθμός Χάλκινων Ζευγών	2 / 1	1	1	1	1
Σηματοδοσία	Ψηφιακή	Ψηφιακή	Αναλογική	Αναλογική	Ψηφιακή
Ακτίνα	3.7 Km	3.5 – 5 Km	3.7 – 5.5 Km	3.7 – 5.5 Km	1.4 Km
Κωδικοποίηση Γραμμής	2B1Q	2B1Q	CAP / DMT	CAP / DMT	DMT
Συχνότητα	196KHz	196KHz	1 – 5MHz	1 – 5MHz	10MHz

Πίνακας 3.5: Συγκεντρωτικά τυπικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών xDSL

Επιπλέον, η επίδοση βελτιστοποιείται όσο το πλάτος του καλωδίου είναι μεγαλύτερο. Για παράδειγμα, καλώδια διατομής των 0.5 mm μπορούν να αποστέλλουν δεδομένα με τον ίδιο ρυθμό όπως αυτά των 0.4 mm, αλλά διατηρούν το ρυθμό αυτό για μεγαλύτερες αποστάσεις.

Κάποιες από τις τεχνολογίες DSL αναπτύχθηκαν για να υποστηρίξουν συγκεκριμένες υποδομές των εταιρειών τηλεφωνίας όπως τα κυκλώματα T1,T2..., E1, E2... (πρόκειται για την περίπτωση του HDSL) και οι υποδομές καλωδίων οπτικών ινών (περίπτωση VDSL). Η δεύτερη περίπτωση αφορά περιπτώσεις όπου η εγκατάσταση του συνδρομητή βρίσκεται σε υπερβολικά μεγάλη απόσταση από το κεντρικό τηλεπικοινωνιακό γραφείο με αποτέλεσμα η επικοινωνία με αποκλειστικά χάλκινα καλώδια να είναι απαγορευτική.

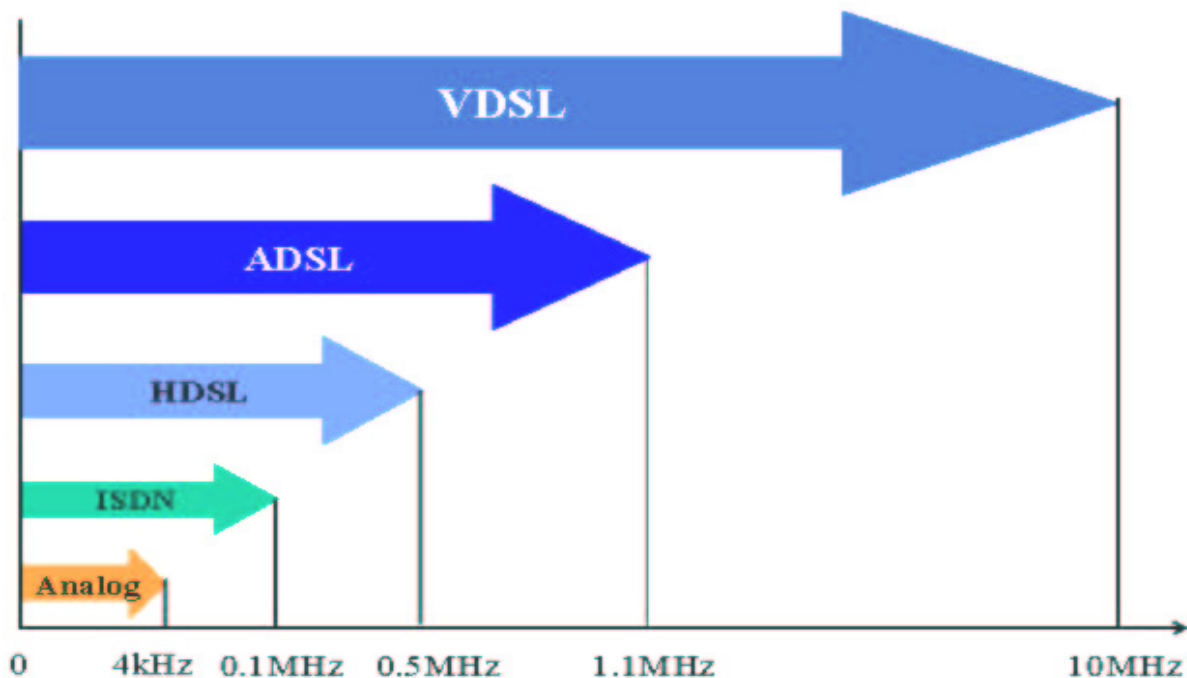
Κάποιες από τις τεχνολογίες DSL, όπως το SDSL και το HDSL, αναπτύχθηκαν για να καλύψουν όποιες ανάγκες προκύπτουν για συμμετρικές υπηρεσίες. Δεδομένου ότι στο διαδίκτυο είναι μόνιμα συνδεδεμένοι εξυπηρετητές (servers) διάφορων ειδών, η ανάγκη για υποστήριξή τους με γραμμές ανόδου δεδομένων υψηλών ταχυτήτων κατέστησε τις ανωτέρω τεχνολογίες μια άκρως αξιόπιστη λύση.

Λόγω των υψηλών ταχυτήτων που υποστηρίζουν εισβάλλουν δυναμικά στο χώρο των εφαρμογών ευρείας εκπομπής (broadcasting) παρόλο που στο χώρο αυτό υπάρχουν ήδη εδραιωμένες τεχνολογίες. Γενικά μέσω του DSL μπορούν να υποστηριχθούν οι εξής εφαρμογές όπως πρόσβαση στο διαδίκτυο με υψηλή ταχύτητα (Fast Internet), διασύνδεση τοπικών δικτύων (E-Lan), υπηρεσίες πολυμέσων (VoD), μετάδοση φωνής (VoDSL), υποστήριξη πυλών (portals) παροχής σύνθετων υπηρεσιών, υποστήριξη εφαρμογών ATM και πολλές άλλες.

Εν κατακλείδι, έχει αποδειχθεί πλέον στην πράξη πως όλες σχεδόν οι παραλλαγές του DSL μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστες πλατφόρμες για ανταγωνιστικές υπηρεσίες τόσο σε οικιακά όσο και σε επιχειρησιακά περιβάλλοντα, αποδοτικά και οικονομικά αφού εκμεταλλεύονται την υπάρχουσα φυσική υποδομή – καλωδίωση. Έτσι λοιπόν και σε διάφορα μέρη το κόσμου σήμερα λειτουργούν ευρυζωνικά δίκτυα βασισμένα σε διάφορες τεχνολογίες DSL, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες (φυσικές, οικονομικές) και ανάγκες (επιχειρηματικές, πολιτισμικές).

Τύπος	Μέγιστη αποστολή data	Μέγιστη λήψη data	Μέγιστη απόσταση
ADSL	800 Kbps	8 Mbps	5,500 m
HDSL	1,54 Mbps	1,54 Mbps	3,650 m
IDSL	144 Kbps	144 Kbps	10,700 m
MSDSL	2 Mbps	2 Mbps	8,800 m
RADSL	1 Mbps	7 Mbps	5,500 m
SDSL	2,3 Mbps	2,3 Mbps	6,700 m
VDSL	16 Mbps	52 Mbps	1,200 m

Πίνακας 3.6: Ταχύτητες γραμμών DSL μετρημένες στο πεδίο

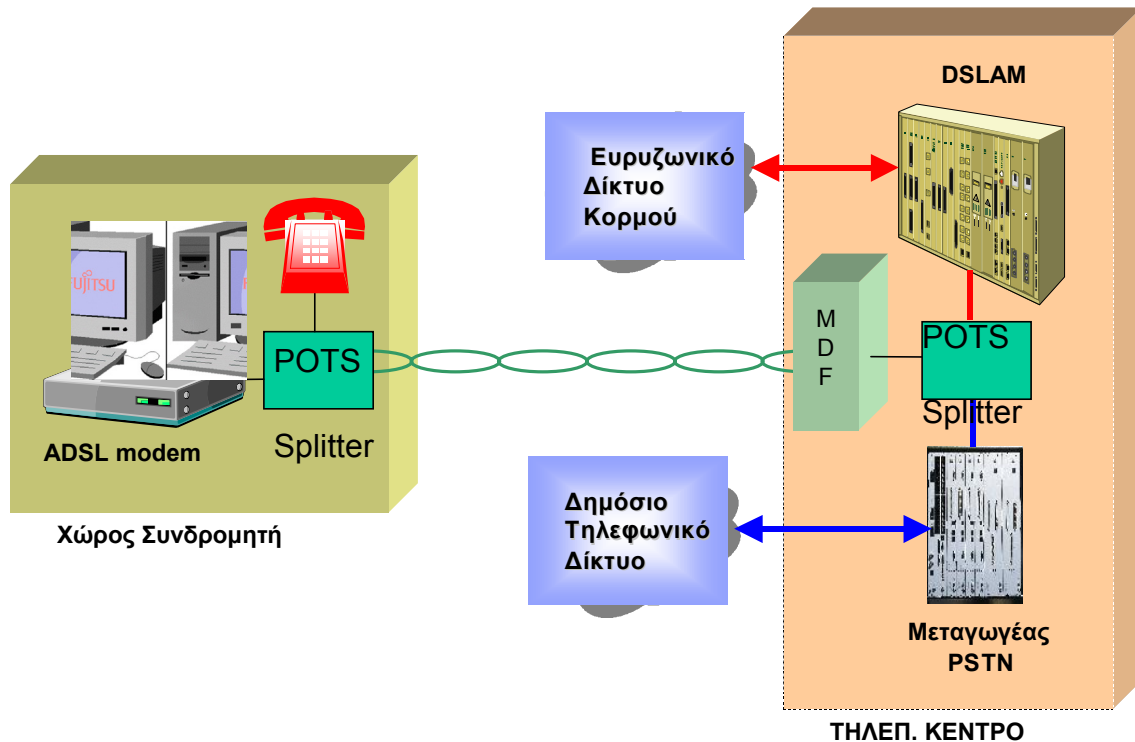


Σχέδιο 3.7: Σύνοψη χρησιμοποιούμενων φασματικών περιοχών

ΚΕΦ. 4 - ADSL: Τεχνολογία και Εφαρμογές

4.1. Σχεδίαση

Το ADSL είναι ένα σύστημα μετάδοσης που υπερθέτει μία αμφίδρομη ασύμμετρη ευρυζωνική υπηρεσία σε ένα κοινό τηλεφωνικό ζεύγος συνεστραμμένων καλωδίων. Διαχωρίζει την υπάρχουσα γραμμή τηλεφώνου σε δύο, μία για τη φωνητική τηλεφωνία και μία για τα δεδομένα.



Σχήμα 4.1. Διάταξη συστήματος ADSL

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα 4.1, στο χώρο του πελάτη εγκαθίσταται ένας διαχωριστής (splitter) που διαχωρίζει τα δεδομένα από τις τηλεφωνικές κλήσεις. Η τηλεφωνική κλήση δρομολογείται στο τηλέφωνο και τα δεδομένα δρομολογούνται στο ADSL modem που αποτελεί έναν ψηφιακό επεξεργαστή σήματος. Ο υπολογιστής συνδέεται με το μόντεμ με σύνδεση υψηλής ταχύτητας που επιτυγχάνεται τοποθετώντας μία κάρτα Ethernet στον υπολογιστή και δημιουργώντας ένα μικρό δίκτυο δύο κόμβων. Στο άλλο άκρο του συστήματος, στο τερματικό κέντρο, εγκαθίσταται επίσης ένας διαχωριστής που διαχωρίζει το φωνητικό σήμα από το σήμα δεδομένων. Το φωνητικό σήμα δρομολογείται στον μεταγωγέα φωνής (PSTN) και το σήμα δεδομένων δρομολογείται στην συσκευή Πολυπλέκτης Προσπέλασης Ψηφιακής Συνδρομητικής Γραμμής (DSLAM), η οποία περιέχει το ίδιο είδος ψηφιακού επεξεργαστή με το ADSL modem. Αφού το ψηφιακό σήμα μετασχηματιστεί σε μια ροή bit, σχηματίζονται πακέτα και στέλνονται στον ISP.

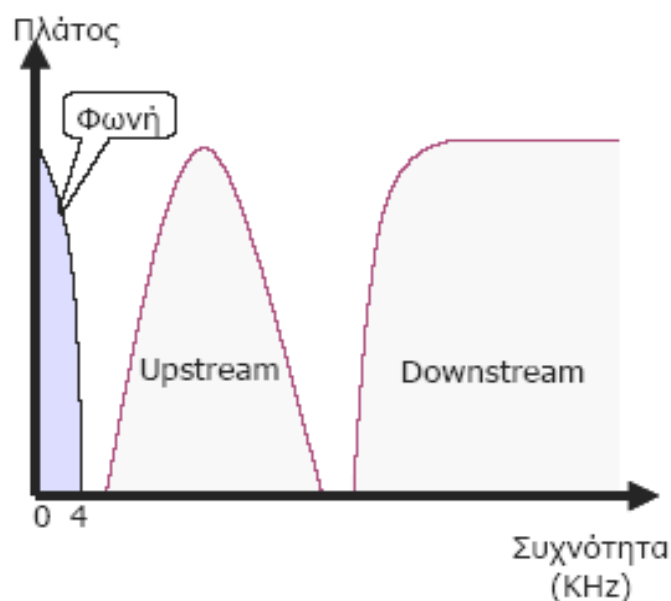
4.2. Απαιτήσεις φάσματος

Η φιλοσοφία του ADSL είχε προταθεί στην αρχή της περασμένης δεκαετίας από αναλυτές μελετών από τα εργαστήρια AT&T και Bell, και το Πανεπιστήμιο Stanford. Η ανάπτυξη όμως των ADSL modem επηρεάστηκε σαφέστατα από τις εξελίξεις στα καλωδιακά modem, τις τερματικές δηλαδή συσκευές που χρησιμοποιούσαν οι εταιρίες καλωδιακής τηλεόρασης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι πρώτες προσπάθειες για τυποποίηση [ANSI T1E1.4 Working Group (1992)] επικεντρώθηκαν στην μετάδοση σημάτων εικόνας MPEG2 σε πραγματικό χρόνο και με ρυθμούς 6Mbps από ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού.

Μία ADSL σύνδεση βασικά χρησιμοποιεί την φασματική περιοχή από 0 μέχρι 1,1 MHz ενός ζεύγους χάλκινων αγωγών, για την υπέρθεση τριών καναλιών πληροφορίας:

- Ενός καναλιού υψηλού ρυθμού με καθοδική κατεύθυνση προς το χρήστη (downstream).
- Ενός καναλιού επιστροφής μέσου ρυθμού (upstream) με ανοδική κατεύθυνση από τον χρήστη προς το δίκτυο και
- Ενός κοινού τηλεφωνικού καναλιού (POTS).

Στις τεχνολογίες DSL η σύσταση G.992.x ορίζει δύο τρόπους διαχείρισης της αμφίδρομης επικοινωνίας ως προς την φασματική κατανομή, οι οποίες βασίζονται στις τεχνικές πολυπλεξίας με διαίρεση συχνότητας (κατηγορία I) και λειτουργίας με καταστολή της ηχούς (κατηγορία II) αντίστοιχα. Σύμφωνα με την κατηγορία I (βλέπε σχήμα 4.2) τα δύο ευρυζωνικά κανάλια, προς και από τον συνδρομητή, χρησιμοποιούν διαφορετική ζώνη συχνοτήτων λειτουργίας, οι οποίες είναι πλήρως μη επικαλυπτόμενες.



Σχήμα 4.2. Πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας (FDM - Frequency Division Multiplexing)

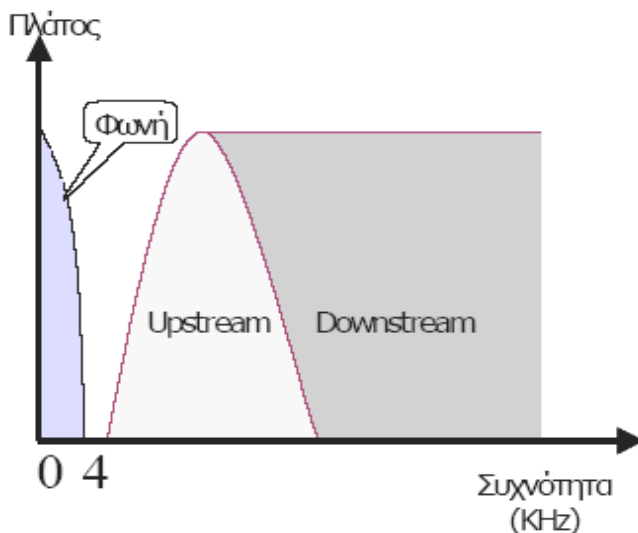
Στην κατηγορία II το κανάλι επιστροφής του συνδρομητή συμπίπτει φασματικά με τις χαμηλότερες συχνότητες του καναλιού προς τον συνδρομητή. Η αμφίδρομη μετάδοση σε συχνότητες που επικαλύπτονται καθίσταται δυνατή με τη χρήση συσκευών καταστολής ηχούς, οι οποίες εντοπίζουν την ύπαρξη ηχούς και αφαιρούν από τον πομπό τόσο το σήμα που ο ίδιος εκπέμπει, όσο και την ανάκλαση αυτού.

Η τεχνική καταστολής ηχούς έχει δύο πλεονεκτήματα:

α) Η downstream μετάδοση αποκτά περισσότερο εύρος ζώνης στο καλύτερο τμήμα της γραμμής, στις χαμηλές δηλαδή συχνότητες και,

β) το εύρος ζώνης για upstream μετάδοση μπορεί να επεκταθεί προς τα πάνω, χωρίς να παρεμβάλλεται στο downstream.

Προς το παρόν, μόνο DSL modems που εφαρμόζουν διαμόρφωση πολλαπλών φερουσών συχνοτήτων χρησιμοποιούν τον τρόπο λειτουργίας με καταστολή ηχούς.



Σχήμα 4.3. Λειτουργία με καταστολή ηχούς (EC – Echo Cancellation)

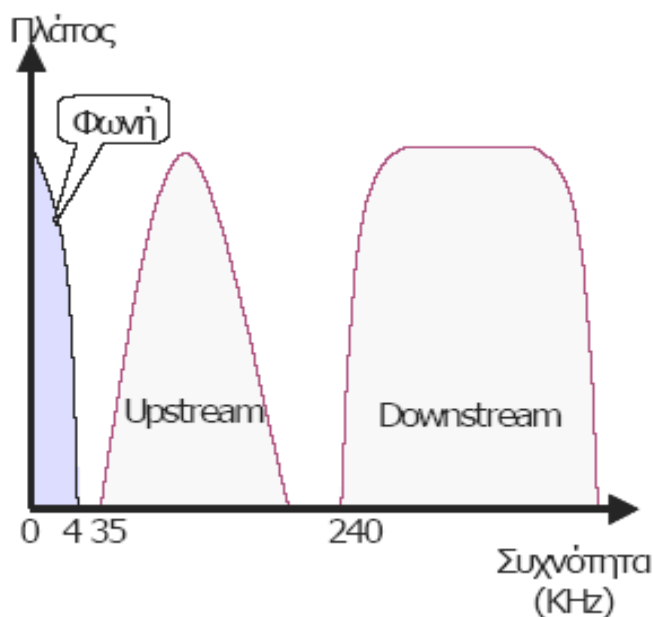
Σε κάθε περίπτωση το τηλεφωνικό κανάλι διαχωρίζεται πριν από το ψηφιακό modem με κατάλληλα φίλτρα και συνδέεται απευθείας στην τηλεφωνική συσκευή, διασφαλίζοντας την τηλεφωνική υπηρεσία ανεξάρτητα από την λειτουργία του ADSL (αλλά και της παροχής ρεύματος).

4.3. Τεχνικές Διαμόρφωσης

Η λειτουργία του ADSL βασίστηκε αρχικά σε δύο ανταγωνιστικές ζωνοπερατές τεχνικές διαμόρφωσης, την CAP και την DMT. Τόσο η τεχνική Διαμόρφωσης Πλάτους και Φάσης χωρίς Φορέα (Carrierless Amplitude and Phase Modulation - CAP), όσο και η τεχνική

Διακριτού Πολυτόνου (Discrete Multi-Tone - DMT) βασίζονται στην ίδια βασική τεχνική διαμόρφωσης ως προς πλάτος και φάση, την QAM, διαφέρουν όμως ως προς τον τρόπο εφαρμογής της.

Η διαμόρφωση CAP – μια λύση που ανέπτυξαν οι AT&T και Globespan – χρησιμοποιεί έναν φορέα, τον οποίο διαμορφώνει σύμφωνα με την τεχνική QAM (έως και 9 bit πληροφορίας ανά κύκλο φέρουσα, ανάλογα με την κατάσταση της γραμμής). Προκειμένου να αυξηθεί η αντίσταση του συστήματος σε θόρυβο, η διαμόρφωση CAP συνδυάζεται με τεχνική αυτόματης διόρθωσης σφαλμάτων (FEC – Forward Error Correction), συμπεριλαμβάνοντας πρόσθετα bit διόρθωσης σφαλμάτων, σύμφωνα με τον κώδικα Trellis. Πριν την εκπομπή η φέρουσα υποβαθμίζεται (carrierless), αφού δεν μεταφέρει πληροφορία, και αποκαθίσταται έπειτα πάλι στον δέκτη. Υπερτερεί της QAM, εξαιτίας της δυνατότητας που προσφέρει για γρήγορη ψηφιακή υλοποίηση. Το φάσμα των συστημάτων CAP βρίσκεται αρκετά πάνω από το φάσμα συχνοτήτων για τη μετάδοση της φωνής. Το άνω όριο συχνοτήτων ποικίλει, και εξαρτάται από το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης. Μπορεί να φτάσει τα 1.5 MHz, αλλά για πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης και μικρούς βρόχους το άνω όριο εκτείνεται μέχρι και τα 8MHz.

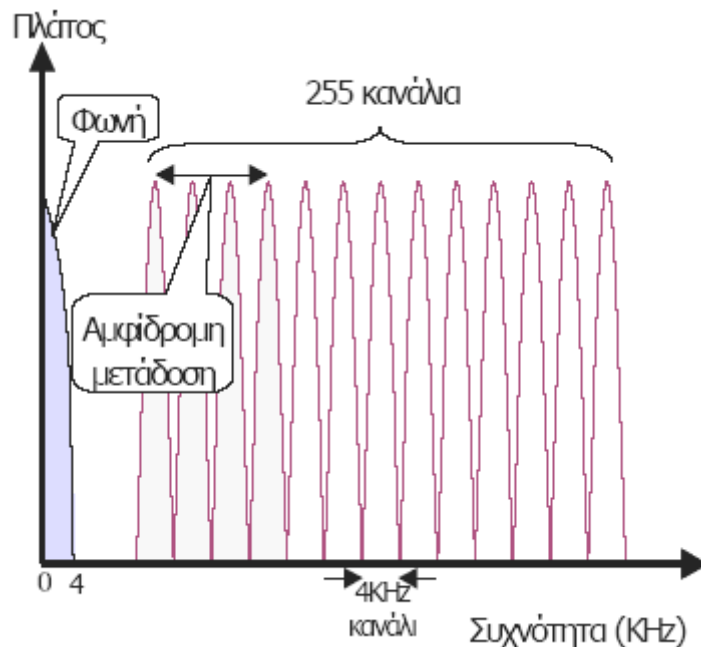


Σχήμα 4.4. Φάσμα συστημάτων CAP

Η τεχνική DMT – πρότυπο ANSI T1.413 – ανήκει στις τεχνικές διαμόρφωσης με πολλαπλές φέρουσες συχνότητες (multi-carrier modulation). Το διαθέσιμο εύρος ζώνης διαιρείται σε κανάλια ίσου φασματικού εύρους 4,3 kHz περίπου. Έτσι το συνολικό διαμορφωμένο σήμα αποτελείται από ανεξάρτητα σήματα, καθένα από τα οποία καταλαμβάνει ένα κανάλι, μέσα στο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Σε κάθε κανάλι χρησιμοποιείται διαφορετικός φορέας, που διαμορφώνεται σύμφωνα με την τεχνική QAM, με κατάλληλη ανάθεση bit πληροφορίας ανά κύκλο φέρουσα. Η ανάθεση αυτή καθορίζεται δυναμικά από την ποιότητα της γραμμής σε κάθε φέρουσα συχνότητα, κατά την εκκίνηση του modem. Το σύστημα ρυθμίζει την

μετάδοση δεδομένων σε κάθε κανάλι έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα του συστήματος. Αν δηλαδή κάποιο κανάλι αδυνατεί να υποστηρίξει μετάδοση σε υψηλή ταχύτητα λόγω της μεγάλης παρουσίας θορύβου, η ταχύτητα μετάδοσης στο κανάλι αυτό μειώνεται, ενώ σε κάποιο άλλο μπορεί αντίστοιχα να αυξηθεί. Έτσι, τα κανάλια, που αντιστοιχούν σε χαμηλότερες συχνότητες μεταφέρουν συνήθως περισσότερα bit/Hz (μέχρι και 16), ενώ τα κανάλια υψηλότερων συχνοτήτων, λιγότερα bit/Hz, λόγω της μεγαλύτερης εξασθένησης, που υφίστανται και της μικρότερης τιμής S/N.

Η διαμόρφωση DMT μπορεί να συνδυαστεί και με τις δύο τεχνικές αμφίδρομης μετάδοσης σε ένα ζευγάρι, τόσο με την FDM, όπου διατίθεται διαφορετική φασματική περιοχή για τα κανάλια κάθε διαδρομής, όσο και με την ECT, όπου τα ανερχόμενα κανάλια (upstream) ταυτίζονται φασματικά με κάποια από τα κατερχόμενα προς τον συνδρομητή (downstream).



Σχήμα 4.5. Φάσμα συστημάτων DMT

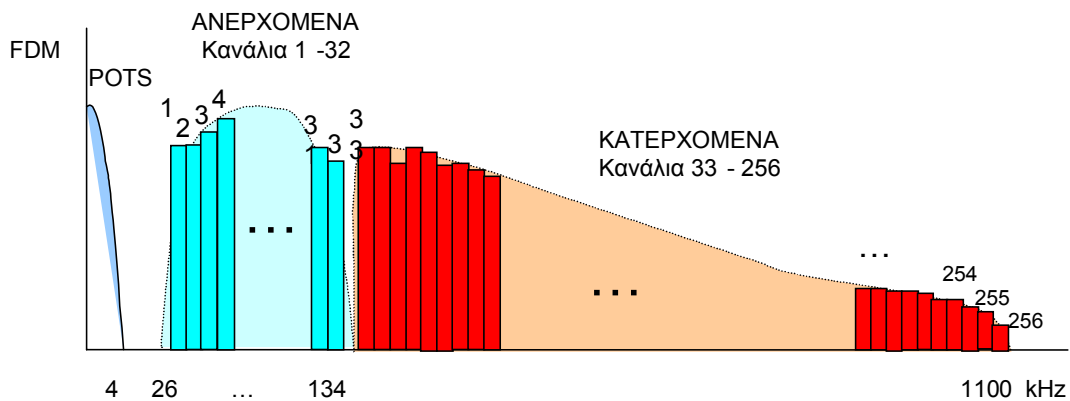
Συγκρίνοντας τις δύο τεχνικές διαμόρφωσης προκύπτει πως το DMT:

- Προσαρμόζεται στο θόρυβο στο πεδίο συχνότητας που είναι συνήθως σταθερός και έτσι βελτιστοποιεί την επίδοση για μια ποικιλία γραμμών και ρυθμών μετάδοσης.
- Σε δεδομένο ρυθμό μετάδοσης μπορεί να λειτουργήσει σε περισσότερες γραμμές από ότι το CAP.
- Πάνω σε μια δεδομένη γραμμή υποστηρίζει υψηλότερους ρυθμούς από ότι το CAP.

Από την άλλη πλευρά το CAP προσφέρει:

- Συγκριτικά μικρότερη καθυστέρηση
- Απλούστερες και φθηνότερες υλοποιήσεις

Παρότι η τεχνολογία DMT, τεχνικά, υπερτερεί του CAP, αυτό δεν συμβαίνει σε τόσο μεγάλο βαθμό ώστε να είναι η μόνη που μπορεί να εξυπηρετήσει την αγορά, γεγονός που αποδεικνύεται από το ότι στην αγορά υπάρχει σήμερα σημαντικός αριθμός ADSL modems με CAP. Σε οποιαδήποτε όμως περίπτωση και παρά το υψηλότερο κόστος και την μεγαλύτερη πολυπλοκότητά της, η τεχνική DMT αποτελεί την βασική επιλογή των οργανισμών τυποποίησης ANSI, ETSI και ITU κατά την τυποποίηση της λειτουργίας του ADSL με την έκδοση των συστάσεων T1.413 έκδοση 2 και G992.1.



Σχήμα 4.6. Φασματική διάταξη της ADSL-DMT με χρήση FDM.

4.4. Τεχνικά προβλήματα & περιορισμοί

Σε μεγαλύτερες της φωνής συχνότητες η λειτουργία των χάλκινων αγωγών του δικτύου πρόσβασης και κατ' επέκταση η ποιότητα υπηρεσιών των τεχνολογιών xDSL μπορεί να επηρεαστεί καταλυτικά από διάφορους εξωγενείς και ενδογενείς παράγοντες που εμποδίζουν ή αλλοιώνουν την μετάδοση του σήματος.

Οι κυριότεροι από τους εξωγενείς παράγοντες, οι οποίοι οφείλονται κυρίως σε υφιστάμενες και παλαιότερες πρακτικές υλοποίησης του χάλκινου δικτύου πρόσβασης και διανομής, είναι οι εξής:

- Η παρουσία πηνίων φόρτισης στο συνδρομητικό βρόχο
- Η παρουσία PCM στο συνδρομητικό βρόχο

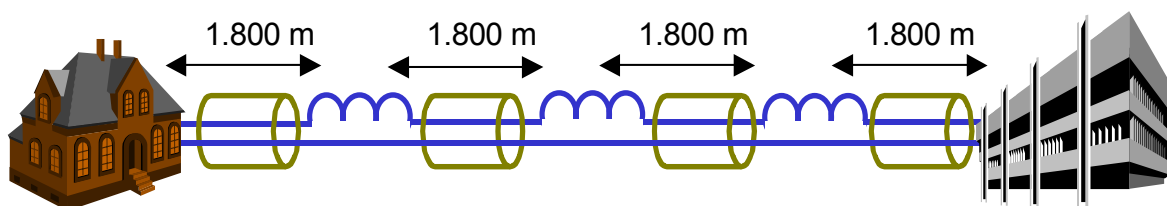
Οι κυριότεροι από τους ενδογενείς παράγοντες, οι οποίοι εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά μετάδοσης των χάλκινων ζευγών του καλωδίου, είναι οι εξής:

- Η εξασθένηση του σήματος
- Οι παρεμβολές / Διαφωνία
- Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Στη συνέχεια περιγράφονται με συντομία ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν οι παραπάνω παράγοντες την ποιότητα του DSL σήματος.

4.4.1 Πηνία φόρτισης

Τα πηνία φόρτισης (γνωστά στην Ελλάδα και ως φερέσυχνα) αποτελούν «κατάλοιπα» της τεχνολογίας του περασμένου αιώνα και τοποθετούνταν σε χάλκινες γραμμές μεγάλου μήκους για να βελτιώσουν την ποιότητα του σήματος φωνής. Το πρόβλημα με τα πηνία φόρτισης είναι το γεγονός ότι δεν επιτρέπουν τη μετάδοση σήματος με εύρος φάσματος μεγαλύτερου των 4KHz. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην μπορεί να λειτουργήσει το DSL αφού το φασματικό πεδίο λειτουργίας του σε όλες τις παραλλαγές του είναι κατά πολύ μεγαλύτερο των 4KHz, όπως φαίνεται και σε πολλά από τα προηγούμενα σχήματα. Τα πηνία φόρτισης πρέπει να αφαιρεθούν ώστε να γίνει δυνατή η λειτουργία του DSL. Σύμφωνα με παλαιότερη έρευνα του ΟΤΕ δεν υπάρχουν πλέον πηνία φόρτισης στο δίκτυό του.



Σχήματα 4.7. Η χρήση επαγωγικών πηνίων στο δίκτυο πρόσβασης.

4.4.2. Συσκευές PCM

Πρόκειται για μια πρακτική επίσης του προηγούμενου αιώνα, όταν και σε περιοχές όπου η εγκατάσταση νέου δικτύου ήταν αδύνατη ή ασύμφορη (αραιοκατοικημένες επαρχιακές), παθητικά στοιχεία, ονομαζόμενα PCM ή DACS, εφαρμόζονταν υπερθετικά στη γραμμή μοιράζοντας το κάθε ένα ζεύγος καλωδίων σε δύο γραμμές. Όπως γίνεται λοιπόν κατανοητό όταν η γραμμή έχει DACS αυτό πρέπει να απομακρυνθεί. Τότε είναι δυνατή η εγκατάσταση ενός κυκλώματος ADSL. Ακόμα και σήμερα σε πολλές υπεραστικές περιοχές της Ελλάδας υπάρχουν εν χρήση στοιχεία PCM.

4.4.3. Εξασθένηση σήματος

Το ζήτημα της εξασθένησης του τηλεπικοινωνιακού σήματος σχετίζεται με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος του μεταδιδόμενου σήματος κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς και αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα, το οποίο εντείνεται όσο: α) αυξάνεται το μήκος του συνδρομητικού βρόχου, β) μειώνεται η διατομή των καλωδίων, γ) αυξάνεται η συχνότητα λειτουργίας για τη μετάδοση σήματος.

Καθώς η διάμετρος αγωγού στα περισσότερα καλώδια του δικτύου πρόσβασης είναι συνήθως 0,4mm, η εξασθένηση του σήματος δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί παρά μόνο αν η αποστάσεις μεταξύ του συνδρομητή και του τηλεφωνικού κέντρου είναι ουσιαστικά μικρότερη των 5 Km όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 4.6. Μετρήσεις που έχουν γίνει δίνουν πως κατά μέσο όρο το μήκος του χάλκινου καλωδίου από το τοπικό κέντρο του τηλεπικοινωνιακού παρόχου

μέχρι το χώρο του συνδρομητή είναι 1500 μέτρα για τις πόλεις, ενώ αυξάνει στα 2500 μέτρα για την επαρχία. Υπάρχουν πάντως περιοχές στην Ελλάδα όπου το DSL δεν μπορεί να δουλέψει αποτελεσματικά λόγω εξασθένηση σήματος καθώς τα μέγιστα αντίστοιχα μήκη έχουν βρεθεί να είναι 3500 μέτρα στις αστικές περιοχές και 8000 μέτρα στην επαρχία. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τη μέγιστη εμβέλεια χάλκινων ζευγών, για διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης και διαμέτρους αγωγών.

Ρυθμός Μετάδοσης	Διάμετρος χάλκινου αγωγού	Εμβέλεια
1,5 – 2 Mb/s	0,6 mm	6,3 km
1,5 – 2 Mb/s	0,4 mm	4,6 km
6,3 Mb/s	0,4 mm	2,7 km
8,4 Mb/s	0,4 mm	1,8 km

Πίνακας 4.8. Εμβέλεια χάλκινων ζευγών για διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης (πηγή: ΟΤΕ)

4.4.4. Παρεμβολές / Διαφωνία

Οι παρεμβολές ή διαφωνία (crosstalk) είναι ένα ακόμα σύνηθες πρόβλημα στη μετάδοση σήματος πάνω από χάλκινο καλώδιο. Οφείλονται στη συνύπαρξη ενός αριθμού ζευγών στο ίδιο καλώδιο και αναφέρονται στην παρενόχληση που υφίσταται ένα ζευγάρι λόγω παρεμβολής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προερχόμενης από ένα ή περισσότερα γειτονικά.

Το χάλκινο ακραίο τμήμα του δικτύου πρόσβασης του ΟΤΕ (τηλεφωνικά καλώδια) βασίζεται σε τετράδες μονωμένων αγωγών, που συστρέφονται ομοιόμορφα (συνεστραμμένα ζεύγη), έτσι ώστε οι αγωγοί, που βρίσκονται διαγώνια να αποτελούν ζεύγος. Η βασική ομάδα σχηματίζεται από ομαδοποιήσεις πέντε τετράδων (10 ζευγών), ενώ το συνολικό καλώδιο απαρτίζεται από έναν αριθμό κυρίων ομάδων των 50 ή 100 ζευγών.

Έχοντας ως δεδομένη την πιο πάνω δομή του χάλκινου δικτύου πρόσβασης/διανομής, τα γειτονικά ζεύγη σε κάθε ομάδα, που διακινούν την πληροφορία στην ίδια περιοχή συχνοτήτων, δημιουργούν έντονα φαινόμενα διαφωνίας, με την επαγωγή σημάτων, που προστίθενται στο μεταδιδόμενο σήμα υπό μορφή θορύβου. Η επίδραση αυτή μπορεί να είναι απλή, δηλαδή μεταξύ δύο ζευγών, ή σωρευτική, σε ένα ζεύγος από όλα τα γειτονικά.

Καθότι λοιπόν οι παρεμβολές προέρχονται από την ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση γειτονικών ζευγών καλωδίων μπορούμε να τις κατατάξουμε σε δύο ομάδες.

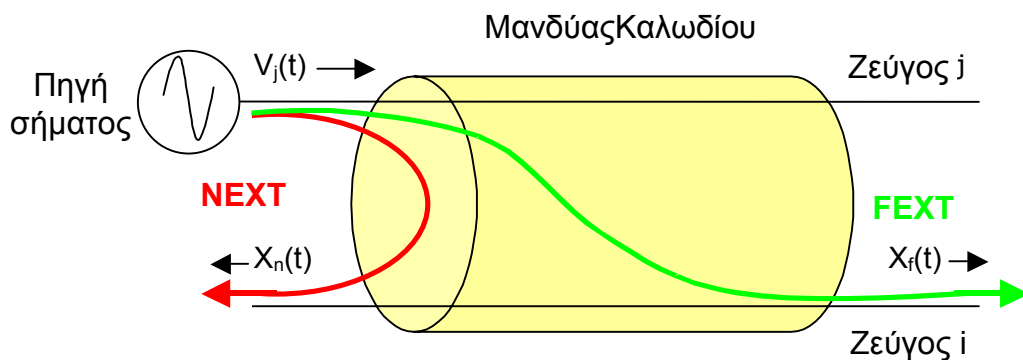
- Στις παρεμβολές που οφείλονται σε πηγή που βρίσκεται στο ίδιο άκρο ενός γειτονικού ζεύγους καλωδίου ή αλλιώς παραδιαφωνία (near end crosstalk - NEXT).
- Στις παρεμβολές που οφείλονται σε πηγή που βρίσκεται στο απέναντι άκρο ενός γειτονικού ζεύγους καλωδίων ή αλλιώς τηλεδιαφωνία (far end crosstalk - FEXT).

Παραδιαφωνία NEXT

Είναι αυτή που εμφανίζεται σε ένα δέκτη, εξαιτίας παράλληλων εκπομπών από μία πηγή που βρίσκεται στο ίδιο άκρο ενός γειτονικού ζεύγους καλωδίων. Οι παρεμβολές NEXT είναι ανεξάρτητες του μήκους των γραμμών, παρουσιάζονται συνήθως σε συστήματα που μεταδίδουν ταυτόχρονα και στις δύο κατευθύνσεις, ενώ όταν εμφανίζονται κυριαρχούν των FEXT. Μπορούν να αποφευχθούν αν διαχωριστούν οι δύο κατευθύνσεις μετάδοσης είτε σε μη επικαλυπτόμενα χρονικά διαστήματα, είτε σε μη επικαλυπτόμενες ζώνες συχνοτήτων.

Τηλεδιαφωνία FEXT

Είναι αυτή που εμφανίζεται σε ένα δέκτη, εξαιτίας εκπομπών από το αντίθετο άκρο ενός γειτονικού καλωδίου. Οι παρεμβολές FEXT εξασθενούν τουλάχιστον όσο και το κύριο σήμα που μεταδίδεται στην ίδια κατεύθυνση. Το φαινόμενο έχει μελετηθεί αρκετά για τις χαμηλές συχνότητες, των τηλεφωνικών γραμμών. Σε υψηλότερες όμως συχνότητες, του ADSL, το FEXT δεν έχει χαρακτηριστεί ικανοποιητικά. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η χρήση ειδικού εξοπλισμού και η πραγματοποίηση χρονοβόρων μετρήσεων των γραμμών σε ένα πραγματικό δίκτυο, για να προσδιοριστούν ακριβώς και να κατανοηθούν οι συνέπειές τους.



Σχήμα 4.9. Φαινόμενα διαφωνίας σε τηλεφωνικά καλώδια

Από τα δύο μεγέθη διαφωνίας, η παραδιαφωνία στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο εμφανίζεται να έχει την μεγαλύτερη επίπτωση στην λειτουργία των συστημάτων DSL, αφού τα ζεύγη ομαδοποιούνται σε μεγαλύτερης χωρητικότητας καλώδια και η ισχύς των παρεμβολών από περισσότερα γειτονικά ζεύγη, που μεταφέρουν ευρυζωνικές υπηρεσίες, είναι μεγαλύτερη. Αντίθετα, κατά την τηλεδιαφωνία, η ισχύς των σημάτων, που παρεμβάλλουν, είναι σημαντικά μικρότερη λόγω της εξασθένησης.

Η επίπτωση της σωρευτικής διαφωνίας έχει ως γενικό αποτέλεσμα την μείωση της εμβέλειας ενός συστήματος DSL. Το ποσό της μείωσης εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη από το σύστημα τεχνική αμφίδρομης μετάδοσης (EC ή FDM) και το πλήθος των παρεμβολών. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούν Echo Cancellation (EC) εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε

ομοειδή παραδιαφωνία από εκείνες που χρησιμοποιούν τεχνικές Frequency Division Multiplexing (FDM).

Το ακριβές αποτέλεσμα επίσης διαφέρει αν η διαφωνία προέρχεται από παρεμβολές ομοειδών ή άλλου τύπου υπηρεσιών και τα τελευταία χρόνια αποτελεί αντικείμενο πρόσθετης διερεύνησης. Από αυτό το φαινόμενο έχει προκύψει το ζήτημα της διαχείρισης φάσματος (Spectrum Management Plan – SMP), κάτι το οποίο απασχολεί ιδιαίτερα τους μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους ευρυζωνικών υπηρεσιών στο εξωτερικό, χωρίς να έχει βρεθεί ως τώρα συνολική λύση.

Σημειώνεται χαρακτηριστικά πως είναι πρακτικά ανέφικτη η λειτουργία γραμμής ADSL (ή VDSL) όταν σε διπλανό ζευγάρι εφαρμόζεται τεχνολογία HDSL, ISDN, ή E1-X.21. Προβλήματα παρουσιάζονται επίσης, μικρότερης όμως εμβέλειας, όταν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους χάλκινα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίου που μεταφέρουν ADSL και SDSL, SHDSL ή G.SHDL.

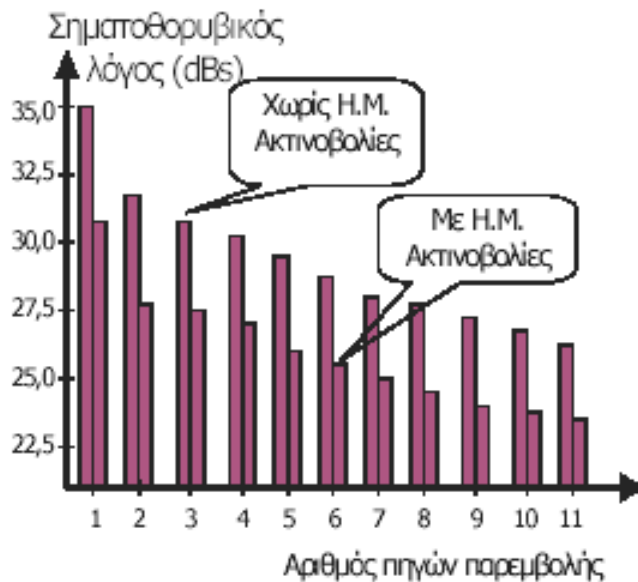
Η ανάγκη ενός συγκεκριμένου Σχεδίου Διαχείρισης Φάσματος, αν και έχει διαπιστωθεί από κάποιους εναλλακτικούς τηλεπικοινωνιακούς παρόχους και στην εγχώρια αγορά, δυστυχώς δεν έχει απασχολήσει ακόμα σοβαρά τις αρμόδιες τηλεπικοινωνιακές αρχές της χώρα μας (EETT).

4.4.5. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Τέλος, η μετάδοση σήματος ADSL (και γενικότερα του xDSL) επηρεάζεται σημαντικά από εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές του περιβάλλοντος. Αυτές συνήθως προέρχονται:

- από εκπομπές ραδιοφωνικών σταθμών AM
- από λειτουργίες της τηλεφωνίας, οι οποίες μερικές φορές προκαλούν σήματα στην περιοχή συχνοτήτων του DSL
- από οικιακές συσκευές (κινητά τηλέφωνα, φούρνους μικροκυμάτων).

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



Σχήμα 4.10. Στατιστική αναπαράσταση των εξωτερικών ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών

4.5. Τεχνικές λεπτομέρειες υλοποίησης

Στην πράξη η υλοποίηση μιας ευρυζωνικής γραμμής πρόσβασης ADSL τελικά δεν είναι τόσο απλή όσο ενδεχομένως παρουσιάστηκε στην αρχή του κεφαλαίου. Όπως περιγράφηκε στην αμέσως προηγούμενη ενότητα υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την εγκατάσταση και σίγουρα τις αποδόσεις ενός ADSL κυκλώματος. Τα βήματα και οι διαδικασίες υλοποίησης είναι μεν απλά αλλά πολλές φορές το αποτέλεσμα είναι συνισταμένη αρκετών παραγόντων, τους οποίους οι σχεδιαστές/τεχνικοί πρέπει απαραίτητως να λαμβάνουν κάθε φορά υπόψη. Παρακάτω αναφέρονται οι έλεγχοι που θεωρητικά πρέπει να γίνονται πριν γίνει μια εγκατάσταση ADSL κυκλώματος:

- **Μήκος γραμμής.** Πρέπει να είναι γνωστή η απόσταση από τον συνδρομητή μέχρι το DSLAM του παρόχου. Υπάρχουν κάποιες μέγιστες αποστάσεις που πρέπει να μη ξεπεραστούν ώστε να είναι δυνατή η υλοποίηση του ADSL κυκλώματος. Αυτές διαφέρουν ανάλογα το προϊόν που εξετάζεται (όσον αφορά την ταχύτητα). Σύμφωνα με τα τελευταία πρότυπα, για ταχύτητες στα 2Mbps πρέπει να βρισκόμαστε σε απόσταση μικρότερη των 3,5 Km ενώ για 1Mbps σε απόσταση όχι μεγαλύτερη των 6km. Αυτά τα νούμερα είναι ενδεικτικά των τελευταίων εξελίξεων και όχι αυτά που ίσως είναι σε πραγματικές συνθήκες στην Ελλάδα. Όπως προαναφέρθηκε το μέσο μήκος του χάλκινου ακραίου τμήματος του δικτύου του στα μεγάλα Αστικά του Κέντρα (A/K ΟΤΕ) δίνεται στα 1,5 Km. Περισσότερες λεπτομέρειες, όπως γίνεται κατανοητό, μπορεί να δώσει μόνο ο τηλεπικοινωνιακός φορέας που παρέχει τη γραμμή, στην Ελλάδα δηλαδή μέχρι τώρα μόνο ο ΟΤΕ.

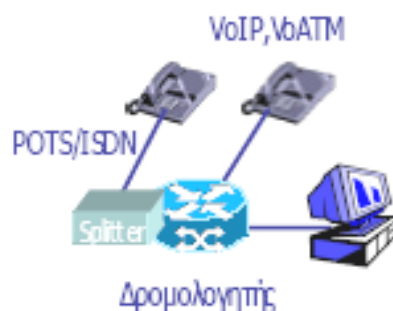
- **Απώλειες γραμμής.** Πρέπει να είναι γνωστό αν η γραμμή έχει την κατάλληλη ποιότητα για ADSL. Η απώλειες δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 41db και 60db για ταχύτητες 2Mbps και 1Mbps αντίστοιχα. Αυτά τα στοιχεία βγαίνουν με μαθηματικούς τύπους, στην πράξη μπορούν να διαφέρουν. Για ταχύτητες μικρότερες των 512Kbps θεωρητικά δεν υπάρχει όριο. Αυτά τα νούμερα είναι ενδεικτικά των τελευταίων εξελίξεων και όχι αυτά που ίσως είναι σε πραγματικές συνθήκες στην Ελλάδα. Επίσης περισσότερες λεπτομέρειες είναι σε θέση να δώσει μόνο ο πάροχος της γραμμής.
- **Χωρητική αντίσταση ζεύγους με γη.** Είναι ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί η ποιότητα της γραμμής και η τιμή του πρέπει να είναι κάτω από 160nF.
- **Εξασθένιση γραμμής.** Είναι το test APTS που εφαρμόζεται από ειδικό λογισμικό πάνω στο hardware του DSLAM και μετρά την εξασθένιση κατά μήκος της γραμμής.

4.6. Αρχιτεκτονική δικτύου ADSL

Για να μπορέσει όμως το ADSL να εκμεταλλευτεί όλο το εύρος του καλωδίου, αλλά και να αποστείλει δεδομένα και φωνή μέσα από την ίδια γραμμή απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό. Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου ADSL περιλαμβάνουν τον εξοπλισμό του τηλεπικοινωνιακού παρόχου στον τηλεπικοινωνιακό DSL κόμβο και τον εξοπλισμό του χρήστη/συνδρομητή στο έτερο άκρο του δικτύου.

4.6.1. Αρχιτεκτονική εξοπλισμού χρήστη

Η αρχιτεκτονική αυτή προβλέπει τη χρήση συνδυασμών από DSL modems, PCs, τηλεφωνικές συσκευές και ψηφιακούς αποκωδικοποιητές (set-top boxes). Μία τυπική υποδομή στο χώρο του χρήστη θα αποτελείται από ένα PC συνδεδεμένο σε έναν εξωτερικό δρομολογητή (router) ADSL, που μεταβιβάζει κίνηση μέσω ενός διαχωριστή (splitter) POTS/ISDN στο τοπικό βρόχο. Ο δρομολογητής μπορεί να υποστηρίξει φωνή πάνω από IP (VoIP), ή ακόμη και φωνή πάνω από ATM (VoATM) ανάλογα με την εφαρμογή.



Σχήμα 4.11. Αρχιτεκτονική με χρήση ADSL router

Μια πιο απλή αρχιτεκτονική συνίσταται σε ένα PC, συνδεδεμένο με ένα εξωτερικό ADSL modem που ενσωματώνει λειτουργίες γέφυρας τοπικών δικτύων (LAN bridge). Εναλλακτικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποκωδικοποιητές (Set-Top Boxes) με ενσωματωμένο ADSL modem.



Σχήμα 4.12. Αρχιτεκτονική με χρήση Set-Top Box με ενσωματωμένο ADSL modem

Όσον αφορά ειδικότερα τον διαχωριστή (ή διαμεριστή κατά τον ΟΤΕ) τηλεφωνίας, πρόκειται για συσκευή τριών άκρων, που τοποθετείται μεταξύ του χάλκινου ζεύγους, του ADSL modem και της τηλεφωνικής συσκευής, παρεμβάλλοντας ένα μικροφίλτρο – βαθυπερατό, μεταξύ των άκρων της τηλεφωνικής γραμμής και του τηλεφώνου και υψιπερατό μεταξύ της τηλεφωνικής γραμμής και του ADSL modem – το οποίο δέχεται το σήμα τηλεφώνου/ADSL και το χωρίζει σε δύο διαφορετικά σήματα, διαχωρίζοντας τις συχνότητες άνω και κάτω των 25 kHz. Ο συνδυασμός των ανωτέρω φίλτρων απομονώνει την τηλεφωνική συσκευή από το ADSL modem, αποκόπτοντας τον κρουστικό θόρυβο, που δημιουργείται από το σήμα κουδουνισμού και κατά την έναρξη και τερματισμό μίας τηλεφωνικής κλήσης. Επίσης αποκόπτει τα σήματα του ADSL modem, που επηρεάζουν την λειτουργία της τηλεφωνικής συσκευής. Οι διαμεριστές τηλεφωνίας περιλαμβάνουν συνήθως παθητικά φίλτρα, λόγω της αυξημένης αξιοπιστίας, τις μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης και κυρίως της ανάγκης να διατηρούν την τηλεφωνική ζεύξη, σε περιπτώσεις διακοπής της τροφοδοσίας. Τα παθητικά φίλτρα δεν απαιτούν τροφοδοσία και είναι καλύτερα προστατευμένα από υπερτάσεις.

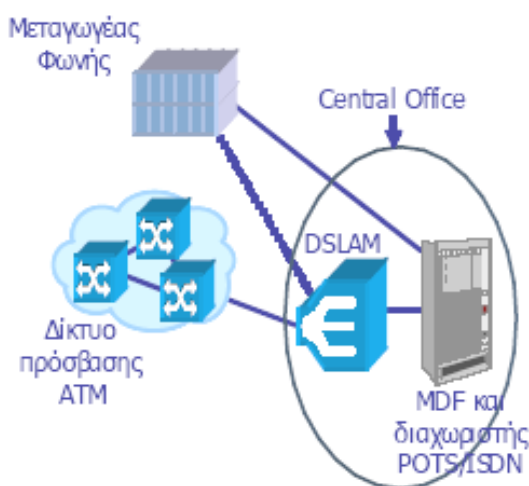
4.6.2. Τοπολογία εξοπλισμού τηλεπικοινωνιακού κέντρου

Εκτός των ADSL modem και τους διαμεριστές τηλεφωνίας τα δομικά στοιχεία ενός ADSL συστήματος περιλαμβάνουν τον κεντρικό καταναμητή, τον πολυπλέκτη DSLAM και τον συγκεντρωτή/μεταγωγέα (aggregator/switch).

Το πρώτο λοιπόν δομικό στοιχείο του Τοπικού Κέντρου είναι ο Κεντρικός Καταναμητής ή MDF που μπορεί να περιλαμβάνει τους διαχωριστές POTS/ISDN. Διαχωριστές τηλεφωνίας (splitters) εγκαθίστανται στα άκρα της ευρυζωνικής γραμμής, τόσο στον χώρο του συνδρομητή όσο και στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο, με σκοπό να συνενώνουν και να διαχωρίζουν το ευρυζωνικό σήμα από την αναλογική τηλεφωνία. Ενώ στον χώρο του

συνδρομητή χρησιμοποιείται ένας διαμεριστής για εσωτερική (συνήθως) ή εξωτερική εγκατάσταση, στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο χρησιμοποιούνται πολλαπλοί διαμεριστές για μαζικό τερματισμό.

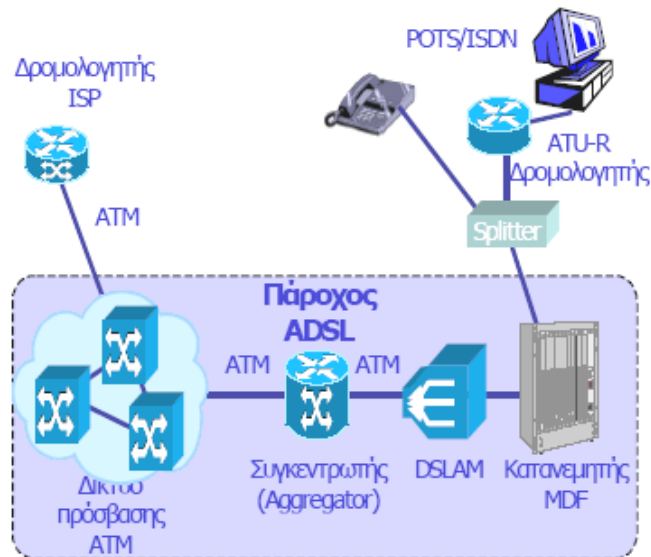
Η κίνηση της φωνής προωθείται προς τον μεταγωγέα φωνής (switch). Η υπόλοιπη κίνηση διαβιβάζεται στο DSLAM που βρίσκεται εγκατεστημένος στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο. Ο πολυπλέκτης DSLAM, ο οποίος ενσωματώνει ένα μεγάλο αριθμό από DSL modems (κάρτες και θύρες), συγκεντρώνει την ροή των δεδομένων πολλών DSL συνδέσεων σε ένα ευρυζωνικό δίκτυο κορμού. Ο πολυπλέκτης υποστηρίζει υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος, πακέτων και κελιών, μέσω κατάλληλων διεπαφών 100 ή 1000Base-T, T1/E1, T3/E3 ή ATM. Πρέπει επίσης να υποστηρίζει μία ποικιλία από κώδικες (π.χ. CAP, DMT, QAM) και πρωτόκολλα γραμμής, καθώς και να είναι συμβατός με τις υφιστάμενες πλατφόρμες διαχείρισης δικτύου.



Σχήμα 4.13. Αρχιτεκτονική τηλεπικοινωνιακού κόμβου

Ανάλογα με τον τύπο της υπηρεσίας (επιπέδου OSI 2 ή 3) και ανάλογα επίσης με την υλοποίηση του DSLAM και τις δυνατότητές του, αυτό μπορεί είτε να συνδεθεί σε έναν γειτονικό συγκεντρωτή υπηρεσιών, είτε να μεταφέρει την κίνηση μέσω ενός δικτύου πρόσβασης ATM, ή Metro Ethernet (είτε ακόμα και SDH), σε έναν απομακρυσμένο συγκεντρωτή, οδηγώντας την τελικά στο δίκτυο του παρόχου.

Ο συγκεντρωτής υπηρεσιών, είτε είναι τοποθετημένος μαζί με το DSLAM, είτε βρίσκεται σε ένα σημείο συγκέντρωσης και δρομολόγησης της κίνησης σε επίπεδο 3. Περιλαμβάνει interfaces προς διάφορους εξυπηρετητές εφαρμογών (application servers), καθώς επίσης και δυνατότητα σύνδεσης σε τοπικό ή απομακρυσμένο εξυπηρετητή πιστοποίησης της ταυτότητας χρηστών (RADIUS). Μπορεί επίσης να συνδέεται σε κάποια πύλη δρομολόγησης κίνησης VoIP για επικοινωνία με το τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN).



Σχήμα 4.14. Συνολική βασική τοπολογία δικτύου ADSL

4.7. Υπηρεσίες & Εμπορική εκμετάλλευση

Αφού αποκτήσουμε ADSL μπορούμε να κάνουμε ό,τι κάναμε και πριν, δηλαδή με το απλό modem, αλλά σε πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες. Επιπλέον όμως μπορούν να γίνουν και κάποια πράγματα που δεν θα ήταν δυνατά να γίνουν με μία dial up σύνδεση. Αυτά περιλαμβάνουν τις εξής γενικότερες κατηγορίες:

Streaming media - Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο video, trailers ταινιών, μουσικής, ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών.

Downloading - Το κατέβασμα αρχείων από προγράμματα file sharing και η περιήγηση σε σελίδες αποκτά άλλη μορφή σε τέτοιες ταχύτητες.

Multiplayer gaming - Οι προσφερόμενες ταχύτητες δίνουν την δυνατότητα για πολύ μικρότερους χρόνους απόκρισης.

24ωρη σύνδεση / σταθερή IP - Η πρόσβαση χωρίς επιπλέον χρέωση και η σταθερή IP διεύθυνση δίνουν κάποιες δυνατότητες που ήταν σχεδόν ανέφικτες με τις dial up συνδέσεις, όπως η δημιουργία Web server, FTP servers, Domain hosting, Voice over IP.

Οι υπηρεσίες και οι εφαρμογές που πρόκειται να κατακλύσουν τα δίκτυα νέας γενιάς σχεδιάζονται όλο και με ταχύτερους ρυθμούς και ως ένα βαθμό έχουν αρχίσει σε πρώτο στάδιο να εμφανίζονται. Σε πιο προηγμένα τεχνολογικά κράτη έχουν παρουσιαστεί και μελέτες την χρήσης αυτών και της συμπεριφοράς τους ως προς τους χρήστες. Ειδικότερα το

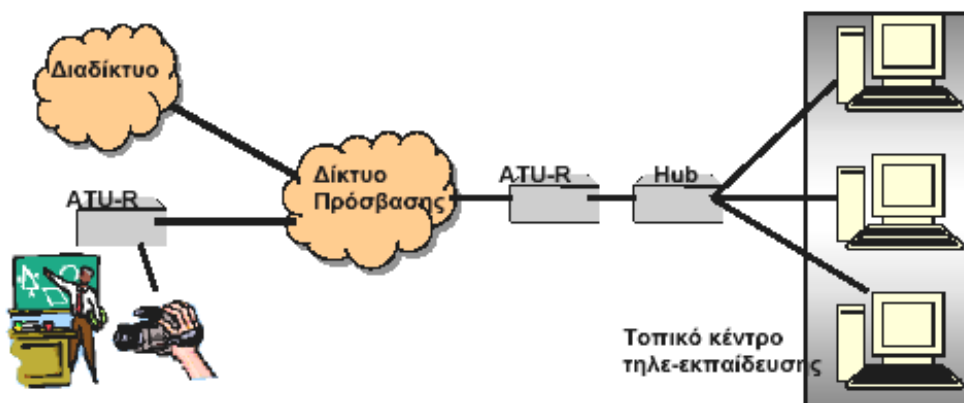
περιεχόμενο των ευρυζωνικών δικτύων στην Ελλάδα στα επόμενα χρόνια αναμένεται να αποτελείται από εφαρμογές σαν τις ακόλουθες.

4.7.1. E-learning (digital libraries, distant learning, virtual worlds)

Μία από τις κύριες κατηγορίες εφαρμογών που έχει ήδη εμφανιστεί στα ευρυζωνικά δίκτυα αφορά διαδικασίες και μεθόδους που σχετίζονται με το e-learning. Με τον όρο αυτό περιγράφονται οι διαδικασίες που στοχεύουν στην μάθηση μέσω του διαδικτύου, με τη χρήση διαφόρων τεχνικών. Οι κυριότερες μορφές έκφρασης e-learning διαδικασιών που αναμένεται να βρουν εφαρμογή είναι η παροχή Online μαθημάτων σε μεγάλη μερίδα σπουδαστών (multicast of online courses) και η δημιουργία online βιβλιοθηκών. Το τελευταίο έχει ήδη αρχίσει να αναπτύσσεται (υπάρχουν ήδη σημαντικές online libraries) που αποσκοπούν στην εύκολη αναζήτηση και απόκτηση γνώσης. Επίσης σημαντικό στοιχείο για την παροχή τηλε-εκπαίδευσης αποτελεί και η αναμενόμενη εμφάνιση ιδεατών κόσμων που θα επιτρέπουν την πλοήγηση και ξενάγηση σε ιδεατούς χώρους, παρέχοντας μεθόδους αναζήτησης γνώσης και πληροφορίας από βιβλιοθήκες που σχετίζονται με τους κόσμους αυτούς. Το σύνολο των διαδικασιών για την παροχή τηλε-εκπαίδευσης έχει πολύ μεγάλη σημασία από εκπαιδευτική αλλά και κοινωνική άποψη. Το κρίσιμο σημείο για τον Ελλαδικό χώρο είναι το πότε θα εφαρμοστούν τέτοιες διαδικασίες και με ποιους όρους (οικονομικούς, κοινωνικούς κλπ).

4.7.2. E-Training

Η Ηλεκτρονική Επαγγελματική Εκπαίδευση (Technology Based Training - TBT), είναι μέρος του e-learning που αφορά επιχειρήσεις και οργανισμούς σε αντίθεση με το κατεξοχήν e-learning που αφορά μαθησιακή εκπαίδευση σε ΑΕΙ, δευτεροβάθμια εκπαίδευση κτλ.



Σχήμα 4.15. Αρχιτεκτονική για τις υπηρεσίες e-learning και e-Training

4.7.3. E-health

Παράλληλα μια κατηγορία εφαρμογών με μεγάλη κοινωνική κυρίως σημασία είναι οι εφαρμογές τηλε-ιατρικής. Στον τομέα αυτό εντάσσονται εφαρμογές που επιτρέπουν διάγνωση

ασθενειών και εξέταση ασθενών από απόσταση όπως και εφαρμογές ρομποτικής για πραγματοποίηση χειρουργικών επεμβάσεων. Οι εφαρμογές αυτές αναμένεται να βρουν σημαντικό πεδίο εφαρμογής τα επόμενα χρόνια και επίσης θεωρείται πιθανό να ζητούν και συγκεκριμένη μεταχείριση από το δίκτυο εξαιτίας του σκοπού που επιτελούν. Γενικά, εφαρμογές τηλε-ιατρικής σχεδιάζονται και αναπτύσσονται σε διάφορες προηγμένες χώρες (όπως για παράδειγμα στις ΗΠΑ).

4.7.4. E-commerce

Με τον όρο e-commerce περιγράφεται το ηλεκτρονικό εμπόριο, δηλαδή η διάθεση και αγοραπωλησία προϊόντων ηλεκτρονικά. Ο τομέας αυτός έχει γνωρίσει μεγάλη άνθηση σε όλο τον κόσμο και εξαπλώνεται διαρκώς και στην Ελλάδα. Ήδη υπάρχουν πολλά ηλεκτρονικά καταστήματα (ελληνικά αλλά και ξένα) και η απήγησή τους στον κόσμο ολοένα και διευρύνεται. Στην νέα εποχή των ευρυζωνικών δικτύων, που θα έχει πρόσβαση πολύ μεγάλη μερίδα του πληθυσμού, αναμένεται να γνωρίσουν ιδιαίτερη άνθηση, αφού παρέχουν ένα εύχρηστο και γρήγορο τρόπο για πραγματοποίηση αγορών. Σημαντικό τους επίσης πλεονέκτημα είναι η προσφορά οικονομικότερων τιμών, λόγω μειωμένου διαχειριστικού κόστους. Το σημείο όμως που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα (privacy) που πρέπει να παρέχουν ώστε να πείσουν τους χρήστες για την ασφάλεια των συναλλαγών.

4.7.5. Applications on demand

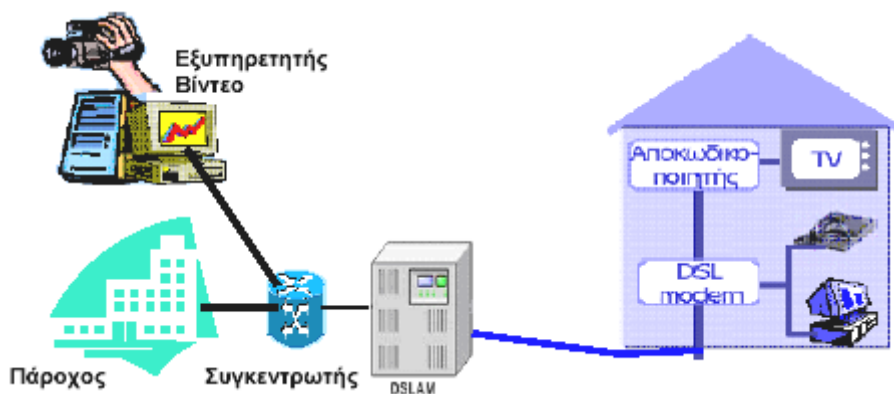
Επίσης μια σημαντική κατηγορία εφαρμογών που πρόκειται να εμφανιστούν (και ίσως η εμπορικότερη) είναι οι εφαρμογές «On demand». Στην περίπτωση αυτή ανήκουν διάφορες εφαρμογές/υπηρεσίες που παρέχονται στους χρήστες «κατ' απαίτησή» τους, χρεώνονται από τον πάροχο και με κατάλληλη κωδικοποίηση μεταδίδονται. Τέτοιες συνήθεις εφαρμογές είναι ταινίες (movies), μουσικά αρχεία, παιχνίδια ή software για χρήση. Αναλυτικότερα:

- **Video on demand (VoD).** 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 έχουν αρχίσει να υλοποιούνται και στην Ελλάδα και αναμένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα να παρουσιαστούν. Η εμπορική επιτυχία των συστημάτων αυτών αναμένεται να εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την τιμολογιακή πολιτική που αναμένεται να εφαρμοστεί καθώς και την ποιότητα της εφαρμογής που θα αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Θα πρέπει να θεωρείται δεδομένο πως η ταχύτητα του διαύλου για να «περάσει» αυτή η υπηρεσία θα πρέπει να είναι ανώτερη των 4Mbps.
- **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.

- **Music on demand.** Επιπλέον 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 (όπως το Napster ή το Gnutella) έχει βοηθήσει ακόμα και ανθρώπους άπειρους στη χρήση υπολογιστών ή του Internet να «κατεβάζουν» με χαρακτηριστική ευκολία τα κομμάτια που επιθυμούν στον υπολογιστή τους. Η αντίδραση της μουσικής βιομηχανίας ήταν να διωχθούν δικαστικά οι εταιρείες που βοηθούν στην παράνομη εξάπλωση μουσικών κομματιών μέσω του Internet, αλλά όπως φαίνεται αυτό δεν είναι αρκετό, αφού αφενός είναι πολύ εύκολο να δημιουργηθούν νέες εταιρείες και αφετέρου η ανάπτυξη των δικτύων peer-to-peer κάνει ακόμα πιο δύσκολη την κατάσταση, μιας και θα πρέπει να διώκονται μεμονωμένοι χρήστες. Η λύση, όπως υποστηρίζεται ευρέως τον τελευταίο χρόνο, για τη μουσική βιομηχανία 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 θα αντιμετωπιστεί η παράνομη διακίνηση μουσικών αρχείων. Το κομβικό σημείο για το αν θα επιτύχει εμπορικά η χρέωση υπηρεσιών Music-On-Demand θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από το κόστος των προσφερόμενων υπηρεσιών και 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 τελικά θα διαμορφωθεί με βάση τις χρεώσεις των υπηρεσιών αυτών.



Σχήμα 4.16. Αρχιτεκτονική για την υπηρεσία video on demand

4.7.6. E-gaming

Τα παιχνίδια στον ηλεκτρονικό υπολογιστή είναι μια πολύ διαδεδομένη ενασχόληση σε όλους τους χρήστες των υπολογιστών, μικρούς και μεγάλους. Μάλιστα μπορούμε να πούμε ότι μεγάλο μέρος των χρηστών υπολογιστών ασχολείται σχεδόν αποκλειστικά, τις ώρες που χρησιμοποιεί τον υπολογιστή, με τα παιχνίδια. Τα τελευταία χρόνια, με την εξάπλωση των δικτύων και του Internet, αναπτύχθηκαν πάρα πολύ τα online παιχνίδια, είτε σε επίπεδο τοπικού δικτύου (LAN), είτε σε επίπεδο Internet. Το πρόβλημα όμως που αντιμετωπίζουν πολύ από αυτούς, όταν θέλουν να συμμετάσχουν σε διαδικτυακά παιχνίδια είναι ότι η ταχύτητα διασύνδεσης πολλές φορές είναι πολύ αργή για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του παιχνιδιού (για παράδειγμα σε 3D shoot-em up παιχνίδια ή σε real-time strategy παιχνίδια). Η χρήση ευρυζωνικών δικτύων θα βοηθούσε πολύ τους χρήστες αυτών των κατηγοριών παιχνιδιών. Επίσης, θα επέτρεπε τη δημιουργία προχωρημένων παιχνιδιών που θα κατεβάζει σε πραγματικό χρόνο ο χρήστης από κάποιο δικτυακό τόπο, σε αντίθεση με σήμερα όπου οι ταχύτητες δεν επιτρέπουν το downloading.

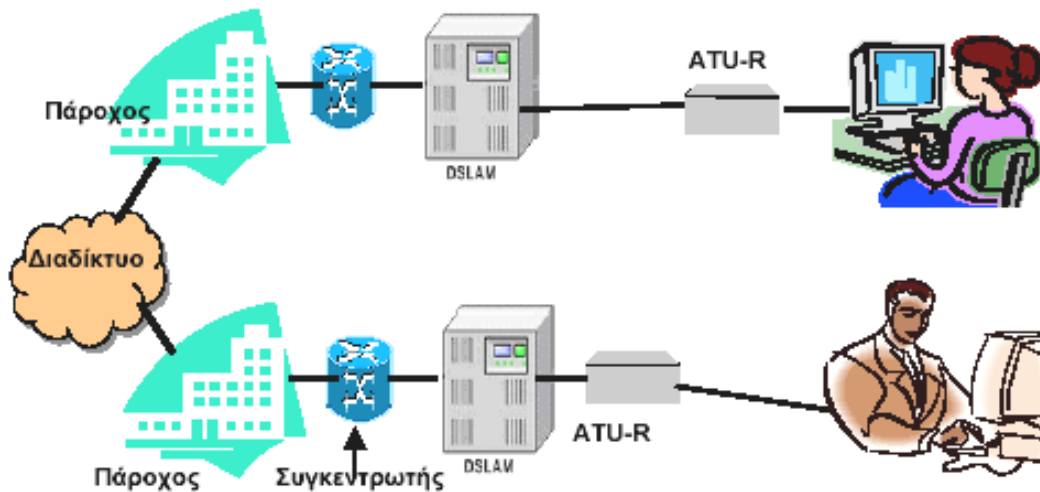
4.7.7. Peer-to-peer applications

Οι εφαρμογές peer-to-peer (P2P) είναι δικτυακές εφαρμογές που δεν ακολουθούν τη λογική Client/Server, αλλά σχηματίζεται 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 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. Αυτές οι εφαρμογές, επειδή τα μηνύματα και τα δεδομένα που ανταλλάσσονται δεν μεταφέρονται προς κάποιον κεντρικό υπολογιστή και από εκεί στους υπόλοιπους, μπορούν να προκαλέσουν 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 που 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 bandwidth.

4.7.8. *Advanced Communications*

Το Internet χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια ως ένα φθινό μέσο επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων. Στα προγράμματα προχωρημένων επικοινωνιών υποστηρίζονται χαρακτηριστικά που επιτρέπουν τη μετάδοση φωνής για την επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων ανθρώπων (Voice over IP) ή τη μετάδοση κινούμενης εικόνας (εικονοδιάσκεψη - videoconferencing) μαζί με τον ήχο. Παράλληλα, σήμερα βρίσκουμε ακόμα περισσότερα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα η διαμοίραση αρχείων, κ.ά. Αυτά τα προγράμματα, αν και εν μέρει εφαρμόστηκαν με τη χρήση της τεχνολογίας ISDN, δεν απέκτησαν ποτέ την απήχηση που περίμενε κανείς πριν από μερικά χρόνια, αφού αντιμετώπισαν ένα σημαντικό πρόβλημα: το περιορισμένο εύρος ζώνης που προσφέρεται στο ευρύ κοινό και κατ' επέκταση την χαμηλή ποιότητα της υπηρεσίας. Τα ευρυζωνικά δίκτυα έρχονται να λύσουν αυτό το πρόβλημα και πιστεύεται ότι έτσι τα προγράμματα που προσφέρουν εικονοδιάσκεψη, ή VoIP τηλεφωνία (και εικονοτηλεφωνία) θα γνωρίσουν μεγάλη απήχηση στο ευρύ κοινό καθώς επιτρέπουν μορφές επικοινωνίας, που με χρήση των κλασικών τηλεφωνικών δικτύων είναι πολύ ακριβές, με σχεδόν μηδενικό κόστος.

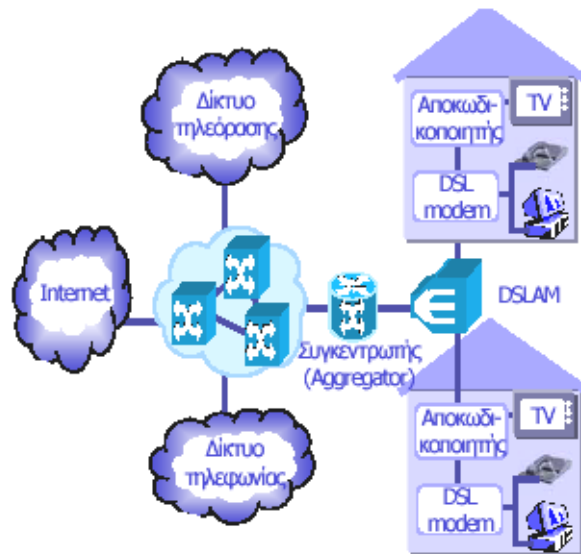


Σχήμα 4.17. Αρχιτεκτονική για την υπηρεσία της τηλεδιάσκεψης με DSL

4.7.9. *Interactive TV*

Η χρήση των δικτύων μεγάλου εύρους ζώνης θα μπορούσε να επεκταθεί και στην υποστήριξη της αμφίδρομης διαδραστικής τηλεόρασης. Διαδραστική τηλεόραση νοείται η εφαρμογή στην οποία ο τηλεθεατής/χρήστης (μέσω του τηλεχειριστηρίου του) συμμετέχει ενεργά και σε πραγματικό χρόνο στην υπηρεσία που λαμβάνει. Οι πλατφόρμες διαδραστικής τηλεόρασης χρησιμοποιούν συνήθως διαφορετικά μέσα για το κανάλι μετάδοσης των υπηρεσιών και για

το κανάλι επιστροφής. Η χρήση ενός ευρυζωνικού δικτύου για τη μετάδοση του video/audio stream θα επέτρεπε την απλοποίηση της αρχιτεκτονικής μιας πλατφόρμας διαδραστικής τηλεόρασης καθώς και τη λήψη διαδραστικών τηλεοπτικών καναλιών μέσω υπολογιστή.



Σχήμα 4.18. Αρχιτεκτονική για την υπηρεσία Διαδραστικής Τηλεόρασης

4.7.10. *Virtual / Augmented / Mixed Reality*

Ο όρος Virtual Reality (VR) είναι αρκετά διαδεδομένος στις μέρες μας. Σημαίνει τη σύνθεση ενός κόσμου μέσω υπολογιστή, ο οποίος μιμείται κάποια χαρακτηριστικά του αληθινού κόσμου, στον οποίο όμως δεν υπάρχουν τα όρια και οι περιορισμοί του αληθινού κόσμου. Στους λεγόμενους Virtual Worlds ή Virtual Environments πολλοί χρήστες μπορούν να περιπλανηθούν στους χώρους τους. Το να είναι όλοι οι χρήστες ενημερωμένοι για τη θέση και την κατάσταση τους, καθώς και για τις αντίστοιχες ιδιότητες των άλλων χρηστών, όπως επίσης και η ενημέρωση του συστήματος για τις ενέργειες που επιθυμούν να κάνουν οι χρήστες απαιτεί τη διακίνηση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων. Το μέγεθος της διακινούμενης πληροφορίας είναι ακόμα μεγαλύτερο όταν μιλάμε για κόσμους augmented reality, augmented virtuality ή γενικότερα mixed reality. Ένας κόσμος augmented reality είναι το αποτέλεσμα του εμπλουτισμού ενός φυσικού κόσμου με στοιχεία και αντικείμενα δημιουργημένα με υπολογιστή. Το αντίθετο συμβαίνει στους λεγόμενους κόσμους augmented virtuality, όπου στοιχεία από έναν πραγματικό χώρο εμπλουτίζουν έναν virtual κόσμο (π.χ. textures από έναν πραγματικό χώρο «ντύνουν» τους τοίχους ενός virtual δωματίου). Αυτή η μίξη πραγματικών και εικονικών κόσμων (mixed reality) απαιτεί όπως είναι φυσικό τη διακίνηση ακόμα περισσότερων ποσοτήτων δεδομένων, αφού απαιτείται μάλιστα η μίξη να γίνεται real-time. Είναι προφανές ότι ο ερχομός των broadband δικτύων θα δώσει τη δυνατότητα για την ανάπτυξη πραγματικά εντυπωσιακών online real-time συνθετικών κόσμων, που είναι αδύνατο να δημιουργηθούν σήμερα (όχι λόγω έλλειψης επεξεργαστικής ισχύος ή άλλων τεχνολογικών περιορισμών, αλλά αποκλειστικά εξαιτίας της έλλειψης αρκετού εύρους ζώνης).

4.7.11. Voice-over-DSL

Η εξέλιξη στις υπηρεσίες φωνής πάνω στο DSL αποτελεί το «βαρύ πυροβολικό» της τεχνολογίας και βαρόμετρο στην αγοραστική προοπτική της. Για να αρχίσει όμως να λειτουργεί γενικευμένα στην αγορά πρέπει πρώτα να λυθούν αρκετά θέματα. Ένα από αυτά είναι η διαλειτουργικότητα των συσκευών. Η υλοποίηση του VoDSL εκτός από DSLAMs περιλαμβάνει κι άλλες συνεργαζόμενες συσκευές, οι οποίες πρέπει να συντονιστούν ώστε να λειτουργούν χωρίς προβλήματα. Κι αν η συντήρηση του DSLAM προβληματίζει, είναι φανερό ότι για το VoDSL το πρόβλημα αυτό είναι περισσότερο πολύπλοκο. Οι χρήστες με τη σειρά τους πρέπει να βρεθούν μπροστά από μια αξιόπιστη υπηρεσία, χωρίς καθυστερήσεις και με ποιότητα εφάμιλλη του POTS για να τη δεχτούν, πράγμα που δεν έχει συμβεί ακόμα.

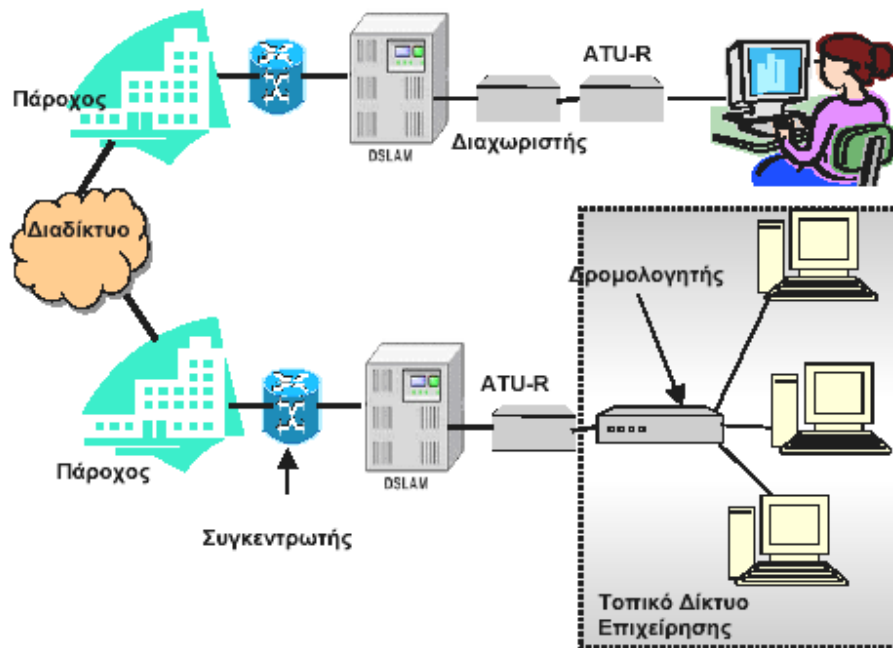
Κατά την εφαρμογή τεχνολογίας DSL η μεταφορά φωνητικού σήματος είναι εφικτή με τουλάχιστον τρεις τρόπους:

- Κλασική τηλεφωνία με χρήση διαχωριστών (splitters)
- Φωνή πάνω από ATM (VoATM - Voice over ATM)
- Φωνή πάνω από IP (VoIP - Voice over IP)

Λόγω της μεγάλης φασματικής περιοχής που χρησιμοποιείται σε μια σύνδεση DSL είναι δυνατό να μεταφερθούν αρκετές τηλεφωνικές συνδιαλέξεις. Για τη μεταφορά τηλεφωνικών συνδιαλέξεων πάνω από σύνδεση DSL απαιτείται η μετατροπή της φωνής σε ψηφιακά πακέτα δεδομένων. Τα πακέτα αυτά μεταφέρονται μέσω της σύνδεσης δεσμεύοντας δυναμικά το απαραίτητο εύρος ζώνης, μόνο όταν πραγματοποιείται η κλήση. Η τεχνική αυτή είναι δυνατό μακροπρόθεσμα να αντικαταστήσει τις παραδοσιακές τηλεφωνικές συνδέσεις.

4.7.12. Teleworking

Η ύπαρξη συνδέσεων υψηλής ταχύτητας, επιτρέπει στους απομονωμένους χρήστες να έχουν με αποτελεσματικό τρόπο πρόσβαση στα εταιρικά τοπικά δίκτυα. Ο θεσμός της τηλε-εργασίας προωθείται από τις μεγάλες εταιρίες παγκοσμίως και η εξέλιξή του θα σταθμίσει την αγορά του DSL, καθώς πρόκειται για την «επέκταση» των τοπικών δικτύων αυτών των εταιρειών στο διαδίκτυο (e-LANs).



Σχήμα 4.19. Αρχιτεκτονική απομακρυσμένης πρόσβασης σε τοπικό δίκτυο μέσω ADSL

4.7.13. Περιβάλλον Ιδιωτικών Δικτύων

Μια από τις σημαντικότερες παρερμηνείες για το DSL είναι ότι πρόκειται για μελλοντική τεχνολογία που προορίζεται μόνο για τον τοπικό βρόχο. Η αλήθεια είναι ότι το DSL είναι μια τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων πάνω από καλώδια χαλκού, η οποία είναι ευρέως διαθέσιμη σήμερα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λύσει πολλά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται σε περιβάλλον ιδιωτικών δικτύων (Private Network Environment, PNE).

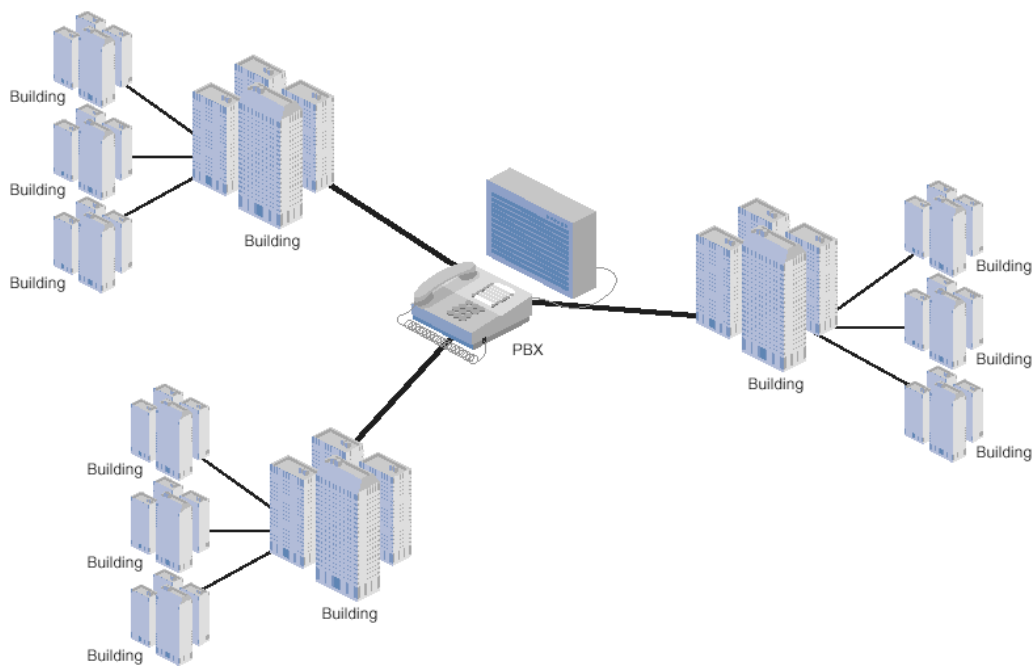
Ως περιβάλλον ιδιωτικού δικτύου μπορεί να οριστεί ως μια οργάνωση, ένα ίδρυμα, μια εταιρία ή μια αντιπροσωπεία που απαιτούν τις μεταδόσεις μεγάλων όγκων δεδομένων. Αυτές οι διαφορετικές οργανώσεις έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: την υπάρχουσα υποδομή χάλκινων καλωδίων που αποτελεί το δίκτυο φωνής. Ένα κοινώς γνωστό PNE είναι το εσωτερικό δίκτυο ενός πανεπιστημίου. Είναι αυτή η υποδομή χαλκού που επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν οι τεχνολογίες DSL για να λύσουν πολλά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην προσπάθεια της διαχείρισης του δικτύου του πανεπιστημίου. Το ADSL είναι μια εναλλακτική επιλογή, προτιμώμενη από τις παραδοσιακές λύσεις, στα προβλήματα πρόσβασης στα PNE και αυτό γιατί η υπάρχουσα υποδομή καλωδίων χαλκού επιτρέπει στο ADSL να μεταφέρει δεδομένα με υψηλές ταχύτητες, για εκτεταμένες αποστάσεις πάνω από το χάλκινο δίκτυο, ταυτόχρονα επίσης με την παραδοσιακή τηλεφωνική υπηρεσία.

Οι παραδοσιακές μεγάλες λύσεις είτε απαιτούν την ακριβή επένδυση υποδομής (καλώδια οπτικών ινών, μικροκυματικές διατάξεις), είτε μόνο λειτουργία μέσα σε πολύ περιορισμένες αποστάσεις (UTP-cat 5 Ethernet, ασυρματικές διατάξεις). Η τεχνολογία DSL προσφέρει την καλύτερη λύση, τις υψηλές ταχύτητες και τις μεγάλες αποστάσεις, οικονομικότερα, σε όλη την υπάρχουσα υποδομή χαλκού.

4.7.14. Επέκταση των LAN δικτύων και συνένωση τους (Lan-to-Lan)

Προηγουμένως αναφερθήκαμε στα πανεπιστημιακά PNE που κατά κύριο λόγο αντιπροσωπεύουν ένα LAN στην περιοχή της πανεπιστημιούπολης. Κατά τη διάρκεια του χρόνου, οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν διαφορετικά πανεπιστημιακά LANs έχουν την ανάγκη να μοιραστούν τις πληροφορίες ο ένας με τον άλλο. Η πρόκληση που αντιμετωπίζουμε είναι πώς να συνδυαστούν αυτά τα ανόμοια LANs ώστε να επιτραπεί σε αυτούς τους χρήστες να μοιραστούν τις πληροφορίες.

Συχνά αυτά τα LANs χωρίζονται από αποστάσεις πάρα πολύ μεγάλες να επεκτείνουν απλά το τμήμα του τοπικού LAN (το όριο για την κατηγορία 5 καλωδίου UTP - στο οποίο βασίζεται το Ethernet είναι 90 μέτρα). Οι εναλλακτικές λύσεις απαιτούν τα ειδικά μέσα όπως το προστατευμένο οπτικό καλώδιο ή την εργολαβία με έναν φορέα παροχής υπηρεσιών να συνδέσουν τις δύο θέσεις πανεπιστημιούπολεων. Η εγκατάσταση των νέων μέσων πέρα από μια πανεπιστημιούπολη μπορεί να είναι απαγορευτικά ακριβή. Εδώ είναι όπου η τεχνολογία DSL και η υπάρχουσα υποδομή χαλκού μπαίνουν στο παιχνίδι. Η υποδομή τηλεφωνικής καλωδίωσης στις περισσότερες πανεπιστημιούπολεις είναι χαρακτηριστικά ένα αστερί ή μια διανεμημένη τοπολογία αστεριών όπως στο σχήμα παρακάτω.

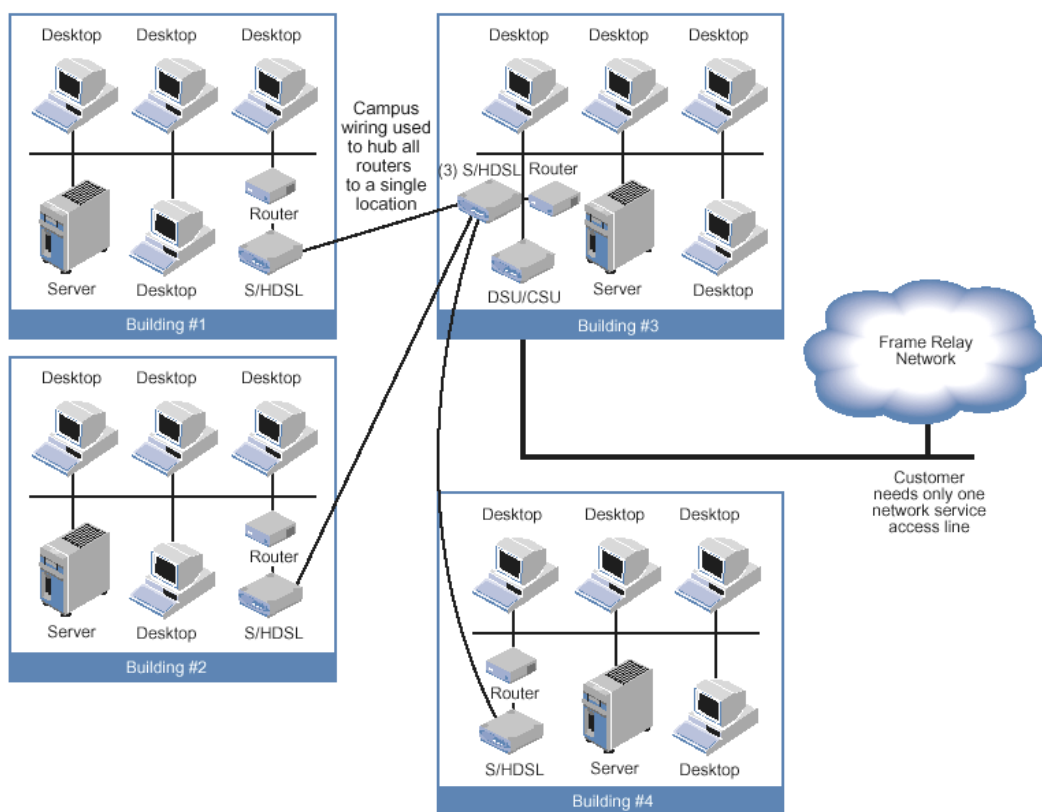


Σχήμα 4.20. Η υποδομή του τηλεφωνικού δίκτυο στα πανεπιστήμια

Όπως φαίνεται στην παραπάνω σχεδίαση, το χάλκινο τηλεφωνικό καλώδιο συνδέει όλα τα κτίρια στην πανεπιστημιούπολη. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία DSL, αυτή η τηλεφωνική καλωδίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη εύκολη και ανέξοδη συνδεσιμότητα LAN-to-LAN. Συνδέουμε απλά τη συσκευή DSL με τα τηλεφωνικά καλώδια σε ένα κτήριο και

συνδέουμε μια άλλη συσκευή DSL με το άλλο τέλος των καλωδίων στο άλλο κτήριο. Μετά οι συσκευές DSL συνδέονται στο αντίστοιχο LAN τους, μέσω κάποιου μεταγωγέα (switch) ή δρομολογητή (router). Το αποτέλεσμα είναι απλός, γρήγορος, και ανέξοδος τρόπος την επέκτασης του μεγάλου τοπικού LAN όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.21 παρακάτω.

Η παρακάτω αρχιτεκτονική παρέχει ένα παράδειγμα της δύναμης της τεχνολογίας DSL στο ιδιωτικό περιβάλλον πανεπιστημιούπολεων. Τέσσερα γεωγραφικά χωρισμένα κτίρια, το κάθε ένα έχει κάποιο LAN για το προσωπικό. Αυτά τα LANs πρέπει όλα να είναι σε θέση να επικοινωνήσουν το ένα με το άλλο (δίκτυο πλέγματος) και να επικοινωνήσουν με άλλες εταιρικές θέσεις σ' όλο τη χώρα ή τον κόσμο.

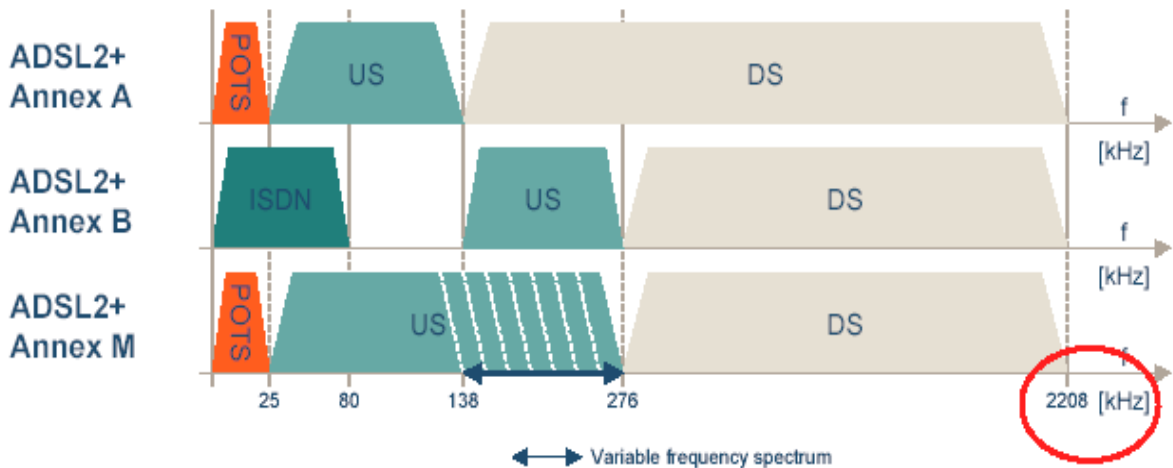


Σχήμα 4.21. Αρχιτεκτονική διασύνδεσης Δικτύων Τοπικής Πρόσβασης

Είναι βέβαια αυτονόητο ότι αυτή η δομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε σύνδεση LANs ακόμα και επιχειρήσεων που είναι παρόμοια με αυτά του πανεπιστημίου.

4.8. ADSL2, ADSL2+

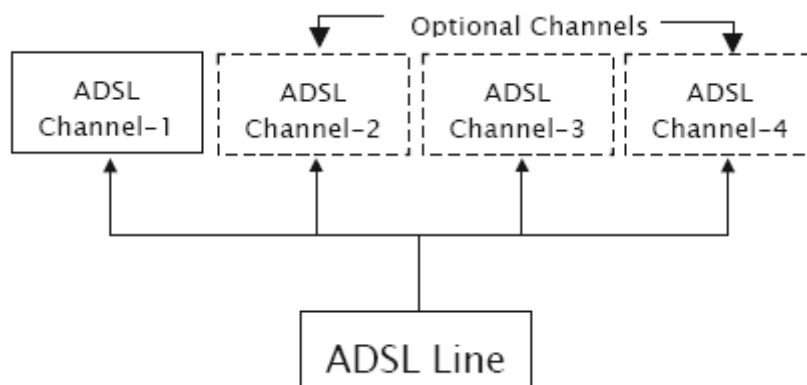
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών ετών έχουν αναπτυχθεί πρότυπα για την επόμενη γενιά των τεχνολογιών ADSL. Οι ακόλουθες λοιπόν τεχνολογίες ADSL αποτελούν πλέον πρότυπα της ITU-T κάτω από τις αντίστοιχες συστάσεις: ADSL2 (G.992.3), ADSL2lite (G.992.4) και ADSL2plus (G.992.5 – Annexes A/B/M). Αυτές οι νέες τεχνολογίες έχουν κατά πολύ εξελίξει και εμπλουτίσει τις δυνατότητες αλλά και την ευελιξία που προσέφερε η αρχική ομάδα προτύπων του ADSL (ADSL - G.992.1 και ADSLlite - G.992.2).



Σχήμα 4.22: Σύσταση ITU-T G.992.5 - ADSL2+

Η επόμενη γενιά των τεχνολογιών ADSL υποστηρίζει τόσο βελτιωμένη απόδοση όσο και ευελιξία για να καλύψει τις ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες για ευρυζωνικές υπηρεσίες φωνής και εικόνας υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας. Το σημαντικό όμως είναι πως υποστηρίζουν επίσης και πολλά νέα χαρακτηριστικά, τα οποία προσφέρουν στον πάροχο τη δυνατότητα έλεγχου κατά ένα μεγάλο ποσοστό της απόδοσης και της συμπεριφοράς της ίδιας της γραμμής μετάδοσης. Δυστυχώς όμως το επιπρόσθετο αυτό σημαντικό πλεονέκτημα επιφέρει το κόστος μιας μεγαλύτερης πολυπλοκότητας στην υποδομή διαχείρισης.

Μία από τις σημαντικότερες συνέπειες εμφανίζεται στον τομέα των καναλιών φέρουσας. Ενώ η αρχική ADSL τεχνολογία υποστήριζε μια διαρρυθμισμένη ενός απλού και σταθερού καναλιού, τα νέα αυτά πρότυπα επιτρέπουν μια ευέλικτη παραμετροποίηση μέχρι και τεσσάρων καναλιών γενικής χρήσης, τα οποία μπορούν να παραμετροποιηθούν ανεξάρτητα σε συνάρτηση με το latency.



Σχήμα 4.23: Διαρρύθμιση καναλιών φέρουσας στην επόμενη γενιά των τεχνολογιών ADSL

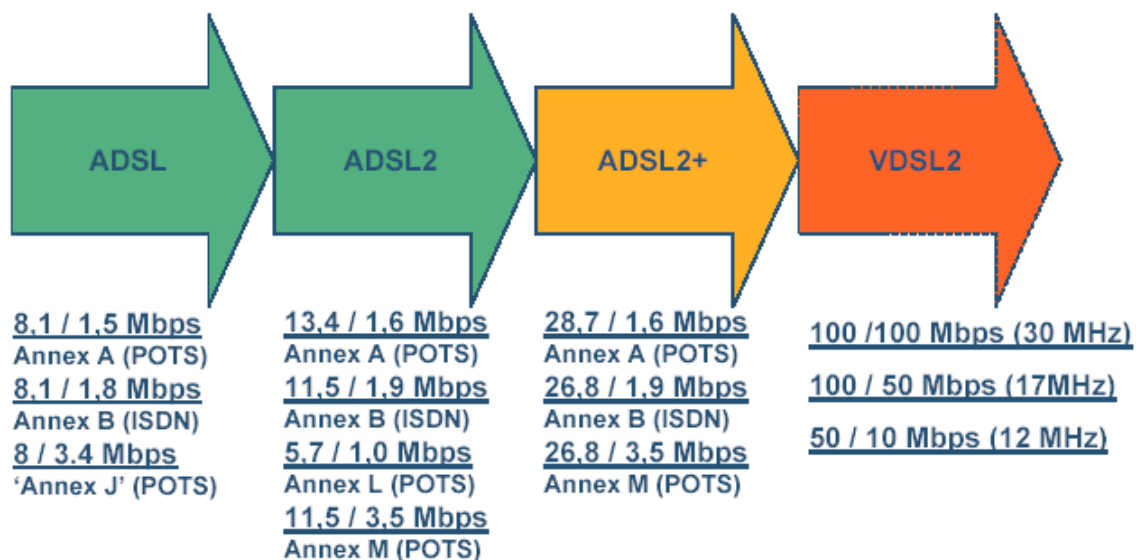
Λοιπές αλλαγές, που εισάγονται από την επόμενη γενιά των τεχνολογιών ADSL ως προς τη λειτουργία και τη διαχείριση, συμπεριλαμβάνουν πρόσθετες επιλογές παραμετροποίησης στους ακόλουθους τομείς:

- Παραμετροποιήσιμοι χρονιστές διαχείρισης ισχύος
- Έλεγχος φάσματος / φασματικής πυκνότητας ισχύος (PSD)
- Έλεγχος υπερκείμενης σηματοδοσίας (Messaging overhead control)
- Προστασία από θόρυβο και έλεγχος στάθμης σήματος BER

Οι απαιτήσεις για τη διαχείριση της επόμενης γενιάς των τεχνολογιών ADSL έχουν αποτυπωθεί στην αναθεωρημένη σύσταση G.997.1 της ITU-T.

Οι νέες λοιπόν αυτές τεχνολογίες βρίσκονται πλέον, μόλις τώρα, στην απαρχή της εμπορικής τους υλοποίησης και εφαρμογής αυξάνοντας κατά πολύ τους ρυθμούς μετάδοσης για μικρές αποστάσεις. Παρέχουν άνετα τα 13,5Mbps που απαιτούνται σήμερα για την μετάδοση triple-play υπηρεσίας με τρία ρεύματα εικόνας σε βρόχους 1,5 έως 1,8 χιλιομέτρων αλλά δεν προσφέρουν καμία βελτίωση σε περιπτώσεις βρόχων μεγαλύτερων από τα 2,4Km.

Βέβαια, ένα ακόμα πρόσθετο χαρακτηριστικό των ADSL2 ADSL2+, η χρήση περισσοτέρων του ενός χάλκινου ζεύγους για να μεταφέρει το ρεύμα των δεδομένων μπορεί να αυξήσει την εμβέλεια των συστημάτων αυτών. Το επονομαζόμενο λοιπόν «Line bonding» (Δέσμιση Γραμμής) μπορεί να οδηγήσει, με τη δέσμιση δύο ADSL2+ γραμμών, στην παροχή μέχρι 44Mbps σε βρόχους μικρότερους από 1,5Km, ή 8Mbps σε αποστάσεις μέχρι 3,7Km.



Σχήμα 4.24: Η εξέλιξη των ρυθμών μετάδοσης στη νέα γενιά DSL τεχνολογιών

	Μέγιστος ρυθμός καθόδου	Μέγιστος ρυθμός ανόδου	Χρησιμοποιεί το ίδιο ζεύγος του τηλεφώνου	Μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλαπλά ζεύγη	Αναμενόμενη εμπορική εκμετάλλευση
ADSL	8Mbps	1Mbps	Ναι	Όχι	Τώρα
ADSL2	12Mbps	1Mbps	Ναι	Ναι	εντός 2006
ADSL2+	24Mbps	3Mbps	Ναι	Ναι	εντός 2006
G.SHDSL	5.6Mbps	5.6Mbps	Όχι	Ναι	Τώρα
VDSL2	50Mbps	26Mbps	Ναι	Όχι	2006 - 2007
M2DSL	45Mbps	45Mbps	κατ' επιλογή	Ναι	2007

Πίνακας 4.25: Σύγχρονες τάσεις DSL τεχνολογιών

ΚΕΦ. 5 - ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ & ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

5.1. Γενικά

Η πλέον κοινώς αποδεκτή θεώρηση στην εποχή μας αναφέρει ότι, καθώς οι εξελίξεις στον τομέα των τηλεπικοινωνιών είναι ραγδαίες, η ανάπτυξη ευρυζωνικών δικτύων και υπηρεσιών έχει ήδη εκκινήσει και αναμένεται να επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων όπως: στην υγεία, την εκπαίδευση και την έρευνα, την πληροφόρηση, τις επιχειρηματικές δραστηριότητες και τις εμπορικές συναλλαγές. Δημιουργείται μια νέα αγορά, η οποία βρίσκεται στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της, αφού διαρκώς εμφανίζονται με γοργούς ρυθμούς νέες τεχνολογικές λύσεις και υπηρεσίες, ενώ η εξέλιξή της αναμένεται να καθοριστεί τόσο από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς και τους παρόχους περιεχομένου όσο και από την απήχηση που θα έχουν οι νέες υπηρεσίες και οι εφαρμογές στους τελικούς χρήστες.

Παρόλα αυτά η αναμενόμενη ανάπτυξη συντελείται με αργούς ρυθμούς δεδομένου ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις επιφέρουν δομικές αλλαγές σε όλους όσους εμπλέκονται στην τηλεπικοινωνιακή αγορά. Η «τεχνολογική επανάσταση των πολυμέσων» θα έλεγε κάποιος ότι έχει παραδόξως δημιουργήσει μια αντιστρόφως ανάλογη τάση στην ευρεία αγορά, καθώς όλοι οι εμπλεκόμενοι, πάροχοι και χρήστες, φαίνεται να αφομοιώνουν αυτή την εξέλιξη με πολύ μικρότερη ταχύτητα από αυτήν με την οποία αναπτύσσεται η ίδια η τεχνολογία. Η αιτία είναι μάλλον λογική τελικά πάρα παράδοξη: η εξέλιξη της τεχνολογίας προλαβαίνει κάθε φορά να εισέρχεται στην ζωή του ανθρώπου πριν ακόμα αυτός προλάβει όχι να αφομοιώσει - αλλά ενδεχομένως ούτε καν να κατανοήσει το προηγούμενο στάδιό της.

5.2. Παγκόσμια πραγματικότητα και μελλοντικές τάσεις

Σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν επικρατήσει αρκετές τεχνολογίες υλοποίησης ευρυζωνικών συνδέσεων, οι οποίες είναι στενά συνδεδεμένες με τις υποδομές που είναι διαθέσιμες ή μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι καλωδιακές ευρυζωνικές συνδέσεις, οι οποίες είναι ευρύτατα διαδεδομένες στις ΗΠΑ και την Αγγλία λόγω της ύπαρξης εκτεταμένου καλωδιακού δικτύου, αλλά και το DSL το οποίο στηρίζεται στο παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο και γνωρίζει μεγάλη διάδοση σε αγορές όπως η ευρωπαϊκή. Από την άλλη μεριά σε πολλές χώρες του κόσμου, και ειδικά εκεί όπου τα ενσύρματα δίκτυα δεν είναι υλοποιημένα σε μεγάλη κλίμακα, υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες ευρυζωνικών υπηρεσιών, οι οποίες βασίζονται σε ασύρματες υλοποιήσεις. Πρόκειται συγκεκριμένα για υπηρεσίες broadband που στηρίζονται στη χρήση δορυφόρου (Satellite Internet), δικτύων ασύρματης σταθερής πρόσβασης (LMDS), δικτύων κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς ή των νέων ασύρματων τεχνολογιών που έχουν κάνει την εμφάνισή τους το τελευταίο διάστημα με

προεξάρχουσες τις τεχνολογίες Wi-Fi και WiMax. Κάθε μια από τις προαναφερθείσες τεχνολογίες έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, όπως θα αναφερθεί και στο επόμενο κεφάλαιο, τα οποία σχετίζονται με την απόδοση, την τιμή και την ποιότητα των υπηρεσιών, αλλά κυρίως με την γεωγραφία του χώρου, την ευχρηστία και τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας εντός αυτού και άλλους σημαντικούς πολιτισμικούς και πολιτικούς παράγοντες.

Παρόλα αυτά, όπως διατυπώθηκε πρόσφατα στο παγκόσμιο DSL Forum, το DSL αποτελεί τη δημοφιλέστερη παγκοσμίως broadband τεχνολογία, κατέχοντας περισσότερο από το 60% των συνδέσεων υψηλής ταχύτητας. Σχετικά συγκεντρωτικά στοιχεία ερευνών έδειξαν πως στο τέλος του 2005 οι συνδρομητές του DSL παγκοσμίως ανήλθαν στα 140 εκατομμύρια, με τυπικότερες εφαρμογές τις ακόλουθες:

- Πρόσβαση στο Internet σε υψηλές ταχύτητες (Fast ή High-speed Internet)
- Multimedia, online games, απομακρυσμένη εκπαίδευση
- Video on demand (εικόνα κατ' απαίτηση)
- Virtual Private Networks (VPNs)
- Voice over DSL (VoDSL)

5.3. Ελληνική πραγματικότητα

Αυτή τη στιγμή στην ελληνική αγορά, εκτός του βασικού τηλεπικοινωνιακού οργανισμού, υπάρχουν και δραστηριοποιούνται αρκετές άλλες εταιρείες παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, οι λεγόμενοι εναλλακτικοί τηλεπικοινωνιακοί Πάροχοι. Άλλοι λιγότερο και άλλοι περισσότερο έχουν καταφέρει να διεισδύσουν σε κάποιο πολύ μικρό κομμάτι της αγοράς παρέχοντας κάποιες ελάχιστες ευρυζωνικές υπηρεσίες (Fast Internet, VoIP, VPNs) χρησιμοποιώντας κυρίως το δίκτυο του βασικού παρόχου, και παραμένοντας έτσι σε πλήρη σχεδόν εξάρτηση από αυτόν ως προς την παροχή των υπηρεσιών τους. Μέχρι στιγμής ελάχιστες είναι οι προσπάθειες για ανάπτυξη ιδιόκτητων ευρυζωνικών δικτύων από αυτούς, καθώς τόσο το πρώιμο στάδιο ωρίμανσης στο οποίο βρίσκεται η ελληνική αγορά, όσο και η μεγάλη απροθυμία του ΟΤΕ - εκφραζόμενη στην δημιουργία πολλαπλών εμποδίων και τεράστιων καθυστερήσεων στην ανάπτυξη των εναλλακτικών παρόχων - να συνεργαστεί ως οφείλει με τις άλλες εταιρείες παροχής ευρυζωνικών υπηρεσιών, δημιουργούν ένα καθεστώς ανασφάλειας και υψηλού βαθμού επικινδυνότητας στην πραγματοποίηση επενδύσεων τέτοιας κλίμακας. Επί του παρόντος δηλαδή, έχουν υλοποιηθεί και λειτουργούν κάποια μικρά σε έκταση εναλλακτικά ευρυζωνικά δίκτυα, σχεδόν αποκλειστικά στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, με εφαρμογή ασύρματων τεχνολογιών (μικροκυματικά ή LMDS), ή τεχνολογιών οπτικών ινών.

Όπως προκύπτει λοιπόν, στην ελληνική πραγματικότητα υπάρχουν θέματα που δεν έχουν μέχρι σήμερα αντιμετωπιστεί ικανοποιητικά, ή έχουν αντιμετωπισθεί με μικρότερη της απαιτούμενης προσοχή, και τα οποία θεωρούνται σημαντικά για τον ιδιωτικό τομέα. Κάποια από τα θέματα αυτά αφορούν α) την ανάπτυξη υγιούς ανταγωνισμού, β) τον παρεμβατισμό της πολιτείας και της ρυθμιστικής αρχής, γ) την δημιουργία στον απλό συνδρομητή/χρήστη ενός αισθήματος ασφάλειας ως προς τη χρήση των ευρυζωνικών υπηρεσιών, μέσω της τεχνολογικής αλλά και νομοθετικής εφαρμογής ενός αντίστοιχου καθεστώτος.

5.3.1. Εμπορικά Ζητήματα

Καταρχήν η έλλειψη τεχνογνωσίας, ενημέρωσης, ρεαλιστικής τιμολογιακής πολιτικής αλλά και η «τεχνοφοβία» που χαρακτηρίζει το μέσο Έλληνα λειτουργούν μέχρι τώρα αποτρεπτικά στη χρήση των ευρυζωνικών δικτύων ως επικοινωνιακό μέσο στη χώρα μας.

Συχνά έρχονται στην επιφάνεια προβλήματα ανασφάλειας ή δυσπιστίας του κοινού απέναντι σε διαδικασίες e-commerce, e-banking (ηλεκτρονικό εμπόριο και συναλλαγές), ειδικά δε και στις ίδιες τις ηλεκτρονικές επικοινωνίες. Είναι γεγονός πως τα εργαλεία πιστοποίησης - ασφάλειας δεν είναι ακόμα τόσο αξιόπιστα, κάτι που φαίνεται ακόμα πιο έντονα με την έλλειψη αντίστοιχων διαδικασιών από πλευράς φορέων αλλά και παρόχων. Πολλοί ισχυρίζονται πως πρώτο από όλα το νομοθετικό πλαίσιο δεν είναι επαρκές για τις περιπτώσεις αυτές. Πως θα μπορούσε όμως αυτό ποτέ να συμβεί τη στιγμή που η εξέλιξη της τεχνολογίας (συμπεριλαμβανομένης και των αρνητικών της εφαρμογών) είναι πολύ ταχύτερη της εξέλιξης αυτού; Μόνο η πρόβλεψη διαδικασιών και δικλείδων πιστοποίησης και ασφαλείας από τους ίδιους τους παρόχους των υπηρεσιών να είναι ενδεχομένως η τελευταία «ασπίδα» σε αυτό το σημαντικό ζήτημα.

Σε μια άλλη κατηγορία υπηρεσιών που εκτιμάται ότι σύντομα θα βρουν μεγάλη απήχηση, τις υπηρεσίες video και music on demand, οι επιφυλάξεις και οι καθυστερήσεις στην ευρεία έκτασης εμπορική διάθεσή τους προέρχονται από τους ίδιους τους παρόχους. Δεδομένου ότι οι χρήστες σήμερα βιώνουν μια εντελώς αντεστραμμένη κατάσταση στο θέμα αυτό, με την δωρεάν και παράνομη διακίνηση αρχείων μουσικής και εικόνας (mp3 και ταινίες), οι Πάροχοι πιστεύουν πως αν δεν αντιμετωπιστεί επαρκώς το θέμα του copyright και των πνευματικών δικαιωμάτων με τις εφαρμογές αυτές, μαζική χρήση τους θα μπορούσε αφενός μεν να απαξιώσει τις προσφερόμενες υπηρεσίες σε βάρος των παρόχων, αλλά και του ίδιου του συνδρομητή τελικά, αφετέρου δε να προκαλέσει προβλήματα συμφόρησης σε κάποια δίκτυα εξ αυτών.

Σημαντικό ζήτημα επίσης για την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας στην ελληνική κοινωνία είναι η προσφορά ευρυζωνικών υπηρεσιών σε προσιτές τιμές για όλους τους χρήστες και η παροχή τους στις απομακρυσμένες ή λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας. Η κρατική παρέμβαση στο σημείο αυτό έχει θεωρηθεί ως απολύτως απαραίτητη, και έχει ήδη αρχίσει να δρομολογείται αφενός με την επιδότηση σχεδιασμού και υλοποίησης ευρυζωνικών υποδομών

πρόσβασης από την Τοπική Αυτοδιοίκηση σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, αφετέρου με την δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών στους εγχώριους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους για την ανάπτυξη ευρυζωνικών δικτύων στην Περιφέρεια.

5.3.2. Ρυθμιστικό περιβάλλον

Το μέτρο της αποδέσμευσης του τοπικού βρόχου καθιστά εφικτή την παροχή υπηρεσιών DSL από νέους φορείς χρησιμοποιώντας την υφιστάμενη υποδομή του ΟΤΕ (Τηλεφωνικά κέντρα, Τοπικοί Βρόχοι, Καταναμητές, Μονάδες Οπτικού Δικτύου) στο δίκτυο πρόσβασης. Για να αποκτήσουν πρόσβαση στον χάλκινο τοπικό βρόχο οι ανταγωνιστικοί φορείς, επονομαζόμενοι Εναλλακτικοί Πάροχοι, θα πρέπει είτε:

- να εγκαταστήσουν το δικό τους εξοπλισμό μέσα στα κέντρα/κόμβους του ΟΤΕ (Φυσική Συνεγκατάσταση),
- να εγκαταστήσουν το δικό τους εξοπλισμό σε καμπίνες ή σε γειτονικούς κλειστούς χώρους κοντά στα κέντρα/κόμβους του ΟΤΕ (Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση),
- να χρησιμοποιήσουν εξοπλισμό του ΟΤΕ, (βάση κριτηρίων).

Λόγω του ανταγωνισμού που συνεπάγεται, η αποδέσμευση του τοπικού βρόχου αναμένεται να δώσει αξιόλογη ώθηση στην αγορά υπηρεσιών DSL, ιδιαίτερα προς την κατεύθυνση καθιέρωσης ανταγωνιστικών τιμών. Η μέχρι σήμερα πορεία του μέτρου της αποδέσμευσης στην Ευρώπη δεν είναι καθόλου ικανοποιητική πάντως, καθώς τόσο για τους φορείς, όσο και για τις Ρυθμιστικές Αρχές προκύπτουν σύνθετα ζητήματα όπως:

- ✓ Θέματα συνεγκατάστασης μεταξύ των ανταγωνιστικών φορέων
- ✓ Διαδικασίες παραγγελίας και προμήθειας των ευρυζωνικών υπηρεσιών
- ✓ Θέματα τιμολόγησης
- ✓ Θέματα διαχείρισης του Τοπικού Βρόχου
- ✓ Πιστοποίηση του Τοπικού Βρόχου
- ✓ Έλεγχος και συντήρηση του Τοπικού Βρόχου
- ✓ Τεχνικοί όροι πρόσβασης
- ✓ Θέματα ανταγωνισμού ασφάλειας και εμπιστευτικότητας
- ✓ Θέματα καθιέρωσης προτύπων και διατήρησης της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και διαλειτουργικότητας μεταξύ συστημάτων και τεχνολογιών (Electromagnetic Compatibility & Interoperability Issues)

5.3.3. Στατιστικά στοιχεία της εγχώριας αγοράς

Δυόμισι χρόνια μετά την εμπορική διάθεση των υπηρεσιών ADSL στην ελληνική αγορά το ποσοστό διείσδυσης στη χώρα μας βρίσκεται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα και πολύ μακριά από το μέσο ευρωπαϊκό όρο, δίνοντας στην Ελλάδα μια εξαιρετικά αρνητική εικόνα. Ενδεικτικά είναι τα συμπεράσματα της υπηρεσίας GlobalComms Database Service της εταιρείας Telegeography, Η έρευνα διαπιστώνει μεγάλες αποκλίσεις στη διείσδυση των ευρυζωνικών υπηρεσιών σε παγκόσμια κλίμακα. Σε παρουσίαση των στοιχείων της έρευνας με τίτλο «ο καλός, ο κακός και ο άσχημος», αποδίδει το δεύτερο ρόλο στην Ελλάδα. Αιτιολογώντας το χαρακτηρισμό, η έρευνα αναφέρει ότι η χώρα μας βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο όλων των ευρωπαϊκών χωρών, με ένα απειροελάχιστο 0,8% στο τέλος του 2ου τριμήνου του 2005. Βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με χώρες όπως το Μαρόκο και το Βιετνάμ, και πολύ πίσω από πολλές χώρες του πρώην ανατολικού μπλοκ. Η έρευνα αποδίδει την ελληνική υστέρηση στην αντίσταση του ΟΤΕ στο θέμα της Αδεσμοποίησης Πρόσβασης στον Τοπικό Βρόχο, έτσι ώστε οι ανταγωνιστές να μπορέσουν να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους.

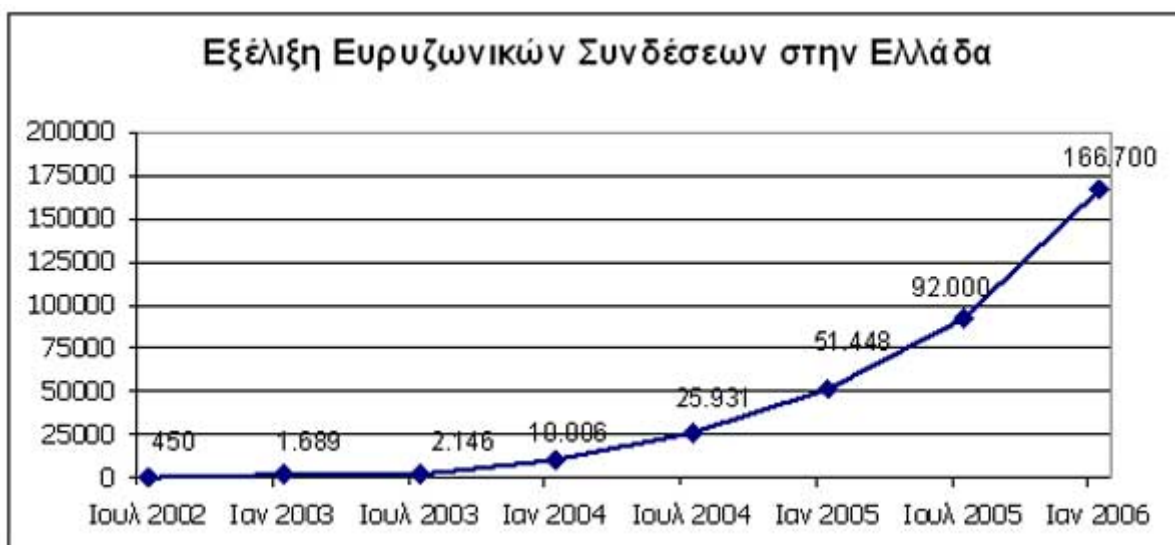
Σύμφωνα με την Eurostat, το ποσοστό των νοικοκυριών στην Ελλάδα με πρόσβαση στο Internet υπολογίστηκε ίσο με 24%, ενώ οι αντίστοιχες τιμές του ίδιου δείκτη για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 και των 25 ανέρχονται στο 55% και 49% αντίστοιχα. Παράλληλα, όπως έγινε γνωστό, το ποσοστό διάδοσης των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα ήταν στο τέλος του 2005 κάτω από 1,2% - τη στιγμή που ο μέσος όρος στην Ευρώπη ήταν σχεδόν δεκαπλάσιος, πλησιάζοντας το 11% - αφήνοντας τη χώρα μας τελευταία στην ΕΕ σε ότι αφορά τις συνδέσεις ADSL.

Όπως προκύπτει από την τελευταία έκθεση που έδωσε στη δημοσιότητα το Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας, το 2ο εξάμηνο του 2005 σημειώθηκε σημαντική αύξηση της ζήτησης για ευρυζωνικές συνδέσεις (ADSL). Στην έκθεση αναφέρεται ότι η τελευταία δραστική μείωση των τιμών στα μέσα του εξαμήνου, καθώς και η αυξανόμενη ένταση του ανταγωνισμού συνέβαλε στη σημαντική αύξηση της ζήτησης.

Ειδικότερα, σύμφωνα με τελευταία στοιχεία, στο τέλος Δεκεμβρίου 2005 λειτουργούσαν 151.437 συνδέσεις ADSL (σύνολο παρόχων μέσω δικτύου κορμού) έναντι 46.547 συνδέσεων που λειτουργούσαν την 1η Ιανουαρίου 2005 (αύξηση 225%). Επιπλέον αυτών των συνδέσεων, οι οποίες προκύπτουν βασισμένες σε στοιχεία του βασικού παρόχου, (ΟΤΕ) εκτιμάται ότι υπάρχουν επιπρόσθετα περίπου 4.500 συνδέσεις από τα ανεξάρτητα δίκτυα των παρόχων και επομένως ο συνολικός αριθμός των DSL συνδέσεων άγγιξε την 01.01.2006 τις 156.000. Λαμβάνοντας υπόψη τις 10.700 λοιπές ευρυζωνικές συνδέσεις (μισθωμένες γραμμές, ασύρματες συνδέσεις, κλπ.) ο συνολικός αριθμός ευρυζωνικών συνδέσεων υπολογίζεται ότι προσέγγισε στις αρχές του 2006 τις 167.000 και το ποσοστό διείσδυσης στον πληθυσμό ξεπέρασε το 1,5% από 0,5% που είχε μετρηθεί την 1η Ιανουαρίου 2005. Με βάση τα

διαθέσιμα στοιχεία και την επεξεργασία του Παρατηρητηρίου, προκύπτει ότι κατά το τελευταίο τρίμηνο, οι αιτήσεις για νέες συνδέσεις σταθεροποιούνται σε αριθμό άνω των 15.000 μηνιαίως, διπλάσιες δηλαδή σε σχέση με το ρυθμό του προηγούμενου έτους.

Συμπερασματικά λοιπόν προκύπτει πως ένα μεγάλο ποσοστό των Ελλήνων χρηστών του Διαδικτύου δεν χρησιμοποιεί την τεχνολογία DSL. Παρόλα αυτά, το τελευταίο διάστημα παρατηρείται στην ελληνική αγορά μια σαφώς αυξητική τάση στις νέες συνδέσεις DSL, πράγμα που οφείλεται, εκτός των άλλων, και στις προσιτές τιμές των ευρυζωνικών υπηρεσιών που έχουν αρχίσει και εμφανίζονται λόγω του ανταγωνισμού των παρόχων.



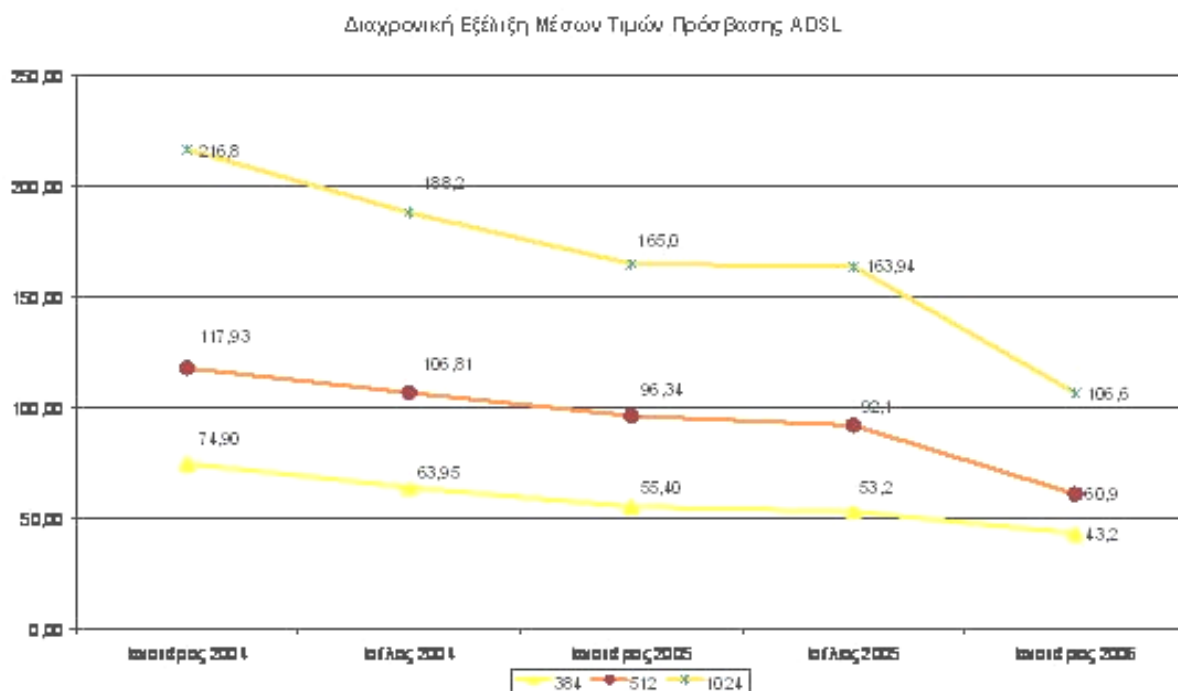
Πίνακας 5.1. Ευρυζωνικές συνδέσεις στην Ελλάδα (πηγή: ΚτΠ)

5.3.4. Απόψεις

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι απόψεις που διατυπώνουν κατά καιρούς στα ΜΜΕ οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται σήμερα ενεργά στον τομέα της παροχής ευρυζωνικών υπηρεσιών στην Ελλάδα, έχοντας ως βάση την τεχνολογία του DSL. Πάρα τα επιμέρους προβλήματα που επισημαίνονται, οι Πάροχοι σε γενικές γραμμές θεωρούν ότι υπάρχει μια θετική πορεία της αγοράς το τελευταίο διάστημα κατά το οποίο καταγράφεται μεγάλη αύξηση της ζήτησης.

Όπως μπορεί εύκολα να αναχθεί από τα σχετικά στοιχεία, σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, η διείσδυση των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα είναι ακόμα σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Δεδομένου όμως ότι αυτό οφείλεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στο ότι η τεχνολογία αυτή υπάρχει στην Ελλάδα εδώ και 2,5 περίπου χρόνια μόνο, η προοπτική ανάπτυξης και περαιτέρω εξάπλωσης είναι μεγάλη, καθώς εκτιμάται ότι πολύ σύντομα τρόπος χρήσης του Διαδικτύου (ποικιλία υπηρεσιών) και κατ' επέκταση η προαναφερθείσα διείσδυση θα μεταβληθούν σαφώς προς το καλύτερο.

Μια άλλη εκτίμηση αναφέρει ότι είναι η ενημέρωση του καταναλωτικού κοινού στην Ελλάδα, κατά το τελευταίο διάστημα, για τις δυνατότητες των ευρυζωνικών υπηρεσιών που οδήγησε στην εκρηκτική αύξηση της ζήτησης για προϊόντα ADSL. Σε συνδυασμό με τον ανταγωνισμό στον τομέα των συνδρομητών Internet, ο οποίος έχει μειώσει σημαντικά τις τιμές, κάνοντας το ADSL προσιτό σε ακόμα μεγαλύτερο μέρος των καταναλωτών, και παρά τις υπερβολικές χρεώσεις στο κομμάτι της ADSL πρόσβασης (μέχρι πρότινος μονοπωλιακό καθεστώς ΟΤΕ), έχουν συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της ζήτησης.



Σχήμα 5.2. Διαχρονική εξέλιξη μέσων τιμών πρόσβασης ADSL (πηγή: ΚτΠ)

Διαπιστώνεται επίσης πως ένα σημαντικό μερίδιο των Ελλήνων χρηστών του Διαδικτύου έχει κατανοήσει πως χρειάζονται την τεχνολογία DSL για να καλύψουν τις τηλεπικοινωνιακές τους ανάγκες. Αν παράλληλα λυθούν κάποια τεχνικά προβλήματα των παρόχων στην παροχή των υπηρεσιών, αλλά και τα προβλήματα κωλυσιεργίας και έλλειψης συνεργασίας του βασικού παρόχου στην αδεσμοποίηση του Τοπικού Βρόχου, τότε οι Πάροχοι ευρυζωνικών υπηρεσιών εκτιμούν πως θα μπορέσουν να εκμεταλλευτούν πλήρως τα μεγάλα περιθώρια ανάπτυξης που έχει η συγκεκριμένη αγορά, με την υλοποίηση της νέας γενιάς ευρυζωνικών τεχνολογιών DSL και την προσφορά νέων ελκυστικότερων υπηρεσιών που θα συνδυάζουν το τρίπτυχο φωνή-εικόνα-δεδομένα (Triple Play Services).

Η τεχνολογία ADSL μπορεί πλέον να λειτουργήσει μέχρι και στα 9Mbps download. Στην Ελλάδα τώρα υπάρχουν υπηρεσίες που δουλεύουν στα 256Kbps/128Kbps - 2048Kbps/640Kbps αλλά οι πιο δημοφιλείς συνδέσεις είναι αυτές των χαμηλών ταχυτήτων, λόγω του κόστους.

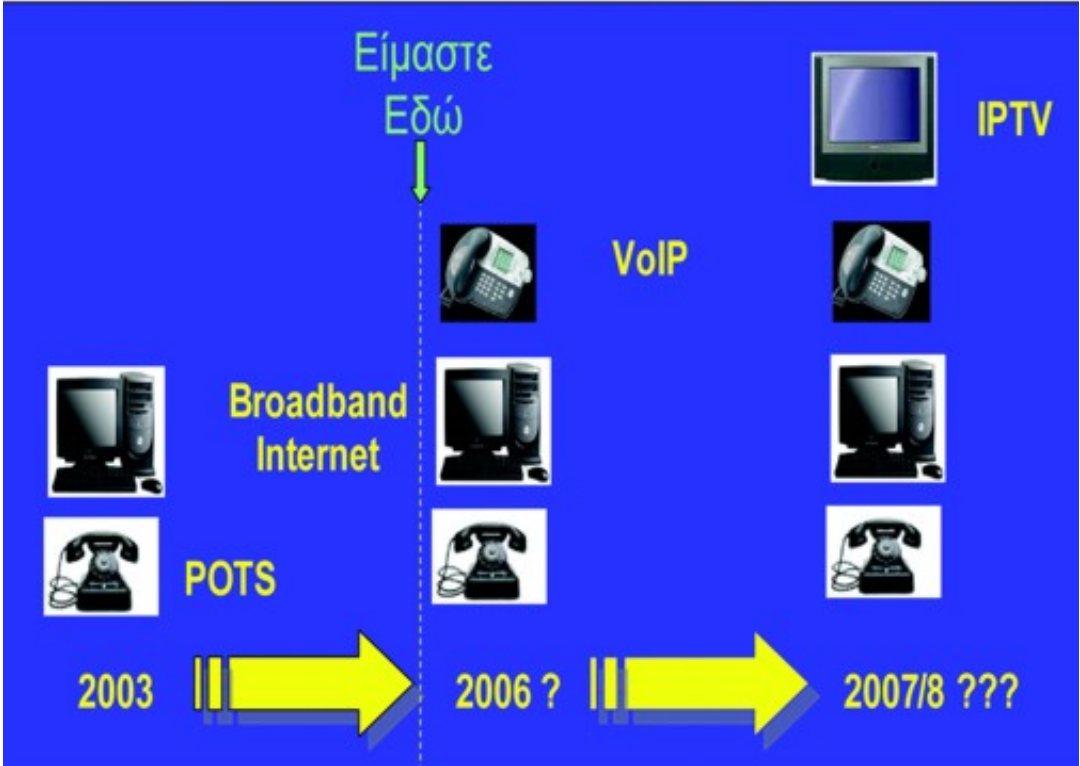
5.4. Συμπερασματικά

Παρά το γεγονός ότι αναμένεται σύντομα να ξεπεραστούν τα όποια προβλήματα και να δημιουργηθούν νέα επιχειρηματικά μοντέλα, είναι πλέον κατανοητό ότι η διαμόρφωση του νέου τοπίου στις τηλεπικοινωνίες κυρίως από τις δυνάμεις της αγοράς δεν έχει επιφέρει μέχρι σήμερα τα επιθυμητά αποτελέσματα. Επίσης σε αρκετές χώρες η προσπάθεια να αφηθεί η ανάπτυξη ευρυζωνικών υπηρεσιών αποκλειστικά στις δυνάμεις της αγοράς, δεν απέδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Κάποιοι υποστηρίζουν πως οι υπηρεσίες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης μπορεί να αποδειχθούν στο άμεσο μέλλον ως μείζονος σημασίας για την εξάπλωση της ευρυζωνικότητας εξαιτίας του ακόλουθου ιδιαίτερου χαρακτηριστικού τους: ένας μοναδικός φορέας (η πολιτεία) να είναι σε θέση να αποτελέσει κύριο μοχλό ανάπτυξης, προωθώντας τη χρήση τόσο στους πολίτες όσο και στις επιχειρήσεις. Η πολιτεία σε ρόλο «πελάτη» και ταυτόχρονα «καταναλωτή» ευρυζωνικών υπηρεσιών μπορεί με τις επιλογές της να δίνει κατευθύνσεις.

Τα δύο τελευταία χρόνια σε αρκετές χώρες (Αγγλία, Ιρλανδία, Ιταλία, Καναδάς, ΗΠΑ, κ.ά.) δημιουργήθηκαν Ομάδες Εργασίας Ευρυζωνικών Υπηρεσιών και Υποδομών (Broadband Task Forces). Ο ρόλος τους είναι κατά βάση καθοδηγητικός, συντονιστικός και συμβουλευτικός. Οι εισηγήσεις τους για παρεμβάσεις (κίνητρα, χρηματοδοτήσεις, προσαρμογή κανονιστικού πλαισίου) και η ταυτόχρονη ενθάρρυνση της ζήτησης των ευρυζωνικών υπηρεσιών από τους τελικούς χρήστες, αποσκοπεί στην παρακίνηση πολιτείας και αγοράς προκειμένου να επιταχυνθούν οι ενέργειες ανάπτυξης ευρυζωνικών υπηρεσιών.

Με τις ενέργειες αυτές εκτιμάται ότι πέρα από την οικονομική αναβάθμιση της αγοράς που θα επιφέρει η χρήση ευρυζωνικών υπηρεσιών, θα διασφαλιστεί και η παροχή τους στις απομακρυσμένες ή λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές. Αποτρέπεται έτσι η δημιουργία τεχνολογικού-οικονομικού κενού που θα διευρύνει το ψηφιακό χάσμα και την τεχνολογική υστέρηση με την επακόλουθη απώλεια ανταγωνιστικότητας σε τμήματα της οικονομίας, ειδικά απομακρυσμένων ή/και υποβαθμισμένων περιφερειών σε επίπεδο χώρας ή Ένωσης.



ΚΕΦ. 6 - ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

6.1. Ορισμός

Στην αρχή του πρώτου Κεφαλαίου έγινε μια εκτενής περιγραφή των εννοιών της ευρυζωνικότητας και του ευρυζωνικού περιβάλλοντος. Στη συνέχεια περιγράφηκαν με αρκετή λεπτομέρεια οι διάφορες τεχνολογίες του DSL - και ειδικότερα εκείνη του ADSL - που επί του παρόντος είναι η επικρατέστερη (και δημοφιλέστερη) τεχνοτροπία υλοποίησης ευρυζωνικών δικτύων και υπηρεσιών παγκοσμίως σήμερα. Πέρα όμως από το DSL υπήρξαν και υπάρχουν αρκετοί άλλοι τρόποι μετάδοσης / τεχνολογίες υλοποίησης ευρυζωνικών δικτύων που κατά καιρούς διεκδίκησαν, συνεχίζουν να διεκδικούν ή πρόκειται στο μέλλον να διεκδικήσουν, αν όχι τα «πρωτεία», ένα μεγάλο τουλάχιστον κομμάτι της συγκεκριμένης παγκόσμιας πίτας.

Τι εννοούμε όμως λέγοντας Ευρυζωνικά Δίκτυα; Ένας ορισμός αναφέρει πως «Ευρυζωνικά Δίκτυα και υπηρεσίες είναι αυτά που εγγυώνται σε κάθε εποχή την απρόσκοπτη και διαφανή πρόσβαση όλων των πολιτών στην πληροφορία και τα συστήματα επικοινωνίας, για την εκπλήρωση των αναγκών τους». Σε αυτό το κεφάλαιο λοιπόν θα επιχειρηθεί μια σύντομη ανάλυση αυτών των τεχνολογιών και μια σύγκριση όλων αυτών μεταξύ τους.

6.2. Απαιτήσεις Ευρυζωνικού Δικτύου Πρόσβασης

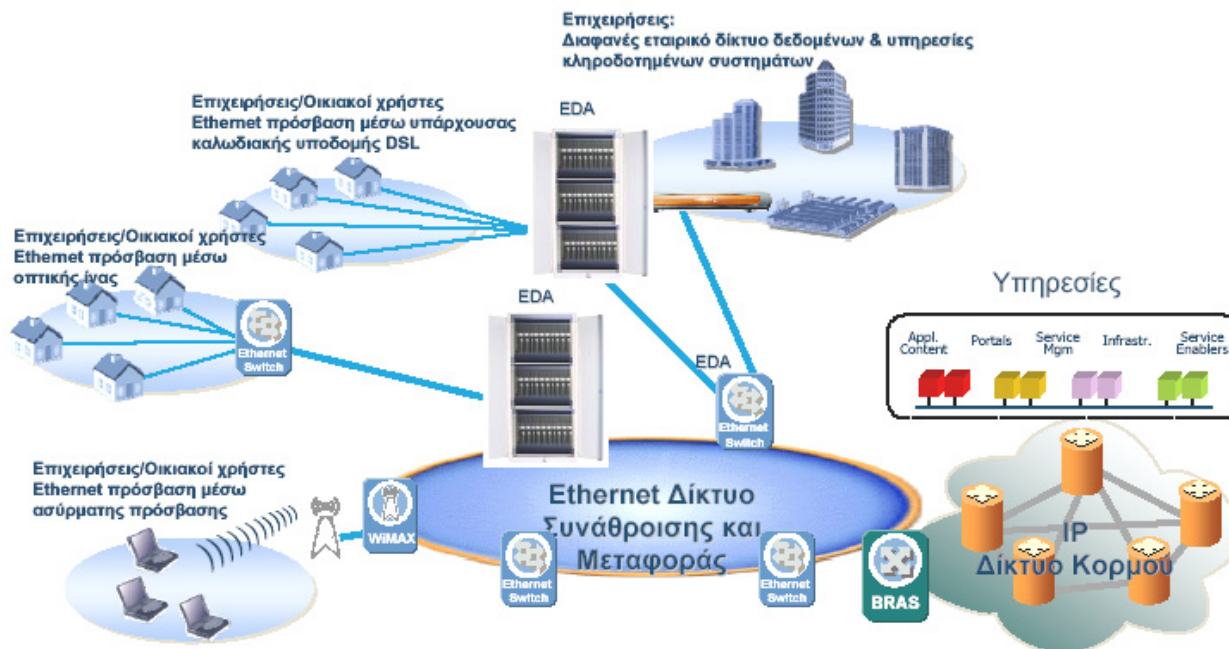
Πρώτα από όλα όμως είναι απαραίτητο να ορισθούν οι απαιτήσεις ενός Ευρυζωνικού Δικτύου Πρόσβασης:

A) Διαχωρισμός: Διαχωρισμός υπηρεσιών και παρόχων είναι καταρχήν η απαίτηση, ώστε να είναι εφικτός ο έλεγχος από τον όποιο πάροχο της πρόσβασης του συνδρομητή, σε διαφορετικές υπηρεσίες.

B) Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service - QoS): Είναι απαραίτητο να υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ υπηρεσιών οι οποίες είναι «ευαίσθητες» σε καθυστερήσεις και απώλειες πακέτων, όπως για παράδειγμα η φωνή. Σε περίπτωση συμφόρησης θα πρέπει να δίνεται προτεραιότητα στην μετάδοση της κίνησης των «ευαίσθητων» αυτών εφαρμογών.

Γ) Επαλήθευση Ταυτότητας Χρήστη (End user Authentication): Λόγω της δεδομένης παροχής διαφορετικών πακέτων υπηρεσιών και επιπέδων υπηρεσιών στους τελικούς χρήστες είναι επιβεβλημένη η ύπαρξη συστημάτων και εφαρμογών επαλήθευσης της ταυτότητας και εξουσιοδότησης (authorization) κάθε χρήστη, η παροχή δηλαδή «ανιχνευσιμότητας των τελικών χρηστών».

Δ) Εκπομπή προς πολλαπλές κατευθύνσεις (Broadcast / Multicast): Είναι η αποστολή ενός IP ρεύματος προς πολλούς χρήστες. Είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την κοστονεργή υποστήριξη υπηρεσιών ευρυ-εκπομπής.



Σχήμα 6.1. Ο κόσμος των Ευρυζωνικών Δικτύων

6.3. Ανταγωνιστικές τεχνολογίες - Γενικά

Οι εναλλακτικές επιλογές που υπάρχουν πλέον για σύνδεση στο Internet είναι πάρα πολλές. Αν και πολλοί χρησιμοποιούμε ακόμη το παλιό καλό modem, το μέλλον του προβλέπεται μάλλον ζοφερό, καθώς το ISDN έχει ήδη καταλάβει ένα μεγάλο κομμάτι της αγοράς (λόγω της ανταγωνιστικής τιμολογιακής πολιτικής του ΟΤΕ), ενώ το ADSL φαίνεται πλέον στον ορίζοντα να πλησιάζει με γοργούς ρυθμούς. Στο εξωτερικό υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές, όπως οι γραμμές T1 και E1 ή τα cable modems. Πώς συγκρίνεται όμως το ADSL σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις και σε ποιες περιπτώσεις/κατηγορίες υπηρεσιών η σύγκριση αυτή είναι ρεαλιστική;

Όπως λοιπόν προαναφέρθηκε σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν κάποιες άλλες τεχνολογίες οι οποίες προσφέρουν μεγάλες ταχύτητες σύνδεσης σε οικιακούς χρήστες ή σε επιχειρήσεις με συνέπεια να λειτουργούν ανταγωνιστικά ως προς την τεχνολογία του DSL. Οι τεχνολογίες που θα περιγραφούν σύντομα παρακάτω είναι η Καλωδιακή Τηλεόραση, οι δορυφορικές Υπηρεσίες, οι τεχνολογίες των Οπτικών Ινών, η τεχνολογία μεταφοράς μέσω του Δικτύου Μεταφοράς Ενέργειας, το Ασύρματο Σύστημα Τοπικής Διανομής σε Πολλαπλά

Σημεία LMDS (Local Multipoint Distribution System), και άλλοι τρόποι ασύρματης μετάδοσης (ραδιοζεύξεις WiMax, μικροκυματικές εκπομπές, Lasers, κινητή τηλεφωνία). Πριν όμως από όλα αυτά θα αναφερθούν μια τελευταία φορά, συνοπτικά και για λόγους σύγκρισης, κάποιες θεωρητικά παρωχημένες πλέον τεχνολογίες μετάδοσης, οι οποίες όμως για ξεχωριστούς λόγους η κάθε μια συνεχίζουν ακόμα σε πολλές χώρες (όπως και στην Ελλάδα) να αποτελούν το βασικότερο μέσο πρόσβασης των συνδρομητών σε ευρυζωνικές υπηρεσίες.

6.4. Ανταγωνιστικές τεχνολογίες του περασμένου αιώνα

Dial up modem. Το παλιό καλό πιστό μας modem. Κατάφερε μέσα σε λίγα χρόνια από τα 0,3Kbps να φτάσει στα 56Kbps, και κάθε φορά που γινόταν λίγο πιο γρήγορο, έλεγαν ότι «δεν πάει παραπέρα»... Και όμως, το modem είναι ακόμη εδώ και θα συνεχίσει για καιρό ακόμη, κυρίως σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει πρόσβαση σε καλύτερα δίκτυα όπως συχνά συμβαίνει σε ταξιδιώτες με φορητούς υπολογιστές κ.τ.λ., ή σε κάτοικους απομακρυσμένων επαρχιακών τοποθεσιών.

ISDN. Το ISDN είναι αυτήν τη στιγμή η μόνη επιλογή για πιο αξιόπιστη σύνδεση με το Internet. Η ταχύτητα που προσφέρει, είναι 64Kbps ή 128Kbps ενώ παρέχει επίσης και τη δυνατότητα ταυτόχρονης μεταφοράς δεδομένων (64Kbps) και φωνής. Το κόστος χρήσης του ISDN στην Ελλάδα είναι σχετικά χαμηλό, αφού ο ιδιοκτήτης χρεώνεται έξτρα μόνο το πάγιο της δεύτερης γραμμής (καναλιού) ενώ η χρονοχρέωση είναι η ίδια με αυτή των κοινών τηλεφωνικών γραμμών. Το DSL παρέχει συνεχή πρόσβαση στο Internet, σε αντίθεση με το ISDN, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη σύνδεση δύο κόμβων χωρίς την παρεμβολή του Internet. Όταν, για παράδειγμα, απαιτείται επικοινωνία υψηλής πιστότητας και ταυτόχρονα οικονομικής επένδυσης μεταξύ δύο κόμβων, το ISDN είναι μονόδρομος.

T1 (1544Kbps) και E1 (2048Kbps). Πρόκειται για ενσύρματες ψηφιακές γραμμές μετάδοσης που έχουν τις ρίζες τους τρεις δεκαετίες πίσω (ITU-T G.703, G.704). Οι γραμμές T1 στις Η.Π.Α. και E1 στην Ευρώπη προσφέρουν ακόμα αρκετά υψηλές για τις ανάγκες της εποχής ταχύτητες (1,5 και 2Mbps αντίστοιχα). Αποτελούν ουσιαστικά τον προκάτοχο του DSL, ενώ οποιαδήποτε σύγκριση μεταξύ T1/E1 και DSL επιβεβαιώνει τον τίτλο του DSL ως δολοφόνου του ("T1 killer"), καθώς το DSL είναι πλέον αρκετές φορές ταχύτερο, έχει περίπου το ίδιο κόστος και είναι πολύ πιο εύκολο στην εγκατάσταση καθώς δεν απαιτεί ειδικά καλώδια.

Cable modem. Τα cable modems διαδόθηκαν ιδιαίτερα την προηγούμενη δεκαετία στις Η.Π.Α. αλλά και σε μερικές άλλες χώρες της Ευρώπης, όπως η Ολλανδία, λόγω των πολύ υψηλών ταχυτήτων που προσφέρουν. Οι επιδόσεις τους είναι αντίστοιχες με αυτές του ADSL αλλά η τεχνολογία των cable modems έχει το μεγάλο μειονέκτημα ότι διαμοιράζει το bandwidth (εύρος ζώνης) στους χρήστες, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει εγγυημένη απόδοση. Τα cable modems δεν έχουν σχέση με την ελληνική πραγματικότητα, διότι η εγκατάστασή τους προϋποθέτει την παρουσία δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης, το οποίο στην Ελλάδα δεν υφίσταται. Σε αυτή την τεχνολογία όμως θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε επόμενη ενότητα.

6.5. Ανταγωνιστικές τεχνολογίες του παρόντος και του μέλλοντος

6.5.1. Το σύστημα Καλωδιακής Τηλεόρασης

Οι αδυναμίες των χάλκινων καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών ώθησαν στην ανεύρεση εναλλακτικών μέσων μετάδοσης για την υποστήριξη των τεχνολογιών DSL. Το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας ήταν η προώθηση των υποδομών καλωδιακής τηλεόρασης ανά τον κόσμο. Πρόκειται στην ουσία για ομοαξονικά καλώδια τα οποία μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα σε μεγαλύτερες αποστάσεις από ότι τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, και σε υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης. Τα ομοαξονικά καλώδια διαθέτουν πολλαπλά τοιχώματα μόνωσης και σε αυτό οφείλεται το γεγονός την υψηλής αντοχής τους σε φαινόμενα θορύβου. Αντίθετα, τα τηλεφωνικά καλώδια UTP που χρησιμοποιούνται για τον οικιακό εξοπλισμό του χρήστη είναι ευάλωτα σε ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις που προκαλούν θόρυβο, λόγω έλλειψης ασπίδας προστασίας. Επομένως, κατά την χρήση των UTP απαιτείται κάποιος ενισχυτής σήματος μετά από κάποια απόσταση. Τα ομοαξονικά καλώδια δεν παύουν να είναι και αυτά ως έναν βαθμό ευάλωτα από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Ένα από τα κυριότερα προβλήματα προς επίλυση στην περίπτωση του συστήματος καλωδιακής τηλεόρασης, είναι ότι έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για κάθοδο δεδομένων στους τερματικούς δέκτες των χρηστών. Επομένως, επιζητείται ένας τρόπος για άνοδο δεδομένων. Έχουν προταθεί δύο μέθοδοι για την υποστήριξη της ανόδου δεδομένων:

1] Η χρήση του παραδοσιακού τηλεφωνικού συστήματος για άνοδο δεδομένων σε συνδυασμό με τη χρήση του συστήματος καλωδιακής τηλεόρασης για την κάθοδο. Αυτό έχει ως συνέπεια την αδυναμία παροχής υπηρεσιών φωνής, όπως συμβαίνει στο κλασικό ADSL. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιούνταν κατά κόρο στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης της καλωδιακής τηλεόρασης.

2] Η τροποποίηση της αρχιτεκτονικής του συστήματος καλωδιακής τηλεόρασης, ώστε να μπορεί να υποστηρίξει τόσο την άνοδο όσο και την κάθοδο των δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό έχουν επιτευχθεί ταχύτητες καθόδου της τάξεως των 30Mbps και ταχύτητες καθόδου μέχρι και 780Kbps.

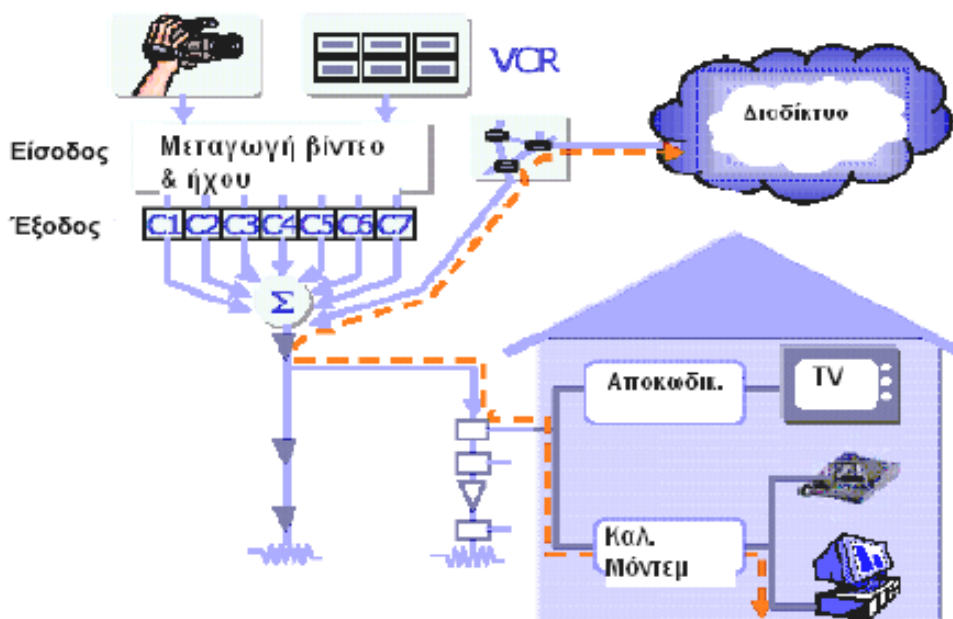
Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται πηγάζει από την φύση των υπηρεσιών που παρέχει το σύστημα της καλωδιακής τηλεόρασης. Συγκεκριμένα, οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι υπηρεσίες ευρείας εκπομπής. Αυτό σημαίνει ότι το εισερχόμενο σήμα μεταδίδεται ταυτόχρονα σε όλους τους τερματικούς δέκτες. Κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό στην καλωδιακή τηλεόραση, άλλα είναι ανεπίτρεπτο για την αποστολή και λήψη πληροφοριών, όπου θέματα όπως η ασφάλεια των δεδομένων και το απόρρητο των χρηστών είναι υψίστης σημασίας.

Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος καλωδιακής τηλεόρασης κάνει τις παραπάνω επιδόσεις, των 30Mbps καθόδου και των 780Kbps ανόδου, εξαιρετικά ανεπαρκείς συγκριτικά

με το κλασικό DSL σε επίπεδο απλού χρήστη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η χωρητικότητα του ομοαξονικού καλωδίου δαπανάται για όλους τους χρήστες που βρίσκονται εντός μιας συγκεκριμένης γειτονιάς. Επομένως, είναι έντονος ο ανταγωνισμός μεταξύ των συνδρομητών για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Η μετατροπή του συστήματος καλωδιακής τηλεόρασης για να υποστηρίξει μεταφορά δεδομένων απαιτεί τη χρήση ενός καλωδιακού modem. Το καλωδιακό modem που είναι τοποθετημένο στην εγκατάσταση του συνδρομητή μπορεί να ξεχωρίζει τα σήματα της τηλεόρασης από τα σήματα που αφορούν δεδομένα. Στην σημερινή εποχή τα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης έχουν γίνει ψηφιακά. Αυτό έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ψηφιακών καλωδιακών modem. Αυτά αποστέλλουν τα σήματα χρησιμοποιώντας τα ψηφιακά κανάλια του μέσου μετάδοσης. Τα ψηφιακά καλωδιακά modem είναι γνωστά με τον όρο Μονάδες Υπηρεσίας Δεδομένων (Data Service Units).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στην σημερινή εποχή τα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης έχουν αναβαθμιστεί ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τόσο κάθοδο όσο και άνοδο δεδομένων. Οι μάντες ανόδου και καθόδου των δεδομένων χωρίζονται από την υπηρεσία της καλωδιακής τηλεόρασης. Έτσι η μάντα ανόδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή δεδομένων από κάποιον συνδρομητή αλλά και για την λήψη τηλεοπτικού σήματος. Η μάντα καθόδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λήψη δεδομένων και τηλεοπτικού σήματος από τον συνδρομητή. Κατά τη λήψη των δεδομένων, το αντίστοιχο σήμα εκπέμπεται σε όλους τους συνδρομητές, χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη συχνότητα που ακούνε όλα τα modem. Όμως, μόνο το modem του πραγματικού παραλήπτη επιτρέπει την είσοδο των δεδομένων. Τα υπόλοιπα απλώς αγνοούν το σήμα. Στο σχήμα (β.20) παρουσιάζεται η δομή ενός αμφίδρομου δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης.



Σχήμα 6.2. Δομή δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης

6.5.2. Δορυφορικές Υπηρεσίες

Η χρήση των δορυφόρων (GEO, LEO) για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς έχει καθιερωθεί εδώ και 40 περίπου χρόνια. Έχουν αποδειχτεί πολύ αξιόπιστοι ενώ επίσης το κόστος για την πρόσβαση από έναν νέο συνδρομητή είναι σχετικά μικρό, αρκεί να βρίσκεται στη ζώνη κάλυψης. Μέχρι στιγμής έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρο για την διανομή τηλεοπτικών προγραμμάτων με ιδιαίτερη ποιότητα σήματος. Αυτή η ποιότητα επιτεύχθηκε με την εφαρμογή ψηφιακής τεχνολογίας, η οποία διέυρνε τον ορίζοντα χρήσης των δορυφορικών συστημάτων και για μετάδοση διαδικτυακής πληροφορίας ιδιαίτερα σε γεωγραφικά σημεία που η τοπολογία δεν βοηθά για την οικονομική, γρήγορη κάλυψη με αξιόπιστα επίγεια μέσα. Η ιδιαιτερότητα στην αρχιτεκτονική της χρήσης δορυφόρων για παροχή Internet είναι η δυνατότητα του χρήστη να λαμβάνει σήμα απ' ευθείας από τον δορυφόρο ενώ για να στείλει πληροφορία πρέπει να συνδεθεί με επίγεια μέσα με κάποιον ISP (Internet Service Provider) που θα διαθέτει τον ανάλογο εξοπλισμό για αποστολή σήματος στον δορυφόρο (σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.3. Αρχιτεκτονική συστήματος διαδικτυακής επικοινωνίας με τη χρήση δορυφόρων

Η ταχύτητα σύνδεσης των χρηστών υπερβαίνει αυτή των συμβατικών τεχνολογιών φθάνοντας τα 500Kbps. Ένα όμως από τα μειονεκτήματα της δορυφορικής διασύνδεσης είναι το γεγονός ότι οι συνδρομητές μοιράζονται το ίδιο φυσικό κανάλι με συνέπεια να μειώνεται η απόδοση της υπηρεσίας. Γενικά τα δορυφορικά συστήματα είναι αποδοτικά σε πολυπληθείς ομάδες συνδρομητών όταν οι συνδρομητές έχουν επιλέξει να δέχονται καθημερινά ένα κοινό συγκεκριμένο πληροφοριακό περιεχόμενο. Επίσης σημαντικό μειονέκτημα είναι και το γεγονός της καθυστέρησης μετάδοσης του σήματος (περίπου 500msec) που έχει ως συνέπεια να μην είναι εφικτό να αναπτυχθούν αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες πραγματικού χρόνου όπως τηλεφωνία και εικονοδιάσκεψη.

6.5.3. Τεχνολογίες Οπτικών Ινών

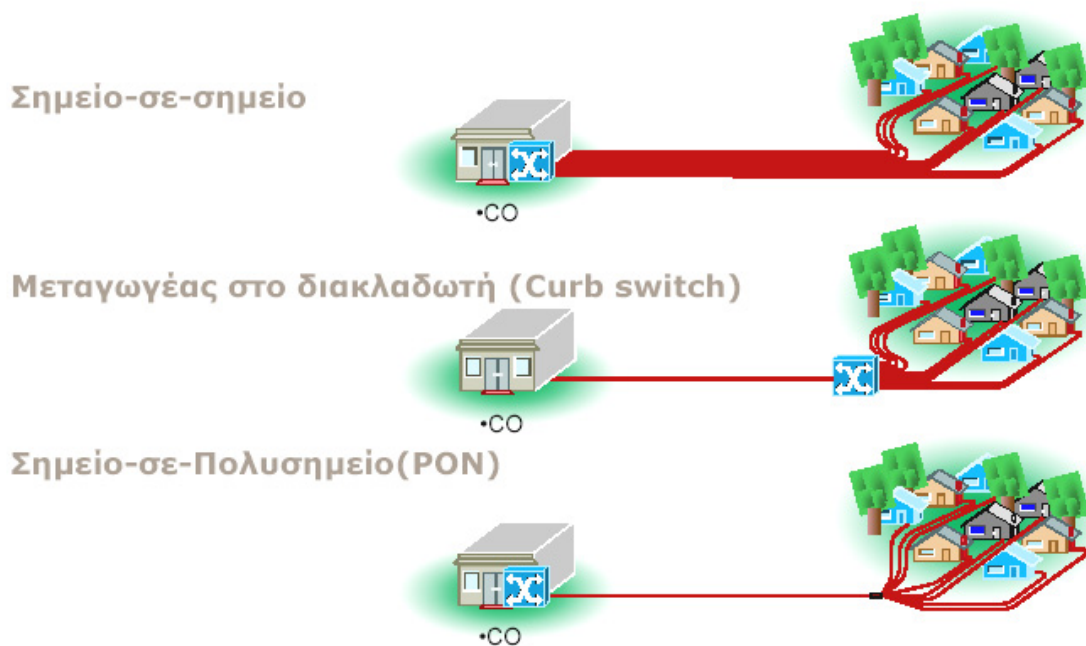
Η συγκεκριμένη λοιπόν οικογένεια τεχνολογιών και τεχνοτροπιών περιλαμβάνει μια πληθώρα λύσεων κάτω από ένα κοινό παρονομαστή: την ενσύρματη μεταφορά φωτός μέσω των καλωδίων οπτικών ινών (FO). Εδώ περιλαμβάνονται οι τεχνολογίες Sonet, PDH, SDH, C/DWDM, Optical Ethernet. Η εισαγωγή τους στο δίκτυο πρόσβασης υλοποιείται από τεχνολογική πλατφόρμα, που φέρει την γενική ονομασία FITL - Fibre In The Loop (ίνα στον αστικό βρόχο), και περιλαμβάνει την ομάδα στρατηγικών τεχνικών επιλογών FTTx (Fibre To The x), όπου ο άγνωστος x δηλώνει τον βαθμό διείσδυσης της οπτικής ίνας στο δίκτυο (x= Curb, Cabinet, Building, Office, Home, User). Συμπληρωματικά σε κάποιες από τις προαναφερθείσες τεχνολογίες, και για την εφαρμογή κάποιων στρατηγικών FTTx, έχουν αναπτυχθεί τεχνοτροπίες υλοποίησης οπτικών δικτύων με παθητικά στοιχεία xPON (Passive Optical Networks), όπου το x μπορεί να είναι Ethernet, ATM, Gigabit Ethernet κ.α.).

Ακολουθούν επιγραμματικά τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα των καλωδίων οπτικών ινών έναντι των καλωδίων χαλκού:

- Μεγάλο εύρος ζώνης μετάδοσης: Ένα μεγάλο εύρος ζώνης δημιουργεί δυνατότητες ταυτόχρονης παροχής ποικίλων τύπων ευρυζωνικών υπηρεσιών, ενώ διασφαλίζει επερχόμενες επενδύσεις και νέων υπηρεσιών, διασφαλίζοντας έτσι το μέλλον, χωρίς να είναι αναγκαίες νέες επενδύσεις σε υποδομές.
- Μικρή απόσβεση: Η αμελητέα απόσβεση που δέχεται η μετάδοση πάνω στην ίνα σε σχέση με αντίστοιχη μετάδοση στο χαλκό χρήζει το καλώδιο οπτικών ινών καταλληλότερο για την δικτυακή κάλυψη μεγάλων αποστάσεων.
- Διαφωνία: Η αθέμιτη παρεμβολή του σήματος σε γειτονικά ζεύγη είναι ανύπαρκτη στο καλώδιο οπτικών ινών.
- Ηλεκτρομαγνητική επίδραση: Στα καλώδια χαλκού, ανάλογα με την εγκατάστασή τους, είναι δυνατόν να εμφανισθούν επιδράσεις από εξωγενή ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Τα καλώδια οπτικών ινών ούτε παρενοχλούν άλλες μεταδόσεις σημάτων ούτε παρενοχλούνται απ' αυτές.
- Προστασία από διαφορές δυναμικού: Τα καλώδια οπτικών ινών δεν χρειάζεται να γειώνονται, ώστε να μην δημιουργείται διαφορά δυναμικού από τα διαφορετικά δυναμικά γειώσεων.
- Μηχανική των καλωδίων: Τα καλώδια οπτικών ινών είναι ελαφρύτερα, μικρότερα και πλέον εύκαμπτα από τα συνήθη καλώδια χαλκού με πολύ μεγαλύτερες χωρητικότητες. Έχουν μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό και τοποθετούνται εύκολα και σε μεγάλα μήκη.

- Διασφάλιση απορρήτου: Στα καλώδια οπτικών ινών είναι πολύ μεγαλύτερη η διασφάλιση του απορρήτου και η υποκλοπή είναι μόνο με περίπλοκα τεχνικά μέσα εφικτή.
- Σχετική οικονομία: Για μεγάλα μήκη καλωδίωσης (δίκτυα κορμού) το καλώδιο οπτικών ινών υπερτερεί κατά πολύ του καλωδίου χαλκού. Το μεγαλύτερο κόστος τοποθέτησης αντισταθμίζεται από το κόστος των ενδιάμεσων ενισχυτών, που πλέον δεν χρειάζονται. Λαμβάνοντας υπόψη την ουδετερότητα της καλωδίωσης και το κόστος ανά μεταδιδόμενο bit, με την απουσία πρόσθετων μέτρων όπως γειώσεις, εξίσωση δυναμικού και θωράκιση, το καλώδιο οπτικών ινών είναι ακόμη και για μικρά μήκη ευνοϊκότερο. Βέβαια από καθαρά οικονομικής σκοπιάς τον πρώτο λόγο έχει το κόστος του συστήματος, που συνίσταται από περισσότερα στοιχεία και διατάξεις, παθητικές και ενεργητικές, ενώ εκτός από το κόστος του συστήματος πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως διάρκεια ζωής, κόστος συντήρησης και επισκευών και κόστος λειτουργίας.

Η χρήση των οπτικών ινών στο δίκτυο πρόσβασης ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του ενενήντα, στις ΗΠΑ, την Ευρώπη και την Ιαπωνία με μια σειρά από πιλοτικά έργα, που σκοπό είχαν να δοκιμάσουν την αναπτυσσόμενη τεχνολογία και να αξιολογήσουν τις προσφερόμενες επιλογές. Σήμερα, μιάμιση δεκαετία μετά, το κόστος, για πλήρη ανάπτυξη των οπτικών ινών στο δίκτυο πρόσβασης, παραμένει ιδιαίτερα υψηλό, η χρήση ψηφιακών τεχνικών μετάδοσης (xDSL), για την καλύτερη αξιοποίηση του υφιστάμενου χάλκινου δικτύου, αποτελεί σοβαρή εναλλακτική πρόταση, η δε απελευθέρωση των αγορών έχει κάνει διστακτικούς τους μεγάλους ιδιωτικοποιημένους “εθνικούς” τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς, στο να επενδύσουν τα τεράστια απαιτούμενα ποσά για την δημιουργία της απαραίτητης υποδομής. Έτσι, παρότι μικρές και μεγάλες εταιρείες του τηλεπικοινωνιακού χώρου παρέχουν πλήρη σειρά προϊόντων για την εισαγωγή των οπτικών ινών στο δίκτυο πρόσβασης, η θέση των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών και των εναλλακτικών παρόχων δεν είναι ενιαία, και κάθε χώρα κινείται βασισμένη σε συνδυασμό τεχνο-οικονομικών κριτηρίων και στρατηγικών επιλογών.



Σχήμα 6.4. Τεχνοτροπίες μετάδοσης μέσω Fiber Optics

Μέσα μεταφοράς	Ταχύτητα data	Bandwidth	Απόσταση
Καλώδιο διπλής σύζευξης UTP 1	4Mbps	3MHz	2-10 Km
UTP5	100Mbps	100MHz	2-10 Km
Ομοαξονικό καλώδιο	500Mbps	350MHz	1-10Km
Οπτική ίνα	2Gbps	2GHz	10-100Km

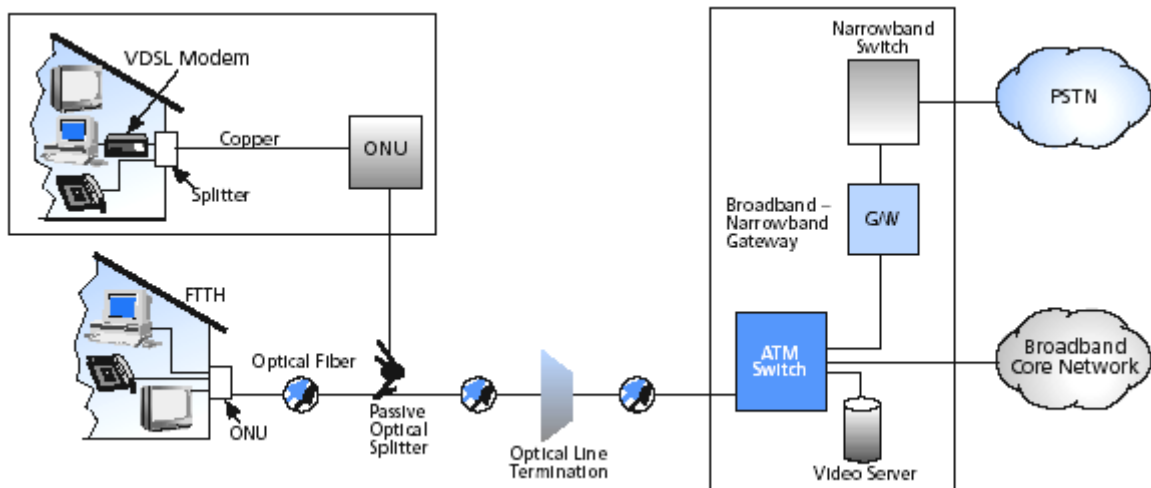
Πίνακας 6.5. Συγκριτικές τιμές χαρακτηριστικών, ενσύρματων μέσων μετάδοσης

FTTx. Η πλήρης ανάπτυξη του ινοοπτικού δικτύου, μέχρι το διαμέρισμα του συνδρομητή, αναφέρεται ως FTTH (Fiber To The Home), και κάθε συνδρομητής πρέπει να είναι εφοδιασμένος με τις κατάλληλες οπτοηλεκτρονικές διατάξεις για επικοινωνία. Το κόστος ελαττώνεται σημαντικά με την ομαδοποίηση πολλών διαμερισμάτων σε οικιστικά συγκροτήματα, FTTB (Fiber To The Building) και την εξυπηρέτηση αυτών από ένα ζεύγος οπτικών ινών και αντίστοιχη διάταξη οπτοηλεκτρονικού πομποδέκτη, που τοποθετείται στην εισαγωγή του οικοδομικού συγκροτήματος. Τέλος, η πλέον οικονομική επιλογή, FTTC (Fiber To The Curb/Cabinet), στοχεύει στη μεγαλύτερη ομαδοποίηση των συνδρομητών και την εξυπηρέτηση αυτών από υπαίθριες Μονάδες Οπτικού Δικτύου (Optical Network Units - ONUs), που τοποθετούνται στην θέση των συμβατικών κατανομών, διατηρώντας το υφιστάμενο χάλκινο τελευταίο τμήμα του δικτύου.

Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (Passive Optical Network). Το PON (ITU-G.983) είναι ένα παθητικό οπτικό δίκτυο, που υποστηρίζει ευρυζωνικές υπηρεσίες υλοποιώντας αρχιτεκτονική σημείο προς πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint). Στηρίζεται στην τοπολογία διπλού αστερά, χρησιμοποιώντας παθητικούς διαχωριστές σήματος, και μπορεί να επιτύχει ταχύτητες μεγαλύτερες από 155Mbps (συμμετρικά). Στην αγορά υπάρχουν πλέον αρκετές υποκατηγορίες αυτού όπως το APON, το EPON, το BPON και το GPON.

Καθώς λοιπόν η τεχνική επιλογή FTTH αποτελεί έναν μακρινό ακόμα στρατηγικό στόχο, η βιομηχανία ανέπτυξε κάποιες τεχνολογίες/τεχνοτροπίες για να βοηθήσει τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς να επιταχύνουν τη διαδικασία. Μία από αυτές είναι και το **APON (ATM Passive Optical Network)**. Το APON χρησιμοποιεί έναν παθητικό οπτικό διαχωριστή (splitter), επιτρέποντας σε ένα ζευγάρι ίνας που έρχεται από τον κεντρικό κόμβο του παρόχου να διαμοιράζεται σε διάφορα σπίτια ή επιχειρήσεις (αντί να πηγαίνει ένα ζευγάρι ίνας από κάθε σημείο συνδρομητή μέχρι τον κεντρικό κόμβο του παρόχου).

Το APON πρακτικά προσφέρει απεριόριστο bandwidth στο συνδρομητή. Κάτω από προϋποθέσεις θα μπορούσε να αποτελέσει μια αποδοτική οικονομικά συνολική λύση ευρυζωνικού δικτύου, παρέχοντας όλες τις τρέχουσες γνωστές αλλά και μελλοντικές ευρυζωνικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών φωνής, δεδομένων, καλωδιακής τηλεόρασης, εικόνας κατ' απαίτηση (VoD), καθώς και ψηφιακής τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV).



Σχήμα 6.6. Αρχιτεκτονική APON

Το παραπάνω σχήμα παρουσιάζει τη διασύνδεση του συνδρομητή στο δίκτυο και τις υπηρεσίες video. Ο παθητικός οπτικός διαχωριστής, δεν εμπεριέχει καθόλου ενεργά στοιχεία συνδέοντας το μεριζώμενο ζεύγος ινών με τις ίνες των πολλαπλών χρηστών. Κάθε APON διεπαφή (interface) του δικτύου μπορεί να συνδέσει μέχρι 32 ONUs τοποθετημένες κοντά στα κτήρια των συνδρομητών. Εκπέμπει σήματα σε ρυθμούς 155 ή 622Mbps downstream και

155Mbps upstream. Ο διαχωριστής στέλνει το 1 / Νιοστό της ισχύος του σήματος αυτού σε κάθε έναν από τους Ν χρήστες. Προς την κατεύθυνση ανόδου, κάθε ONU εκπέμπει σήματα στο ίδιο ακριβώς μήκος κύματος λ , ενώ μια μέθοδος πολυπλεξίας χρόνου (TDMA) χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί η άφιξη της κίνησης κάθε χρήστη στο διαχωριστή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και έτσι η μη επικάλυψη των σημάτων αυτών.

Έτσι όμως λοιπόν, αντίθετα με το DSL, το οποίο είναι μία σημείο προς σημείο (Point-to-Point) σύνδεση μεταξύ του χρήστη και της τηλεπικοινωνιακής εταιρίας, οι υπηρεσίες PON είναι Point-to-Multipoint (όπως και οι καλωδιακές), δηλαδή συνδέσεις σημείο προς πολλαπλά σημεία που μοιράζονται την συνδεσιμότητα του δικτύου μεταξύ των σπιτιών μιας γειτονιάς, περισσότερο σαν LAN, και αυτός τελικά είναι ένας παράγοντας περιορισμού, σημαντικός, των «απεριόριστων» δυνατοτήτων ενός τέτοιου δικτύου.

Τα πλεονεκτήματα του APON απέναντι στα WDM συστήματα, εκτός από το χαμηλότερο κόστος υλοποίησης, είναι πως χρειάζεται μόνο ένα laser πομποδέκτη δικτύου και πως επίσης όλοι οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν ίδιου ακριβώς τύπου οπτικές διεπαφές. Τέλος, καθώς είναι δεδομένο πως η αρχιτεκτονική APON κάλλιστα υποστηρίζει VDSL (βλέπε σχήμα 6.6), θεωρείται πως είναι ένα σημαντικό βήμα εξέλιξης προς αυτό που έχει ονομαστεί Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (Full Service Network – FSN). Το APON επί του παρόντος βρίσκεται σε στάδιο δοκιμών και αναμένεται γενικά να γίνει εμπορικά διαθέσιμο μέσα στα επόμενα 3 με 5 χρόνια.

Σχεδόν παράλληλα, το Νοέμβριο του 2000, μια ομάδα από κατασκευαστές εξοπλισμού Ethernet έκαναν μία δική τους προσπάθεια προτυποποίησης ώστε να αναπτύξουν το **EPON (Ethernet Passive Optical Network)** υπό το πρότυπο IEEE 802.3. Πρόκειται για το Ethernet Παθητικό Οπτικό Δίκτυο, εφαρμόζοντας μεριζόμενη οπτική διαδρομή (σημείο-πολυσημειακές ζεύξεις με αναλογία 1:16). Είναι ανάλογο με την Καλωδιακή Τηλεόραση, και μερίζει 1Gbps στους συνδρομητές σε 20Km. Η ειδοποιός διαφορά μεταξύ των EPON και APON είναι ότι στα συστήματα EPON τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα μεταβλητού μήκους των 1518 bytes όπως στο πρωτόκολλο IEEE 802.3 για το Ethernet, ενώ στα συστήματα APON τα δεδομένα μεταδίδονται σε σταθερού μήκους κελιά των 53 bytes, όπως καθορίζεται από το πρωτόκολλο του ATM. Αυτό αποτελεί ένα πλεονέκτημα για το EPON καθώς επιτρέπει στους παρόχους να απλοποιήσουν δραματικά τα δίκτυά τους αφαιρώντας τις πολύπλοκες και υψηλού κόστους ATM και SONET διατάξεις.

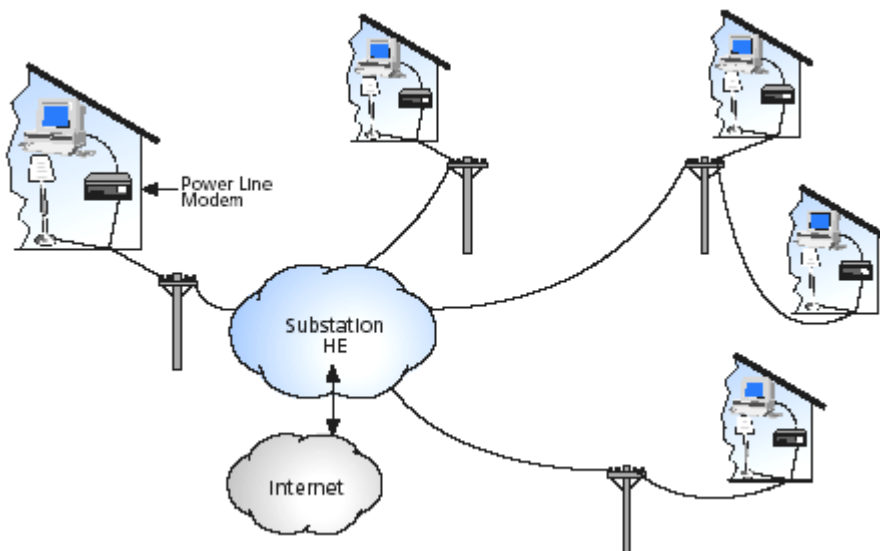
Οι κατασκευαστές και οι διαχειριστές δικτύων EPON αρχικά εστίασαν στην ανάπτυξη λύσεων FTTB και FTTC. Ο μακροπρόθεσμος όμως στόχος είναι το χτίσιμο μίας λύσης FTTH δικτύου ενοποιημένων υπηρεσιών για την παροχή Triple Play υπηρεσιών πάνω από μια ενιαία πλατφόρμα. Παρότι πρόκειται για παρόμοια με το APON αρχιτεκτονική, ενσωματώνοντας πολλές από τις συστάσεις ITU-G.983, το EPON προσφέρει υψηλότερες χωρητικότητες, σε χαμηλότερο κόστος, και με ευρύτερες δυνατότητες υπηρεσιών από το APON. Το EPON

βρίσκεται πλέον στις αρχικές φάσεις εμπορικής υλοποίησης και δοκιμών πεδίου και παρότι το APON έχει ένα ελαφρύ προβάδισμα στην αγορά, οι σύγχρονες τάσεις της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών ευνοούν τις IP λύσεις βασισμένες σε EPON.

Παρόμοιες με τις παραπάνω αρχιτεκτονικές εφαρμόζονται και στα συστήματα BPON (Broadband Passive Optical Network) και GPON (Gigabit Passive Optical Network), φυσικά μέσω διαφορετικών τεχνολογιών και προτύπων, ενώ αρκετοί είναι οι τηλεπικοινωνιακοί Πάροχοι παγκοσμίως (ΗΠΑ, Γαλλία, Ιαπωνία) οι οποίοι έχουν υλοποιήσει στα δίκτυά τους γενικά τέτοιες αρχιτεκτονικές.

6.5.4. Τεχνολογία επικοινωνίας μέσω Δικτύου Μεταφοράς Ενέργειας (PLC)

Η συγκεκριμένη τεχνολογία (Power Line Communication - PLC) άρχισε να αναπτύσσεται, όσο και αν ακουστεί παράξενο, στις αρχές του 1990 - ταυτόχρονα σχεδόν με το DSL - στο Πανεπιστήμιο του Lancaster στην Αγγλία, επιδοτούμενο από το αντίστοιχο εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η Αρχή της παροχής πρόσβασης μέσω των γραμμών ρεύματος αποτυπώνεται παρακάτω στο σχήμα 6.7. Τα σήματα RF (ραδιοσυχνότητες) εισάγονται στις γραμμές μεταφοράς στους υποσταθμούς του παρόχου της ηλεκτρικής ενέργειας, για να φτάσουν στον συνδρομητή και να εξαχθούν από τη γραμμή με την βοήθεια του ειδικού ενεργειακού πολυπλέκτη (power line modem). Ένας ειδικός κεντρικός κόμβος δρομολογεί την πρόσβαση σε όλα τα συνδεδεμένα σπίτια.



Σχήμα 6.7. Αρχιτεκτονική PLC

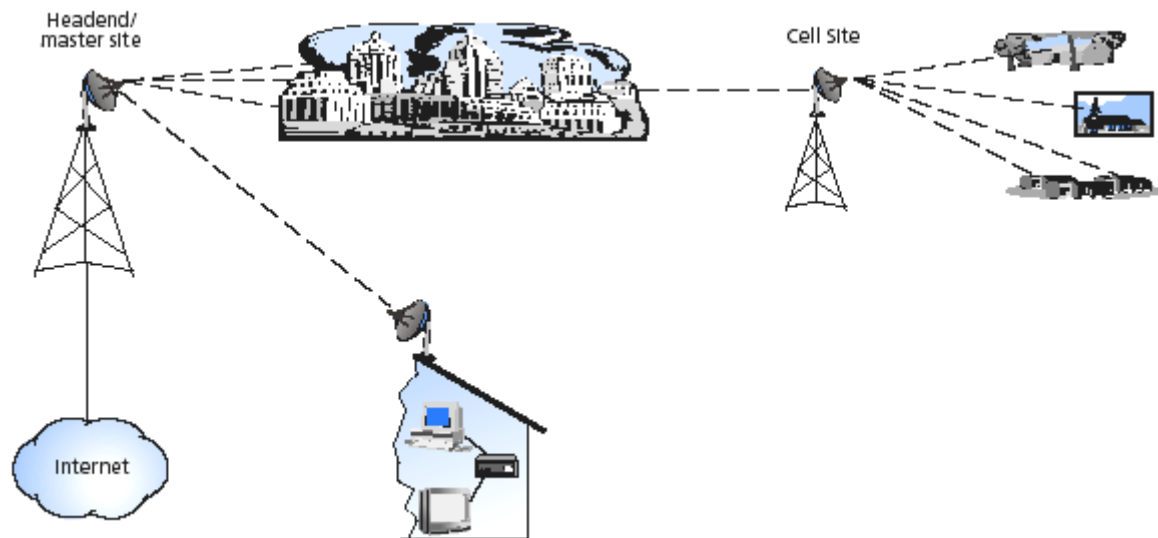
6.5.5. Local Multipoint Distribution System (LMDS)

Το Ασύρματο Σύστημα Τοπικής Διανομής σε Πολλαπλά Σημεία (LMDS) αποτελεί ένα σύστημα μικροκυματικής ασύρματης μετάδοσης και μπορεί να συμπεριληφθεί στο γενικότερο σύνολο της τεχνολογίας του Ασύρματου Τοπικού Βρόχου WLL (Wireless Local Loop). Η

εκπομπή σήματος από αυτό το σύστημα γίνεται ευρυζωνικά από ένα σημείο προς πολλά και μπορεί να εξυπηρετήσει και τον οικιακό και τον επιχειρηματικό χρήστη. Το LMDS αποτελεί ανταγωνιστική τεχνολογία ως προς το DSL γιατί υποστηρίζει μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης και ευρυζωνική κάλυψη.

Περιγράφοντας σύντομα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος μπορούμε να σημειώσουμε ότι καλύπτει τη ζώνη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 26 έως 300GHz ενώ μπορεί να υποστηρίζει ταχύτητες της τάξεως του 1.5Gbps προς τον συνδρομητή και της τάξεως των 200Mbps από τους συνδρομητές προς το δίκτυο. Ο πιο συχνός ρυθμός μετάδοσης προς κάποιον χρήστη είναι τα 38Mbps. Παρατηρούμε ότι ο τρόπος εκμετάλλευσης του εύρους ζώνης είναι παρόμοιος με αυτόν του ADSL. Στο σχήμα β.22 παρουσιάζεται ένα εγκατεστημένο σύστημα LMDS.

Το βασικό μειονέκτημα για αυτή την τεχνολογία είναι το γεγονός ότι ο πομπός τους παρόχου και ο δέκτης του χρήστη πρέπει να έχουν «οπτική» επαφή (LoS) για να επικοινωνούν και απόσταση όχι μεγαλύτερη των 5Km. Επομένως εδώ παίζει σημαντικό ρόλο η χωροταξία των κτιρίων όπως επίσης και το ύψος τους. Το LMDS είναι αποδοτικό σε πυκνοκατοικημένες περιοχές με κτίρια περίπου του ίδιου ύψους. Οπότε είναι ιδανικό για μεγαλουπόλεις οι οποίες χωρίζονται σε «κυψέλες» με ακτίνα μεταξύ 3 και 5Km. Με αυτό τον τρόπο κάθε κυψέλη μπορεί να εξυπηρετήσει μέχρι και 8.000 συνδρομητές. Επίσης και οι καιρικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση αυτών των συστημάτων (πχ ηλεκτρομαγνητικές καταιγίδες) κάτι όμως που είναι αρκετά σπάνιο.

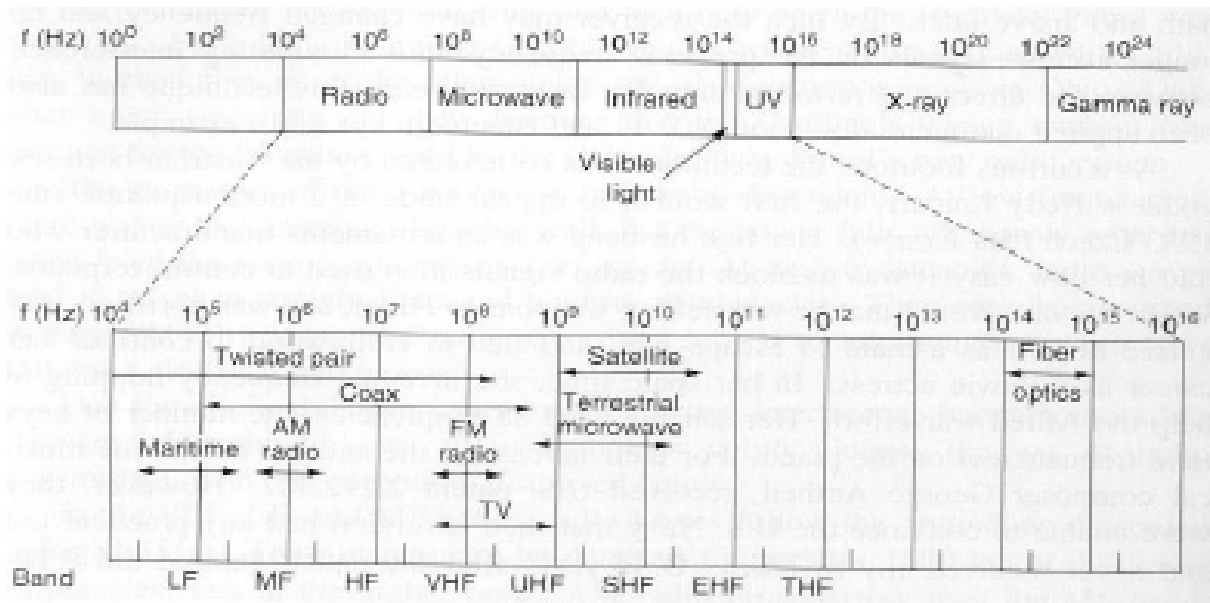


Σχήμα 6.8. Αρχιτεκτονική συστήματος LMDS

6.5.6. Λοιπές ασύρματες τεχνολογίες

Οι ασύρματες τεχνολογίες προσφέρουν έναν εναλλακτικό τρόπο διασύνδεσης χρηστών σε ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, ο οποίος είναι άμεσος, ταχύς, σχετικά οικονομικός και ευέλικτος. Η

μεγάλη ανάπτυξη επήλθε από τη στιγμή που η νομοθετικές ρυθμίσεις κατήργησαν τα μονοπώλια με συνέπεια πολλοί φορείς να ενδιαφερθούν για την εντατικοποίηση της εκμετάλλευσης του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων. Αποτέλεσμα ήταν η ανάπτυξη δύο βασικών ανταγωνιστικών υπηρεσιών: οι δορυφορικές υπηρεσίες και τα δίκτυα σταθερής ασύρματης πρόσβασης.



Σχήμα 6.9. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα $\lambda f = c$

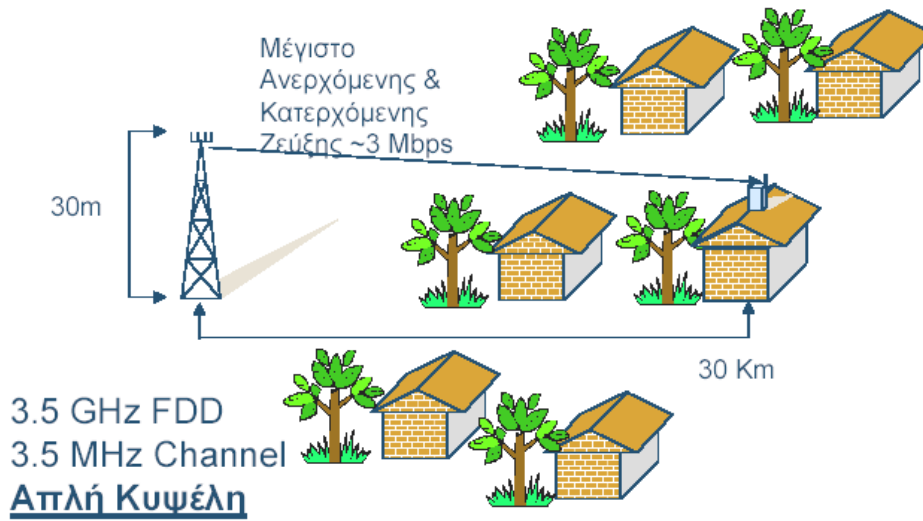
Ραδιοδίκτυα σταθερής ασύρματης πρόσβασης (WiMax). Ο σχεδιασμός ενός Ραδιοδικτύου εξαρτάται από πολλές μεταβλητές:

- Τύπος Ανάπτυξης: με οπτική επαφή, σχεδόν οπτική επαφή, καθόλου οπτική επαφή
- Τύπος Περιβάλλοντος: αγροτικό, προαστιακό, αστικό
- Τύπος Δικτύου: Σημείο προς σημείο, συνεχές Ραδιοδίκτυο
- Τεχνικά χαρακτηριστικά: συχνότητα, εύρος καναλιού

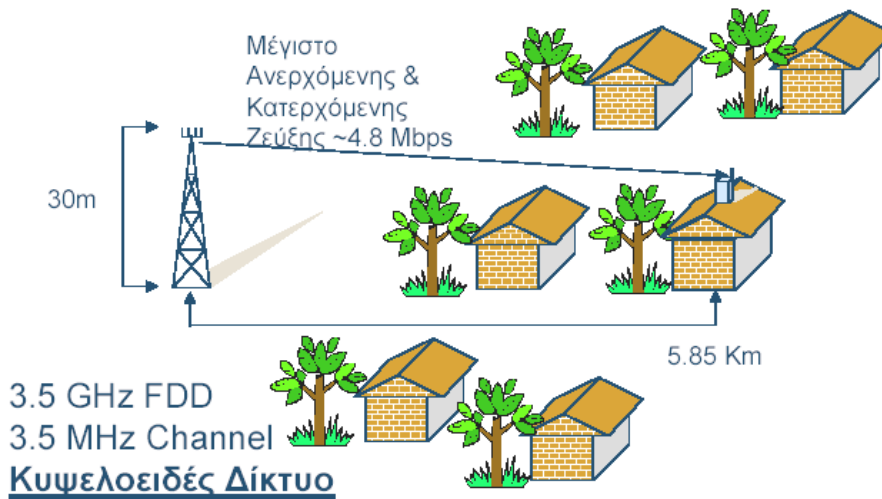
Οι πολλές μεταβλητές δυσκολεύουν στη δημιουργία απλών πινάκων ρυθμού σε σύγκριση με κάλυψη (Bandwidth Vs Coverage).

Το WiMax είναι μια πολύ νέα τεχνολογία ασύρματων δικτύων πρόσβασης, βασισμένο στο Πρότυπο IEEE 802.16. Οι συχνότητες λειτουργίας του είναι στα 3.5GHz, στα 2.5GHz και στα 5.4GHz, προσφέροντας σταθερή αλλά και κινητή ασύρματη πρόσβαση. Οι δυνατότητες και τα πλεονεκτήματά του έγκεινται στην λειτουργία του χωρίς οπτική επαφή (Non Line of Sight - NLOS), στους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης των 45.5Mbps ανά τομέα, στην αρκετά μεγάλη απόσταση κάλυψης των 50Km (QPSK), στην ευκολία εγκατάστασης, τη διαλειτουργικότητα με άλλες τεχνολογίες (πχ DSL) και τέλος το χαμηλό κόστος υλοποίησης.

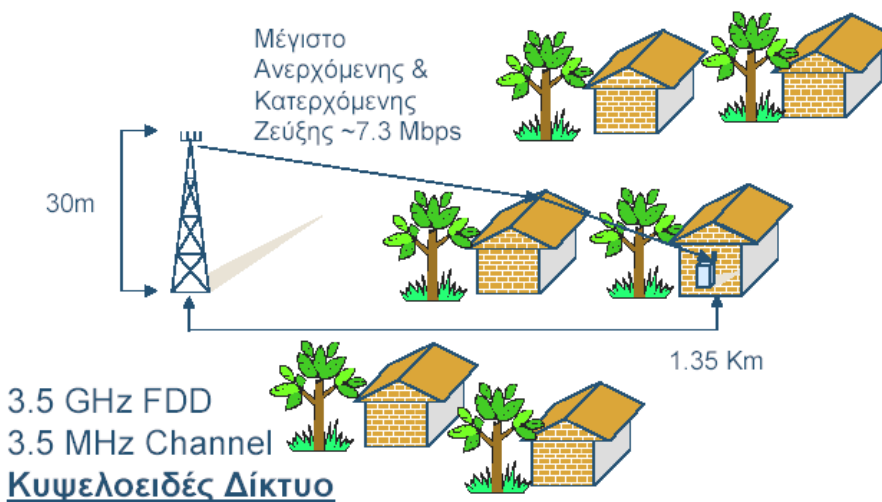
Τα παρακάτω σχήματα παρουσιάζουν διάφορες περιπτώσεις εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας.



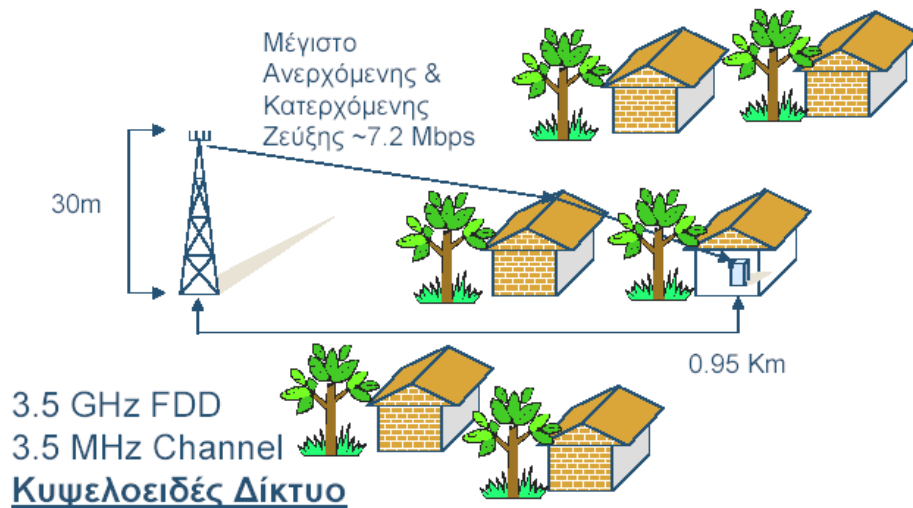
Σχήμα 6.10. Ακραίο παράδειγμα υπαίθριας κάλυψης



Σχήμα 6.11. Παράδειγμα υπαίθριας κάλυψης



Σχήμα 6.12. Παράδειγμα με κεραία σε παράθυρο

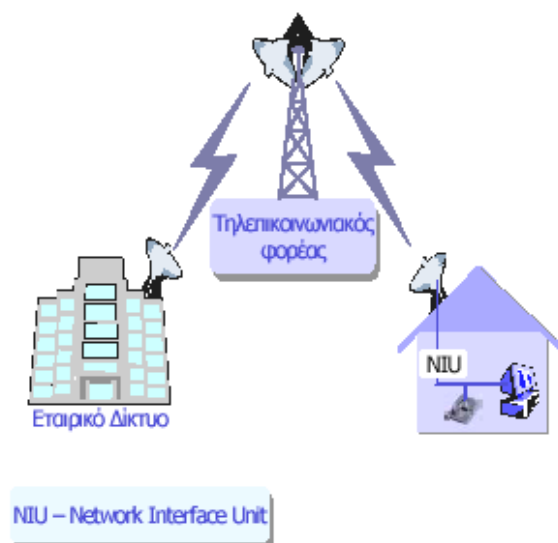


Σχήμα 6.13. Παράδειγμα Εσωτερικής Κάλυψης

Μικροκυματικές εκπομπές. Πάνω από 100Mhz τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται ευθεία και είναι εύκολο να κατευθυνθούν. Οι ζώνες συχνοτήτων 1,7-103GHz ανήκουν στα μικροκύματα και είναι κατάλληλα για συνδέσεις σημείου προς σημείο (point to point connections).

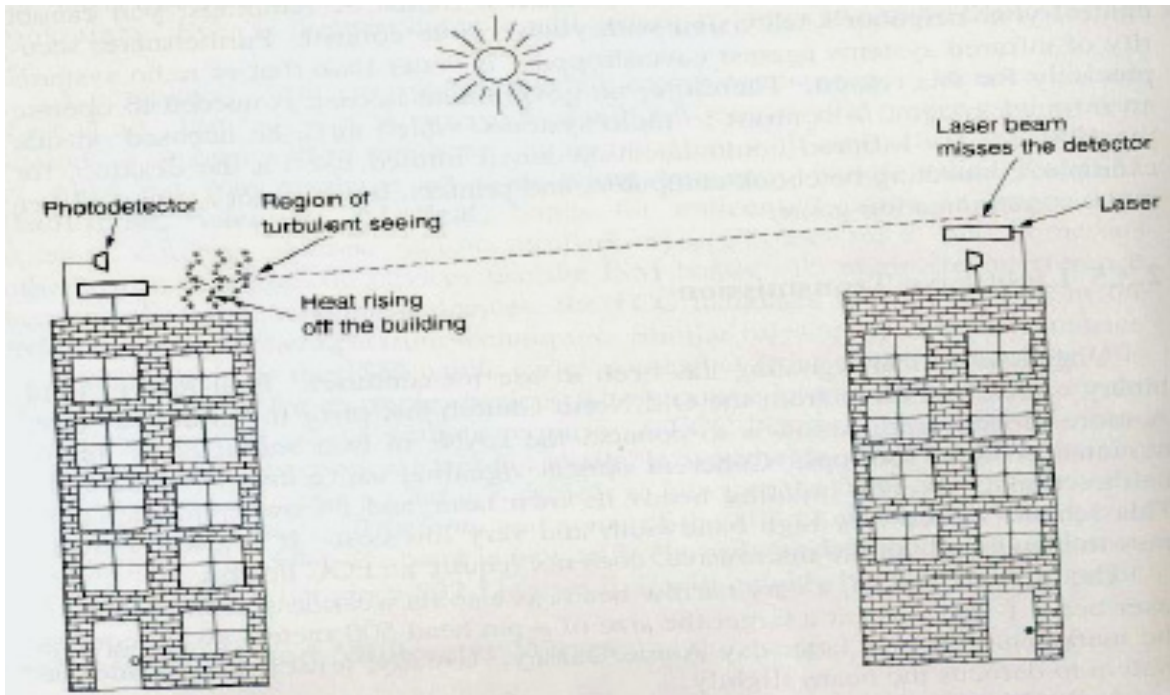
Συχνότητα	2GHz	6GHz	11GHz	18GHz
Ευρος ζώνης (MHz)	7	30	40	220
Ταχύτητα δεδομένων (Mbps)	12	90	90	274

Πίνακας 6.14. Τυπικές τιμές μικροκυματικών εκπομπών



Σχήμα 6.15. Αρχιτεκτονική συστήματος μικροκυματικής μετάδοσης

Μεταφορά με φως. Πρόκειται για οπτικά σήματα τα οποία αποστέλλονται μεταξύ κτιρίων χρησιμοποιώντας Laser που είναι κατευθυντικά. Προσφέρει υψηλό εύρος ζώνης σε σχετικά μέτριο κόστος, είναι εύκολο στην εγκατάσταση και δεν χρειάζεται άδεια. Το σημαντικότερο μειονέκτημά τους είναι πως τα Laser αντιμετωπίζουν προβλήματα με την βροχή (λόγω ανακλάσεων του φωτός στις σταγόνες), ενώ δεν διαπερνούν καθόλου το χιόνι και την ομίχλη, με αποτέλεσμα να δουλεύουν καλά μόνο τις μέρες με καλό καιρό.



Σχήμα 6.16. Μετάδοση με ακτίνες Laser

Συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας ανά τον κόσμο, έχοντας κάθε μία το δικό της μερίδιο στην παγκόσμια αγορά των κινητών επικοινωνιών: GSM (47%), CDMA (17,3 %), TDMA (11,1%), Αναλογικές (16.4%), PDC (8,1%).

Τα πλεονεκτήματα των κινητών επικοινωνιών είναι: α) η κινητικότητα (mobility), β) το μικρό μέγεθος, που προσφέρει άνεση και ευελιξία, γ) η ασφάλεια που προσφέρει η κωδικοποίηση / κρυπτογράφηση της πληροφορίας, και δ) η ολοκληρωμένη εξυπηρέτηση, fax, e-mail, voice-mail, Internet.

Σε όλα τα παραπάνω έρχονται τώρα να προσθέσουν αξία τα Μελλοντικά Δίκτυα - Κινητή Τηλεφωνία 3ης Γενιάς (UMTS). Τα δίκτυα Τρίτης Γενιάς είναι η εξέλιξη των δικτύων κινητών επικοινωνιών που χρησιμοποιούμε σήμερα. Τα δίκτυα αυτά επιτυγχάνοντας σημαντικά μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης:

- έχουν τη δυνατότητα μετάδοσης φωνής υψηλής ποιότητας,

- έχουν τη δυνατότητα μετάδοσης πολυμέσων υποστηρίζοντας αναπαραγωγή μουσικής, προβολή βίντεο, ταινιών και τηλεόρασης,
- υποστηρίζουν υπηρεσίες όπως τηλεδιάσκεψη, ομαδικά παιχνίδια, ηλεκτρονικό εμπόριο. Η εφαρμογή τους θα δώσει δυνατότητα για πρωτοποριακές υπηρεσίες όπως ιατρικής διάγνωσης από απόσταση και συστημάτων ασφαλείας και παρακολούθησης.
- Επιτρέπουν την μετάδοση πληροφοριών προστιθέμενης αξίας, όπως είναι υπηρεσίες e-commerce αλλά και διασκέδασης στους χρήστες κινητών τηλεφώνων αλλά και δορυφορικών δικτύων.

Τα μελλοντικά δίκτυα θα παρέχουν συνεχή και αδιάλειπτη επικοινωνία επιτυγχάνοντας διαφανή μετάβαση από το ένα δίκτυο στο άλλο. Ο χρήστης θα απολαμβάνει τις υπηρεσίες οπουδήποτε και αν βρίσκεται στο σπίτι, στο γραφείο, στο τρένο, στην πόλη, στα προάστια.



Σχήμα 6.17. Κινητές Επικοινωνίες Τρίτης Γενιάς (UMTS)

Ήδη στην Ελλάδα κάποιες εταιρείες κινητής τηλεφωνίας έχουν ξεκινήσει να δίνουν υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας Τρίτης Γενιάς.

6.6. Συγκρίσεις και συμπεράσματα

Μια συνολική λοιπόν εικόνα των κυριότερων τεχνολογιών μετάδοσης ευρυζωνικών υπηρεσιών, δίνοντας συνοπτικά την ουσία αυτού του Κεφαλαίου, και βοηθώντας τελικά στην εξαγωγή των απαραίτητων συμπερασμάτων, φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Τεχνολογία	Ορισμός	Ταχύτητες	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Σχόλια
ISDN	Μετάδοση φωνής και δεδομένων πάνω από χαλκό	<ul style="list-style-type: none"> 128Kbps BRI για απλούς συνδρομητές, 1,5Mbps PRI για εταιρείες 	<ul style="list-style-type: none"> Ευρέως διαδεδομένο Υποστηρίζει φωνή και δεδομένα IP υψηλής ταχύτητας 	<ul style="list-style-type: none"> Είναι μόνο Dial up. Δεν είναι κλιμακωτό. 	Καλή λύση για συνδρομητές που δεν μπορούν να αποκτήσουν σύγχρονη ευρυζωνική πρόσβαση
HFC (Hybrid Fiber/Coax) Cable modem	Μετάδοση φωνής, δεδομένων και εικόνας πάνω από ομοαξονικό και οπτικό καλώδιο	<ul style="list-style-type: none"> 10-42Mbps downstream 2Mbps upstream 	<ul style="list-style-type: none"> Υποστηρίζει εκπομπές video, Video-on-demand, Internet TV, διαδραστική τηλεόραση, HDTV. Μόνιμα συνδεδεμένο δίκτυο για φωνή, δεδομένα και εικόνα. 	<ul style="list-style-type: none"> Η φωνή χρειάζεται εξειδικευμένες ρυθμίσεις. Δύσκολο να υπάρξει εγγύηση ταχύτητας και μόνο με σύστημα monitoring. Υψηλό κόστος υλοποίησης/ αναβάθμισης. 	<ul style="list-style-type: none"> Ιδανικό για πελάτες εντός της εμβέλειας HFC πρόσβασης Φιλικό κόστος
ADSL	Μετάδοση φωνής και δεδομένων πάνω από χαλκό	<ul style="list-style-type: none"> Έως 8Mbps downstream Έως 1,5Mbps upstream 	<ul style="list-style-type: none"> Κάνει πλήρη χρήση του υφιστάμενου χαλκού Ιδανικό για Fast Internet Καλή πλατφόρμα για φωνή 	<ul style="list-style-type: none"> Περιορισμένη χωρητικότητα για εικόνα Περιορισμός απόστασης Περιορισμένη ταχύτητα upstream 	<ul style="list-style-type: none"> Ιδανικό για πελάτες εντός της εμβέλειας των DSLAM Φιλικό κόστος
VDSL	Μετάδοση φωνής, δεδομένων και εικόνας πάνω από χαλκό	<ul style="list-style-type: none"> 10-42Mbps downstream 2Mbps upstream 	<ul style="list-style-type: none"> Υποστηρίζει εκπομπές video, Video-on-demand, Internet TV, διαδραστική τηλεόραση. Μόνιμα συνδεδεμένο δίκτυο για φωνή, δεδομένα και εικόνα. 	<ul style="list-style-type: none"> Μη προτυποποιημένα προϊόντα και τεχνολογίες Επιβάλλει μικρή απόσταση. Περιορισμένη κλιμάκωση 	<ul style="list-style-type: none"> Μη διαθέσιμο ακόμα εμπορικά.
Μικροκυματικές πολυσημειακές υπηρεσίες σταθερής πρόσβασης	Μικροκυματικές εκπομπές δεδομένων και εικόνας σημείου προς σημείο ή πολλαπλά σημεία	<ul style="list-style-type: none"> Τυπικές ταχύτητες έως 1,5Mbps downstream και 256Kbps upstream 	<ul style="list-style-type: none"> Ταχεία εμπορική υλοποίηση Οι PtMP κυψέλες έχουν περιορισμένη γεωγραφική περιοχή 	<ul style="list-style-type: none"> Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων χρειάζεται οπτική επαφή μεταξύ των σημείων 	<ul style="list-style-type: none"> Το LMDS έχει ακτίνα 8km περίπου Το 802.11b φτάνει μέχρι τα 15km Το WiMax έχει 30km εμβέλεια
APON	Μετάδοση φωνής, δεδομένων και εικόνας πάνω οπτικό καλώδιο	<ul style="list-style-type: none"> 155/622Mbps downstream 155Mbps upstream 	<ul style="list-style-type: none"> Υποστηρίζει εκπομπές video, Video-on-demand, καλωδιακή τηλεόραση, διαδραστική τηλεόραση. Μόνιμα συνδεδεμένο δίκτυο για φωνή, δεδομένα και εικόνα. 	<ul style="list-style-type: none"> Μη διαθέσιμο ακόμα. Προτυποποίηση εν εξελίξει Απαιτεί εκτεταμένη υλοποίηση οπτικού δικτύου σε αγροτικές περιοχές 	<ul style="list-style-type: none"> Εξετάζεται ως τεχνολογία της επόμενης γενιάς
Δορυφορικές επικοινωνίες GEO LEO	Μετάδοση φωνής πάνω από την ζώνη ka (GEO) ή φωνής και δεδομένων πάνω από την ζώνη ku (LEO)	<ul style="list-style-type: none"> Τυπικές ταχύτητες 128/512Kbps (GEO) Σχεδιασμένο για 512/2048Kbps (LEO) 	<ul style="list-style-type: none"> Υποστηρίζει εκπομπές video, Video-on-demand, καλωδιακή τηλεόραση (GEO) Μόνιμα συνδεδεμένο δίκτυο για φωνή, δεδομένα και εικόνα. 	<ul style="list-style-type: none"> Δεν ενδείκνυται για φωνή και διαδραστικές ευρυζωνικές εφαρμογές Υψηλά κόστη υλοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> Πολύ καλή λύση για συνδρομητές σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

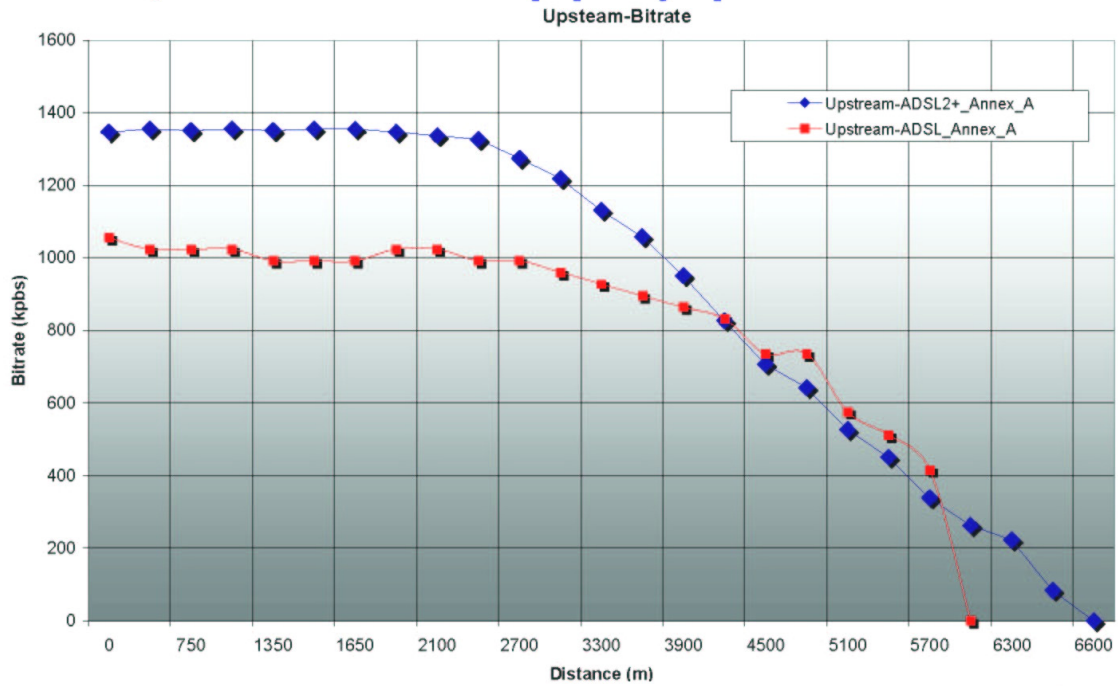
ADSL:	Asymmetrical Digital Subscriber Line.
ATM:	Asynchronous Transfer Mode.
ATU-C:	ADSL Transmission Unit, CO Side.
ATU-R:	ADSL Transmission Unit, Remote Side.
CAP:	Carrierless Amplitude/Phase Line Code.
CDMA:	Code Division Multiple Access
CO:	Central Office.
DMT:	Discrete Multitone.
DSL:	Digital Subscriber Line.
DSLAM:	Digital Subscriber Line Access Multiplexer.
GEO:	Geosynchronous Earth Orbit
FEXT:	Far End CrossTalk
FITL:	Fiber in the Loop.
FO:	Fiber Optics
FSN:	Full Services Network
FTTB:	Fiber to the Building.
FTTC:	Fiber to the Curb/Cabinet.
FTTH:	Fiber to the Home.
HDSL:	High data rate Digital Subscribe Line.
HDTV:	High Definition Digital TV
HFC:	Hybrid Fiber Coaxial
IDSL:	ISDN-DSL.
ISDN:	Integrated Services Digital Network.
ISDN BRI:	ISDN Basic Rate Interface.
ISP:	Internet Service Provider.
IP:	Internet Protocol
Kbps / Mbps:	Kilobits per second / Megabits per second
LAN:	Local Area Network.
LEO:	Low Earth Orbit
LMDS:	Local Multipoint Distribution System
LoS/NLoS:	Line of Site / Non-Line of Site
NEXT:	Near End Crosstalk.
NSP:	Network Service Provider.
ONU:	Optical Network Unit.
PON:	Passive Optical Network
POTS:	Plain Old Telephone Service.
PPP:	Point-to Point Protocol.
PSTN:	Public Switched Telephone Network
QAM:	Quadrature Amplitude Modulation.
QoS:	Quality of Service
RADSL:	Rate Adaptive ADSL.
SDSL:	Symmetric Digital Subscriber Line.
TDMA:	Time Division Multiple Access
UMTS:	Universal Mobile Telecommunication System
UDSL:	Unidirectional HDSL.
VDSL:	Very high data rate Digital Subscriber Line.
VPN:	Virtual Private Network.
WAN:	Wide Area Network
WDM:	Wavelength Division Multiplex

Βιβλιογραφία

1. Σύσταση της ITU-T G.992.1 (1999), *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers*.
2. Σύσταση της ITU-T G.992.2 (1999), *Splitterless Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers*.
3. Σύσταση της ITU-T G.992.3 (2002), *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers -2 (ADSL2)*
4. Σύσταση της ITU-T G.992.4 (2002), *Splitterless Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers - 2 (ADSL2)*
5. Σύσταση της ITU-T G.992.5 (2003), *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers– Extended Bandwidth ADSL2 (ADSL2plus)*
6. *DSL Forum Τεχνική Έκθεση TR-090*
7. *ADSL Technology Evolution ADSL2/ADSL2plus/ADSL-RE - Peter LeBlanc, DSL Forum 2005*
8. <http://www.broad-band.gr>
9. <http://www.dslforum.org>
10. <http://www.ponforum.org/technology>
11. *Προηγμένες τηλεπικοινωνιακές Υποδομές και Υπηρεσίες (OTE A.E.) – Χ.Βασιλόπουλος, Γ.Παγιατάκης*
12. *Τεχνολογία DSL σήμερα και “αύριο” (OTE A.E.) – Δρ. Τηλέμαχος Δούκογλου*
13. Σεμινάριο “high stream ADSL” (OTE A.E.) – Δημήτρης Παπατριανταφύλλου
14. *Αττικές Τηλεπικοινωνίες Α.Ε. (εσωτερικά έγγραφα, μελέτες)*
15. <http://www.adsl.com>
16. <http://www.eett.com>
17. <http://www.infosociety.gr>
18. *e-NC Broadband Briefs – BROADBAND TECHNOLOGY ACCESS OVERVIEW*
19. *Η Τηλεπικοινωνιακή Επανάσταση του WiMAX & Ευρυζωνικές Triple Play Υπηρεσίες – Δημήτριος Σκρίμπας, Marac Electronics S.A.*
20. *Τεχνολογίες & Λειτουργία της Τηλεπικοινωνιακής Αγοράς - Δρ. Ζήσης Λιούπας*
21. *Δίκτυα Ευρυζωνικής Πρόσβασης – Τ.Ε.Ε. Ιανουάριος 2006*

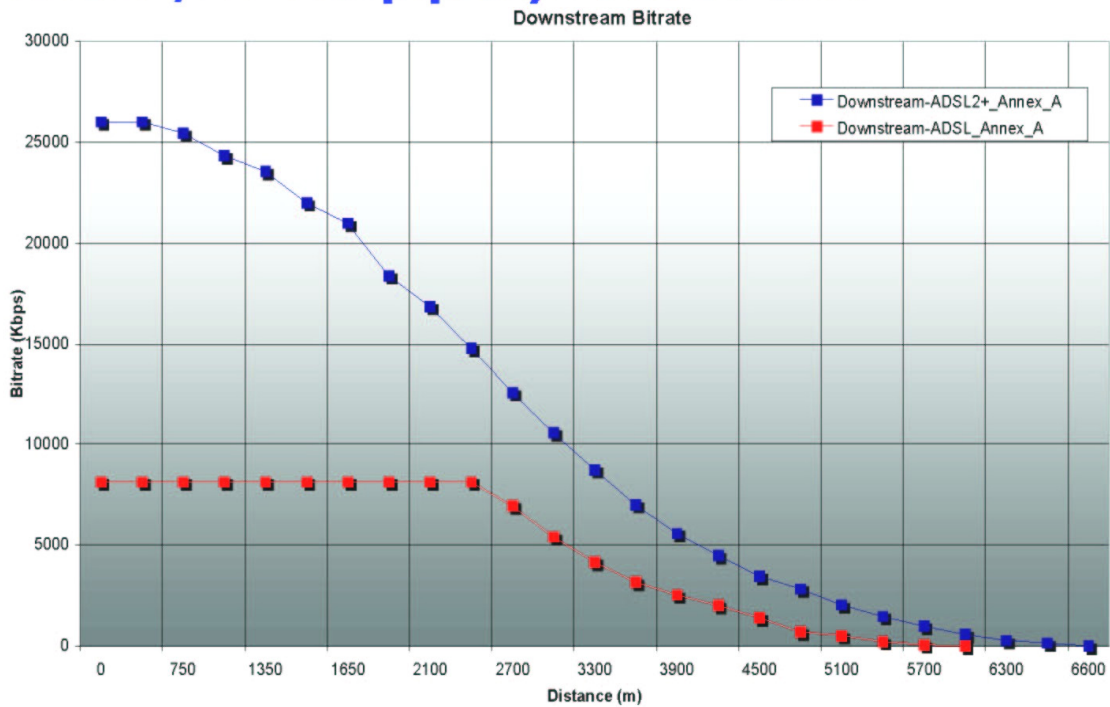
Παράρτημα Α – Πίνακες Μετρήσεων ADSL/2/2+

ADSL2/2+ vs. ADSL Μετρήσεις Upstream

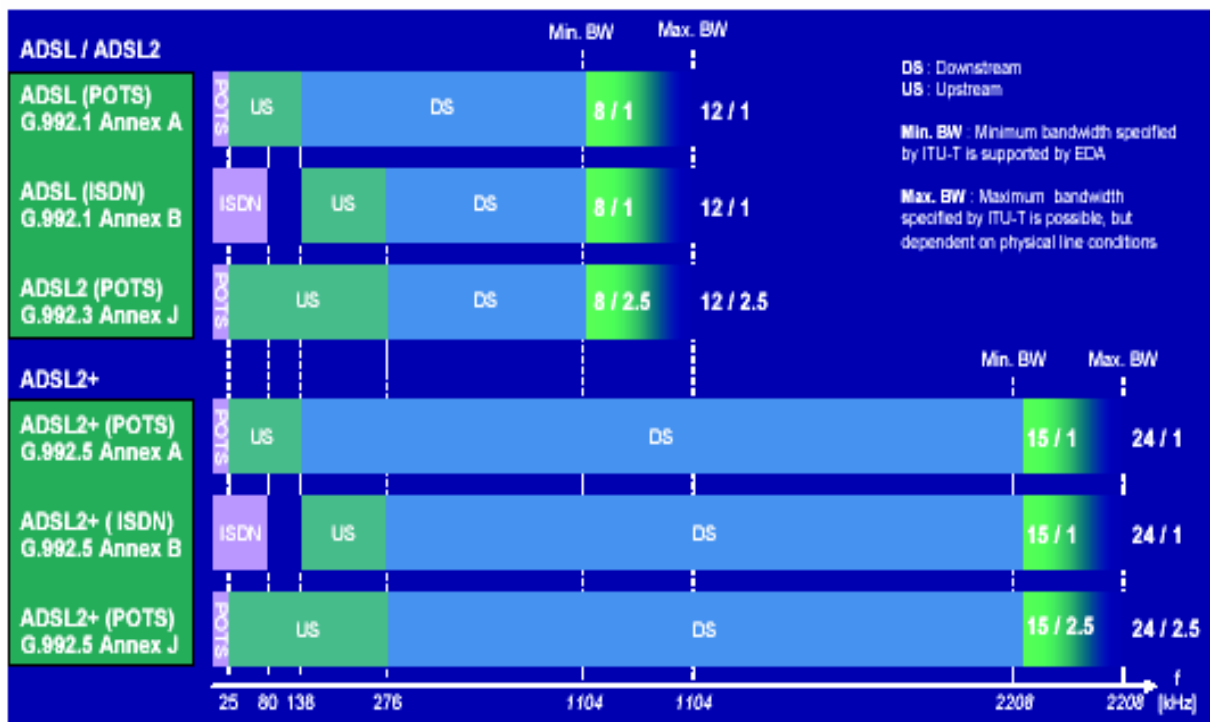


Σχήμα Α.1: Συγκριτικές μετρήσεις ρυθμού ανόδου

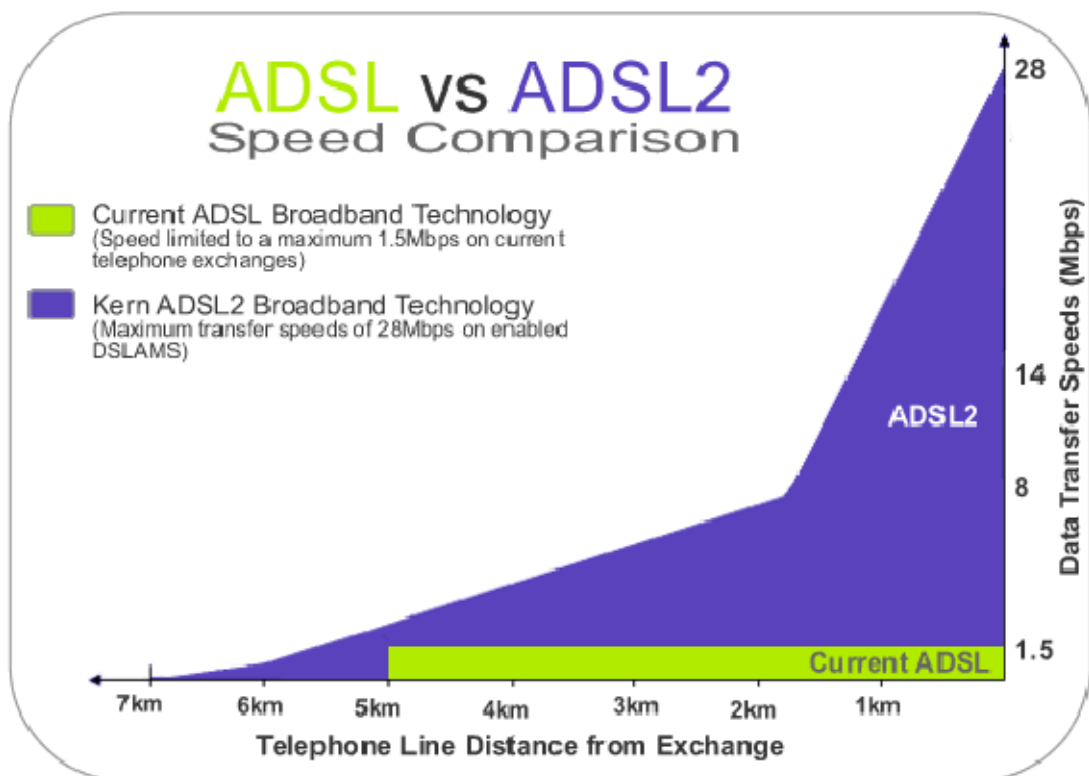
ADSL2/2+ Μετρήσεις Downstream



Σχήμα Α.2: Συγκριτικές μετρήσεις ρυθμού καθόδου



Σχήμα Α.3: Παραλληλισμός φασματικών περιοχών ADSL, ADSL2 & ADSL2+ (φάσμα/bps)



Σχήμα Α.4: Συγκριτικό διάγραμμα ταχυτήτων / εμβέλειες