

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΔΙΚΤΥΑ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ xDSL»

ΝΙΚΟΛΗΣ ΖΗΣΗΣ - ΜΑΡΙΟΣ
ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΑΡΗΣ Ν. ΜΠΑΚΑΛΗΣ

ΠΑΤΡΑ - 2010

Κατάλογος Περιεχομένων

1	Εισαγωγή στα Δίκτυα Υψηλών Ταχυτήτων	1
1.1	Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δίκτυα	1
1.2	Μοντέλο OSI	4
1.2.1	Εισαγωγή	4
1.2.2	Πρότυπο OSI	5
1.2.2.1.	Φυσικό επίπεδο:	6
1.2.2.2.	Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link)	6
1.2.2.3.	Επίπεδο Δικτύου (Network)	7
1.2.2.4.	Επίπεδο Μεταφοράς (Transport)	7
1.2.2.5.	Επίπεδο Συνόδου (Session)	8
1.2.2.6.	Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation)	9
1.2.2.7.	Επίπεδο Εφαρμογών (Application)	9
1.3.	Μετάδοση Δεδομένων	10
1.4	Δίκτυα Υψηλών Ταχυτήτων	12
2	ATM	18
2.1	Εισαγωγή	18
2.2	Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλου	19
2.2.1	Επίπεδο Χρήστη	19
2.2.2	Επίπεδο Ελέγχου	20
2.2.3	Επίπεδο Διαχείρισης	20
2.2.4	Φυσικό Επίπεδο	20
2.2.5	Οριζόντιο Επίπεδο ATM (ATM Layer)	21
2.2.6	Οριζόντιο Επίπεδο Προσαρμογής στο ATM (ATM Adaptation Layer – AAL)	21
2.3	ATM Συνδέσεις	22
2.4	Η Ποιότητα Υπηρεσιών στο ATM	22
2.4.1	ATM σηματοδότηση και εγκατάσταση σύνδεσης	23
2.4.2	Η διεργασία αποκατάστασης σύνδεσης στο ATM	24
2.4.3	Δρομολόγηση και Διαπραγματεύση της αίτησης σύνδεσης	24
2.5	Σηματοδότηση και μηνύματα για τη διαχείριση μιας ATM σύνδεσης	25
2.6	Εξομοίωση τοπικού δικτύου από ATM (LANE-LAN Emulation)	26

2.7	Μηχανισμοί ελέγχου κίνησης και συμφόρησης στα ATM δίκτυα	27
2.8.	Χρήσεις ATM	28
2.9	Συγκριτική παρουσίαση του ATM με άλλες τεχνολογίες	30
2.9.1	ATM και Μισθωμένες γραμμές (TDM)	30
2.9.2	ATM και Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων X.25	30
2.9.3	ATM και Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων Frame Relay	31
2.9.4	ATM και Τεχνολογίες τοπικών δικτύων (Token Ring, Ethernet, FDDI)	31
2.10	Συμπεράσματα	32
3	WiMAX	34
3.1	Εισαγωγή	34
3.2	Γενικά χαρακτηριστικά του WiMax	35
3.2.1	Ταχύτητες Μετάδοσης, Ποιότητα Υπηρεσίας και Ασφάλεια	35
3.2.2	Το πρότυπο IEEE 802.16	36
3.3	Χρήσεις του WiMax	37
3.4	Το WiMax στο Εξωτερικό	39
3.5	Το WiMax στην Ελλάδα	41
3.6	Σύγκριση WiMax με WiFi	42
3.6.1	Πλεονεκτήματα	42
3.6.2	Ρυθμοί Μετάδοσης	43
3.7	Το μέλλον του WiMax	44
4	GPRS – UMTS	46
4.1	Εισαγωγή	46
4.2	Γενική υπηρεσία ασύρματου πακέτου (GPRS)	46
4.2.1	Κύρια χαρακτηριστικά για το χρήστη του GPRS	47
4.2.1.1	Ταχύτητα	47
4.2.1.2	Αμεσότητα	48
4.2.1.3	Νέες, καλύτερες εφαρμογές	48
4.2.3	Κύρια δικτυακά χαρακτηριστικά του GPRS	48
4.2.3.1	Μεταγωγή πακέτου	48
4.2.3.2	Αποδοτικότητα φάσματος	49
4.2.3.3	Γνωρίζει το Διαδίκτυο	49
4.2.3.4	Υποστηρίζει TDMA και GSM	50
4.2.4	Περιορισμοί του GPRS	50
4.2.4.1	Μειωμένη χωρητικότητα κυψελών για όλους τους χρήστες	50

4.2.4.2	Οι πραγματικές ταχύτητες είναι πολύ μικρότερες	50
4.2.4.3	Μη βέλτιστη κωδικοποίηση	51
4.2.4.4	Καθυστερήσεις μεταφοράς	51
4.2.4.5	Όχι αποθήκευση και προώθηση	51
4.2.5	Εφαρμογές για το GPRS	52
4.2.6	Υπηρεσίες	52
4.2.6.1	Υπηρεσίες φορέα και Συμπληρωματικές Υπηρεσίες	52
4.2.6.2	Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS)	53
4.2.6.3	Ταυτόχρονη χρήση Υπηρεσιών Μεταγωγής Πακέτου και Υπηρεσιών Μεταγωγής Κυκλώματος.	54
4.3	Universal Mobile Telecommunication Systems (UMTS)	55
4.3.1	Υπηρεσίες	57
4.3.1.1	Multimedia Messaging Service	57
4.3.1.2	Location-Based Services	58
4.3.1.3	Rich Voice Service	58
4.3.1.4	Mobile Intranet/Extranet Access	58
4.3.1.5	Customized Infotainment Services	58
4.3.1.6	Mobile Internet Access	59
4.4	Τέταρτη Γενιά (4G)	59
4.4.1	Απαιτήσεις συστημάτων 4ης γενιάς.	60
4.4.2	Μελλοντικές εφαρμογές	61
5	Τεχνολογίες xDSL	63
5.1	Εισαγωγικά	63
5.2	Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα	63
5.3	Τεχνολογίες διαμόρφωσης σήματος	65
5.3.1	2B1Q	67
5.3.2	CAP	67
5.3.3	DMT	68
5.3.4	DWMT	68
5.4	Οι διαφορετικές xDSL τεχνολογίες	69
5.4.1	ADSL	69
5.4.2	RADSL	70
5.4.3	G.LITE	70
5.4.4	IDSL	71
5.4.5	HDSL	72

5.4.6	SDSL	72
5.4.7	VDSL	73
5.5	Σύγκριση των xDSL τεχνολογιών	74
5.6	Σύγκριση με άλλες τεχνολογίες	75
5.7	Κόστος xDSL	76
5.8	Εφαρμογές xDSL	76
6	Ασύμμετρη τεχνολογία ADSL	78
6.1	Εισαγωγή	78
6.2	Ασύμμετρη Μετάδοση	78
6.2.1	ADSL modems	80
6.2.2	Εξοπλισμός	82
6.2.2.1	Modem	82
6.2.2.2	Splitter	83
6.2.3	Λειτουργία του συστήματος ADSL	83
6.2.3.1	Διαμόρφωση CAP	84
6.2.3.2	Κωδικοποίηση DMT	85
6.2.3.3	Διαμόρφωση QAM	87
6.2.4	Υπηρεσίες που προσφέρονται από το σύστημα ADSL	89
6.2.5	Τεχνολογίες παρόμοιες με την ADSL	91
6.2.5.1	G.liteADSL	91
6.2.5.2	RADSL(rate-adaptive DSL)	91
6.2.6	Κατάσταση αγοράς της τεχνολογίας ADSL	92
6.2.7	Προβλήματα της τεχνολογίας ADSL	92
6.2.7.1	Η ανεύρεση των επαγωγικών φορτίων	92
6.2.7.2	Μέτρηση του μήκους της γραμμής	93
6.2.7.3	Η ανεύρεση bridged taps	93
6.2.7.4	Μέτρηση του θορύβου	93
7	Συμμετρική τεχνολογία HDSL	94
7.1	Συμμετρικές τεχνολογίες DSL	94
7.1.1	SDSL (Symmetric DSL)	94
7.1.2	HDSL (High Data-Rate DSL)	94
7.1.3	HDSL2 (2nd Generation HDSL)	95
7.1.4	SHDSL (Single-pair High-bit-rate DSL)	95
7.2	HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line)	95
7.3	SHDSL (Single pair HDSL)	97

7.4	Γενικές διαφορές HDSL και SHDSL	101
7.5	Αρχιτεκτονική δικτύου SHDSL-DSL	103
7.5.1	DSL Modem/Router	104
7.5.2	POTS Splitters	105
7.5.3	DSLAM πολλαπλών υπηρεσιών	105
7.5.4	Σύστημα μεταφοράς (Transport System)	105
7.5.5	MDF (Main Distribution Frame)	105
7.6	Εφαρμογές	106
7.7	Προβλήματα των συμμετρικών DSL	106
	Βιβλιογραφία	109

Κατάλογος σχημάτων

Σχ.1.1 Δομή τηλεπικοινωνιακού Συστήματος	1
Σχ.1.2 Δομή δικτύου με ελάχιστο αριθμό διασυνδέσεων	2
Σχ.1.3 Τα 7 επίπεδα δικτύου κατά ISO	5
Σχ.1.4.Εξέλιξη στην ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων	15
Σχ.2.1.Το μοντέλο PRM	19
Σχ.2.2.Μεθοδος αποκατάστασης Σύνδεσης	25
Σχ.2.3.Φυσικό και εξομοιωμένο LAN	26
Σχ.3.1.Ιστορική εξέλιξη ασύρματων τοπικών δικτύων	35
Σχ.3.2.Το WiMax στο εξωτερικό	39
Σχ.5.1.Τεχνικές Διαμόρφωση	66
Σχ.6.1. Κανάλια μετάδοσης DMT	86
Σχ.6.2.Τεχνικές Μετάδοσης Πληροφορίας στα ADSL	87
Σχ.6.3.Αστερισμοί 4-QAM και 16-QAM	88
Σχ.7.1.Χρονική εξέλιξη προτύπου SHDSL	99
Σχ.7.2.Ρυθμοί μετάδοσης και εμβέλειας του SHDSL	100
Σχ.7.3.Διάγραμμα σύγκρισης ρυθμαπόδοσης του SDSL και SHDSL	102
Σχ.7.4. Διάγραμμα σύγκρισης φασματικής πυκνότητας ισχύος PSD του SDSL και SHDSL	103
Σχ.7.5.Αρχιτεκτονική δικτύου SHDSL-DSL	104
Σχ.7.6.Χώρος πελάτη και σύστημα διαχείρισης	106

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.1	44
Πίνακας 5.1	74
Πίνακας 5.2	75
Πίνακας 6.1	80
Πίνακας 6.2	81

Περίληψη

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε δύο θεματικές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα (κεφάλαια 1 έως 4) μελετάμε τα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων αναφέροντας κάποια γενικά χαρακτηριστικά τους και κάνοντας εκτενή αναφορά στο ATM, WiMAX και τέλος στο GPRS – UMTS. Η δεύτερη θεματική ενότητα (κεφάλαια 5 έως 7) μελετάμε τις τεχνολογίες xDSL κάνοντας αρχικά μία γενική περιγραφή όλων των τεχνολογιών xDSL για να ακολουθήσει εκτενή αναφορά στην ασύμμετρη (ADSL) και συμμετρική (HDSL) τεχνολογία αντίστοιχα.

Εισαγωγή

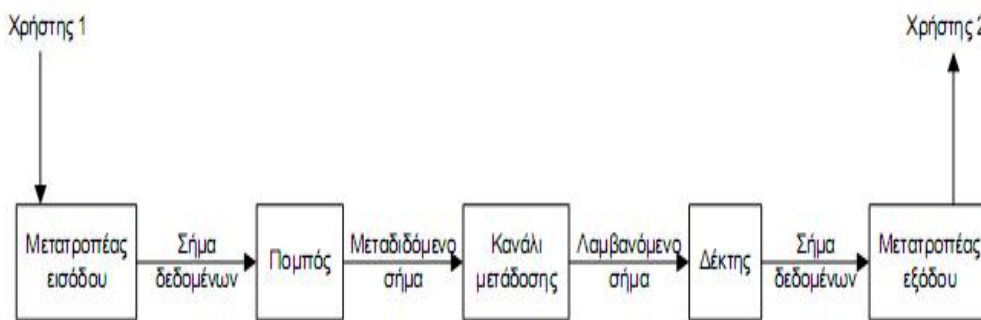
Παρακολουθώντας την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και ειδικά στον τομέα των δικτύων θεωρήθηκε σκόπιμο να επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας σε νέες τεχνικές δικτύωσης κόμβων και συγκεκριμένα στα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων αλλά και στις τεχνολογίες DSL. Στο κείμενο που θα ακολουθήσει θα αναπτυχθούν αυτές οι τεχνολογίες πιο αναλυτικά, μελετώντας τόσο τις αρχές που τις διέπουν όσο και τις μελλοντικές επεκτάσεις αυτών.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή στα Δίκτυα Υψηλών Ταχυτήτων

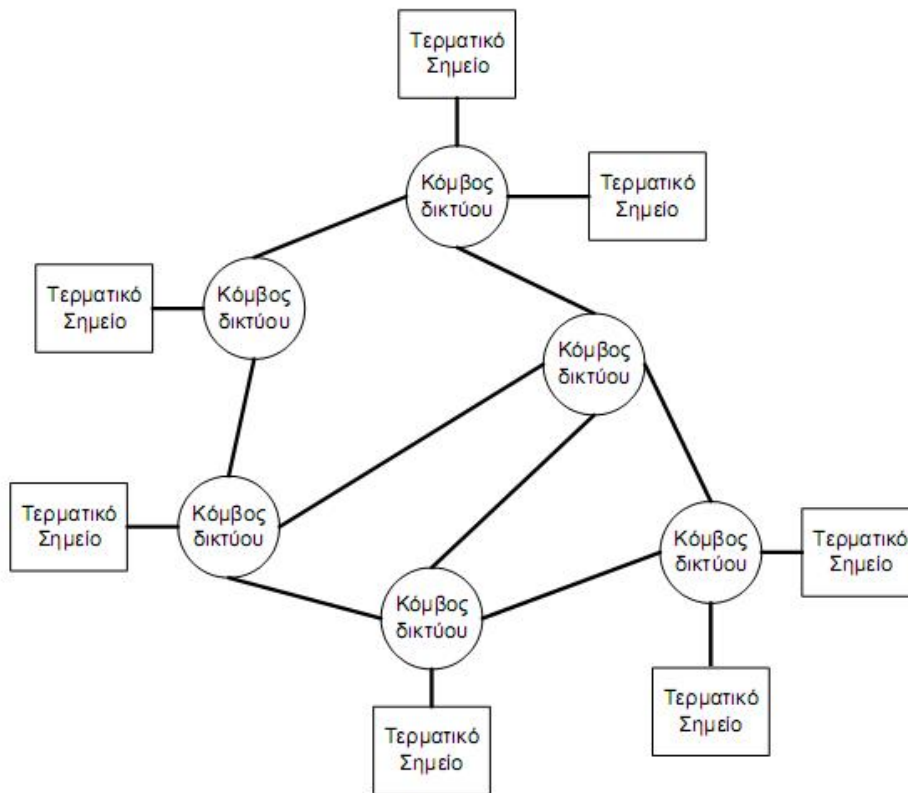
1.1 Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δίκτυα

Σκοπός των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι η μεταβίβαση πληροφοριών από ένα σημείο του χώρου που ονομάζεται πομπός σε ένα άλλο σημείο του χώρου που ονομάζεται δέκτης, με τη βοήθεια ενός μέσου διάδοσης. Η δομή ενός τυπικού τηλεπικοινωνιακού συστήματος φαίνεται στο παρακατω σχήμα .



Σχ.1.1 Δομή τηλεπικοινωνιακού Συστήματος

Το απλό μοντέλο (όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα) καλύπτει τις ανάγκες επικοινωνίας μεταξύ δύο συνδρομητών. Για να καλυφθούν όμως οι ανάγκες επικοινωνίας πολλών συνδρομητών γίνεται απαραίτητη η δημιουργία ενός δικτύου. Το δίκτυο δίνει τη δυνατότητα σε ένα συνδρομητή να επικοινωνήσει με οποιονδήποτε άλλο συνδρομητή διαθέτει την κατάλληλη διάταξη πρόσβασης σε κάποιο οριακό σύστημα του δικτύου που ονομάζεται κόμβος ή κέντρο. Βασική ιδιότητα του δικτύου είναι η παροχή ικανοποιητικής επικοινωνίας με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό διασυνδέσεων των κόμβων του. Αυτό το βλέπουμε στο πατακάτω σχήμα:



Σχ.1.2 Δομή δικτύου με ελάχιστο αριθμό διασυνδέσεων

Δίκτυο τηλεπληροφορικής είναι ένα σύστημα επικοινωνιών το οποίο διαθέτει συσκευές τηλεπικοινωνιών, τηλεπικοινωνιακούς κόμβους, καθώς και τα φυσικά μέσα διέλευσης της πληροφορίας. Επίσης στην ευρύτερη έννοιά του περιλαμβάνει και τις τερματικές συσκευές, όπως είναι οι υπολογιστές και τα τερματικά κάθε είδους και έχει μια δομή τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται η όποια επιθυμητή μεταξύ τους επικοινωνία. Στα δίκτυα τηλεπληροφορικής συναντάμε αυστηρούς κανόνες που διέπουν το τηλεπικοινωνιακό τμήμα του δικτύου καθώς επίσης και κανόνες συνομιλίας μεταξύ των υπολογιστών (πρωτόκολλα επικοινωνίας).

Πολλές φορές τα σύνορα μεταξύ της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών γίνονται δυσδιάκριτα. Άλλωστε ένα μεγάλο μέρος του λογισμικού επικοινωνιών αλλά και των πρωτοκόλλων φιλοξενείται στους υπολογιστές είτε ενσωματωμένο στο λειτουργικό σύστημα είτε σαν ανεξάρτητα προγράμματα.

Κύριες ιδιότητες ενός δικτύου είναι να επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να εκμεταλλεύονται την επεξεργαστική ικανότητα υπολογιστών, να έχουν πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων

κλπ. Όμως ακριβώς αυτή η προσφερόμενη δυνατότητα όπου ο καθένας με μια φθηνή τερματική συσκευή μπορεί να επικοινωνεί με υπολογιστές δημιουργεί και προβλήματα. Αναλογα με την περίπτωση, χρειάζονται μεγάλη προσοχή, σαφείς κανόνες, αυστηρότητα και συνεπώς μεγάλη πολυπλοκότητα για να εξασφαλισθεί η με σαφείς όρους συμμετοχή του καθενός σε ένα τέτοιο δίκτυο.

Κάθε δίκτυο δεδομένων σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξυπηρετεί τις εκάστοτε λειτουργικές απαιτήσεις των εφαρμογών. Επομένως σε κάθε δίκτυο υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι προσπέλασης της πληροφορίας, διαφορετικά πρωτόκολλα, διασυνδέσεις, φυσικά μέσα. Αυτό το φαινόμενο με την πάροδο του χρόνου τείνει να μειωθεί, καθώς γίνονται συνεχείς προσπάθειες για τυποποίηση όλων των στοιχείων που απαρτίζουν ένα δίκτυο δεδομένων.

Τα δίκτυα διαιρούνται σε κατηγορίες που προσδιορίζονται ανάλογα με την οπτική γωνία από την οποία τα βλέπουμε. Οι σημαντικότερες υποδιαιρέσεις είναι:

- Ως προς την τοπολογία των διαφόρων σημείων έχουμε το ακτινωτό, το κομβικό και το βρογχικό δίκτυο.

- Ως προς την γεωγραφία τερματικών και υπολογιστικών σημείων διακρίνουμε τα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide area network WAN), τα αστικά δίκτυα (Metropolitan area network MAN) και τα τοπικά δίκτυα (Local area network LAN).

- Ως προς τον τηλεπικοινωνιακό τύπο εξυπηρέτησης έχουμε το κοινό τηλεφωνικό δίκτυο, τα ιδιωτικά δίκτυα, τα δημόσια δίκτυα δεδομένων, το ISDN, το xDSL. Μια ιδιαίτερη περίπτωση δικτύου είναι το παγκόσμιο διαδίκτυο Internet που είναι το μεγαλύτερο δίκτυο δεδομένων του πλανήτη.

- Τέλος ως προς την τεχνική προώθησης της πληροφορίας τα διακρίνουμε σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (όπως είναι δομημένο το τηλεφωνικό δίκτυο) και μεταγωγής πακέτου (όπως είναι δομημένο το Internet).

1.2 Μοντέλο OSI

1.2.1 Εισαγωγή

Το 1977 ο διεθνής οργανισμός τυποποιήσεων ISO ξεκίνησε μια προσπάθεια, που τα πρώτα της αποτελέσματα εμφανίσθηκαν το 1983 με την ανακοίνωση του προτύπου OSI (Open System Interconnection reference model), που ερμηνεύεται «Πρότυπο διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων». Το OSI αποτελεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο κινούνται οι λεπτομερείς πλέον τυποποιήσεις, για την επίλυση όλων των επί μέρους προβλημάτων που εμφανίζονται στις επικοινωνίες υπολογιστών διαφορετικών κατασκευαστών.

Το πλαίσιο ενός τέτοιου προτύπου απαιτεί τον ακριβή προσδιορισμό αφ' ενός της αρχιτεκτονικής και αφ'ετέρου των πρωτοκόλλων επικοινωνίας υπολογιστών.

Εισάγοντας την έννοια της αρχιτεκτονικής μπορούμε να πούμε ότι προκειμένου να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών πρέπει να συντελεσθεί ένα σύνολο από φυσικές και λογικές διασυνδέσεις διαφόρων ανεξαρτήτων τμημάτων. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν πολλά θέματα ανεξάρτητα μεταξύ τους που πρέπει πρώτα να επιλυθούν για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη επιθυμητή επικοινωνία. Έτσι γίνεται και στις επικοινωνίες υπολογιστών. Η οργάνωση της όλης επικοινωνίας, η ιεράρχηση των λειτουργιών σε διάφορα επίπεδα, ο καθορισμός των πρωτοκόλλων και της μεταξύ τους σχέσης ονομάζεται Αρχιτεκτονική επικοινωνίας υπολογιστών. Όταν δύο υπολογιστές επικοινωνούν, στην ουσία επικοινωνούν μεταξύ τους οι ενότητες που βρίσκονται σε ομότιμα επίπεδα. Ορίζουμε δε σαν πρωτόκολλο ένα σύνολο από κανόνες για τη διεκπεραίωση της επικοινωνίας μεταξύ ενοτήτων μίας αρχιτεκτονικής.

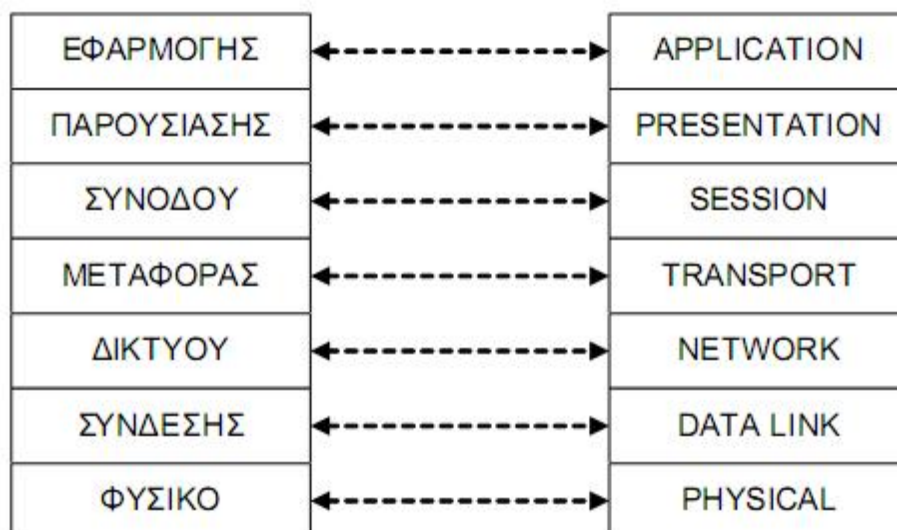
Η αρχιτεκτονική του προτύπου OSI δεν είναι βέβαια η μοναδική. Την αξία ενός ενιαίου τρόπου συμπεριφοράς κατά την επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών, αναγνώρισαν πολύ γρήγορα όλες οι κατασκευάστριες εταιρίες υπολογιστών. Στη προσπάθειά τους μάλιστα να τυποποιήσουν τα δικά τους συστήματα ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα συμβατότητας στα ίδια τους τα προϊόντα, ανέπτυξαν τις δικές

τους αρχιτεκτονικές όπως π.χ. η IBM την SNA (System Network Architecture), η Unisys την DCA (Distributed Communications Architecture), η Bull την DSA (Distributed System Architecture) και η DEC την DNA (Digital Network Architecture).

1.2.2 Πρότυπο OSI

Η βασική φιλοσοφία που διέπει το πρότυπο OSI είναι της επιπεδοποίησης (layering). Όλες οι απαιτούμενες για επικοινωνία λειτουργίες ομαδοποιούνται σε επτά μεγάλα επίπεδα. Οι λειτουργίες αυτές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους έτσι ώστε αλλαγές σε ένα επίπεδο να μην έχουν επίδραση στα άλλα. Στο παρακάτω Σχήμα 3 βλέπουμε τα επτά επίπεδα, έτσι όπως έχουν τιτλοφορηθεί από τον ISO με παράλληλη παράθεση της Ελληνικής ορολογίας.

Οι διακεκομμένες γραμμές μεταφράζονται σε πρωτόκολλα που συνδέουν τα διάφορα επίπεδα (ενότητες) μεταξύ τους. Τα επίπεδα αυτά είναι έτσι επιλεγμένα, ώστε να γίνει ευκολότερος ο τρόπος ορισμού των τυποποιήσεων. Ο ISO για κάθε επίπεδο τυποποιεί τις υπηρεσίες που αυτό προσφέρει και τα πρωτόκολλα που το αφορούν.



Σχ.1.3 Τα 7 επίπεδα δικτύου κατά ISO

Τα χαμηλότερα επίπεδα είναι τα καλύτερα προσδιορισμένα καθώς ήδη υπάρχουν πολλά και αποδεκτά πρωτόκολλα. Τα τρία χαμηλότερα επίπεδα είναι τα

καθαρά επικοινωνιακά επίπεδα που αναφέρονται στον τρόπο μετάδοσης και υλοποιούνται σε συσκευές επικοινωνίας (τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι, modem, κλπ.). Τα υψηλότερα επίπεδα αναφέρονται σε λειτουργίες που σχετίζονται με τις εφαρμογές και υλοποιούνται κυρίως στους υπολογιστές.

Στις επόμενες παραγράφους παρατίθεται συνοπτική περιγραφή των επτά επιπέδων του OSI.

1.2.2.1. Φυσικό επίπεδο:

Αφορά τη μετάδοση των bit μέσω των διαφόρων φυσικών μέσων. Συμπεριλαμβάνει τα ηλεκτρικά, μηχανικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων (interface) των δύο υπολογιστικών συστημάτων, τα δύο φυσικά επίπεδα δηλαδή των συμβαλλομένων μερών. Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τύπος του connector, τα σήματα μετάδοσης, ο συγχρονισμός των συσκευών, με ποια ηλεκτρική τάση θα παρίσταται το 1 και με ποια το 0 κλπ. Οι υπηρεσίες που προσφέρει πέρα από την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης είναι η μεταφορά των δεδομένων σε μορφή bit, σύγχρονα ή ασύγχρονα και η επισήμανση σφαλμάτων μετάδοσης.

1.2.2.2. Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link)

Ασχολείται με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να αποκατασταθεί, να υποστηριχθεί και τέλος να τερματιστεί μια σύνδεση μεταξύ των δυο άκρων μίας γραμμής. Βασικός σκοπός του επιπέδου αυτού είναι να παίρνει τα data από το φυσικό επίπεδο και να τα προωθεί στο ανώτερό του επίπεδο δικτύου, αφού πρώτα εκτελέσει μερικές ουσιώδεις λειτουργίες όπως είναι η ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων μετάδοσης που λαμβάνουν χώρα στο φυσικό επίπεδο και ο έλεγχος ροής των πληροφοριών. Περιλαμβάνει τις διαδικασίες και τις λειτουργίες για την αποκατάσταση μιας λογικής ζεύξης δεδομένων πάνω σε μια φυσική σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σημείων στο δίκτυο, όπως μεταξύ δύο κόμβων ή μεταξύ κόμβου και υπολογιστή. Η

μεταφορά των δεδομένων γίνεται με block ή frame με ταυτόχρονο έλεγχο και διόρθωση σφαλμάτων. Οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο αυτό είναι:

- Αποκατάσταση και απελευθέρωση της ζεύξης δεδομένων
- Μεταφορά δεδομένων, αρίθμηση - συγχρονισμός frame, διαφάνεια μετάδοσης
- Έλεγχος σφαλμάτων και έλεγχος ροής των block ή frame

1.2.2.3. Επίπεδο Δικτύου (Network)

Ενώ το 2ο επίπεδο φροντίζει για την επικοινωνία μεταξύ των άκρων μιας απλής γραμμής, το 3ο επίπεδο παρέχει τα μέσα για την αποκατάσταση, υποστήριξη και τερματισμό συνδέσεων μεταξύ των ακραίων συνδρομητών ενός μεγάλου δικτύου. Βασικές λειτουργίες του επιπέδου είναι η δρομολόγηση των μηνυμάτων, η οργάνωσή τους σε πακέτα, η απαρίθμηση και η ταξινόμησή τους. Φροντίζει για τη διαφανή μετάδοση δεδομένων προς τα παραπάνω επίπεδα. Οι διαδρομές που ακολουθούνται στο δίκτυο περιλαμβάνουν πολλές φυσικές συνδέσεις και ζεύξεις δεδομένων (πρώτο και δεύτερο επίπεδο δηλαδή). Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

- Αποκατάσταση και τερματισμός συνδέσεων μεταξύ διαφόρων ακραίων σημείων του δικτύου.
- Προσδιορισμός των ακραίων σημείων σύνδεσης με χρήση διευθύνσεων
- Μεταφορά δεδομένων (κυρίως σε μορφή πακέτων)
- Απαρίθμηση και έλεγχος σφαλμάτων
- Έλεγχος ροής δεδομένων

1.2.2.4. Επίπεδο Μεταφοράς (Transport)

Παρέχει εκείνες τις διαδικασίες και τα μέσα που απαιτούνται, προκειμένου να έχουμε επιτυχημένη από άκρη σε άκρη μεταφορά δεδομένων απαλλαγμένη λαθών. Παρέχει τις διαδικασίες για την αποκατάσταση της ορθότητας της πληροφορίας μετά από σφάλμα, τον έλεγχο ροής της πληροφορίας απ' άκρο σε άκρο και τον έλεγχο ακολουθίας των μηνυμάτων. Το επίπεδο αυτό είναι ουσιαστικά ένα software interface μεταξύ των τριών χαμηλότερων επιπέδων του προτύπου OSI που συνήθως

υλοποιούνται στις συσκευές επικοινωνίας και των υψηλότερων επιπέδων που σχετίζονται στενότερα με τους υπολογιστές και τις εφαρμογές που αυτοί εξυπηρετούν. Στην ουσία είναι το πρώτο επίπεδο που είναι υπό τον έλεγχο του χρήστη. Φροντίζει για τη διαφανή μεταφορά δεδομένων προς τα ανώτερα επίπεδα σύμφωνα με προκαθορισμένο από το χρήστη βαθμό αξιοπιστίας. Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

- Αποκατάσταση και τερματισμός της σύνδεσης σε επίπεδο μεταφοράς
- Μετάδοση δεδομένων σύμφωνα με τον απαιτούμενο από τον χρήστη βαθμό αξιοπιστίας
- Καθορισμός και επιλογή από το χρήστη της ποιότητας εξυπηρέτησης της σύνδεσης
- Δυνατότητα πολύπλεξης μέσω της ίδιας ζεύξης
- Έλεγχος ροής

1.2.2.5. Επίπεδο Συνόδου (Session)

Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η παροχή των αναγκαίων μέσων για την οργάνωση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των ανωτέρων επιπέδων από το επίπεδο συνόδου. Επιτρέπει ή απαγορεύει τη συγκεκριμένη παροχή υπηρεσίας, αποκαθιστά νέα σύνδεση όταν η πρώτη για κάποιο λόγο διακοπεί, επιτρέπει επικοινωνία αμφίδρομη, μονόδρομη κλπ. Η διαδικασία της αποκατάστασης μίας συνόδου καλείται και binding και περιλαμβάνει λειτουργίες όπως η εξακρίβωση του χρήστη, η χρέωση, η ποιότητα της συνόδου κλπ. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε τις διαδικασίες login και τον έλεγχο password για την είσοδο σε έναν υπολογιστή. Το επίπεδο αυτό δίνει τα μέσα σε οντότητες του υψηλότερου επιπέδου (presentation) να οργανώσουν και να συγχρονίσουν τον διάλογό τους ώστε να εξασφαλίσουν την από άκρου σε άκρο επιτυχή μεταφορά δεδομένων. Το επίπεδο συνόδου προσφέρει υπηρεσίες που προσθέτουν αξία στη λογική σύνδεση που έχει δημιουργηθεί μεταξύ των δύο άκρων μέσω των χαμηλότερων επιπέδων.

Οι υπηρεσίες αυτές επιγραμματικά είναι:

- Έναρξη και συντήρηση του διαλόγου

- Διαχείριση και έλεγχος προσπέλασης
- Επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου

1.2.2.6. Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation)

Ασχολείται με την αναπαράσταση της πληροφορίας που μεταφέρεται από εφαρμογή σε εφαρμογή, καθώς επίσης και με τη δομή των δεδομένων. Επιχειρεί δηλαδή την κατάλληλη τροποποίηση των δεδομένων ώστε να είναι κατανοητά από την εφαρμογή και έτσι ώστε οι συνδέσεις δύο υπολογιστών να μην απαιτούν υποχρεωτικά τη χρήση κοινού κώδικα. Σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιούνται κυρίως οι διαδικασίες κρυπτογράφησης, συμπίεσης δεδομένων (data compression), ο μετασχηματισμός των κωδίκων (protocol conversion) και των διαφόρων μορφών των αρχείων καθώς και η μετατροπή των χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου τερματικού. Μέσω λοιπόν του επιπέδου παρουσίασης μπορούν να επικοινωνούν δύο υπολογιστές με διαφορετικούς κώδικες. Το επίπεδο παρουσίασης επιτρέπει σε μία εφαρμογή να μεταφράζει όταν απαιτείται τη σημασία της μεταφερόμενης πληροφορίας. Εν συντομία οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι:

- Μετατροπή σύνταξης δεδομένων, όπως μετατροπή οικογενειών χαρακτήρων ή μετατροπή κωδίκων, για παράδειγμα από ASCII σε EBCDIC
- Συμπίεση και αποσυμπίεση δεδομένων (Data compression)
- Κρυπτογράφηση για ασφαλή μεταφορά (Encryption)
- Μετάφραση κωδικοποίησης πληροφορίας για χρήση σε οθόνες και τερματικά (χρήση των attributes για την οθόνη)

1.2.2.7. Επίπεδο Εφαρμογών (Application)

Είναι το τελευταίο επίπεδο προς το χρήστη, αυτό που παρέχει τον τρόπο για να μπορεί η μία εφαρμογή να συνομιλεί με την άλλη. Το επίπεδο εφαρμογών είναι το υψηλότερο επίπεδο του προτύπου OSI και αποτελεί το interface μεταξύ της εφαρμογής και των λοιπών επιπέδων του προτύπου. Οι λειτουργίες του επιπέδου

αυτού προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το χρήστη του δικτύου γι' αυτό και οι τυποποιήσεις του είναι οι λιγότερο καθορισμένες. Υπηρεσίες που προσφέρει το 7ο επίπεδο εκτός από τη μεταφορά πληροφορίας είναι:

- Εξακρίβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν
- Επιβεβαίωση της διαθεσιμότητάς τους για συνομιλία
- Επιβεβαίωση / έλεγχος στο δικαίωμα συνομιλίας
- Συμφωνία στις αρμοδιότητες για το πώς θα γίνουν οι επανορθωτικές διαδικασίες
- Συμφωνία στις διαδικασίες για τον έλεγχο ροής των συναλλαγών και την αξιοπιστία της πληροφορίας

1.3. Μετάδοση Δεδομένων

Η μετάδοση δεδομένων λαμβάνει χώρα μεταξύ εκπομπού και δέκτη πάνω από κάποιο μέσο μετάδοσης. Τα μέσα μετάδοσης μπορούν να χαρακτηρισθούν ως κατευθυνόμενα (guided) και μη κατευθυνόμενα (unguided), η δε επικοινωνία και στις δύο περιπτώσεις είναι υπό την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Στα κατευθυνόμενα μέσα, τα κύματα οδηγούνται κατά μήκος ενός φυσικού μονοπατιού, π.χ. καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, οπτική ίνα, ομοαξονικό καλώδιο. Τα μη κατευθυνόμενα μέσα παρέχουν τρόπους μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά δεν τα κατευθύνουν. Παραδείγματα τέτοιων μέσων είναι η μετάδοση μέσα στο κενό, στον αέρα, στη θάλασσα.

Το μονοπάτι μετάδοσης μεταξύ δύο συσκευών, μέσα από το οποίο μεταδίδονται σήματα κατευθείαν από τον εκπομπό στον δέκτη χωρίς να παρεμβάλλονται ενδιάμεσα άλλες συσκευές εκτός από ενισχυτές ή επαναλήπτες, που χρησιμεύουν στην ενίσχυση του σήματος, ονομάζεται κατευθείαν σύνδεσμος (direct link). Ο όρος αυτός ισχύει τόσο για κατευθυνόμενα όσο και για μη κατευθυνόμενα μέσα. Ένα κατευθυνόμενο μέσο μετάδοσης παρέχει σύνδεση σημείου προς σημείο (point-to-point) αν αποτελεί έναν κατευθείαν σύνδεσμο μεταξύ δύο συσκευών, οι οποίες είναι οι μοναδικές συσκευές που μοιράζονται το μέσο. Αν

περισσότερες από δύο συσκευές μοιράζονται το μέσο τότε έχουμε σύνδεση πολλαπλών σημείων (multipoint).

Μία μετάδοση μπορεί να είναι μονόδρομη (simplex), αμφίδρομη εναλλασσόμενη (half duplex) ή αμφίδρομη ταυτόχρονη (full duplex). Σε μία μονόδρομη μετάδοση τα σήματα μεταδίδονται μόνο προς μία κατεύθυνση, ένας σταθμός είναι ο εκπομπός και ο άλλος ο δέκτης. Στην αμφίδρομη εναλλασσόμενη μετάδοση και οι δύο σταθμοί μπορούν να είναι εκπομποί αλλά κάθε φορά μεταδίδει μόνο ο ένας. Στην αμφίδρομη ταυτόχρονη μετάδοση και οι δύο σταθμοί μπορούν να μεταδίδουν ταυτόχρονα. Στην περίπτωση αυτή το μέσο μετάδοσης μεταφέρει σήματα ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Τα δεδομένα μεταφέρονται πάνω από το μέσο μετάδοσης με την χρήση ηλεκτρικών σημάτων που το κάθε ένα περιέχει μία ζώνη συχνοτήτων, που ονομάζεται φάσμα (spectrum). Το πλάτος του φάσματος ονομάζεται απόλυτο εύρος ζώνης (absolute bandwidth). Τα περισσότερα σήματα έχουν άπειρο απόλυτο εύρος ζώνης, το μεγαλύτερο όμως ποσοστό της ενέργειας του σήματος περιέχεται σε μία στενή ζώνη συχνοτήτων που ονομάζεται αποδοτικό εύρος ζώνης ή απλά εύρος ζώνης (effective bandwidth). Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του εύρους ζώνης και του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (ρυθμός μετάδοσης είναι ο ρυθμός σε bits per second με τον οποίο μπορούν να μεταδοθούν δεδομένα). Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ενός σήματος, τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης. Αντίστροφα, όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης ενός συστήματος μετάδοσης τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων για το σύστημα αυτό.

Η μετάδοση δεδομένων από ένα σημείο προς ένα άλλο εμπλέκει τρεις παράγοντες, την φύση των δεδομένων, το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά των δεδομένων και την επεξεργασία ή τις τροποποιήσεις που μπορεί να απαιτούνται κατά μήκος της διαδρομής μετάδοσης ώστε να γίνει σωστή λήψη των μεταδιδόμενων δεδομένων.

Τα δεδομένα μπορούν να ορισθούν ως οντότητες που μεταφέρουν πληροφορία και είναι δύο ειδών αναλογικά και ψηφιακά. Τα αναλογικά δεδομένα

λαμβάνουν συνεχείς τιμές πάνω σε κάποιο διάστημα. Τυπικά παραδείγματα αναλογικών δεδομένων είναι ο ήχος και η κινούμενη εικόνα. Τα ψηφιακά δεδομένα παίρνουν διακριτές τιμές και τέτοια παραδείγματα είναι το κείμενο και οι ακέραιοι.

Τα δεδομένα διαδίδονται από το ένα σημείο στο άλλο μέσω ηλεκτρικών σημάτων που είναι και αυτά δύο ειδών, τα αναλογικά και τα ψηφιακά σήματα. Το αναλογικό σήμα είναι ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο ηλεκτρομαγνητικό κύμα που μπορεί να διαδοθεί μέσα από μία πληθώρα μέσων όπως τα συρμάτινα μέσα (καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, ομοαξονικό καλώδιο), οι οπτικές ίνες, η ατμόσφαιρα, κ.λπ. Το ψηφιακό σήμα είναι μία ακολουθία από παλμούς τάσης, π.χ. ένα σταθερό θετικό επίπεδο τάσης αναπαριστά το 1 ενώ ένα σταθερό αρνητικό επίπεδο τάσης αναπαριστά το 0, που μπορούν να μεταδοθούν μέσω ενός συρμάτινου μέσου. Ο συνδυασμός των δύο ειδών δεδομένων και των δύο ειδών σημάτων δίνει τέσσερις τρόπους μετάδοσης και συγκεκριμένα:

- Μετάδοση αναλογικών δεδομένων με χρήση αναλογικών σημάτων
- Μετάδοση αναλογικών δεδομένων με χρήση ψηφιακών σημάτων
- Μετάδοση ψηφιακών δεδομένων με χρήση αναλογικών σημάτων
- Μετάδοση ψηφιακών δεδομένων με χρήση ψηφιακών σημάτων

Για να μεταφερθούν τα δεδομένα μέσω σημάτων είναι αναγκαία η χρήση μεθόδων που κωδικοποιούν τα δεδομένα πάνω στο χρησιμοποιούμενο αναλογικό ή ψηφιακό σήμα. Η μετάδοση δεδομένων με χρήση αναλογικών σημάτων ονομάζεται αναλογική μετάδοση ενώ η μετάδοση δεδομένων με χρήση ψηφιακών σημάτων ονομάζεται ψηφιακή μετάδοση.

1.4 Δίκτυα Υψηλών Ταχυτήτων

Οι ανάγκες των χρηστών για τη μετάδοση δεδομένων συνεχώς αυξάνονται. Για το λόγο αυτό αναπτύσσονται τεχνολογίες με σκοπό την ταχύτερη μετάδοση δεδομένων, συχνά και σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτές οι τεχνολογίες προορίζονται κυρίως για δίκτυα ευρείας περιοχής και συνδέσεις οι οποίες εξυπηρετούν μεγάλο

πλήθος χρηστών. Με την ταχύτατη εξάπλωση του Internet και τη διασύνδεση των περισσότερων έως τότε κλειστών δικτύων σε αυτό, εμφανίστηκαν πλήθος νέων εφαρμογών και δυνατοτήτων που προσελκύουν ολοένα και περισσότερους χρήστες. Η τάση αυτή είναι βέβαιο πως θα συνεχιστεί και στο μέλλον, καθώς ολοένα και περισσότερες δραστηριότητες θα πραγματοποιούνται πάνω από δίκτυα και θα καθίστανται προσιτές σε μεγάλη μάζα χρηστών, όπως οι τηλεδιασκέψεις με εικόνα και ήχο, η παρακολούθηση τηλεοπτικού προγράμματος πάνω από δίκτυα μετάδοσης δεδομένων, η peer-to-peer ανταλλαγή αρχείων μεταξύ χρηστών.

Το τι συνιστά ένα δίκτυο υψηλής ταχύτητας είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, καθώς εξαρτάται από την οπτική γωνία του καθενός και τις υπάρχουσες εναλλακτικές τεχνολογίες. Στην εργασία αυτή περιγράφονται οι βασικότερες τεχνολογίες που εμφανίστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως τα τελευταία χρόνια σε δίκτυα ευρείας περιοχής για τη διασύνδεση χρηστών-οργανισμών με μεγάλες απαιτήσεις στη μετάδοση δεδομένων.

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90 το τηλεφωνικό δίκτυο και όλες οι εφαρμογές που απαιτούσε ο μέσος χρήστης μπορούσαν να ικανοποιηθούν από αυτό χρησιμοποιώντας ένα απλό ζεύγος χάλκινου καλωδίου. Ωστόσο στα τέλη της δεκαετίας του '80 και στις αρχές της δεκαετίας του '90 παρατηρήθηκε η έκρηξη στην χρήση του Internet και στις υπηρεσίες που παρέχει αυτό, καθώς και στον όγκο των δεδομένων που άρχισαν να διακινούνται μέσω αυτού, γεγονός που ανάγκασε τις εταιρίες να αναζητήσουν λύσεις για ευρεία και ταχύρυθμη μεταφορά δεδομένων. Οι πρώτες ιδέες αφορούσαν στη χρήση μέσων μετάδοσης με μεγαλύτερο εύρος, όπως για παράδειγμα οι οπτικές ίνες.

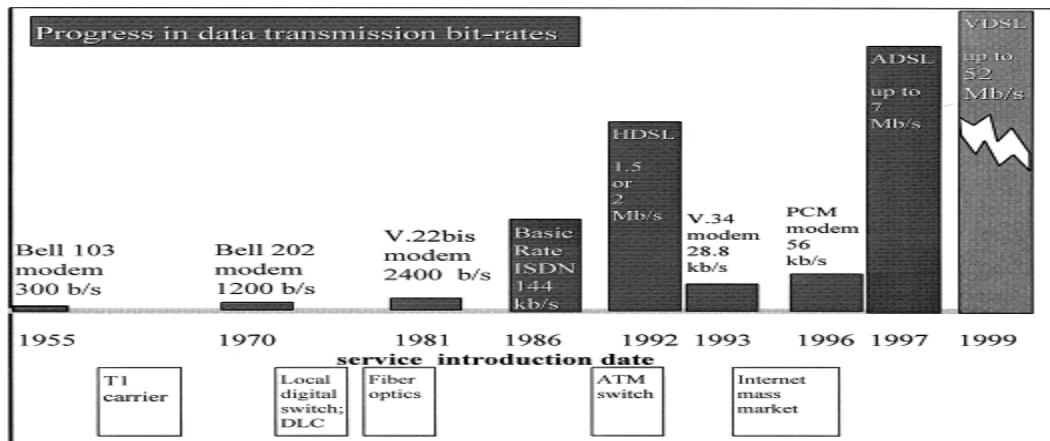
Η χρήση οπτικών ινών για τις αυξημένες ανάγκες μεταφοράς δεδομένων κρίθηκε αρκετά συμφέρουσα για μεγάλες εταιρίες που είχαν ανάγκη για μεγάλη μεταγωγή δεδομένων (π.χ μεταφορά δεδομένων από τη μια πόλη σε μια άλλη). Για τις μικρές εταιρίες όμως όπως επίσης και για απλή οικιακή χρήση η χρησιμοποίηση οπτικής ίνας κρίθηκε ασύμφορη και μη απαραίτητη γιατί μόνο ένα μικρό μέρος της χωρητικότητάς της θα χρησιμοποιείτο και το κόστος για τον χρήστη θα ήταν αρκετά μεγάλο σε σχέση με το όφελος που θα είχε από την χρήση της. Επίσης κρίθηκε ότι το

κόστος αλλαγής όλων των καλωδίων χαλκού που χρησιμοποιούνταν από οικιακούς χρηστές θα ήταν τεράστιο. Αυτός ήταν και ο κυριότερος λόγος που οδήγησε στην αναζήτηση νέων τεχνολογιών που θα εφαρμοζόντουσαν στο ήδη υπάρχον τηλεπικοινωνιακό δίκτυο. Η πρώτη τεχνολογία που αναπτύχθηκε ήταν οι ISDN (**I**ntegrated **S**ervices **D**igital **N**etwork) γραμμές, οι οποίες επέτρεπαν την μεταφορά μέχρι 128 kb/sec τιμή που στην αρχή κρίθηκε αρκετά ικανοποιητική.

Οι ISDN γραμμές τέθηκαν σε εφαρμογή στα μέσα τις δεκαετίας του '80 αλλά η περαιτέρω ανάπτυξη του Internet και των υπολογιστών και η παροχή υπηρεσιών με όλο και μεγαλύτερο μέγεθος δεδομένων απέδειξε ότι η χρήση των ISDN γραμμών δεν ήταν παρά μια προσωρινή λύση. Έτσι οι εταιρείες για να ικανοποιήσουν την όλο και αυξανόμενη ανάγκη για μεγαλύτερη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων ανέπτυξαν την xDSL τεχνολογία (**D**igital **S**ubscriber **L**ine). Μια εφαρμογή που στηρίχθηκε στην βασική ιδέα της ISDN, δηλαδή παράλληλη χρήση απλών γραμμών μεταφοράς με modem τα οποία κανονίζουν τον διαμερισμό και την επανασύνθεση των δεδομένων, μόνο που στις xDSL γραμμές γίνεται ακόμη μεγαλύτερη εκμετάλλευση του φάσματος που προσφέρει ένα χάλκινο ζεύγος καλωδίων από τις ISDN γραμμές, γι' αυτό και θεωρούνται ο προγονός των xDSL και στην διεθνή βιβλιογραφία συχνά αναφέρονται σαν IDSL. Το x μπορεί να αντικατασταθεί από διάφορα γράμματα τα οποία καθορίζονται από το αν η γραμμή είναι συμμετρική ή ασύμμετρη και την ταχύτητα μεταφοράς της γραμμής. Πρώτη εφαρμογή των xD.S.L ήταν οι HDSL γραμμές που άρχισαν να αναπτύσσονται και να εφαρμόζονται το 1992 και επέτρεπαν την μεταφορά από 1,5-2 Mb/s και οι SDSL γραμμές οι οποίες έχουν ταχύτητα μεταφοράς κάπου στα 768 kb/s και είναι HDSL πάνω όμως σε ένα μόνο ζεύγος καλωδίων χαλκού.

Οι HDSL γραμμές υποστήριζαν την συμμετρική μετάδοση δεδομένων, δηλαδή η μισή χωρητικότητα της γραμμής χρησιμοποιείται για μεταγωγή δεδομένων προς τον χρηστή (downstream) και η άλλη μισή για μεταγωγή δεδομένων από τον χρηστή προς το δίκτυο (upstream). Αυτό ήταν ασύμφορο για οικιακή χρήση, γιατί οι περισσότεροι χρηστές θέλουν να «κατεβάζουν» περισσότερο από το να «στέλνουν» δεδομένα. Γι' αυτό στις xDSL γραμμές εφαρμόστηκαν διάφορες ιδέες που

στηρίχθηκαν πάνω στην ιδέα της ασύμμετρης μετάδοσης δεδομένων όπως οι ADSL γραμμές το 1997 οι οποίες επιτυγχάνουν ταχύτητες upstream περίπου μέχρι 640 kbps και downstream τα από 1544 έως 8448 kbps και οι VDSL γραμμές το 1999 οι οποίες έχουν downstream ταχύτητα 13-52Mbps και upstream ταχύτητα μέχρι 2.3 Mbps. Η εξέλιξη φαίνεται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχ.1.4.Εξέλιξη στην ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων

Ένας απ' τους βασικούς στόχους των τεχνολογιών DSL είναι η επίτευξη της βέλτιστης χωρητικότητας του συστήματος με το μικρότερο δυνατό κόστος, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως οι λεγόμενες switch bypass, statistical multi-plexing και η βέλτιστη χρήση των χάλκινων τηλεφωνικών καλωδίων που ήδη χρησιμοποιούνται. Βασικό πλεονέκτημα των υπηρεσιών DSL είναι η μείωση του συνολικού φορτίου των συστημάτων voice switching με την κατεύθυνση της κίνησης των δεδομένων μέσω των DSL συστημάτων. Επενδύοντας επομένως στα συστήματα DSL επιτυγχάνεται ουσιαστικά η μείωση της απαιτούμενης επένδυσης σε εξοπλισμό voice switching συστημάτων για το συνολικό δίκτυο, αφού οι μεταφορές δεδομένων που χρησιμοποιούν voice switches επαναδρομολογούνται μέσω συγκεκριμένων «αφοσιωμένων» (dedicated) δικτύων δεδομένων.

Η χωρητικότητα ενός συστήματος μπορεί να μετρηθεί από το κατά πόσο μπορεί να εξυπηρετηθεί ο κάθε πελάτης οποτεδήποτε αυτός επιθυμεί να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες του συστήματος. Στα DSL συστήματα η χωρητικότητα καθορίζεται από την επιμέρους χωρητικότητα των καναλιών τοπικών βρόχων, της

διασύνδεσης του δικτύου (network interconnection) και από τη χωρητικότητα των συστημάτων με τα οποία συνδέεται ο πελάτης (Internet, Frame Relay κ.α.).

Η συμβολή των τριών αυτών χωρητικοτήτων είναι πολύ σημαντική για τη συνολική χωρητικότητα του συστήματος. Για παράδειγμα, αν ένας παροχέας DSL υπηρεσιών παρέχει διασύνδεση στο Internet χρησιμοποιώντας γραμμή T1 1,5Mbps σε 10,000 συνδρομητές που ο καθένας έχει ένα ADSL modem, η χωρητικότητα του συστήματος θα είναι αυστηρά περιορισμένη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται oversubscription. Το ίδιο θα συμβεί αν ο παροχέας εξυπηρετεί τον ίδιο αριθμό πελατών μέσω DSLAM που μοιράζονται ένα 10 Base-T σύστημα. Τέλος η χωρητικότητα του συστήματος θα είναι μειωμένη σε περίπτωση που δεν αφαιρεθούν από τις γραμμές του συστήματος τα πηνία φόρτωσης (loading coils) και οι λεγόμενες «γέφυρες» (bridged taps) που υπάρχουν στις παλιές τηλεφωνικές γραμμές.

Οι παροχείς υπηρεσιών προσπαθούν με κάθε τρόπο να ρυθμίσουν τη χωρητικότητα του συστήματος ώστε να εξυπηρετούνται επαρκώς οι απαιτήσεις των πελατών. Χρησιμοποιώντας περιορισμένο αριθμό DSLAMs δεν πετυχαίνουν ικανοποιητικό εύρος ζώνης των καναλιών επικοινωνίας, με αποτέλεσμα η εξυπηρέτηση να μην είναι ικανοποιητική. Απ' την άλλη πλευρά πάλι, χρησιμοποιώντας συστήματα μεγάλης χωρητικότητας αναγκάζουν τον πελάτη να ξοδέψει πολλά λεφτά για αγορά εξοπλισμού, κάτι που κάνει ασύμφορο το συνολικό κόστος του εξοπλισμού του πελάτη (end user cost).

Ο οικονομικός στόχος ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι να εξυπηρετεί ικανοποιητικά όσο το δυνατόν περισσότερους πελάτες με το μικρότερο δυνατό κόστος. Η ικανότητα αυτή καθορίζεται τις δυνατότητες και τη χωρητικότητα (capacity) του συστήματος. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη χωρητικότητα του συστήματος είναι ο τύπος χρήσης του (holding time), οι μέθοδοι πολλαπλής πρόσβασης (sharing access methods), η αποτελεσματικότητα των καναλιών μετάδοσης και ο αριθμός των γραμμών που είναι εγκατεστημένες σε κάθε κόμβο του συστήματος.

Σε αυτήν την εργασία στο Κεφάλαιο 5 που ακολουθεί, ασχολούμαστε με την ανάλυση των κυριοτέρων τεχνολογιών DSL (xDSL). Στο Κεφάλαιο 6 αναλύεται η

ασύμμετρη τεχνολογία DSL(ADSL) και τέλος στο Κεφάλαιο 7 αναλύεται η
συμμετρική τεχνολογία DSL(HDSL).

Κεφάλαιο 2

ATM

2.1 Εισαγωγή

Στόχος του κεφαλαίου που ακολουθεί, είναι η παρουσίαση των βασικών αρχών της τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (ATM - Asynchronous Transfer Mode). Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς είναι μια τεχνολογία μεταγωγής και πολυπλεξίας της πληροφορίας πάνω από ένα φυσικό μέσο. Χαρακτηρίζεται ως ασύγχρονος λόγω του τρόπου μεταφοράς των πακέτων- κυψελίδων (cells).

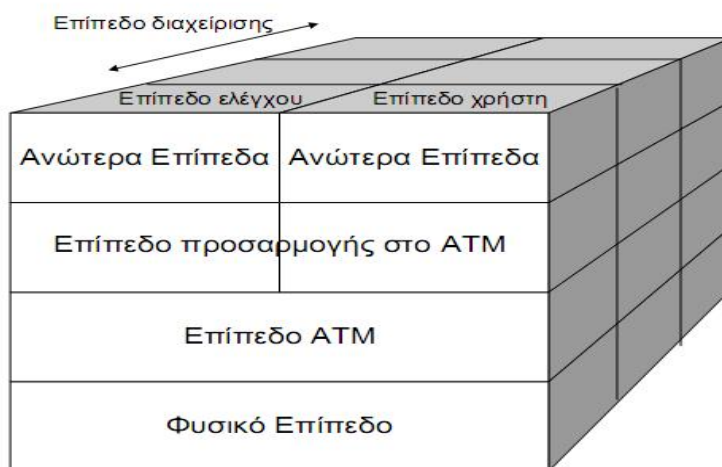
Το ATM γεννήθηκε στα εργαστήρια της A.T&T στις ΗΠΑ το 1980, σαν μία τεχνική μεταγωγής η οποία θα εξυπηρετούσε τη μετάδοση φωνής και δεδομένων με τη μορφή πακέτου. Το 1988 ο οργανισμός ITU-T (πρώην CCITT) εισήγαγε την ATM τεχνολογία ως το μηχανισμό μεταφοράς για το Broadband ISDN. Τα ευρυζωνικά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών (Broadband - ISDN) που είναι η ενοποίηση όλων των υπάρχοντων δικτύων σε μια ενιαία ομογενή υποδομή, η οποία θα υποστηρίζει όλους τους τύπους επικοινωνιακών υπηρεσιών, βασίζονται επομένως στο ATM.

Η δημιουργία του ATM είχε ως κίνητρο την ανάγκη αντικατάστασης του προγόνου του, STM (Synchronous transfer mode). Δεδομένου ότι η μορφή των δεδομένων που διακινούνται στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα σταδιακά γίνεται ένα μίγμα από φωνή, δεδομένα υπολογιστών, video και audio-on-demand, web σελίδες πλούσιες σε γραφικά κ.λ.π., υπήρξε η ανάγκη εύρεσης ενός νέου προτύπου το οποίο θα υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών όπως:

- Φωνή
- Πακέτα δεδομένων (SMDS, IP, FR)
- Video
- Εφαρμογές εικόνας (imaging)
- Εξομοίωση κυκλωμάτων (circuit emulation)

2.2 Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλου

Το ATM, γνωστό και ως cell relay, είναι σε ορισμένα σημεία παρόμοιο με την ανταλλαγή πακέτων μέσω X.25 ή frame relay. Το ATM μεταφέρει δεδομένα σε διακεκριμένα μπλοκ, επιτρέπει πολλαπλές λογικές συνδέσεις να πολυπλεχτούν σε μια φυσική διεπαφή και έχει οργανωμένη τη ροή της πληροφορίας σε πακέτα σταθερού μεγέθους που καλούνται κυψελίδες. Το ATM είναι ένα πρωτόκολλο με ελάχιστο έλεγχο λαθών και ροής. Γι' αυτό το λόγο μειώνεται η επιπλέον πληροφορία ανά κυψελίδα με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς. Στο φυσικό επίπεδο του πρωτοκόλλου ορίζονται συγκεκριμένα ταχύτητες μεταφοράς στα 155.52 Mbps και 622.08 Mbps. Άλλες ταχύτητες είναι δυνατόν να επιτευχθούν είτε υψηλότερες είτε και χαμηλότερες. Το μοντέλο αναφοράς πρωτοκόλλων (**P**rotocol **R**eference **M**odel - PRM) σύμφωνα με τις συστάσεις της ITU-T I.121 αποτελείται από τρία κατακόρυφα επίπεδα. Το επίπεδο χρήστη, το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο διαχείρισης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχ.2.1. Το μοντέλο PRM

2.2.1 Επίπεδο Χρήστη

Το επίπεδο χρήστη παρέχεται για τη μεταφορά της εφαρμογής του τελικού χρήστη. Περιλαμβάνει το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο ATM και τα επίπεδα προσαρμογής στο ATM (ATM Adaptation Layers - AALs), που χρειάζονται για την υποστήριξη του χρήστη.

2.2.2 Επίπεδο Ελέγχου

Το επίπεδο ελέγχου, περιλαμβάνει τα πρωτόκολλα που υποστηρίζουν την εγκατάσταση και απόλυση συνδέσεων καθώς και λειτουργίες ελέγχου σύνδεσης που απαιτούνται για την παροχή μεταγωγικών υπηρεσιών. Το επίπεδο ελέγχου μοιράζεται το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο ATM με το επίπεδο χρήστη. Επίσης περιλαμβάνει διαδικασίες προσαρμογής στο ATM και πρωτόκολλα σηματοδοσίας ανώτερων επιπέδων.

2.2.3 Επίπεδο Διαχείρισης

Το επίπεδο διαχείρισης παρέχει τη δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων χρήστη και ελέγχου. Τα επιμέρους τμήματά του είναι η διαχείριση στρωμάτων και επιπέδων. Η διαχείριση στρωμάτων περιλαμβάνει διαχειριστικές λειτουργίες για τα στρώματα της αρχιτεκτονικής και αυτή των επιπέδων διαδικασίες διαχείρισης και συντονισμού που σχετίζονται με τη συνολική λειτουργία του συστήματος.

2.2.4 Φυσικό Επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο παρέχει πρόσβαση στο φυσικό μέσο με σκοπό τη μεταφορά των ATM κυψελίδων. Περιλαμβάνει το υποεπίπεδο σύγκλισης μεταφοράς και το υποεπίπεδο που εξαρτάται από το μέσο. Το επίπεδο ATM υποστηρίζει τη μεταφορά κυψελίδων μεταξύ χρηστών. Υλοποιείται στις τερματικές διατάξεις των χρηστών. Για τη μεταφορά των κυψελίδων χρησιμοποιούνται νοητές συνδέσεις που υλοποιούνται μέσα σε ένα δημόσιο δίκτυο. Οι συνδέσεις αυτές παρέχονται κατά την εγγραφή στο δίκτυο ή σε πραγματικό χρόνο με κατάλληλη σηματοδοσία. Το επίπεδο ATM παρέχει τις λειτουργίες πολυπλεξίας που επιτρέπουν την εγκατάσταση πολλαπλών συνδέσεων μέσω μιας διάταξης προσαρμογής χρήσης δικτύου.

2.2.5 Οριζόντιο Επίπεδο ATM (ATM Layer)

Το ATM επίπεδο έχει σχεδιαστεί ώστε να κάνει το ATM δίκτυο πιο αξιόπιστο, πιο ευπροσάρμοστο και πιο φιλικό στο χρήστη από τους άλλους τύπους δικτύων. Ασχολείται με την μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο γειτονικών σημείων, φέρνει στη μορφή των κυψελίδων των 53 bytes τα δεδομένα και καθορίζει το περιεχόμενο της κεφαλής της ATM κυψελίδας. Το ATM επίπεδο εκτελεί τις εξής λειτουργίες:

- Μεταβιβάζει τις εξερχόμενες ATM κυψελίδες από το AAL στο φυσικό επίπεδο ώστε να μεταφερθούν μέσω του δικτύου στο τελικό ATM σημείο προορισμού.
- Μεταβιβάζει τις εισερχόμενες ATM κυψελίδες από το φυσικό επίπεδο στο AAL κάθε φορά που λαμβάνονται κυψελίδες από ένα τελικό ATM σημείο «πηγή».

Ουσιαστικά το ATM επίπεδο κάνει πολυπλεξία κυψελίδων, δημιουργεί την επικεφαλίδα της κυψελίδας ή την απομακρύνει και μεταφράζει τις τιμές των VPI/VCI.

2.2.6 Οριζόντιο Επίπεδο Προσαρμογής στο ATM (ATM Adaptation Layer – AAL)

Το επίπεδο αυτό τοποθετείται μεταξύ του επιπέδου ATM και των ανώτερων επιπέδων. Είναι υπεύθυνο για την μετατροπή της πληροφορίας που προέρχεται από τον χρήστη (η οποία παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία στην μορφή της) σε μια μορφή που είναι αποδεκτή από το ATM επίπεδο. Ασχολείται δηλαδή με την μετατροπή της πληροφορίας που έρχεται από τον χρήστη σε 48άδες από bytes που στην συνέχεια θα σχηματίσουν τις ATM κυψελίδες. Εκτός όμως από την παραπάνω μετατροπή, το AAL επίπεδο ασχολείται και με:

- την ανίχνευση και την διόρθωση των λαθών μετάδοσης
- την επεξεργασία των κυψελίδων χαμένων, λανθασμένων και με λάθη στην επικεφαλίδα
- την αποστολή και την αξιοποίηση πληροφορίας συγχρονισμού

- τον έλεγχο ροής πληροφορίας για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας (QoS).

2.3 ATM Συνδέσεις

Το ATM υποστηρίζει δύο τύπους συνδέσεων: (α) την σημείο προς σημείο (point-to-point) και (β) την σημείο προς πολλά σημεία (point-to-multipoint). Η σημείο-προς-σημείο σύνδεση συνδέει δύο ακραία σημεία του ATM δικτύου και μπορεί να είναι μονής κατεύθυνσης (unidirectional) ή διπλής κατεύθυνσης (bidirectional), δηλαδή να υποστηρίζει επικοινωνία δύο κατευθύνσεων. Η “σημείο προς πολλά σημεία” σύνδεση συνδέει ένα απλό σημείο (γνωστό ως “κορυφή”) που αποτελεί την πηγή της πληροφορίας, το σημείο από το οποίο ξεκινά η σύνδεση, ταυτόχρονα προς πολλά συστήματα (γνωστά ως “φύλλα”) που βρίσκονται σε άκρα του ATM δικτύου και αποτελούν τους προορισμούς της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Τέτοιες συνδέσεις είναι μόνο μονής κατεύθυνσης. Οι κόμβοι-κορυφές μπορούν να μεταδώσουν προς κόμβους-φύλλα, αλλά οι κόμβοι-φύλλα δεν μπορούν να μεταδώσουν προς κόμβο-κορυφή ή μεταξύ τους, μέσα από την ίδια σύνδεση. Σε οποιοδήποτε σημείο, δηλαδή μεταγωγέα, μέσα στο ATM δίκτυο μία σύνδεση διασπάται σε δύο ή περισσότερα παρακλάδια, πραγματοποιείται δημιουργία αντιγράφων της κυψελίδας καθένα από τα οποία οδηγείται μέσα από κάθε ένα από τα παρακλάδια.

2.4 Η Ποιότητα Υπηρεσιών στο ATM

Το ATM παρέχει εγγυήσεις για την ποιότητα των υπηρεσιών του οι οποίες προκύπτουν από την υποστήριξη τριών τεχνικών: Traffic Contract, Traffic Shaping και Traffic Policing. Ένα Traffic Contract (Συμβόλαιο Κίνησης) καθορίζει ένα πλαίσιο που περιγράφει τη ροή δεδομένων που πρόκειται να μεταδοθούν. Αυτό το πλαίσιο, εκτός των άλλων, καθορίζει τιμές για τη μέγιστη τιμή του bandwidth που θα χρειαστεί, τη μέση τιμή του bandwidth που απαιτείται να είναι διαθέσιμο ώστε να μην διακοπεί η σύνδεση και, το μέγεθος μιας ξαφνικής μαζικής μετάδοσης. Όταν ένα σύστημα που βρίσκεται σε ένα άκρο του ATM δικτύου ξεκινά τη σύνδεσή του

στο δίκτυο, στην πραγματικότητα εισέρχεται σε μία συμφωνία-συμβόλαιο με το ATM δίκτυο το οποίο στηρίζεται σε παραμέτρους που καθορίζουν την ποιότητα της ζητούμενης υπηρεσίας. Λέγοντας Traffic Shaping (Μορφοποίηση Κίνησης) εννοούμε τη χρήση ουρών για να περιορίσουμε τις εξάρσεις στη διακίνηση των δεδομένων, για να περιορίσουμε τη μέγιστη τιμή του απαιτούμενου bandwidth και για εξομαλύνουμε το jitter (διασπορά της καθυστέρησης της μετάδοσης) έτσι ώστε η κίνηση που θέλουμε να μεταδώσουμε να ταιριάζει μέσα στο πλαίσιο των πόρων που το ATM δίκτυο τελικώς κάνει αποδεκτό. Οι ATM συσκευές είναι υπεύθυνες για να συντάσσονται στο Συμβόλαιο Κίνησης που έχουν με το ATM δίκτυο, χρησιμοποιώντας τη τεχνική του Traffic Shaping. Οι ATM μεταγωγείς μπορούν να χρησιμοποιήσουν Traffic Policing για να αναγκάσουν τις ATM συσκευές που συνδέονται σε αυτούς να συμμορφωθούν με το μεταξύ τους Συμβόλαιο Κίνησης. Ο μεταγωγέας μπορεί να μετρήσει την πραγματική ροή κίνησης και να την συγκρίνει με το προσυμφωνημένο πλαίσιο που καθορίζεται από το Traffic Contract. Αν ο μεταγωγέας διαπιστώσει ότι η κίνηση βρίσκεται έξω από τις προσυμφωνημένες παραμέτρους, μπορεί να θέσει το CLP (cell-loss-priority) bit των επερχόμενων κυψελίδω στη τιμή 1. Αυτό κάνει την κυψελίδα να μπορεί να επιδέχεται ευκολότερα την απόρριψή του, το οποίο σημαίνει ότι κάθε μεταγωγέας που θα χειριστεί αυτή την κυψελίδα επιτρέπεται να την απορρίπτει κατά τη διάρκεια περιόδων συμφόρησης.

2.4.1 ATM σηματοδοσία και εγκατάσταση σύνδεσης

Όταν μία ATM συσκευή επιθυμεί να συνδεθεί με μία άλλη ATM συσκευή, στέλνει ένα πακέτο στον ATM μεταγωγέα στον οποίο συνδέεται απευθείας, το οποίο μεταφέρει την απαραίτητη σηματοδοσία για το συγκεκριμένο αίτημα. Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει την ATM διεύθυνση του ATM άκρου στο οποίο θέλει να συνδεθεί καθώς και κάθε QoS παράμετρο που απαιτείται για να περιγράψει την ζητούμενη ποιότητα της υπηρεσίας που θα περάσει πάνω από αυτή τη σύνδεση. Τα πρωτόκολλα της ATM σηματοδοσίας ποικίλουν με βάση τον τύπο της ATM σύνδεσης, τα οποία μπορεί να είναι είτε UNI είτε NNI σήματα. Τα UNI σήματα χρησιμοποιούνται μεταξύ ενός ATM τελικού συστήματος και ενός ATM μεταγωγέα

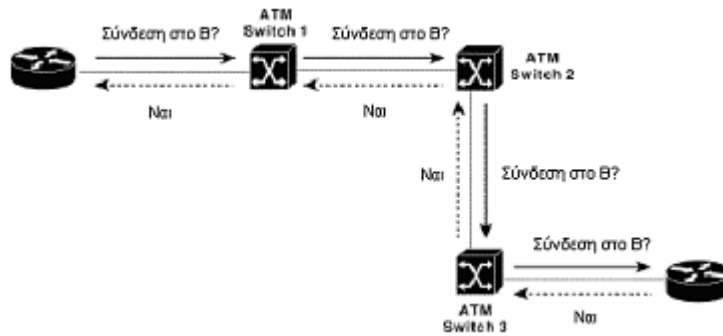
διαμέσου του ATM UNI, και τα NNI χρησιμοποιείται μέσα από NNI συνδέσεις. Η ATM Forum UNI 3.1 προδιαγραφή είναι το τρέχον πρότυπο για την ATM UNI σηματοδότηση. Το UNI 3.1 βασίζεται στο Q.29.31 πρωτόκολλο σηματοδότησης για δημόσια δίκτυα που αναπτύχθηκε από την ITU-T. Οι UNI αιτήσεις σηματοδότησης μέσα από μία συγκεκριμένη και κοινά αποδεκτή σύνδεση: VPI=0, VCI=5. Μέχρι πρόσφατα, υπήρχαν πρότυπα μόνο για τη σηματοδότηση ATM UNI, αλλά τελευταία έχει προχωρήσει πολύ σχετική εργασία για την προτυποποίηση του NNI.

2.4.2 Η διεργασία αποκατάστασης σύνδεσης στο ATM

Η ATM σηματοδότηση χρησιμοποιεί μία μέθοδο αρχικοποίησης μιας σύνδεσης σε ένα βήμα, η οποία χρησιμοποιείται σε όλα τα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπως είναι το τηλεφωνικό δίκτυο. Στην αποκατάσταση μιας ATM σύνδεσης το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση αρχικά στέλνει ένα αίτημα σύνδεσης το οποίο διαδίδεται μέσα από το δίκτυο. Ως αποτέλεσμα, αποκαθίστανται διαδοχικές συνδέσεις μεταξύ συνεχόμενων κόμβων του δικτύου. Η αίτηση σύνδεσης φτάνει στο τελικό προορισμό, που είτε αποδέχεται είτε απορρίπτει την αίτηση σύνδεσης.

2.4.3 Δρομολόγηση και Διαπραγμάτευση της αίτησης σύνδεσης

Η δρομολόγηση της αίτησης σύνδεσης είναι στενά συνδεδεμένη με ένα πρωτόκολλο ATM δρομολόγησης (το οποίο δρομολογεί συνδέσεις βασισμένο στις διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού), την ίδια τη κίνηση και τις QoS παραμέτρους που ζητήθηκαν από το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση. Η δυνατότητα διαπραγμάτευσης μιας αίτησης σύνδεσης που απορρίπτεται από το ATM σύστημα προορισμού είναι περιορισμένη, γιατί η δρομολόγηση μιας κλήσης στηρίζεται στις παραμέτρους της αρχικής σύνδεσης. Η οποιαδήποτε μεταβολή των παραμέτρων θα μπορούσε με τη σειρά της να επηρεάσει τη δρομολόγηση της σύνδεσης. Στο παρακάτω Σχήμα φαίνεται η προαναφερόμενη μέθοδος αποκατάστασης σύνδεσης.



Σχ.2.2.Μεθοδος αποκατάστασης Σύνδεσης

2.5 Σηματοδοσία και μηνύματα για τη διαχείριση μιας ATM σύνδεσης

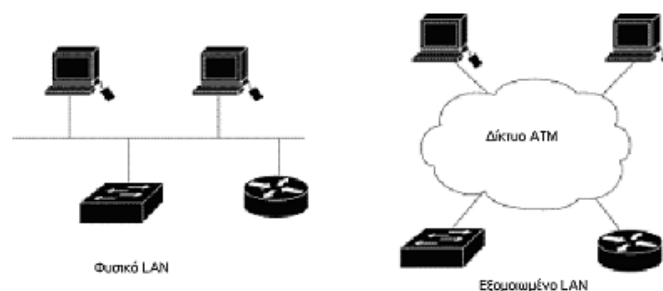
Για την αποκατάσταση αλλά και την παύση μιας ATM σύνδεσης χρησιμοποιείται ένα πλήθος από τύπους μηνυμάτων για τη διαχείριση της σύνδεσης, στο οποίο περιλαμβάνονται μηνύματα για αρχικοποίηση της σύνδεσης, παρακολούθηση της προόδου της κλήσης, τη σύνδεση και την απελευθέρωσή της. Το σύστημα που ξεκινά μια σύνδεση στέλνει ένα μήνυμα σύνδεσης στο οποίο περιλαμβάνεται η ATM διεύθυνση του συστήματος προορισμού και οποιεσδήποτε QoS παράμετροι. Ο μεταγωγέας στον οποίο συνδέεται το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση, στέλνει ένα μήνυμα με πληροφορίες για την πρόοδο της κλήσης πίσω, ως απάντηση στο μήνυμα αποκατάστασης σύνδεσης. Το ATM σύστημα προορισμού, στην περίπτωση που η σύνδεση γίνει αποδεκτή, στέλνει ένα μήνυμα σύνδεσης. Το τελικό σύστημα (προορισμός της κλήσης) στέλνει ένα μήνυμα απελευθέρωσης στο σύστημα που ζήτησε τη σύνδεση, στην περίπτωση που η σύνδεση απορριφθεί.

Για την αποκατάσταση μιας ATM σύνδεσης χρησιμοποιούνται μηνύματα σύμφωνα με τον παρακάτω τρόπο. Αρχικά το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση στέλνει ένα setup μήνυμα που προωθείται στον πρώτο κοντινότερο ATM μεταγωγέα (ingress switch) του Δικτύου. Ο μεταγωγέας στέλνει ένα call proceeding μήνυμα και ξεκινά να χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο ATM δρομολόγησης. Η αίτηση σηματοδοσίας διαβιβάζεται κατά μήκος του δικτύου. Ο μεταγωγέας στον οποίο συνδέεται το σύστημα προορισμού (egress switch) λαμβάνει το setup μήνυμα. Το egress switch προωθεί το setup μήνυμα στο σύστημα προορισμού, χρησιμοποιώντας το UNI interface, και το τελικό ATM σύστημα στέλνει ένα

μήνυμα αποκατάστασης σύνδεσης στην περίπτωση που η σύνδεση γίνει αποδεκτή. Το μήνυμα αποκατάστασης σύνδεσης διέρχεται προς τα πίσω ολόκληρο το δίκτυο χρησιμοποιώντας το ίδιο μονοπάτι μέχρι να φτάσει στο σύστημα που ξεκίνησε τη σύνδεση, το οποίο στέλνει ένα μήνυμα αναγνώρισης προς το σύστημα προορισμού για να δηλώσει πως είναι γνώστης της αποκατάστασης της σύνδεσης. Από αυτό το σημείο και μετά μπορεί να ξεκινήσει η μεταφορά δεδομένων.

2.6 Εξομοίωση τοπικού δικτύου από ATM (LANE-LAN Emulation)

Το LANE είναι ένα πρότυπο που καθορίστηκε από το ATM Forum, το οποίο προσδίδει σε σταθμούς διασυνδεδεμένους μέσω ATM, τις ίδιες δυνατότητες που συνήθως έχουν από τα κλασσικά LAN's, όπως είναι το Ethernet και το Token Ring. Όπως προκύπτει από το όνομα, η λειτουργία του LANE πρωτοκόλλου είναι η εξομοίωση ενός Τοπικού Δικτύου (LAN) πάνω από ένα ATM δίκτυο. Συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο LANE καθορίζει μηχανισμούς εξομοίωσης είτε ενός IEEE 802.5 Ethernet ή ενός 802.5 Token Ring. Το LANE πρωτόκολλο όπως έχει μέχρι σήμερα δε υποστηρίζει την εξομοίωση FDDI δικτύων. Το Σχήμα 35 συγκρίνει ένα φυσικό LAN και ένα εξομοιωμένο LAN. Το LANE πρωτόκολλο καθορίζει ένα service interface για πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου (network layers) το οποίο είναι όμοιο με εκείνο των γνωστών LANs. Τα δεδομένα που στέλνονται μέσα σε ένα ATM δίκτυο ενθυλακώνονται στο κατάλληλο format ενός LAN MAC πακέτου. Για να το θέσουμε πιο απλά, τα LANE πρωτόκολλα κάνουν ένα ATM δίκτυο να δείχνει και να συμπεριφέρεται όπως ένα Ethernet ή ένα Token Ring LAN, αν αφήσουμε στην άκρη το γεγονός ότι πρόκειται για ένα πολύ γρηγορότερο δίκτυο από ένα πραγματικό Ethernet ή Token Ring.



Σχ.2.3. Φυσικό και εξομοιωμένο LAN

2.7 Μηχανισμοί ελέγχου κίνησης και συμφόρησης στα ATM δίκτυα

Γενικά στα δίκτυα επικοινωνιών η διαχείριση των πόρων (resource management) και ο έλεγχος της κίνησης (traffic control) και της συμφόρησης (congestion control) είναι απαραίτητη για την σωστή διαχείριση των πόρων του δικτύου, την παρακολούθηση της κίνησης και την ρύθμιση της ροής έτσι ώστε να αποφεύγεται η συμφόρηση και να εγγυούνται οι παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσίας, ενώ ταυτόχρονα να αυξάνεται η αποδοτικότητα της αξιοποίησης των πόρων του δικτύου. Με τον όρο συμφόρηση (congestion) εννοούμε την κατάσταση εκείνη του δικτύου κατά την οποία η απόδοσή του μειώνεται λόγω κορεσμού (saturation) των πόρων του δικτύου όπως για παράδειγμα των συνδέσμων επικοινωνίας (communication links), των buffers, κτλ. Τα αποτελέσματα της κατάστασης αυτής περιλαμβάνουν μεγάλες καθυστερήσεις στην μετάδοση των πακέτων, μη σωστή αξιοποίηση των πόρων του δικτύου, μείωση του throughput του δικτύου, πιθανή κατάρρευση του δικτύου, κλπ. Για την αποφυγή λοιπόν της συμφόρησης, οι πόροι του δικτύου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται από παραπάνω συνδέσεις από αυτές που πραγματικά μπορούν να εξυπηρετηθούν χωρίς μείωση της Ποιότητας Υπηρεσίας, πρέπει δηλαδή να υπάρχει ένας έλεγχος της χρησιμοποίησης (utilisation) των πόρων του δικτύου.

Στα ATM δίκτυα, οι μηχανισμοί ελέγχου χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- Προληπτικοί-αποτρεπτικοί μηχανισμοί
- Μηχανισμοί αντίδρασης-αντιμετώπισης

Οι προληπτικοί μηχανισμοί (ή μηχανισμοί ελέγχου κίνησης) παίρνουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να προλάβουν, δηλαδή να αποτρέψουν την συμφόρηση. Αν και η πρόληψη της συμφόρησης θα ήταν η καλύτερη λύση, οι μηχανισμοί αυτοί από μόνοι τους τελικά δεν αρκούν για να αποτρέψουν την συμφόρηση. Γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται και οι μηχανισμοί αντίδρασης (ή μηχανισμοί ελέγχου συμφόρησης), οι οποίοι ελέγχουν την κατάσταση του δικτύου και εφόσον ανιχνεύσουν ότι υπάρχει συμφόρηση, παίρνουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε το δίκτυο να αποσυμφορηθεί. Χωρίς τους μηχανισμούς αυτούς το δίκτυο μπορεί να

καταρρεύσει τελείως όταν παθαίνει συμφόρηση. Ωστόσο, το πρόβλημα στην περίπτωση αυτών των μηχανισμών είναι ότι, λόγω της μεγάλης καθυστέρησης διάδοσης (propagation delay), μερικές φορές μέχρι να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα είναι ήδη πολύ αργά (όπως για παράδειγμα όταν πρέπει να ειδοποιηθεί η πηγή να μειώσει τον ρυθμό μετάδοσής της). Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε αυτούς τους μηχανισμούς, ξεκινώντας πρώτα με τους προληπτικούς μηχανισμούς, δηλαδή τους μηχανισμούς ελέγχου κίνησης.

2.8 Χρήσεις ATM

Το ATM αποτελεί ένα από τα πλέον πολυσυζητημένα τηλεπικοινωνιακά πρωτόκολλα. Η αρχική ιδέα ήταν να χρησιμοποιηθεί στα WAN δίκτυα, ωστόσο γρήγορα έγινε αντιληπτό ότι η χρήση του στα LAN θα μπορούσε να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό τις αποδόσεις των LAN δικτύων. Σήμερα λοιπόν μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες χρήσεις των ATM δικτύων :

- **ATM σε LAN:** Με μία πρώτη ματιά, το περιβάλλον ενός τοπικού δικτύου φαίνεται απαλλαγμένο από τα προβλήματα που εμφανίζονται στα μεγαλύτερα δίκτυα όταν εμφανίζονται καταστάσεις μεγάλης κίνησης. Ωστόσο η απόδοση και η ταχύτητα των LANs δεν παύει να είναι ένα σημαντικό θέμα. Για να εξομοιωθούν τοπικά δίκτυα από δίκτυα ATM, έχει καταρτιστεί μία μεθοδολογία εξομοίωσης που περιγράφει τα δομικά στοιχεία εξομοίωσης ενός LAN από ATM καθώς και τις απαιτούμενες μεταξύ τους συνδέσεις. Επίσης περιγράφει αναλυτικά το μηχανισμό εξομοίωσης που αφορά το πώς ένας πελάτης (client) μπορεί να γνωρίζει τη δομή του εξομοιούμενου τοπικού δικτύου, τη διαδικασία εισόδου του στο περιβάλλον, τον τρόπο μεταφοράς των μηνυμάτων, τη δομή των πλαισίων και το πώς γίνεται η διασύνδεση εξομοιούμενων τοπικών δικτύων.
- **ATM σε WAN:** Το ATM προσφέρει αποδοτική διαχείριση και έλεγχο του δικτύου που είναι σημαντικές ικανότητες για τα WAN δίκτυα. Το ATM είναι ελκυστική τεχνολογία όταν οι απαιτήσεις αφορούν υψηλές ταχύτητες

μεταφοράς και εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών. Η απόσταση είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στην μετάδοση υψηλών ταχυτήτων σε πολλές πλατφόρμες. Ωστόσο το πρόβλημα αυτό δεν αγγίζει το ATM. Η ακεραιότητα του μεταδιδόμενου σήματος εξασφαλίζεται ακόμα και όταν διαφορετικά είδη κίνησης εμφανίζονται στο ίδιο δίκτυο. Τέλος, το ATM μπορεί να προσφέρει διαφορετικές υπηρεσίες σε διάφορες ταχύτητες και πολλά επίπεδα απόδοσης.

- **ATM σε MAN** (Metropolitan Area Networks): Τα MANs είναι ένα από τα πλέον αναπτυσσόμενα πεδία στις τηλεπικοινωνίες και στις επικοινωνίες δεδομένων. Η κίνηση σε ένα MAN δίκτυο περιορίζεται σε αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων, αλλά τα είδη της κίνησης που εμφανίζονται είναι σε μεγάλο βαθμό διαφορετικά μεταξύ τους και προέρχονται από πολλές και διαφορετικές πηγές. Η επιτυχία του ATM σε αυτό τον τομέα έγκειται στο ότι μπορεί να ανταποκρίνεται σε αυτές τις διαφορετικές μεταδόσεις.

- **ATM σαν δίκτυο κορμού**: Το ATM είχε μεγάλη επιτυχία σαν δίκτυο κορμού, καθώς είναι σε θέση να υποστηρίξει πολλές διαφορετικές τεχνολογίες συμπεριλαμβάνοντας τεχνολογίες όπως η DSL, το IP Ethernet, την τεχνολογία Frame Relay, το SONET αλλά και πολλές ασύρματες πλατφόρμες. Επίσης είναι σε θέση να «γεφυρώσει» παλαιούς εξοπλισμούς με νέες γενιές πλατφόρμων και λειτουργικών συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, η δυνατότητα για κλιμακωτή επέκταση και η ισχύς του ATM επιτρέπει στους σχεδιαστές δικτύων να υλοποιήσουν εξαιρετικά υψηλής χωρητικότητας Δίκτυα Κορμού με πλήθος διασυνδέσεων (mesh τοπολογίες), ενσωματώνοντας μετάδοση δεδομένων, φωνής και video τόσο πάνω σε τοπικά όσο και σε ευρείας περιοχής δίκτυα. Η τοπολογία που χρησιμοποιείται είναι αυτή του αστέρα. Οι σταθμοί συνδέονται μέσω ενός ATM Switch. Το κάθε Switch μπορεί τώρα να είναι συνδεδεμένο, με τη σειρά του σε κάποιο άλλο, ιεραρχικά ανώτερο Switch που παίζει το ρόλο του backbone.

2.9 Συγκριτική παρουσίαση του ATM με άλλες τεχνολογίες

Μετά από την παρουσίαση των σημαντικότερων πτυχών του ATM είναι ενδιαφέρον να γίνουν και κάποιες συγκρίσεις. Παρακάτω συγκρίνεται η τεχνολογία ATM με άλλες εναλλακτικές τεχνολογίες όπως TDM (Time Division Multiplexing), Frame Relay, LAN (FDDI, Token Ring, Ethernet).

2.9.1 ATM και Μισθωμένες γραμμές (TDM)

Μισθωμένες γραμμές είναι οι γραμμές που μπορεί να νοικιάσει κάποιες ιδιώτης από την τηλεφωνική εταιρεία (για την Ελλάδα τον ΟΤΕ) και εγκαθιστούνται ανάμεσα σε δύο σταθερά σημεία σε διαφορετικές γεωγραφικές θέσεις. Ιστορικά, μισθωμένες γραμμές χρησιμοποιούνταν για ιδιωτικά δίκτυα φωνής ή δεδομένων μεγάλων εταιρειών. Μέχρι πρόσφατα όλες οι μισθωμένες γραμμές ήταν αναλογικές αλλά σήμερα σχεδόν όλος ο δικτυακός εξοπλισμός είναι ψηφιακός. Οι ψηφιακές μισθωμένες γραμμές είναι πολύ συνηθισμένες και τις συναντούμε καθημερινά. Οι ψηφιακές μισθωμένες γραμμές βασίζονται σε δίκτυα που χτίζονται πάνω σε πολυπλέκτες που κάνουν πολύπλεξη χρόνου (Time Division Multiplexing) και μεταγωγείς. Τα ATM δίκτυα, επίσης χρησιμοποιούν πολυπλέκτες και μεταγωγείς που έχουν παρόμοιο ρόλο και μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες ισάξιες με τις ψηφιακές μισθωμένες γραμμές.

Η χρήση του ATM προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα αλλά έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος. Με το ATM μπορούμε να δεσμεύσουμε εύρος ζώνης π.χ. για τηλεδιάσκεψη ενώ συγχρόνως να στέλνουμε fax πάνω από την ίδια γραμμή θέτοντας μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έχουμε ποιότητα υπηρεσιών (Quality of service) και γενικά μπορούμε να διαχειριστούμε το εύρος ζώνης πολύ αποδοτικά.

2.9.2 ATM και Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων X.25

Το X.25 ήταν το πρώτο παγκόσμιο σύστημα που συνέδεε όλους τους τύπους των δικτυακών συσκευών σε ένα κοινό δίκτυο μεταγωγής (Switched) δεδομένων. Για χαμηλής ταχύτητας δίκτυα με υψηλά επίπεδα θορύβου τα πακέτα X.25 είναι αρκετά στέρεα και επιβιώνουν ακόμα και από μεγάλα συγκριτικά επίπεδα λαθών.

Το πρόβλημα εδώ είναι το κόστος για αυτή την ανοχή στα λάθη και η ανικανότητα εκμετάλλευσης πιο προηγμένων και ποιοτικών γραμμών μεταφοράς. Έτσι οι μέγιστες ταχύτητες που μπορούν να μεταδώσουν και να λάβουν τα X.25 δίκτυα περιορίζονται στα 64Kbits/sec. Παρόλα αυτά το X.25 παραμένει ενεργό κυρίως λόγω της ικανότητάς του για διασύνδεση συσκευών όλων των κατασκευαστών αλλά και λόγω της θέσης που κατείχε τόσα χρόνια στην αγορά.

2.9.3 ATM και Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων Frame Relay

Η τεχνολογία Frame Relay έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το X.25. Ο έλεγχος για λάθη και διόρθωση αφαιρέθηκε από τις ενδιάμεσες δικτυακές συσκευές και γίνεται μόνο στα άκρα. Το Frame Relay χειρίζεται συνδέσεις της τάξης των 64Kbits/sec και 2Mbits/sec. Για δίκτυα που δεν χρειάζονται ταχύτητες πάνω από 2Mbits/sec είναι μία πού καλή λύση και είναι πολύ δύσκολο να αντικατασταθεί από το ATM. Το ATM δεν μπορεί να συναγωνιστεί το FR σε αυτές τις ταχύτητες κυρίως λόγω του μεγέθους της κυψελίδας - πακέτου (53 bytes) που δεν μπορεί να είναι αποδοτικό σε τέτοιες ταχύτητες. Η διάρκεια αποστολής μίας κυψελίδας στα 512 Kbits/sec είναι περίπου 1ms ενώ στα 34 Mbits/sec είναι 12ns. Το ATM υπερτερεί του Frame Relay σε ταχύτητες υψηλότερες των 2Mbits/sec ειδικά σε εφαρμογές με μικρό επίπεδο ανοχής στο θόρυβο (π.χ. βίντεο). Ωστόσο η συνύπαρξη ATM/Frame Relay είναι σύνηθες φαινόμενο σε μεγάλα δίκτυα (Χρήση Frame Relay για χαμηλότερες ταχύτητες και ATM για τις υψηλότερες).

2.9.4 ATM και Τεχνολογίες τοπικών δικτύων (Token Ring, Ethernet, FDDI)

Τα τοπικά δίκτυα Token Ring και Ethernet είναι τα πιο διαδεδομένα στον κόσμο και λειτουργούν με μία ταχύτητα 10Mbits/sec. Τα τελευταία χρόνια νέες τεχνολογίες εμφανίστηκαν και αύξησαν την ταχύτητα διασύνδεσης τοπικών δικτύων στα 100Mbits/sec (FDDI) αλλά και την σύνδεση με τον τελικό χρήστη στα 100Mbits/sec (Fast Ethernet). Το ATM μπορεί να δώσει ταχύτητες 34Mbits/sec, 155Mbits/sec και 622Mbits/sec. Η τεχνική ATM Lan emulation (LANE) που έχει προταθεί από το ATM Forum δείχνει ότι το ATM μπορεί να αντικαταστήσει το

Ethernet και το Token Ring. Δεν πρέπει βέβαια να αγνοηθεί το κόστος του ATM που είναι σημαντικό.

2.10 Συμπεράσματα

Η ραγδαία αύξηση της ζήτησης εύρους ζώνης στα δίκτυα ήταν ο λόγος για την ανάπτυξη της τεχνολογίας του ATM. Οι προηγούμενες τεχνολογίες για wide area networking ήταν ανεπαρκείς. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του ATM εκτός από τις υψηλές ταχύτητες μεταφοράς είναι η ικανότητά του να δίνει στον χρήστη ακριβώς το εύρος ζώνης που του χρειάζεται ή που του αναλογεί. Το ATM μπορεί να δώσει το βέλτιστο εύρος ζώνης για οποιαδήποτε εφαρμογή (δεδομένα, βίντεο, εικόνες) ενώ συγχρόνως προσφέρει Εγγύηση Ποιότητας Υπηρεσίας (Quality of Service). Συνοψίζοντας τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του ATM:

- Η πληροφορία μεταδίδεται με την μορφή σύντομων και σταθερού μήκους ομάδων δεδομένων (μπλοκ) που ονομάζονται κυψελίδες (cells). Η κυψελίδα αποτελεί την βασική μονάδα μεταφοράς και μεταγωγής, δηλαδή μεταδίδεται από άκρο σε άκρο χωρίς να απαιτούνται συμπληρωματικά δυαδικά ψηφία ή πεδία και άλλες υποστηρικτικές διαδικασίες.
- Η επικεφαλίδα κάθε κυψελίδας περιέχει κωδικούς αναγνώρισης που καθορίζουν τη διεύθυνση δρομολόγησης και χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της πολυπλεξίας. Επίσης, μια κυψελίδα μετάγεται σύμφωνα με την τιμή των κωδικών αναγνώρισης, η οποία δίδεται κατά την φάση εγκατάστασης της σύνδεσης.
- Ο μεταγωγός ATM είναι, στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, ένα αυτοδρομολογούμενο (self-routing) δίκτυο και η όλη διαδικασία μεταγωγής υλοποιείται χρησιμοποιώντας υλικό (hardware). Η τιμή των κωδικών αναγνώρισης αλλάζει με την έξοδο της κυψελίδας και παίρνει μια νέα τιμή που χρησιμοποιείται για την επόμενη διαδικασία μεταγωγής. Η μεταφορά πληροφορίας σε ένα δίκτυο ATM βασίζεται σε ένα πρωτόκολλο

χαμηλού επιπέδου. Ο έλεγχος ροής και η αντιμετώπιση λαθών και δυσλειτουργιών γίνονται μεταξύ των άκρων πού επικοινωνούν. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η αύξηση της ταχύτητας. Είναι επίσης δυνατή η απόδοση, σε μια σύνδεση, του επιθυμητού εύρους ζώνης.

Κεφάλαιο 3

WiMAX

3.1 Εισαγωγή

Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16 γνωστό και σαν WiMAX, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Όπως συμβαίνει με τα πρότυπα της σειράς 802 για ασύρματα τοπικά δίκτυα LAN, έτσι και το 802.16 καθορίζει μια οικογένεια προτύπων με επιλογές για συγκεκριμένες ρυθμίσεις.

Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί σε μια ευρεία μπάντα συχνοτήτων η οποία εκτείνεται από 2 ως 66 GHz. Υποστηρίζει ταχύτητες μετάδοσης ως και 70Mbps στον αέρα ενώ η πραγματική ταχύτητα στο Ethernet υπολογίζεται στα 50Mbps. Οι αποστάσεις που μπορεί να καλυφθούν ξεπερνούν τα 50Km σε συνθήκες οπτικής επαφής. Μια σημαντική διαφορά του προτύπου IEEE 802.16 σε σχέση με το IEEE 802.11 είναι ότι το πρώτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής φυσικά με ρυθμούς μετάδοσης πολύ χαμηλότερους των 50Mbps. Το WiMAX σχεδιάστηκε κατά βάση ώστε να καλύπτει κυρίως point to multipoint (PTM) συνδέσεις χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και η χρήση του για point to point συνδέσεις. Η διαμόρφωση η οποία χρησιμοποιείται ονομάζεται OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Πρόκειται για μια πολύ ανθεκτική διαμόρφωση σε ότι αφορά το φαινόμενο της πολυδιάδευσης ειδικότερα στις συχνότητες πάνω των 2 GHz όπου το πρότυπο χρησιμοποιεί.

Παραλλαγές του προτύπου, που στοχεύουν στους κινητούς χρήστες (802.16e) και στην παροχή ενισχυμένης QoS (802.16b) είναι ήδη σε εξέλιξη. Το πρώτο 802.16a προϊόν καθώς και συμβατός με αυτό εξοπλισμός εκδόθηκε από την Redline Communications τον Μάρτιο του 2004. Διάφοροι προμηθευτές chip, συμπεριλαμβανομένης και της Intel, εργάζονται στο 802.16a ενσωματωμένο πυρίτιο, και σε χαμηλού κόστους μονάδες συνδρομητών και αναμένεται το 2005 να είναι ευρέως διαθέσιμα σημεία πρόσβασης (Access Points-AP). Αρκετοί προμηθευτές που έχουν ασχοληθεί με εξοπλισμό για ευρείας ζώνης ασύρματη

πρόσβαση, έχουν εκδηλώσει το ενδιαφέρον τους για το WiMAX και έτσι δραστηριοποιούνται στην κατασκευή προϊόντων συμβατών με το εν λόγω πρότυπο. Στο παρακάτω Σχήμα παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη των ασύρματων τοπικών δικτύων σε ότι αφορά το πρότυπο που χρησιμοποιείται κάθε χρονική περίοδο, τις ταχύτητες που υποστηρίζει και τη διαμόρφωση που χρησιμοποιεί.

2000	2001	2002	2003	2004	2005
Proprietary Solutions			Standard-based WiMAX Solutions		
Data rate: 2-11 Mbps peak		Data rate: 6-54 Mbps peak		Data rates: Up to 72 Mbps peak	
Chip sets: 802.11/b RF and PHY or proprietary		Chip sets: Vendors develop their own; some use 802.11a RF & PHY		Chip sets: Volume silicon supplier	
Air interface: Frequency hopping and Direct Sequence		Air interface: OFDM and SCDMA approaches		Air interface: 256 FFT OFDM and OFDMA	

Σχ.3.1.Ιστορική εξέλιξη ασύρματων τοπικών δικτύων

3.2 Γενικά χαρακτηριστικά του WiMax

3.2.1 Ταχύτητες Μετάδοσης, Ποιότητα Υπηρεσίας και Ασφάλεια

Οι ταχύτητες μετάδοσης του προτύπου εξαρτώνται από την εκάστοτε ψηφιακή διαμόρφωση που χρησιμοποιείται. Συνήθεις διαμορφώσεις είναι η 64 QAM η οποία μπορεί να εξασφαλίσει και τη μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης, η 16 QAM και η QPSK η οποία μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλη κάλυψη του συστήματος. Το πρότυπο IEEE 802.16 παρέχει υψηλού επιπέδου ποιότητα υπηρεσίας. Το επίπεδο MAC του προτύπου είναι σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει στους χρήστες, όταν οι ίδιοι το επιθυμούν, εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης και ταυτόχρονα κίνηση best effort σε χρήστες που καλύπτονται από το ίδιο base station κάτι που το πρότυπο IEEE 802.11 δεν μπορούσε να εξασφαλίσει. Δηλαδή, αν υποθέσουμε ότι δύο χρήστες καλύπτονται από το ίδιο Base Station, είναι δυνατό ο ένας χρήστης να έχει εγγυημένη οιότητα υπηρεσίας και ο δεύτερος χρήστης να δέχεται και να στέλνει απλή IP κίνηση best effort κάτι που με το πρότυπο 802.11 δεν ήταν δυνατό. Δηλαδή χρήστες που βρισκόταν στην κάλυψη ενός Access Point είχαν την ίδια ποιότητα υπηρεσίας.

Την ασφαλή μετάδοση των δεδομένων στο WiMAX αναλαμβάνει ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης DES (Data Encryption Standard, Πρότυπο Κωδικοποίησης Δεδομένων) και συγκεκριμένα μια παραλλαγή του αλγορίθμου ο Triple DES. Το DES αναπτύχθηκε το 1970 από το Αμερικανικό Εθνικό Γραφείο Προτύπων. Η βασική ιδέα ήταν η ανάπτυξη ενός αλγόριθμου κρυπτογράφησης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί (και να βελτιωθεί) από διάφορες εταιρείες ή οργανισμούς. Το DES ανήκει στην οικογένεια των συμμετρικών αλγορίθμων και κάνει χρήση κλειδιών με μήκος 56bit. Ο «κλασικός» αλγόριθμος DES είναι πλέον ξεπερασμένος, αφού με τη χρήση ενός σύγχρονου υπολογιστή μπορεί να παραβιαστεί σχετικά εύκολα. Στο μεταξύ, εφαρμόζοντας διάφορες τεχνικές επάνω στο DES, μπορούμε να αυξήσουμε σημαντικά την ασφάλειά του. Με τη μέθοδο Triple-DES, για παράδειγμα, το μήνυμα κωδικοποιείται τρεις φορές, με τρία διαφορετικά κλειδιά.

3.2.2 Το πρότυπο IEEE 802.16

Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16 γνωστό και σαν WiMAX, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Όπως όλα τα πρότυπα της σειράς 802 της IEEE, έτσι και το 802.16 επικεντρώνεται στα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου διαστρωμάτωσης OSI (Open System Interconnection) που ερμηνεύεται “Πρότυπο διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων”, δηλαδή στο φυσικό στρώμα (Physical Layer – PHY) και στο υπόστρωμα MAC (Medium Access Control). Οι αλλαγές που επιτελέστηκαν στα δύο παραπάνω στρώματα σε σχέση με το πρότυπο 802.11 είναι σημαντικές. Οι αλλαγές αυτές έχουν σαν κύριο στόχο την δημιουργία ενός προτύπου το οποίο θα μπορούσε να καλύψει τα κενά που αφήνει ο προκάτοχος του (IEEE 802.11) και ταυτόχρονα να κάνει γεγονός την Ασύρματη Ευρυζωνική Πρόσβαση (Broadband Wireless Access).

3.3 Χρήσεις του WiMax

Λόγω των μεγάλων αποστάσεων που καλύπτει και ταυτόχρονα τους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης που μπορεί να παρέχει, το πρότυπο WiMAX βρίσκει πολλές εφαρμογές, λύνοντας σημαντικά προβλήματα που απασχολούσαν του τεχνικούς δικτύων σήμερα. Τρεις είναι οι βασικότερες χρήσεις του:

- Δίκτυο κορμού στα κυβελωτά συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Η εισαγωγή του προτύπου αυτού αναμένεται να μειώσει σημαντικά το κόστος εξάπλωσης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας μιας και αποτελεί μια οικονομικότερη πρόταση, αν συγκριθεί με την οπτική ίνα, για τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας. Εξασφαλίζει ταυτόχρονα αξιοπιστία και υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης που απαιτούν τα δίκτυα κορμού των κινητών δικτύων επικοινωνιών.
- Broadband on Demand. Παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης κάνοντας εφικτή τη χρήση της τεχνολογίας για εφαρμογές πραγματικού χρόνου κάτι που με το πρότυπο IEEE 802.11 σε μεγάλες αποστάσεις δεν ήταν εφικτό.
- Παρέχει κάλυψη σε περιοχές που είναι αδύνατο να καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συμπλήρωμα δικτύων οπτικών ινών σε τμήματα του εδάφους στα οποία το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης δικτύων οπτικών ινών είναι απαγορευτικό.

Ακολουθούν παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών :

- Η τηλεφωνία **Voice over IP**, που επιτρέπει την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων μέσω Internet, μέχρι τώρα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο σε οικιακούς ή εταιρικούς χώρους που διέθεταν σύνδεση στο διαδίκτυο υψηλών ταχυτήτων. Με το WiMAX, το γρήγορο Internet είναι διαθέσιμο σε κάθε σημείο μιας μεγάλης πόλης και στα περισσότερα τμήματα της χώρας. Έτσι, θα μπορούμε να μετακινούμαστε με ένα μέσο μαζικής μεταφοράς, συνομιλώντας τηλεφωνικά με άτομα που βρίσκονται στην άλλη άκρη του κόσμου, με πολύ

χαμηλή ή και μηδενική χρέωση. Μάλιστα οι ταχύτητες που υπόσχεται το WiMAX είναι τόσο υψηλές, που εκτός από τη μετάδοση φωνής, το πιθανότερο είναι ότι θα καταστεί εφικτή και η βιντεοτηλεφωνία μέσω διαδικτύου. Εφαρμογές όπως το *Skype*, το *ICQ* ή ο *MSN Messenger* που ήδη επιτρέπουν την πραγματοποίηση συνομιλίας με ήχο ή και εικόνα, θα μπορούν άμεσα να χρησιμοποιηθούν σε φορητούς υπολογιστές και PDA εν κινήσει.

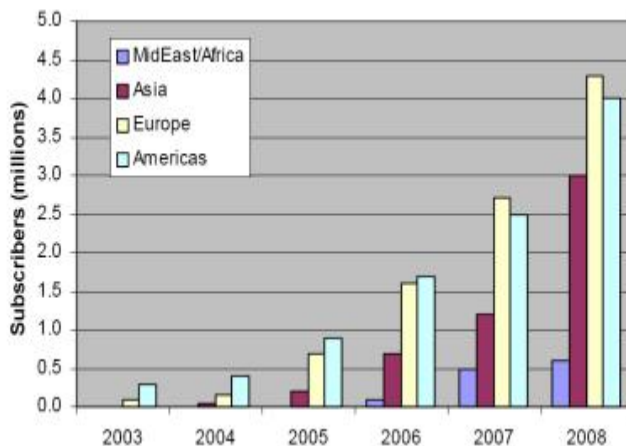
- Η παρακολούθηση video on demand και online τηλεοπτικών ή ραδιοφωνικών μεταδόσεων προγραμμάτων θα επιτρέπει στον επαγγελματία να ενημερώνεται για τις τιμές των μετοχών κατά τη διαδρομή από το σπίτι προς την εργασία του, σε κάποιο φίλαθλο να παρακολουθεί το ματς της αγαπημένης του ομάδας εν κινήσει, σε κάποιον άλλο χρήστη να αγοράζει τραγούδια mp3 και video clips από online καταστήματα και τόσα άλλα . . .

Επίσης, η αποστολή ενός e-mail με μεγάλα συνημμένα αρχεία, ενώ βρισκόμαστε καθ'οδόν, σήμερα είναι πρακτικά ανέφικτη, εκτός φυσικά αν χρησιμοποιούμε το –όχι και τόσο οικονομικό– 3G. Το WiMAX με πολλαπλάσιες ταχύτητες θα κοστίζει σημαντικά λιγότερο, επιτρέποντας τη **διεκπεραίωση κάθε online εργασίας** μέσα σε ελάχιστα λεπτά, χωρίς να βάλετε βαθιά το χέρι στην τσέπη.

- Τα *Wireless Metropolitan Networks* αντιμετωπίζουν ως σημαντικό πρόβλημα τη μειωμένη εμβέλεια της τεχνολογίας Wi-Fi, παρουσιάζοντας μεγάλα κενά στις περιοχές κάλυψής τους. Αυτό έχει ως συνέπεια να τοποθετούνται κεραιές σε πολύ κοντινές αποστάσεις, ώστε να επιτευχθεί πληρέστερη κάλυψη. Το WiMAX θα επιτρέψει τη δημιουργία ασύρματων μητροπολιτικών δικτύων που θα καλύπτουν αξιόπιστα μεγάλες περιοχές. Χρήστες που βρίσκονται στην ίδια μεγαλούπολη, αλλά σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων μεταξύ τους, θα μπορούν να **ανταλλάζουν αρχεία** δημιουργώντας μεταξύ τους ένα **προστατευμένο ιδιωτικό δίκτυο**, στο οποίο δεν θα έχουν πρόσβαση τρίτα άτομα, παρά μόνο αν γνωρίζουν το μυστικό κλειδί κρυπτογράφησης.

3.4 Το WiMax στο Εξωτερικό

Το WiMAX εκτιμάται ότι τα επόμενα χρόνια θα προσελκύσει εκατομμύρια συνδρομητές.



Σχ.3.2. Το WiMax στο εξωτερικό

Σαν νέα τεχνολογία, το WiMAX διαθέτει σε παγκόσμια κλίμακα, αρκετά χαμηλή συνδρομητική βάση εν συγκρίσει με τις άλλες τεχνολογίες πρόσβασης στο Internet, όπως οι συνδέσεις *ADSL*, *Cable*, *ISDN* ή μισθωμένων κυκλωμάτων. Αυτό είναι κάτι το δικαιολογημένο, αν αναλογιστεί κανείς ότι τα δίκτυα WiMAX δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί ιδιαίτερα.

Κατά το έτος του 2005 οι συνδρομητές WiMAX δεν ξεπέρασαν τα 2 εκατομμύρια συνολικά σε Ευρώπη, Αμερική και Ασία, αλλά στο τέλος του 2006 εκτιμάται ότι θα υπάρξει υπερδιπλασιασμός τους, φθάνοντας ή και ξεπερνώντας τα 5 εκατομμύρια. Στις χρονιές που ακολουθούν μάλιστα η αύξηση αναμένεται να συνεχιστεί με ανάλογους ρυθμούς, φθάνοντας ή και ξεπερνώντας τα 100 εκατομμύρια. Στους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης του θα συμβάλλει φυσικά η ευκολία εγκατάστασης ενός δικτύου WiMAX, αλλά και η εύκολη εγγραφή και χρήση του από τους συνδρομητές.

Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι μετά τον πρόσφατο τυφώνα που έπληξε τη Νέα Ορλεάνη των Ηνωμένων Πολιτειών και τις καταστροφές που επέφερε στο ενσύρματο δίκτυο τηλεπικοινωνιών, τα σωστικά συνεργεία προχώρησαν στην άμεση

δημιουργία δικτύου WiMAX για την κάλυψη των αναγκών επικοινωνίας στην περιοχή. Υπάρχουν αρκετές χώρες που έχουν δραστηριοποιηθεί στο τομέα των WiMax δικτύων, παρουσιάζουμε μερικές πιο κάτω.

Αυστραλία: Η εταιρία Unwired έχει τις άδειες στα 2.3GHz και 3.5GHz και σχεδιάζει να δημιουργήσει ένα κινητό ασύρματο δίκτυο WiMax στην ζώνη των 2.3GHz όταν είναι διαθέσιμο το απαιτούμενο υλικό(hardware). Αυτό θα είναι ο αντικαταστάτης του ιδιωτικού σταθερού ασύρματου δικτύου που χρησιμοποιεί την ζώνη των 3.5GHz. Η εταιρία Internode System δραστηριοποιείται στα 3.5GHz και έχει ένα προσαρμοσμένο δίκτυο WiMax στην Yorke Peninsula μια περιοχή της Νότιας Αυστραλίας.

Βραζιλία: Η υπηρεσία τηλεπικοινωνιών της Βραζιλίας είναι υπεύθυνη για την πώληση των αδειών για WiMax 2.5 GHz και 3.5GHz. Αρκετές επιχειρήσεις έχουν ήδη αγοράσει τις άδειες τους και έχουν αρχίσει τις διεργασίες για την λειτουργία αυτών των δικτύων.

Γαλλία: Η εταιρία Iliad ιδιοκτήτρια του ελεύθερου Γαλλικού ISP (free French ISP) από το 2005 είναι η μόνη που έχει στην κατοχή της άδεια για WiMax εθνικού επιπέδου. Ο οργανισμός Supernet Technologies ανακοίνωσε την δημιουργία 5.8GHz WiMax δίκτυο στην πόλη St. Medard (περιοχή στην νότια Γαλλία).

Γερμανία: Το Νοέμβριο του 2005 η εταιρία Deutsche Breitband Dienste(DBD) ίδρυσε ένα διαφημιστικό δίκτυο WiMax στην περιοχή του Βερολίνου. Αρκετά δίκτυα ακολούθησαν στις πόλεις Wuppertal, Dresden, Leipzig και Laatzen το 2006 ενώ το ίδιο δρόμο πήραν και οι Magdeburg και Dessau το 2007.

Ελλάδα: Τα αποκλειστικά δικαιώματα τα έχει ο ΟΤΕ, ο οποίος σχεδιάζει την δημιουργία WiMax δικτύου σε εθνικό επίπεδο.

Ιταλία: Το υπουργείο άμυνας της χώρας έχει στην κατοχή της 3.5GHz μπάντας και είναι έτοιμο να αρχίσει να πουλάει άδειες χρησιμοποίησης. Άδειες σε ιδιώτες θα αρχίσουν να δίνονται σύντομα.

ΗΠΑ: Η DigitalBridge Communications προώθησε το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο δίκτυο WiMax στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2007 με το όνομα BridgeMAXX με άδεια στα

2.5GHz σε διάφορες περιοχές. Έγιναν κάποιες επεκτάσεις σε ορισμένες περιοχές όπως Idaho, Montana, Wyoming, Indiana, Νότια Ντακότα και Virginia.

3.5 Το WiMax στην Ελλάδα

Το σίγουρο είναι όμως ότι έχει ήδη προσελκύσει έντονο ενδιαφέρον, ακόμη και στην Ελλάδα, όπου πολλοί έχουν εκδηλώσει πρόθεση να αξιοποιήσουν αυτή τη νέα τεχνολογία (*Intracom, Q-Telecom, Lannet*). Πέραν αυτών όμως, έντονο ενδιαφέρον εκδηλώνουν τα πανεπιστήμια και φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης, ειδικά σε περιοχές που λόγω της γεωγραφικής διαμόρφωσης καθυστερεί η ανάπτυξη των καλωδιακών υποδομών. Υπάρχει μάλιστα η πιθανότητα η πρώτη επιχειρηματική υλοποίηση στη χώρα μας να μην προέλθει από κάποια τηλεπικοινωνιακή εταιρεία αλλά από τον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών, οι ιθύνοντες του οποίου εξετάζουν πώς θα εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Το μεγάλο ενδιαφέρον που εκδηλώθηκε τους τελευταίους μήνες στην Ελλάδα οδήγησε την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) να προκηρύξει με ταχείες διαδικασίες πρόσκληση για τη χορήγηση προσωρινών αδειών πειραματικής χρήσης σε όσες εταιρείες και οργανισμούς ενδιαφέρονται να αναπτύξουν δοκιμαστικά υπηρεσίες και υποδομές που θα αξιοποιούν την τεχνολογία WiMAX. Υποβλήθηκαν δεκάδες αιτήσεις από κάθε γωνιά της Ελλάδας. Γεγονός που δείχνει το μεγάλο ενδιαφέρον για την πρόσβαση στην κοινωνία της γνώσης που εμφανίζεται στην πέραν των μητροπολιτικών κέντρων Ελλάδα. Ιδιαίτερα μάλιστα στις απομακρυσμένες περιοχές, όπου η έλλειψη υπηρεσιών ιδιωτικού αλλά και δημοσίου ενδιαφέροντος επιτείνει τα φαινόμενα τεχνολογικού διαχωρισμού της χώρας σε τεχνολογικό «Βορρά» (αστικά κέντρα) και τεχνολογικό «Νότο» (περιφέρεια και αγροτικές περιοχές). Ενδεικτικά, αναφέρουμε τις εταιρείες/φορείς που έλαβαν άδεια για να εγκαταστήσουν δοκιμαστικούς σταθμούς στις αντίστοιχες θέσεις (Πηγή: Δελτίο Τύπου ΕΕΤΤ):

- *3NET*, Δ. Αθήνας
- *ALTEC*, Καλλιθέα

- *ARX.NET*, Θεσσαλονίκη
- *COSMOLINE*, Γλυφάδα
- *COSMOTE*, Δ. Αθήνας, Θεσ/κη, Πάτρα, Ηράκλειο Κρήτης
- *FORTHNET*, Καλλιθέα
- *HELLAS ON LINE*, Μαρούσι
- *INTRASTET*, Λάρισα
- *LANNET*, Περιστερί, Καβάλα, Κομοτηνή
- *METANET*, Βόλος
- *SPARKNET*, Θεσσαλονίκη
- *SYNED*, Κιάτσα
- *TELEPASSPORT*, Θεσσαλονίκη, Τρίκαλα
- *TELLAS*, Μαρούσι
- *VIVODI*, Χαλάνδρι
- *VODAFONE*, Παιανία
- *ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑΣ*, Σπάτα
- *Κ. ΟΥΡΟΥΛΗΣ (TELEDATA)*, Θεσσαλονίκη
- *ΜΑΡΑΚ*, Πέραμα

3.6 Σύγκριση WiMax με WiFi

3.6.1 Πλεονεκτήματα

Το WiMAX έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων συνδέσεων (και δικτύων):

- **Μείωση κόστους εξάπλωσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας** εξασφαλίζοντας παράλληλα την αξιοπιστία που απαιτούν τα δίκτυα κορμού των κινητών δικτύων επικοινωνιών.
- **Παροχή υψηλών ρυθμών μετάδοσης** κάνοντας εφικτή τη χρήση της τεχνολογίας για εφαρμογές πραγματικού χρόνου κάτι που με άλλα πρότυπα (π.χ. IEEE 802.11) σε μεγάλες αποστάσεις δεν ήταν εφικτό.

- **Παροχή κάλυψης σε περιοχές που είναι αδύνατο να καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας.** Αυτό έχει σαν συνέπεια να υπάρχει δυνατότητα χρησιμοποίησης του προτύπου αυτού σαν συμπλήρωμα δικτύων οπτικών ινών σε τμήματα του εδάφους στα οποία το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης δικτύων οπτικών ινών είναι απαγορευτικό.
- **Χρησιμοποίηση σύνδεσης ενός συνδρομητή από οπουδήποτε (ακόμη και εν κινήσει μέσα στην πόλη).**
- **Δυνατότητα ανάπτυξης ανεξάρτητων ασυρμάτων δικτύων τηλεπικοινωνιών και υπηρεσιών Internet από ιδιωτικές εταιρίες.** Έτσι, θα δημιουργηθούν συνθήκες πραγματικού τηλεπικοινωνιακού ανταγωνισμού και στη χώρα μας, καταργώντας το μονοπώλιο του ΟΤΕ, που έχει επιδράσει ανασταλτικά στην τεχνολογική εξέλιξη της Ελλάδας.
- Κατά την μετακόμιση ενός συνδρομητή σε άλλη περιοχή δεν απαιτείται ενεργοποίηση ευρυζωνικής σύνδεσης στο νέο του χώρο (όπως ισχύει σε γραμμές ADSL). Αφού θα καλύπτεται από το ασύρματο σήμα του παρόχου υπηρεσιών WiMAX, μπορεί να αρχίσει άμεσα να χρησιμοποιεί τη σύνδεσή του.

3.6.2 Ρυθμοί Μετάδοσης

- Αρχικά είναι εύκολο να δούμε γιατί υπάρχει σύγκριση μεταξύ WiMax και WiFi. Το γεγονός αυτό συμβαίνει καθώς οι περισσότεροι άνθρωποι σκέφτονται ότι το WiMax είναι απλώς ευρύτερη εκδοχή του WiFi. Πράγματι είναι και οι δυο ασύρματες τεχνολογίες, αλλά διαφέρουν στον τρόπο τεχνικής τους και οι εφαρμογές τους είναι πολύ διαφορετικές. Ξέχωρα των τεχνικών διαφορών, υπάρχουν και άλλες διαφορές όπως για παράδειγμα στην ταχύτητα μετάδοσης, στην ακτίνα κάλυψης και κατά κύριο λόγο στη συχνότητα.

- Ενδεικτικά παραθέτουμε τον ακόλουθο πίνακα :

Τεχνολογία	Πρότυπο	Χρήση	Ταχύτητα	Ακτίνα κάλυψης	Συχνότητα
Wi-Fi	IEEE, 802.11a	WLAN	Έως 54 Mbps	Έως 1 km	5 GHz
Wi-Fi	IEEE, 802.11b	WLAN	Έως 11 Mbps	Έως 1 km	2.4 GHz
Wi-Fi	IEEE, 802.11g	WLAN	Έως 54 Mbps	Έως 1 km	2.4 GHz
WiMAX	IEEE, 802.16d	WMAN	Έως 75 Mbps (20 MHz BW)	Τυπικά 6-9 km	Sub 11 GHz
WiMAX	IEEE, 802.16e	Mobile WMAN	Έως 30 Mbps	Τυπικά 1.5-5 km	2-6 GHz

Πίνακας 3.1

- Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, το WiMAX θα πραγματοποιήσει την ευρυζωνική πρόσβαση του τελευταίου μιλίου σε μια μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή από ότι το WLAN, παρέχοντας στους επιχειρησιακούς πελάτες ευρυζωνικές υπηρεσίες τύπου T1 (1.544 Mbps), ενώ στους απλούς χρήστες πρόσβαση ανάλογη του DSL.
- Με ακτίνα κάλυψης από 1.5 έως 9 km (ανάλογα με τις τιμές διαφόρων παραμέτρων), το WiMAX θα επιτρέψει μεγαλύτερη κινητικότητα στις εφαρμογές δεδομένων υψηλών ταχυτήτων. Με τέτοια χαρακτηριστικά, το WiMAX είναι σε θέση να προσφέρει backhaul για την υποδομή παρόχων, τις μεγάλες επιχειρήσεις και τα WLAN hotspots.
- Όσον αφορά τις συχνότητες λειτουργίας, το WiMax που ακολουθεί το πρότυπο IEEE, 802.16e θα κυμανθεί σε γνώριμα για το WLAN επίπεδα σε αντίθεση με αυτό που ακολουθεί το πρότυπο IEEE, 802.16d που μπορεί να φτάσει και σε συχνότητες της τάξεως των 11GHz.

3.7 Το μέλλον του WiMax

Ελπίδες για ριζική αλλαγή στη χρήση του ασύρματου Ιντερνέτ δημιουργούν οι επενδύσεις πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων, που πραγματοποιούν επ' εσχάτων

κολοσσοί του Διαδικτύου, όπως η Google, στην τεχνολογία WiMAX. Δίκτυο WiMAX, που θα δημιουργηθεί στις ΗΠΑ από τον όμιλο Clearwire, απειλεί να καταστήσει πεπερασμένα τα υπάρχοντα καλωδιακά και τηλεφωνικά δίκτυα, ανοίγοντας το δρόμο για την κυκλοφορία δωρεάν τηλεφώνων της Google, που θα χρηματοδοτούνται από διαφημιστικά έσοδα. Τεχνολογία WiMAX δοκιμάζεται αυτή τη στιγμή σε 110 χώρες, με την περιοχή της Ασίας - Ειρηνικού να κατέχει τα πρωτεία στην υιοθέτηση του καινοτόμου συστήματος. Η Νότιος Κορέα θεωρείται «επιτυχημένο μοντέλο», με 150.000 χρήστες WiMAX. Η τεχνολογία WiMAX επιτρέπει την ταχύτατη ασύρματη μετάδοση δεδομένων, όπως βίντεο και φωτογραφίες, σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων, αντίθετα από τις ασύρματες συνδέσεις Wi-Fi, με εμβέλεια μερικών δεκάδων μέτρων. «Πρόκειται για Wi-Fi ντοπέ. Το μεγάλο στοίχημα αφορά την τοποθέτησή του από την Clearwire. Ο καταναλωτής δεν μπορεί παρά να ενθουσιασθεί με τη χαμηλή τιμή, τις υψηλές ταχύτητες και την αυτονομία που προσφέρει το WiMAX», λέει ο αναλυτής των εξελίξεων της Σίλικον Βάλει, Ρομπ Έντερλε. Το σύστημα WiMAX εκμεταλλεύεται το φάσμα ευρέων συχνοτήτων, για το οποίο η Google απέκτησε πρόσφατα άδεια από τις αμερικανικές ελεγκτικές υπηρεσίες. Οι συνδέσεις WiMAX είναι τόσο ταχείες και οικονομικές, που η Google θα μπορούσε να εισάγει στην αγορά Gphone, που θα προσφέρει τηλεφωνικές και διαδικτυακές υπηρεσίες, χωρίς χρέωση στο χρήστη. Η συσκευή θα καθίσταται κερδοφόρα για την εταιρία, χάρη στο διαφημιστικό υλικό, που θα μεταδίδεται στη συσκευή του χρήστη. Αν και το δίκτυο Clearwire δεν αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία στις ΗΠΑ για αρκετά χρόνια ακόμη, η ανακοίνωση αυτής της εβδομάδας δείχνει το δρόμο προς το μέλλον. Σύμφωνα με ταϊβανέζους βιομήχανους, η Nokia, η Motorola και η Qisda(πρώηνBenQ) θα ξεκινήσουν την προώθηση. Την πρωτιά θα πάρει η Motorola λανσάροντας μια CDMA/WiMax συσκευή στο πρώτο μισό του 2008, ενώ η Nokia την ίδια περίοδο θα παρουσιάσει μια WiMax tablet συσκευή διαδικτύου. Τέλος η Qisda αναμένεται να παρουσιάσει μια EDGE/WiMax εκδοχή του BenQ E72 smartphone λίγο πριν το τέλος του 2008.

Κεφάλαιο 4

GPRS – UMTS

4.1 Εισαγωγή

Η ασύρματη επικοινωνία αποκτά ιδιαίτερη αξία σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, που η μορφολογία του εδάφους της δεν επιτρέπει πολλές φορές τη χρήση εναλλακτικών μέσων μετάδοσης όπως για παράδειγμα οι οπτικές ίνες. Ειδικότερα ο τομέας της κινητής τηλεφωνίας είναι ένας ταχύτατα εξελισσόμενος τομέας ο οποίος στις μέρες μας βρίσκεται σε ένα στάδιο μετεξέλιξης του καθώς το πέρασμα από τη δεύτερη στην Τρίτη γενιά κινητής τηλεφωνίας είναι πλέον γεγονός. Στην μεγάλη εξέλιξη του τομέα αυτού συμβάλουν τα μέγιστα και οι απαιτήσεις των σύγχρονων καιρών για ένα ενοποιημένο και λειτουργικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας παρέχοντας πληθώρα υπηρεσιών στους πελάτες – χρήστες του. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στο σύστημα κινητής τηλεφωνίας GPRS, το οποίο και χρησιμοποιείται σήμερα στη χώρα μας καθώς και στο πώς μπορεί το σύστημα αυτό να μετεξελιχθεί στο UMTS, το πρότυπο κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς.

4.2 Γενική υπηρεσία ασύρματου πακέτου (GPRS)

Έχει προβλεφθεί ότι η τάση που παρατηρείται στα σταθερά δίκτυα – όπου η μεταφορά δεδομένων ξεπερνά σε όγκο τη μεταφορά φωνής – θα εμφανιστεί και στα ασύρματα δίκτυα. Αυτή η μετάβαση έγινε στα σταθερά δίκτυα, περίπου στο 2000. Η μετάβαση στα ασύρματα δίκτυα, θα ακολουθήσει σύντομα. Εν τούτοις, μία πρόκληση που οφείλεται σ' αυτήν την τάση, είναι ότι οι παρούσες ασύρματες υποδομές πρέπει να εξελιχθούν, ώστε να αντεπεξέλθουν στην προβλεπόμενη κυκλοφορία δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα να μεταφέρουν φωνητική κυκλοφορία με αποδοτικό και ταχύ τρόπο. Για να ελαττωθεί η συνέπεια της καθυστέρησης στην υλοποίηση των ασυρμάτων συστημάτων τρίτης γενιάς, το GPRS εισάγεται ως ενδιάμεσο βήμα για την αποδοτική μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας πάνω

από τις παρούσες υποδομές GSM και TDMA. Η σηματοδότηση και η διακίνηση δεδομένων του GPRS δεν γίνεται μέσω του δικτύου GSM. Το GSM χρησιμοποιείται απλά για εύρεση σε πίνακες, στις βάσεις δεδομένων των καταχωρητών τοποθεσίας, των προφίλ χρήστη. Το GPRS χρησιμοποιεί 1 έως 8 σχισμές χρόνου σε ασύρματο κανάλι, που μπορούν να μοιράζονται σε πολλαπλούς χρήστες. Μετατρέπει τα δεδομένα χρήστη σε πακέτα και τα μεταφέρει πάνω από Δημόσια Επίγεια Κινητά Δίκτυα (PLMN), χρησιμοποιώντας έναν κορμό IP. Από εκεί, διασυνδέεται με άλλα Δημόσια Δίκτυα Δεδομένων (PDN), συμπεριλαμβανομένου και του Διαδικτύου. Ως αποτέλεσμα, το GPRS δύναται να προσφέρει ταχύτητες από 14400 – 115000 bps, που επιτρέπουν άνετη πρόσβαση στο διαδίκτυο με τη χρήση ασύρματων συσκευών. Το πεδίο υποστηριζόμενων ευρών ζώνης που προσφέρεται, επιτρέπει μικρή «εκρηκτική» κυκλοφορία, όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και περιήγηση στον παγκόσμιο ιστό, όπως και μετακίνηση μεγάλων όγκων δεδομένων. Επιπροσθέτως, επειδή υποστηρίζεται ποιότητα υπηρεσίας, οι παροχείς μπορούν να παρέχουν επιλεκτικά υπηρεσίες στους χρήστες. Τέλος, επειδή το GPRS έχει γρήγορη εγκατάσταση σύνδεσης, ο χρήστης έχει την εντύπωση ότι είναι πάντα συνδεδεμένος, για συνεχή λειτουργία.

4.2.1 Κύρια χαρακτηριστικά για το χρήστη του GPRS

4.2.1.1 Ταχύτητα

Όπως προαναφέρθηκε, το GPRS προσφέρει αρκετά μεγάλη ταχύτητα στους χρήστες του. Συγκριτικά με τα σταθερά δίκτυα, προσφέρει περίπου τρεις φορές μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης, ενώ συγκριτικά με τα ασύρματα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος πάνω στο GSM, είναι περίπου δέκα φορές ταχύτερα. Επιτρέποντας πιο γρήγορη, άμεση και αποδοτική μετάδοση δεδομένων, το GPRS ενδέχεται να είναι μία φτηνότερη υπηρεσία δεδομένων, συγκριτικά με το GSM και τα δεδομένα μεταγωγής κυκλώματος.

4.2.1.2 Αμεσότητα

Η αμεσότητα αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του. Η αμεσότητα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για χρονικά κρίσιμες εφαρμογές, όπως απομακρυσμένη έγκριση πιστωτικής κάρτας, όπου θα ήταν μη αποδεκτό το να αναμένει ο πελάτης, ακόμα κι αν η αναμονή περιοριζόταν σε 30 δευτερόλεπτα.

4.2.1.3 Νέες, καλύτερες εφαρμογές

Το GPRS διευκολύνει διάφορες νέες εφαρμογές που παλαιότερα δεν ήταν διαθέσιμες στα δίκτυα GSM, λόγω των περιορισμών ταχύτητας στα Δεδομένα Μεταγωγής Κυκλώματος (9.6 kbps) και το μήκος μηνύματος των 160 χαρακτήρων του SMS. Το GPRS καθιστά δυνατή τη χρήση όλων των διαδικτυακών εφαρμογών που είναι συνηθισμένες στα επιτραπέζια συστήματα υπολογιστών, από την περιήγηση, μέχρι τη συνομιλία (chat). Άλλες νέες εφαρμογές συμπεριλαμβάνουν τη μεταφορά αρχείων και την οικιακή αυτοματοποίηση – τη δυνατότητα απομακρυσμένης χρήσης οικιακών συσκευών και μηχανημάτων.

4.2.3 Κύρια δικτυακά χαρακτηριστικά του GPRS

4.2.3.1 Μεταγωγή πακέτου

Το GPRS επικαλύπτει το υπάρχον GSM δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος, με μία διεπαφή βασισμένη σε πακέτο. Έτσι, δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να χρησιμοποιήσει μία υπηρεσία δεδομένων βασισμένη σε πακέτα. Η συμπλήρωση μίας αρχιτεκτονικής δικτύου βασισμένης σε μεταγωγή κυκλώματος με μεταγωγή πακέτου, είναι αρκετά σημαντική αναβάθμιση. Εν τούτοις, το πρότυπο του GPRS δίνεται με αρκετά κομψό τρόπο, απαιτώντας από τους διαχειριστές δικτύων να τοποθετήσουν μόνο δύο κόμβους υποδομής και να κάνουν μία αναβάθμιση λογισμικού σε κάποια άλλα στοιχεία του δικτύου.

4.2.3.2 Αποδοτικότητα φάσματος

Η μεταγωγή πακέτου, συνεπάγεται ότι οι πόροι του συστήματος χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι χρήστες στέλνουν ή δέχονται δεδομένα. Αντί να αφιερώνεται ένα ασύρματο κανάλι σε κάποιον χρήστη, για μία σταθερή χρονική περίοδο, οι διαθέσιμοι πόροι μπορούν να μοιραστούν σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Αυτή η αποδοτική χρήση των πόρων, συνεπάγεται ότι μεγάλοι αριθμοί χρηστών του GPRS μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο εύρος ζώνης και να εξυπηρετηθούν από μία μοναδική κυψέλη. Ο πραγματικός αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν, εξαρτάται από τον τύπο της εφαρμογής που χρησιμοποιείται και από την ποσότητα δεδομένων που μεταφέρεται. Λόγω της αποδοτικότητας φάσματος του GPRS, υπάρχει λιγότερη ανάγκη για τη διατήρηση κενής χωρητικότητας που χρησιμοποιείται στις ώρες αιχμής. Έτσι, το GPRS, παρέχει στους διαχειριστές δικτύων τη δυνατότητα να μεγιστοποιήσουν τη χρήση των πόρων του δικτύου τους με έναν δυναμικό και ευέλικτο τρόπο.

Το GPRS βελτιώνει την μέγιστη χωρητικότητα στο χρόνο ενός δικτύου GSM, εφ' όσον ταυτόχρονα:

- Διανέμει τους πόρους πιο αποδοτικά, υποστηρίζοντας εικονική συνδεσιμότητα.
- Μεταφέρει κυκλοφορία που διακινείται μέσω Δεδομένων Μεταγωγής Κυκλώματος στο GPRS, και μειώνει το φόρτο του κέντρου SMS και του καναλιού σηματοδοσίας, μεταφέροντας κάποια κυκλοφορία η οποία διακινείται μέσω SMS στο GPRS, χρησιμοποιώντας τη διασύνδεση GPRS / SMS, που υποστηρίζεται από τα πρότυπα του GPRS.

4.2.3.3 Γνωρίζει το Διαδίκτυο

Για πρώτη φορά, το GPRS επιτρέπει την λειτουργία των κινητών στο Διαδίκτυο, επιτρέποντας τη διαδικτύωση του Διαδικτύου και του νέου δικτύου GPRS. Κάθε υπηρεσία που χρησιμοποιείται σήμερα στο Διαδίκτυο, είναι διαθέσιμη στον ίδιο βαθμό στα κινητά τηλέφωνα, μέσω του GPRS. Εφ' όσον το GPRS

λειτουργεί με τα ίδια πρωτόκολλα με το Διαδίκτυο, μπορεί να θεωρηθεί ως υποδίκτυό του. Αυτό σημαίνει, ότι υπάρχει η δυνατότητα κάθε τερματικό GPRS να έχει τη δική του διεύθυνση IP και να είναι προσβάσιμο με αυτόν τον τρόπο.

4.2.3.4 Υποστηρίζει TDMA και GSM

Θα πρέπει να τονιστεί ότι το GPRS δεν είναι σχεδιασμένο μόνο για να χρησιμοποιηθεί σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας που βασίζονται στο GSM. Το πρότυπο IS – 136 TDMA, δημοφιλές στην Αμερικανική ήπειρο, επίσης υποστηρίζει το GPRS. Αυτό γίνεται σε συνέπεια μίας συμφωνίας που έγινε στις αρχές του 1999, ώστε να ακολουθηθεί η ίδια οδός εξέλιξης προς τα συστήματα τρίτης γενιάς, η οποία έγινε από τις βιομηχανικές ομάδες που υποστηρίζουν τους δύο τύπους δικτύων.

4.2.4 Περιορισμοί του GPRS

4.2.4.1 Μειωμένη χωρητικότητα κυψελών για όλους τους χρήστες

Το GPRS έχει αντίκτυπο στην υπάρχουσα χωρητικότητα κυψελών του δικτύου. Υπάρχουν περιορισμένοι πόροι που να μπορούν να αφιερωθούν σε διαφορετικές χρήσεις. Για παράδειγμα, οι φωνητικές κλήσεις και οι κλήσεις GPRS, χρησιμοποιούν και οι δύο τους ίδιους δικτυακούς πόρους. Η έκταση του αντικτύπου, εξαρτάται από τον αριθμό των χρονικών σχισμών, αν υπάρχουν, που δεσμεύονται για αποκλειστική χρήση του GPRS. Εν τούτοις, το GPRS διαχειρίζεται δυναμικά την διανομή καναλιών και επιτρέπει μείωση στο φόρτο του καναλιού σηματοδότησης σε ώρες αιχμής, στέλνοντας μικρά μηνύματα πάνω από κανάλια GPRS.

4.2.4.2 Οι πραγματικές ταχύτητες είναι πολύ μικρότερες

Η επίτευξη του θεωρητικού μέγιστου ρυθμού μετάδοσης του GPRS, θα απαιτούσε από έναν και μόνο χρήστη να κατέχει και τις 8 χρονικές σχισμές, χωρίς προστασία από σφάλματα. Φυσικά, είναι μάλλον απίθανο ότι ένας διαχειριστής δικτύου θα επιτρέψει ένας χρήστης να χρησιμοποιήσει και τις 8 σχισμές. Έτσι, το

εύρος ζώνης που είναι πραγματικά διαθέσιμο, είναι σημαντικά περιορισμένο. Για αυτούς τους λόγους, οι θεωρητικές μέγιστες τιμές, θα πρέπει να ελεγχθούν με βάση τους περιορισμούς στα δίκτυα και στα τερματικά.

4.2.4.3 Μη βέλτιστη κωδικοποίηση

Το GPRS βασίζεται σε μία κωδικοποίηση που καλείται GMSK. Το EDGE βασίζεται σε έναν νέο τρόπο κωδικοποίησης, ονομαζόμενο 8 PSK, ο οποίος επιτρέπει ακόμα μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Ο 8 PSK, θα χρησιμοποιηθεί επίσης για το δίκτυο UMTS, οπότε οι διαχειριστές δικτύων θα πρέπει κάποια στιγμή να τον εισάγουν, ώστε να μπορέσουν να μεταβούν στα συστήματα τρίτης γενιάς.

4.2.4.4 Καθυστερήσεις μεταφοράς

Τα πακέτα του GPRS στέλνονται σε διάφορες κατευθύνσεις για να φτάσουν στον ίδιο προορισμό. Αυτό εμπεριέχει τη δυνατότητα για ένα ή περισσότερα πακέτα να χαθούν ή να υποστούν βλάβη κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Τα πρότυπα του GPRS αναγνωρίζουν αυτήν την πιθανότητα και εμπεριέχουν στρατηγικές αναμετάδοσης και ακεραιότητας δεδομένων. Εν τούτοις, ως αποτέλεσμα, μπορεί να συμβούν καθυστερήσεις μετάδοσης. Έτσι, για εφαρμογές όπως μετάδοση βίντεο, μία μέθοδος ταχείας μετάδοσης δεδομένων με μεταγωγή κυκλώματος, όπως το HSCSD, είναι πιο κατάλληλη.

4.2.4.5 Όχι αποθήκευση και προώθηση

Ενώ η μηχανή αποθήκευσης και προώθησης είναι η καρδιά του κέντρου SMS και κύριο χαρακτηριστικό της υπηρεσίας SMS, δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο στο GPRS, εκτός από την ενσωμάτωση διασύνδεσης μεταξύ SMS και GPRS.

4.2.5 Εφαρμογές για το GPRS

Ένα ευρύ πεδίο εμπορικών και καταναλωτικών εφαρμογών είναι διαθέσιμες για τις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Οι ακόλουθες, είναι οι πλέον κατάλληλες για το GPRS.

- Υπηρεσίες συζήτησης μέσω κειμένου (chat)
- Πληροφορία σε οπτική μορφή και σε μορφή κειμένου
- Σταθερές εικόνες
- Κινούμενες εικόνες
- Περιήγηση στον Παγκόσμιο Ιστό
- Διαμοίραση κειμένου / συνεργασία
- Ήχος υψηλής ποιότητας
- Αποστολή εξωτερικών υπαλλήλων σε εργασίες
- Εταιρικό Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο
- Διαδικτυακό Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο
- Απομακρυσμένη πρόσβαση σε τοπικά δίκτυα
- Μεταφορά αρχείων
- Αυτοματοποίηση Κατοικίας

4.2.6 Υπηρεσίες

4.2.6.1. Υπηρεσίες φορέα και Συμπληρωματικές Υπηρεσίες

Οι υπηρεσίες φορέα του GPRS, προσφέρουν άκρο – προς – άκρο μεταφορά δεδομένων μεταγωγής πακέτου. Υπάρχουν δύο είδη: Η υπηρεσία σημείου – προς – σημείο (PTP) και η υπηρεσία σημείου – προς – πολλαπλά σημεία (PTM). Η τελευταία θα γίνει διαθέσιμη με την είσοδο του UMTS. Η υπηρεσία PTP, προσφέρει μεταφορά πακέτων δεδομένων μεταξύ δύο χρηστών. Διατίθεται σε κατάσταση με σύνδεση (PTP-CONS), για παράδειγμα για το X.25 και χωρίς σύνδεση (PTP-CLNS), για παράδειγμα για το IP. Η υπηρεσία PTM, προσφέρει μεταφορά πακέτων από έναν σε πολλούς χρήστες. Υπάρχουν δύο είδη υπηρεσιών PTM:

- Με χρήση της υπηρεσίας εκπομπής προς πολλούς (Multicast, PTM-M), πακέτα δεδομένων εκπέμπονται σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Ένας προσδιοριστής ομάδας, ορίζει εάν τα πακέτα προορίζονται για όλους τους χρήστες ή για ομάδα χρηστών.

- Χρησιμοποιώντας την υπηρεσία κλήσης ομάδας (PTM-G), πακέτα δεδομένων λαμβάνουν τη διεύθυνση μίας ομάδας χρηστών (ομάδα PTM) και αποστέλλονται στις γεωγραφικές περιοχές όπου βρίσκονται τα μέλη της ομάδας.

Είναι επίσης πιθανή η αποστολή μηνυμάτων SMS μέσω GPRS. Επιπροσθέτως, σχεδιάζεται η υλοποίηση συμπληρωματικών υπηρεσιών, όπως άνευ όρων προώθηση κλήσεων (CFU), προώθηση κλήσεων όταν ο συνδρομητής είναι μη προσβάσιμος (CFNRc) και κλειστή ομάδα χρηστών (CUG). Επίσης, ένας παροχέας υπηρεσιών GPRS, μπορεί να προσφέρει συμπληρωματικές, μη – προτυποποιηθείσες υπηρεσίες, όπως πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, υπηρεσίες μηνυμάτων και υπηρεσίες τηλε – δράσης, όπως επιβεβαίωση αριθμού πιστωτικής κάρτας, ηλεκτρονικά συστήματα εποπτείας και παρακολούθησης και άλλες.

4.2.6.2. Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS)

Οι απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας για τις τυπικές εφαρμογές μεταγωγής πακέτων στην κινητή τηλεφωνία, ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό. Έτσι, η υποστήριξη διαφορετικών κλάσεων ποιότητας υπηρεσίας, είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό. Το GPRS επιτρέπει τον καθορισμό προφίλ QoS με βάση τις παραμέτρους: Ακολουθία εξυπηρέτησης, αξιοπιστία, καθυστέρηση και όγκος έργου (throughput).

- Η ακολουθία εξυπηρέτησης είναι η προτεραιότητα μίας εξυπηρέτησης σε σχέση με μία άλλη. Υπάρχουν τρία είδη προτεραιότητας: Υψηλή, κανονική και χαμηλή.
- Η αξιοπιστία υποδεικνύει τα χαρακτηριστικά μετάδοσης που απαιτούνται από μία εφαρμογή: Τρεις κλάσεις αξιοπιστίας ορίζονται, που εγγυώνται ορισμένες μέγιστες τιμές για την πιθανότητα απώλειας, διπλασιασμού, αλλοίωσης της σειράς και βλάβης (μη ανιχνεύσιμο σφάλμα) πακέτων.

- Οι παράμετροι καθυστέρησης, ορίζουν μέγιστες τιμές για τη μέση καθυστέρηση και την καθυστέρηση του 95%. Η τελευταία, είναι η μέγιστη εγγυημένη καθυστέρηση για το 95% των μεταφορών. Η καθυστέρηση ορίζεται ως η απ' άκρο σε άκρο καθυστέρηση μεταξύ δύο επικοινωνούντων κινητών σταθμών, ή μεταξύ ενός κινητού σταθμού και της διασύνδεσης Gi προς ένα εξωτερικό δίκτυο πακέτων. Αυτή συμπεριλαμβάνει όλες τις καθυστερήσεις εντός του δικτύου GPRS, αλλά όχι τις καθυστερήσεις εκτός αυτού.
- Ο όγκος έργου, καθορίζει το μέγιστο ρυθμό bits καθώς και το μέσο ρυθμό. Χρησιμοποιώντας αυτές τις κλάσεις, προφίλ ποιότητας υπηρεσίας μπορούν να γίνουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης μεταξύ του χρήστη και του δικτύου για κάθε σύνοδο, ανάλογα με την υπάρχουσα ζήτηση για ποιότητα υπηρεσίας και τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου. Η χρέωση της υπηρεσίας, βασίζεται τότε στον όγκο της μεταδιδόμενης πληροφορίας, τον τύπο της υπηρεσίας και το επιλεγμένο προφίλ ποιότητας.

4.2.6.3. Ταυτόχρονη χρήση Υπηρεσιών Μεταγωγής Πακέτου και Υπηρεσιών Μεταγωγής Κυκλώματος.

Σε ένα δίκτυο GSM/GPRS, συμβατικές υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος (ομιλία, δεδομένα, SMS) και υπηρεσίες GPRS, μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα. Τρεις κλάσεις κινητών σταθμών ορίζονται:

- Ένας σταθμός κλάσης A, υποστηρίζει ταυτόχρονη χρήση συμβατικών υπηρεσιών GSM και υπηρεσιών GPRS
- Ένας σταθμός κλάσης B, μπορεί να καταχωρηθεί στο δίκτυο με δυνατότητα χρήσης και των δύο υπηρεσιών, αλλά σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, μπορεί να χρησιμοποιεί μόνο τη μία εκ των δύο υπηρεσιών
- Ένας σταθμός κλάσης C, μπορεί να προσαρτηθεί στο δίκτυο είτε για χρήση συμβατικού GSM, είτε για χρήση GPRS. Ταυτόχρονη προσάρτηση και για τις δύο υπηρεσίες δεν είναι δυνατή, με τη μόνη εξαίρεση των μηνυμάτων SMS, που μπορούν να αποστέλλονται οποτεδήποτε.

4.3 Universal Mobile Telecommunication Systems (UMTS)

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των χρηστών για προηγμένες υπηρεσίες και μεγαλύτερες ταχύτητες πρόσβασης οδήγησαν τους σημαντικότερους διεθνείς τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς τυποποίησης (ITU – International Telecommunications Union <http://www.itu.int/home/> - και ETSI - European Telecommunications Standards Institute <http://www.etsi.org>), στις αρχές της δεκαετίας του 1990, στην έναρξη του σχεδιασμού των δικτύων τρίτης γενιάς (3G). Η ITU αναφέρεται στα δίκτυα αυτά με την ονομασία IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000), ενώ η ETSI με την ονομασία UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) (<http://www.umts-forum.org/>). Βασικός στόχος των δικτύων αυτών είναι να προσφέρουν στο χρήστη ταχύτητες μέχρι 2Mbps παρέχοντάς του τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει εφαρμογές που μέχρι τώρα, λόγω κυρίως της περιορισμένης ταχύτητας, ήταν αδύνατο να προσφερθούν (π.χ., γρήγορη πρόσβαση στο διαδίκτυο, τηλεδιάσκεψη, κ.α.). Η τεράστια ανάπτυξη του Internet, και ειδικότερα του πρωτοκόλλου IP (<http://www.IETF.org/>), έχει οδηγήσει τους βασικούς οργανισμούς προτυποποίησης τηλεπικοινωνιών (ITU και ETSI), να υιοθετήσουν τη χρήση του ως βασικού μέσου για τη διακίνηση δεδομένων στα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς. Η τάση αυτή αναφέρεται συχνά και σαν IP-based ή All-IP λύση. Με τη χρήση της τεχνολογίας IP στην τηλεφωνία θα μπορεί κανείς να συνδεθεί γρήγορα σε δίκτυα IP, οποιαδήποτε στιγμή το θελήσει. Το IP θεωρείται ότι θα μπορέσει να υποστηρίξει όλους τους τύπους δεδομένων, αλλά και πολλές εφαρμογές πραγματικού χρόνου, συμπεριλαμβανομένης και της φωνής. Η εφαρμογή φωνής πάνω από IP (Voice over IP—VoIP) έχει ποικίλα πλεονεκτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή τηλεφωνία. Για τους διαχειριστές δικτύου σημαίνει μικρότερο κόστος στον εξοπλισμό και στη διαχείριση του δικτύου. Επίσης, το VoIP, σε συνδυασμό με τεχνικές για την καταστολή των διαστημάτων σιωπής, μπορεί να οδηγήσει σε ένα μεγάλο κέρδος στο εύρος ζώνης, σε σχέση με αυτό που καταλαμβάνεται για μία συνδιάλεξη με τις υπάρχουσες συνδέσεις PCM στα 64 Kbps. Αυτό θα οδηγήσει με τη σειρά του σε χαμηλότερο κόστος τηλεπικοινωνιών

για τους τελικούς χρήστες. Τέλος, η χρήση συνόδων IP από άκρο-σε-άκρο, με το μεγάλο διαθέσιμο εύρος ζώνης που θα παρέχεται από το UMTS, ανοίγει το δρόμο στους κινούμενους τελικούς χρήστες για ένα εντελώς καινούργιο σύνολο από υπηρεσίες πολυμέσων, όπως η τηλεδιάσκεψη, τα συστήματα ατομικής καθοδήγησης, και τα δικτυακά παιχνίδια. Προβλέπεται έτσι ότι οι κινητές τηλεπικοινωνίες θα εμπλουτιστούν με ενοποιημένες υπηρεσίες πολυμέσων, οι οποίες θα συνδυάζουν όλα ή κάποια από τα παρακάτω πολυμέσα:

- Ήχο: ομιλία, μουσική, κλπ.
- Γραφικά: στατικά ή κινούμενα (animation).
- Εικόνες: φωτογραφίες ή video.
- Κείμενο
- Δεδομένα: αρχεία ηλεκτρονικών υπολογιστών

Αυτές οι υπηρεσίες πιστεύεται ότι θα αποτελέσουν κίνητρα για τη χρήση του συστήματος UMTS. Η χρήση της ίδιας τεχνολογίας (δηλ. των υπηρεσιών IP) σε δίκτυα σταθερών και σε κινητών τηλεπικοινωνιών, διευκολύνει τη συνεργασία καθώς και τη διαδικασία ενοποίησης αυτών των τύπων δικτύου. Παράλληλα, η διαδικασία ανάπτυξης και δημιουργίας καινούργιων υπηρεσιών παρέχεται με έναν συνεπή και αμετάβλητο τρόπο, ανεξάρτητο από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου δικτύου. Το UMTS είναι ένα από τα σημαντικότερα συστήματα της τρίτης γενιάς (γνωστά και σαν IMT2000), που αναπτύχθηκε με βάση τα πρότυπα που καθιέρωσε το ITU. Υπήρξε το αντικείμενο πολλών ,παγκοσμίως, προσπαθειών σε έρευνα και ανάπτυξη την περασμένη δεκαετία. Το UMTS έχει την υποστήριξη πολλών τηλεπικοινωνιακών χρηστών και κατασκευαστών, αφού αντιπροσωπεύει μία μοναδική ευκαιρία για δημιουργία μιας μαζικής αγοράς με φιλική προς το χρήστη πρόσβαση, στην κοινότητα πληροφοριών. Το UMTS επιδιώκει την επέκταση των δυνατοτήτων των σημερινών κινητών καθώς και την επέκταση των ασύρματων και δορυφορικών τεχνολογιών, παρέχοντας αυξημένη χωρητικότητα, υποστήριξη δεδομένων και μεγαλύτερο εύρος υπηρεσιών χρησιμοποιώντας ένα πρωτοποριακό σχήμα ράδιο-πρόσβασης και ένα προηγμένο αναπτυσσόμενο καλωδιακό δίκτυο.

4.3.1 Υπηρεσίες

Διακρίνονται 6 βασικές κατηγορίες που αναπαριστούν τη σημαντικότητα των 3G υπηρεσιών για τα επόμενα 5 χρόνια. Οι χρήστες μπορούν να προσθέσουν κινητικότητα στην ήδη υπάρχουσα εμπειρία τους με το διαδίκτυο (Internet), αξιοποιώντας την κινητή πρόσβαση στο διαδίκτυο (Mobile Internet Access). Η ευκινησία ωστόσο, δεν αποτελεί το μοναδικό όφελος των κυψελωτών δικτύων. Τα κινητά κυψελωτά δίκτυα έχουν δύο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τα διαχωρίζουν από τα καθορισμένα δίκτυα. Το κινητό τερματικό σχετίζεται με ένα άτομο κυρίως παρά με μία τοποθεσία, ενώ παράλληλα το δίκτυο γνωρίζει την ισχύουσα τοποθεσία του τερματικού. Αυτά είναι σημαντικά χαρακτηριστικά, ιδιαίτερα στο περιβάλλον εικόνας και ήχου των 3G τεχνολογιών. Η συσχέτιση ενός τερματικού με ένα άτομο, επιτρέπει την πρόβλεψη ενός καθολικού εύρους υπηρεσιών βασιζόμενες στο διαδίκτυο, με βάση τις ανάγκες του χρήστη και ικανοποίηση των αναγκών αυτών μέσω κινητών portal. Αυτές είναι υπηρεσίες που προσαρμόζονται με βάση της απαιτήσεις (Customized Infotainment Services). Η γνώση της ισχύουσας τοποθεσίας ενός κινητού τερματικού παράγει ένα πλούσιο χαρτοφύλακα από υπηρεσίες βασιζόμενες στην τοποθεσία (Location-Based Services). Η φωνή εξακολουθεί να είναι μία σημαντική υπηρεσία παρεχόμενη από το περιβάλλον της τρίτης γενιάς. Οι υψηλοί ρυθμοί δεδομένων θα επιτρέψουν την συμπλήρωση υπηρεσιών βίντεο, στις παραδοσιακές υπηρεσίες ομιλίας. Έτσι δημιουργείται η υπηρεσία πλούσιας φωνής (Rich Voice Service). Στη συνέχεια δίνεται μία περιγραφή των παραπάνω εννοιών.

4.3.1.1 Multimedia Messaging Service

Πρόκειται για μία υπηρεσία που προσφέρει multimedia messaging σε πραγματικό χρόνο. Οι ενεργές δυνατότητες της υπηρεσίας αυτής επιτρέπουν την παροχή στιγμιαίων μηνυμάτων και τη δημιουργία εύκολων κατανεμημένων λιστών . Επιπρόσθετα η υπηρεσία αυτή παρέχει μια πρότυπη υπηρεσία ανάπτυξης και ένα αναπτυγμένο περιβάλλον για σχεδιαστές εφαρμογών και επαγγελματικούς συναδέλφους καθώς και ένα υψηλό εύρος μετάδοσης μηνυμάτων. Έτσι παρέχει μία

δραματική αύξηση στη ήδη υψηλή απαίτηση για αποστολή μηνυμάτων μέσω του κινητού.

4.3.1.2 Location-Based Services

Οι Location-Based Services είναι υπηρεσίες για καταναλωτές και εταιρείες που επιτρέπουν σε χρήστες ή μηχανές να εντοπίζουν άλλους ανθρώπους ή μηχανές ή να δίνουν τη δυνατότητα σε άλλους να εντοπίζουν τους χρήστες καθώς επίσης και να μπορούν οι ίδιοι οι χρήστες να εντοπίζουν που βρίσκονται οι ίδιοι. Η υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν όλες τις υπηρεσίες φωνής και δεδομένων εμπλουτισμένες με την τιμή της πληροφορίας για την τοποθεσία, η οποία φυλάσσεται σε μία βάση από τον παροχέα της υπηρεσίας. Αυτή μπορεί να περιλαμβάνει πληροφορίες όπως η διάγνωση του καιρού, πληροφορίες για τα εστιατόρια και ξενοδοχεία, καθώς και άλλες χρήσιμες πληροφορίες.

4.3.1.3 Rich Voice Service

Πρόκειται για μία υπηρεσία πραγματικού χρόνου για εταιρείες και καταναλωτές που παρέχει εξελιγμένες φωνητικές δυνατότητες χρησιμοποιώντας VoIP, πρόσβαση σε φωνητικά δίκτυα (voice activated net access) και φωνητικές κλήσεις. Έτσι μπορεί να προσφέρει και τα προηγούμενα παραδοσιακά χαρακτηριστικά, που αφορούν τη φωνή(λειτουργικές υπηρεσίες, περιήγηση κ.α.).

4.3.1.4 Mobile Intranet/Extranet Access

Η υπηρεσία αυτή είναι ένα πακέτο δυνατοτήτων που περιλαμβάνει τουλάχιστον κινητή πρόσβαση σε εφαρμογές desktop (e-mail, φύλλα εργασιών κ.α., πρόσβαση στο διαδίκτυο και ασφαλή πρόσβαση σε Intranet/Extranet portals.

4.3.1.5 Customized Infotainment Services

Η υπηρεσία αυτή απευθύνεται στον καταναλωτή και παρέχει πρόσβαση σε ατομικές πληροφορίες οπουδήποτε και οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω δομημένων μηχανισμών πρόσβασης που βασίζονται σε

κινητά portals τα οποία μπορούν εύκολα να προσπελάσουν και να διαχειριστούν οι τελικοί χρήστες (end users). Η εξατομίκευση επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν την πρόσβαση τους σε περιεχόμενα, ανεξαρτήτως συσκευής ή πρωτοκόλλου.

4.3.1.6 Mobile Internet Access

Η υπηρεσία αυτή παρέχει πλήρως καθορισμένες ISP (Internet Service Provider) υπηρεσίες με ποιότητα και λειτουργικότητα κοντινής μετάδοσης. Προσφέρει επίσης πλήρη πρόσβαση στο διαδίκτυο και περιλαμβάνει δυνατότητες όπως είναι η μεταφορά αρχείων, τα e-mail και ροή από video/audio. Η Mobile Internet Access, επεκτείνει βασικά καθορισμένη εμπειρία του καταναλωτή στο περιβάλλον του κινητού, παρέχοντας έναν εναλλακτικό μηχανισμό πρόσβασης στο ήδη υπαρκτό περιεχόμενο.

4.4 Τέταρτη Γενιά (4G)

Η ασύρματη επανάσταση θα αλλάξει εντελώς τη δομή των επικοινωνιών μέσα στα επόμενα είκοσι χρόνια. Σήμερα οι χρήστες κυψελωτών και προσωπικών επικοινωνιακών υπηρεσιών ανέρχονται σε περίπου 300 εκατομμύρια. Ενώ ο ρυθμός αύξησης συνδρομητών του ενσύρματου τηλεφωνικού δικτύου είναι περίπου 3% το χρόνο, οι χρήστες ασύρματων υπηρεσιών αυξάνονται με ρυθμό περίπου 40%. Πάντως οι νέοι ασύρματοι συνδρομητές χρησιμοποιούν σχετικά πρωτόγονη, αν και ψηφιακή, τεχνολογία στενής ζώνης (narrowband) που παρέχει ρυθμούς μετάδοσης πληροφορίας πολύ χαμηλότερους από τις ενσύρματες τηλεφωνικές γραμμές/DSL. Η μεγάλη ανάγκη για υπηρεσίες Internet, ασύρματη διανομή καλωδιακής τηλεόρασης και εύκολη και γρήγορη μετακίνηση αρχείων καθιστά επιτακτική τη χρήση ασύρματων υπηρεσιών ευρείας ζώνης. Σε αντίθεση με τα ενσύρματα τηλεφωνικά συστήματα οι ασύρματες τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις είναι εξαιρετικά ευμετάβλητες και υφίστανται γρήγορη εξασθένιση σήματος, διάδοση πολλαπλών δρόμων (multipath propagation) εξ' αιτίας ανακλάσεων, σκέδαση από εμπόδια εντός του δρόμου μετάδοσης και μετάθεση συχνοτήτων (frequency shift) εξ' αιτίας της κίνησης. Τα σταθερά ασύρματα δίκτυα (fixed wireless networks) είναι πολύ

λιγότερο ευμετάβλητα χρονικά αν και χαρακτηρίζονται από χρονικές μεταβολές που οφείλονται σε αλλαγές στο περιβάλλον λόγω καιρικών συνθηκών ή βλάστησης, σε αλλαγές στα επίπεδα παρεμβολής από άλλους χρήστες και σε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο. Επιπλέον τα ασύρματα κανάλια μεταβάλλονται σημαντικά και ανάλογα με τη θέση. Καθώς ο πομπός ή ο δέκτης μετακινούνται στο χώρο τα επίπεδα του σήματος και η επίδραση της μετάδοσης πολλαπλών δρόμων μεταβάλλεται ανάλογα με τις γεωμετρικές μεταβολές στο φυσικό μονοπάτι (physical path). Αυτός ο υψηλός βαθμός μεταβλητότητας κάνει τις ασύρματες επικοινωνίες ριζικά διαφορετικές από τα υπόλοιπα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

4.4.1 Απαιτήσεις συστημάτων 4ης γενιάς.

- Υψηλός ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας. Τα συστήματα 3ης γενιάς προσφέρουν μέχρι 2 bits/sec για περιβάλλοντα εσωτερικού χώρου (indoor environments) και τουλάχιστον 144 kbits/sec για κινούμενα (vehicular) περιβάλλοντα. Ασύρματα LAN και ασύρματα συστήματα πρόσβασης ευρείας ζώνης που λειτουργούν στη ζώνη των 5 GHz και έχουν αναπτυχθεί στην Ιαπωνία (MMAC), στην Ευρώπη (Hyperlan 2) και στην Αμερική (IEEE 802.11) έχουν ταχύτητα μετάδοσης 20-30 Mbits/sec. Η ελάχιστη ταχύτητα που έχει τεθεί ως στόχος για τα 4G συστήματα θα είναι 10-20 Mbits/sec για ακίνητα περιβάλλοντα και 2 Mbits/sec για κινούμενα οχήματα.
- Μεγαλύτερη χωρητικότητα και μικρότερο κόστος ανά bit. Η χωρητικότητα των συστημάτων 3G δεν θα είναι αρκετή για να εξυπηρετήσει την εκρηκτικά αυξανόμενη κίνηση των πολυμέσων γύρω στο 2010. Η χωρητικότητα για τα 4G συστήματα πρέπει να είναι τουλάχιστον δέκα φορές υψηλότερη από την αντίστοιχη των 3G, ενώ το κόστος ανά bit πρέπει να μειωθεί δραματικά ώστε η χρέωση να μην είναι απαγορευτική.

- Εξαιρετική ποιότητα παροχής υπηρεσιών (Quality of Service-QoS). Τα ασύρματα συστήματα χρησιμοποιούν περιορισμένο εύρος συχνοτήτων και μεταδιδόμενη ισχύς και υποφέρουν από συμφόρηση. Επομένως εξαιρετική QoS είναι αναγκαία για την υποστήριξη διαφορετικών εφαρμογών, ιδιαίτερα αυτών που απαιτούν επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- Καλή χωρική κάλυψη με μεταβλητή ταχύτητα μετάδοσης. Καθώς οι ταχύτητες μετάδοσης αυξάνονται, το απαιτούμενο επίπεδο λαμβανομένου σήματος θα αυξηθεί ανάλογα. Εξ' αιτίας του γεγονότος ότι η επιδιωκόμενη ταχύτητα των συστημάτων 4G είναι μεγαλύτερη από δύο τάξεις μεγέθους σε σχέση με τα υπάρχοντα συστήματα, η ακτίνα της κυψέλης θα μειωθεί και η κάλυψη στο εσωτερικό των κτιρίων θα υποβαθμιστεί αν δεν προστεθεί ένας μεγάλος αριθμός σταθμών βάσης. Η χρήση συστημάτων μετάδοσης μεταβλητής απόστασης και ταχύτητας (wide-range variable-speed) είναι αναγκαία για ικανοποιητική κάλυψη εσωτερικών χώρων και μετάβαση σε διαφορετική κυψέλη χωρίς προβλήματα ανεξαρτήτως της τεχνολογίας των συστημάτων (3G, 4G).
- Υποστήριξη Internet νέας γενιάς. Η υποστήριξη πρωτοκόλλων Internet νέας γενιάς (IPv6) και πολυμετάδοσης (multicasting) είναι σημαντική ιδιαίτερα για εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου.
- Ομαλή διασύνδεση με συστήματα 3G, ασύρματα δίκτυα υπολογιστών (WLAN) και σταθερά δίκτυα. Με τη χρήση τεχνολογίας βασισμένης σε πρωτόκολλα Internet (IP) θα είναι δυνατή ομαλή διασύνδεση διαφορετικών τεχνολογιών. Ως αποτέλεσμα ο κάθε χρήστης θα μπορεί να διαλέγει το καλύτερο δίκτυο ανά περίπτωση (ανάλογα με το χρόνο, χώρο και κόστος).

4.4.2 Μελλοντικές εφαρμογές.

- Εικονική πλοήγηση (virtual navigation). Μια απομακρυσμένη βάση δεδομένων θα περιέχει γραφική αναπαράσταση δρόμων, κτιρίων και τοπογραφικών γνωρισμάτων. Κομμάτια αυτής της βάσης δεδομένων θα μεταδίδονται γρήγορα σε ένα όχημα όπου ένα υπολογιστικό πρόγραμμα θα

επιτρέπει στους επιβάτες να προβλέπουν τη μελλοντική διαδρομή, να επιλέγουν δρόμους με τη μικρότερη κίνηση, να εντοπίζουν αξιοθέατα ή μουσεία ή να επιλέγουν εναλλακτικούς δρόμους σε περιπτώσεις ατυχημάτων.

- Τηλεϊατρική (telemedicine). Τα πληρώματα των ασθενοφόρων σε απομακρυσμένες περιοχές θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά αρχεία και να τηλε-διασκέπτονται (video-conference) με γιατρούς όπως και να μεταδίδουν κρίσιμες πληροφορίες του ασθενούς σε κεντρικά νοσοκομεία.

- Σταθμός πληροφορίας (infostation). Ένας οδηγός αυτοκινήτου θα μπορεί να λαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό αρχείων ή πολυμέσων από το δίκτυο κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε ένα αυτοκινητόδρομο από και προς το χώρο εργασίας.

- Εφαρμογές τηλεγεωδαισιίας (telegeoprocessing). Ο συνδυασμός συστημάτων γεωγραφικής πληροφορίας (GIS), συστημάτων παγκοσμίου προσδιορισμού θέσης (GPS) και ασύρματων κινητών συστημάτων υψηλής χωρητικότητας θα κάνει εφικτές εφαρμογές τηλεγεωδαισιίας.

- Εφαρμογές διαχείρισης κρίσεων. Αυτές οι εφαρμογές είναι χρήσιμες σε περιόδους φυσικών καταστροφών όταν ολόκληρος ο τηλεπικοινωνιακός ιστός έχει παραλύσει. Η γρήγορη επαναλειτουργία των τηλεπικοινωνιών είναι αναγκαία. Η αυξημένη χωρητικότητα των ασύρματων συστημάτων ευρείας ζώνης 4G τα οποία θα περιλαμβάνουν υπηρεσίες Internet και video θα επιτρέψουν την αποκατάσταση σε διάστημα ωρών σε αντιδιαστολή με τα ενσύρματα συστήματα που θα απαιτούσαν ημέρες ή ακόμα και εβδομάδες.

- Εκπαίδευση μέσω Internet. Η παροχή ενσύρματης πρόσβασης ευρείας ζώνης στο Internet είναι οικονομικά ασύμφορη για κατοίκους αραιοκατοικημένων ή απομακρυσμένων περιοχών. Ασύρματες επικοινωνίες ευρείας ζώνης μπορούν να λύσουν αυτό το πρόβλημα.

- Κινητά δίκτυα υπολογιστών. Κατά ανάλογο τρόπο με τα σταθερά δίκτυα υπολογιστών τα κινητά δίκτυα υπολογιστών θα διευκολύνουν οικονομικές συναλλαγές, επιχειρηματικές πράξεις και επιστημονική συνεργασία από απόσταση.

Κεφάλαιο 5

Τεχνολογίες xDSL

5.1 Εισαγωγικά

Η εποχή που η σύνδεση στο δίκτυο μέσω modem σε ταχύτητες 14, 28 ή 33Kbps ήταν εντυπωσιακά γρήγορη ή τουλάχιστον επαρκής, είναι αναμφίβολα παρελθόν. Μαζί με τις ταχύτητες σύνδεσης μεγάλωσε και η πολυπλοκότητα των μεταφερομένων πληροφοριών. Η απλή ιστοσελίδα η οποία δεν περιέχει κινούμενα σχήματα, ηχητικά εφέ, video, σήμερα δεν τραβά την προσοχή κανενός σχεδόν χρήστη και δεν ενδιαφέρει κανέναν απολύτως κατασκευαστή. Η ελπίδα για γρηγορότερες γραμμές μετατρέπεται σε ανάγκη και πίεση προς την αγορά. Το πρόβλημα δεν είναι καθαρά τεχνολογικό, υπάρχουν λύσεις, περιορίζονται όμως από την τεράστια εγκατεστημένη βάση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, που για τους τελικούς χρήστες, χρησιμοποιούν συνδέσεις με χάλκινα καλώδια τα οποία δεν γίνεται να αντικατασταθούν από τη μια μέρα στην άλλη. Αυτό είχε ως συνέπεια οι ερευνητές να στραφούν στην κατά το δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση της χάλκινης γραμμής χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του υλικού να μεταδώσει ψηφιακά δεδομένα. Η τεχνολογία που προέκυψε ονομάστηκε DSL -Digital Subscriber Line. Πρόκειται για μια οικογένεια τεχνολογιών που έχει επικρατήσει να αναφέρονται όλες συλλογικός ως xDSL, όπου το x παίζει τον ρόλο του άγνωστου x. Εφτά είναι οι κυριότερες: ADSL, RADSL, G.Lite, IDSL, HDSL,SDSL και VDSL.

5.2 Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα

Η τεχνολογία xDSL στηρίζεται όπως ήδη αναφέραμε στο χαλκό. Ο χαλκός χρησιμοποιείται σε καλωδιώσεις, μια και είναι πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, εύπλαστος και ανθεκτικός. Κάθε τηλεφωνική γραμμή δεν είναι παρά ένα ζευγάρι χάλκινων καλωδίων σε πλεξούδα - το λεγόμενο συνεστραμμένο ζεύγος ή twisted pair. Ολόκληρη η χώρα διατρέχεται από χάλκινα καλώδια που συνδέουν τα σπίτια των συνδρομητών με τα κέντρα του Ο.Τ.Ε. Το ίδιο συμβαίνει σε ολόκληρο τον κόσμο. Μεταξύ των δύο συνομιλούντων άκρων σχηματίζεται ένα

κύκλωμα Α ή βρόχος ενδιάμεσος κρίκος του οποίου είναι το ή τα τηλεφωνικά κέντρα που μεσολαβούν. Η απόσταση μεταξύ της τηλεφωνικής συσκευής και του τηλεφωνικού κέντρου της περιοχής του δεν ξεπερνά συνήθως τα λίγα χιλιόμετρα στις μεγάλες πόλεις μάλιστα η απόσταση αυτή είναι ακόμα μικρότερη. Όταν μιλάμε με κάποιον που βρίσκεται αρκετά μακριά, ίσως και σε άλλη πόλη ή χώρα, η φωνή μας ταξιδεύει μέσω χαλκού μέχρι το πλησιέστερο τηλεφωνικό κέντρο, μετά αποστέλλεται με κάποιον τρόπο (άλλα καλώδια, ραδιοκύματα, δορυφόροι, οπτικές ίνες) στο πλησιέστερο τηλεφωνικό κέντρο του συνομιλητή μας και από εκεί πάλι μέσω του χαλκού φτάνει στη συσκευή του.

Πιο συγκεκριμένα, το τηλέφωνο είναι ένα αναλογικό μέσο μετάδοσης ηλεκτρικών σημάτων, που δημιουργούνται από το μικρόφωνο του ακουστικού μας. Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που δεν φτάνουν πάνω από τα 3 - 4KHz και δεν κατεβαίνουν κάτω από τα 300Hz. Έτσι το εύρος ζώνης, που καλείται να φιλοξενήσει μια συνηθισμένη τηλεφωνική γραμμή, δεν ξεπερνά τα 4KHz. Πράγματι, ειδικά φίλτρα στα τηλεφωνικά κέντρα αποκόπτουν κάθε συχνότητα που ξεπερνά αυτό το όριο, με το σκεπτικό ότι, καθώς δεν χρειάζεται για τη μετάδοση της φωνής, κατά πάσα πιθανότητα θα είναι θόρυβος ή παράσιτο. Από την άλλη, ένα συνηθισμένο τηλεφωνικό καλώδιο μπορεί να φιλοξενήσει εύρος ζώνης άνω των 500KHz - το εύρος ζώνης ενός καλωδίου είναι συνάρτηση του υλικού, του μήκους, της διατομής και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Για να το πετύχουμε αυτό απαιτούνται αλλαγές στην υποδομή. Με άλλα λόγια κάθε σπίτι συνδέεται με κάποιο κέντρο της τηλεφωνικής εταιρείας με ένα διπλό χάλκινο καλώδιο, δημιουργώντας κύκλωμα. Μπορούμε να συνδέσουμε στα δύο άκρα του κυκλώματος από ένα ειδικό modem και ξαφνικά να έχουμε έναν δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης. Αυτό σημαίνει και η φράση Digital Subscriber Loop: Ψηφιακό κύκλωμα συνδρομητή. Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, θα έχουμε διαφορετικές επιδόσεις και διαφορετικές τεχνολογίες. Και καθώς όλες οι τεχνολογίες αυτές είναι ψηφιακές, μπορούν να φιλοξενήσουν και τη μετάδοση δεδομένων και τη μετάδοση φωνής και δεν πρόκειται να μας κόψουν το

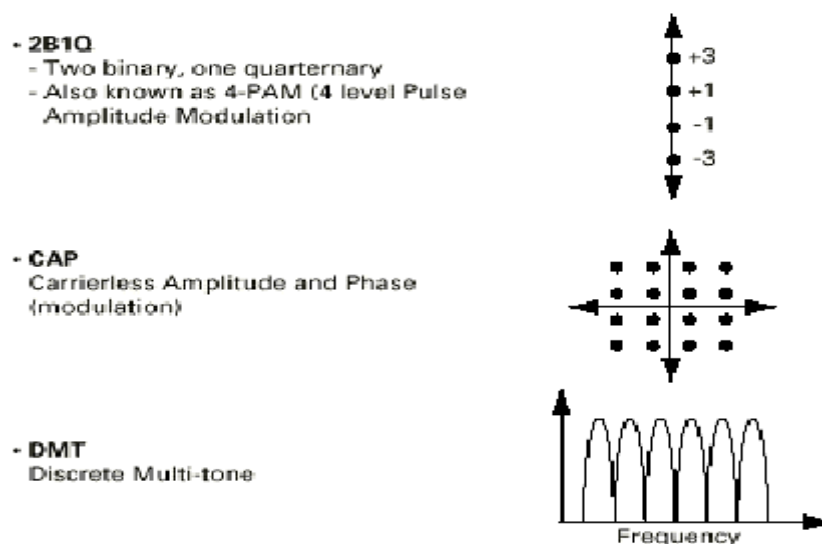
τηλέφωνο για να μπαίνουμε στο Internet. Επιπλέον, η εφαρμογή που μπορεί να βρουν, δεν περιορίζεται στη πρόσβαση στο Internet. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την προσφορά video κατά ζήτηση - video-on-demand, σε εφαρμογές τηλεργασίας ή τηλεϊατρικής, στη δικτυακή TV, για τη διασύνδεση υπολογιστών σε δίκτυα ευρείας περιοχής κ.λ.π. Πρόκειται γενικά για ασυμμετρικές τεχνολογίες όσον αφορά την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων προς τα δύο άκρα (upstream και downstream), ώστε με αυτό τον τρόπο να επιτυγχάνονται μεγάλες ταχύτητες, με το άκρο του χρήστη (downstream) να λαμβάνει την μεγαλύτερη ταχύτητα.

5.3 Τεχνολογίες διαμόρφωσης σήματος

Η τεχνολογία xDSL υποστηρίζει τα πρότυπα μετάδοσης T1 (1,544Mbps) Αμερικάνικο και E1(2,048Mbps) Ευρωπαϊκό. Επίσης υποστηρίζει όπως ήδη αναφέραμε την μετάδοση της φωνής ταυτόχρονα με την μετάδοση των δεδομένων πάνω από την ίδια τηλεφωνική γραμμή. Οι γραμμές T1 (ή E1) είναι οι παραδοσιακές γραμμές μετάδοσης που φέρουν το θεμελιώδες ψηφιακό σήμα DS-1 (ή DS-1E), το οποίο είναι ένα συνάθροισμα 24 (ή 30) καναλιών δεδομένων χρηστή DS-0 στα 64Kbps το καθένα, με συνολικό ρυθμό μετάδοσης 1,544Mbps (ή 2,048Mbps) στην Αμερική (ή την Ευρώπη). Οι T1 (ή E1) αρχικά χρησιμοποιήθηκαν στον ενδοτηματικό κορμό και αργότερα άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση τροφοδότη. Πλέον οι T1 (ή E1) έχουν γίνει ο βασικός τρόπος για να τροφοδοτούνται τα συστήματα DLC στον απομακρυσμένο κόμβο, που συγκεντρώνει πολλαπλές γραμμές συνδρομητών για σύνδεση με το κέντρο. Στην περίπτωση της T1, το σήμα μετάδοσης είναι κωδικοποιημένο με εναλλακτική αντίστροφη σήματος -EAS, η οποία καταλαμβάνει εύρος ζώνης 1,5MHz με την κορυφή σήματος να φτάνει τα 750KHz. Λόγω αυτής της μη αποδοτικής διεύθετης του σήματος συχνοτήτων, ένας επαναλήπτης είναι απαραίτητος στα 900m από τον επαναλήπτη του κέντρου ή από τον εξοπλισμό του συνδρομητή, καθώς και ένας κάθε 1,8Km για το υπόλοιπο της απόστασης. Η συνολική απόσταση μετάδοσης της T1 (ή E1) είναι 5,4Km (ή 4,8Km) πάνω από καλώδιο πάχους 0,5mm

με επαναλήπτες. Επιπλέον, το DSL χρησιμοποιεί μία συσκευή τερματισμού σε κάθε άκρο της σύνδεσης. Αυτή η συσκευή λειτουργεί σαν κάποιο modem αφού από την μία πλευρά λαμβάνει ένα data stream σε ψηφιακή μορφή και στη συνέχεια το μεταδίδει πάνω από την τηλεφωνική γραμμή με τη μορφή ενός υψηλής ταχύτητας αναλογικού σήματος. Από την άλλη, η εξασφάλιση του μεγάλου εύρους ζώνης(bandwidth) γίνεται με διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας σήματος και κυρίως χάρη σε τεχνικές διαμόρφωσης όπως η 2B1Q, CAP (Carrierless Amplitude Phase modulation), DMT (Discrete Multitone Modulation) και DWMT (Discrete WaveletMultitone).

Οι 2B1Q, CAP, DMT και DWMT χωρίζουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης συχνοτήτων της γραμμής σε τρία κανάλια. Ένα απαιτείται για την μετάδοση της φωνής όπως γίνεται στις συνήθεις τηλεφωνικές γραμμές, και από ένα για τα δύο κανάλια μετάδοσης δεδομένων upstream και downstream. Αυτές οι τεχνολογίες διαμορφώσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες με βάση τη μεθοδολογία που χρησιμοποιούν για να τοποθετούν τα δεδομένα στο συνεστραμένο ζεύγος: α) Base band και β) Pass band. Στη πρώτη κατηγορία ανήκει το 2B1Q και στη δεύτερη το CAP, το DMT και το DWMT.



Σχ.5.1.Τεχνικές Διαμόρφωσης

5.3.1 2B1Q

Αυτή η τεχνική αν και αναπτύχθηκε για το ISDN χρησιμοποιείται σήμερα και για τα DSL, IDSL, HDSL. Διαφέρει όμως αρκετά, μια και το DSP (Digital Signal Processor - τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος) είναι πιο πολύπλοκο. Και αυτό γιατί οι τηλεφωνικές γραμμές επιβάλλουν εξασθένηση σε σήματα στη συχνότητα του 1Mhz της τάξης των 90dB, γεγονός που επιφέρει σκληρή δουλειά στα DSL modems προκειμένου να υλοποιήσουν επαρκή εύρη για τις επιτυγχανόμενες ταχύτητες, να διαχωρίσουν τα κανάλια και να κρατήσουν σε ελεγχόμενα επίπεδα το θόρυβο. Η διαμόρφωση 2B1Q (2-Binary, 1-Quarternary) ουσιαστικά είναι μία PAM -Pulse Amplitude Modulation- διαμόρφωση, η οποία μεταδίδει 2 bits πληροφορίας σε κάθε μία από τις 4 στάθμες τάσης που χρησιμοποιεί μετατρέποντας ένα ζεύγος δυαδικών ψηφίων σε ένα τετραδικό σύμβολο μεταξύ των τιμών -3,-1,1 και 3. Στην μετατροπή, το πρώτο δυαδικό ψηφίο του ζεύγους μεταφράζεται σαν το πρόσημο (δηλαδή - για 0 και + για 1), και το δεύτερο σαν το επίπεδο (δηλαδή 3 για το 0 και 1 για το 1. Για παράδειγμα, η δυαδική ροή δεδομένων 0111010010110010 μετατρέπεται στην ροή συμβολών 1, +1, -1, -3, +3, +1, -3, +3. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού των συμβολών στο μισό.

5.3.2 CAP

Η τεχνολογία διαμόρφωσης CAP (Carrierless Amplitude Phase modulation) είναι ένας συνδυασμός διαμόρφωσης του σήματος κατά πλάτος και κατά φάση χρησιμοποιώντας TDM (Time Division Multiplexing) και FDM (Frequency Division Multiplexing). Βασίζεται στη QAM (Quadrature Amplitude Modulation) διαμόρφωση σε κάθε υποκανάλι. Πιο συγκεκριμένα, αποθηκεύει τα διαμορφωμένα κομμάτια του σήματος στη μνήμη και στη συνέχεια τα ενώνει υπό τη μορφή μεταδιδόμενου κύματος. Επειδή το σήμα χωρίζεται σε τεμάχια δεν περιέχει πληροφορία, ωστόσο ο παραλήπτης θα τη λάβει, μια και ενωμένο την περικλείει. Το CAP παρόλο που αύξησε την αποτελεσματικότητα του QAM δεν

αποτελεί τη σημερινή διαμόρφωση των ADSL, γιατί τα DMT modems πετυχαίνουν μεγαλύτερες ταχύτητες και λιγότερο θόρυβο στη μεταφορά.

5.3.3 DMT

Η διαμόρφωση DMT (Discrete Multitone Modulation) αποτελεί μία νέα τεχνολογία, η οποία διαιρεί καθένα από τα τρία κανάλια σε 256 υποκανάλια εύρους 4KHz το καθένα, πάνω από τα οποία μεταδίδονται τα δεδομένα. Προκειμένου να γίνει αυτό χρησιμοποιείται QAM. Αυτό δίνει την δυνατότητα της εξεύρεσης και της απομόνωσης των υποκαναλιών εκείνων που επηρεάζονται περισσότερο από τον θόρυβο και τα παράσιτα και την μεταβίβαση της κίνησής τους στα γειτονικά κανάλια. Επιπλέον η αύξηση των καναλιών επιδρά και στη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων. Τα κανάλια αυτά στην τεχνολογία ADSL δημιουργούνται με τη διαίρεση του διατιθέμενου εύρους ζώνης μιας τηλεφωνικής χάλκινης γραμμής με την τεχνική πολύπλεξης διαίρεσης φάσματος (FDM), σε συνδυασμό με την τεχνική καταστολής ήχου (echo cancellation). Οι διαδρομές προς και από τον συνδρομητή στη συνέχεια διαιρούνται με την τεχνική πολύπλεξης διαίρεσης χρόνου (TDM) σε ένα ή περισσότερα κανάλια υψηλής ταχύτητας και ένα ή περισσότερα κανάλια χαμηλής ταχύτητας. Μια χωρητικότητα εύρους 4KHz δεσμεύεται στο κάτω άκρο της περιοχής των συχνοτήτων για χρήση από υπηρεσίες συμβατικής τηλεφωνίας. Αυτή η προσέγγιση δίνει ένα υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας αποτέλεσμα. Η διαμόρφωση DMT είναι ουσιαστικά το επίσημο ANSI πρότυπο της τεχνολογίας ADSL T1.413.

5.3.4 DWMT

Η διαμόρφωση DWMT (Discrete Wavelet Multitone) είναι μια παραλλαγή της DMT στην οποία χρησιμοποιείται μετασχηματισμός κύματος αντί για μετασχηματισμό Fourier.

5.4 Οι διαφορετικές xDSL τεχνολογίες

Η τεχνολογία DSL (Digital Subscriber Line) δεν είναι άλλη από την ISDN-BRI η οποία διαθέτει δύο κανάλια των 64Kbps και ένα των 16Kbps. Όπως ήδη αναφέραμε ο όρος xDSL αναφέρεται σε διάφορες παραλλαγές της τεχνολογίας DSL, όπου εφαρμόζοντας προηγμένες μεθόδους διαμόρφωσης και μεταφορά των δεδομένων είναι δυνατό να επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης προς την μία ή και τις δύο ακόμα κατευθύνσεις. Στη συνέχεια αναλύονται οι διαφορετικές τεχνολογίες της ευρύτερης οικογένειας xDSL.

5.4.1 ADSL

Η τεχνολογία ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) είναι ασυμμετρική παρέχοντας μεγαλύτερο bandwidth στο downstream κανάλι, δηλαδή προσφέρει μεγαλύτερο εύρος ζώνης για τη λήψη δεδομένων από το κέντρο της τηλεφωνικής εταιρείας προς τον χρήστη και μικρότερο για την αποστολή. Αυτή η ασυμμετρικότητα κάνει την ADSL τεχνολογία ιδανική για την σύνδεση των τελικών χρηστών στα δίκτυα δεδομένων αφού σε αυτές τις περιπτώσεις οι χρήστες είναι κατά βάση καταναλωτές πληροφορίας και όχι παραγωγοί. Πιο συγκεκριμένα, η ADSL τεχνολογία επιτυγχάνει ταχύτητες λήψης δεδομένων από 1,54Mbps -σε αποστάσεις μέχρι 5,4Km- έως 9Mbps -3Km- και ταχύτητες αποστολής δεδομένων από 640Kbps έως 1,54Mbps, κάνοντας χρήση ενός μόνο ζεύγους καλωδίων τυπικής διατομής 24 AWG. Χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας είναι η δυνατότητα μετάδοσης τηλεφωνικού σήματος ταυτόχρονα με την μετάδοση των δεδομένων. Αυτό γίνεται μέσω 2 Splitter στα άκρα της σύνδεσης τα οποία πολυπλέκουν την τηλεφωνική και την γραμμή των δεδομένων πάνω στο ίδιο ζεύγος καλωδίων. Από την πλευρά του συνδρομητή, η σύνδεση μέσω ενός ADSL modem σε τίποτε δε διαφέρει από τη σύνδεση μέσω ενός συμβατικού modem, εκτός από το ότι το δεύτερο modem (αυτό που απαντάει στις κλήσεις) δε βρίσκεται στον παροχέα σύνδεσης, αλλά στο τηλεφωνικό κέντρο στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο συνδρομητής. Η τεχνολογία διαμόρφωσης του αναλογικού σήματος που

μεταφέρεται μέσα από τη γραμμή μοιάζει με αυτή των συμβατικών αναλογικών modem.

5.4.2 RADSL

Μια παραλλαγή του ADSL είναι η RADSL (Rate Adaptive Digital Subscriber Line) το οποίο φέρεται ως πιο ευέλικτο. Η RADSL επιτρέπει στον τηλεπικοινωνιακό οργανισμό να μεταβάλλει δυναμικά τη χωρητικότητα μιας σύνδεσης DSL σύμφωνα με τις τρέχουσες απαιτήσεις του χρήστη σε χωρητικότητα, αλλά και σύμφωνα με το μήκος και την ποιότητα της γραμμής. Ο διαχειριστής του δικτύου, ο οποίος στην περίπτωση αυτή δεν είναι υποχρεωτικά ο Internet provider αλλά ο τηλεπικοινωνιακός οργανισμός, μπορεί να ρυθμίσει τις παραμέτρους της σύνδεσης σε σταθερής ή μεταβαλλόμενης ταχύτητας και ασφαλώς να χρεώσει τον πελάτη ανάλογα με την ταχύτητα που χρησιμοποίησε. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή επιτρέπει μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ συνδρομητή και τηλεφωνικού κέντρου απ' ό,τι η ADSL, χωρίς ασφαλώς να διατηρούνται οι μέγιστες ταχύτητες που αναφέραμε. Ένα άλλο χρήσιμο χαρακτηριστικό της RADSL είναι το ότι επιτρέπει στους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς να διαχωρίζουν δεδομένα από φωνή, δρομολογώντας μόνο τα δεδομένα μέσω των δικτύων δεδομένων τους προκειμένου να εξασφαλίζουν υψηλή ταχύτητα από τον συνδρομητή μέχρι τον παροχέα. 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. Αυτό δεν συμβαίνει στο ISDN, όπου όλα μεταδίδονται μέσω του ψηφιακού δικτύου δεδομένων.

5.4.3 G.LITE

Η τεχνολογία G.Lite ή UDSL (Universal Digital Subscriber Line) προτείνεται σαν μία ελαφριά έκδοση της ADSL τεχνολογίας. Χρησιμοποιεί εξοπλισμό χαμηλότερου κόστους και είναι πιο εύκολη στην εγκατάσταση και την

συντήρησή της. Επιπλέον, οι εταιρείες παροχής DSL προσπαθούν να καταργήσουν το pots splitter -είναι ένα φίλτρο που χωρίζει τη φωνή από τα δεδομένα έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος. Από την άλλη, επιτυγχάνει μικρότερες ταχύτητες από την ADSL σε μεγαλύτερες όμως αποστάσεις. Συγκεκριμένα φτάνει το 1,54Mbps - 27 φορές ταχύτερο από τα 56Kbps του αναλογικού modem- στο downstream και 512Kbps στο upstream σε αποστάσεις μέχρι 6,6 με 7,5Km, κάνοντας χρήση ενός μόνο ζεύγους καλωδίων. Δεν απαιτεί ξεχωριστό δίκτυο, μια και όλες οι αλλαγές περιέχονται στο UDSL modem. Είναι κατάλληλη για ηλεκτρονικό εμπόριο, για ηλεκτρονική ανάληψη χρημάτων από τράπεζα και για τηλεδιδασκαλία. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια γίνεται μία προσπάθεια καθορισμού προτύπου για την G.Lite - μιας και δεν υπάρχει. Τον Οκτώβριο του 1998 η I.T.U(Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών) καθιέρωσε το I.T.U G.992.2.

5.4.4 IDSL

Η τεχνολογία IDSL (ISDN Digital Subscriber Line) επιτυγχάνει ταχύτητες 144Kbps και προς τις δύο κατευθύνσεις πρόκειται για συμμετρική τεχνολογία παρέχοντας το ίδιο bandwidth και προς τις δύο κατευθύνσεις και σε αντίθεση με την ADSL μεταφέρει μόνο δεδομένα. Παρόλο που έχει την ίδια τεχνολογία διαμόρφωσης με την ISDN (2B1Q) δεν χρησιμοποιεί ειδικές γραμμές και δεν χρειάζεται διακόπτη με αποτέλεσμα να μην προκαλεί συμφόρηση στο δίκτυο και επιπλέον να μην απαιτεί συνεχόμενες κλήσεις.

Η IDSL χρησιμοποιεί τον εξοπλισμό του ISDN και μπορεί να λειτουργήσει με το τωρινό αναλογικό και ISDN δίκτυο. Επομένως δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν νέες γραμμές, μια και χρησιμοποιεί τα υπάρχοντα B και D κανάλια του ISDN. Πριν αναφέραμε ότι μεταφέρει μόνο δεδομένα, στη πραγματικότητα υποστηρίζει και φωνή αλλά με χαμηλότερη ταχύτητα (η μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς φωνής μέσω IDSL είναι 64Kbps).

5.4.5 HDSL

Η τεχνολογία HDSL (High Bit Rate Digital Subscriber Line) παίρνει το όνομα της από τις υψηλές ταχύτητες μετάδοσης που επιτυγχάνει και προς τις δύο κατευθύνσεις. Πρόκειται ουσιαστικά για συμμετρική τεχνολογία παρέχοντας το ίδιο εύρος ζώνης bandwidth και προς τις δύο κατευθύνσεις. Το παρεχόμενο bandwidth είναι 1,544Mbps (T1) με χρήση 2 ζευγών καλωδίων και 2,048Mbps (E1) με χρήση 3 ζευγών. Οι μέγιστες αποστάσεις λειτουργίας κυμαίνονται από 3,5 έως 4,5Km. Πιο συγκεκριμένα, η HDSL μπορεί να μεταδώσει το ρυθμό σήματος της T1 (ή E1) σε αποστάσεις έως και 4Km πάνω από καλώδιο πάχους 0.5mm χωρίς να χρησιμοποιεί επαναλήπτες και αυτή η απόσταση μπορεί να αυξηθεί αν εγκατασταθούν επαναλήπτες. Για τον ρυθμό μετάδοσης -όπως ήδη αναφέραμε- της T1 (1,544Mbps) χρειάζονται 2 καλώδια και για την E1 (2,048Mbps) χρειάζονται 3 καλώδια. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε καλώδιο μεταφέρει ένα σήμα ρυθμού 784Kbps διαμορφωμένο κατά 2B1Q. Είναι αρκετά διαδεδομένη τεχνολογία, τόσο μέσα στους διάφορους τηλεπικοινωνιακούς φορείς όπου χρησιμοποιείται ευρέως εδώ και αρκετά χρόνια (κυρίως στις Η.Π.Α) στην διασύνδεση των Τερματικών Κέντρων με τους Κεντρικούς Κόμβους όσο και στην πρόσβαση των τελικών χρηστών στα δίκτυα δεδομένων. Ακόμα είναι κατάλληλη για γραφειακές εφαρμογές, για e-mail, για ηλεκτρονικό εμπόριο και βιντεοδιάσκεψη -έχει την ίδια απόδοση και χαμηλότερο κόστος από το T1.

5.4.6 SDSL

Η τεχνολογία SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line) είναι συμμετρική (η μετάδοση γίνεται με την ίδια ταχύτητα και προς τις δύο κατευθύνσεις) και εξασφαλίζει ταχύτητες από 160Kbps μέχρι και 2,048Mbps χρησιμοποιώντας ένα μόνο ζεύγος καλωδίων. Για το λόγο αυτό όμως η μέγιστη απόσταση λειτουργίας είναι τα 3Km. Η SDSL στηρίζεται στη παλαιότερη τεχνολογία HDSL και σαν συμμετρική τεχνολογία χρησιμοποιείται σχεδόν για τους ίδιους σκοπούς. Είναι κατάλληλη για την εξέλιξη των σημερινών υπηρεσιών συμβατικής τηλεφωνίας

φωνής σε βιντεοδιάσκεψη και για επιχειρήσεις μια και παρέχει καλύτερες υπηρεσίες στη μεταφορά αρχείων, στο e-mail και στα απομακρυσμένα τοπικά δίκτυα. Σε αντίθεση με το ADSL που είναι για ατομικούς χρήστες που θέλουν μεγαλύτερη ταχύτητα στο downstream. Επιπλέον, απαιτεί λιγότερο εξοπλισμό, μια και στηρίζεται στη 2B1Q διαμόρφωση που προϋπάρχει λόγω T1 και ISDN- και δεν παράγει τον ίδιο θόρυβο και τις ίδιες παρεμβολές με το ADSL.

5.4.7 VDSL

Η τεχνολογία VDSL (Very High Bit Rate Digital Subscriber Line) είναι ασυμμετρική και επιτυγχάνει τις μεγαλύτερες ταχύτητες της οικογένειας xDSL. Συγκεκριμένα η μέγιστη ταχύτητα που υποστηρίζει είναι 51 με 55Mbps για αποστάσεις γύρω στα 300m προς τη μία κατεύθυνση (downstream) και 1,6 με 2,3Mbps προς την άλλη κατεύθυνση (upstream) χρησιμοποιώντας ένα μόνο ζεύγος καλωδίων. Η μέγιστη απόσταση λειτουργίας είναι 300m με 1500m. Στα 1500m η ταχύτητα μετάδοσης από το κέντρο στο συνδρομητή είναι γύρω στα 13Mbps. Οι μεγάλες ταχύτητες της στο downstream προέρχονται από τα υποπολλαπλάσια της κανονικής ταχύτητας του SONET (Synchronous Optical Network) και SDH 155,52Mbps, δηλαδή 51,84Mbps, 25,92Mbps και 12,96Mbps. Κάθε ταχύτητα έχει μια αντίστοιχη σειρά στόχων αποστάσεων. Από την άλλη, το εύρος ταχυτήτων αποστολής δεδομένων δεν έχει ακόμα καθοριστεί πλήρως. Το πρώτο σενάριο είναι αυτό που ήδη αναφέραμε δηλαδή 1,6 με 2,3 Mbps, το δεύτερο είναι 19,2Mbps και το τρίτο είναι να επιτευχθούν οι ίδιες ταχύτητες με τη λήψη δεδομένων. Όσον αφορά τις τεχνολογίες διαμορφώσεις έχουν προταθεί τέσσερις για τη VDSL: η CAP, η DMT, DWMT και η SLC (Simple Line Code) είναι μία έκδοση τεσσάρων επιπέδων base band. Ενώ τα πρότυπα της είναι υπό διαμόρφωση και για το λόγο αυτό εργάζονται πέντε διαφορετικές οργανώσεις προτύπων - η T1E1.4 (Αμερικάνικο Ansi), η ETSI (European Telecommunications Standards Institute), η DAVIC (Digital Audio-Visual Council), το ATM Forum και το Forum της ADSL- αρκετές από τις οποίες έχουν ήδη καταλήξει σε κάποια. Από την άλλη, εξαιτίας της υποστήριξης μεγάλων ταχυτήτων η τεχνολογία

VDSL μπορεί να βρει εφαρμογή στην καλωδιακή εκπομπή τηλεοπτικού σήματος υψηλής ανάλυσης (High Definition TV -HDTV), στο Video-on-Demand κ.α. Για τον ίδιο λόγο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της τεχνολογίας FTTN (Fiber to the Neighborhood). Συγκεκριμένα προτείνεται η χρήση οπτικής ίνας μέχρι ένα σημείο διανομής και κατόπιν η χρήση της VDSL για την διασύνδεση του τελικού χρήστη. Επιπλέον, η VDSL χρησιμοποιεί τις υπάρχουσες συχνότητες του POTS (Plain Old Telephone Service) και του ISDN.

5.5 Σύγκριση των xDSL τεχνολογιών

Στο παρακάτω πίνακα συγκρίνουμε τις διάφορες XDSL τεχνολογίες .

Τεχνολογία	Αριθμός Ζευγών	Ταχύτητα	Μέγιστη Απόσταση	Εφαρμογές
ADSL/ RADSL	1	9Mbps downstream 1,54Mbps upstream	3Km	Πρόσβαση Internet, Ηλεκτρονικό εμπόριο, Βιντεοπαραγγελία-VoD, Ανάληψη χρημάτων από τράπεζα(e-banking).
		1,54Mbps downstream 640Kbps upstream	5,4Km	
G.Lite	1	1,54Mbps downstream 512Kbps upstream	6,8 – 7,5Km	Πρόσβαση Internet, Ηλεκτρονικό εμπόριο, Βιντεοπαραγγελία-VoD, Ανάληψη χρημάτων (e- banking), Τηλεδιδασκαλία.
IDSL		144Kbps 64Kbps	6,8-7,5Km	Δεδομένα (Internet) Φωνή
HDSL	2	1,544Mbps (T1)	3,5 – 4,5Km	Αντικατάσταση T1/E1, Διασύνδεση Τερματικών Κέντρων με Κάμβους, Τοπικά δίκτυα, Εταιρείες, Βιντεοδιάσκεψη.
	3	2,048 Mbps (E1)		
SDSL	1	1,544Mbps (T1) 2,048Mbps (E1)	3Km	Αντικατάσταση T1/E1, Επιχειρήσεις -μεταφορά αρχείων, e-mail, Τοπικά δίκτυα, Βιντεοδιάσκεψη.
VDSL	1	51 - 55Mbps downstream 1,6 – 2,3Mbps upstream	300m	Καλωδιακή εκπομπή τηλεοπτικού σήματος υψηλής ανάλυσης (High Definition TV - HDTV), Video-on-Demand, Πρόσβαση διαδικτύων πολυμέσων.

Πίνακας 5.1.

5.6 Σύγκριση με άλλες τεχνολογίες

Οι χάλκινες τηλεφωνικές γραμμές έχουν δώσει στο xDSL modem ένα καθαρό προβάδισμα έναντι του cable modem και της οπτικής ίνας. Και αυτό γιατί η οπτική ίνα δεν είναι διαθέσιμη στις περισσότερες επιχειρήσεις σε όλον τον κόσμο. Η χρήση μίας τυπικής τηλεφωνικής γραμμής χαρίζει στο xDSL ένα πλήθος πλεονεκτημάτων όπως:

Ταχύτητα : Η υπηρεσία xDSL επιτρέπει την πλήρη χρήση του εύρους ζώνης της τηλεφωνικής γραμμής, ενώ οι χρήστες του cable modem αξιοποιούν μόνο ένα μέρος από τη δυνατή ταχύτητά του.

Διαθεσιμότητα: Όπως ήδη αναφέραμε, οι τηλεφωνικές γραμμές χαλκού είναι εγκατεστημένες σχεδόν σε κάθε σπίτι και επιχείρηση παγκοσμίως, κάτι που δε συμβαίνει με το ομοαξονικό καλώδιο.

Αλληλεπίδραση: Το xDSL προσφέρει δυνατότητα αλληλεπίδρασης σε όλες τις εφαρμογές του, κάτι που δε συμβαίνει με τα cable modems τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο για εκπομπή broadcast στον πελάτη.

Ασφάλεια: Στα cable modems η ασφάλεια είναι πρόβλημα μια και λειτουργούν σε μοιραζόμενη γραμμή, κάτι που δεν παρουσιάζεται στο xDSL. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι μπορούμε να βασιζόμαστε στην αξιοπιστία και την ελαστικότητα του xDSL χωρίς να ανησυχούμε για το γέμισμα του καλωδιακού δικτύου με προβλήματα και περιόδους υπολειτουργίας.

Στο παρακάτω πίνακα φαίνεται η μεγάλη διαφορά από πλευράς ταχύτητας του DSL σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες.

Είδος δεδομένων	Μήκος Αρχείου	28,8Kbps Modem	ISDN – 128Kbps	DSL – 384Kbps	DSL – 1,5Mbps
25 σελίδες με κείμενο και γραφικά	2,5Mb	12min	2,5min	52sec	13sec
20sec βίντεο	8Mb	37min	8,5min	2,75min	43sec
Netscape 4.0 ή Explorer 4.0	25Mb	120min	26min	8,66min	2,2min

Πίνακας 5.2.

5.7 Κόστος xDSL

Σύμφωνα με την Everything dsl (εταιρείας παροχής xDSL τεχνολογίας) η xDSL έχει περίπου το ίδιο κόστος με μία δεύτερη τηλεφωνική γραμμή και πληρώνεις επιπλέον \$19,95 το μήνα για πρόσβαση στο Internet. Από την άλλη, το Μάρτιο του 1999 η Zyan Communications που εδρεύει στο Los Angeles, χρέωνε \$149 το μήνα για μια γραμμή 160Kbps SDSL. Όσο αφορά την Ευρώπη, για παράδειγμα, στην Ιταλία κοστίζει γύρω στα 70€ Η τιμή της xDSL όπως και όλων των εμπορικών προϊόντων εξαρτάται από τη ζήτηση που έχει.

5.8 Εφαρμογές xDSL

Οι τεχνολογίες xDSL μπορούν να μεταφέρουν την πληροφορία με γρήγορο και ασφαλή τρόπο. Υπάρχουν αρκετές γενικές, εκπαιδευτικές, επιχειρησιακές και κυβερνητικές εφαρμογές που μπορούν να εξυπηρετηθούν αποτελεσματικά από αυτές. Πολλές εφαρμογές ακολουθούν ένα τυπικό μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή. Αυτό το μοντέλο προϋποθέτει ότι η πλειοψηφία της πληροφορίας στέλνεται downstream προς τον πελάτη και ότι το upstream κανάλι μεταφέρει λιγότερη πληροφορία. Οι ADSL και RADSL είναι κατάλληλες για την ικανοποίηση αυτών των αναγκών πελάτη-εξυπηρετητή. Οι HDSL και SDSL είναι πιο συμφέρουσες οικονομικά για τις εφαρμογές που εξυπηρετούνται καλύτερα από ένα συμμετρικό σύνδεσμο, όπως η αλληλοσύνδεση σε LAN και η διάσκεψη μέσω video.

Επιπλέον, οι τεχνολογίες xDSL προσφέρουν υψηλές ταχύτητες, μπορούν να μεταφέρουν ταυτόχρονα φωνή, υπηρεσίες πολυμέσων και δεδομένα μέσω της ίδιας τηλεφωνικής γραμμής και να προσαρμοστούν σε οποιοδήποτε τύπο περιβάλλοντος δεδομένων και video. Στη συνέχεια περιγράφουμε αναλυτικά μερικές βασικές εφαρμογές της xDSL.

Internet και Εργασία στο σπίτι: Κάθε χρόνο εκατομμύρια άνθρωποι εγγράφονται συνδρομητές στο Internet με σύνδεση στο σπίτι τους. Το ποσοστό εγγραφής υπολογίζεται ότι αυξάνεται κατά 40% περίπου κάθε μήνα. Επιπλέον, πολλές επιχειρήσεις παρατηρούν ότι οι εργαζόμενοί τους

είναι πιο αποδοτικοί αν εργάζονται στο σπίτι τους με πλήρη ή μερική απασχόληση. Οι τεχνολογίες xDSL σήμερα παρέχουν τις υψηλότερες δυνατές ταχύτητες πρόσβασης για τις υπηρεσίες αυτές. Ακόμα και με τη σχετικά χαμηλή ταχύτητα των τεχνολογιών xDSL των 1,544Mbps, η απόδοση γίνεται περίπου 50 φορές μεγαλύτερη από αυτή με ένα παραδοσιακό modem. Γραφικά ή μεγάλα αρχεία μεταφέρονται μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα.

Εκπαίδευση από απόσταση: Με τη βοήθεια της xDSL, είναι εφικτή η παροχή video σε απομακρυσμένες αίθουσες μέσω τυπικού καλωδίου συνεστραμμένου ζεύγους. Ενώ ο καθηγητής διδάσκει, οι μαθητές μπορούν να συμμετέχουν. Την ίδια στιγμή, μαθητές σε απομακρυσμένες αίθουσες ή στο σπίτι μπορούν να παρακολουθούν τη διδασκαλία. Με τη βοήθεια του συμμετρικού καναλιού οι απομακρυσμένοι μαθητές μπορούν να συμμετάσχουν ενεργά στο μάθημα.

Video κατά ζήτηση (Video-on-demand): Με το video-on-demand, οι πελάτες μπορούν να νοικιάσουν τις τελευταίες ταινίες και άλλο υλικό από το σπίτι τους. Ο πελάτης απλά ζητά μια ταινία όποτε θέλει και θα έχει στη διάθεσή του όλα τα χαρακτηριστικά ενός κανονικού VCR, όπως pause, fast forward και rewind.

Κεφάλαιο 6

Ασύμμετρη τεχνολογία ADSL

6.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία ADSL μεταφράζεται ως Asymmetric Digital Subscriber Line, δηλαδή ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή και όπως όλες οι τεχνολογίες xDSL χρησιμοποιεί τις υπάρχουσες τηλεφωνικές γραμμές για μεταφορά υπηρεσιών πολυμέσων (multimedia) και δεδομένων με υψηλή ταχύτητα, παράλληλα με τη χρήση της γραμμής για απλή μετάδοση φωνής.

Η τεχνολογία ADSL λειτουργεί πάνω σε ένα μόνο ζεύγος καλωδίων χαλκού και παρέχει την σύνδεση χρησιμοποιώντας δυο modem, εκ των οποίων το ένα βρίσκεται στο μέρος του παροχέα (Central Office), δηλαδή από εκεί όπου ξεκινά η γραμμή, και ονομάζεται ATU-C (ADSL Transceiver Unit-Central Office) και ένα στο άλλο άκρο της γραμμής στο μέρος του χρηστή (user) και ονομάζεται ATU-R (ADSL Transceiver Unit-Remote). Τα modem αυτά έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των γραμμών χαλκού, πέρα από τις συνήθεις συχνότητες που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της φωνής και να επιτυγχάνουν ταχύτητες μετάδοσης κατά πολύ υψηλότερες από τις ταχύτητες που μπορούν να επιτύχουν τα συνήθη αναλογικά modem (voiceband modem), τα οποία εκμεταλλεύονται το εύρος της φωνής.

6.2 Ασύμμετρη Μετάδοση

Η κύρια ιδιότητα της ασύμμετρης μετάδοσης είναι οι διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης που διαμορφώνονται στις δύο κατευθύνσεις της γραμμής (downstream, upstream). Έχοντας σαν δεδομένο ότι η πλειοψηφία, αν όχι όλοι, των χρηστών του διαδικτύου (Internet) έχουν την τάση να «κατεβάζουν» (download) πολύ περισσότερο από το να «ανεβάζουν» (upload) πληροφορίες προς αυτό, δηλαδή το downstream είναι μεγαλύτερο από το upstream, ήταν λογικό για τις εταιρείες να δημιουργήσουν ένα προϊόν που θα ανταποκρινόταν σε αυτό το χαρακτηριστικό. Η

ADSL λειτουργεί ταυτόχρονα με το τηλεφωνικό δίκτυο, χωρίς να προκαλεί οποιοδήποτε πρόβλημα.

Τυπικές εφαρμογές των ADSL γραμμών είναι η παρεχόμενη γρήγορη πρόσβαση σε δίκτυα Internet / Intranet, η σύνδεση απομακρυσμένων LANs και οι υπηρεσίες video on demand. Οι εφαρμογές αυτές απαιτούν μεγάλη ταχύτητα downstream σε σχέση με την ταχύτητα upstream.

Οι δυνατότητες αυτές της ADSL τεχνολογίας είναι ένα επίστρωμα στο υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο. Στις δύο άκρες της γραμμής υπάρχουν κάποιες συσκευές που αποκαλούνται splitters, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να διαχωρίζουν και να συνθέτουν τα τηλεφωνικά σήματα από τα σήματα ADSL. Σε μερικές εφαρμογές το splitter μπορεί και να αναβαθμιστεί σε modem για την λήψη δεδομένων από τον πελάτη, ώστε να μην είναι αναγκαία η εγκατάσταση ADSL modem. Η τεχνολογία ADSL χρησιμοποιεί τα δυο modem, τα splitters και το φυσικό μέσο (χάλκινο καλώδιο) και δημιουργεί τρία κανάλια:

- ένα υψηλής ταχύτητας για μετάδοση δεδομένων προς τον χρηστή (downstream),
- ένα μεσαίας ταχύτητας το οποίο είναι συμμετρικό (upstream και downstream)
- και ένα βασικό κανάλι το οποίο χρησιμοποιείται για μετάδοση φωνής.

Το βασικό κανάλι για την μετάδοση φωνής διαχωρίζεται από τα άλλα δύο, ώστε να εξασφαλίζεται η ανεξάρτητη λειτουργία του, δηλαδή σε περίπτωση που διακοπεί λόγω κάποιου προβλήματος (διακοπή ρεύματος) η παροχή υπηρεσιών ADSL να παραμείνει ανεπηρέαστη η μετάδοση φωνής, ακριβώς όπως ισχύει με τις γραμμές ISDN. Το υψηλής ταχύτητας κανάλι έχει ταχύτητα μετάδοσης από 1,5Mbps έως 6 Mbps (downstream) και το μεσαίας ταχύτητας 16kbps έως 64 kbps. Κάθε κανάλι μπορεί να υποδιαιρεθεί σε μικρότερου μεγέθους κανάλια.

Η ADSL διαχωρίζεται σε δύο τύπους (standards) την ADSL-1 και την ADSL-3, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Η ADSL-1 υπηρεσία παρέχει στο χρηστή την δυνατότητα να λαμβάνει δεδομένα με ταχύτητα ίση με 1,5 - 2 Mbps και να μεταδίδει με ταχύτητα περίπου 16 - 64 kbps. Η

υπηρεσία ADSL-3 παρέχει στο χρήστη την δυνατότητα να λαμβάνει δεδομένα με ταχύτητα ίση με περίπου 6 Mbps και να μεταδίδει μέσω ενός διπλής κατευθύνσεως κανάλι (duplex bearer channel) με ταχύτητα που φτάνει τα 64 kbps.

6.2.1 ADSL modems

Τα ADSL modem υποστηρίζουν ταχύτητες μετάδοσης γύρω στα 1544 kbps στην Βόρεια Αμερική και 2048 kbps στην Ευρώπη σύμφωνα με τις ψηφιακές ιεραρχίες T1 και E1 που υπάρχουν αντίστοιχα σε Αμερική και Ευρώπη. Βέβαια μπορούν να υποστηριχθούν και άλλες ταχύτητες οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Downstream Bearer Channels	
n x 1.536 Mbps	1.536 Mbps
	3.072 Mbps
	4.608 Mbps
	6.144 Mbps
n x 2.048 Mbps	2.048 Mbps
	4.096 Mbps

Duplex Bearer Channels	
C Channel	16 Kbps
	64 Kbps
Optional Channels	160 Kbps
	384 Kbps
	544 Kbps
	576 Kbps

Πίνακας 6.1.

Ωστόσο στην ελάχιστη διαμόρφωση υπηρεσιών ADSL μπορούμε να έχουμε 1544 kbps ή 2048 kbps για downstream και ένα κανάλι 16 kbps για upstream. Modems που μπορούν να παρέχουν μέχρι και 8000 kbps για downstream και 640 kbps για upstream είναι διαθέσιμα σήμερα και συνδυάζουν την τεχνολογία ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Η μετάδοση από το δίκτυο στον χρήστη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μερικοί από τους οποίους είναι το μήκος της γραμμής, η διάμετρος του καλωδίου της γραμμής, η ύπαρξη των λεγόμενων bridged taps στην γραμμή και η cross-coupled παρεμβολή. Η απόσβεση της γραμμής αυξάνεται ανάλογα με το μήκος της γραμμής και με τη συχνότητα μετάδοσης, ενώ μειώνεται όσο αυξάνει η διάμετρος του καλωδίου. Αγνοώντας την ύπαρξη bridged taps σε μια γραμμή και μεταδίδοντας ADSL υπηρεσίες έγιναν κάποιες μετρήσεις για το μήκος της γραμμής, την διάμετρό

της και την ταχύτητα δεδομένων που μπορούν να μεταφέρουν οι γραμμές. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Data rate (Mbps)	Wire gauge (AWG)	Wire size (mm)	Distance (kilometers)
1.5 or 2	24	0.5	5.5
1.5 or 2	26	0.4	4.6
6.1	24	0.5	3.7
6.1	26	0.4	2.7

Πίνακας 6.2.

Παρόλο που οι μετρήσεις αυτές διαφέρουν από εταιρεία σε εταιρεία, οι χωρητικότητες γραμμής ανταποκρίνονται στο 95% του συνόλου των γραμμών ενός τηλεφωνικού δικτύου. Πελάτες που βρίσκονται σε αποστάσεις μεγαλύτερες από αυτές που βλέπουμε στον πίνακα θα μπορέσουν να ικανοποιηθούν με εναλλακτικούς τρόπους, όπως οπτικές ίνες, ασύρματη μετάδοση δεδομένων μέσω οπτικών μεταγωγών κ.λ

Οι ADSL γραμμές έχουν την δυνατότητα να επιτύχουν ταχύτητες μέχρι τα 6 Mbps για downstream και μέχρι τα 640 Kbps και για τις δυο κατευθύνσεις. Τέτοιες ταχύτητες μεγαλώνουν την χωρητικότητα του υπάρχοντος δικτύου κατά 50 φορές περίπου χωρίς την τοποθέτηση καινούριων καλωδίων. Η τεχνολογία ADSL μπορεί κυριολεκτικά να μετατρέψει το υπάρχον δίκτυο που είναι περιορισμένο σε υπηρεσίες φωνής, κειμένου και χαμηλής ανάλυσης γραφικών σε ένα ευρέως διαδεδομένο δίκτυο, ικανό να παρέχει υπηρεσίες που απαιτούν υψηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων όπως video. Όλα αυτά η τεχνολογία ADSL μπορεί να τα παρέχει σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, ενώ εναλλακτικές μορφές μετάδοσης δεδομένων, όπως οπτικές ίνες, θα χρειαζόνταν ένα τεράστιο χρονικό διάστημα για να εγκατασταθούν και επιπλέον το κόστος θα ήταν τεράστιο σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος των ADSL.

6.2.2 Εξοπλισμός

Εκτός από ένα ζεύγος καλωδίων για να παρέχουμε ADSL υπηρεσίες χρειάζονται δυο modem και δυο splitter εκ των οποίων το ένα modem και ένα splitter βρίσκονται στην αρχή της γραμμής και το άλλο modem και splitter βρίσκονται στο τέλος της γραμμής

6.2.2.1 Modem

Τα ADSL modem με το που εγκαθίστανται στην γραμμή αυτομάτως αναγνωρίζουν την χωρητικότητα της γραμμής και διασυνδέονται μεταξύ τους. Με το που γίνεται η διασύνδεση των δυο modem, η διαδικασία μέτρησης της χωρητικότητας της γραμμής συνεχίζεται για όλη της διάρκεια της και καθώς γίνονται συνεχείς αλλαγές. Τα modem αυτά έχουν προηγμένη τεχνολογία επεξεργασίας ψηφιακού σήματος DSP (Digital Signal Processing) και αλγόριθμους διόρθωσης σφαλμάτων που δημιουργούνται κατά την μετάδοση. Παρόλα αυτά υπάρχει μια εξισορρόπηση μεταξύ απόδοσης και απόστασης, δηλαδή όσο υψηλότερη ταχύτητα που απαιτείται τόσο μικρότερη πρέπει να είναι η απόσταση μεταξύ των modem διασύνδεσης. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την απαιτούμενη απόσταση των δύο modem είναι η διάμετρος του καλωδίου που χρησιμοποιείται και το μέγεθος του θορύβου που παρεμβάλλεται στην γραμμή.

Για να γίνει δυνατή η μετάδοση των πληροφοριών, το modem χωρίζει το διαθέσιμο εύρος ζώνης μιας γραμμής με δύο τρόπους, είτε με FDM (Frequency Division Multiplexing) είτε με echo cancellation. Η FDM λειτουργεί ως εξής: μια συχνότητα διατίθεται για τα δεδομένα προς τον χρηστή (downstream) και μια συχνότητα διατίθεται για δεδομένα από τον χρηστή (upstream). Το κανάλι που χρησιμοποιείται για downstream χωρίζεται επίσης σε κανάλια μικρότερου εύρους. Η echo cancellation επιβάλλει στο upstream κανάλι να επικαλύψει (overlap) το downstream κανάλι και τα ξεχωρίζει χρησιμοποιώντας local echo cancellation. Και με τις δυο αυτές μεθόδους η συχνότητα μέχρι τα 4kHz διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες, ώστε να χρησιμοποιείται για μετάδοση σήματος φωνής για απλή

τηλεφωνική χρήση.

6.2.2.2 Splitter

Τα ADSL modem χρησιμοποιούνται μαζί με ένα POTS splitter, το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε ταυτόχρονη μετάδοση φωνής μέσω του τηλεφώνου και μετάδοση υψηλής ταχύτητας δεδομένων. Τα splitter πολύ γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ένα σετ από φίλτρα τα οποία εγκαθίστανται στην αρχή και το τέλος της γραμμής και διασφαλίζουν ότι και τα δυο σήματα (ADSL και τηλεφωνικό) θα παραμείνουν στο ζεύγος καλωδίου που πρέπει και δεν θα παρεμβάλουν γειτονικά καλώδια.

Μια από τις κύριες λειτουργίες των φίλτρων αυτών είναι να αποκόπτουν το θόρυβο που δημιουργείται από τις τηλεφωνικές γραμμές ή τους διακόπτες μεταγωγής. Επίσης εμποδίζει το ADSL σήμα να παρεμβληθεί στις τηλεφωνικές γραμμές και να μειώσει την ποιότητα του τηλεφωνικού σήματος. Στην Αγγλία τα χαρακτηριστικά των τοπικών βροχών έκαναν αναγκαστική την χρήση αυτών των ενεργών φίλτρων για να διασφαλίσουν την βασική τηλεφωνική μετάδοση κατά την διάρκεια μιας τυχαίας πτώσης τάσης, καθότι διαθέτει αυτή την δυνατότητα να διαχωρίζει τα δυο σήματα. Το splitter μπορεί να είναι ολοκληρωμένο μέσα στο modem ή να αποτελεί ξεχωριστό τμήμα.

6.2.3 Λειτουργία του συστήματος ADSL

Το ωφέλιμο εύρος ζώνης ενός ζεύγους καλωδίων χαλκού είναι αρκετά μεγαλύτερο από το εύρος ζώνης της φωνής, άρα με τα ADSL γίνεται ουσιαστικά εκμετάλλευση του εύρους αυτού που δεν μπορούσε ή δεν ήταν ανάγκη να γίνει μέχρι σήμερα. Παρακάτω αναλύεται ακριβώς ο τρόπος αυτός μετάδοσης που χρησιμοποιεί η τεχνολογία ADSL. Αρχικά πρέπει να υπάρχει μια διασύνδεση με δυο modem, ένα στην αρχή της γραμμής, δηλαδή ένα στο «συγκεντρωτή» της γειτονιάς που έχει τοποθετήσει η τηλεφωνική εταιρεία και είναι γνωστός στην Ελλάδα σαν καφάο και ένα στο πέρας της γραμμής και το οποίο επικοινωνεί με το άλλο που βρίσκεται στο καφάο. Στην πραγματικότητα το modem που βρίσκεται στην αρχή δεν είναι ένα

μόνο modem, αλλά αρκετά modem μαζί ενσωματωμένα σε ένα και είναι γνωστά σαν DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). Η συσκευή αυτή κάνει ότι θα έκανε κάθε modem χωριστά, τερματίζει την γραμμή, πολυπλέκει τις πληροφορίες από τον κάθε χρηστή και τις αποστέλλει στο δίκτυο, και τέλος αποπλέκει αυτές που «έρχονται» από το δίκτυο και τις αποστέλλει στο modem που τις ζήτησε.

Για την ADSL είχαν αρχικά προταθεί δυο είδη διαμόρφωσης, η CAP (Carrierless Amplitude-Phase modulation) και η DMT (Discrete Multi-Tone), καθεμία από τις οποίες είχε τα πλεονεκτήματά της. Ωστόσο η αγορά τελικά έδωσε απάντηση στο αρχικό ερώτημα ποια από τις δύο είναι η καλύτερη. Αρχικά η CAP είχε επικρατήσει, καθώς τα ηλεκτρονικά κυκλώματα ήταν έτοιμα σε ποσότητες ικανές να καλύψουν την ζήτηση και με ένα πολύ ισχυρό πλεονέκτημα ότι ήδη λειτουργούσαν. Ένας μεγάλος αριθμός από προϊόντα που χρησιμοποιούσαν αυτά τα κυκλώματα αρχικά εγκαταστάθηκαν από τους παροχείς σε διάφορα σημεία που είχαν ζητήσει την παροχή αυτών των υπηρεσιών. Τέθηκαν όμως ζητήματα προτύπων και συμβατότητας (συλλειτουργίας) μεταξύ πωλητών και υλοποιήσεων. Η DMT από την άλλη βρίσκονταν στην μάχη των προτύπων για αρκετό καιρό πριν εμφανιστεί η CAP στην αγορά και συνέχισε να εξελίσσεται. Κάποια στιγμή θεωρήθηκε ως πρότυπο από ένα μεγάλο αριθμό παροχέων υπηρεσιών. Η τεχνολογία αυτή χαρακτηριζόταν αρχικά από μερικές καινοτομίες, οι οποίες δεν άνηκαν αρχικά στα χαρακτηριστικά όπως Rate Adaption (κάθε στιγμή ο ρυθμός μπορεί να μεταβάλετε σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν στην γραμμή), ενώ από την άλλη τα ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία ακολουθούν αυτό το πρότυπο άργησαν κατά πολύ να βρουν το δρόμο τους για την αγορά. Τελικά η λύση δόθηκε από την ίδια την αγορά και για τα ADSL επικράτησε η διαμόρφωση DMT.

6.2.3.1 Διαμόρφωση CAP

Η διαμόρφωση CAP είναι παραλλαγή μιας παλαιότερης και καθιερωμένης μορφής διαμόρφωσης, της QAM (Quadrature amplitude modulation), η οποία χρησιμοποιεί δυο υψίσυχνα διαμορφωμένα φέροντα ίδιας συχνότητας, αλλά με μια διάφορα φάσης κατά 90°. Τα φέροντα διαμορφώνονται κατά πλάτος ανεξάρτητα για

να μεταφέρουν την πληροφορία του σήματος. Αντίθετα με την DMT δεν αναπροσαρμόζεται στο βέλτιστο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων για τις επικρατούσες συνθήκες της γραμμής. Πρόσφατες εξελίξεις ωστόσο έχουν οδηγήσει σε υλοποιήσεις και των δυο συστημάτων τα οποία μπορούν να δουλεύουν σε μια μεταβλητού ρυθμού λειτουργία, την RADSL.

6.2.3.2 Κωδικοποίηση DMT

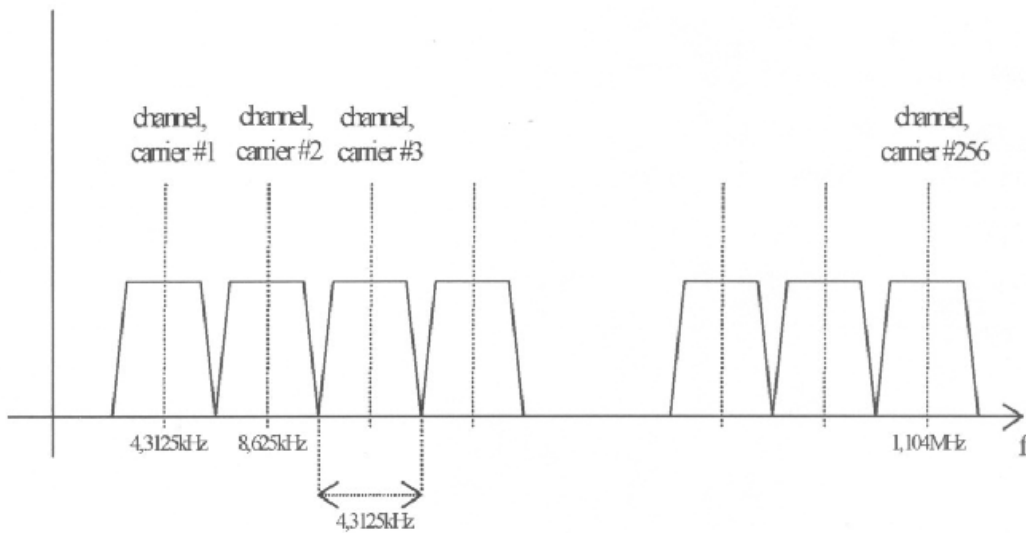
Ο τρόπος που λειτουργεί η DMT είναι ο εξής: για να μεταδοθεί η πληροφορία σε όλο το φάσμα του καλωδίου, το συνολικό εύρος ζώνης διαιρείται σε μικρότερα κανάλια μεγέθους περίπου 4 kHz το καθένα και σε αυτά μεταδίδεται χωριστά κάθε ένα κομμάτι της πληροφορίας που είναι προς μετάδοση. Δηλαδή μπορούμε να παρομοιάσουμε την μετάδοση αυτή σαν ένα μεγάλο δρόμο που για να κατασκευασθεί χρησιμοποιούμε αρκετές μικρές εταιρείες που αναλαμβάνουν να εκτελέσουν ένα κομμάτι του δρόμου παράλληλα με τις άλλες, αντί να αναθέσουμε το έργο σε μία μόνο μεγάλη εταιρεία. Βέβαια όπως ακριβώς και στο έργο, έτσι κι εδώ πρέπει να υπάρχει κάποιος ο οποίος να συντονίζει τις εργασίες, Για το λόγο αυτό στην DMT υπάρχει κάποιο κανάλι που παίζει τον ρόλο του συντονιστή-ελεγκτή. Ο ακριβής τρόπος λειτουργίας της DMT θα αναλυθεί παρακάτω.

Τα κανάλια στα οποία υποδιαιρείτε το συνολικό εύρος ζώνης έχουν εύρος ακριβώς 4,3125 kHz το καθένα και χρησιμοποιούνται συνολικά 256 κανάλια, δηλαδή το συνολικό εύρος ζώνης μια γραμμής ADSL είναι περίπου:

$$256 * 4,3125 = 1,104\text{MHz}$$

Κάθε κανάλι χρησιμοποιεί ένα φέρον ημίτονο στο μέσο του εύρους ζώνης του και το οποίο είναι διαμορφωμένο κατά QAM. Όλα τα κανάλια έχουν το ίδιο εύρος ζώνης και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για όλα το ίδιο ρυθμό σύμβολου ο οποίος

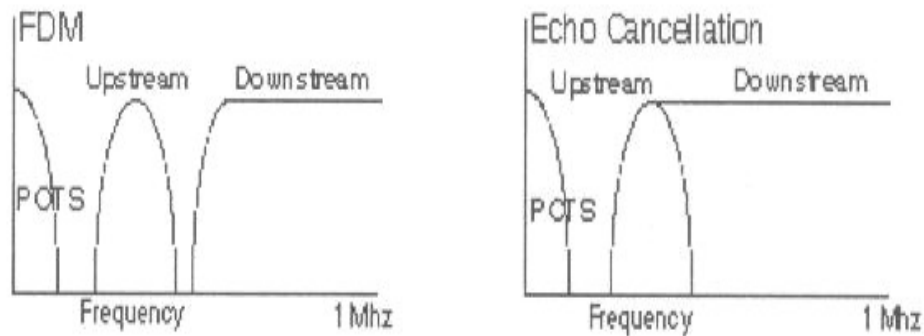
είναι στα 4 kHz, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του παρακάτω σχήματος.



Σχ.6.1. Κανάλια μετάδοσης DMT

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω δεν χρησιμοποιούνται και τα 256 κανάλια για την μετάδοση πληροφορίας. Το πρώτο κανάλι, το οποίο είναι περίπου μέχρι τα 4 kHz, δεν χρησιμοποιείται από το ADSL, αλλά είναι ελεύθερο και διαχωρίζεται από τον splitter για να χρησιμοποιηθεί για το απλό τηλεφωνικό σήμα, το οποίο πρέπει να είναι ανεξάρτητο από το υπόλοιπο ADSL σύστημα, ώστε σε περίπτωση διακοπής της μετάδοσης ADSL λόγω κάποιου προβλήματος να είναι δυνατή η τηλεφωνική σύνδεση. Εκτός από το πρώτο κανάλι στην DMT που μένει αχρησιμοποίητο δεν χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφορίας και τα επόμενα 4 κανάλια τα οποία χρησιμοποιούνται ως ζώνη προστασίας (guardband). Έτσι για την μετάδοση της πληροφορίας μένει να χρησιμοποιηθούν τα υπόλοιπα κανάλια από το 6 και μετά. Έτσι για μετάδοση δεδομένων από τον χρήστη στο δίκτυο χρησιμοποιούνται τα επόμενα 32 κανάλια (upstream) και από το δίκτυο στο χρήστη χρησιμοποιούνται 218 κανάλια (downstream). Ένας αριθμός από κανάλια δεν χρησιμοποιείται για την μετάδοση πληροφορίας αλλά για να συντονίζει την μετάδοση και για να εκτελεί διάφορες άλλες απαραίτητες εργασίες. Αυτός είναι ο αλγόριθμος λειτουργίας της DMT όταν και οι δυο κατευθύνσεις πολυπλέκονται στο ίδιο καλώδιο με FDM (frequency division multiplexing). Υπάρχει και η περίπτωση οι δυο κατευθύνσεις να

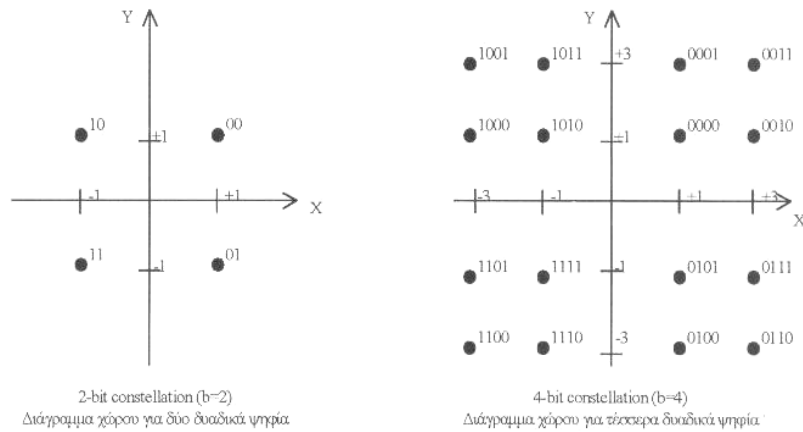
χρησιμοποιούν από κοινού κάποιο εύρος ζώνης, οπότε ο διαχωρισμός τους γίνεται με echo cancellation. Σήμερα χρησιμοποιούνται και οι δυο αυτές τεχνικές για την μετάδοση της πληροφορίας στα ADSL, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα .



Σχ.6.2. Τεχνικές Μετάδοσης Πληροφορίας στα ADSL

6.2.3.3 Διαμόρφωση QAM

Η διαμόρφωση QAM χρησιμοποιεί ένα ημίτονο για να διαμορφώσει την ψηφιακή πληροφορία. Δηλαδή κωδικοποιεί την πληροφορία σε διάφορους συνδυασμούς πλάτους και φάσης ενός ημίτονου. Η QAM είναι μια διαμόρφωση που στηρίζεται στο διάγραμμα χώρου σημάτων δηλαδή ένα πίνακα που χρησιμοποιείται για να γίνει αντιστοίχιση ενός συρμού από bit σε κάποιο σύμβολο. Κατά την διαδικασία διαμόρφωσης της πληροφορίας ένας συρμός από bit εισέρχεται στο διαμορφωτή και αυτός τον αντιστοιχίζει στο κατάλληλο σύμβολο δηλαδή σε ένα συνδυασμό πλάτους και φάσης ενός ημίτονου. Η μορφή του ημιτόνου που θα μεταδοθεί καθορίζεται πλήρως από το πλάτος και την φάση του. Η διαδικασία αποκωδικοποίησης του σήματος είναι περίπου αντίστοιχη με την διαδικασία διαμόρφωσης, το ημίτονο αποκωδικοποιείται στο σύμβολο που αντιστοιχεί και στην συνέχεια χρησιμοποιώντας τον πίνακα αντιστοιχίζετε σε ένα συρμό από bit. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα διάγραμμα χώρου σημάτων για συρμούς δυο bit και τεσσάρων bit.



$$Z = X + jY$$

Σχ.6.3. Αστερισμοί 4-QAM και 16-QAM

Ο διαμορφωτής παίρνει κάθε φορά ένα πλήθος b δυαδικών ψηφίων (στο σχήμα μας ήταν δυο και τέσσερα bits) και στη συνέχεια ψάχνει στον πίνακα να βρει σε ποιο σύμβολο αντιστοιχεί ο συρμός αυτός από bits και πραγματοποιεί την αντιστοίχιση αυτή. Το σημείο όπου αντιστοιχεί ο συρμός, όπως φαίνεται πολύ καλά από το σχήμα, αντιστοιχεί σε ένα πλάτος και μια φάση που μπορεί εύκολα να αναπαρασταθεί από ένα μιγαδικό αριθμό $Z = X + jY = A \cdot \exp(j\phi)$. Ο αριθμός των σημείων που αντιστοιχείται ένας συρμός από bit και άρα και ο αριθμός των συμβολών του διαγράμματος εξαρτάται από το b και ισούται με 2^b (4 σημεία για το πρώτο constellation και 16 σημεία για το δεύτερο constellation του σχήματος). Τώρα το μέγεθος του b που επιλέγουμε, δηλαδή την πυκνότητα των συμβολών στο διάγραμμα και άρα και του αριθμού των bit που κωδικοποιούνται μαζί, εξαρτάται καθαρά από την ποιότητα του δέκτη, δηλαδή από την ικανότητα του αποδιαμορφωτή να καθορίσει το πλάτος και την φάση του σήματος που έλαβε από τον πομπό με όσο το δυνατόν μικρότερη αβεβαιότητα. Η ακρίβεια αυτή που απαιτείται δεν εξαρτάται μόνο από τον δέκτη, αλλά και από το πόσο εξασθένησε το σήμα αυτό κατά την μετάδοση και από όλους εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα μια σύνδεσης.

Ο ρυθμός συμβόλου αναφέρεται στον ρυθμό με τον οποίο η QAM κωδικοποιεί τα επόμενα b bits κάθε φορά ή αντιστρόφως στο χρόνο που διαρκεί

στην γραμμή το διαμορφωμένο ημίτονο. Οπότε για να δούμε πως είναι στην πράξη θα χρησιμοποιήσουμε το πιο εύκολο παράδειγμα: ένα αναλογικό modem φωνής κωδικοποιεί γύρω στα 9 με 10 bits μαζί, δηλαδή $b=10$ ήτοι 1024 σύμβολα και με ρυθμό σύμβολου κοντά στα 3429Hz, μπορούν να επιτευχθούν ταχύτητες κοντά στα 33,6kbps. Είναι γνωστό ότι το διαμορφωμένο ημίτονο καταλαμβάνει εύρος ζώνης στην γραμμή ίσο με το ρυθμό σύμβολου και άρα για το αναλογικό modem που εξετάζουμε στο παράδειγμα θα απαιτείται εύρος ζώνης ίσο με 3429 Hz. Τώρα αν η φέρουσα συχνότητα σε μια γραμμή για μετάδοση φωνής είναι στα 1900 Hz περίπου τότε το εύρος ζώνης που απαιτεί ένα αναλογικό modem είναι από 185 Hz έως τα 3615 Hz (1900 ± 1715). Αυτή είναι η διαδικασία που λειτουργεί ένα αναλογικό modem. Παρόμοια λειτουργία έχει και ένα ADSL modem, αλλά πιο περίπλοκη λόγω της περιπλοκότητας που έχει λόγω κατασκευής

6.2.4 Υπηρεσίες που προσφέρονται από το σύστημα ADSL

Όπως είναι γνωστό το ADSL είναι μια από τις τεχνολογίες xDSL όπου κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι είναι ασύμμετρη, δηλαδή το εύρος ζώνης που παραχωρείται για να «κατεβάσει» ο χρήστης (downstream) είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το upstream. Έτσι ως τεχνολογία ευνοεί αυτούς που «κατεβάζουν» από το δίκτυο και όχι όποιους θέλουν και να στείλουν με ίδια ταχύτητα.

Έτσι τα ADSL είναι χρήσιμα για υπηρεσίες Video On Demand (VOD), δηλαδή βίντεο κατά απαίτηση, με λίγα λόγια θα μπορεί κάποιος να παρακολουθεί μέσω δικτύου βίντεο. Αυτή η υπηρεσία μπορεί να είναι είτε “real time” είτε “non real time”, δηλαδή θα μπορεί να παρακολουθεί ακόμα και τηλεόραση μέσω δικτύου με χαμηλή ποιότητα βέβαια, αλλά αρκετά ικανοποιητική και συγκρίσιμη με το τηλεοπτικό σήμα. Το VOD όπως είναι φανερό απαιτεί μεγάλη ταχύτητα για τα δεδομένα που κατεβαίνουν και μικρό εύρος ζώνης για δεδομένα που αποστέλλονται, όπως διάφορες εντολές προσωρινής διακοπής αποστολής, επιλογή κάποιας κατάστασης σε interactive video, επανάληψη και όποιες άλλες εντολές χρησιμοποιούμε σε μια συσκευή βίντεο.

Επίσης η ADSL τεχνολογία δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να κατεβάσει μουσικά αρχεία, όπως και το να παρακολουθήσει διάφορες αθλητικές δραστηριότητες που δεν προβάλλονται στην χώρα τους, μέσω διαδικτύου. Επίσης η ADSL τεχνολογία δίνει την δυνατότητα σε όσους το επιθυμούν να συμμετάσχουν σε παιχνίδια που λαμβάνουν χώρα στο διαδίκτυο (network games) και έχουν μεγάλες απαιτήσεις γραφικών και άρα μεγάλη απαίτηση σε ταχύτητα μετάδοσης.

Γενικά η ADSL τεχνολογία δεν ευνοεί υπηρεσίες που απαιτούν μεγάλη ταχύτητα στο upstream, όπως είναι το videoconference, αλλά και άλλες εφαρμογές που αφορούν κυρίως τις επιχειρήσεις. Άρα από αυτό καταλαβαίνουμε ότι η ADSL τεχνολογία απευθύνεται κυρίως σε οικιακούς χρηστές και πολύ μικρές επιχειρήσεις που οι απαιτήσεις για downstream είναι μεγάλες και δεν έχουν υψηλές απαιτήσεις για upstream. Συμπέρασμα όλων αυτών είναι ότι η ADSL τεχνολογία μπορεί να κάνει το διαδίκτυο πιο φιλικό και πιο γρήγορο για το μέσο χρήστη, παρέχοντας του υπηρεσίες και εφαρμογές που δεν ήταν δυνατό με τις υπάρχουσες τεχνολογίες και παράλληλα, του δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα καινούργιο 'μπουκέτο' υπηρεσιών στο διαδίκτυο που δεν υπήρχε καν η δυνατότητα να προσφερθούν, όπως συνδρομητική τηλεόραση, και να βοηθήσει την ανάπτυξη των ήδη υπαρχόντων. Όλα αυτά μπορούν να επιτευχθούν χωρίς μεγάλο κόστος από τον παροχέα, καθώς το κόστος τοποθέτησης ADSL είναι σχετικά χαμηλό και θα επιβαρυνθεί με μέρος αυτού και ο πελάτης, ενώ παράλληλα θα αυξηθεί η χρήση του τηλεφωνικού δικτύου και άρα τα έσοδα των εταιρειών που παρέχουν 'σταθερή' τηλεφωνία σε μια περίοδο όπου η GSM τεχνολογία έχει βοηθήσει την ανάπτυξη των κινητών και οι τιμές που προσφέρουν για απλή τηλεφωνία έχουν αρχίσει να γίνονται συγκρίσιμες με αυτές του σταθερού δικτύου.

6.2.5 Τεχνολογίες παρόμοιες με την ADSL

6.2.5.1 G.liteADSL

Το πρότυπο αυτό έχει αρκετά πλεονεκτήματα για 'φτωχούς' χρηστές, δηλαδή για χρήστες που δεν έχουν μεγάλες ανάγκες για ταχύτητα, αλλά η ταχύτητα της ISDN δεν τους είναι αρκετή. Είναι μια πιο ήπια μορφή της ADSL τεχνολογίας και προσφέρει ταχύτητες περίπου 30 φορές μεγαλύτερες από τα αναλογικά modem που δουλεύουν στα 56 k. Με λίγα λόγια επιτυγχάνει ταχύτητες για downstream κοντά στα 1,5 Mbps και γύρω στα 500 kbps για upstream. Το G.lite αποτελεί ένα πρότυπο της ITU (ITU G.992.2) παγκόσμια προτυποποιημένο. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του είναι ότι η εμβέλεια του που φτάνει περίπου τα 8 km για διάμετρο καλωδίου 0.5 mm. Ένα άλλο και ίσως πιο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν υπάρχει ανάγκη για τοποθέτηση splitter στο χώρο του συνδρομητή και έτσι δεν είναι αναγκαία η αποστολή στο συνδρομητή κάποιου ειδικευμένου συνεργείου για την τοποθέτηση του, με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος εγκατάστασης που θα ήταν αναγκασμένος να πληρώσει ο συνδρομητής. Επιπλέον το G.lite αποτελεί μια ιδανική λύση για οικιακούς χρηστές internet, καθώς οι ταχύτητες που επιτυγχάνει είναι πολύ ικανοποιητικές για μικρούς χρηστές.

6.2.5.2 RADSL(rate-adaptive DSL)

Το RADSL όπως απορρέει από το όνομά του, μπορεί να μεταβάλει την ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή το modem του έχει την δυνατότητα να ρυθμίσει την ταχύτητα μετάδοσης σύμφωνα με την ποιότητα της γραμμής. Δηλαδή αν η γραμμή είναι αρκετά μεγάλη σε μήκος ή η διάμετρος καλωδίου είναι αρκετά μικρή, τότε το modem αυτόματα μειώνει την ταχύτητα μετάδοσης. Είναι χρήσιμο κυρίως σε γραμμές με μήκη μεγαλύτερα των 4km και πρόκειται για μια μη προτυποποιημένη έκδοση ADSL. Σημειώνουμε επίσης ότι το προτυποποιημένο ADSL δίνει την δυνατότητα στο modem του να μεταβάλει την ταχύτητα σύμφωνα με τις δυνατότητες της γραμμής.

6.2.6 Κατάσταση αγοράς της τεχνολογίας ADSL

Τα ADSL modem έχουν ελεγχθεί και έχουν περάσει επιτυχώς τον έλεγχο από τουλάχιστον 30 τηλεφωνικές εταιρίες σε Ευρώπη και Αμερική και χιλιάδες γραμμές έχουν εγκατασταθεί σε διάφορες πειραματικές δοκιμές και στις δυο ηπείρους. Ένας μεγάλος αριθμός τηλεφωνικών εταιρειών σχεδιάζει την αγορά του συστήματος ADSL, κυρίως για την μεταγωγή δεδομένων, αλλά και για βίντεο και άλλες εφαρμογές, όπως υπηρεσίες αγοράς μέσω internet, interactive παιχνίδια και για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Οι εταιρείες κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και κατασκευής τηλεπικοινωνιακού υλικού παρουσίασαν πομποδέκτες για ADSL οι οποίοι ήδη έχουν δοκιμαστεί. Αυτοί οι πομποδέκτες συνδυάζουν off-the-self στοιχεία, προγραμματιζόμενους ψηφιακούς επεξεργαστές σήματος και custom ASICs (applicatin speciffic intergrated cirrcuits). Συνεχείς έρευνες πάνω στους πομποδέκτες αυτούς (modem, DSLAM) από τις εταιρείες αυτές, έχουν αυξήσει την λειτουργικότητα τους και έχουν μειώσει την κατανάλωση ενέργειας και το το κόστος τους, ευνοώντας την ευρεία διάδοση της ADSL τεχνολογίας και όλων των υπηρεσιών που μπορεί να παρέχει αυτή.

6.2.7 Προβλήματα της τεχνολογίας ADSL .

6.2.7.1 Η ανεύρεση των επαγωγικών φορτίων

Τα φορτισμένα πηνία (loading coils) είχαν αρχικά χρησιμοποιηθεί εξισωτές απόσβεσης, δηλαδή για να είναι η απόσβεση σε κάθε συχνότητα σταθερή, ώστε να μην υπάρχει παραμόρφωση στο σήμα. Αυτά τα πηνία εμποδίζουν την μετάδοση κάθε DSL υπηρεσίας από την γραμμή όπου έχουν εγκατασταθεί, μειώνοντας το εύρος ζώνης το οποίο επιτρέπουν να διέλθει.

6.2.7.2 Μέτρηση του μήκους της γραμμής

Όλες οι xDSL επηρεάζονται από το μήκος της γραμμής. Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερο το μήκος της γραμμής, τόσο μικρότερο bitrate μπορούμε να επιτύχουμε στην γραμμή αυτή.

6.2.7.3 Η ανεύρεση bridged taps

Η ύπαρξη μιας ή παραπάνω bridged tap, όπως και το μήκος της επηρεάζει κατά πολύ την απόδοση μιας γραμμής στην παροχή ADSL υπηρεσιών.

6.2.7.4 Μέτρηση του θορύβου

Ο θόρυβος από την παρουσία άλλων συσκευών που χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων επηρεάζει την απόδοση της υπηρεσίας ADSL και θα πρέπει να γίνεται η μέτρηση αυτών των παρεμβολών. Ο θόρυβος μέχρι τα 1,1MHz είναι αυτός ο οποίος προκαλεί προβλήματα στην ADSL και η παρουσία T1 η οποία μπορεί να επηρεάσει κατά πολύ κάποιες ADSL γραμμές.

Κεφάλαιο 7

Συμμετρική τεχνολογία HDSL

7.1 Συμμετρικές τεχνολογίες DSL

Σε αυτήν την κατηγορία DSL εντάσσονται οι τεχνολογίες που προσφέρουν τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης και στα δύο ρεύματα. Έτσι αυτές οι τεχνολογίες είναι πιο αποδοτικές όταν χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές τοπικών δικτύων LANs (Local Area Network), video-conferencing και φιλοξενίας τοπικών web sites, τηλεεκπαίδευσης, τηλεϊατρικής και τέλος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τηλεεργασία που απαιτούν συμμετρική μετάδοση δεδομένων δηλαδή η ταχύτητα με την οποία κατεβάζει κάποιος (downstream) να είναι ίδια με την ταχύτητα που αποστέλλει (upstream). Για να είναι η ταχύτητα upstream και downstream ίδια απαιτείται να έχουν ίδιο εύρος ζώνης και για αυτό καλούνται συμμετρικά DSL. Οι σπουδαιότερες συμμετρικές DSL τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα είναι οι ακόλουθες:

7.1.1 SDSL (Symmetric DSL)

Πρόκειται για μια εκδοχή της συμμετρικής DSL τεχνολογίας που απευθύνεται κυρίως σε ιδιώτες και επιτυγχάνει να προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης από 128 Kbps έως και 2.32 Mbps. Στην SDSL τεχνολογία χρησιμοποιείται η διαμόρφωση 2B1Q του HDSL με διεπαφή τύπου Ethernet στο κομμάτι του χρηστή. Μειονέκτημα ως προς το SHDSL είναι ότι έχει μικρότερη εμβέλεια και αντοχή σε παρεμβολές.

7.1.2 HDSL (High Data-Rate DSL)

Πρόκειται για ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε από την ETSI (ETR 152) και την ITU (ITU G.991.1), ως μια πιο οικονομική λύση που θα μπορούσε να προσφερθεί εναλλακτικά σε όσους επιθυμούν T1 και E1 συστήματα. Το σύστημα HDSL μπορεί να επιτύχει ρυθμούς μετάδοσης από 1.5 Mbps έως και 2.3Mbps αλλά δεν μπορεί να προσφέρει την standard τηλεφωνική υπηρεσία στην ίδια γραμμή. Στην τεχνολογία

αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν από 1 έως και 3 ζεύγη συνεστραμμένων χάλκινων καλωδίων.

7.1.3 HDSL2 (2nd Generation HDSL)

Πρόκειται για ένα πρότυπο της ANSI παρόμοιο με το HDSL με μεγάλη όμως διάφορα ως προς το ότι για να επιτύχει τον ρυθμό μετάδοσης των 1.5Mbps το HDSL χρειάζεται 2 ζεύγη καλωδίων ενώ το HDSL2 χρειάζεται μόνο ένα ζεύγος. Το HDSL2 μας παρέχει σταθερό ρυθμό μετάδοσης 1.5Mbps και στις δύο κατευθύνσεις και χρησιμοποιεί κωδικοποίηση TC-PAM (Trellis-Coded PAM). Τέλος όπως και η HDSL έτσι και η HDSL2 δεν προσφέρει την standard τηλεφωνική υπηρεσία στην ίδια γραμμή.

7.1.4 SHDSL (Single-pair High-bit-rate DSL)

Πρόκειται για ένα πρότυπο της ITU και αποτελεί την πιο προηγμένη τεχνολογία συμμετρικού DSL. Το σύστημα αυτό, ως το πιο προηγμένο, έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συστήματα HDSL και SDSL. Το βασικότερο πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να λειτουργεί σε διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης από τα 192Kbps μέχρι και τα 2.3Mbps, ενώ ένα άλλο εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα που έχει σε σχέση με άλλα συμμετρικά DSL συστήματα είναι η μεγαλύτερη εμβέλεια και αντοχή σε παρεμβολές. Το σύστημα αυτό όπως και τα περισσότερα συμμετρικά DSL απευθύνεται κυρίως σε επιχειρήσεις και όχι σε απλούς χρηστές.

7.2 HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line)

Η τεχνολογία HDSL αναπτύχθηκε για να ξεπεράσει τους περιορισμούς που έθεταν τα πρώτα ψηφιακά συστήματα μετάδοσης (T1 και E1). Οι περιορισμοί αυτοί προϋπέθεταν μεταξύ άλλων μια μέγιστη απόσταση μεταξύ των επαναληπτών (repeaters) της τάξης των 1,8Km και την κατάλληλη διαμόρφωση της γραμμής (line conditioning).

Στα συστήματα αυτά το καλώδιο χαλκού χρειάζεται ειδική επεξεργασία, ώστε να καθίσταται δυνατή η ψηφιακή μετάδοση, διαδικασία η οποία χρειάζεται ειδικό εξοπλισμό και εξειδικευμένο προσωπικό με άμεσο επακόλουθο την αύξηση του συνολικού κόστους. Έτσι η τεχνολογία HDSL ήρθε να αντικαταστήσει τα συστήματα αυτά παρέχοντας πιο συμφέρουσες –τεχνολογικά και οικονομικά– λύσεις εγκατάστασης δικτύων ταχείας μετάδοσης δεδομένων (high speed data transmission circuits).

Όμως η απαίτηση που υπήρξε για εγκατάσταση 3 ζευγών καλωδίων (3-pair HDSL) αύξανε το κόστος εγκατάστασης και περιόριζε κατά πολύ την δυνατότητα εξάπλωσης της στην αγορά. Το κόστος που απαιτείτο για τοποθέτηση καινούργιων καλωδίων, εκμηδένιζε ουσιαστικά το βασικό πλεονέκτημα για το οποίο αναπτύχθηκαν τα DSL, δηλαδή το ότι δεν υπήρχε ανάγκη επανατοποθέτησης καλωδίων από τα CO στον καταναλωτή. Λόγω αυτού του αυξημένου κόστους είναι αρκετά περιορισμένος και ο αριθμός των πιθανών πελατών, άρα και το κέρδος από την ανάπτυξη αυτού του κομματιού της τεχνολογίας. Έτσι οι εταιρείες ανέπτυξαν δυο άλλα συστήματα τα 1-pair-HDSL και 2-pair-HDSL, τα οποία όντως ήταν πιο οικονομικά στην εγκατάσταση από το 3 pair-HDSL, αλλά αντιμετώπιζαν προβλήματα με την εμβέλεια, καθώς η απόσβεση που παρουσίαζαν αυτά τα συστήματα ήταν πολύ υψηλή και αρκετή για να τα κάνει αντιοικονομικά.

Έτσι η ANSI οδηγήθηκε στην ανάγκη να προτυποποιήσει μια δεύτερη γενιά συμμετρικών συστημάτων DSL, τα HDSL2. Το σύστημα αυτό είχε μεγαλύτερη εμβέλεια από όλα τα προηγούμενα συμμετρικά συστήματα, γεγονός που έκανε πιο εύκολη την διείσδυση και επικράτηση στην αγορά των συμμετρικών τεχνολογιών DSL. Ωστόσο δεν έλλειπαν ούτε από αυτό ορισμένα προβλήματα. Το βασικότερο πρόβλημα και αυτό που ουσιαστικά υπήρξε τροχοπέδη στην περαιτέρω εξάπλωση του HDSL2, ήταν ότι δεν μπορούσε να προσφέρει μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης, ισοσκελίζοντας έτσι στον καταναλωτή τα διάφορα πλεονεκτήματα που προσέφερε ως προς την χαμηλή τιμή και την μεγάλη εμβέλειά του. Η δυσκολία που είχαν όλα τα HDSL συστήματα να ικανοποιήσουν τον καταναλωτή όσον αφορά το κόστος ή την εμβέλεια ή την απόδοση, οδήγησε τις εταιρείες να αναπτύξουν μια εντελώς νέα

τεχνολογία στις συμμετρικές DSL στην οποία να περιλάβουν όλα τα πλεονεκτήματα που είχε κάθε μια από τις HDSL, όπως το χαμηλό κόστος εγκατάστασης, το μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης, τη μεγάλη εμβέλεια, τη χαμηλή ισχύ εκπομπής και τέλος την αξιοπιστία στη μετάδοση δεδομένων και έτσι προτυποποίησαν ένα καινούργιο σύστημα το οποίο διέφερε αρκετά από τα προγενεστέρα, το SHDSL.

7.3 SHDSL (Single pair HDSL)

Η τεχνολογία SHDSL (Single-pair high-speed DSL) αποτελεί την πιο προηγμένη μορφή συμμετρικού DSL. Όπως όλες οι τεχνολογίες DSL έτσι κι αυτή εκμεταλλεύεται το υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο για παροχή υπηρεσιών ευρείας ζώνης. Ο λόγος ανάπτυξης της τεχνολογίας SHDSL ήταν η ανάγκη για οικονομική και αξιόπιστη μετάδοση πληροφορίας μέσα από το υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο. Το σύστημα SHDSL απευθυνόταν αρχικά σε επιχειρήσεις και όχι σε απλούς χρήστες, εξαιτίας της ανάγκης των επιχειρήσεων για υψηλές ταχύτητες τόσο σε upstream όσο και σε downstream. Ωστόσο με την πρόοδο της τεχνολογίας και τις αλλαγές στο εργασιακό περιβάλλον, καθώς ένα μέρος των εργαζομένων εργάζεται μακριά από την επιχείρηση (τηλε-εργασία), η SHDSL απευθύνεται πλέον και σε απλούς χρήστες, σε μικρότερο βέβαια ποσοστό σε σχέση με άλλες τεχνολογίες DSL.

Το σύστημα SHDSL χρησιμοποιεί ένα ζεύγος συνεστραμμένων καλωδίων χαλκού (twisted pair) και μπορεί να παρέχει μεταβλητούς ρυθμούς μετάδοσης μεταξύ των 192kbps και 2,3Mbps, ενώ παράλληλα προσφέρει και την κλασσική τηλεφωνική υπηρεσία. Η αρχιτεκτονική του συστήματος είναι παρόμοια με όλα τα υπόλοιπα συστήματα DSL. Γενικά χρησιμοποιούνται δύο modem, ένα στην αρχή της γραμμής (DSLAM) κι ένα στο τέλος της (απλό DSL-modem). Τα modem αυτά έχουν σχεδιαστεί να εκμεταλλεύονται το μέγιστο δυνατό εύρος ζώνης του μέσου διάδοσης, το οποίο είναι πολύ μεγαλύτερο από το σύνηθες εύρος ζώνης των κλασσικών αναλογικών modem.

Η ITU έχοντας ήδη την εμπειρία από προηγούμενα DSL καθιέρωσε το πρότυπο του SHDSL, το οποίο μπορεί να λειτουργεί είτε με ένα είτε με δυο ζεύγη καλωδίων, και να μπορεί να προσφέρει μεταβλητούς ρυθμούς μετάδοσης από 192

Kbps έως και 2.36 Mbps όταν πρόκειται για ένα μόνο ζεύγος καλωδίων, και από 384Kbps έως και 4,64 Mbps όταν πρόκειται για 2 ζεύγη καλωδίων. Η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται στα SHDSL συστήματα είναι TC-PAM (Trellis Coded PAM).

Για το σύστημα SHDSL υπάρχουν κάποιοι επιτρεπόμενοι ρυθμοί μετάδοσης οι οποίοι κυμαίνονται από τα 192Kbps έως και τα 2.312Mbps και έχουν βήμα 8Kbps για το σύστημα με το μόνο ζεύγος καλωδίων. Οι επιτρεπόμενοι ρυθμοί δίνονται από τον παρακάτω αλγόριθμο:

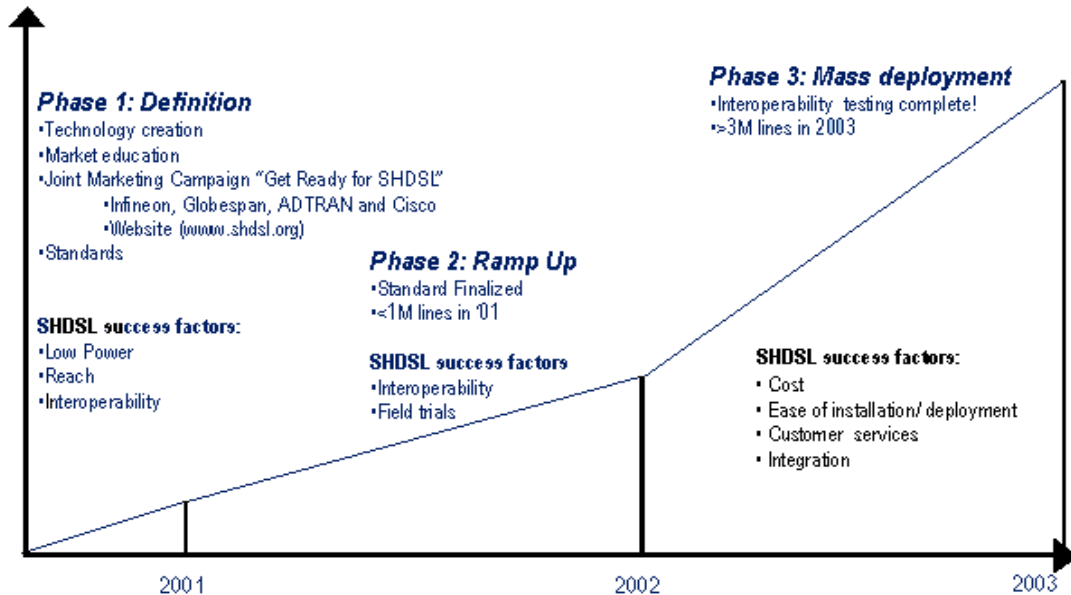
$$n \times 64 + i \times 8 \text{ kbit/s} \quad \text{όπου } 3 \leq n \leq 36 \text{ και } 0 \leq i \leq 7.$$

Για $n=36$ το i παίρνει τιμές ανάμεσα 0 και 1. Για το σύστημα με τα δύο ζεύγη καλωδίων οι ρυθμοί μετάδοσης που κυμαίνονται από τα 384Kbps έως τα 4.624Mbps έχουν το διπλάσιο βήμα από το μονό ζεύγος άρα έχουν βήμα 16Kbps.

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα που έχουν τα συστήματα SHDSL είναι ότι είναι multi-rate, κάτι πολύ βασικό για το σύστημα αυτό, καθώς με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η βέλτιστη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Επίσης αλλά πλεονεκτήματα που έχουν τα SHDSL είναι η πολύ καλή απόδοση, δηλαδή χαμηλή εξασθένηση και άρα μεγάλη εμβέλεια, η φασματική συμβατότητα (χρησιμοποιεί φάσμα βασικής ζώνης μέχρι τα 400 KHz), η χαμηλή ισχύς μετάδοσης, κάτι που μειώνει και τις παρεμβολές που προκαλεί, το ότι παρουσιάζει μεγάλη αναισθησία σε τυχούσες παρεμβολές και τέλος ο μεταβλητός ρυθμός μετάδοσης. Επίσης ένα άλλο πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που προκύπτει από την χρήση του SHDSL είναι ότι το SHDSL θα είναι συμβατό με ADSL με την έννοια ότι στα ίδια μηχανήματα θα μπορούν να προσαρμόζονται είτε SHDSL κάρτες είτε ADSL κάρτες, γεγονός που κάνει πιο εύκολη, πιο οικονομική και πιο ευέλικτη την διάδοση του στους χρήστες και στις εταιρείες.

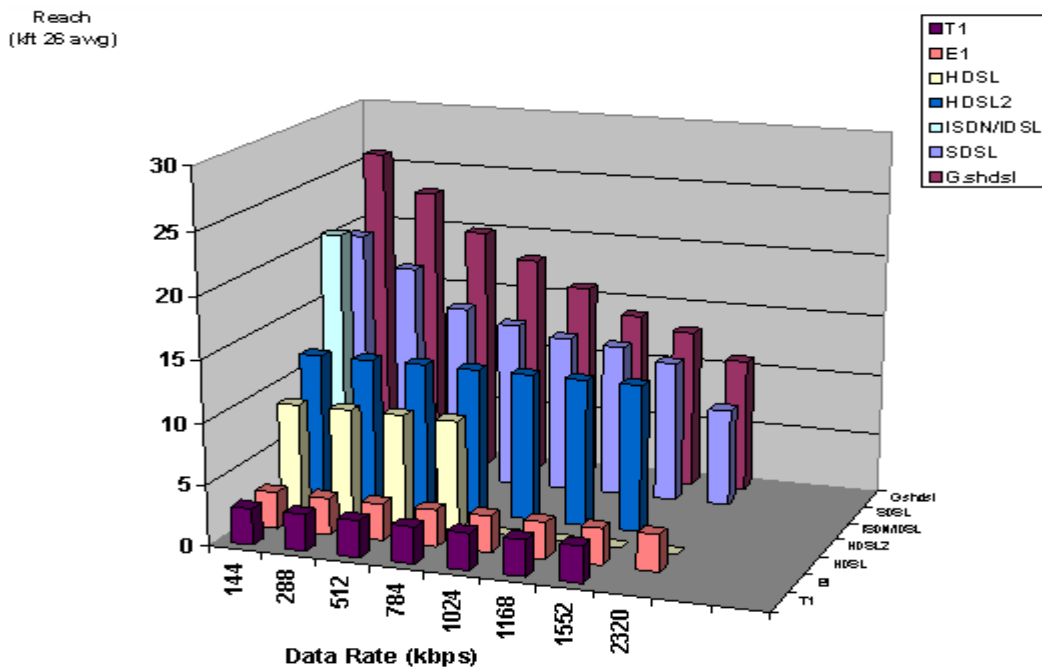
Είναι σχεδόν βέβαιο ότι στα χρόνια που έρχονται η τεχνολογία SHDSL θα επικρατήσει και θα αντικαταστήσει πλήρως τα προηγούμενα συστήματα συμμετρικών DSL που έχουν ήδη εγκατασταθεί. Η παγκόσμια τάση, όπως και ο σχεδιασμός που αναμένεται να ακολουθήσει ο ΟΤΕ στην χώρα μας, είναι η παροχή

των SHDSL και ADSL σε μικρούς και μεγάλους πελάτες. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την χρονική εξέλιξη του πρότυπου SHDSL από την στιγμή που προτυποποιήθηκε μέχρι και τις μελλοντικές εκτιμήσεις για τις δόκιμες διαλειτουργικότητες .



Σχ.7.1.Χρονική εξέλιξη πρότυπου SHDSL

Ακολουθεί και ακόμα ένα σχήμα στο οποίο βλέπουμε ένα τρισδιάστατο γράφημα των διάφορων ρυθμών μετάδοσης και εμβέλειας του SHDSL και διαφόρων άλλων συμμετρικών συστημάτων μετάδοσης χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο ίδιας διαμέτρου για όλα τα συστήματα (26AWG: American Wire Gauge = 0.4mm διάμετρος). Είναι φανερή η υπεροχή του SHDSL έναντι των άλλων συμμετρικών τεχνολογιών μετάδοσης όπως T1, E1, HDSL, HDSL2, IDSL/ISDN, SDSL, καθώς επιτυγχάνει να έχει στον ακριβώς ίδιο ρυθμό μετάδοσης μεγαλύτερη εμβέλεια για το ίδιο ακριβώς καλώδιο και για όλους τους ρυθμούς μετάδοσης από 144 Kbps έως και 2,32 Mbps.



Σχ.7.2.Ρυθμοί μετάδοσης και εμβέλεια του SHDSL

Αυτή η σαφέστατα βελτιωμένη εικόνα που έχει το SHDSL έναντι των προηγούμενων συμμετρικών συστημάτων οφείλεται στην κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται στο σύστημα αυτό δηλαδή την TC-PAM. Η κωδικοποίηση αυτή υποστηρίζει 3 bit για κάθε σύμβολο και ένα επιπλέον συνοδευτικό bit για κάθε σύμβολο. Έτσι χρησιμοποιώντας την κωδικοποίηση επετεύχθη μια μείωση στην πιθανότητα λάθους BER (Bit Error Ratio), ενώ το κέρδος κώδικα (coding gain) κατάφερε να φτάσει τα 5 db.

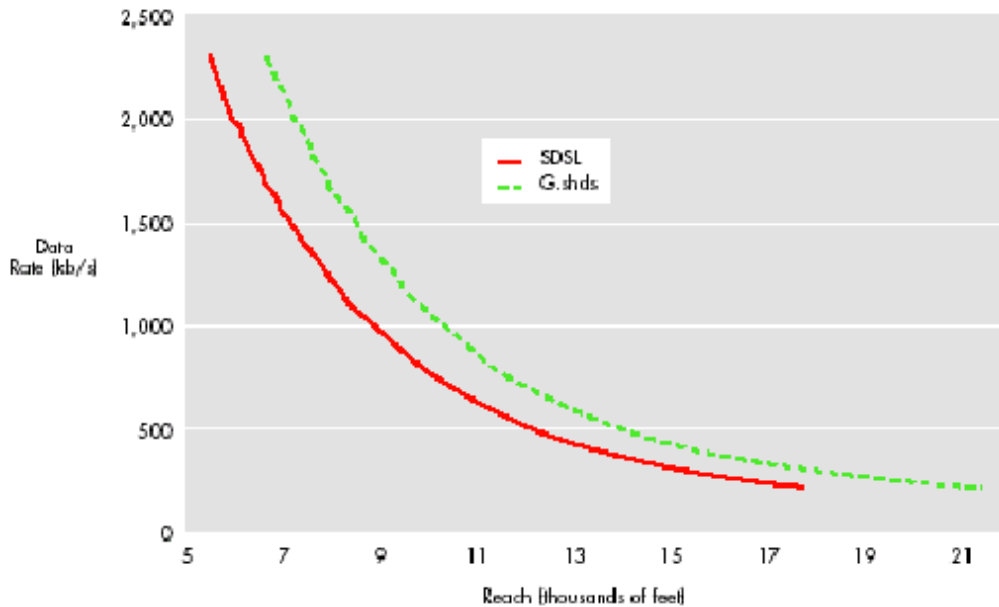
Επίσης ένα άλλο σημείο υπέρωσης του SHDSL έναντι των προγενέστερων συμμετρικών συστημάτων που πρέπει να τονίσουμε είναι η κατανάλωση ισχύος, η οποία είναι σημαντικά μικρότερη, ακόμη και από το πρότυπο HDSL2 της ANSI. Ο λόγος ισχύος peak-RMS, ενώ στο HDSL2 είναι 4.0, στο SHDSL είναι μόλις 2.9. Ακόμη ένα παράδειγμα της διαφοράς που υπάρχει είναι ότι στα 2,048 Kbps η μέγιστη ισχύς εκπομπής για το HDSL2 είναι 16 dbm για το σύστημα SHDSL είναι 14,5 dbm για τον ίδιο ακριβώς ρυθμό μετάδοσης. Αυτό συνεπάγεται μικρότερες παρεμβολές στα γειτονικά καλώδια, άρα πιο ευέλικτο και πιο «φιλικό» προς τα άλλα συστήματα.

Καλό θα ήταν και να αναφέρουμε μερικά νούμερα όσον αφορά την εμβέλεια του συστήματος SHDSL. Από μετρήσεις που έγιναν βρέθηκε ότι τα 2.3Mbps

μπορούν να επιτευχθούν σε απόσταση μεγαλύτερη των 3 χιλιομέτρων, ενώ στα 6Km ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να φτάσει τα 192Kbps με ένα μόνο ζεύγος καλωδίων 26AWG. Με 2 ζεύγη καλωδίων επιτυγχάνεται εμβέλεια της τάξης των 5Km. Πρέπει να σημειώσουμε επίσης ότι η χρήση των αναγεννητών (regenerators) για το σύστημα SHDSL είναι προαιρετική και τέλος ότι το SHDSL μπορεί με κάποιες μετατροπές να υποστηρίξει και Voice-Over-DSL.

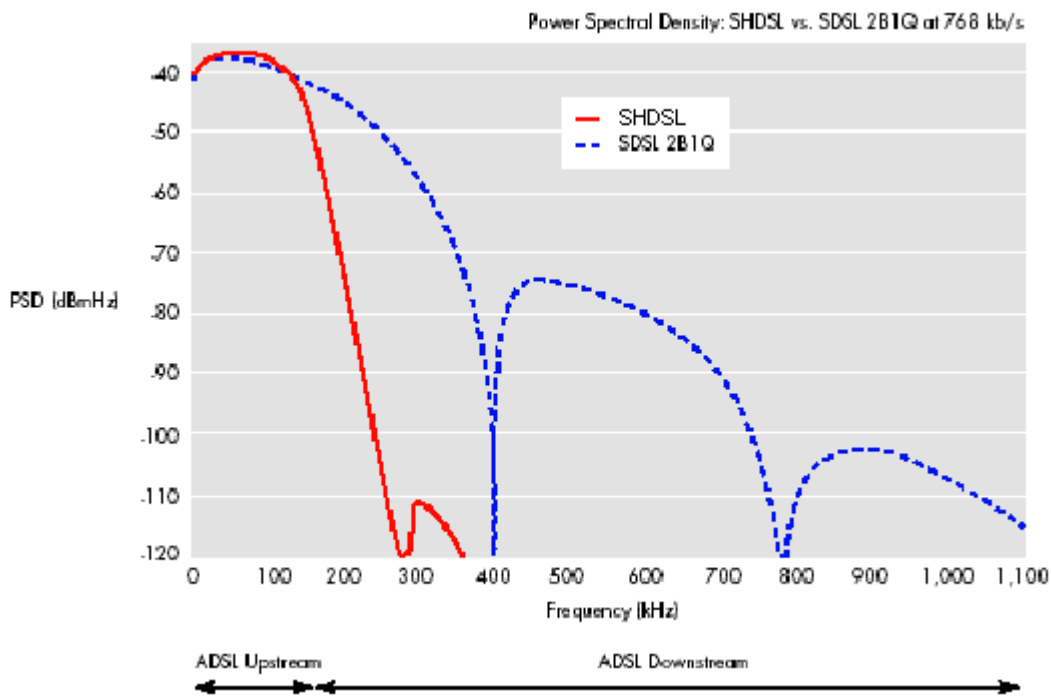
7.4 Γενικές διαφορές HDSL και SHDSL

Το HDSL είναι προγονός ουσιαστικά του SHDSL και όπως είναι φυσικό τα δυο αυτά συστήματα έχουν κάποιες διαφορές οι οποίες μας δείχνουν ουσιαστικά και την πρόοδο που επετεύχθη στην συγκεκριμένη τεχνολογία. Το σύστημα SHDSL κατάφερε να επιτύχει βελτίωση της ρυθμαπόδοσης κατά 35 % με 45 % για δεδομένη απόσταση εν συγκρίσει με τα προηγούμενα συμμετρικά συστήματα που είχαν εφαρμοστεί. Δηλαδή το SHDSL μπορεί να μεταδώσει κατά 0.35 – 0,45 περισσότερα δεδομένα σε μια συγκεκριμένη απόσταση από οποιαδήποτε άλλη συμμετρική τεχνολογία. Επίσης το SHDSL έχει για δεδομένη ρυθμαπόδοση 15 % με 20 % μεγαλύτερη εμβέλεια. Δηλαδή για την ίδια ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων τα SHDSL συστήματα μπορούν να μεταδώσουν 15% με 20% μακρύτερα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα διάγραμμα σύγκρισης της ρυθμαπόδοσης του SDSL και του SHDSL, όπου βλέπουμε μια σαφέστατη υπέροχη της νεότερης τεχνολογίας, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο.



Σχ.7.3.Διάγραμμα σύγκρισης ρυθμαπόδοσης του SDSL και SHDSL

Ακολουθεί και άλλο σχήμα στο οποίο υπάρχει άλλη μια σύγκριση ανάμεσα σε ένα SDSL σύστημα και σε ένα SHDSL σύστημα, όπου συγκρίνεται η φασματική πυκνότητα ισχύος PSD (Power Spectrum Density) για δεδομένο ρυθμό μετάδοσης (768Kbps). Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα αυτό μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητό γιατί το σύστημα SHDSL έχει φασματική συμβατότητα με τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία ADSL, καθότι αυτός είναι και ο σκοπός να εφαρμοστούν μαζί, σε αντίθεση με άλλες συμμετρικές DSL τεχνολογίες και πιο συγκεκριμένα αυτή του παραδείγματος, δηλαδή της SDSL, η οποία δημιουργεί υψηλά επίπεδα θορύβου λόγω της χρησιμοποίησης της κωδικοποίησης 2B1Q. Η SHDSL χρησιμοποιεί τον κώδικα γραμμής TC-PAM και έτσι μπορεί να προσαρμόζει την ταχύτητα γραμμής ανάλογα με τις συνθήκες που υπάρχουν στο βρόχο.

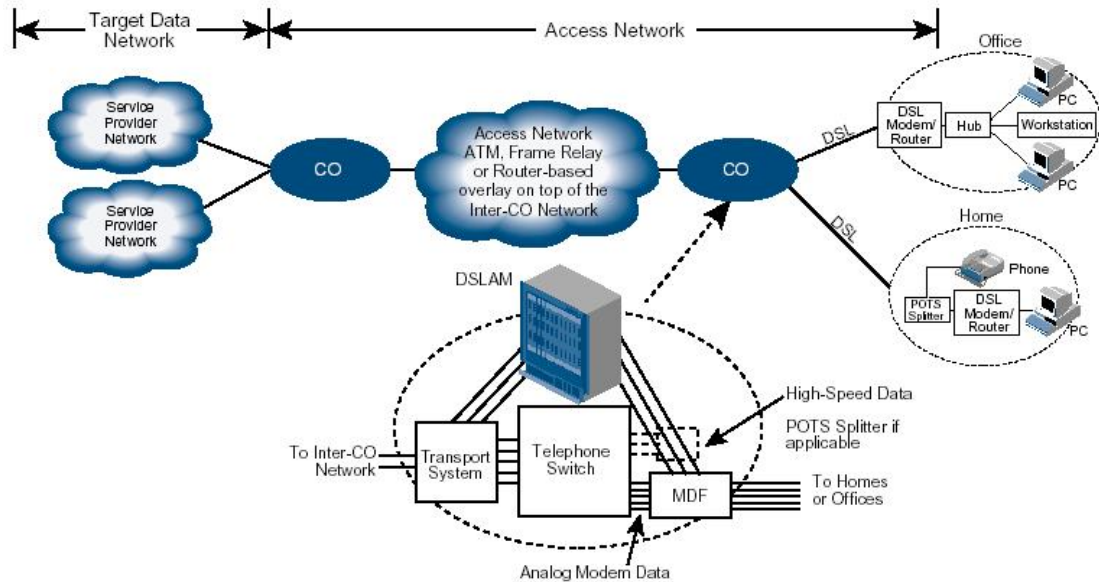


Σχ.7.4. Διάγραμμα σύγκρισης φασματικής πυκνότητας ισχύος PSD του SDSL και SHDSL

7.5 Αρχιτεκτονική δικτύου SHDSL-DSL

Γενικά η αρχιτεκτονική συστήματος SHDSL είναι παρόμοια με την γενική αρχιτεκτονική των τεχνολογιών DSL και όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω σχήμα, για την εγκατάσταση του συστήματος SHDSL είναι απαραίτητη η εγκατάσταση διάφορων τύπων δικτυακών συσκευών. Καταρχήν ένα SHDSL-modem το οποίο είναι από την πλευρά του χρηστή και το οποίο επικοινωνεί με ένα άλλο modem στην πλευρά της εταιρείας στα CO βέβαια για πρακτικούς καθαρά λόγους στο CO δεν υπάρχει 1 μόνο modem αλλά αρκετά μαζί και το οποίο ονομάζεται DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) και το οποίο για τα SHDSL θα μπορεί να είναι συμβατό και με ADSL δηλαδή θα μπορούνε να εγκαταστήσουν στο ίδιο DSLAM είτε ADSL είτε SHDSL συστήματα. Οι τερματικές μονάδες που είναι εγκαταστημένες είναι modems, routers IADs (Integrated Access Devices) και έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν ταυτόχρονα φωνή και δεδομένα.

Τα κομμάτια από τα οποία αποτελείται το σύστημα είναι:



Σχ.7.5. Αρχιτεκτονική δικτύου SHDSL-DSL

7.5.1 DSL Modem/Router

Είναι η συσκευή με την οποία ο τελικός χρήστης συνδέεται με τον DSL loop. Το DSL τερματικό σημείο είναι τυπικά 10Base-T, V.35, ATM, ή T1/E1. Γίνεται προσπάθεια τα DSL τερματικά σημεία (DSL endpoints) να εγκαθίστανται με μικρή ή καθόλου διαμόρφωση. Αποτέλεσμα της προσπάθειας αυτής, όπως πολλοί κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι τα modem τους είναι δυνατόν να εγκατασταθούν από τον χρήστη και είναι plug-and-play. Τέλος τα CPE (Customer Premises Equipment) τερματικά σημεία αναπτύσσονται με επιπρόσθετα ports για να υποστηρίζουν συγκεκριμένες εφαρμογές όπως RJ11 ports για υποστήριξη φωνητικών δεδομένων (IADs για Voice-Over-DSL υπηρεσίες), video ports για DSL-based video υπηρεσίες επιπρόσθετα δικτυακά interfaces όπως το HomePNA και το 802.11 Wireless Ethernet επιπρόσθετες λειτουργίες όπως γεφύρωση, δρομολόγηση, πολυπλεξία TDM ή ATM

7.5.2 POTS Splitters

Αυτές οι συσκευές παρέχονται ως προαιρετικός εξοπλισμός και τοποθετούνται στα CO και στο τέλος της γραμμής και διαχωρίζουν το DSL σήμα από το απλό τηλεφωνικό επιτρέποντας έτσι στη γραμμή να χρησιμοποιηθεί για ταυτόχρονη μετάδοση υψηλής ταχύτητας δεδομένων και τηλεφωνικής υπηρεσίας (εφόσον βέβαια ο συγκεκριμένος τύπος DSL το υποστηρίζει) και παρέχοντας πλήρη ανεξαρτησία του τηλεφωνικού σήματος από τυχόν προβλήματα στις DSL γραμμές

7.5.3 DSLAM πολλαπλών υπηρεσιών

Ο DSLAM στη ουσία είναι πολλά modem ενωμένα μαζί και η βασική δουλειά που κάνει συγκεντρώνει τα δεδομένα που προέρχονται από πολλά DSL modem και να τα κατευθύνει στο δίκτυο. Σε ορισμένες περιπτώσεις θα έχει την δυνατότητα να παρέχει και επιπρόσθετες υπηρεσίες όπως την δυνατότητα εκχώρησης δυναμικής IP διεύθυνσης όπου κάθε πακέτο θα πρέπει να εξεταστεί χρησιμοποιώντας το DHCP (Dynamic Host Control Protocol) για να σταλεί μετά στην σωστή διεύθυνση (DHCP-relay function). Ο DSLAM είναι δυνατόν να τοποθετηθεί και σε απομακρυσμένα τερματικά μακριά από το CO. Τέλος για τα SHDSL, γίνονται προσπάθειες το DSLAM να είναι συμβατό και με τα ADSL συστήματα ώστε το σύστημα να είναι πιο ευέλικτο και πιο οικονομικό

7.5.4 Σύστημα μεταφοράς (Transport System)

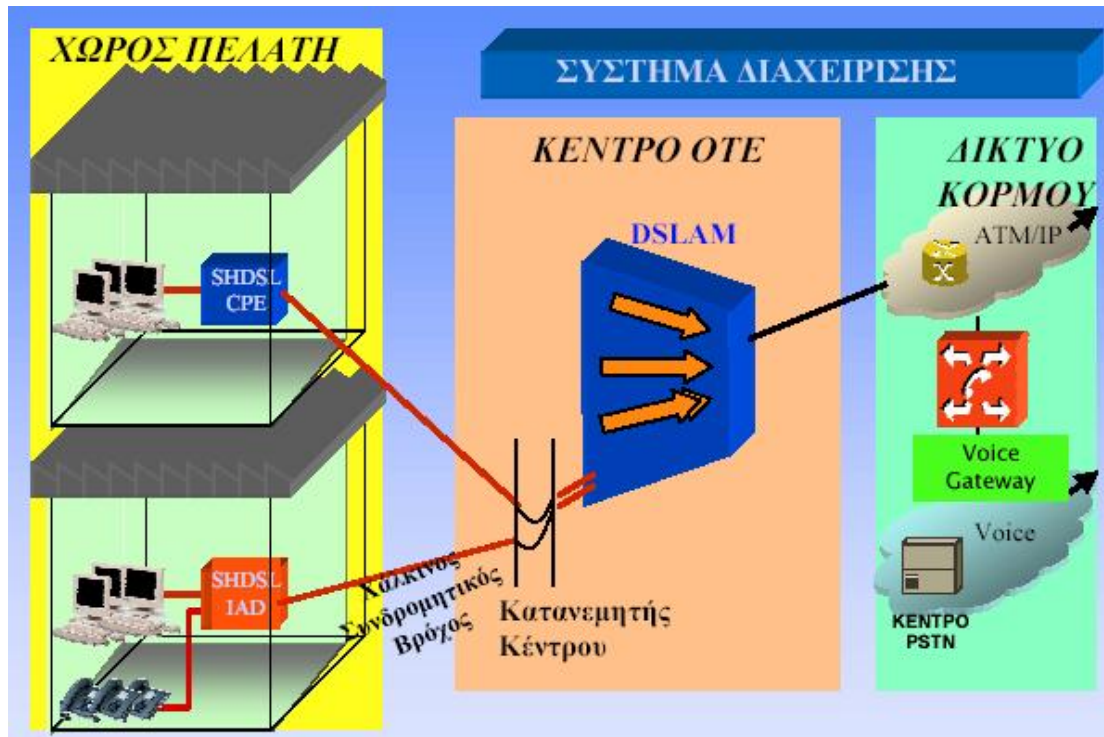
Αυτή η το κομμάτι του δικτύου όπου ουσιαστικά παρέχει την διεπαφή μεταξύ του DSLAM και του δικτύου κορμού. Έτσι παρέχει interfaces συγκεκριμένων υπηρεσιών όπως: T1/E1, T3/E3, OC-1, OC-3, OC-12, STS-1 και STS-3.

7.5.5 MDF (Main Distribution Frame)

Είναι το σημείο όπου όλοι οι τοπικοί βρόχοι τερματίζονται στο CO.

7.6 Εφαρμογές

Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε τα IAD και CPE στην πλευρά του τελικού χρήστη και το DSLAM στη μεριά του CO. Τα SHDSL DSLAM θα μπορούν να είναι συμβατά με τις τεχνικές TDM, ATM, Frame Relay και άλλα δικτυακά πρωτόκολλα.



Σχ.7.6.Χώρος πελάτη και σύστημα διαχείρισης

Οι συμμετρικές υπηρεσίες που θα προσφέρονται από το σύστημα SHDSL θα είναι κατάλληλες για ένα πλήθος εφαρμογών όπως η σύνδεση τοπικών δικτύων (LANs), video conferencing, διασύνδεση επιχειρήσεων με 4 έως 8 τηλέφωνα και σύνδεση internet κλπ τηλε-εκπαίδευση, τηλεϊατρική και γενικά υπηρεσίες που χρειάζονται ίση ταχύτητα upstream και downstream.

7.7 Προβλήματα των συμμετρικών DSL

Καταρχήν οι συμμετρικές γραμμές DSL μπορούν να πετύχουν ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων σημαντικά μικρότερες από ασύμμετρες DSL γραμμές πάνω στον ίδιο βρόχο και ο λόγος είναι ότι η μεγαλύτερη ευαισθησία στο crosstalk ή αλλιώς στον θόρυβο παρεμβολής.

Θόρυβος παρεμβολής ή θόρυβος διαφωνίας είναι ο θόρυβος που εισέρχεται μέσα στο καλώδιο από γειτονικά καλώδια. Υπάρχουν δυο κατηγορίες θορύβου παρεμβολής ο θόρυβος NEXT (near end crosstalk) και ο θόρυβος FEXT (far end crosstalk). Ο FEXT θόρυβος υπάρχει όταν σε μια γραμμή η παρεμβολή γίνεται από κάποια συσκευή η οποία εκπέμπει κοντά στον εκπομπό από όπου στέλνουμε το επιθυμητό σήμα και η παρεμβολή που προκαλεί, αν δεν υπάρχει κάποιος ιδιαίτερος λόγος, είναι μικρότερη από αυτή που προκαλεί ο NEXT. Τώρα αν σε ένα κέντρο όλα τα modem είναι ίδιας υπηρεσίας xDSL, π.χ. μόνο ADSL modem, τότε δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα γιατί ο πομπός μιας γραμμής δεν δημιουργεί θόρυβο σε δέκτη κάποιας άλλης γραμμής ίδιας υπηρεσίας DSL. Κάτι τέτοιο θα ήταν μια πολύ ιδανική κατάσταση, αλλά στην πράξη πολλά modem ADSL, SDSL, HDSL βρίσκονται μαζί και επειδή δεν έχουν όλα τις ίδιες συχνότητες εκπομπής και λήψης είναι δυνατό η μία συχνότητα εκπομπής ενός DSL modem να είναι συχνότητα λήψης κάποιου άλλου DSL modem άλλης υπηρεσίας, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ο θόρυβος NEXT. Ο θόρυβος NEXT είναι πολύ μεγαλύτερος σε ισχύ και ουσιαστικά είναι αυτός που δημιουργεί τα περισσότερα προβλήματα στις DSL γραμμές.

Το πρόβλημα στις συμμετρικές γραμμές DSL είναι ότι ο θόρυβος NEXT είναι πιο μεγάλος στις υψηλές συχνότητες μετάδοσης από ότι είναι στις πιο χαμηλές συχνότητες. Έτσι δεν υπάρχει η δυνατότητα που υπάρχει στις ασύμμετρες να περιορίσουμε το φάσμα λήψης του κέντρου (upstream) στις πιο ανεκτικές NEXT χαμηλές συχνότητες. Όσο για την άλλη κατεύθυνση την downstream δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα για θόρυβο NEXT γιατί δεν υπάρχει κανένα άλλο modem εκεί κοντά. Δηλαδή οι υψηλές συχνότητες που είναι πιο ευαίσθητες στο θόρυβο NEXT χρησιμοποιούνται για το downstream καθώς ο δεκτής του συνδρομητή δεν αντιμετωπίζει προβλήματα NEXT και οι χαμηλές στο upstream που είναι γενικά πιο αναισθητες στο NEXT. Έτσι μπορεί μόνο να εξηγηθούν οι μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων σε ίδιες αποστάσεις και γραμμές εν συγκρίσει με άλλες συμμετρικές τεχνολογίες DSL. Βέβαια υπάρχουν διάφορες άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούμε στις συμμετρικές γραμμές για να περιορίσουμε τον crosstalk που υπάρχει στις γραμμές.

Μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιούμε και βελτιώνει κάπως το όλο πρόβλημα στις συμμετρικές γραμμές DSL ονομάζεται echo cancellation. Ουσιαστικά ισχύει ότι αφού ο δεκτής ξέρει την κυματομορφή του μεταδιδόμενου συστήματος μπορεί με διάφορες τεχνικές να αφαιρέσει το μεταδιδόμενο σήμα από τα υπόλοιπα σήματα που παρεμβάλλονται στην γραμμή. Έτσι καταφέρνει να καθαρίσει το επιθυμητό σήμα και να πετύχει μικρότερο BER και άρα μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης αλλά παρόλα αυτά οι συμμετρικές DSL γραμμές υστερούν κατά πολύ σε ταχύτητα σε σχέση με τις ασύμμετρες DSL γραμμές.

Βιβλιογραφία

Πομπόρτσης Α., «Εισαγωγή στις νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών», εκδόσεις Α.Τζιόλα Ε.

Warland Jean, «Δίκτυα Επικοινωνιών», εκδόσεις Παπασωτηρίου

Kurose James – Ross Keith, «Δικτύωση Υπολογιστών», εκδόσεις Γκιούρδας

Proakis John – Salehi Masoud, «Συστήματα Τηλεπικοινωνιών», εκδόσεις Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών