



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΧDSL, ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΕΙ ΤΟ ADSL ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ADSL.**

ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ-ΧΡΗΣΤΟΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΑΛΛΙΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Μ.ΝΑΣΤΑΚΟΣ

ΣΠΑΡΤΗ 2012

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή αυτή θα ασχοληθούμε με την ανάλυση των λειτουργιών των κυριότερων τεχνολογιών DSL.

Στο Κεφάλαιο 2 θα περιγράψουμε την λειτουργία των συστημάτων DSL στο φυσικό μέσο.

Στο Κεφάλαιο 3 θα επεξεργαστούμε και θα ελέγξουμε εντατικά την αρχιτεκτονική ενός δικτύου DSL, καθώς και κάθε τμήμα αυτού ξεχωριστά όπως και την λειτουργία του καθενός απο αυτά.

Στο Κεφάλαιο 4 αναπτύσσονται οι συμμετρικές τεχνολογίες DSL. Θα εκθέσουμε τις κυριότερες εξ'αυτών και θα αναφερθούμε στις εφαρμογές τους καθώς και στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Στο Κεφάλαιο 5 θα αναλύσουμε την ασύμμετρη τεχνολογία ADSL και την κωδικοποίηση της και στα προβλήματα που αντιμετωπίζει κατά την εφαρμογή της.

Στο Κεφάλαιο 6 θα αναλύσουμε την ασύμμετρη τεχνολογία VDSL και την κωδικοποίηση της και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει κατά την εφαρμογή της.

Στο Κεφάλαιο 7 θα αναφερθούμε εκτενέστερα στην ασύμμετρη τεχνολογία VDSL 2, καθώς και στην ανάπτυξή της σε διάφορες χώρες.

Στο Κεφάλαιο 8 αναφερόμαστε σε προβλήματα που αντιμετωπίζουν γενικότερα τα συστήματα DSL σχετικά με το θόρυβο. Επίσης επισημένουμε διάφορα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα DSL συστήματα κατά την εφαρμογή τους. Τέλος, παρουσιάζονται και κάποιες διατάξεις μέτρησης των επιδράσεων των θορύβων.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 9 παρουσιάζουμε κάποιες μετρήσεις και αποτελέσματα της επεξεργασίας των συστημάτων ADSL.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 -ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>7</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΣΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ</b>	
2.1-Ορισμός Μέσους διάδοσης.....	10
2.2-Φυσικά και Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.....	10
2.3-Χαρακτηριστικά Crosstalk(NEXT-FEXT).....	12
2.4-Μη γραμμική μεταβολή χαρακτηριστικών στο πεδίο της συχνότητας.....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-ΔΙΚΤΥΟ DSL</b>	
3.1-Εισαγωγή.....	14
3.2-DSLModem-Remote + xDSLsplitter.....	16
3.3-Τερματικό Σημείο Δικτύου.....	18
3.4-Γραμμή μεταφοράς.....	18
3.5-DSLAM.....	19
3.6-Εξοπλισμός Δικτύου.....	20
3.7-Δρομολογητές.....	20
3.8- ATM Switch.....	21
3.9-Διαχείριση Δικτύου.....	22

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ DSL**

4.1- Συμμετρικές τεχνολογίες DSL.....	23
4.2-SDSL (SymmetricDSL).....	24
4.3-HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line).....	25
4.4-SHDSL (Single pair HDSL).....	26
4.4.1- Γενικές διαφορές HDSL και SHDSL.....	28
4.4.2- Αρχιτεκτονική δικτύου SHDSL-DSL και εφαρμογές.....	28
4.5- Προβλήματα των συμμετρικών γραμμών DSL.....	31

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5-ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ADSL**

5.1-Εισαγωγή.....	33
5.2- Ασύμμετρη Μετάδοση.....	34
5.3-ADSL modem.....	35
5.4-Εξοπλισμός.....	37
5.5-Λειτουργία του συστήματος ADSL.....	39
5.5.1- Διαμόρφωση CAP.....	40
5.5.2- Κωδικοποίηση DMT.....	40
5.5.3- Διαμόρφωση QAM.....	43
5.6- Υπηρεσίες που προσφέρονται από το σύστημα ADSL.....	45
5.7- Τεχνολογίες παρόμοιες με την ADSL.....	46
5.8- Προβλήματα της τεχνολογίας ADSL.....	47

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6- ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)**

6.1-Εισαγωγή.....	49
6.2-Απαιτήσεις και ταχύτητες.....	51
6.3-Είδη VDSL.....	53
6.3.1-Ασύμμετρες VDSL.....	54
6.3.2-Συμμετρικές VDSL.....	56
6.4-Υπηρεσίες που υποστηρίζουν τα συστήματα VDSL.....	57
6.5-Τρόποι υλοποίησης των VDSL.....	60
6.6-Έλεγχοι και προβλήματα κατά την εφαρμογή των VDSL.....	61

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VDSL 2 (Very High Speed Digital Subscriber Line 2)**

7.1-Εισαγωγή.....	63
7.2-Περιγραφή νέας τεχνολογίας VDSL 2.....	64
7.3-Διανυσματοποίηση.....	66
7.4-Ανάπτυξη VDSL 2.....	67

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΘΟΡΥΒΟΣ**

8.1-Εισαγωγή.....	81
8.2-Επαγωγικά φορτία.....	88
8.3-Μέτρηση του μήκους του βρόγχου.....	90
8.4-Ανίχνευση Bridgetap.....	92
8.5-Διαφωνία.....	94

8.6-Τεστ ισορροπίας του κυκλώματος και ατέλειες στα υλικά.....97

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 – ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ADSL**

9.1-Εισαγωγή.....	98
9.2-Περιγραφή των μετρήσεων.....	99
9.3-Γενικά αποτελέσματα των μετρήσεων.....	100
9.3.1-Εισαγωγή.....	103
9.3.2-Μέσες τιμές.....	104
9.3.2.1-Μέσες επιδόσεις ADSL-POTS FASTMODE-SIMULATOR.....	104
9.3.2.2-Μέσες επιδόσεις ADSL-POTS INTERLEAVED MODE-SIMULATOR...	105
9.3.2.3-Μέσες επιδόσεις ADSL-ISDN FASTMODE-SIMULATOR.....	106
9.3.2.4-Μέσες επιδόσεις ADSL-ISDN INTERLEAVED MODE-SIMULATOR...	107
9.3.4-Αναλυτική παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	108
9.3.4.1-Εισαγωγή.....	108
9.3.4.1.1-POTS FAST SIMULATOR (ATU-R).....	109
9.3.4.1.2- POTS FAST SIMULATOR (ATU-C).....	111
9.3.4.1.3-POTS INTERLEAVED SIMULATOR (ATU-R).....	113
9.3.4.1.4-POTS INTERLEAVED SIMULATOR (ATU-C).....	115
9.3.4.1.5-ISDN FAST SIMULATOR (ATU-R).....	117
9.3.4.1.6--ISDN FAST SIMULATOR (ATU-C).....	119
9.3.4.1.7- ISDN INTERLEAVED SIMULATOR (ATU-R).....	121
9.3.4.1.8- ISDN INTERLEAVED SIMULATOR (ATU-C).....	123
9.4-Σχολιασμός αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα.....	125
<b>Επίλογος-Βιβλιογραφία.....</b>	<b>129</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90 οι απαιτήσεις ενός χρήστη στο τηλεφωνικό δίκτυο και στις εφαρμογές αυτού ικανοποιούνταν αποκλειστικά με ένα χάλκινο καλώδιο. Στα τέλη της δεκαετίας του '80 έως τις αρχές της δεκαετίας του '90 παρατηρήθηκε η έντονη χρήση ενός μέσου μαζικής επικοινωνίας του Διαδικτύου ή αλλιώς Internet, καθώς και στην ποσότητα των δεδομένων που μεταφέρονται μέσω αυτού, κάτι που οδήγησε στην υποχρεωτική επίλυση των εταιριών για ευρεία και ταχύρυθμη μεταφορά δεδομένων. Οι πρώτες ιδέες είχαν σχέση με την χρήση μέσων μετάδοσης με μεγαλύτερο εύρος, για παράδειγμα οι οπτικές ίνες.

Η παραπάνω χρήση των οπτικών ινών κρίθηκε συμφέρουσα στις μεγάλες εταιρίες λόγω της μεγάλης μεταφοράς δεδομένων. Όσο αφορά τις μικρές εταιρίες ή μία απλή οικιακή χρήση η χρήση της κρίθηκε μη απαραίτητη μιας και μόνο ένα κομμάτι της χωρητικότητας της χρησιμοποιείται και το κόστος για τον απλό χρήστη ήταν αρκετά υψηλό σε σχέση με το όφελος που θα είχε από την χρήση της. Ο κυριότερος λόγος που οδήγησε στην εύρεση νέων τεχνολογιών ήταν το κόστος αλλαγής όλων των καλωδίων χαλκού που χρησιμοποιούνταν απο απλούς χρήστες, που θα ήταν τεράστιο. Η πρώτη τεχνολογία που αναπτύχθηκε ήταν οι ISDN(IntegratedServicesDigitalNetwork) γραμμές, οι οποίες επέτρεπαν την μεταφορά μέχρι 128kb/sec.

Οι γραμμές αυτές εφαρμόστηκαν την δεκαετία του '80 αλλά η ταχύτατη ανάπτυξη των υπολογιστών, του δικτύου και η παρόχη υπηρεσιών με μεγαλύτερο μέγεθος δεδομένων οδήγησε στην μη χρησιμότητα αυτών. Για αυτό οι εταιριες για να συμβαδίσουν με την αυξανόμενη ανάγκη μεταφοράς δεδομένων ανέπτυξαν την xDSL τεχνολογία (DigitalSubscriberLine).Η τεχνολογία xDSL έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την παροχη μονίμων τηλεπικοινωνιών συνδέσεων, με ταχύτητες διακίνησης δεδομένων πολλαπλάσιες σε σχέση με το κοινό dial-up και υλοποιείται χρησιμοποιώντας κοινές διασύρματα τηλεφωνικές γραμμές που καθιστούν δυνατή την μετάδοση φωνής, βίντεο και δεδομένων ταυτόχρονα. Μία εφαρμογή που πήρε τις ρίζες της απο την ISDN μόνο που στις xDSL γραμμές γίνεται μεγαλύτερη εκμετάλλευση του φάσματος που προσφέρει ένα χάλκινο ζεύγος καλωδίων απο τις ISDN γραμμές. Στο x μπορούμε να τοποθετήσουμε διάφορα γράμματα ανάλογα το είδος της γραμμής(συμμετρική- ασύμμετρη) και την ταχύτητα μεταφοράς της γραμμής. Εφαρμόστηκε πρώτα στις HDSL γραμμές που εφαρμόστηκαν την δεκαετία του '90 και

επέτρεπαν την μεταφορά από 1,5-2 Mb/s και οι SDSL γραμμές μεταχύτητα μεταφοράς γύρω στα 768kb/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 χρήστη (downstream), και η άλλη μισή χρησιμοποιείται για μεταγωγή δεδομένων προς το δίκτυο(upstream). Ανούσιο για τους απλούς χρήστες, μιας και θέλουν οι περισσότεροι να "κατεβάζουν" 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, με ταχύτητες upstream περίπου μέχρι 640 kbps και downstream από 1544 έως 8448 kbps και οι VDSL γραμμές το 1999 οι οποίες έχουν downstream ταχύτητα 13-52 Mbps και ταχύτητα μέχρι 2.3 Mbps.

Υπάρχουν διάφοροι στόχοι μέσω της εφαρμογής των τεχνολογιών DSL. Ένας από τους βασικότερους είναι η επίτευξη της βελτίωσης χωρητικότητας του συστήματος με λιγότερο κόστος, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως switchbypass, statistical multi-plexing (hardware device that provides a fail-safe access port for an in-line monitoring appliances such as an intrusion prevention system, type of communication link sharing) και η βέλτιστη χρήση των χάλκινων τηλεφωνικών καλωδίων που ήδη χρησιμοποιούνται. Βασικό πλεονέκτημα των υπηρεσιών αυτών είναι η μείωση του συνολικού φορτίου των συστημάτων voice switching με την κατεύθυνση της κίνησης των δεδομένων μέσω των DSL συστημάτων επιτυγχάνοντας την μείωση της απαιτούμενης επένδυσης σε εξοπλισμό voice switching συστημάτων για το συνολικό δίκτυο, αφού οι μεταφορές δεδομένων που χρησιμοποιούν voice switches επαναδρομολογούνται μέσω συγκεκριμένων <<αφωσιωμένων>> δικτύων δεδομένων.

Σε ένα σύστημα η χωρητικότητά του διακρίνεται μέσω της εξυπηρέτησης του στους πελάτες οποτεδήποτε εκείνοι επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες αυτού. Στα DSL συστήματα η χωρητικότητα καθορίζεται από την επιμέρους χωρητικότητα των καναλιών τοπικών βρόγχων, της διασύνδεσης του δικτύου και από την χωρητικότητα των συστημάτων με τα οποία συνδέεται ο πελάτης (Internet, Frame Relay κ.α).

Η συμβολή των τριών χωρητικοτήτων είναι πολύ σημαντική για τη συνολική χωρητικότητα του συστήματος. Αν, για παράδειγμα, ένας παροχέας ADSL υπηρεσιών παρέχει σύνδεση 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 system. Τέλος η χωρητικότητα του συστήματος θα είναι μειωμένη σε περίπτωση που δεν αφαιρεθούν από τις



γραμμές του συστήματος τα πηνία φόρτωσης (loading coils: coil that doesn't provide coupling to any other circuit) και οι λεγόμενες <<γέφυρες>> (bridged taps: long-used method of cabling for telephone lines) 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 χρήματα για αγορά εξοπλισμού, κάτι που κάνει ασύμφορο το συνολικό κόστος του εξοπλισμού του πελάτη (end user cost).

Ο στόχος ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος, όσο αναφορά τον οικονομικό τομέα, είναι να εξυπηρετεί ικανοποιητικά όσο το δυνατόν περισσότερους πελάτες με το μικρότερο δυνατό κόστος. Η ικανότητα αυτή καθορίζεται από τις δυνατότητες και την χωρητικότητα το συστήματος. Η χωρητικότητα του συστήματος επηρεάζεται από τον τύπο χρήσης του, τις μεθόδους πολλαπλής πρόσβασης, την αποτελεσματικότητα των καναλιών μετάδοσης και τον αριθμό των γραμμών που είναι εγκαταστημένες σε κάθε κόμβο του συστήματος.

Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε διεξοδικά με την ανάλυση των αρχών λειτουργίας των κυριότερων τεχνολογιών DSL. Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφεται το φυσικό μέσο πάνω στο οποίο λειτουργούν τα συστήματα DSL. Στο Κεφάλαιο 3 αναλύεται η αρχιτεκτονική ενός δικτύου DSL, καθώς και κάθε τμήματος ξεχωριστά. Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται και περιγράφονται οι κυριότερες συμμετρικές τεχνολογίες DSL, καθώς και στα προβλήματα που εμφανίζονται κατά την εφαρμογή τους. Στο Κεφάλαιο 5 αναλύονται με τον ίδιο τρόπο οι δύο ασύμμετρες τεχνολογίες DSL (ADSL και VDSL). Στο Κεφάλαιο 6 αναφερόμαστε γενικότερα στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα συστήματα DSL λόγω θορύβου καθώς και κάποιες διατάξεις μέτρησης των επιδράσεων των θορύβων. Τελος στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζουμε το πειραματικό μέρος με τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτών που διεξήχθησαν σε σύστημα ADSL. Έπειτα βρίσκεται ένα κομμάτι με τους προβληματισμούς της αγοράς με τα συστήματα αυτά και την εφαρμογή τους.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΣΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ**

#### **2.1 Ορισμός φυσικού μέσου διάδοσης**

Το φυσικό μέσο διάδοσης λέγεται αλλιώς DLL(DigitalLocalLine), πάνω στο οποίο λειτουργούν τα xDSLσυστήματα, το οποίο περιέχει ζεύγη καλωδίων με σκοπό την εξυπηρέτηση υπηρεσιών στους χρήστες του.

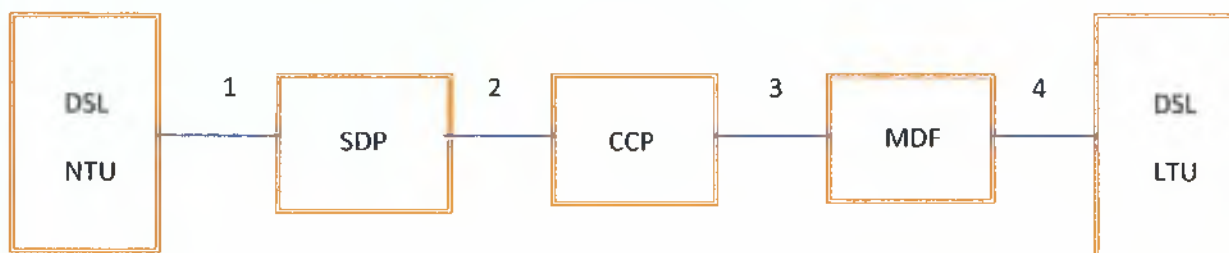
#### **2.2 Φυσικά και Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά**

##### **2.2.1**

Δομικά μία DLL περιέχει έναν ή περισσότερους τομείς καλωδίων που είτε διαχωρίζονται είτε διασυνδέονται μεταξύ τους. Το καλώδιο κατανομής έχει την εξής δόμηση:

- Σειρά από πολλούς τομείς καλωδίων διαφορετικής διαμέτρου και μήκους.
- Μέχρι 2 BTs (BridgedTaps) μπορούν να υπάρχουν σε διάφορα σημεία σε καλώδια εγκατάστασης και κατανομή.

Στην συνέχεια θα δούμε μία γενική περιγραφή ενός φυσικού μοντέλου DLL, καθώς και κάποια από τα καλώδια που χρησιμοποιούνται παρουσιάζοντας τα χαρακτηριστικά αυτών.



1: καλώδιο εγκατάστασης

3: κύριο καλώδιο

2: καλώδιο κατανομής

4: καλώδιο ανταλλαγής

	Καλώδιο ανταλλαγής	Κύριο καλώδιο	Καλώδιο κατανομής	Καλώδιο εγκατάστασης
<b>Διάμετρος (mm)</b>	0,5; 0,6; 0,32; 0,4	0,3 – 1,4	0,3 – 1,4	0,4;0,5; 0,6;0,8; 0,9;0,63
<b>Δομή</b>	SQ(B) or TP(L)	SQ(B) or TP(L)	SQ(B) or TP(L)	SQ or TP or UP
<b>Μέγιστος αριθμός ζευγών</b>	1200	2400(0,4mm) 4800(0,32mm)	600(0,4mm)	2(εναέρια) 600(οικία)
<b>Εγκατάσταση</b>		Υπόγεια σε αγωγούς	Υπόγεια ή εναέρια	Εναέρια ή σε αγωγούς
<b>Χωρητικότητα (nF/km στα 800Hz)</b>	55 - 120	25 - 60	25 - 60	35 - 120

Μόνωση	PVC, FRPE	PE, paper pulp	Paper, PE, CellPE	PE, PVC
TP: Twisted Pairs		PE: Polyethelene		
SQ: Star Quads		PVC: Polyvinylchloride		
UP: Untwisted Pairs		Pulp: Pulp of paper		
L: Layer		CellPE: Cellular Foam Polyethelene		
B: Bundles (units)		FRPE: Fire Resistant PE		
<p>Σημείωση: Ο πίνακας περιγράφει καλώδια που χρησιμοποιούνται ήδη σε τοπικούς βρόχους. Ενδέχεται να μην είναι όλα κατάλληλα DSL συστήματα.</p>				

### 2.2.2

Το σήμα όταν εκπέμπεται σε μία γραμμή DLL παραμορφώνεται λόγω του crosstalk, του θορύβου και της μη γραμμικής μεταβολής των χαρακτηριστικών μιας DLL με τη συχνότητα.

### 2.3 Χαρακτηριστικά Crosstalk(NEXT-FEXT)

Η ενέργεια που διαδίδεται μέσα στα χάλκινα καλώδια ως διαμορφωμένο σήμα διαχέεται εν μέρει και εκτός της κύριας γραμμής μεταφοράς με αποτέλεσμα να συλλέγεται και από γειτονικά καλώδια που ανήκουν στην ίδια ομάδα καλωδίων. Η σύζευξη αυτή ονομάζεται crosstalk. Μπορεί να δημιουργηθεί είτε από το ίδιο είτε από διαφορετικό σύστημα που χρησιμοποιούν κάποια κοινή περιοχή του φάσματος για να μεταδίδουν πληροφορία. Λογικό είναι να επηρεάζεται αρνητικά η απόδοση του συστήματος από τις παρεμβολές αυτές, αφού έχουν ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση των αρχικά μεταδιδόμενων σημάτων και την αύξηση της πιθανότητας λάθους κατά την αποδιαμόρφωση.

## **2.4 Μη γραμμική μεταβολή χαρακτηριστικών στο πεδίο της συχνότητας**

Τα κύρια χαρακτηριστικά που μεταβάλλονται μη γραμμικά σε σχέση με τη συχνότητα είναι :

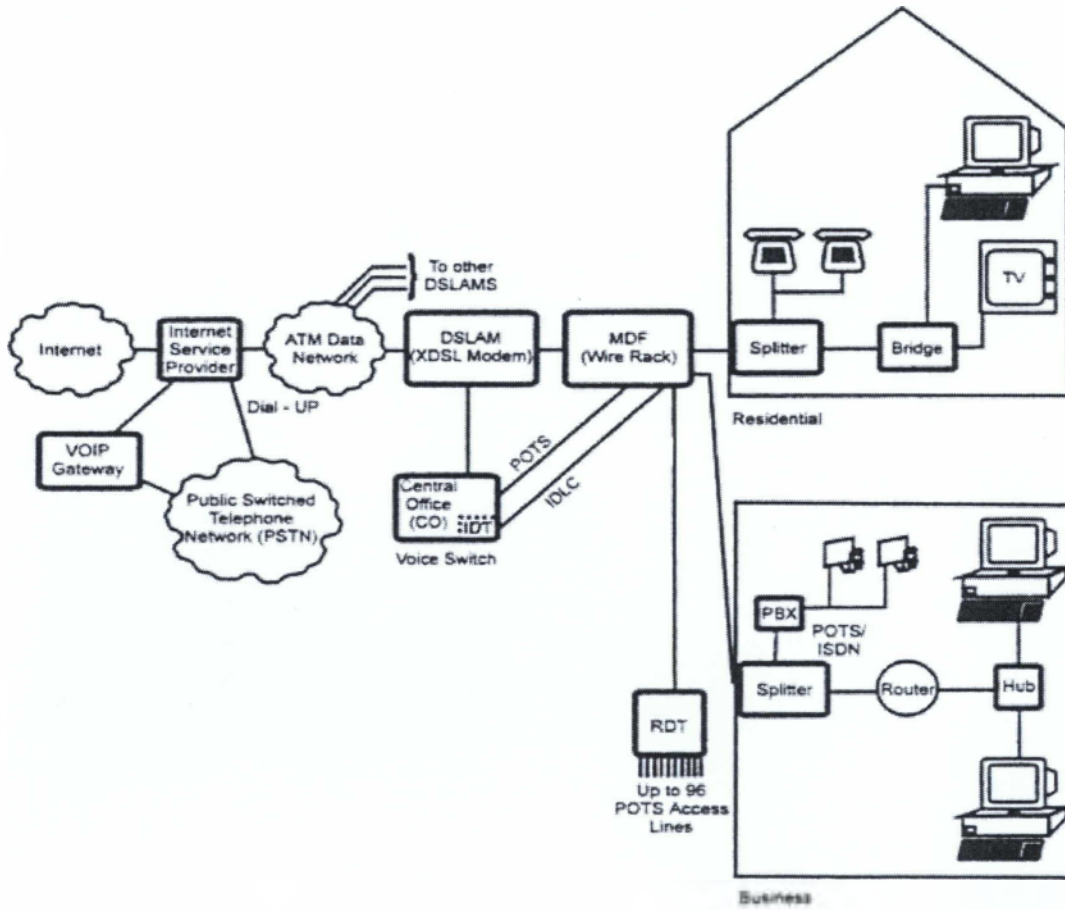
1. Το insertion loss
2. Η καθυστέρηση ομάδας(Groupdelay)
3. Η χαρακτηριστική αντίσταση (πραγματικό και φανταστικό μέρος)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΔΙΚΤΥΟ DSL

#### 3.1-Εισαγωγή

Σε ένα δίκτυο DSL, τα φυσικά του μέρη περιλαμβάνουν τη διάταξη πρόσβασης του συνδρομητή, τις γραμμές του δικτύου και αντάπτορες διασυνδεδεμένους στον εξοπλισμό του παροχής DSL. Στην άλλη πλευρά, συνδρομητής, το τμήμα του δικτύου ποικίλει από ένα απλό τερματικό μόντεμ που συνδέει έναν απλό χρήστη στο δίκτυο αυτό, έως ένα πολύπλοκο πολυκάναλο ATM σύστημα. Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να διακρίνουμε τα μέρη ενός τέτοιου δικτύου και πως αυτά λειτουργούν. Μπορούμε να διακρίνουμε επίσης ότι μέσω ενός DSL-μόντεμ ο εξοπλισμός του χρήστη προσαρμόζει σήματα(αναλογικά ή ψηφιακά) σε υψηλής ταχύτητας DSL-σήμα.



### 3.2-DSLModem-Remote +xDSLSplitter

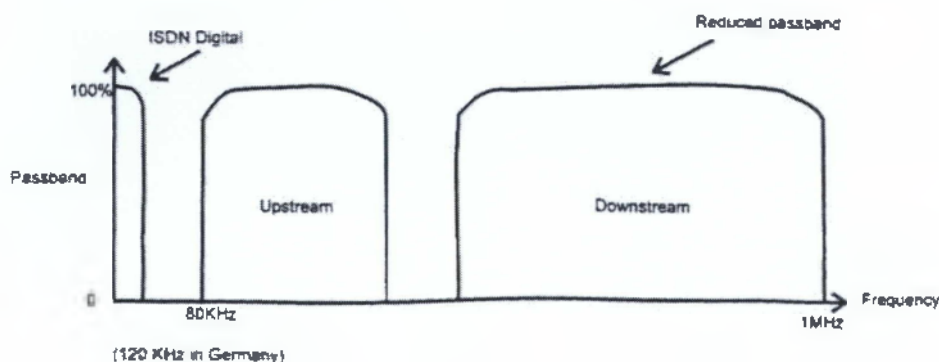
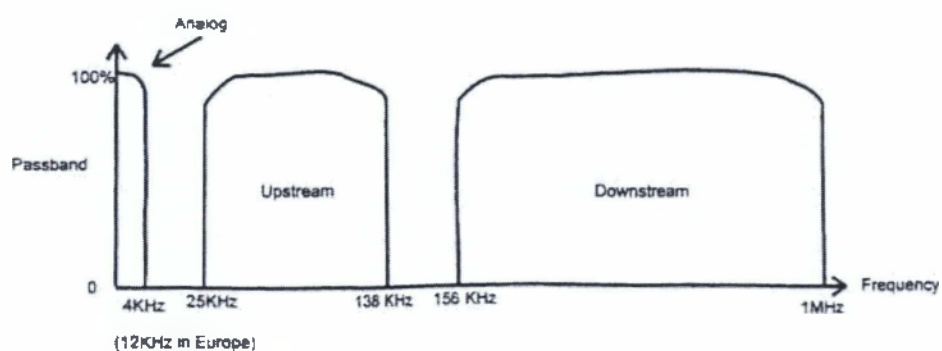
Ένα DSL-modem είναι ένα εξελιγμένο modem που μπορεί να λαμβάνει και να μεταδίδει υψηλής ταχύτητας δεδομένα (περίπου ως 60 megabits) σε συνεστραμμένο καλώδιο χαλκού (UTP). Το modem αυτό βρίσκεται συνήθως στο σπίτι του χρήστη ή στο γραφείο μιας επιχείρησης, ακριβώς όπως το ISDN-modem. Όταν αναφερόμαστε ειδικά στην ADSL τεχνολογία το modem λέγεται ATU-R (ADSLTranceiverUnit-Remote). Ένα ATU-R μπορεί να έχει τη μορφή μιας εσωτερικής κάρτας modem (PCibus), ενός εξωτερικού modem που συνδέεται στη θύρα USB ή τη μορφή συσκευής που μετατρέπει ADSL σήματα σε ένα 10BaseT ή 100BaseTEthernetform.



Το xDSL splitter είναι μια συσκευή που διαχωρίζει το xDSL σήμα σε τηλεφωνικό (φωνή) και σε σήμα data. Χρησιμοποιείται κυρίως στα συστήματα ADSL και VDSL.



Το splitter ξεχωρίζει το τηλεφωνικό σήμα από το υψηλής ταχύτητας σήμα πληροφορίας (data). Στις Ηνωμένες Πολιτείες η συχνότητα του απλού τηλεφωνικού σήματος (POTS) είναι ως 8kHz. Στην Ευρώπη το αντίστοιχο σήμα περιέχει και άλλα υψηλής συχνότητας σήματα και η συχνότητα ανέρχεται στα 12 kHz. Όταν το xDSL splitter λειτουργεί παράλληλα με σήματα ISDN, η μπάνα συχνότητων πρέπει να φτάνει ως τα 80kHz (120kHz για ISDN στη Γερμανία). Στο σχήμα 3.3-1 φαίνονται οι διαφορές στο εύρος συχνοτήτων για ένα ADSL splitter.



### **3.3-Τερματικό Σημείο Δικτύου(Network Termination[NT])**

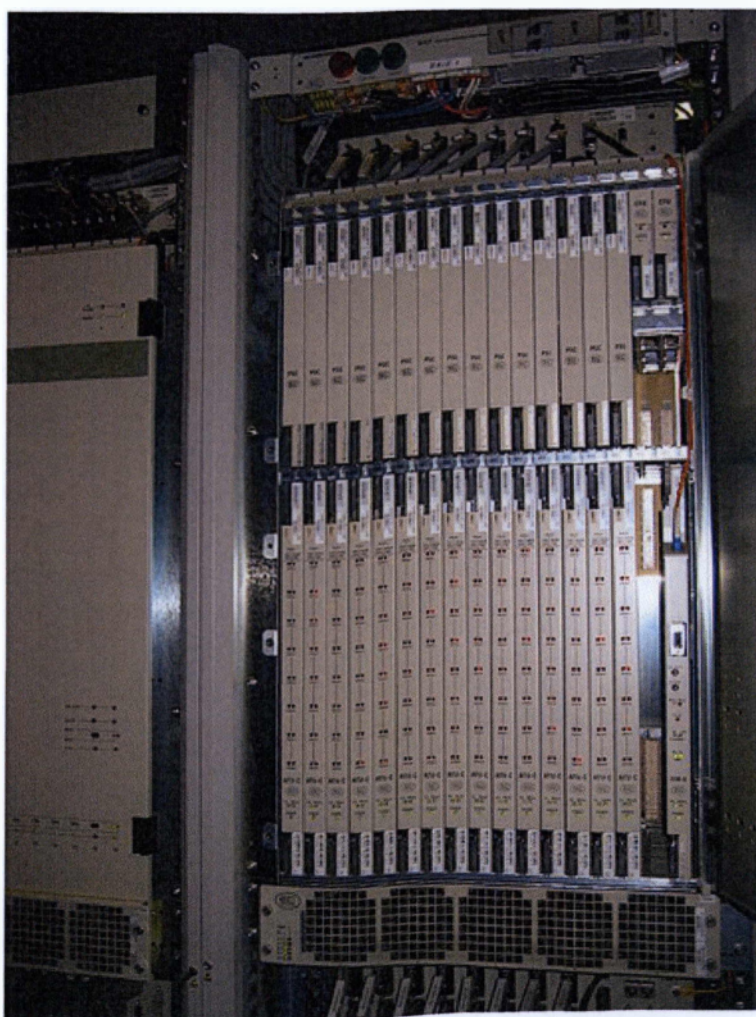
Είναι το τερματικό σημείο του δικτύου, το οποίο ανήκει συνήθως στον παροχέα των υπηρεσιών του δικτύου (π.χ. ο ΟΤΕ στην Ελλάδα). Ό,τι βρίσκεται από το σημείο αυτό και μετά, επιπλέον καλώδιο και εξοπλισμός, ανήκει συνήθως στον χρήστη. Ο εξοπλισμός αυτός είναι γνωστός ως CPE (Customer Premises Equipment). Το NT μπορεί να είναι είτε παθητική είτε ενεργητική συσκευή. Στην περίπτωση που είναι παθητική συσκευή απομονώνει το δίκτυο από τον τηλεφωνικό εξοπλισμό του χρήστη. Όταν είναι ενεργητική συσκευή το NT έχει τυπικές παραμέτρους που δίνουν τη δυνατότητα σε συγκεκριμένες συσκευές να επικοινωνούν ορθά με το δίκτυο.

### **3.4 Γραμμή μεταφοράς**

Η γραμμή μεταφοράς ενός xDSL συστήματος είναι ένα UTP καλώδιο, το οποίο περιλαμβάνει ζεύγη συννεστραμένων καλωδίων χαλκού που καλύπτονται από πλαστική μόνωση. Ο λόγος που είναι τα καλώδια συννεστραμένα είναι για να μειώνεται τα φαινόμενα παρεμβολών που εμφανίζεται σε αυτά. Τα UTP είναι τα πιο διαδεδομένα καλώδια που χρησιμοποιούνται σε τοπικούς βρόχους και σε computer LANs.

### 3.5 DSLAM

Το DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) περιλαμβάνει συνήθως μερικά DSL modem που επικοινωνούν με το τηλεφωνικό δίκτυο και τα modem των χρηστών μέσω του καλωδίου χαλκού. Το DSLAM συγκεντρώνει πολλαπλές ψηφιακές γραμμές σε ένα backbone δίκτυο, ώστε να τις διανείμει σε άλλα δίκτυα δεδομένων (π.χ. Internet). Στο σχήμα 3.5.1 υπάρχει η φωτογραφία ενός DSLAM.



Σχήμα 3.5.1

Το DSLAM βρίσκεται συνήθως στην πλευρά του central office. Επειδή ο χώρος στο CO είναι περιορισμένος, το DSLAM ενδέχεται να βρίσκεται σε γειτονικό σημείο. Αυτό δημιουργεί προβλήματα, καθώς αυξάνει το μήκος καλωδίου στη γραμμή πρόσβασης με αποτέλεσμα να μειώνεται ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας.

### **3.6 Εξοπλισμός Δικτύου**

Ο εξοπλισμός του δικτύου δρομολόγησης (network routing) και των μεταγωγέων (switches) προσφέρει τη δυνατότητα στον πελάτη να χρησιμοποιεί όποιες από τις παρεχόμενες υπηρεσίες επιθυμεί, μέσω των «τηλεπικοινωνιακών μονοπατιών» που δημιουργούνται από τους δρομολογητές και τους μεταγωγείς. Οι δρομολογητές και οι διακόπτες ATM είναι οι δύο βασικοί τύποι του εξοπλισμού μεταγωγής (switching equipment).

### **3.7 Δρομολογητές**

Ο δρομολογητής είναι μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία αναλαμβάνει την αποστολή και λήψη πακέτων δεδομένων μεταξύ ενός ή περισσότερων διακομιστών, άλλων δρομολογητών και πελατών, κατά μήκος πολλαπλών δικτύων (δρομολόγηση). Η δρομολόγηση, κεντρική λειτουργία του επιπέδου δικτύου, γίνεται με βάση διάφορα κριτήρια και τελικώς επιλέγεται μία ανάμεσα σε διάφορες πιθανές διαδρομές.

Οι δρομολογητές ανήκουν στο επίπεδο 3 (layer 3) του μοντέλου OSI (Open Systems Interconnection), το επίπεδο δικτύου (Network Layer).

Κάθε δρομολογητής χρησιμοποιεί ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δρομολόγησης. Με βάση αυτά τα πρωτόκολλα ο δρομολογητής καθορίζει ποιος ή ποιοι διακομιστές ή δρομολογητές είναι οι καταλληλότεροι κάθε χρονική στιγμή και δρομολογεί τα πακέτα δεδομένων προς αυτούς.



### **3.8 ATM Switch**

Είναι, σύμφωνα με την ATM Forum, μια έννοια που ορίζεται από τις τηλεπικοινωνίες ANSI και ITU (πρώην CCITT) πρότυπα για τη μεταφορά ενός πλήρους φάσματος της κίνησης των χρηστών, συμπεριλαμβανομένης της φωνής, δεδομένων και σημάτων βίντεο, και έχει σχεδιαστεί για την ενοποίηση των τηλεπικοινωνιών και των δικτύων υπολογιστών. Χρησιμοποιεί ασύγχρονη πολύπλεξη διαίρεσης χρόνου και κωδικοποιεί τα δεδομένα σε μικρά, σταθερού μεγέθους κυττάρων.

Το σύστημα διακοπών ATM είναι ένα connection-based σύστημα. Όταν ένα κύκλωμα ATM δημιουργείται, ένα πακέτο δημιουργείται μέσω πολλαπλών μεταγωγέων και παραμένει στο κύκλωμα μέχρι να ολοκληρωθεί η σύνδεση. Η υπηρεσία ATM δημιουργήθηκε για να επιτρέψει σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα μέσης ταχύτητας να χρησιμοποιηθεί για μεταγωγή πακέτων φωνής, δεδομένων και video. Από το 1990 και έπειτα, το ATM καθιερώθηκε ως αναντικατάστατο τμήμα του σκελετού ενός δικτύου υψηλής ταχύτητας. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον από μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρείες για τη διασύνδεση τμημάτων του δικτύου τους (π.χ. DSLAMs και δρομολογητές). Οι συγκεντρωτές ATM

εφαρμόζονται σε δίκτυα που συγκεντρώνουν κίνηση δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως DSL γραμμές και ISP σύνδεσμοι, ώστε να μεταδώσουν φωνή, δεδομένα και video.

Ο διακόπτης ATM (ATM switch) δρομολογεί με πολύ γρήγορο ρυθμό τα πακέτα στον προκαθορισμένο προορισμό τους. Κάθε διακόπτης διατηρεί μια βάση δεδομένων (routing table). Η βάση αυτή ανανεώνεται κάθε φορά που μια σύνδεση δημιουργείται ή τερματίζεται. Αυτό βοηθάει στην αποδοτικότερη και γρηγορότερη λειτουργία του ATM switch. Ο διακόπτης έχει επίσης τη δυνατότητα να στέλνει πακέτα κατά προτεραιότητα προς εξυπηρέτηση ή ακόμη και να ακυρώνουν την αποστολή τους, ανάλογα με την συμφόρηση και τη διαθεσιμότητα του δικτύου.

### **3.9 Διαχείριση δικτύου**

Ο παροχέας των υπηρεσιών DSL πρέπει να έχει την ικανότητα να προγραμματίζει και να χειρίζεται τον εξοπλισμό του δικτύου. Πρέπει λοιπόν να υπάρχει η τεχνογνωσία χειρισμού των μηχανημάτων. Ένα αποτελεσματικό πρωτόκολλο διαχείρισης δικτύου είναι το «απλό πρωτόκολλο διαχείρισης δικτύου» (SNMP – Simple Network Management Protocol). Το SNMP είναι πρωτόκολλο που έχει καθιερωθεί παγκοσμίως σε ό,τι έχει να κάνει με τη διαχείριση διάφορων τύπων εξοπλισμού δικτύου. Υπακούοντας στις προδιαγραφές του πρωτοκόλλου αυτού καθίσταται δυνατός ο χειρισμός τμημάτων δικτύου που είναι κατασκευασμένα από διαφορετικούς κατασκευαστές από ένα απλό πρόγραμμα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ DSL

### 4.1 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, τηλε-εκπαίδευσης, τηλεϊατρικής και τέλος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τηλε-εργασία 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:

*SDSL* (Symmetric DSL): Πρόκειται για μια εκδοχή του συμμετρικής DSL τεχνολογία 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 χρήστη. Μειονέκτημα ως προς το SHDSL είναι ότι έχει μικρότερη εμβέλεια και αντοχή σε παρεμβολές.

*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.

*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.

*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.

## **4.2 SDSL (Symmetric DSL)**

Η τεχνολογία SDSL είναι ένα ποσοστό-προσαρμοστική ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (DSL) με παραλλαγή T1/E1- όπου τιμές δεδομένων (T1: 1,544 Mbit / s, E1: 2,048 Mbit / s). Τρέχει πάνω από ένα ζεύγος καλωδίων χαλκού, με μέγιστο εύρος των 10.000 πόδια (3.000 μ.). Δεν μπορεί να συνυπάρχει με μία συμβατική υπηρεσία φωνής στο ίδιο ζεύγος, καθώς αναλαμβάνει όλο το εύρος ζώνης.

Η τεχνολογία S-DSL είναι μια αποκλειστική τεχνολογία που ποτέ δεν ήταν τυποποιημένη. Ως εκ τούτου, συνήθως μόνο λειτουργεί με τις συσκευές από τον ίδιο πωλητή. Είναι ο προκάτοχος του G.SHDSL που ήταν τυποποιημένη τον Φεβρουάριο του 2001 από την ITU-T G.991. Η τεχνολογία αυτή συχνά συγχέεται με G.SHDSL και HDSL. Στην Ευρώπη, η G.SHDSL ήταν τυποποιημένη από την ETSI χρησιμοποιώντας το όνομα «SDSL». Αυτή η



παραλλαγή του ETSI είναι συμβατή με την ITU-T G.SHDSL, τυποποιημένη περιφερειακή παραλλαγή για την Ευρώπη.

Δεδομένου ότι υπάρχει μια τυποποιημένη διάδοχος διαθέσιμα, οι SDSL εγκαταστάσεις σήμερα θεωρούνται κληρονομιά. Οι περισσότερες νέες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν G.SHDSL εξοπλισμό αντί του SDSL.

Η τεχνολογία SDSL πέφτει συνήθως μεταξύ ADSL και T1/E1 σε τιμή και απευθύνεται κυρίως σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις που δεν χρειάζονται τις εγγυήσεις της υπηρεσίας Frame Relay ή την υψηλότερη απόδοση της μισθωμένης γραμμής.

### **4.3 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 6.000 feet 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 αντισυμβατικά.

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. Αυτό 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 αρκετό από τα προγενεστέρα, το SHDSL.

#### **4.4-SHDSL(SinglepairHDSL)**

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 (τηλεεργασία), 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.

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 και 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.

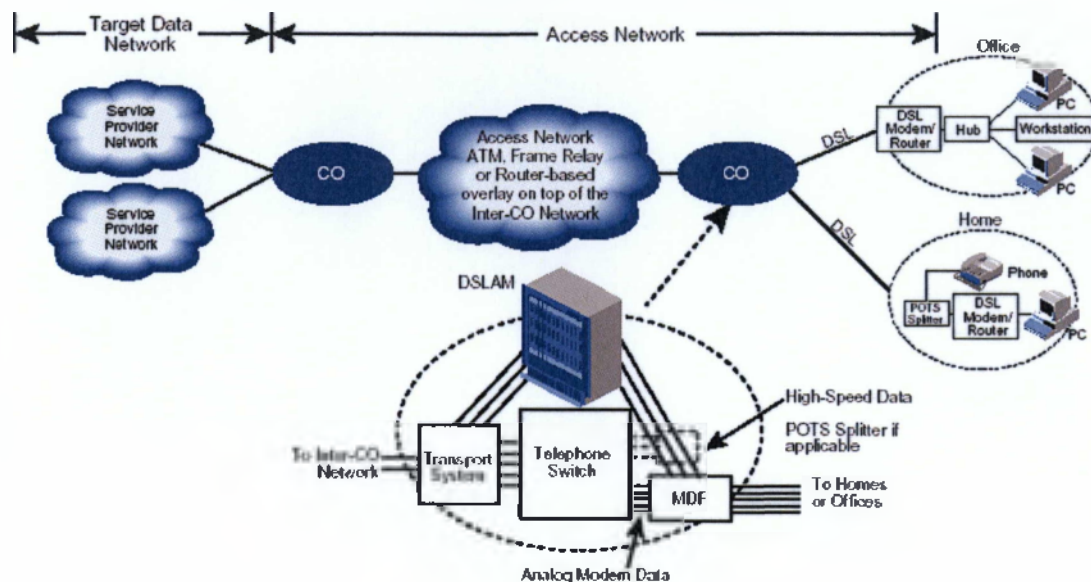
#### **4.4.1-Γενικές διαφορές HDSL και SHDSL**

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.

#### **4.4.2-Αρχιτεκτονική δικτύου SHDSL-DSL και εφαρμογές**

Γενικά η αρχιτεκτονική συστήματος SHDSL είναι παρόμοια με την γενική αρχιτεκτονική των τεχνολογιών DSL και όπως μπορούμε να δούμε και στο σχήμα 4.4.2-1, 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 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 υποστηρίζουν ταυτόχρονα φωνή και δεδομένα.



Τα κομμάτια από τα οποία αποτελείται το σύστημα είναι:

- **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 πολύ 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
- **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

- **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 το DSLAM γίνονται προσπάθειες να είναι συμβατό και με τα ADSL συστήματα ώστε το σύστημα να είναι πιο ευέλικτο και πιο οικονομικό
- **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.
- **MDF (Main Distribution Frame):** Είναι το σημείο όπου όλοι οι τοπικοί βρόχοι τερματίζονται στο CO.

#### 4.5-Προβλήματα των συμμετρικών γραμμών 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 στον 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.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ADSL

#### 5.1-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 δύο 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 επιτύχουν 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.

## 5.2-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 χρήστη 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.

### **5.3-ADSLmodem**

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 πίνακα 5.1.3-1. 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

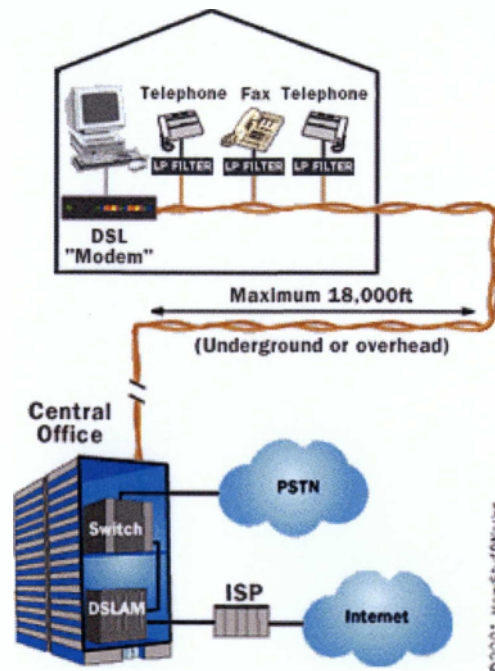
απόσβεστης γραμμής αυξάνεται ανάλογα με το μήκος της γραμμής και με τη συχνότητα μετάδοσης, ενώ μειώνεται όσο αυξάνει η διάμετρος του καλωδίου. Αγνοώντας την ύπαρξη bridged taps σε μια γραμμή και μεταδίδοντας ADSL υπηρεσίες έγιναν κάποιες μετρήσεις για το μήκος της γραμμής, την διάμετρό της και την ταχύτητα δεδομένων που μπορούν να μεταφέρουν οι γραμμές. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον 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

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.

## 5.4-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



### **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 χρήστη (downstream) και μια συχνότητα διατίθεται για δεδομένα από τον χρήστη (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.

### **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. Παρακάτω αναλύεται ακριβώς ο τρόπος αυτός μετάδοσης που χρησιμοποιεί η τεχνολογία ADSL.

### **5.5-Λειτουργία του συστήματος 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 χρήστη 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.

### **5.5.1-Διαμόρφωση CAP**

Η διαμόρφωση CAP είναι παραλλαγή μιας παλαιότερης και καθιερωμένης μορφής διαμόρφωσης, της QAM (Quadrature amplitude modulation), η οποία χρησιμοποιεί δυο υψίσυχα 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 λειτουργία.

### **5.5.2-Κωδικοποίηση DMT**

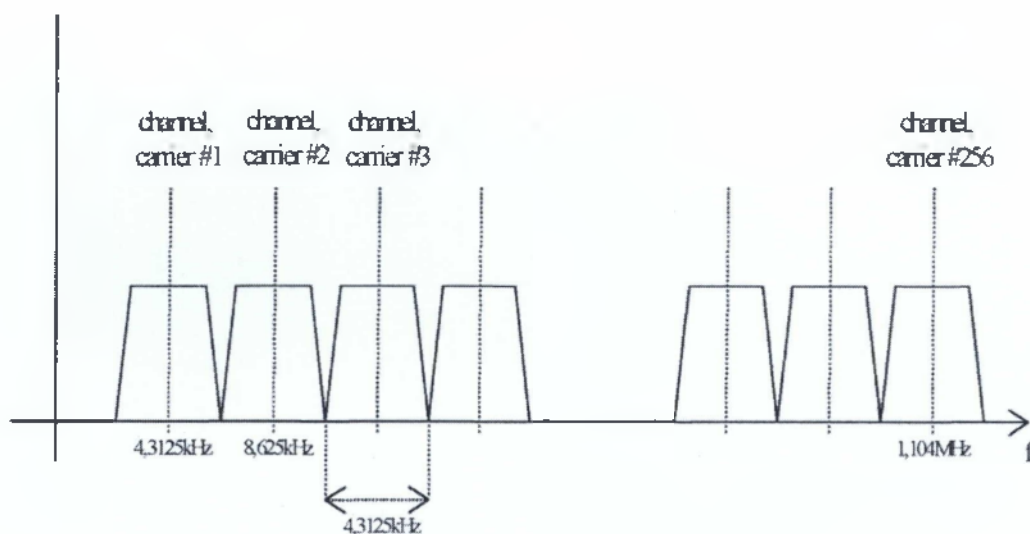
Ο τρόπος που λειτουργεί η DMT είναι ο εξής: για να μεταδοθεί η πληροφορία σε όλο το φάσμα του καλωδίου, το συνολικό εύρος ζώνης διαιρείται σε μικρότερα κανάλια μεγέθους περίπου 4 kHz το καθένα και σε αυτά μεταδίδεται χωριστά κάθε ένα κομμάτι της πληροφορίας που είναι προς μετάδοση. Δηλαδή μπορούμε να 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:



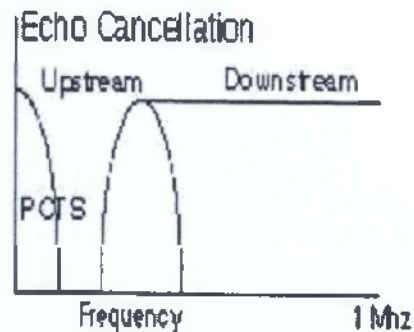
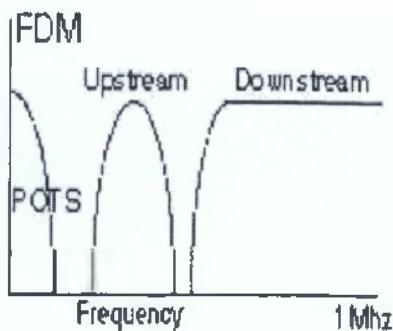
$$256 * 4,3125 = 1,104\text{MHz}$$

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



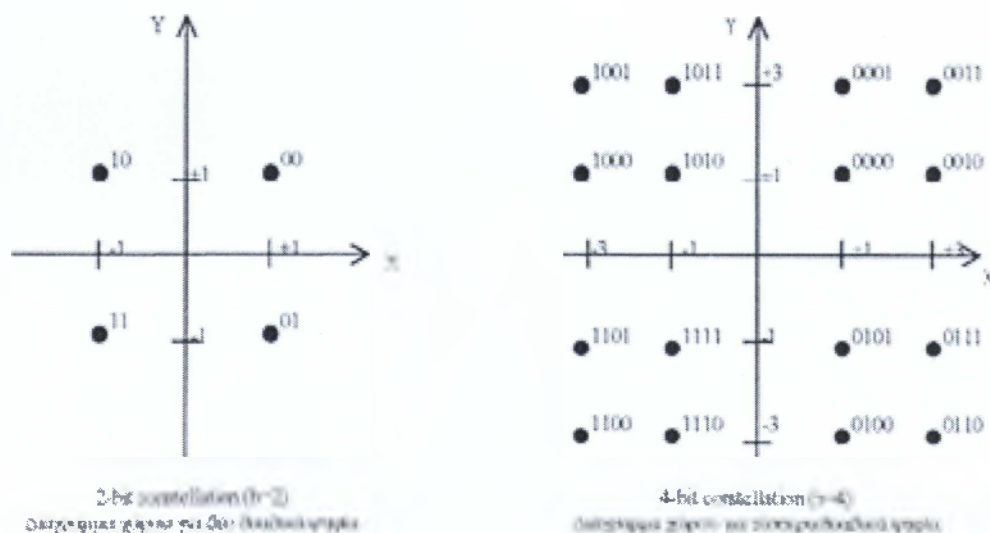
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω δεν χρησιμοποιούνται και τα 256 κανάλια για την μετάδοση πληροφορίας. Το πρώτο κανάλι, το οποίο είναι περίπου μέχρι τα 4 kHz, δεν χρησιμοποιείται από το ADSL, αλλά είναι ελεύθερο και διαχωρίζεται από τον splitter για να χρησιμοποιηθεί για το απλό τηλεφωνικό σήμα, το οποίο 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.



### 5.5.3-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 ημίτονου 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 σχήμα 5.1.5.3-1 βλέπουμε ένα διάγραμμα χώρου σημάτων για συρμούς δυο bit και τεσσάρων bit.



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 constalation και 16 σημεία για το δεύτερο constalation 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 33,6kbrs. 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 ( $1900 \pm 1715$ ). 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.

### **5.6-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, επανάληψης 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 χρήστες 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.

### **5.7-Τεχνολογίες παρόμοιες με την ADSL**

- G.liteADSL: Το πρότυπο αυτό έχει αρκετά πλεονεκτήματα για 'φτωχούς' χρήστες, 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 μαιδανική

λύση για οικιακούς χρηστές internet, καθώς οι ταχύτητες που επιτυγχάνει είναι πολύ ικανοποιητικές για μικρούς χρηστές.

- **RADSL(rate-adaptive DSL):** Το RADSL όπως απρρέει από το όνομά του, μπορεί να μεταβάλλει 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 μεταβάλλει την ταχύτητα σύμφωνα με τις δυνατότητες της γραμμής.

## **5.8-Προβλήματα της τεχνολογίας ADSL**

### ***5.8.1-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.

### *5.8.2-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.

### *5.8.3-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.

### *5.8.4-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.

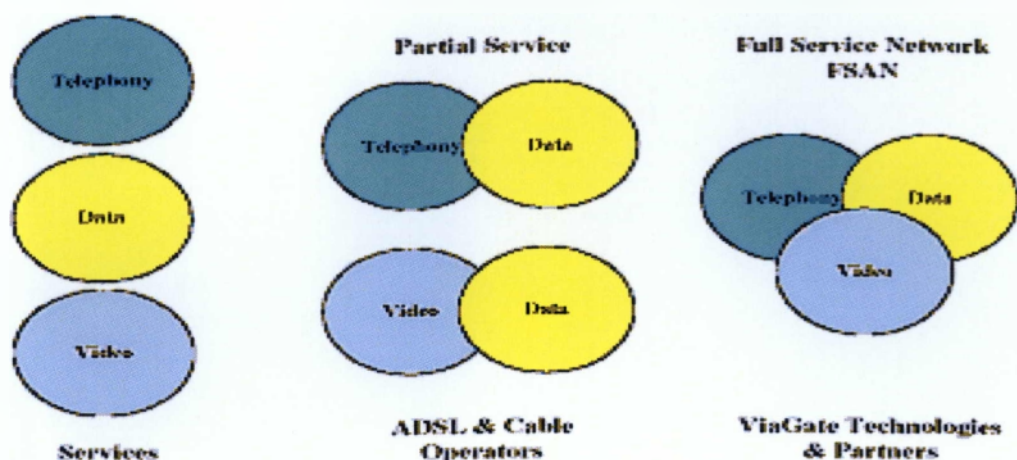


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VDSL (VeryHighSpeed Digital Subscriber Line)

#### 6.1 Εισαγωγή

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες δεδομένων τις οποίες χρειάζεται να μεταδίδει ένα τηλεφωνικό δίκτυο: φωνή (voice), δεδομένα (data) και video. Μέχρι σήμερα οι διάφοροι μεταγωγείς δεδομένων, οι τηλεφωνικές εταιρείες και οι εταιρείες καλωδιακής τηλεόρασης, μετέδιδαν μία ή το πολύ δύο από τις τρεις αυτές κατηγορίες. Οι τηλεφωνικές εταιρείες που τελικά θα καταφέρουν να «επιζήσουν» και πιθανότατα να κατακτήσουν το πολύ ανταγωνιστικό περιβάλλον των τηλεπικοινωνιών είναι αυτές που θα καταφέρουν να μεταδίδουν και τις τρεις αυτές υπηρεσίες (φωνή, δεδομένα και βίντεο) ταυτοχρόνως και μέσα από ένα ενοποιημένο δίκτυο (unified network). Η βασική αρχιτεκτονική του δικτύου αυτού είναι η εξής: όλες οι πληροφορίες θα μεταφέρονται μέσα από ένα δίκτυο οπτικών ινών σε απόσταση πολύ κοντά στο σημείο που θέλουμε να τις μεταδώσουμε και μετά για να γίνει η τελική μεταγωγή θα εμπιστευόμαστε το υπάρχον δίκτυο χάλκινων καλωδίων. Αυτή η αρχιτεκτονική έχει αποφασιστεί από τις εταιρείες και ήδη οι 16 μεγαλύτερες από αυτές έχουν αρχίσει να κατασκευάζουν τα δίκτυα τους με βάση την αρχιτεκτονική αυτή.



Η τεχνολογία VDSL είναι μια από τις εφαρμογές, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί παράλληλα με το δίκτυο FTTN (Fiber To The Neighborhood). Με απλούς όρους οι VDSL γραμμές θα μεταφέρουν με μεγάλη ταχύτητα δεδομένα σε σχετικά μικρές αποστάσεις, χρησιμοποιώντας τα ήδη εγκατεστημένα χάλκινα καλώδια. Οι ταχύτητες μετάδοσης θα εξαρτώνται κυρίως από το μήκος του βρόχου. Η μεγαλύτερη downstream ταχύτητα που μπορεί να επιτευχθεί από μια VDSL γραμμή είναι μεταξύ 51 Mbps και 55 Mbps σε βρόχο μήκους μέχρι τα 1000 ποδιά, δηλαδή περίπου 300 μέτρα. Σχετικά χαμηλές ταχύτητες downstream μέχρι περίπου τα 13 Mbps μπορούν να επιτευχθούν εύκολα σε αποστάσεις μέχρι τα 4000 ποδιά, δηλαδή μέχρι τα 1200 μέτρα. Ταχύτητες upstream στα αρχικά μοντέλα VDSL που ήταν ασύμμετρα έφταναν από 1,6 μέχρι τα 2,3 Mbps. Επίσης ένα βασικό σημείο των VDSL όπως άλλωστε και όλων των xDSL, είναι ότι στα κανάλια upstream και downstream χρησιμοποιούνται πάντα διαφορετικές συχνότητες από το βασικό κανάλι μετάδοσης φωνής και από τις συχνότητες που χρησιμοποιούνται για τα ISDN, έτσι ώστε να υπάρχει μια ανεξαρτησία μεταξύ μετάδοσης φωνής και VDSL.

Παρόλο που η τεχνολογία VDSL δεν έχει αναπτυχθεί στον ίδιο βαθμό που έχουν οι άλλες τεχνολογίες xDSL, η μελέτη της έχει φτάσει σε τέτοιο βαθμό, ώστε να μπορούμε να μιλήσουμε για εφικτούς στόχους όσον αφορά την ταχύτητα μετάδοσης και το μήκος βρόχου. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον πίνακα .1 προέρχονται από τμήματα ενός δικτύου

SONET (Synchronous Optical Network) και SDH (Synchronous Digital Hierarchy) με θεωρητική τιμή τα 155,52 Mbps και ονομαστικές τα 51,84 Mbps, 25,92 Mbps και τα 12,96 Mbps. Η ταχύτητα μετάδοσης downstream εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των δύο σημείων μεταγωγής κι όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, αυξάνεται όσο μειώνεται η απόσταση.

Ταχύτητα Μετάδοσης (Mbps)	Απόσταση (feet)	Απόσταση (meters)
12.96-13.8	4500	1500
25.92-27.6	3000	1000
51.84-55.2	1000	300

Οι ταχύτητες upstream είναι ακόμη υπό μελέτη, αλλά υπάρχουν δύο γενικές κατευθύνσεις, μια για ασύμμετρη μετάδοση όπου η ταχύτητα κυμαίνεται από 1,6 έως 2,3 Mbps και μία για συμμετρική μετάδοση όπου η ταχύτητα θα είναι ισοδύναμη με την downstream.

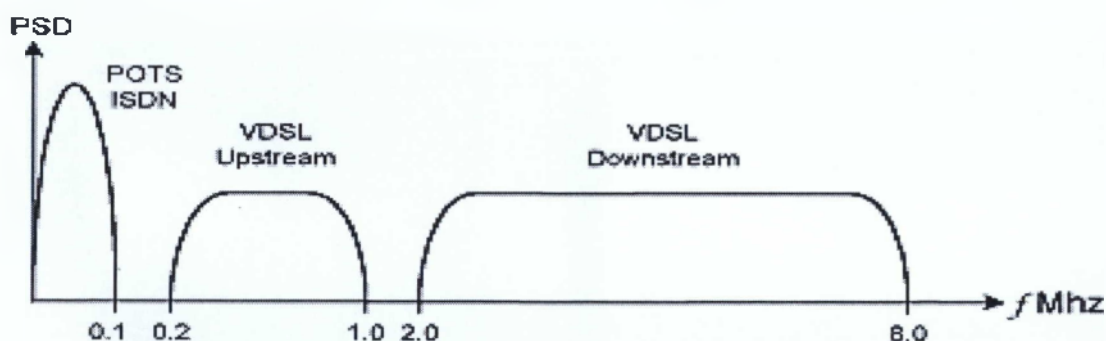
## **6.2 Απαιτήσεις και ταχύτητες**

Η VDSL είναι η τεχνολογία DSL με την μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα μεταγωγής, που φτάνει τα 52 Mbps και με απλούστερες μεθόδους υλοποίησης από τις αντίστοιχες της τεχνολογίας ADSL. Αρχικά η ονομασία της ήταν VADSL (Very-High-Data-Rate Asymmetric DSL), μετονομάστηκε όμως σε VDSL από την ομάδα εργασίας T1E1.4. Ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο έγινε αυτή η αλλαγή στο όνομα είναι ότι αντίθετα με ότι

συμβαίνει στην ADSL, όπου η μεταγωγή είναι μόνο ασύμμετρη, στη VDSL μπορεί να είναι είτε συμμετρική είτε ασύμμετρη. Όσον αφορά τις ταχύτητες, η VDSL είναι περίπου 10 φορές ταχύτερη από την ADSL και πάνω από 30 φορές ταχύτερη από την HDSL, ωστόσο αυτή η διάφορα στις ταχύτητες έχει μειονεκτήματα, με το κυριότερο μέχρι στιγμής να είναι ότι το μήκος του βρόχου πρέπει να είναι πολύ περιορισμένο για να είναι δυνατή η εφαρμογή VDSL υπηρεσιών. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε μια σύγκριση διάφορων DSL υπηρεσιών και το μέγιστο μήκος βρόχου όπου μπορούν να εφαρμοστούν. Η VDSL, έχει μία σαφή υπεροχή όσον αφορά τις ταχύτητες μετάδοσης έναντι όλων των άλλων DSL. Επίσης η VDSL υποστηρίζει συμμετρικές και ασύμμετρες εφαρμογές και είναι ιδανική για δίκτυα ευρείας ζώνης Full-service (βίντεο, φωνή και δεδομένα ταυτόχρονα).

<b>DSL Type</b>	<b>Symmetric/Asymmetric</b>	<b>LoopRange (kft)</b>	<b>Downstream (Mbps)</b>	<b>Upstream (Mbps)</b>
IDSL	symmetric	18	0.128	0.128
SDSL	symmetric	10	1.544	1.544
HDSL (2 pairs)	symmetric	12	1.544	1.544
ADSL G.lite	asymmetric	18	1.5	0.256
ADSL	asymmetric	12	6	0.640
VDSL	asymmetric	3	26	3
	asymmetric	1	52	6
	symmetric	3	13	13
	symmetric	1	26	26

Η VDSL τεχνολογία λειτουργεί όπως περίπου όλες οι DSL τεχνολογίες, δηλαδή εκμεταλλεύεται την ιδιότητα του χάλκινου καλωδίου να μεταδίδει συχνότητες μεγαλύτερες από αυτές που χρησιμοποιεί το δίκτυο για απλή μεταγωγή φωνής και για τις ISDN γραμμές. Με αυτή την τεχνολογία είναι δυνατό να γίνει αξιοποίηση του ήδη εγκαταστημένου δικτύου για την πρόσφορα υπηρεσιών ευρείας ζώνης πάνω στο ίδιο φυσικό μέσο. Το φάσμα των VDSL ξεκινά από την συχνότητα των 200 kHz και φτάνει μέχρι τα 30 MHz. Η κατανομή φάσματος συχνοτήτων γενικά της VDSL δεν είναι σταθερή, γιατί εξαρτάται από το αν είναι συμμετρική ή ασύμμετρη η μετάδοση και από την ίδια την γραμμή. Η ανεξαρτησία της λειτουργίας του σήματος βασικής ζώνης (φωνής) και του σήματος των γραμμών ISDN σε περίπτωση που έχουμε για κάποιο λόγο διακοπή της λειτουργίας της VDSL διασφαλίζεται και εδώ όπως και στα ADSL, με κάποια παθητικά φίλτρα που ονομάζονται splitters.



### 6.3 Είδη VDSL

Η βασική διάφορα VDSL και ADSL είναι ότι οι VDSL χωρίζονται σε συμμετρικές και μη συμμετρικές. Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε τις δυο αυτές τεχνολογίες και τις διαφορές τους στην ταχύτητα μετάδοσης.

### 6.3.1-Ασύμμετρες VDSL

Οι ασύμμετρες VDSL σχεδιάστηκαν για να εξυπηρετούν μια σειρά από υπηρεσίες που δεν έχουν ανάγκη από συμμετρική μεταγωγή. Μερικές από αυτές είναι η μετάδοση ψηφιακής τηλεόρασης video on demand, πρόσβαση στο διαδίκτυο με υψηλή ταχύτητα, τηλεεκπαίδευση, τηλεϊατρική. Αυτές οι υπηρεσίες έχουν απαίτηση για μεγαλύτερο εύρος downstream και μικρότερο εύρος upstream και για αυτό το λόγο ονομάζονται ασύμμετρες. Ένα παράδειγμα είναι η HDTV η οποία απαιτεί 18 Mbps για downstream ώστε να μεταδίδει εικόνα και για upstream έχει ανάγκη ταχύτητες της τάξης των μερικών kbps που χρειάζονται για αλλαγή καναλιών κάμερας, επανάληψη και σταμάτημα. Οι πίνακες παρακάτω μας διευκρινίζουν τις ταχύτητες που καθόρισε για την VDSL η ANSI T1/E1.

Downstream ταχύτητες για μη συμμετρικές VDSL υπηρεσίες.

Typical Service Range	Bit Rate (Mbps)	Symbol Rate (Mbps)	Comments
short range, 1 kft	51.84	12.96	baseline
	38.88	12.96	
	29.16	9.72	optional
	25.92	12.96	
medium range, 3 kft	25.92	6.48	baseline
	22.68	5.67	

	19.44	6.48	
	19.44	4.86	optional
	16.20	4.05	
	14.58	4.86	
	12.96	6.48	
long range, 4.5 kft	12.96	3.24	baseline
	9.72	3.24	optional
	6.48	3.24	

Upstream ταχύτητες για μη συμμετρικές VDSL υπηρεσίες

Typical Service Range	Bit Rate (Mbps)	Symbol Rate (Mbps)	Comments
short range, 1 kft	6.48	0.81	baseline
	4.86	0.81	optional
	3.24	0.81	
medium range, 3 kft	3.24	0.405	baseline

	2.43	0.405	optional
	1.62	0.405	
long range 4.5 kft	3.24	0.405	baseline
	2.43	0.405	optional
	1.62	0.405	

### **6.3.2-Συμμετρικές VDSL**

Η VDSL έχει σχεδιαστεί για να μεταδίδει ακόμα και συμμετρικές υπηρεσίες για επιχειρήσεις κυρίως μικρού και μεσαίου μεγέθους που έχουν ανάγκη για εφαρμογές υψηλής ταχύτητας δεδομένων και εφαρμογές τηλεδιάσκεψης κ.ο.κ. Οι συμμετρικές VDSL μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως αντικαταστάτες μικρού φορτίου T1 και για nxT1 ταχύτητες και επιπλέον να υποστηρίζει και άλλες επαγγελματικές εφαρμογές. Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει τα στάνταρ που καθορίστηκαν από την ANSI T1E1.4. Για ταχύτητες μεταξύ 6.48 Mbps και 25.92 Mbps θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η VDSL παρέχει υπηρεσίες συμμετρικές μεταξύ του standard T1 (1.536 Mbps) και του standard T3 (44.376 Mbps), γεφυρώνοντας το τεράστιο κενό που υπάρχει μεταξύ αυτών των δυο καθορισμένων στάνταρ χρησιμοποιώντας λύσεις πάνω σε ζεύγη καλωδίων χαλκού. Παρόλο που η ANSI δεν έχει καθορίσει πλήρως την ταχύτητα και την απόσταση για μεγάλης απόστασης συμμετρικές υπηρεσίες είναι πιθανό να υποστηρίζονται από 6 Mbps μέχρι 1.5 Mbps διάμεσου βρόχων από 3000 πόδια μέχρι 10000 ποδιά .



## Ταχύτητες για συμμετρικές VDSL υπηρεσίες

Typical Service Range	Bit Rate (Mbps)	Downstream Symbol Rate (Mbps)	Upstream Symbol Rate (Mbps)
short range, 1 kft	25.92	6.48	7.29
	19.44	6.48	7.29
medium range, 3 kft	12.96	3.24	4.05
	9.72	3.24	2.43
	6.48	3.24	3.24

**6.4-Υπηρεσίες που υποστηρίζουν τα συστήματα VDSL**

Η VDSL τεχνολογία μπορεί να παρέχει μια ποικιλία υπηρεσιών ταυτοχρόνως, κάτι που δεν ήταν δυνατόν να καταστεί εφικτό παλαιότερα, δίνοντας την δυνατότητα στους παροχείς υπηρεσιών να προσφέρουν νέες συνδρομητικές υπηρεσίες και υπηρεσίες πολυμέσων. Οι τηλεφωνικές εταιρείες οι οποίες προσφέρουν τηλεφωνία και υπηρεσίες πληροφοριών τώρα μπορούν να επεκτείνουν τις δραστηριότητες τους προσφέροντας πλήρεις υπηρεσίες και φιλοξενώντας βιντεοκεντρικές εφαρμογές. Αυτό επιτρέπει σε αυτούς που χρησιμοποιούν τηλεφωνικές εταιρείες να ανταγωνιστούν με τους παροχείς καλωδιακής τηλεόρασης (CATV) αποτελεσματικά.

### VDSL εφαρμογές

VDSL Applications	True Multimedia	High-Speed Internet Access
video on demand	broadcast digital TV	distance learning
telemedicine	interactive video	video conferencing
HDTV	electronic commerce	electronic publishing
intranet and telecommuting	video games	karaoke on demand

Αν όμως ο αρχικός λόγος για τον οποίο αναπτύχθηκε η ADSL τεχνολογία ήταν για να παράσχει ένα «μπουκέτο» υπηρεσιών ευρείας ζώνης στις αστικές περιοχές, τότε γιατί αναπτύχθηκε η VDSL; Εκτός από την δυνατότητα που έχουμε με την VDSL για μετάδοση συμμετρικών υπηρεσιών ο πίνακας 5.2.4-2 μας δείχνει ότι μακροπρόθεσμα η ADSL έχει περιορισμένες σχετικά δυνατότητες για να μεταφέρει ένα πλήρες «μπουκέτο» υπηρεσιών ευρείας ζώνης. Η VDSL ωστόσο είναι καλά προσαρμοσμένη στο να μεταδίδει αυτές τις υπηρεσίες τόσο σήμερα όσο και στο μέλλον.

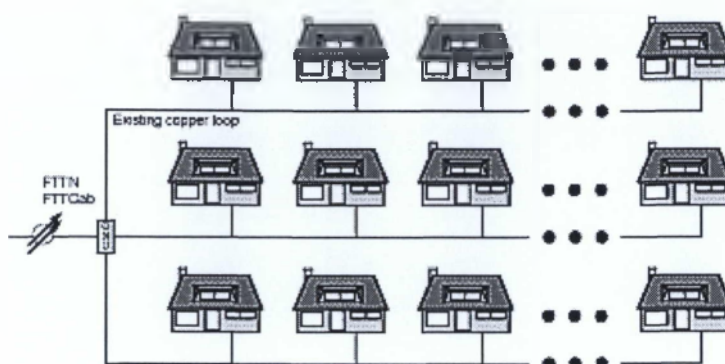
## Υπηρεσίες ADSL και VDSL.

Application	Downstream	Upstream	ADSL	VDSL
Internet access	400 kbps–1.5 Mbps	128 kbps–640 kbps	yes	yes
Web hosting	400 kbps–1.5 Mbps	400 kbps–1.5 Mbps	today only	yes
video conferencing	384 kbps–1.5 Mbps	384 kbps–1.5 Mbps	today only	yes
video on demand	6.0 Mbps–18.0 Mbps	64 kbps–128 kbps	today only	yes
interactive video	1.5 Mbps–6.0 Mbps	128 kbps–1.5 Mbps	today only	yes
telemedicine	6.0 Mbps	384 kbps–1.5 Mbps	today only	yes
distance learning	384 kbps–1.5 Mbps	384 kbps–1.5 Mbps	today only	yes
multiple digital TV	6.0 Mbps–24.0 Mbps	64 kbps–640 kbps	today only	yes
telecommuting	1.5 Mbps–3.0 Mbps	1.5 Mbps–3.0 Mbps	no	yes

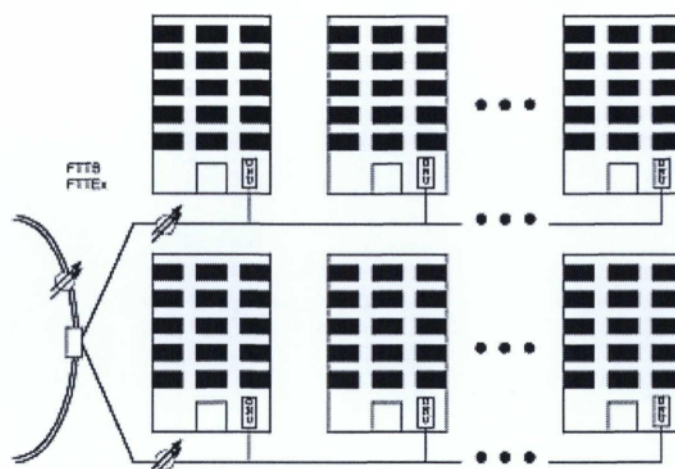
		Mbps		
multiple VoD	18 Mbps	64 kbps–640 kbps	no	yes
high-definition TV	16 Mbps	64 kbps	no	yes
Note: based on ITU ADSL standard 6 Mbps, 640 kbps				

### **6.5-Τρόποι υλοποίησης των VDSL**

Η ανάπτυξη ενός full-service access δικτύου συντελείται παράλληλα με την ανάπτυξη των δικτύων οπτικών ινών. Η βασική αρχιτεκτονική είναι οπτικές ίνες μέχρι τα σπίτια και τις επιχειρήσεις, αλλά αυτό θα απαιτήσει ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα και αρκετά σημαντικό ποσό πόρων για να πραγματοποιηθεί. Τα σχέδια για ανάπτυξη που υπάρχουν σήμερα είναι οπτικές ίνες μέχρι το σημείο ανταλλαγής FTTE<sub>x</sub> (fiber to the exchange), οπτικές ίνες μέχρι την γειτονιά FTTN (fiber to the neighborhood), FTTC<sub>ab</sub>, FTTB. Η VDSL είναι η μόνη κατάλληλη μορφή για FTTE<sub>x</sub>, όπου οι πελάτες εξυπηρετούνται σε μια ακτίνα πολύ μικρή γύρω από το καφάο. Το FTTN και το FTTC<sub>ab</sub> είναι κατάλληλα για VDSL μεταγωγή σαν μέρος ενός επόμενης γενιάς ψηφιακού βρόχου NGDLC (next generation digital loop carrier). Το FTTB θα φέρει τις οπτικές ίνες κατευθείαν μέσα στα κτίρια, όπως σε μια πολυκατοικία ή μια εμπορική επιχείρηση και τελειώνει σε ένα VDSL μεταγωγέα. Στα σχήματα 5.2.7-1 και 5.2.7-2 βλέπουμε μια σχηματική αναπαράσταση της εξάπλωσης των δικτύων FTTN, FTTC<sub>ab</sub> και FTTB.



Παράδειγμα FTTN και FTTCab εξάπλωσης



### **6.6-Έλεγχοι και προβλήματα κατά την εφαρμογή των VDSL**

Αν και η τεχνολογία VDSL είναι αρκετά πρόσφατη και δεν έχουν πραγματοποιηθεί ακόμα ενδελεχείς έλεγχοι και ακριβείς μετρήσεις είναι λογικό να αντιμετωπίζουν όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι άλλες DSL κατά την εφαρμογή τους τα οποία είναι:

1) Τα φορτισμένα πηνία (load coils) είχαν αρχικά χρησιμοποιηθεί ως εξισωτές απόσβεσης, δηλαδή για να είναι η απόσβεση σε κάθε συχνότητα σταθερή, ώστε να μην υπάρχει παραμόρφωση στο σήμα. Η παρουσία τους εμποδίζει την μετάδοση κάθε DSL υπηρεσίας στη γραμμή όπου έχουν εγκατασταθεί μειώνοντας το εύρος ζώνης, το οποίο επιτρέπουν να διέλθει.

2) Όλες οι DSL εξαρτώνται από το μήκος της γραμμής, Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της γραμμής, τόσο μικρότερο bitrate μπορούμε να επιτύχουμε με την γραμμή αυτή. Για την VDSL δεν έχουν γίνει ακριβείς μετρήσεις, αλλά το μόνο σίγουρο είναι ότι το μήκος που μπορούν να ανταποκριθούν είναι αρκετά μικρότερο από όλες τις άλλες DSL υπηρεσίες, καθώς έχουν την μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης.

3) Η ύπαρξη μιας ή παραπάνω bridged tap, καθώς και το μήκος της επηρεάζει κατά πολύ την απόδοση μιας γραμμής στην παροχή μια DSL υπηρεσίας. Η VDSL επηρεάζεται σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα από ότι οι υπόλοιπες DSL υπηρεσίες.

4) Ο θόρυβος που προκαλείται από την παρουσία άλλων συσκευών που χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων επηρεάζει την απόδοση σε κάποιες xDSL υπηρεσίες και θα πρέπει να γίνετε η μέτρηση αυτών των παρεμβολών. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες θορύβου που επηρεάζουν διάφορες xDSL τεχνολογίες από τα 200-kHz που επηρεάζει την απόδοση όλων των υπηρεσιών που χρησιμοποιούν κωδικοποίηση 2B1Q όπως οι ISDN, SDSL, SHDSL, HDSL, θόρυβος μέχρι τα 1,1MHz ο οποίος προκαλεί προβλήματα στην ADSL και η παρουσία T1 η οποία μπορεί να επηρεάσει κατά πολύ κάποιες ADSL γραμμές. Για τις VDSL γραμμές δεν έχουν γίνει μετρήσεις αλλά πιθανότατα έχουν μια μεγαλύτερη ευαισθησία στο θόρυβο σε σχέση με τις άλλες DSL γραμμές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VDSL 2 (Very High Speed Digital Subscriber Line 2)

#### 7.1 Εισαγωγή

Το Very-high-speed digital subscriber line 2 (VDSL2), βελτιωμένη έκδοση του VDSL, είναι η νεότερη και πιο εξελιγμένη DSL τεχνολογία. Όπως και ο πρόγονός του, χρησιμοποιεί κατά βάση FTTN ή FTTC αρχιτεκτονική, αν και μερικές φορές υλοποιείται και σε αρχιτεκτονική FTTB.

Παρέχει ταχύτητες πάνω από 200 Mbps σε πολύ μικρή απόσταση, 100 Mbps στα 500 μέτρα και 50 Mbps στο 1 χιλιόμετρο. Από εκεί και ύστερα οι επιδόσεις του μειώνονται με πολύ πιο αργούς ρυθμούς από του VDSL. Μετά τα 1,6 χιλιόμετρα οι επιδόσεις του είναι αντίστοιχες του ADSL2+.

Το γεγονός ότι το VDSL2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για αποστάσεις έως 4-5 χιλιόμετρα, σε αντίθεση με το VDSL που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για μικρές αποστάσεις, είναι πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του VDSL2. Ωστόσο σε αποστάσεις μεγαλύτερες του 1,5 χλμ λειτουργεί όπως το ADSL2plus. Χάρη σε αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για εφαρμογές μεγαλύτερων αποστάσεων. Το VDSL2 modem χρησιμοποιεί στο datalink το Packet Transfer Mode στο οποίο ενθυλακώνεται το Ethernet πακέτο ή το IP και όχι το ATM όπως στο ADSL.

Το VDSL2 έχει προτυποποιηθεί ως ITU-T G.993.2.

## 7.2-Περιγραφή νέας τεχνολογίαςVDSL 2

Η τεχνολογία VDSL2 ήταν το νεότερο και πιο προηγμένο επίπεδο ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (DSL) ευρυζωνικών ενσύρματων επικοινωνιών. Σχεδιασμένο για να υποστηρίξει την ευρεία ανάπτυξη του triple play υπηρεσίες όπως φωνής, βίντεο, δεδομένων, τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV) και διαδραστικά παιχνίδια, VDSL2 είχε ως στόχο να επιτρέψει στους φορείς και φορείς για τη σταδιακή, ευελιξία, και το κόστος-αποτελεσματικά την αναβάθμιση των υφιστάμενων υποδομών xDSL. Το πρωτόκολλο ήταν τυποποιημένη στην Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών τομέα των τηλεπικοινωνιών (ITU-T) και για τη σύσταση G.993.2. Ανακοινώθηκε όπως οριστικοποιήθηκε στις 27 Μαΐου 2005, και δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά στις 17 Φεβρουαρίου 2006. Πολλές διορθώσεις και τροποποιήσεις που δημοσιεύθηκαν το 2007 έως το 2011. Η VDSL2 είναι ένα εξάρτημα για πολύ υψηλής bitrate ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (VDSL), σύσταση G.993.1. Επιτρέπει τη μετάδοση των ασύμμετρη και συμμετρική συνολικά ποσοστά δεδομένων έως και 200 Mbit / s κατάντη και ανάντη για συνεστραμμένα ζεύγη χρησιμοποιώντας ένα εύρος ζώνης έως και 30 MHz.

Η VDSL2 χειροτερεύει γρήγορα από ένα θεωρητικό μέγιστο 250 Mbit / s στην πηγή για 100 Mbit / s σε 0.5 km (1600 ft) και 50 Mbit / s σε 1 χιλιόμετρο (3300 ft), αλλά αποικοδομείται με πολύ βραδύτερο ρυθμό από εκεί, και εξακολουθεί να υπερτερεί VDSL. Ξεκινώντας από 1,6 χιλιόμετρα (1 mi) η απόδοσή της είναι ίσο με το ADSL2 + ADSL - όπως πολύ μακριά απόδοση είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του VDSL2. LR-enabled VDSL2 συστήματα είναι σε θέση να υποστηρίξει ταχύτητες της τάξης των 1-4 Mbit / s (προς τα κάτω) σε αποστάσεις 4-5 χλμ (2.5-3 μίλια), αυξάνοντας σταδιακά το ρυθμό μετάδοσης bit μέχρι και συμμετρική 100 Mbit / s ως βρόχος-μικραίνει το μήκος. Αυτό σημαίνει ότι VDSL2 συστήματα που βασίζονται, σε αντίθεση με τα συστήματα VDSL1, δεν περιορίζονται σε σύντομες τοπικούς βρόχους ή MTU / MDUs μόνο, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές εύρος μέσου. Bonding (ITU-T G.998.x) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδυάσει πολλά ζεύγη καλωδίων για την αύξηση της διαθέσιμης χωρητικότητας, ή να επεκτείνει την εμβέλεια του δικτύου χαλκού. Το πρότυπο ορίζει ένα ευρύ φάσμα των προφίλ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές αρχιτεκτονικές VDSL εγκατάστασης? Στο κεντρικό γραφείο, στο ερμάριο ή στο κτίριο για παράδειγμα.



Προφίλ	Bandwidth ( MHz )	Αριθμός των μεταφορέων	Εύρος ζώνης Carrier (kHz)	Power ( dBm )	Max. κατάντη throughput ( Mbit / s )
8α	8,832	2048	4,3125	17.5	50
8β	8,832	2048	4,3125	20.5	50
8c	8,5	1972	4,3125	11.5	50
8δ	8,832	2048	4,3125	14.5	50
12α	12	2783	4,3125	14.5	68
12β	12	2783	4,3125	14.5	68
17α	17,664	4096	4,3125	14.5	100
30α	30	3479	8,625	14.5	200

### **7.3-Διανυσματοποίηση**

Διανυσματοποίηση είναι μια μέθοδος μετάδοσης που απασχολεί τον συντονισμό της γραμμής σημάτων για τη μείωση των αλληλοπαρεμβολών επιπέδων και τη βελτίωση της απόδοσης. Είναι βασισμένο στην έννοια της ακύρωσης θορύβου , όπως πολύ θόρυβο ακυρώνοντας ακουστικά . Από το 2010 ITU-T G.993.5, Self-FEXT ακύρωσης (διανυσματοποίηση) για χρήση με πομποδέκτες VDSL2, περιγράφει Διανυσματοποίηση για VDSL2.

Το πεδίο εφαρμογής της σύστασης ITU-T G.993.5 περιορίζεται ειδικά στην αυτο-FEXT (πολύ-end στιχομυθία) ακύρωση των κατάντη και ανάντη κατευθύνσεις. FEXT παράγεται

από μια ομάδα του εγγύς άκρου πομποδέκτες και παρεμβαίνοντας με τα πολύ-άκρου της εν λόγω πομποδέκτες ίδιας ομάδας ακυρώνεται.

Αυτή η ακύρωση γίνεται μεταξύ VDSL2 πομποδέκτες, όχι κατ'ανάγκην το ίδιο προφίλ. Παρά το γεγονός ότι είναι τεχνικά εφικτό στο διανυσματοποίηση στιγμή είναι ασυμβίβαστη με τοπικό βρόχοδιαχωρισμό αλλά και τις μελλοντικές τροποποιήσεις προτύπων θα μπορούσε να φέρει μια λύση.

#### 7.4 Ανάπτυξη VDSL 2

##### Ευρώπη

Αυστρία	Telekom Austria άρχισε να παρέχει VDSL2 με την επωνυμία GigaSPEED στις αγροτικές περιοχές τον Νοέμβριο του 2009.
Βέλγιο	Belgacom ξεδιπλώνει Alcatel-Lucent VDSL2 εξοπλισμό σε 21.000 κυτίων (Q2-2012) με περισσότερους από 950.000 πελάτες VDSL2 (Q2-2012). Belgacom παρέχει επίσης VDSL2 σε μικρότερες επιχειρήσεις? Οι ταχύτητες λήψης περιορίζονται στα 30 Mbit / s, ενώ οι ταχύτητες upload ανώτατο όριο στα 5 Mbit / s ή 6 Mbit / s, ανάλογα με το τι προϊόν. Για τους οικιακούς πελάτες, η ταχύτητα είναι 30 Mbit / s, αλλά Belgacom TV μπορεί να πάρει ένα μέρος του εύρους ζώνης για ρεύματα TV (MPEG4 κάθε ρεύμα είναι 3 Mbit / s για SD ή 6,5 Mbit / s για HD).  Από τα τέλη Μαΐου του 2009, Dommel VDSL2 προσφέρει. Dommel περιόρισε την ταχύτητα στα 30 Mbit / s.

	<p>EDPnet προσφέρει VDSL2 από το Νοέμβριο του 2009. Η μέγιστη ταχύτητα είναι 50 Mbit / s.</p> <p>Όλοι οι πελάτες ADSL βελγική που κινήθηκε προς την Belgacom VDSL δίκτυο με βάση οφείλεται στην πώληση της Scarlet δικτύου SNCB / NMBS -θυγατρική Syntigo .</p>
Τσεχική Δημοκρατία	<p>Telefónica O2 Τσεχία ξεκίνησε δημόσια δοκιμή της υπηρεσίας VDSL στα μέσα του 2009. VDSL2 ξεκίνησε το Μάιο του 2011, με διαθεσιμότητα σε περίπου το ήμισυ των νοικοκυριών. Προσφερόμενες ταχύτητες που περιλαμβάνονται 2/0.2 Mbit / s, 16/1 Mbit / s και 25/2 Mbit / s. Το 2012, η ταχύτητα αυξήθηκε από 16/1 έως 20/2 Mbit / s και από 25/2 σε 40/2 Mbit / s.</p>
Κύπρος	<p>Δεν VDSL προϊόντα έχουν εμφανιστεί από τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς στις χώρες Κύπρος ακόμη. ΓΕΡΗΕΤ (ΕΡΑ), έχει τροποποιηθεί το Σχέδιο Διαχείρισης Συχνοτήτων για να διευκολυνθεί η εισαγωγή του VDSL2 και ξεκίνησε αντίστοιχη διαβούλευση του.</p>
Δανία	<p>TDC VDSL2 ξεκίνησε στις 21 Ιανουαρίου 2008.</p> <p>Cybercity σχεδιάζει να παρέχει VDSL2.</p> <p>Fullrate VDSL2 ξεκίνησε στις 16 Σεπτεμβρίου του 2009, αλλά μόνο για τους πελάτες για τις ανταλλαγές με το δικό της εξοπλισμό Fullrate, και όχι ανταλλαγές με μισθωμένου εξοπλισμού από το ΑΝΣ. Στο 29, Σεπ. 2010, Fullrate ανακοίνωσε ότι ήταν σε θέση να παρέχουν σε όλους τους VDSL2 Fullrate πελάτες, ανεξάρτητα από την ανταλλαγή.</p>
Εσθονία	<p>Elion ξεκίνησε βασισμένη στην τεχνολογία VDSL2 υπηρεσιών προς τις επιχειρήσεις το 2010. Τρέχουσα πακέτα περιλαμβάνουν 5/5, 50/10 και 100/20 για € 16, € 20 και € 24 το μήνα.</p>
Φινλανδία	<p>Saunalahti ήταν η παροχή VDSL2 το Δεκέμβριο του 2006 σε μικρό χώρο, όπως ένα πιλοτικό πρόγραμμα, αλλά καθυστέρησε μέχρι νεωτέρας, λόγω της χαμηλής ικανοποίησης firmware. Το 2010 Saunalahti / Elisa VDSL2 προσφέρει συνδρομές σε ορισμένους συγκεκριμένους τομείς. Ένα παράδειγμα: Elisa προϊόν με συσσωρευμένες υπηρεσίες IPTV και 100/10 Mbit / s κόστος σύνδεσης VDSL2 39,90 € / μήνα.</p> <p>Päijät-Hämeen Puhelin άρχισε να παρέχει 100/64 Mbit / s VDSL2 συνδρομές το 2007 Q1 για € 69 έως € 79 το μήνα.</p>

	<p>Νεφέλωμα άρχισε να παρέχει πιλοτικά VDSL2 συνδρομές κατά τη διάρκεια του Ιουνίου 2007, αλλά παρέχει επί του παρόντος εμπορική συνδρομές για € 149 το μήνα (περιορισμένη έκταση).</p> <p>Suomi Oy Επικοινωνία Προσφορές τόσο SHDSL και VDSL2 συνδρομές όπου αυτά είναι διαθέσιμα.</p> <p>DNA Oy προσφέρει συμμετρική 100/100 Mbit / s VDSL2 συνδέσεων τουλάχιστον στο Oulu περιοχή για 60 € ανά μήνα.</p> <p>Sonera VDSL2 προσφέρει με βάση τις συνδρομές στο "Extra Laajakaista" υπηρεσία τους, προσφέροντας ποσοστά 1:01 Mbit / s, 10:10 Mbit / s και 100:10 Mbit / s.</p> <p>PPO-Yhtiöt Oy προσφέρει VDSL2 με βάση τις συνδέσεις με ταχύτητες 10/10, 25/10, 50/10.</p>
Γαλλία	<p>Ereps η ανάπτυξη και VDSL1 VDSL2 (ως ινών στις εγκαταστάσεις ) μέχρι Neuf Cegetel , αργότερα απορροφήθηκε από την SFR , αγόρασε την εταιρεία τον Απρίλιο του 2007. Δεν υπήρξε καμία περαιτέρω ανάπτυξη VDSL στη Γαλλία, επειδή το πρότυπο δεν έχει εγκριθεί από τον μοναδικό ιδιοκτήτη της ιστορικής χάλκινου τοπικού βρόχου ( France Telecom ). Οι περιπτώσεις χρήσης VDSL2 τη στιγμή αξιολογείται από το DSL τεχνολογίας. εισαγωγή ομάδας εργασίας.</p>
Γερμανία	<p>T-Home, το σταθερό τμήμα της Deutsche Telekom , VDSL2 προσφέρει υπηρεσίες με ταχύτητες λήψης έως και ταχύτητες 50 Mbit / s και για upload μέχρι 10 Mbit / s με βάση FTTC . Ξεκίνησαν στα τέλη του 2006 με την προσφορά VDSL2 στις 12 μεγαλύτερες πόλεις της Γερμανίας? Κατοίκους το 2007 σε πάνω από 50 πόλεις έχουν πρόσβαση σε VDSL2. Χρησιμοποιείται για την παροχή Triple play υπηρεσίες. Σχεδιάζονται περαιτέρω επεκτάσεις.</p>
Ελλάδα	<p>Ο ΟΤΕ έχει τον έλεγχο VDSL2 από το 2008 και άρχισε ένα νέο κύμα FTTC εγκαταστάσεις στο 4ο τρίμηνο του 2010 στο Ζωγράφου , Αλεξανδρούπολη , Κομοτηνή , Ξάνθη , Σέρρες , Βόυλα και Βουλιαγμένη . Ο ΟΤΕ αναμένεται να παρέχει υπηρεσίες VDSL2 το 2012.</p> <p>Όπως της 12ης Δεκεμβρίου 2011, CYTA Hellas, θυγατρική της ΑΤΗΚ , VDSL2 προσφέρει στην Αττική , σχεδιάζει να συνεχίσει με την Θεσσαλονίκη και άλλες μεγάλες ελληνικές πόλεις το 2012.</p>

Γροιλανδία	Tele Γροιλανδία τρέχει για VDSL2 Ericsson DSLAM. ως μέρος του FTTN, από το 2009.
Ουγγαρία	T-Home σχεδιάζει να παρέχει VDSL2 από 8η Οκτωβρίου του 2008.
Ισλανδία	Síminn τρέχει VDSL2 για Alcatel-Lucent DSLAM ως μέρος του FTTC.
Isle of Man	Ξεκίνησε υπηρεσίες VDSL Οκτωβρίου 2011. Σίγουρα: Cable and Wireless και Manx Telecom στο Isle of Man προσφέρουν τώρα VDSL στο max 40 Mb download και max 2 Mb ταχύτητες upload, από το σημερινό 16 Mb/800 kb ADSL2 υπηρεσία. Αυτό είναι διαθέσιμο σε πελάτες σε απόσταση 2 χιλιομέτρων από την ανταλλαγή και θα είναι επίσης διαθέσιμο για τους πελάτες του άλλου Isle of Man με βάση τους προμηθευτές ευρυζωνικής όπως WiManx.
Ιταλία	Telecom Italia είχε την πρόθεση να παράσχει VDSL2 το 4ο τρίμηνο του 2007, αλλά έχασε το. Γύρω Δεκέμβριο του 2008, ξεκίνησε VDSL2 (50:3 Mbit / s) με την παραπλανητική ονομασία της Alice Fibra ως μια ελεύθερη πείραμα για λίγες επιλεγμένους πελάτες στην περιοχή του Μιλάνου. Azienda Sanitaria Locale 3 "Genovese" κάνει μια δοκιμή του Versatek VX-VER160 σε πανεπιστημιακά δίκτυα. Το 2012, η Telecom Italia και η Fastweb ανακοίνωσε μια συνεργασία για να χρησιμοποιήσετε VDSL2 ως το τελευταίο τμήμα σε FTTC αρχιτεκτονική. Το πρόγραμμα επιδιώκει να παρέχει σε 100 πόλεις (20% του population) μια θεωρητική γραμμή 400 Mbps εντός του 2014.
Ιρλανδία	Eircom , στα τέλη του 2006, ανακοίνωσε ένα σχέδιο για να ξεκινήσει την παροχή VDSL2 από το 2007 σε μεγάλες πόλεις. Ωστόσο Eircom ανακοίνωσε την πρώτη φάση της ίνας roll-out το οποίο θα αναπτύξει ίνες ντουλάπια μαζί με VDSL2 και υπηρεσίες triple. Αυτό το roll-out είναι επί του παρόντος στη φάση 2.
Λουξεμβούργο	P & T Luxembourg προσφέρει έως και 100 Mbit / s από το 2011 .

Ολλανδία	<p>KPN έχει προσφέρει FTTC υπηρεσιών VDSL2 από το 2009 και VDSL-CO ("Κεντρικό γραφείο") από το 2010. KPN θα προσφέρει VDSL-BR ("Ring Buiten", Outer Ring), αρχής γενομένης από το 2ο τρίμηνο του 2011. KPN προσφέρει VDSL λιανικής και χονδρικής.</p> <p>KPN θυγατρικές XS4ALL και Telfort VDSL2 προσφέρει επίσης στους πελάτες τους.</p> <p>Tele2 άρχισε να προσφέρει VDSL2 με την επωνυμία FiberSpeed το 2009.</p> <p>BBned , τώρα μια θυγατρική Tele2, άρχισε να προσφέρει VDSL2 το 2010.</p>
Νορβηγία	<p>NextGenTel VDSL2 προσφέρει σε εθνικό επίπεδο.</p> <p>Η Telenor προσφέρει VDSL2 σε εθνικό επίπεδο.</p> <p>Netpower παρέχουν VDSL2 στις πόλεις Όσλο, Μπέργκεν, Σταβάνγκερ, και Sandnes.</p> <p>Noraxess παρέχει VDSL2 στις πόλεις γύρω από Helgeland. Με ταχύτητες έως 50/20 Mbit / s.</p> <p>PowerTech παρέχει VDSL2 στο Όσλο και Akershus.</p>
Πολωνία	<p>Telekomunikacja Polska παρέχει VDSL2 σε 40/4 Mbit / s και 80/8 Mbit από τον Ιούλιο του 2011.</p> <p>Netia παρέχει VDSL2 στα 50 Mbit / s από το Δεκέμβριο του 2010.</p>
Πορτογαλία	<p>Clix (ISP) και Portugal Telecom σχεδιάζουν να παρέχουν VDSL2 + FTTH στα τέλη του 2008, η νέα τεχνολογία της PTInovação (PT Labs), που ονομάζεται mediaDSLAM μπορεί να παρέχει 100 Mbit / s σε μια μακρά σειρά, 4-5 χλμ. από τα κύρια "πηγή", έναντι 0,5 χιλιόμετρα.</p>
Ρουμανία	<p>Romtelecom προσφέρει τώρα VDSL2 σε 20 Mbit / s και 30 Mbit / s. Είχαν σχεδιάζει να παρέχει VDSL2 στις αρχές του 2011 με 50 Mbit / s και 100 Mbit / s ταχύτητα σε 50 πόλεις? Στη Romtelecom να φθάσουν νέες ευκαιρίες για να προσφέρουν 50 Mbit / s και 100 Mbit / s?</p>
Σλοβενία	<p>TušTelekom παρέχει VDSL2 σε επιχειρήσεις.</p> <p>Telekom Slovenije παρέχει VDSL2 από 5 Μαρτίου 2007 στους πελάτες της.</p>

	<p>T-2 είναι η παροχή στους πελάτες VDSL2 από το Μάιο του 2007 και προσφέρει ταχύτητες έως 60:25 Mbit / s για τηλεφωνικές γραμμές χαλκού.</p>
Ισπανία	<p>Telefónica δοκιμαστέ η ανάπτυξη VDSL2 και σχεδίαζαν να παρέχουν VDSL2 το 2007 ή το 2008 ξεκίνημα, αλλά η εμπορική ανάπτυξη της καθυστέρησε μέχρι το 2009. VDSL2 προσφορά τους αποτελείται από ένα 30Mbit / s πρόσβαση με μια ικανότητα φόρτωσης του 1Mbit / s.</p> <p>Jazztel Εισήχθη VDSL2 τον Απρίλιο του 2010. Επί του παρόντος έχει ολοκληρώσει την ανάπτυξη της τεχνολογίας στο δίκτυό της και προσφέρει 30 Mbit / s πάνω VDSL2 με ανάντη ρυθμό 3,5 Mbit / s.</p>
Σουηδία	<p>Telenor και η Telia διαπραγματεύονται μια κοινοπραξία για την ανάπτυξη της υποδομής VDSL2 με κόστος 10 δισ. σουηδικές κορώνες .</p> <p>Bredbandsbolaget ξεκίνησε τη διεξαγωγή δοκιμών VDSL2 Οκτωβρίου 2005, Bredbandsbolaget είναι τώρα ένα μέρος της Telenor.</p> <p>Στις 13 Μαρτίου του 2008 η TeliaSonera ανακοίνωσε ότι θα ξεκινήσει την ανάπτυξη VDSL2. Telia μιλάμε για 30 με 70 Mbit / s κατάντη.</p> <p>Στις 18 Μαρτίου 2008, Bredbandsbolaget ανακοίνωσε ότι θα ξεκινήσει την ανάπτυξη VDSL2 στις 25 Μαρτίου 2008. [30] BBB προσφέρει τώρα στο VDSL2 60:20 Mbit / s για τους πελάτες πιο κοντά από 800 μέτρα από τον σταθμό τηλέφωνο και 40/10 για τους πελάτες που έχουν μεταξύ 800 και 1500 μέτρων. Το τίμημα λέγεται ότι είναι 399 SEK ανά μήνα (€ 37 )</p>
Ελβετία	<p>Swisscom αναπτύσσει VDSL2 και είναι τώρα διαθέσιμο για τους πελάτες από την 1η Ιουλίου 2007. Από το Δεκέμβριο του 2006 είναι σε χρήση για την IPTV.</p>
Τουρκία	<p>TTnet VDSL2 παρέχει υπηρεσία 16 Mbit / s, 32 Mbit / s, 50 Mbit / s και 100 Mbit / s.</p> <p>Superonline VDSL2 παρέχει υπηρεσία 10 Mbit / s, 20 Mbit / s, 50 Mbit / s και 100 Mbit / s.</p>
Ηνωμένο Βασίλειο	<p>BT Group VDSL2 δοκιμαστέ στο Muswell Hill, Λονδίνο και Whitechurch, Κάρντιφ Χρηματιστήρια αρχίζει τον Ιούλιο του 2009. Στις 23 Μαρτίου 2009, ανακοίνωσε τα σχέδιά της για την</p>

ανάπτυξη της υπηρεσίας σε 29 ανταλλαγές σε όλη την Αγγλία, την Ουαλία, τη Σκωτία και τη Βόρεια Ιρλανδία. Στις 9 Ιουλίου 2009, ανακοίνωσε τα σχέδιά της για την ανάπτυξη της υπηρεσίας σε ένα ακόμη 69 χρηματιστήρια σε όλο το Ηνωμένο Βασίλειο από το το καλοκαίρι του 2010.

Μάιο του 2010 η BT ανακοίνωσε £ 2.500.000.000 σχέδια να αναπτύξουν ένα μίγμα VDSL2 FTTC (75%) και GPON FTTP (25%) στο 66% του Ηνωμένου Βασιλείου από το 2015, με VDSL2 ταχύτητες που ξεκινούν από 40 Mbit / s για 10 Mbit / s up δυνητικά αυξάνεται σε 60 Mbit / s προς τα κάτω 15 Mbit / s up. Τον Οκτώβριο του 2011, η BT ανακοίνωσε ότι η εγκατάσταση είχε επιταχυνθεί, όπως ότι θα πρέπει να ολοκληρωθεί έως το 2014 (ένα χρόνο νωρίτερα από ό, τι είχε αρχικά προγραμματιστεί). Απρ 2012 BT για την εισαγωγή νέων προϊόντων ταχύτητες λήψης έως και 80Mbit / s προς τα κάτω και 20Mbit / s επάνω σε VDSL2 το δίκτυο. Αυτό έχει επιτευχθεί με την αύξηση ANFP χρήσης του φάσματος από 17 MHz. BT ανακοινώνουν FTTP On Demand - ένα GPON based υπηρεσία για την επέκταση της ίνας επικάλυψης σε περιοχές FTTC απευθείας στο σπίτι για τους συνδρομητές πρόθυμοι να πληρώσουν (το κόστος εγκατάστασης ακόμη δεν ανακοινώθηκαν αναμένεται να είναι σε υψηλά εκατοντάδες κιλά).

Στις 8 Οκτωβρίου 2009, αποκαλύφθηκε ότι η Virgin Media θα VDSL2 δίκη. Κάτοικοι της Ανώτατης χάπι, σε Saltash, και κοντά Hatt θα προσφέρεται δωρεάν ευρυζωνική σύνδεση μέσω μιας γραμμής VDSL2 σε ένα καθ 'οδόν υπουργικό συμβούλιο. Οι πίνακες θα πρέπει να συνδέεται με backhaul Virgin Media μέσω νέων ινών που από Vtesse Networks μέσω των τοπικών ανταλλαγών της BT, 5 χιλιόμετρα μακριά. Η δίκη τελικά οδήγησε σε Vtesse δίκτυα τρέχει την τελική υπηρεσία χωρίς τη συμμετοχή της Virgin Media με το δικό τους εμπορικό σήμα την 1η Οκτωβρίου 2010.

Ψηφιακή Περιφέρεια Ltd , η ΕΕ κυβερνητική υποστήριξη του έργου που σχηματίζεται από τα τέσσερα κύρια συμβούλια σε Νότιο Γιορκσάιρ - Σέφιλντ, Rotherham, Doncaster και Μπάρνσλεϊ, έχουν ξεδιπλώσει VDSL2 σε ένα μεγάλο ποσοστό του νομού. Η υποδομή αποτελείται από FTTC (Fiber To The υπουργικό συμβούλιο) και υπο βρόχου (SLU) να παρέχει την τελευταία μιλίων σύνδεση με τον καταναλωτή μέσω των υφιστάμενων χαλκού. Το δίκτυο προσφέρει αρχικά μέχρι 40 Mbit / s κατάντη και μέχρι 10 Mbit / s ανάντη με εξασφαλισμένη επίπεδο εξυπηρέτησης. Έχει ανακοινωθεί αυτό θα αυξηθεί σε 100 Mbit / s προς τα κάτω και 30 Mbit το Μάιο του



	<p>2012, αν και το πώς αυτό θα επηρεάσει την εξασφαλισμένη επίπεδο των υπηρεσιών δεν έχει ακόμη αποκαλυφθεί.</p> <p>Οπ-Επικοινωνιών ήταν ένας από τους πρώτους παρόχους να χρησιμοποιούν DRL, προσφέροντας έως και 40 Mbit / s VDSL2 υπηρεσίες για τους χρήστες των επιχειρήσεων και των καταναλωτών σε όλη την Νότιο Γιορκσάιρ.</p> <p>Προέλευση Broadband εντάχθηκαν στην ψηφιακή δίκτυο Περιφέρεια τον Ιανουάριο του 2011. Ήταν ο πρώτος ISP να διαφημίζουν συγκεκριμένα ανοιχτοί, απεριόριστη, μέχρι ευρυζωνική 40Mbit, σε οικιακούς πελάτες για το ψηφιακό δίκτυο Περιφέρειας. Στις 18 Απρίλη του 2012 ανακοινώθηκε ότι θα είναι η αύξηση της προσφοράς τους να περιλαμβάνει μια "μέχρι 100Mbit κάτω, μέχρι 30Mbit" πακέτο, ακόμα χωρίς όρια σχετικά με τη χρήση, το Μάιο του 2012.</p> <p>LittleBigOne συμμετείχε επίσης στο δίκτυο το 2011, προσφέροντας 40Mbit / s υπηρεσίες VDSL συμπεριλαμβανομένου του πρώτου Ηνωμένο Βασίλειο IPTV πάνω από VDSL υπηρεσία, η οποία ξεκίνησε στις αρχές του 2012. Η θα προσφέρει επίσης μια "μέχρι 100Mbit" υπηρεσία αρχής γενομένης από το Μάιο του 2012.</p> <p>Στις 14 Απριλίου 2010, Rutland Telecom ανακοίνωσε ότι πρόκειται να παραδώσει ευρυζωνικές ταχύτητες έως και 40 Mbit / s χρησιμοποιώντας μια οπτική ίνα στο υπουργικό συμβούλιο λύση στην ουαλική χωριό notspot του Erbistock. Η πρωτοβουλία, που υποστηρίζεται από τις ιδιωτικές επενδύσεις, θα είναι η πρώτη φορά που VDSL2 τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί σε ένα αγροτικό χωριό Ουαλίας.</p>
--	--

## Ασία

Μπαχρέιν	Lightspeed επικοινωνίας ανακοίνωσε ότι θα ξεκινήσει την ανάπτυξη της τεχνολογίας VDSL2 για οικιακούς και εταιρικούς πελάτες το 2012. κατάντη ταχύτητα θα είναι έως και 80 Mbit / s.
Χονγκ Κονγκ	PCCW Λίμιτεδ ( Netvigator ) και Hutchison Global Communications (HGC) έχουν αναπτύξει την τεχνολογία VDSL2 για να εξυπηρετήσει οικιακούς και εταιρικούς πελάτες από το

	<p>2008. Netvigator παρέχει έως και 100 Mbit / s κατάντη και 30 Mbit / s ανάντη ευρυζωνικών υπηρεσιών σε VDSL2, ενώ HGC ισχυρίζεται ότι για την παροχή έως και 100 Mbit / s κατάντη και 100 Mbit / s ανάντη υπηρεσία. Ωστόσο, λόγω στον εξοπλισμό τεχνικές δυσκολίες, HGC σύνδεση είναι αρκετά ασταθής. HGC είναι σε θέση να παρέχει 50 Mbit / s κατάντη και ανάντη στις περισσότερες περιοχές της κάλυψης.</p>
Ινδία	<p>MTNL έχει αναπτύξει την τεχνολογία VDSL στη Βομβάη και προσφέρει έως και 20 Mbit / s κατάντη.</p> <p>Airtel ανακοίνωσε 50 Mbit / s σχέδια με VDSL2.</p>
Ισραήλ	<p>Bezeq έχει αναπτυχθεί με FTTx VDSL2 με NGN εμπορικό σήμα το Σεπτέμβριο του 2009 προσφέροντας ταχύτητες των 20 και 30 Mbit / s κατάντη και 1 Mbit / s ανάντη. Τον Οκτώβριο του 2010 Bezeq έχει αναπτύξει 50 και 60 - 100 κατάντη ταχύτητες Mbit / s και περιορισμένη upstream ταχύτητες έως και 1 Mbit / s. In Απρ 2012 Bezeq έχει περιορισμένη upstream ταχύτητες έως 1,5 Mbit / s. Στις αρχές του 2013 Bezeq θα αναπτύξει 200 Mbit / s κατάντη ταχύτητα χρησιμοποιώντας δύο ζεύγη χαλκού συγκόλλησης.</p>
Μακάο	<p>CTM αρχίζει να δοκιμάσει VDSL2 στην 3η σεζόν του 2007. Πρώτα θα δοκιμαστεί σε δύο κύρια κτίρια στο Μακάο.</p>
Μαλαισία	<p>Telekom Μαλαισία αναπτυχθεί FTTx και VDSL2 με brand name UNIFI Μάρτιος 2010 προσφέρει συμμετρικές ταχύτητες 5, 10 και 20 Mbit / s.</p>
Πακιστάν	<p>PTCL είναι ο πρώτος πάροχος υπηρεσιών σε όλο τον κόσμο να αναπτύξουν μια εμπορική λύση VDSL2 Bonding και προσφέρει ταχύτητα μέχρι 50 Mbit / s - Η υψηλότερη ταχύτητα που προσφέρονται από οποιοδήποτε φορέα παροχής υπηρεσιών Internet στη χώρα.</p>
Σαουδική Αραβία	<p>Saudi Telecom Company (STC) Η μεγαλύτερη εταιρεία στη Μέση Ανατολή ξεκίνησε VDSL2 υπηρεσιών το Δεκέμβριο του 2011 προσφέρει διάφορα πακέτα ταχύτητα των οποίων 40 Mbit / s κατάντη και 10 Mbit / s Upstream για την παροχή Triple-play υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των υψηλής ταχύτητας (EBZ), IPTV (SD και HD) και VoIP από μόνη VDSL CPE με</p>

	ενσωματωμένο Wi-Fi. Αυτό συμπληρώνει την υφιστάμενη ADSL2 + εγκατεστημένη βάση STC, η οποία προσφέρει ήδη ταχύτητα λήψης έως και 20 Mbit / s, ως μέρος της σταθερής ευρυζωνικής πρόσβασης (FTTx) Δίκτυο
Σιγκαπούρη	SingTel δεμμένα με Ericsson για την ανάπτυξη μια τεχνική μελέτη του VDSL2 αρχίζοντας από τον Ιούνιο του 2006. Ωστόσο, καμία υπηρεσία ανακοίνωσε σχέδια από ακόμα και SingTel έχει προτιμώντας FTTH πάνω VDSL2.
Ταϊβάν	Οκτωβρίου 2007, Chunghwa Telecom (CHT) έχει απονεμίσει ZyXEL Communications για την παροχή VDSL2 εξοπλισμού (DSLAM και CPE) για το "Next Generation Access Network" του έργου. Το έργο περιλαμβάνει 340-χιλιάδες γραμμές και θα παρέχουν υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες triple play για τους συνδρομητές αυτούς.
Ταϊλάνδη	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ιουλίου 2010, True on-line από την αληθινή Corporation έχει κυκλοφορήσει το Ultra Hi-Speed Internet. Οι πρώτες εμπορικές υπηρεσίες VDSL2 με τις υπηρεσίες που είναι έως και 50 Mbit / s κατάντη και μέχρι 20 Mbit / s ανάντη.</li> <li>▪ 3BB Internet TrippleT έχει αναπτύξει VDSL2 Internet Solutions, που προσφέρει υπηρεσίες VDSL2 Internet για 20 Mbit / s κατάντη και μέχρι 4 Mbit / s ανάντη.</li> </ul>

## Βόρεια Αμερική

Καναδάς	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SaskTel , μια εταιρεία στέμμα της επαρχίας του Saskatchewan , έχει ανακοινώσει επίσημα την ανάπτυξη του VDSL2. SaskTel χρησιμοποιεί VDSL2 να αυξήσει το ποσό του εύρους ζώνης στους πελάτες της, επιτρέποντας σε περισσότερους ρεύματα HDTV με MAX Entertainment Υπηρεσίας.</li> <li>▪ Bell Canada προσφέρει σήμερα VDSL2 σε ορισμένες περιοχές του Οντάριο και του Κεμπέκ με ταχύτητες που φτάνουν τα 50 Mbit / s download και 10 Mbit / s upload, διατίθενται στην αγορά ως Internet Bell Fibe, ή μέρος της Bell Fibe τηλεόραση πακέτο. Για απόσταση από την τηλεόραση Fibe υπουργικό συμβούλιο στο</li> </ul>
---------	---

	<p>δέκτη πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από 800 μέτρα.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ TELUS VDSL2 προσφέρει σε ένα μεγάλο ποσοστό από το αποτύπωμα της στην British Columbia και Alberta με ταχύτητες που φτάνουν τα 25 Mbit / s download και 2 Mbit / s upload, που χαρακτηρίζεται ως TELUS High Speed Turbo 25 (σχετικά με το προφίλ 8b), ή μέρος μιας TELUS Optik συσκευασία TV. Η 17A προφίλ που δοκιμάζονται από τους τεχνικούς. Από το Νοέμβριο του 28, 2011, TELUS είναι η τρίτη εταιρεία στον κόσμο για να αναπτύξει μια εμπορική λύση VDSL2 Bonding και να προσφέρουν ταχύτητες έως και 50 Mbit / s. Η λύση αυτή τη στιγμή προσφέρεται σε επιλεγμένες περιοχές της επαρχίας του Κεμπέκ, όπου αναπτύχθηκε και αναπτύσσεται (TELUS Κεμπέκ, Rimouski ).</li> </ul>
Μεξικό	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Από τον Φεβρουάριο του 2012, Telmex έχει ανακοινώσει σχέδια για τη συνεργασία με την Alcatel-Lucent για την ανάπτυξη VDSL2 σε πολλές πόλεις και τελικά εξυπηρετούν τα εκατομμύρια των πελατών.</li> </ul>
ΗΠΑ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AT &amp; T έχει αναπτύξει η Alcatel-Lucent εξοπλισμό VDSL2 στην οδό ντουλάπια ως μέρος του σχεδίου της U-στίχο υπηρεσία σε FTTN based υπηρεσία. Επί του παρόντος δεν υπάρχουν σχέδια για να μετατρέψει σε FTTC εγκατάσταση και ότι FTTN θα συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται. iNIDs χρησιμοποιούνται σε μια εγκατάσταση-συγκόλληση ζεύγους να επεκτείνει την εμβέλεια της διαμόρφωσης FTTN τους.</li> <li>▪ CenturyLink - πρώην Qwest - επεκτείνεται σήμερα VDSL2 δίκτυο. Προσφέρει σήμερα την τεχνολογία του Ντένβερ, Fort Collins, Omaha, Φοίνιξ, Φλάγκσταφ, το Σιάτλ, Boise, Albuquerque, Αγίου Γεωργίου / Salt Lake City, UT, Πόρτλαντ, Όρεγκον, Fargo, ND, και του Αγίου Παύλου / Μινεάπολη περιοχές. Ορισμένες περιοχές έχουν επί του παρόντος υπηρεσία VDSL2 έως και 40 Mbit / s κατάνη και 20 Mbit / s ανάνη. Είναι, επίσης, σήμερα το τροχαίο έξω VDSL2 εξοπλισμό μαζί με MPEG-4 τηλεόραση υπηρεσία να Κολούμπια, Μιζούρι και το Λας Βέγκας για IPTV υπηρεσία του. Έχουν την αναβάθμιση των υφιστάμενων υπηρεσιών τους σε La Crosse, Ουισκόνσιν το 2010.</li> <li>▪ BellSouth είχε προγραμματίσει να αναπτύξουν VDSL2 στους πελάτες της πριν την εξαγορά της από την AT &amp; T. Πολλές από</li> </ul>

αυτές τις αγορές έχουν έκτοτε περιλαμβάνεται στην εγκατάσταση U-στίχο.

### Κεντρική Αμερική και την Καραϊβική

Δομινικανή Δημοκρατία	Claro προσφέρει ταχύτητες που κυμαίνονται από 1Mbit / s προς τα κάτω και 256kbit / s έως και 50Mbit / s προς τα κάτω και 2Mbit / s up. Η αναβάθμιση σε VDSL2 ήταν υποχρεωμένη να παρέχει αρκετό εύρος ζώνης για IPTV, τα στοιχεία της εταιρείας, καθώς και όλες τις υπηρεσίες φωνής που λειτουργούν με POTS δίκτυο τους.
Πουέρτο Ρίκο	Claro προσφέρει ταχύτητες που κυμαίνονται από 512kbit / s προς τα κάτω και 512kbit / s έως και 50Mbit / s προς τα κάτω και 1Mbit / s up. Η αναβάθμιση σε VDSL2 είναι επί του παρόντος σε εξέλιξη και απαιτείται να προσφέρει μελλοντική υπηρεσία της εταιρείας IPTV.

### Νότια Αμερική

Αργεντινή	Irlan Telecomunicaciones έχει αρχίσει να αναπτύσσει Allied Telesis VDSL2 εξοπλισμό για την αντικατάσταση παλαιών LRE Cisco εξοπλισμό μεταξύ 10K πελάτες τους στο Μπουένος Άιρες.
Βραζιλία	GVT χρησιμοποιεί Zhone Technologies , Inc Εξοπλισμός για την παροχή υπηρεσιών VDSL2 σε Μπέλο Οριζόντε , Σαλβαντόρ , Μπραζίλια , Curitiba , Goiânia , Πόρτο Αλέγκρε , Caxias do Sul , Campina Grande , Ρεσίφε , Fortaleza , και άλλες μεσαίες και μικρές πόλεις.  Σε Caxias do Sul κατοικιών ταχύτητες πακέτο υπηρεσιών διαφέρουν

	<p>από: Κατέβασμα 5 Mbit / s και 100 Mbit / s και για upload από 0,75 Mbit / s έως 10Mbit / s</p> <p>Sercomtel έχει αναπτύξει ένα νέο δίκτυο VDSL2 + για Londrina πόλη. Φτάνει να επιταχύνει 30Mbit / s για τους μεταγενέστερους, και 15Mbit / s ανάντη.</p>
Χιλή	Μονίstar έχει αρχίσει να αναπτύσσει Huawei VDSL2 εξοπλισμό για ορισμένους τομείς στην πόλη Σαντιάγο.

## Αφρική

Νότια Αφρική	<p>Επιβεβλημένος χειριστής Telkom SA είναι στα πρώτα στάδια της δοκιμάζει VDSL2 δυνατότητα MSAN ανταλλαγές, με στόχο ταχύτητες των 10, 20, 40Mbit / s download. Έχει προγραμματιστεί ότι θα πρέπει να υπάρξει πλήρης αντικατάσταση όλων των σημερινών DSLAM s 'με το νέες μονάδες υπουργικό συμβούλιο MSAN, επιτρέποντας ένα μικρότερο τοπικό βρόχο. Η δοκιμάζει θα ξεκινήσει τον Αύγουστο του 2012.</p>
--------------	--

## Ωκεανία

Αυστραλία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EFTel έχει αρχίσει μια εγκατάσταση του VDSL2 ικανή MSAN (Multi-Service Access Node) τεχνολογία, με ADSL2 + λεπίδες, για ανταλλαγές σε όλη την Αυστραλία ως μέρος του δικτύου BroadbandNext τους. Από τον Ιούνιο του 2009, EFTel έχουν εγκατασταθεί με επιτυχία MSANs σε 60 ανταλλαγές σε όλη την Αυστραλία.</li> <li>• Από τον Δεκέμβριο του 2008, iiNet είναι δοκιμάζει VDSL2 σε FTTB (Fiber To The Building) ανάπτυξη σε κατοικημένες πολυκατοικίες με στόχο την περαιτέρω αναπτύξεις το 2009.</li> </ul>
-----------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ιδιωτικός ανάπτυξη του δικτύου των VDSL2 έχει εμφανιστεί από το 2007 σε πολυκατοικίες με Zyxel προϊόν με βάση σε ολόκληρη την Αυστραλία.</li> <li>▪ Το 2009, άρχισε να TransACT πρασίνου roll-out για MDU και αναβάθμιση των υφιστάμενων VDSL δίκτυο πρόσβασης VDSL2, χρησιμοποιώντας Ericsson EDAs.</li> <li>▪ Το 2010, ο Adam Internet αναπτύχθει ένα δίκτυο VDSL2 διαθέσιμα για τους κατοίκους στον περίβολο.</li> <li>▪ Το 2010, Apex Internet ξεκίνησε μια εντελώς νέα roll-out για MDU και κλειστές κοινότητες.</li> </ul>
<p>Νέα Ζηλανδία</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ TelstraClear έχει αρχίσει να προσφέρουν VDSL2 σε 140 καμπίνες με δική Επόμενη δικτύου IP της σε επτά κέντρα των πόλεων. Η υπηρεσία VDSL2 είναι σήμερα διαθέσιμα σε επιχειρηματικές περιοχές του Wellington, Χάμιλτον, Tauranga, Νάπιερ, Wanganui, New Plymouth, Lower Hutt, και τα μέρη του Όκλαντ, το οποίο προσφέρει ταχύτητες λήψης έως και ταχύτητες 30 Mbit / s και για upload μέχρι 7 Mbit / s. TelstraClear σχεδιάζει να επεκτείνει την κάλυψη από τα Χριστούγεννα του 2008 σε Dunedin, Palmerston North, Christchurch, Όκλαντ, North Shore, Manukau και Waitakere.</li> <li>▪ Orcon έχει υπογράψει μια NZ \$ 30 εκατομμύρια συμφωνία με τη Siemens για την εγκατάσταση των VDSL2 το 2008. Δίκτυο Orcon θα καλύψει Auckland, Christchurch, Wellington, Hastings, Νάπιερ, Tauranga, Χάμιλτον, Dunedin, Νέλσον και Νέο Πλίμουθ με «πακέτα ευρυζωνικών συνδέσεων, υπηρεσίες βίντεο, τηλεόραση στο internet και τηλεφωνική γραμμή για \$ 50 έως \$ 60 το μήνα».</li> <li>▪ Telecom NZ και Vodafone NZ δοκιμάζουν επίσης VDSL2, αλλά περιμένουν για μια συμφωνία σχετικά με τους τρόπους για να χειριστεί παρέμβαση πριν από την ανάπτυξη παράλληλα με το άλλο εξοπλισμό στην Telecom ανταλλαγές.</li> <li>▪ Vodafone ανακοίνωσε ότι VDSL2 θα προσφέρονται στην περιοχή Auckland, με διαθεσιμότητα που λαμβάνουν χώρα, όπως κάθε ανταλλαγή είναι διαχωρισμένες. Πλήρης κάλυψη Auckland αναμένεται μέχρι το τέλος του 2008.</li> <li>▪ Η χονδρική διαίρεση της Telecom NZ έχει αρχίσει εργαστηριακές δοκιμές της τεχνολογίας VDSL2. Αν είναι</li> </ul>

επιτυχής VDSL2 είναι πιθανό να αυξήσει τις τρέχουσες του ADSL2 + δυνατότητες πάροδο του χρόνου, ιδίως όταν βρόχο μήκη είναι αρκετά μικρή (περίπου 1 χλμ.) για να επωφεληθούν από τις αυξημένες ταχύτητες.

- Στις 30 Ιανουαρίου 2009 η Telecom NZ ανακοίνωσε ρολό του από VDSL2 κάλυψη. Η εγκατάσταση ξεκίνησε το Σεπτέμβριο του 2010.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΘΟΡΥΒΟΣ

#### 8.1-Εισαγωγή

Η χρήση DSL γραμμών μεταφοράς μας επιτρέπει την ταχεία μετάδοση δεδομένων μαζί με φωνητικές υπηρεσίες που καλύπτουν οι υπάρχουσες γραμμές μεταφοράς. Η ικανότητα αυτή της αναβάθμισης των υπηρεσιών που μας προσφέρει το τηλεφωνικό δίκτυο είναι ένα πολύ μεγάλο πλεονέκτημα αν λάβουμε υπόψη ότι το τηλεφωνικό δίκτυο είναι παντού παρόν και είναι εύκολη η πρόσβαση σε μικρές επιχειρήσεις και σπίτια. Επίσης η εκμετάλλευση του υπάρχοντος δικτύου μειώνει την ανάγκη για τις πολύ μεγάλες επενδύσεις που θα έπρεπε να γίνουν για να το αναβαθμίσουν πράγμα που θα ήταν αναγκαίο αν χρησιμοποιούσαν άλλες τεχνικές όπως οπτικές ίνες ή ομοαξονικές γραμμές (fiber/coax). Η ανάπτυξη των DSL τεχνολογίας είναι άμεση συνάρτηση από το εάν μπορεί ή δεν μπορεί να την υποστηρίξει το υπάρχον δίκτυο γραμμών μεταφοράς και η προεκτίμηση του υπάρχοντος δικτύου αν μας παρέχει την δυνατότητα ή όχι της χρήσης DSL τεχνολογίας είναι απαραίτητη.

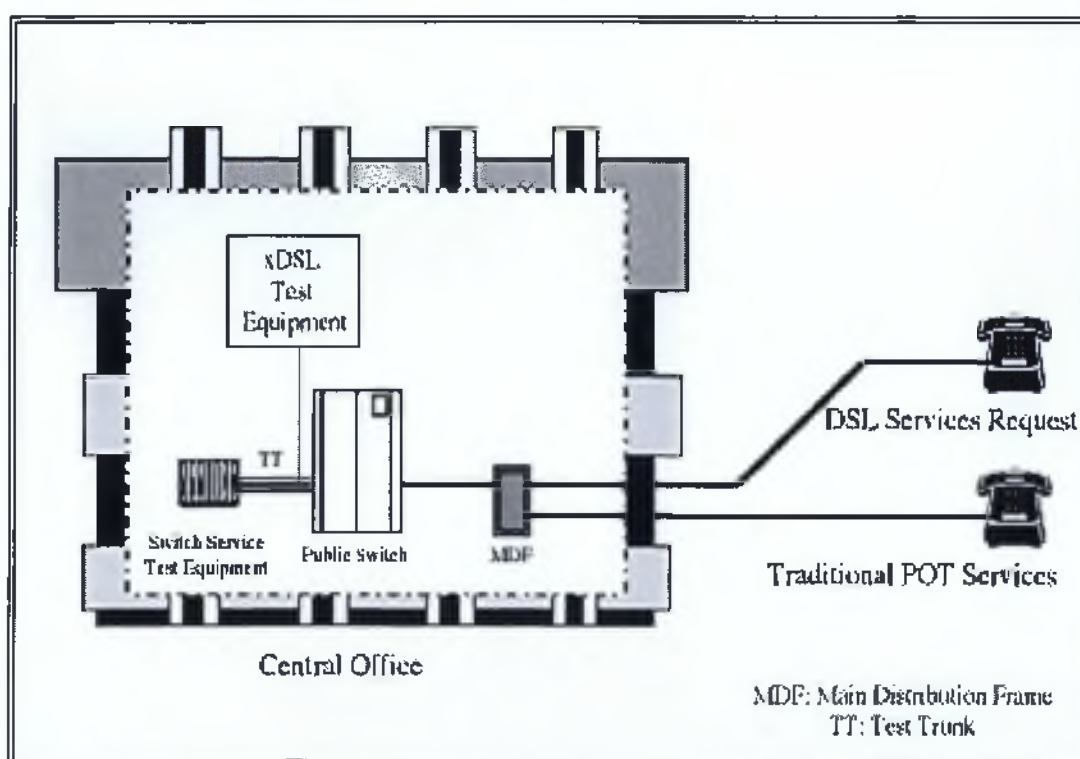
Η χρήση του υπάρχοντος δικτύου για την ταχεία μεταφορά δεδομένων είναι ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρει η DSL τεχνολογία αλλά αυτό γεννά και μια σειρά από προβλήματα τα οποία πρέπει να επιλυθούν για να γίνει η χρήση αυτή δυνατή. Η δυνατότητα να χρησιμοποιήσεις το τηλεφωνικό δίκτυο για DSL τεχνολογία εξαρτάται από την ποιότητα και την σχεδίαση του, το οποίο πολλές φορές είχε σχεδιαστεί αρκετές δεκαετίες πριν και κυρίως για να παρέχει υπηρεσίες φωνής με πολύ μικρότερο εύρος. Η σχεδίαση του δικτύου παρουσιάζει μια σειρά από εμπόδια τα οποία πολλές φορές επηρεάζουν την υπηρεσία DSL που επιλέγεται και μερικές φορές καθιστούν αδύνατη την παροχή

οποιασδήποτε DSL υπηρεσίας. Για απλό παράδειγμα αναφέρεται ότι η ύπαρξη φορτισμένων πηνίων σε μια γραμμή μεταφοράς, τα οποία λειτουργούν ως εξισωτές απόσβεσης, ώστε να είναι ομοιόμορφη η απόσβεση σε όλο το φάσμα των μεταδιδόμενων συχνοτήτων, αποκλείει την χρήση οποιασδήποτε τεχνολογίας DSL. Επίσης το μήκος της γραμμής και η ύπαρξη μη τερματισμένων γραμμών είναι καθοριστικός παράγοντας για το είδος της DSL γραμμής που θα εγκατασταθεί, γιατί όσο μεγαλύτερο το μήκος μιας γραμμής τόσο μικρότερης ταχύτητας τεχνολογία DSL έχουμε την δυνατότητα να εγκαταστήσουμε.

Η ανικανότητα να εκτιμήσουμε με ακρίβεια τα προβλήματα που μας προκαλούν τα χάλκινα ζεύγη καλωδίων που είναι εγκατεστημένα ήδη είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι τηλεφωνικοί παροχείς. Η προεκτίμηση αυτή είναι πολύ σημαντική, γιατί η ανάπτυξη και εφαρμογή της DSL τεχνολογίας εξαρτάται από την σχεδίαση και την ποιότητα του υπάρχοντος δικτύου. Με τον όρο προεκτίμηση εννοούμε την δυνατότητα που θα έχουμε να μπορούμε να αποφασίσουμε αν είναι δυνατή ή όχι η εγκατάσταση κάποιας DSL υπηρεσίας χωρίς να είναι ανάγκη να διενεργηθούν μετρήσεις στο υπό σύνδεση ζεύγος καλωδίων, για να αποφασίσουμε αν είναι δυνατή ή όχι η εγκατάσταση της. Η ικανότητα αυτή για προεκτίμηση της ποιότητας της γραμμής χωρίς να είναι αναγκαία η αποστολή κάποιων ειδικευμένων τεχνικών από την τηλεφωνική εταιρεία για να πραγματοποιήσουν τις μετρήσεις αυτές, θα μειώσει σημαντικά το κόστος για τις εταιρείες και άρα και το κόστος για το ίδιο τον καταναλωτή και θα κάνει τις DSL υπηρεσίες πιο προσιτές σε αυτόν. Επίσης ο αυξημένος αριθμός υπηρεσιών DSL που προσφέρουν οι εταιρείες τηλεφωνίας δημιουργεί την ανάγκη για ανάπτυξη ενός αυτοματοποιημένου έλεγχου των γραμμών μεταφοράς, για είναι δυνατή η ανταπόκριση στη αύξηση που αναμένεται να παρουσιάσει η αγορά αυτή καθώς δεν θα είναι δυνατή η ανταπόκριση όταν θα πολλαπλασιάζονται οι καταναλωτές που θα επιθυμούν να τους εγκατασταθεί DSL γραμμή με τα υπάρχοντα τεστ έλεγχου.

Γενικά υπάρχουν δυο μέθοδοι για να διενεργηθούν τεστ προεκτίμησης μιας γραμμής: τα μόνου τερματισμού (single ended) και τα διπλού τερματισμού (double ended). Τα single ended τεστ απαιτούν την ύπαρξη οργάνων μέτρησης μόνο από το μέρος της εταιρείας, δηλαδή μόνο στην αρχή της παροχής. Τα double ended τεστ απαιτούν την ύπαρξη οργάνων μετρήσεων τόσο στην αρχή της παροχής, όσο και στο τερματισμό της. Δηλαδή με το single ended τεστ το ζεύγος καλωδίων μπορεί να εξεταστεί από τον παροχέα στο σημείο από το οποίο αρχίζει η παροχή και να κρίνει ο ειδικός αν είναι δυνατή ή όχι η παροχή DSL

υπηρεσίας, χωρίς να είναι απαραίτητη η αποστολή κάποιου τεχνικού στο τερματισμό της γραμμής. Τα single ended τεστ μας δίνουν την δυνατότητα να προ-τεστάρουμε ένα ζεύγος χάλκινων καλωδίων από κάποιο κεντρικό σημείο και να πραγματοποιήσουμε τις απαραίτητες επισκευές (συγκόλληση κομμένων καλωδίων, αφαίρεση φορτισμένων πηνίων) στο υπό εξέταση κύκλωμα, ώστε να καταστεί δυνατή η παροχή DSL υπηρεσίας. Τα single ended τεστ μπορούν να μας παρέχουν πληροφορίες με διάστημα εμπιστοσύνης μεταξύ 90-95 % για τον αν μπορεί ή όχι να γίνει δυνατή η παροχή DSL υπηρεσίας από κάποιο ζεύγος καλωδίων. Επίσης λόγω της ανάγκης για ύπαρξη ενός μόνο μικρού αριθμού τεχνικών για την διεξαγωγή των μετρήσεων και της εκτίμησης για την καταλληλότητα ή όχι μια γραμμής, είναι πολύ πιο κοντά στα αυτοματοποιημένα τεστ που θα αναπτυχθούν στα επόμενα χρόνια για να γίνεται αυτή η εκτίμηση



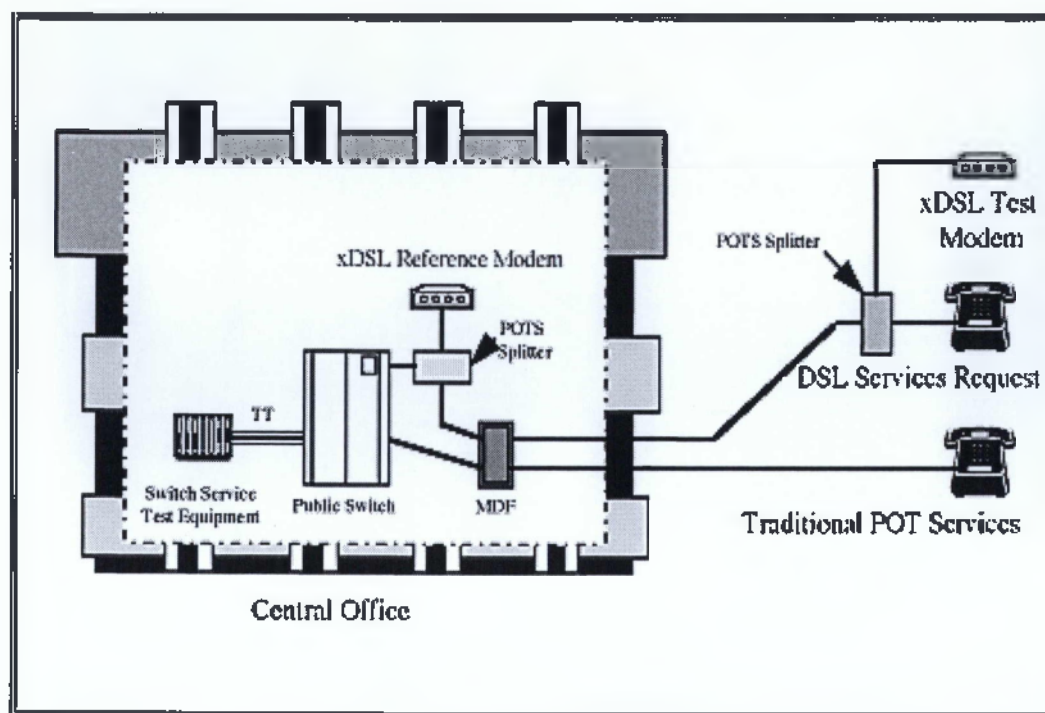
Μια εκτίμηση για το πώς θα είναι ένα simple ended τεστ και τι θα χρειάζεται για να διεξαχθεί, είναι η ύπαρξη κάποιων τεστ στα υπάρχοντα δίκτυα (OSS) και σίγουρα κάποια

αρχεία από την τηλεφωνική εταιρεία. Το OSS θα μέτρα το μήκος της γραμμής και θα λαμβάνει από τα αρχεία πληροφορίες για τις παλιές και νέες διαδρομές για την ύπαρξη ή όχι φορτισμένων πηνίων και μη τερματισμένων γραμμών (Bridged taps) κτλ. Παρόλα αυτά όταν αρχικά προσφέρθηκαν από τις εταιρείες οι ISDN γραμμές και επιχειρήθηκε η εφαρμογή αυτής της μεθόδου κάποιες εταιρείες την βρήκαν μη αποτελεσματική για τεστ προεγκατάστασης. Η χρήση των υπάρχοντων τεχνικών για τεστ προεγκατάστασης μαζί με αρχεία από τις εταιρείες δεν είναι αρκετή για να μας δώσει σαφή αποτελέσματα για τις γραμμές και τις δυνατότητες που έχουν για να υποστηρίξουν κάποια DSL υπηρεσία.

Οι εταιρείες οι οποίες θα διεξαγάγουν τα single ended τεστ θα τα υλοποιήσουν με δυο τρόπους ο πρώτος είναι με απαίτησης του πελάτη ο οποίος θέλει να του παρασχεθεί μια DSL υπηρεσία και ο δεύτερος είναι μια σταδιακή χαρτογράφηση των περιοχών και των γραμμών οι οποίες είναι δυνατό να υποστηρίξουν xDSL. Στο πρώτο τρόπο θα έρχεται ο πελάτης ο οποίος επιθυμεί να κάνει μια σύνδεση και στην συνέχεια από την εταιρεία θα διενεργούνται οι κατάλληλες μετρήσεις και οι τυχόν επισκευές που απαιτείται ώστε να καταστεί δυνατή η παροχή υπηρεσιών ευρείας ζώνης. Οι έλεγχοι ύστερα από απαίτηση δεν πρέπει να διενεργούνται όσο ο πελάτης είναι on line εξαιτίας των προβλημάτων που δημιουργούν τα voice band modems, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση των επαγωγικών φορτίων στην γραμμή. Έλεγχοι ύστερα από απαίτηση εκτελούνται επίσης τυπικά μετά την απαραίτητη φροντίδα του κυκλώματος, έτσι ώστε και να ολοκληρωθεί η παραγγελία και επίσης να καθιστά δυνατό την επιβεβαίωση πριν από την καταληκτική ημερομηνία παράδοσης ότι οι υπηρεσίες που υποσχέθηκε η εταιρεία θα είναι και στο μέλλον αυτές που υποσχέθηκε. Ο δεύτερος τρόπος που είναι η σταδιακή χαρτογράφηση των γραμμών οι οποίες είναι δυνατό να παρέχουν κάποια DSL υπηρεσία δηλαδή θα διενεργούνται τεστ σε μια περιοχή και θα καθορίζετε ποιες γραμμές είναι δυνατό να παρέχουν κάποια και ποια DSL υπηρεσία όπως και το μέγεθος των επισκευών που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν ώστε να καθιστούν και οι υπόλοιπες γραμμές κατάλληλες για να παρέχουν κάποια DSL υπηρεσία.

Στα τεστ διπλού τερματισμού (Double ended) αποστέλλεται ένας τεχνικός στο σημείο τερματισμού της γραμμής και εκεί εγκαθιστά ένα modem και η κάποιο άλλο όργανο μετρήσεων το οποίο επικοινωνεί με το modem αναφοράς και το οποίο βρίσκετε στο σημείο

από το οποίο ξεκινά η γραμμή και μια συσκευή η οποία είναι συνδεδεμένη με το NID (Network interface device) πελάτη. Αν η παροχή κάποιας DSL υπηρεσίας είναι ανέφικτη τότε ξεκινά μια ολόκληρη διαδικασία για να καθαριστεί το ζεύγος από τα διάφορα εμπόδια. Η χρησιμοποίηση ενός modem αναφοράς πολλές φορές δεν μας δίνει αρκετές πληροφορίες για τον λόγο για τον οποίο είναι αδύνατη η υποστήριξη μεταδώσεις κάποιας DSL υπηρεσίας και δεν μπορεί καθορίσει το χρόνο που απαιτείται για την παράδοση της υπηρεσίας DSL που ζητήθηκε από τον πελάτη γιατί οι εγκαταστάσεις χρειάζονται κάποια προετοιμασία πριν την εγκατάσταση της υπηρεσίας. Εξαιτίας του μεγαλύτερου κόστους που συνεπάγεται η αποστολή κάποιου ειδικευμένου τεχνικού στο πελάτη που απαιτεί ο έλεγχος και από τις δυο άκρα της γραμμής για την παροχή κάποιας DSL υπηρεσίας αυξάνει το κόστος της και την κάνει λιγότερο ανταγωνιστική σε σχέση με άλλες εναλλακτικές μορφές παροχής μετάδοσης ευρείας ζώνης.



Παρακάτω θα δούμε μια λίστα από διάφορα στοιχεία που απαιτούνται να υπολογίζουν τα διάφορα single ended τεστ προεγκατάστασης για να ξέρουμε αν είναι δυνατή η όχι η παροχή μιας xDSL υπηρεσίας. Τα τεστ αυτά θα πρέπει επίσης να καθορίζουν και ποια xDSL υπηρεσία μπορεί να μεταδοθεί από μια γραμμή γιατί οι απαιτήσεις για κάθε xDSL υπηρεσίας διαφέρει και όσο πιο μεγάλο γίνεται το bitrate τόσο πιο αυστηρές γίνονται οι απαιτήσεις από τα καλώδια.

- *Η ανεύρεση των επαγωγικών φορτίων*

Τα φορτισμένα πηνία είχαν αρχικά χρησιμοποιηθεί εξισωτες 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. Τα τεστ αυτά προεγκατάστασης θα πρέπει να μας δίνουν την δυνατότητα να εντοπίσουμε την ύπαρξη πηνίων στην γραμμή.

- *Μέτρηση του μήκους της γραμμής*

Όλες οι xDSL επηρεάζονται από το μήκος της γραμμής που μεσολαβεί από το κέντρο που παρέχετε η DSL υπηρεσία και το καταναλωτή δηλαδή από την αρχή και το τέλος της γραμμής που χρησιμοποιείται για την μετάδοση των δεδομένων. Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερο το μήκος της γραμμής τόσο μικρότερο bitrate μπορούμε να επιτύχουμε με την γραμμή αυτή. Τα διάφορα τεστ πριν την εγκατάσταση θα πρέπει να καθορίζουν με ακρίβεια το συνολικό μήκος της γραμμής.

- *Η ανεύρεση brigded taps*

Η ύπαρξη μιας ή παραπάνω brigded tap όπως και το μήκος τους επηρεάζει κατά πολύ την απόδοση μιας γραμμής στην παροχή μια DSL υπηρεσίας. Οπότε τα διάφορα τεστ που θα

γίνονται θα πρέπει να καθορίζουν τον αριθμό των bridged taps όπως και το μήκος αυτών και συνεχεία αν η DSL υπηρεσία που ζήτησε ο πελάτης δεν επηρεάζεται από αυτές θα εγκαθιστάτε αλλιώς θα πρέπει να αφαιρούνται η να προσαρμόζετε το μήκος τους.

- *Μέτρηση του θορύβου*

Ο θόρυβος η παρουσία άλλων συσκευών που χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων επηρεάζει την απόδοση σε κάποιες xDSL υπηρεσίες και θα πρέπει να γίνετε η μέτρηση αυτών των παρεμβολών. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες θορύβου που επηρεάζουν διάφορες xDSL από τα 200-kHz που επηρεάζει την απόδοση όλων των υπηρεσιών που χρησιμοποιούν κωδικοποίηση 2B1Q όπως οι ISDN , MDSL, SDSL, SHDSL, HDSL, θόρυβος μέχρι τα 1,1MHz ο οποίος προκαλεί προβλήματα στην ADSL και η παρουσία T1 η οποία μπορεί να επηρεάσει κατά πολύ κάποιες ADSL γραμμές.

- *Τεστ ισορροπίας του κυκλώματος και τεστ στα υλικά*

Τα τεστ πριν την εγκατάσταση θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν τον έλεγχο για την περίπτωση ατέλειες στην σύνθεση του καλωδίου και την διαμήκη ισορροπία του κυκλώματος. Η διαμήκη ισορροπία ενός κυκλώματος που θα χρησιμοποιηθεί για DSL υπηρεσίες είναι πολύ σημαντική για την ομαλή λειτουργία αυτών. Τα διάφορα τεστ που θα γίνουν για να καθορίσουν αν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο χαλκό είναι οι κλασικές μετρήσεις χωρητικότητα όπως και σταθερού ρεύματος και αντίστασης μαζί με εναλλασσόμενοι τάση και τα διάφερα τεστ tip-to-ring (T-R), tip-to-ground (T-G) και ring-to-ground (R-G) .

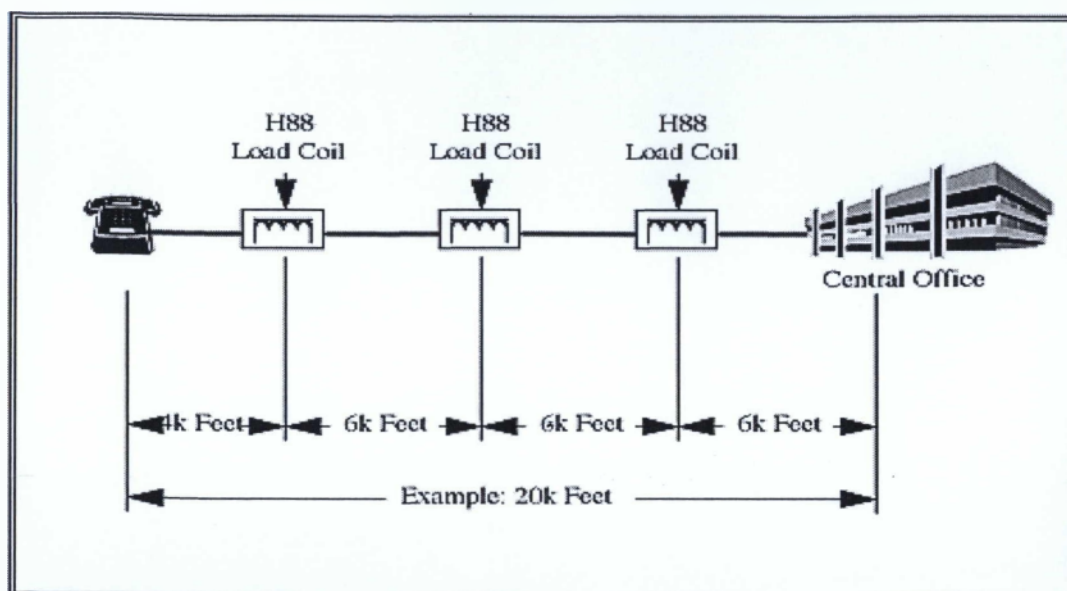
## 8.2-Επαγωγικά φορτία

Ο εντοπισμός της ύπαρξης η μη επαγωγικών φορτίων στην γραμμή είναι παρά πολύ σημαντικός γιατί από αυτό κυρίως εξαρτάτε για τον αν η γραμμή είναι ικανή η όχι να υποστηρίξει DSL υπηρεσίες. Δηλαδή δεν υπάρχει περίπτωση να μπορεί ένα ζεύγος χάλκινων καλωδίων να υποστηρίξει DSL υπηρεσίες αν υπάρχουν επαγωγικά φορτία σε αυτές. Ιδανικά ένα τεστ θα μπορούσε να μας καθορίσει την παρουσία και το που είναι τοποθετημένο ένα φορτισμένο πηνίο. Τα επαγωγικά φορτία είχαν αρχικά τοποθετηθεί στις γραμμές μεταφοράς με μήκος μεγαλύτερο από 18000 ποδιά για να βελτιώσουν την ποιότητα της φωνής. Όταν τα πηνία αυτά τοποθετήθηκαν στις γραμμές τότε η εξασθένηση των συχνοτήτων που είναι κοντά στην φωνή μειώθηκε και έτσι βελτιώθηκε η ποιότητα του σήματος άλλα για συχνότητες μεγαλύτερες από αυτές της φωνής τα επαγωγικά φορτία (πηνία) δρουν σαν φίλτρα αποκοπής των υψηλών συχνοτήτων (low pass filter). Όλες οι DSL τεχνολογίες στηρίζονται στην χρησιμοποίηση συχνοτήτων υψηλότερων από τις συχνότητες της φωνής και η χρησιμοποίηση ενός κυκλώματος το οποίο έχει επαγωγικά φορτία είναι αδύνατη. Έχει αναφερθεί ακόμα ότι τα επαγωγικά φορτία αυτά επηρεάζουν ακόμα και τα modem των 33.6 και 56 kbps για τους ίδιους ακριβώς λόγους.

Η αποδεκτή πρακτική που εφαρμόζετε για την κατασκευή τοπικών κυκλωμάτων είναι η σχεδίαση με την revised resistance. Αυτοί οι κανόνες διευκρινίζουν ότι σε όλους τους βρόχους με μήκος μεγαλύτερο από τα 6000 μέτρα πρέπει να προστίθεται επαγωγικό φορτίο. Ένα κωδικό γράμμα ορίζει το όσον αφορά τρόπο με τον οποίο θα γίνει η τοποθέτηση του φορτίου και ένας αριθμός διευκρινίζει την τιμή της επαγωγής για παράδειγμα δυο προσδιορισμοί για δυο συνηθισμένους τρόπους κατανομής του φορτίου οι H88 και D88. Ο αριθμός 88 αναφέρετε σε επαγωγή μετρούμενη σε milli Henry από πραγματικά πηνία που χρησιμοποιούνται σαν φορτίο, το γράμμα H είναι προσδιορισμός για 6000 ποδιά απόσταση μεταξύ των πηνίων και το γράμμα D υποδεικνύει 4500 ποδιά μεταξύ των πηνίων. Έτσι ο H88 που είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνική τουλάχιστον για την Αμερική σημαίνει ότι έχουν τοποθετηθεί πηνία 88 mH σε απόσταση 6000 πόδων μεταξύ τους όπως βλέπουμε και από το παρακάτω σχήμα

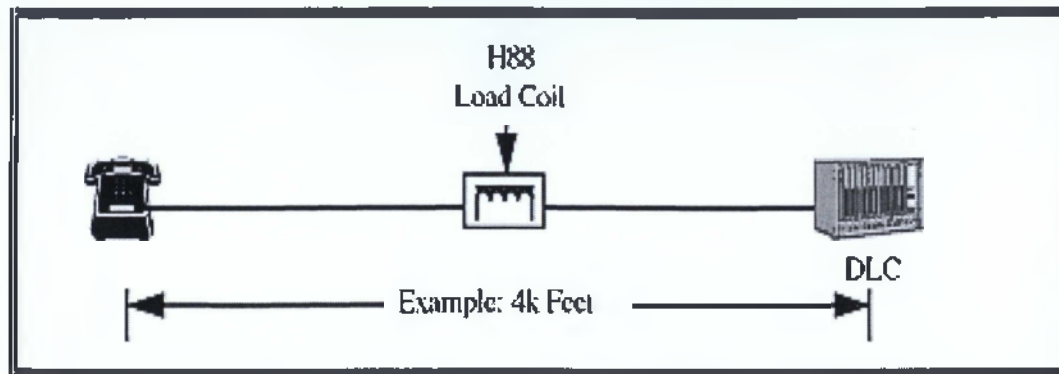


### Επαγωγικά φορτία από τη εταιρεία στο καταναλωτή



Αν οι κανόνες για την τοποθέτηση επαγωγικών φορτίων στις γραμμές μεταφοράς είναι τόσο ξεκάθαροι γιατί τότε είναι τόσο δύσκολο να διαγνώσουμε ποια κυκλώματα είναι επαγωγικά φορτισμένα; Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση μπορεί να δοθεί μερικώς αν εξετάσουμε τις στατιστικές που πήραμε από την έρευνα της Bellcore για τους τοπικούς βρόχους. Οι έρευνες που γίνανε μας λένε ότι στο 24% των γραμμών μεταφοράς έχουν τοποθετηθεί επαγωγικά φορτία αλλά μόνο το 12% επί του συνόλου των γραμμών έχει μήκος μεγαλύτερο από 18000 ποδιά το οποίο μας δίνει να καταλάβουμε ότι στο 12% των γραμμών μεταφοράς δεν θα έπρεπε να έχουν τοποθετηθεί επαγωγικά φορτία. Μια πιθανή αιτία για αυτό είναι η αύξηση του αριθμού των επαναριθμήσεων των κυκλωμάτων σαν αποτέλεσμα της εγκατάστασης νέων CO και DLC. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα βρόχο 4000 ποδιών με επαγωγικά φορτία. Αυτά τα επαγωγικά φορτία δεν είναι απαραίτητα αλλά έχουν μείνει από τις επαναριθμήσεις. Επιπλέον η χρήση των αρχείων των διαφόρων εταιριών είναι ανεπαρκής να καθορίσει την ύπαρξη επαγωγικών φορτίων εξαιτίας της μεγάλης ηλικίας των εγκαταστάσεων και του σημαντικού αριθμού αλλαγών που έχουν επέλθει σε αυτές.

Βρόχος 4000 ποδιών με επαγωγικά φορτία



Είναι υποχρεωτικό για τους παροχείς να καθορίσουν εάν ένα βρόχος έχει φορτία πριν να παρέχουν μια xDSL υπηρεσία. Η χρήση των αρχείων τις εγκαταστάσεις δίνει πληροφορίες για το μήκος του βρόχου δεν είναι επαρκείς για να καθορίσουν αν ένα βρόχος έχει φορτίο η όχι. Για αυτό το λόγο η προεκτιμήση για τα xDSL πρέπει να ξεκινά με την δυνατότητα να ανιχνεύεις αν υπάρχουν επαγωγικά φορτία σε ένα κύκλωμα.

### 8.3-Μέτρηση του μήκους του βρόχου

Η ακριβής μέτρηση του μήκους της γραμμής είναι μια απαραίτητη εργασία για τον καθορισμό εάν το ζεύγος καλωδίων είναι ικανό η όχι να υποστηρίξει xDSL υπηρεσίες.

Όλες οι DSL είναι ευαίσθητες στο μήκος του καλωδίου που χρησιμοποιείται από την εταιρία μέχρι τον καταναλωτή όπως και στην διάμετρο αυτού. Αν ένας παροχέας προσφέρει μια υπηρεσία σταθερού ρυθμό η χρησιμοποιεί xDSL για να προσφέρει φωνητικές υπηρεσίες είναι σημαντικό να γνωρίζει το μήκος του βρόχου, γιατί ο ρυθμός μεταδόσεις όλων των xDSL είναι αντιστρόφως ανάλογος του μήκους του βρόχου. Η πρόσφατη εισαγωγή του πρωτοκόλλου το οποίο προσαρμόζει την μετάδοση δεδομένων σύμφωνα με τις δυνατότητες της γραμμή και η τάση για πρόσφορα υπηρεσιών χαμηλότερου ρυθμού μετάδοσης έχει βοηθήσει στο να αυξηθεί το αποδεκτό μήκος γραμμή. Η διάμετρος του καλωδίου είναι επίσης πολύ σημαντική τυπικά η απόσταση που υποστηρίζεται για 26 AWG είναι μόνο τα δυο τρίτα της απόστασης που υποστηρίζεται για 24 AWG.

Αναφορές από την Bellcore μας λένε ότι περίπου το 88 % των κυκλωμάτων έχουν μήκος μικρότερο από 18000 ποδιά και το 65 % περίπου είναι σύμφωνες με τους κανονισμούς της carrier service area (CSA) που αφορούν βρόχους με μήκος μικρότερο από 12000 ποδιά για 24 AWG και μικρότερο από 9000 ποδιά για 26 AWG. Επιπρόσθετα τα εργαστήρια της εταιρία Bell ανέφεραν ότι παραπάνω από τα δυο τρίτα των DLC βροχών συμμορφώνονται με τους κανονισμούς CSA. Το άθροισμα AWG είναι η ψηλότερο είναι 59,6 % αλλά το 26 AWG αντιπροσωπεύει το 40,4 %. Ο πίνακας 6.3-1 παρέχει μια περίληψη της σχέσεις μεταξύ των διάφορων υπηρεσιών dSL και του μήκους του βρόχου.

XDSL Type	24AWG (kft)	26AWG (kft)
ISDN	24.7	15.6
RADSL-DMT		
7 Mbps/1.5 Mbps	6	1.8

1.5 Mbps/up to 384 kbps	18	5.5
RADSL-CAP		
7 Mbps/1.5 Mbps	6	1.8
1.5 Mbps/up to 384 kbps	18	5.5

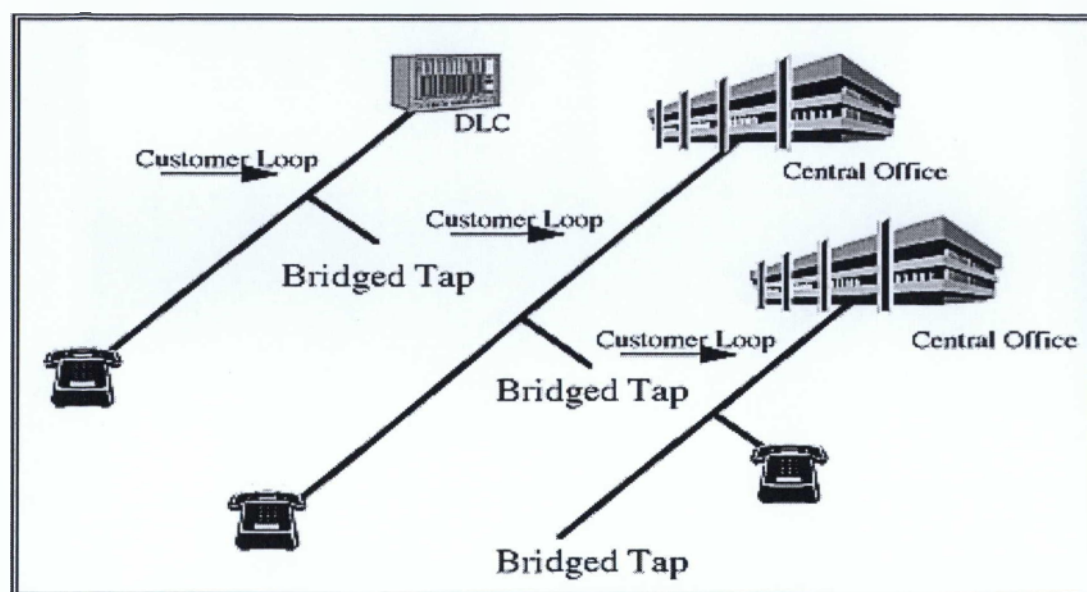
Τα POTS τεστ χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν το μήκος του βρόχου χρησιμοποιούν το απλό tip-to-ring μετρήσεις χωρητικότητας. Το μήκος του βρόχου υπολογίζετε από την μέτρηση αυτή χρησιμοποιώντας 0,083  $\mu\text{F}/\text{mile}$  η χωρητικότητα tip-to-ring είναι μια καλά ελεγχόμενη παράμετρος και εξαρτάται βασικά από το στρίψιμο των καλωδίων που διαφέρει κατά 6 % από 0,078 μέχρι 0.086  $\mu\text{F}/\text{mile}$  με μέση τιμή κοντά στα 0.083  $\mu\text{F}/\text{mile}$ .

Αν και οι προδιαγραφές για εκπομπές DSL δίνονται τυπικά είτε για 24 είτε για 26 διάμετρο καλωδίου είναι δύσκολο να καθορίσεις τι ποσοστό της εγκατάστασης του βρόχου είναι ίδιας διαμέτρου (π.χ όλα 26 AWG ). Είναι πιθανό να υπολογίσεις την μικρότερη διάμετρο είτε RRD η CSA κανονισμούς σχεδίου χρησιμοποιώντας την μικρότερη διάμετρο προκύπτει η χαμηλότερη ταχύτητα διαμεταγωγής που μπορεί να υποστηριχθεί.

#### **8.4-Ανίχνευση brigdetap**

Με τον όρο bridge tap εννοούμε κάθε μη τερματισμένο τμήμα ενός βρόχου από την τηλεφωνική εταιρεία μέχρι και τις εγκαταστάσεις του πελάτη από το οποίο δεν περνά τηλεφωνικό σήμα. Μια bridge tap μπορεί να είναι ένα ζεύγος καλωδίων το οποίο μπορεί να

είναι συνδεδεμένο είτε σε κάποιο σημείο στη ενδιάμεση διαδρομή είτε μπορεί να είναι μια επέκταση από τον πελάτη δηλαδή να ξεκινά από το τέλος της γραμμής αλλά να μην είναι τερματισμένο. Για παράδειγμα πολλές εταιρείες τραβάνε και μια δεύτερη γραμμή μέχρι τον πελάτη αρχικά για να μην είναι αναγκασμένοι σε περίπτωση που τους ζητηθεί μια δεύτερη υπηρεσία ή κάτι άλλο να σπαταλήσουν χρήματα για να περάσουν μια δεύτερη γραμμή και μέχρι αυτή η γραμμή να χρησιμοποιηθεί θεωρείται bridge tap. Όσο το δίκτυο αναπτυσσόταν τα καλώδια αυτά ενώθηκαν μαζί με αλλά ζεύγη καλωδίων χωρίς να κρατιέται κάποιο αξιόπιστο αρχείο και έτσι ο εντοπισμός και οι αφαιρέσεις των bridge tap είναι μια υπόθεση αρκετά χρονοβόρα και κυρίως δαπανηρή. Η IEEE αναφέρει όμως ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 5 % στα οποία υπάρχουν bridge tap αντιμετωπίζει προβλήματα εξαιτίας αυτόν στην μετάδοση xDSL υπηρεσιών.

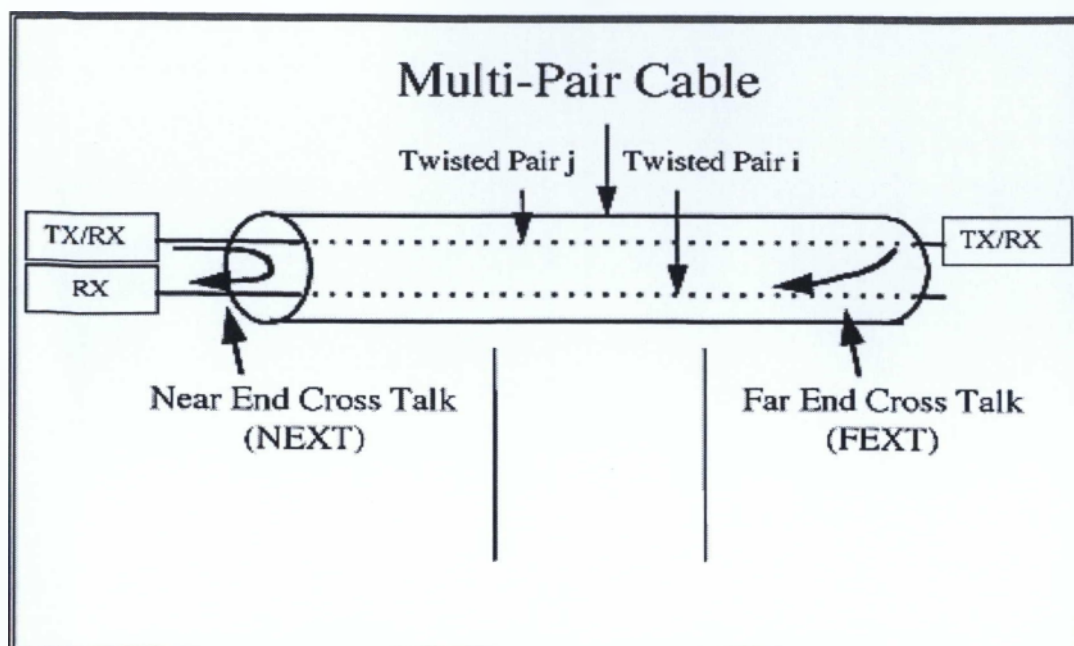


Η εταιρία Telecordia αναφέρει ότι ένα σημαντικά μεγάλο κομμάτι από το σύνολο των τηλεφωνικών βροχών το 56 % έχει bridge tap. Το μεγάλο αυτό μέρος των βροχών με bridge tap από μόνο του δεν είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό αλλά το μήκος αυτών των μη

τερματισμένων βρόχων (brigde tap) είναι αυτό που καθορίζει αν μπορεί ο βρόχος αυτός να μεταδώσει κάποια DSL υπηρεσία και όχι μόνο η παρουσία του brigde tap. Στην χειρότερη περίπτωση η brigde tap έχει μήκος κάπου στα 1300 ποδιά όπως φαίνεται από την έκθεση της Telecordia το οποίο δεν επηρεάζει κατά πολύ την απόδοση των xDSL. Το μήκος brigde tap επηρεάζει την απόδοση κάθε xDSL διαφορετικά. Δηλαδή το HDSL το MDSL και το ISDN μπορούν τυπικά να ανεχθούν brigde tap με μήκος μέχρι και 6000 ποδιά. Αλλά στην περίπτωση του ADSL η παρουσία brigde tap δεν θα αποτρέψει την μετάδοση της υπηρεσίας αυτής αλλά θα μειώσει το εύρος ζώνης και την ταχύτητα στην οποία λειτουργεί αυτή. Με την τάση που επικρατεί σήμερα για πρόσφορα υπηρεσιών βασισμένων σε χαμηλότερες ταχύτητες ADSL και RADSL με εύρος από 384-384 kbps μέχρι 1544\384 kbps οι συνέπειες από τις brigde tap έχει μειωθεί αρκετά.

### **8.5-Διαφωνία**

Γειτονικά συστήματα τα οποία βρίσκονται στην ίδια δέσμη καλωδίων τα οποία μεταδίδουν και λαμβάνουν δεδομένα στο ίδιο φάσμα συχνοτήτων με τα xDSL μπορούν να δημιουργήσουν παρεμβολές(διαφωνία) και θόρυβο. Η διαφωνία αυτή μπορεί να προκληθεί από ανεπαρκές θωράκιση καλωδίων, εξαιρετικά μεγάλη ανομοιότητα μεταξύ των επιπέδων των σημάτων σε ρυθμιστικά κυκλώματα, ανισόρροπες γραμμές και συστήματα μεταφοράς με υπερβολικά φορτία. Η διαφωνία μπορεί να χωριστεί σε δυο κατηγορίες την διαφωνία κοντά στο τέλος η αλλιώς τηλεδιαφωνία (NEXT) και στην διαφωνία μακριά από το τέλος η αλλιώς παραδιαφωνία (FEXT), όπως βλέπουμε και από το παρακάτω σχήμα. Ο NEXT δημιουργείται όταν ένα μεταδιδόμενο σήμα επηρεάζει ένα λαμβανόμενο σήμα στο ίδιο άκρο του καλωδίου FEXT δημιουργείται όταν ένα σήμα μακριά από το τέλος της γραμμής επηρεάζει ένα σήμα κοντά στο τέλος. Ο FEXT είναι στις περισσότερες περιπτώσεις λιγότερο επιβλαβής, γιατί το σήμα έχει εξασθενήσει καθώς μεταδίδεται στον βρόχο. Τυπικά επαναλαμβανόμενα T1 κυκλώματα και ADSL μετάδοση δεν μπορούν να αναμιχθούν στο ίδιο καλώδιο αλλά ADSL, HDSL/MDSL και ISDN μπορούν χωρίς καμία συνέπεια να αναμιχθούν στο ίδιο καλώδιο.



Ο θόρυβος λόγω διαφωνίας ο οποίος προκαλείται από την παρουσία άλλων μεταδόσεων στο ίδιο αγωγό καλωδίων επιδρά δυσκολεύοντας την μετάδοση ορισμένων xDSL υπηρεσιών. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες θορύβου διαφωνίας:

- μέχρι τα 200 kHz θόρυβος ο οποίος επηρεάζει όλες τις μεταδόσεις που χρησιμοποιούν διαμορφώσεις 2B1Q DSL και αυτές που το χρησιμοποιούν και άρα επηρεάζονται είναι οι ISDN, SDSL και HDSL
- είναι επίσης είναι ο θόρυβος μέχρι τα 1,1 MHz το οποίο επηρεάζει αρνητικά την απόδοση των ADSL
- και τέλος η παρουσία της T1 η οποία επηρεάζει κατά πολύ την απόδοση των ADSL.

Μετρήσεις θορύβου ευρείας ζώνης μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται στην μετάδοση xDSL υπηρεσιών. Το να έχουν την δυνατότητα να αναγνωρίζουν τις χαρακτηριστικές συχνότητες εξοπλίζει τις εταιρείες τηλεφωνίας επιπλέον πληροφορίες για να τους βοηθήσει στην συντήρηση του βρόχου. Για να χαρακτηριστεί ένα βρόχος κατάλληλο για μετάδοση κωδικοποίηση 2B1Q DSL δηλαδή για μετάδοση ISDN, MDSL, SDSL και HDSL απαιτούνται να γίνουν μετρήσεις θορύβου ευρείας

ζώνης με εύρος ζώνης μέχρι τα 200 kHz (αυτό μέτρα το θόρυβο μέχρι τη θεμελιώδη συχνότητα των 784 kHz για τα HDSL). Για να χαρακτηριστεί ένα βρόχος κατάλληλος για μετάδοση ADSL υπηρεσιών είναι απαραίτητο να γίνουν μετρήσεις μέχρι τα 1,1 MHz στο βρόχο αυτό. Η εξακρίβωση μιας T1 βρόχου η άλλων μπορεί να διευκρινιστεί κοιτάζοντας τις χαρακτηριστικές συχνότητες.

### Χαρακτηριστικές αντιστάσεις

Signal	Frequency (kHz)
ISDN	40
HDSL	192
T1	772
ADSL DMT	1,100
ADSL CAP	1,100



## **8.6-Τεστ ισορροπίας του κυκλώματος και ατέλειες στα υλικά**

Τα τεστ πριν την εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και έλεγχο για τυχόν ατέλειες στο χαλκό. Η γενική ποιότητα για τις εξωτερικές εγκαταστάσεις μπορεί να καθοριστεί με τα στάνταρ τεστ tip-to-ring (T-R), tip-ground (G-R) και ring-to-ground (R-G) και μετρώντας παραμέτρους όπως DC χαρακτηριστική και την αντίσταση όταν περνά εναλλασσόμενη τάση ακόμα και την αντίσταση και χωρητικότητα. Η μέτρηση της διαμήκης ισορροπίας του βρόχου είναι σημαντική για την διασφάλιση της επαρκούς μετάδοσης xDSL υπηρεσιών. Ένα μη ισορροπημένο κύκλωμα το οποίο προκαλείται από μη ισορροπημένες συνεχείς ή από αρμονικές γραμμών ρεύματος μπορεί να προσκαλέσουν διαφωνία, προκαλώντας bit errors τα οποία επιβραδύνουν τον ρυθμό μετάδοσης xDSL.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ADSL

#### 9.1-Εισαγωγή

Το σημαντικότερο ίσως τμήμα της εργασίας αυτής είναι τα συμπεράσματα που απορρέουν από τη μελέτη της λειτουργίας των τεχνολογιών xDSL στην πράξη. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξήχθησαν από την ομάδα του ΕΕΤ και από την ομάδα ΕΚΠΑ του ΟΤΕ και αφορούν τη συμπεριφορά της τεχνολογίας ADSL, όταν αυτή εφαρμόζεται στο κλασσικό δίκτυο τηλεφωνίας POTS και στο δίκτυο ISDN. Η τεχνολογία ADSL έχει ήδη ξεκινήσει εδώ και μερικούς μήνες να παρέχεται από τον ΟΤΕ και όντας η μόνη μορφή xDSL που λειτουργεί στον ελληνικό χώρο θα αποτελέσει και το αντικείμενο της μελέτης που θα ακολουθήσει.

Τα συστήματα ADSL παρουσιάζουν επιδείνωση της απόδοσής τους όταν παρενοχλούνται από διάφορα είδη θορύβων. Η DMT διαμόρφωση, την οποία χρησιμοποιούν συνήθως, όπως συνέβη και με τα συστήματα που δοκιμάστηκαν στα πλαίσια του περιγραφόμενου έργου, και η οποία βασίζεται στην διαίρεση του διαθέσιμου εύρους ζώνης των συχνοτήτων σε υπο-κανάλια, έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται στην συνθήκες της γραμμής περιορίζοντας ή και αποκόπτοντας την χρήση ορισμένων υπο-καναλιών και συνεπώς των αντιστοιχών συχνοτήτων, με την αντίστοιχη μείωση του ρυθμού προς αμφότερες τις κατευθύνσεις.

Στην πρώτη ενότητα περιγράφονται οι μετρήσεις που διεξήχθησαν και ο τρόπος καταγραφής τους. Στην δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα γενικά αποτελέσματα, υπό την μορφή μέσων όρων, των επιδόσεων των συστημάτων, στην τρίτη ενότητα υπολογίζονται οι αποκλίσεις των επιδόσεων των δύο βασικών ειδών μετρήσεων που θα περιγραφούν, στην τέταρτη ενότητα

παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων, ενώ στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζεται οσχολιασμός των αποτελεσμάτων και γίνεται η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την απόδοση των συστημάτων. Τέλος στο παράρτημα παρατίθεται το στήσιμο (set-up) των δοκιμών.

## **9.2 Περιγραφή των μετρήσεων**

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν καταρχήν πάνω σε προσομοίωση γραμμής με την βοήθεια ειδικής διάταξης, του προσομοιωτή της CONSULTRONICS, οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια προσομοιωτή έχουν μεγαλύτερο εύρος και καλύπτουν περισσότερα πιθανά σενάρια γιατί η πραγματοποίηση μέτρησης σε φυσικό καλώδιο είναι πολύ πιο απαιτητική σε χρόνο από αυτή που γίνεται στον προσομοιωτή. ο προσομοιωτής δεν επηρεάζεται από τέτοιες παραμέτρους(θερμοκρασία, ηλικία καλωδίων και τιν ποιοτικά τους). Γεγονός είναι ότι ο προσομοιωτής ακολουθεί τις συστάσεις των οργανισμών (ETSI, ITU κ.λ.) ως προς τις παραμέτρους των καλωδίων μεμιά συγκεκριμένη και σταθερή διαδικασία και μπορεί χρησιμοποιηθεί για τηνεξαγωγή ασφαλέστερων αποτελεσμάτων στη σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων σε σχέση με τα φυσικά καλώδια, ωστόσο οι μετρήσεις πάνω σε φυσική γραμμή είναι αυτές που ανταποκρίνονται καλύτερα στην πραγματικότητα όταν μας ενδιαφέρει ο πραγματικός ρυθμός μετάδοσης που δύναται να επιτευχθεί.

Ακολουθεί η ανάλυση των μετρήσεων, και των παραμέτρων αυτών, που πραγματοποιήθηκαν. Για την παραγωγή των θορύβων και στις δυο πειραματικές διατάξεις χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής μέσω της σχετικής γεννήτριας που διαθέτει.

Οι μετρήσεις που διεξήχθησαν ήταν οι εξής:

### **A) Με προσομοιωτή και επιμηκυντή γραμμής CONSULTRONICS:**

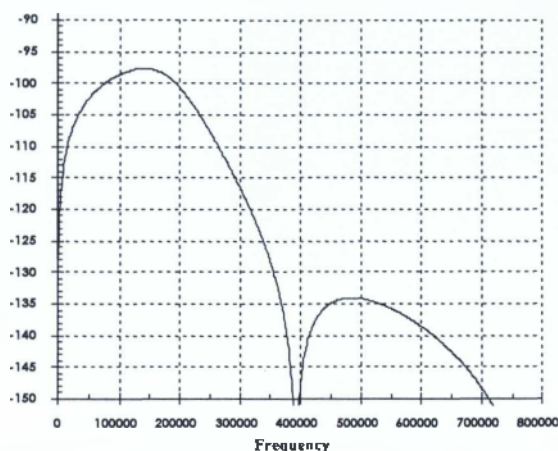
Υπηρεσίες

POTS Fast και Interleaved

ISDN Fast και Interleaved

Όλες οι ανωτέρω μετρήσεις έγιναν με την πρόσθεση και θορύβων τόσο στο άκρο του κέντρου, όσο και στο άκρο του χρήστη, για τις ακόλουθες συνθήκες θορύβων γραμμής.

Καμμία παρενόχληση
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6
* 10 E1.AMI C -46,0
* 20 DSL A,B -56,1
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz
Κρουστικός Θόρυβος **



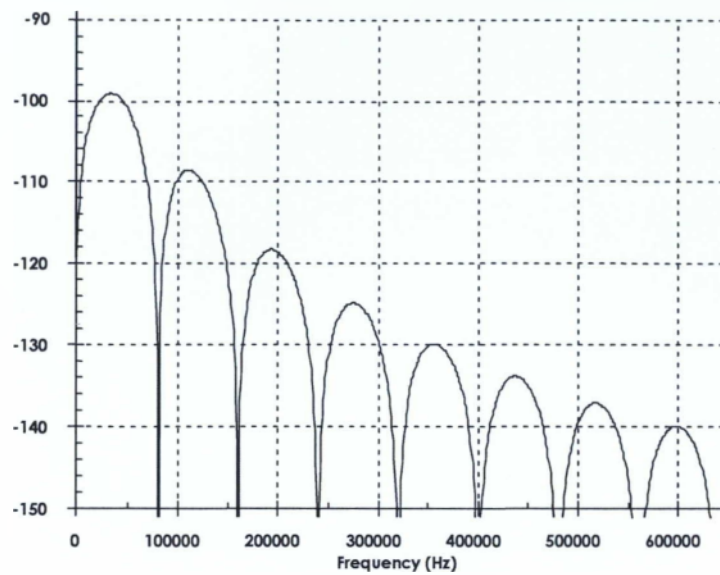
Φάσμα παρενόχλησης HDSL NEXT για 10 παρενοχλητές

Η φράση στάθμη ισχύος NEXT  $-47,6$  dBm σημαίνει ότι η παραπάνω θεωρητική καμπύλη είναι ανυψωμένη ή χαμηλωμένη ώστε το συνολικό εμβαδόν κάτω από αυτή να είναι  $-47,6$  dBm. Όταν ο αριθμός των παρενοχλητών αυξάνεται σε 20 μπορεί απλά να ανυψωθεί η καμπύλη κατά  $+1,8$  dB. Η μορφή της καμπύλης παραμένει ακριβώς η ίδια, όταν μελετάμε την ίδιο ποσοστό χειρότερης περίπτωσης (1%).

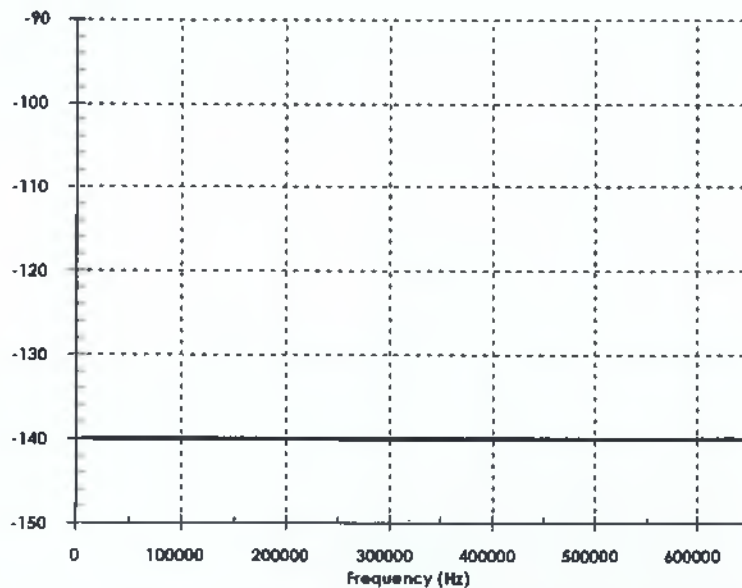
Αντίθετα όταν προστίθενται οι θόρυβοι  $2 \times 10$  HDSL NEXT είναι προφανές μιλάμε για ποσοστό χειρότερης περίπτωσης μικρότερο από το αρχικό 1%

Παρόμοια είναι και τα φάσματα που υλοποιούνται στον προσομοιωτή για τα άλλα είδη παρενοχλητών

### Φάσμα παρενόχλησης DSL NEXT για 20 παρενοχλητές

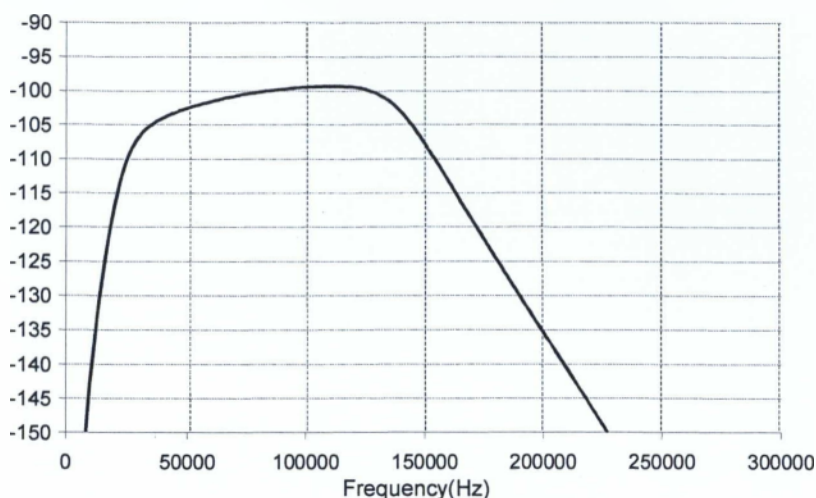


Η φράση στάθμη ισχύος NEXT  $-56,1$  dBm σημαίνει ότι η παραπάνω θεωρητική καμπύλη είναι ανυψωμένη ή χαμηλωμένη ώστε το συνολικό εμβαδόν κάτω από αυτή να είναι  $-56,1$  dBm.



Φάσμα παρενόχλησης Λευκού Θορύβου  $-140$ dBm

### Φάσμα παρενόχλησης E1 AMI για 10 παρενοχλητές



## 9.3-Γενικά αποτελέσματα των μετρήσεων

### 9.3.1-Εισαγωγή

Μέτρηση στο φυσικό επίπεδο είναι η μέτρηση των χαρακτηριστικών που αφορούν την επικοινωνία των δύο modem, του ενός που βρίσκεται στο μέρος του παροχέα (ATU-C ) και αυτού που βρίσκεται στον πελάτη (ATU-R). Τα χαρακτηριστικά τα οποία καταγράφονται είναι οι βέλτιστοι ρυθμοί μετάδοσης που μπορούν να επιτευχθούν. Ο ρυθμός που καταγράφηκε κατά την διάρκεια του πειράματος στον προσομοιωτή δεν είναι ο τελικός ρυθμός που μπορεί να επιτύχει η παρεχόμενη υπηρεσία στον χρήστη, γιατί θα υπάρξουν κάποιες επιβαρύνσεις πλαισίωσης, τόσο για την επικοινωνία στο φυσικό επίπεδο με τα ADSL πλαίσια, όσο και στα ανώτερα επίπεδα, ATM, IP, κ.λ.π.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες. Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των επιδόσεων ως προς την απόσταση, οι οποίοι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως ενδεικτικές τιμές μόνον, διότι δεν έχει ληφθεί υπ' όψιν καμία στάθμιση των επιδόσεων, προσφέρουν όμως μία πρώτη άποψη για την γενική συγκριτική απόδοση των διαφορετικών συστημάτων. Παρουσιάζονται σε συγκριτική μορφή οι επιδράσεις των διαφόρων θορύβων έναντι των επιδόσεων των συστημάτων με απουσία θορύβων (καμία παρενόχληση). Έτσι μπορεί να ληφθεί μία γενική εκτίμηση της συμπεριφοράς του εξοπλισμού, αλλά και του βαθμού στον οποίο ο τύπος του θορύβου επιδρά στην γενική συμπεριφορά των διατάξεων.

### 9.3.2-ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ

#### 9.3.2.1-ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ADSL - POTS FAST MODE- SIMULATOR

#### Noise at ATU-R

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμία παρενόχληση	727,8	6276,8
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	709,2	5457,4
* 10 E1.AMI C -46,0	714	3662,2
* 20 DSL A,B -56,1	699,6	5709,2
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	715,2	5737,5
Κρουστικός Θόρυβος	717,4	5754,3



## Noise at ATU-C

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμμία παρενόχληση	712,8	6285,4
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	449,9	6237,3
* 10 E1.AMI C -46,0	711	6078,6
* 20 DSL A,B -56,1	600,8	6301,6
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	698,4	6184
Κρουστικός Θόρυβος	711,2	6131,8

**9.3.2.2-ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ADSL - POTS INTERLEAVED MODE-SIMULATOR**

## Noise at ATU-R

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμμία παρενόχληση	727,0	6172,6
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	721,2	5558,4
* 10 E1.AMI C -46,0	736,3	3700,6
* 20 DSL A,B -56,1	707,6	5687,0
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	726,2	5987,2
Κρουστικός Θόρυβος	727,8	5756,0

### Noise at ATU-C

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμμία παρενόχληση	882,9	6390,4
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	476,5	6407,3
* 10 E1.AMI C -46,0	734,8	6264,2
* 20 DSL A,B -56,1	632,2	6358,0
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	735,4	6355,8
Κρουστικός Θόρυβος	735,4	6256,2

### 9.3.2.3-ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ADSL - ISDN FAST MODE SIMULATOR

### Noise at ATU-R

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμμία παρενόχληση	600,0	5686,0
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	598,0	8605,0
* 10 E1.AMI C -46,0	588,0	4116,3
* 20 DSL A,B -56,1	596,0	5560,0
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	592,0	5564,0
Κρουστικός Θόρυβος	592,0	5464,0

## Noise at ATU-C

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμμία παρενόχληση	646,0	5734,0
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	533,3	6922,3
* 10 E1.AMI C -46,0	629,8	5744,0
* 20 DSL A,B -56,1	588,0	5638,0
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	646,0	5754,5
Κρουστικός Θόρυβος	602,0	5662,0

**9.3.2.4-ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ADSL - ISDN INTERLEAVED MODE SIMULATOR**

## Noise at ATU-R

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμμία παρενόχληση	620,0	5650,0
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	616,0	5430,0
* 10 E1.AMI C -46,0	648,0	3876,0
* 20 DSL A,B -56,1	622,0	5558,0
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	624,0	5530,0
Κρουστικός Θόρυβος	628,0	5452,0

### Noise at ATU-C

Γραμμή/Θόρυβος	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	
	UPSTREAM	DOWNSTREAM
Καμμία παρενόχληση	654,0	5772,0
* 20 HDSL NEXT A,B -47,6	573,3	6864,0
* 10 E1.AMI C -46,0	640,0	5766,0

#### 9.3.4-ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

##### 9.3.4.1-Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων μαζί με τα ανάλογα διαγράμματα με σκοπό να γίνει εύκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη λειτουργία των συστημάτων υπό την επίδραση των θορύβων που έχουμε ήδη περιγράψει. Οι πίνακες που ακολουθούν έχουν χωριστεί σε δύο για κάθε υπηρεσία: στον ATU-R για την περίπτωση που η εφαρμογή των θορύβων γίνεται στην πλευρά του πελάτη και στον ATU-C για την περίπτωση που η εφαρμογή των θορύβων γίνεται στην πλευρά του παροχέα. Κάθε πίνακας ακολουθείται από τις γραφικές παραστάσεις που απεικονίζουν οπτικά τη συμπεριφορά του συστήματος ADSL όταν λειτουργεί παρουσία συγκεκριμένων θορύβων.

**9.3.4.1.1-POTS FAST SIMULATOR**

Noise at ATU-R

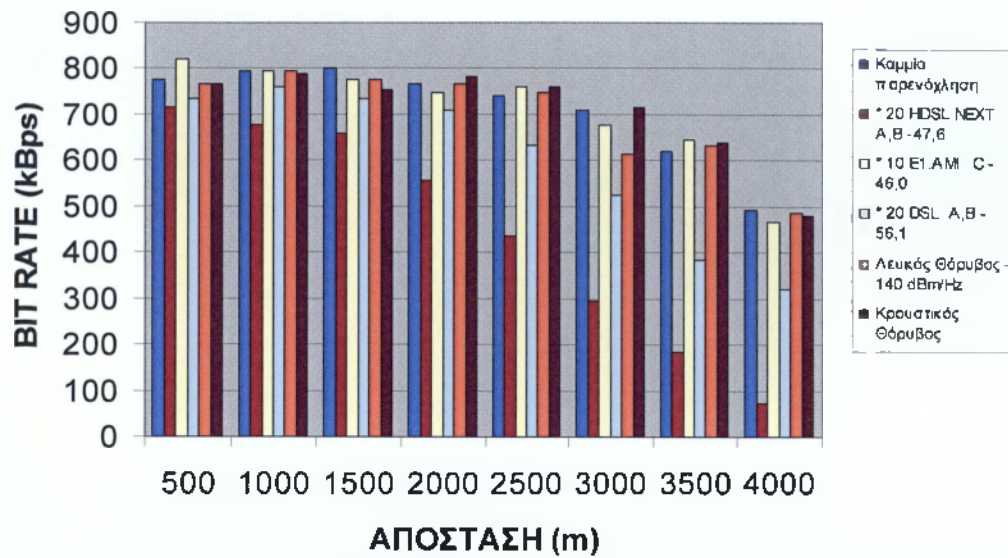
Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500	
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS
τα παρενόχληση	774,4	7680	8096	793,6	7942	8096	808	8032	8480	774,4	8096	9120	752	7360	7744	704	5280	6208	632	3632
IDSL NEXT A,B -47,6	704	7469	8096	761,6	7789	8096	768	7576	8096	768	7642	8096	752	6200	6848	704	4000	4352	624	2000
LAMI C -46,0	780,8	7002	8096	793,6	6861	8096	752	6223	8000	787,2	4372	4704	720	2168	2848	710,4	1344	1728	736	896
SL A,B -56,1	748,8	7654	8096	755,2	6906	8096	784	7552	8096	768	7693	8032	688	6000	7552	729,6	4922	6304	624	3104
ς Θόρυβος -140 dBm/Hz	774,4	7603	8096	793,6	7853	8096	800	7736	8096	742,4	6630	8032	752	6353	7552	697,6	4915	6208	624	2736
τικός Θόρυβος	774,4	7648	8096	787,2	7853	8096	792	7808	8096	761,6	7384	8032	752	6392	7360	716,8	4570	5248	624	2504



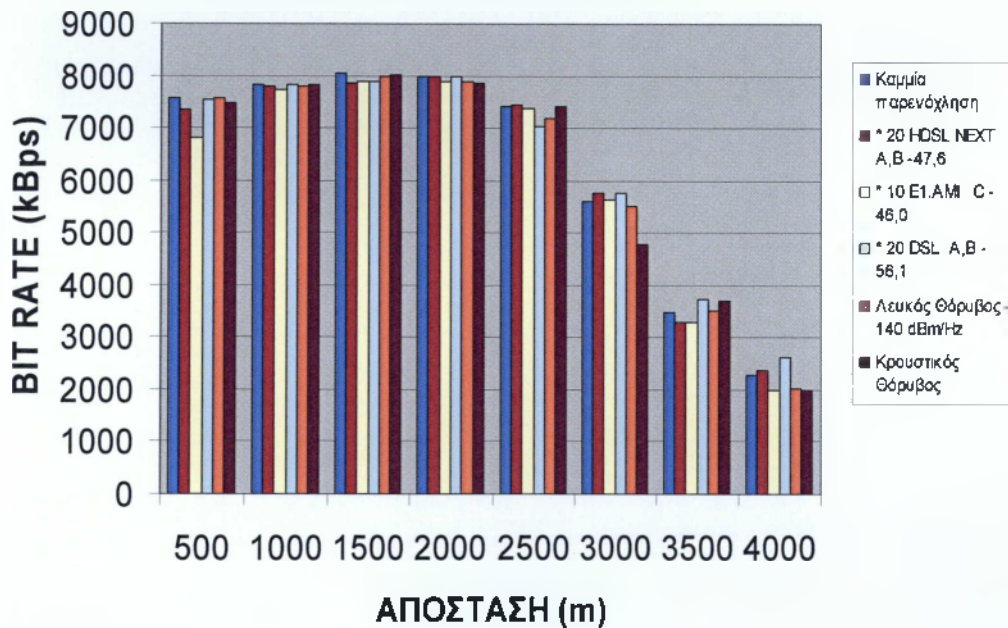
**9.3.4.1.2-POTS FAST SIMULATOR****Noise at ATU-C**

Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500		
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-
καμία παρενόχληση	774,4	7578	8096	793,6	7827	8096	800	8058	8608	768	7994	8608	742,4	7424	8032	710,4	5624	6880	620,8	3488	39
20 HDSL NEXT A,B -47,6	716,8	7354	8096	678,4	7801	8096	659,2	7866	8096	556,8	7974	8608	435,2	7450	8032	294,4	5760	6784	184	3304	39
10 E1.AMI C -46,0	819,2	6803	8096	793,6	7744	8096	774,4	7885	8672	748,8	7885	8544	759,6	7380	8032	678,4	5651	6784	646,4	3296	39
20 DSL A,B -56,1	736	7539	8096	761,6	7840	8096	736	7891	8096	710,4	7974	8608	633,6	7040	8160	524,8	5754	6720	384	3750	39
ευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	768	7565	8096	793,6	7802	8096	774,4	7981	8224	768	7885	8096	748,8	7187	8032	614,4	5530	6720	633,6	3507	40
ρουστικός Θόρυβος	768	7469	8096	787,2	7827	8096	755,2	8024	8440	780,8	7859	8544	761,6	7411	8032	716,8	4774	5504	640	3693	39

### POTS FAST UPSTREAM (noise at ATU-C)



### POTS FAST DOWNSTREAM (noise at ATU-C)





**9.3.4.1.3-POTS INTERLEAVED SIMULATOR**

**Noise at ATU-R**

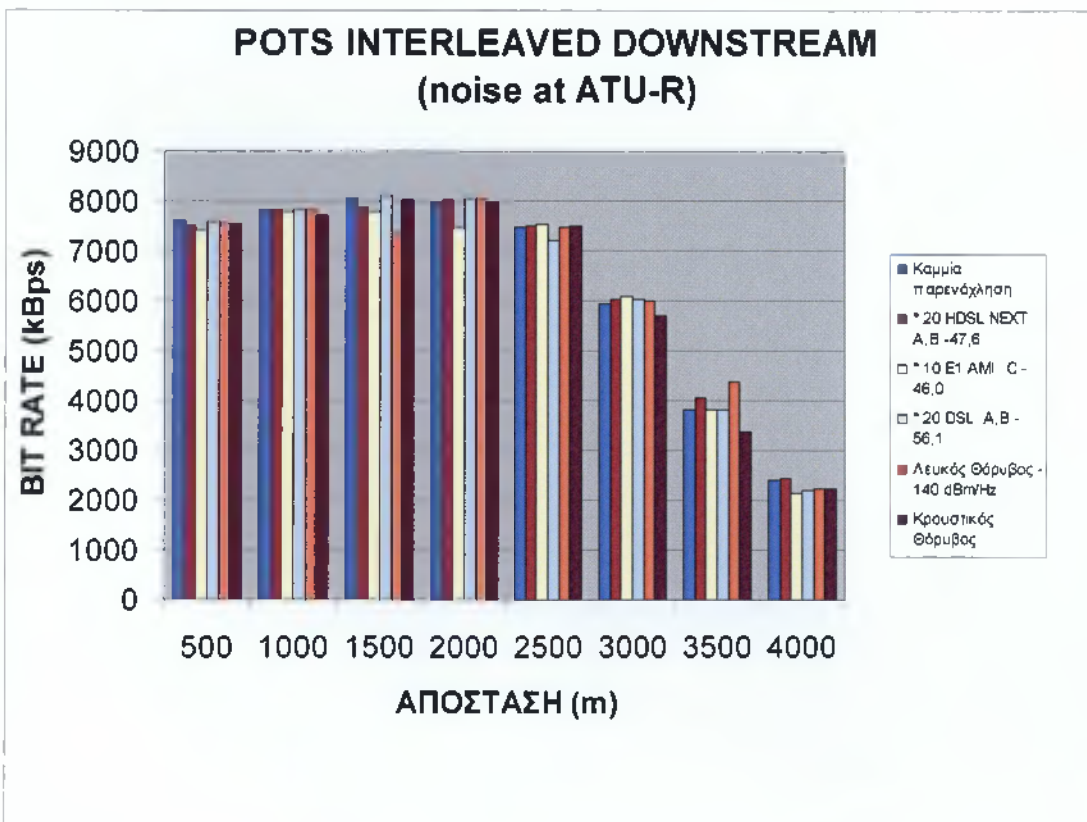
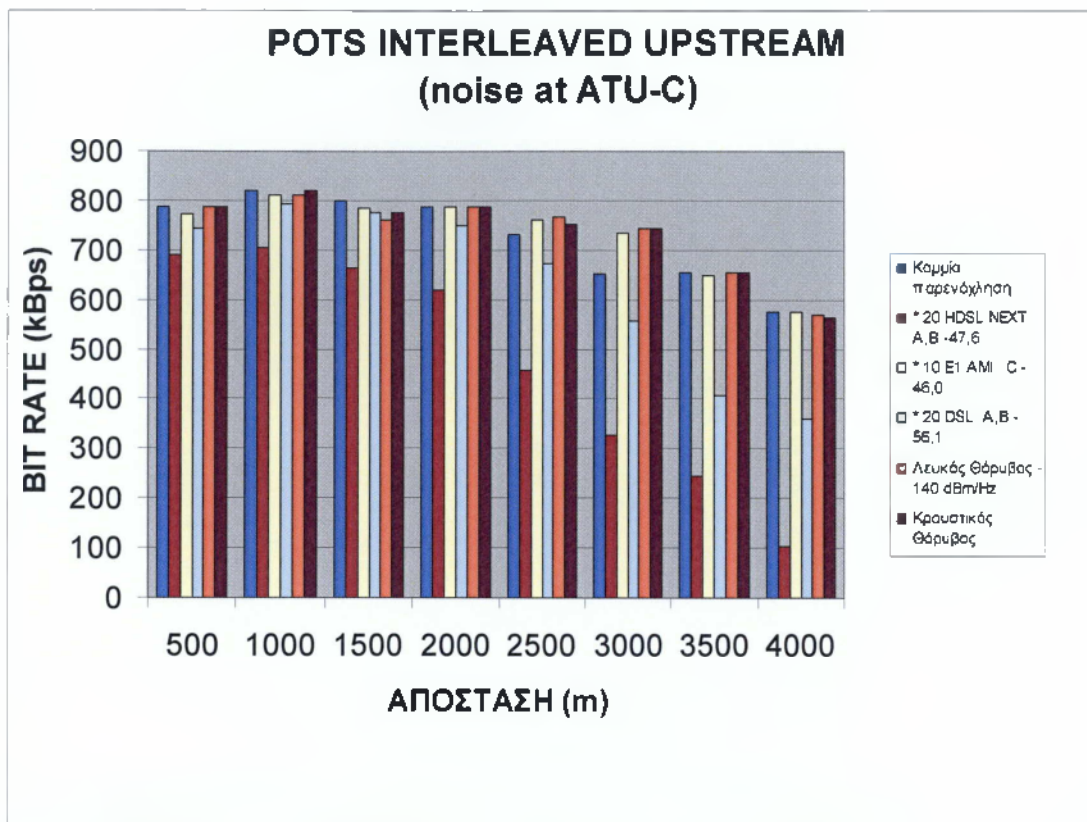
Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500		
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS
αμμία παρενόχληση	780,8	7603	8096	819,2	7834	8096	806,4	8038	8480	793,6	7859	8096	712	6368	7968	736	5984	6944	656	3416	40
20 HDSL NEXT A,B -47,6	723,2	7437	8096	787,2	7686	8096	793,6	7846	8096	768	7846	8096	752	5912	6688	729,6	4346	5056	648	2232	29
10 E1.AMI C -46,0	787,2	6861	8096	819,2	6860	8096	780,8	6611	8032	761,6	4211	5248	736	2272	3168	729,6	1485	1888	757,3	832	11
20 DSL A,B -56,1	761,6	7584	8096	800	7738	8096	768	7027	8096	780,8	7450	8032	704	5224	7104	710,4	5549	6400	624	3088	38
ευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	780,8	7597	8096	819,2	7834	8096	774,4	7603	8096	774,4	7411	8032	760	7256	7968	723,2	5222	6624	640	3112	39
αυσιατικός Θόρυβος	780,8	7603	8096	825,6	7795	8096	780,8	7437	8096	742,4	7091	8032	760	6480	7968	742,4	4941	5792	640	2896	37



**9.3.4.1.4-POTS INTERLEAVED SIMULATOR**

**Noise at ATU-C**

Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500	
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS
μία παρενόχληση	787,2	7603	8096	819,2	7834	8096	800	8072	8608	787,2	7974	8160	732,8	7456	7968	652,8	5933	6784	656	3832
0 HD SL NEXT A,B -47,6	691,2	7514	8096	704	7821	8096	664	7880	8096	620,8	8026	8416	456	7496	7968	326,4	6029	6880	245,3	4053
0 E1.AMI C -46,0	774,4	7411	8096	812,8	7802	8096	784	7800	8160	787,2	7482	8544	760	7544	7968	736	6093	6976	648	3832
0 DSL A,B -56,1	742,4	7597	8096	793,6	7834	8096	776	8104	8736	748,8	8064	8608	672	7192	7648	556,8	6042	6976	408	3824
κός Θόρυβος -140 dBm/Hz	787,2	7558	8096	812,8	7834	8096	760	7352	8480	787,2	8051	8544	768	7456	7968	742,4	5990	6976	656	4384
υστικός Θόρυβος	787,2	7533	8096	819,2	7706	8096	776	8024	8416	787,2	7987	8544	752	7496	7968	742,4	5715	6944	656	3368



**9.3.4.1.5-ISDN FAST SIMULATOR****Noise at ATU-R**

Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500		
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-
Καμία παρενόχληση	800	8048	8096	800	8048	8096	768	8048	8096	656	7584	7872	560	5936	6144	448	4032	4704	320	2224	2
20 HDSL NEXT A,B -47,6	800	8048	8096	800	8048	8096	800	8048	8160	640	7440	7712	544	5664	5984	432	3664	4256	320	1840	2
10 E1.AMI C -46,0	800	8048	8096	800	7776	8096	768	5984	6176	672	3632	3808	560	1984	2112	416	976	9028	304	384	
20 DSL A,B -56,1	800	8048	8096	800	8048	8096	736	8048	8096	672	7568	8000	560	5728	6080	432	3776	4320	320	2016	2
λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	800	8048	8096	784	8048	8096	736	8048	8096	672	7600	7936	560	5744	6048	416	3792	4352	320	1984	2
πραγματικός Θόρυβος	800	8048	8096	800	8048	8096	752	8048	8096	656	7312	7488	560	5536	5792	432	3536	4160	320	1936	2



**9.3.4.1.6-ISDN FAST SIMULATOR**

**Noise at ATU-C**

Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500		
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-
Καμία παρενόχληση	800	8048	8096	800	8048	8096	768	8048	8096	704	7584	7872	576	5760	6144	464	3968	4704	608	2848	2
20 HDSL NEXT A,B -47,6	800	8048	8096	752	8048	8096	640	8048	8096	512	7552	7872	336	5822	6140	160	4016	4704	NOS	NOS	N
10 E1.AMI C -46,0	800	8048	8096	800	8048	8096	768	8048	8096	672	7568	7840	576	5840	6240	448	4016	4768	548	2848	2
20 DSL A,B -56,1	800	8048	8096	800	8048	8096	768	8048	8096	672	7520	7872	560	5760	6176	432	3984	4736	288	2160	2
Λευκός Θόρυβος -140 dBm/Hz	800	8048	8096	800	8048	8096	768	8048	8096	704	7652	7936	592	5824	6208	448	4032	4768	608	2848	2
Γροιστικός Θόρυβος	800	8048	8096	800	8048	8096	752	8048	8096	688	7616	7872	576	5808	6176	448	4048	4768	304	2144	2

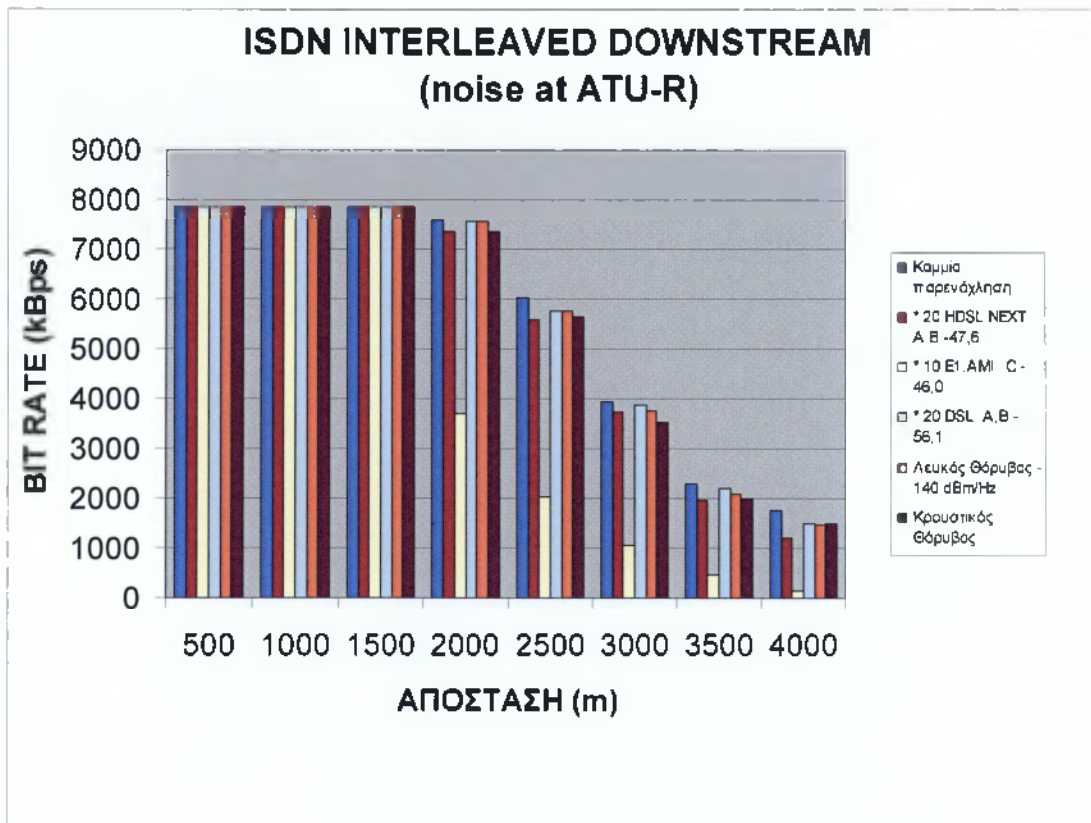
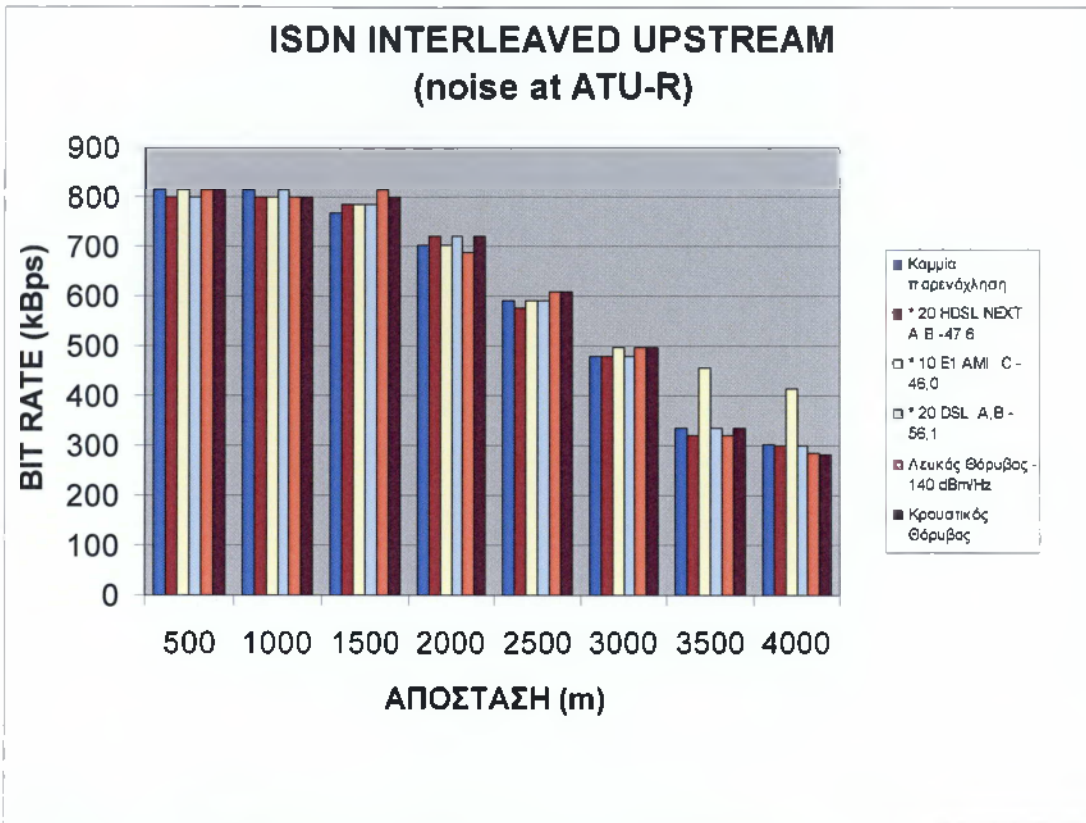




**9.3.4.1.7-ISDN INTERLEAVED SIMULATOR**

**Noise at ATU-R**

Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500	
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS
μία παρενόχληση	816	7856	8096	816	7856	8096	768	7856	8096	704	7584	7872	592	6032	6560	480	3952	4832	336	2304
0 HDSL NEXT A,B -47,6	800	7856	8096	800	7856	8096	784	7856	8096	720	7360	7488	576	5584	6048	480	3744	4448	320	1968
0 E1.AMI C -46,0	816	7856	8096	800	7856	8096	784	7856	8096	704	3712	3808	592	2032	2112	496	1056	1088	456	480
0 DSL A,B -56,1	800	7856	8096	816	7856	8096	784	7856	8096	720	7552	7872	592	5776	6208	480	3872	4672	336	2192
ικός Θόρυβος -140 dBm/Hz	816	7856	8096	800	7856	8096	816	7856	8096	688	7568	7776	608	5776	6112	496	3776	4480	320	2080
υστικός Θόρυβος	816	7856	8096	800	7856	8096	800	7856	8096	720	7360	7456	608	5648	6112	496	3536	4256	336	2000



**9.3.4.1.8-ISDN INTERLEAVED SIMULATOR**

**Noise at ATU-C**

Γραμμή/Θόρυβος	500			1000			1500			2000			2500			3000			3500	
	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS	B-DS	US	DS
μμία παρενόχληση	800	7856	8096	800	7856	8096	800	7856	8096	720	7568	7872	608	6016	6560	480	4128	4928	435	3136
DSL NEXT A,B -47,6	800	7856	8096	768	7856	8096	688	7856	8096	560	7728	7872	400	5824	6368	224	4064	4896	NOS	NOS
E1.AMI C -46,0	816	7856	8096	800	7856	8096	800	7856	8096	688	7648	7872	592	5968	6400	464	4080	4896	424	3136
DSL A,B -56,1	800	7856	8096	816	7856	8096	800	7856	8096	688	7696	7936	608	5904	6368	480	4096	4928	432	3136
κός Θόρυβος -140 dBm/Hz	800	7856	8096	800	7856	8096	816	7856	8096	720	7728	7872	624	6032	6528	512	4032	4832	441	3136
υστικός Θόρυβος	816	7856	8096	800	7856	8096	800	7856	8096	720	7664	7872	608	5936	6592	496	4016	4832	450	3136



#### **9.4-ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στο κομμάτι αυτό θα αναλύσουμε τη συμπεριφορά του συστήματος ADSL και τις επιδόσεις του, αναφορικά με όλες τις επιδόσεις που επηρεάζουν τη λειτουργία του. Η λεπτομερής επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων που παρουσιάστηκε παραπάνω οδηγεί σε χρήσιμα και πολύ σημαντικά συμπεράσματα, τα οποία λίγο πολύ ήταν αναμενόμενα σε ότι έχει να κάνει με τις βασικές αρχές του συστήματος. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στην περιγραφή των τεχνολογιών xDSL και στον τρόπο λειτουργίας αυτών η επίδραση των θορύβων στην γραμμή μετάδοσης έχουν σημαντική επιρροή στην λειτουργία του συνολικού συστήματος. Αυτό γίνεται αμέσως αντιληπτό με μια γρήγορη σάρωση των πινάκων που απεικονίζουν τις μέσες τιμές των επιδόσεων του συστήματος πάνω σε όλες τις υπηρεσίες.

Η τιμή που επιτυγχάνεται κατά μέσο όρο στις μετρήσεις χωρίς καμία παρενόχληση είναι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις η μέγιστη δυνατή. Το γεγονός ότι σε κάποιες μετρήσεις υπάρχουν τιμές bitrate σε γραμμή με θόρυβο που ξεπερνούν αυτήν την τιμή δεν έγκειται σε καλύτερη λειτουργία της γραμμής με θόρυβο, παρά μόνον σε σφάλμα τόσο των μετρήσεων όσο και πολύ περισσότερο στην επεξεργασία αυτών, η οποία έπρεπε να γίνει για να είναι εφικτή η παρουσίαση αυτών των αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό όπως προαναφέρθηκε οι μέσες τιμές απόδοσης δεν πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψιν για την εξαγωγή συμπερασμάτων και η παράθεση τους γίνεται καθαρά για τυπικούς λόγους συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων.

Παραταύτα δεν μπορεί κανείς να μην προσέξει τη μεγάλη μείωση του bitrate της γραμμής όταν στην πλευρά του μόντεμ που χρησιμοποιούμε ως βάση για τις μετρήσεις (ATU-R) παρεμβάλλεται ο θόρυβος 10 E1 AM1 C -46,0. όπως έχουμε αναφέρει στην περιγραφή της λειτουργίας του συστήματος ADSL η διαμόρφωση που χρησιμοποιεί για τη μετάδοση δεδομένων επηρεάζεται από τέτοιου είδους θορύβους. Αυτό είναι συμπέρασμα που απορρέει τόσο από τα αποτελέσματα του προσομοιωτή.

Κλείνοντας το σχολιασμό των μέσων τιμών επίδοσης πρέπει να αναφέρουμε ότι σε πειραματικό τουλάχιστον επίπεδο οι υπηρεσίες POTS δείχνουν να συνεργάζονται καλύτερα με το σύστημα από τις ISDN και στους δύο «δρόμους» μετάδοσης upstream και downstream. Επιπροσθέτως πρέπει να αναφερθεί ότι η τεχνολογία δείχνει να λειτουργεί καλύτερα σε φυσικό καλώδιο μεγαλύτερης διαμέτρου ( $\Phi$  0,6mm), ωστόσο επειδή το δείγμα των μετρήσεων σε τέτοιο καλώδιο δεν είναι αρκετά μεγάλο δεν κρίνεται σκόπιμο να εξαχθούν αβίαστα γενικότερα συμπεράσματα σε ότι έχει να κάνει με τη σχέση ρυθμού μετάδοσης και διαμέτρου της γραμμής.

Όπως αναφέρθηκε οι μετρήσεις που έγιναν μέσω simulator είναι ενδεικτικές και κυρίως απεικονίζουν τη γενική συμπεριφορά των διατάξεων σε σχέση με τους παρεμβαλλόμενους θορύβους. Αν δεν είχαν πραγματοποιηθεί μετρήσεις σε φυσική γραμμή και η τεχνολογία εφαρμοζόταν στην πράξη βασιζόμενη μόνο στα αποτελέσματα του προσομοιωτή είναι σίγουρο ότι θα επικρατούσε απογοήτευση. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται να επιβεβαιώσουν την αντίληψη ότι η εξομοίωση πραγματικών συνθηκών δεν μπορεί ποτέ να υποκαταστήσει το πραγματικό περιβάλλον και τα αποτελέσματα ερευνών που γίνονται τοιουτοτρόπως θα πρέπει να έχουν κυρίως συγκριτικό χαρακτήρα κι όχι συμπερασματικό.

Έχει ήδη γίνει αναφορά στη δυσκολία που έχουν γενικά όλα τα συστήματα ταχύρυθμης μετάδοσης να διατηρήσουν υψηλές ταχύτητες σε μεγάλες αποστάσεις και σε όλο το μήκος της γραμμής μετάδοσης. Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω απεικονίζουν με τον καλύτερο τρόπο τη δυσκολία αυτή του συστήματος ADSL.

Όπως είναι προφανές από τα διαγράμματα και γενικά όπως αναμενόταν τα ADSL δεν αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα όσον αφορά την ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε αποστάσεις μικρότερες των 3,5 με 4 χιλιομέτρων αφού οι διαφορές που παρατηρούνται από τα διαγράμματα για τις αποστάσεις αυτές δεν είναι σημαντικές. Είναι γνωστό και από μετρήσεις που έγιναν στις πρώτες εφαρμογές των ADSL ότι αυτά δεν επηρεάζονται σημαντικά από την απόσταση και οι ADSL υπηρεσίες μπορούν να επιτύχουν ένα ικανοποιητικό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων για μέσες αποστάσεις. Βέβαια εδώ δεν θα πρέπει να μας διαφύγει το γεγονός ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε εργαστήριο γεγονός που

μας δημιουργεί αμφιβολίες για το αν οι ADSL υπηρεσίες θα έχουν και ανάλογη συμπεριφορά όταν εφαρμοστούν σε πραγματικό δίκτυο, καθότι στο εργαστήριο οι συνθήκες ήταν ελεγχόμενες και ιδανικές, ενώ σε πραγματικές συνθήκες θα υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που θα επηρεάσουν τους ρυθμούς μετάδοσης. Παρόλα αυτά από τα διαγράμματα μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι τα ADSL σε ιδανικές συνθήκες δεν επηρεάζονται σημαντικά από την απόσταση.

Σε αποστάσεις πολύ μεγαλύτερες των 4000 μέτρων και σε ορισμένα συστήματα δεν κατέστη δυνατή η συνεργασία μεταξύ των δυο modem ATU-C και ATU-R. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι για αυτές τις αποστάσεις και με αυτό τον θόρυβο είναι απαγορευτική η παροχή γραμμών ADSL, καθότι σε ιδανικές συνθήκες και με ιδανικά καλώδια δεν κατέστη δυνατή η συνεργασία των δυο modem, σε πραγματικό δίκτυο όπου οι συνθήκες θα είναι σαφώς χειρότερες θα είναι ακόμα πιο δύσκολη η μετάδοση.

Είναι επίσης φανερό από τα διαγράμματα ότι ο θόρυβος στα ATU-R δείχνει να επηρεάζει περισσότερο από το θόρυβο στα ATU-C. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο καθότι από έρευνες που έγιναν σε εργαστήρια άλλων χωρών και από την θεωρία είναι γνωστό ότι τα ADSL είναι πολύ ευαίσθητα σε θόρυβο NEXT. Αντιθέτως, τα ADSL δείχνουν να αντιμετωπίζουν πιο ικανοποιητικά το θόρυβο FEXT. Αυτό δε σημαίνει ότι δεν επηρεάζει την απόδοσή τους, άλλα η επίδρασή του είναι σημαντικά μικρότερη. Αυτή η ικανότητα να αντιμετωπίζουν πιο καλά τον θόρυβο FEXT από τον θόρυβο NEXT οφείλεται στην αρχιτεκτονική των ADSL και είναι ο λόγος για τον οποίο σχεδιάστηκαν, καθότι η δημιουργία θορύβου FEXT είναι πιο πιθανή από την δημιουργία NEXT.

Επίσης από τα διαγράμματα βλέπουμε ότι ο ρυθμός upstream δείχνει να επηρεάζεται λιγότερο από τον θόρυβο σε σχέση με το ρυθμό downstream. Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι στα ADSL το εύρος ζώνης μοιράζεται σε επιμέρους κανάλια τα οποία χρησιμοποιούνται για την μετάδοση δεδομένων. Έτσι με βάση την σχεδίαση των ADSL, ο θόρυβος είναι επιθυμητό να επηρεάζει περισσότερο το φάσμα των καναλιών που κάνουν το downstream καθότι ο αριθμός τους είναι σημαντικά μεγαλύτερος και έτσι μια πιθανή απώλεια μερικών

καναλιών δεν θα επηρεάσει την μετάδοση σημαντικά ενώ για το upstream χρησιμοποιούνται πολύ πιο λίγα κανάλια και μια πιθανή απώλεια τους θα καταστήσει την σύνδεση αδύνατη.

Τόσο ο κρουστικός θόρυβος όσο και ο λευκός δεν έδειξαν να επηρεάζουν σημαντικά την επίδοση των ADSL. Δηλαδή με λίγα λόγια τα ADSL είναι αρκετά ανεκτικά όσον αφορά τον λευκό θόρυβο και τον κρουστικό θόρυβο άλλα επηρεάζονται σημαντικά από θορύβους και διαταραχές που προέρχονται από άλλα συστήματα.

Συνοψίζοντας να τονίσουμε ότι σε πραγματικές συνθήκες τα αποτελέσματα θα είναι χειρότερα από αυτά που παρουσιάζουμε για τον απλούστατο λόγο ότι στο εργαστήριο οι συνθήκες είναι ιδανικές, ενώ σε κανονικές γραμμές πέραν όλων των άλλων υπάρχει το πρόβλημα ότι υπεισέρχονται πέραν του ενός θόρυβοι ταυτόχρονα.



# Επίλογος

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΑΓΟΡΑΣ

Οι προβληματισμοί της αγοράς σχετικά με την εφαρμογή των συστημάτων DSL έχουν να κάνουν με το υψηλό κόστος εξοπλισμού για τον πελάτη (highenduserequipmentcost), με την ασυμβατότητα όλων των διαφορετικών εξοπλισμών DSL, την περιορισμένη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού, τους περιορισμούς της χωρητικότητας του συστήματος και το μεγάλο ρυθμό κατάργησης των συνδέσεων DSL (highend-userdisconnectionrate ή churn).

## EndUserEquipmentCost

Ένας βασικός προβληματισμός είναι το κόστος που επιβαρύνει κάθε νέο πελάτη που μπαίνει στην αγορά των νέων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Αν και το κόστος των DSL modems μειώνεται συνεχώς λόγω του ανταγωνισμού με τις υπόλοιπες υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων, όπως καλωδιακά modems, εντούτοις το υψηλό συνολικό κόστος εξοπλισμού αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην εξάπλωση της αγοράς των DSL συστημάτων. Προκειμένου να μειωθεί το κόστος, ορισμένες εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες DSL είτε επιχορηγούν την αγορά των modems είτε προχωρούν στην ενοικίαση ή ακόμη και στο δανεισμό τους.

## **InteroperabilityChallenges**

Υπάρχει περίπτωση οι εξοπλισμοί DSL δύο διαφορετικών κατασκευαστών να μην είναι 100% συμβατοί. Ακόμη κι όταν ο εξοπλισμός είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με κοινά πρότυπα, τα εργοστασιακά πρότυπα διαφέρουν λόγω διαφορετικής ερμηνείας των προτύπων αυτών ανάλογα με τον κατασκευαστή. Η ασυμβατότητα αυτή μπορεί να έχει σχέση με την απόδοση της μεταφοράς δεδομένων ή την ανικανότητα εκτέλεσης συγκεκριμένων εφαρμογών (π.χ. voice on the Internet). Όταν λοιπόν ο πελάτης εξυπηρετείται με τρόπο κατώτερο από τον συμφωνημένο αρχίζουν τα προβλήματα για τον παροχέα, αφού μειώνεται η εμπιστοσύνη του πελάτη προς τις υπηρεσίες που παρέχονται και η έλλειψη εμπιστοσύνης οδηγεί με τη σειρά της σε κακή φήμη και στο φαινόμενο churn.

## **AvailabilityofEquipment**

Η σχεδίαση και η κατασκευή του εξοπλισμού DSL απαιτεί σημαντική επένδυση από την πλευρά του κατασκευαστή. Τα DSL modems για παράδειγμα είναι πολύ πιο σύνθετα από τα κοινά αναλογικά modem. Παρά το γεγονός ότι τα συστήματα DSL χρειάζονται προτυποποιημένα προϊόντα που μπορούν να παραχθούν σε σχετικά μεγάλες ποσότητες, οι προβλέψεις υποστηρίζουν ότι για μερικά χρόνια ακόμη η παραγωγή των αναλογικών modems θα είναι μεγαλύτερη από αυτήν του εξοπλισμού DSL. Ως αποτέλεσμα, μειώνεται ο ανταγωνισμός τους και πιθανότατα θα μειωθεί και η διαθεσιμότητα των DSL modems στην αγορά.

## **CapacityLimitations**

Υπάρχει περίπτωση οι συνδρομητές στο σύστημα DSL να αντιμετωπίσουν προβλήματα σύνδεσης λόγω της περιορισμένης χωρητικότητας του συστήματος. Το φαινόμενο που ονομάζεται oversubscription παρουσιάζεται όταν για παράδειγμα πολλοί από τους πελάτες είναι ταυτόχρονα στο Internet και χρησιμοποιούν υπηρεσίες που απαιτούν υψηλές ταχύτητες μετάδοσης (π.χ. streaming web video). Στην περίπτωση αυτή η χωρητικότητα του δικτύου περιορίζεται και είτε μερικοί είτε όλοι οι πελάτες δε θα μπορέσουν να εξυπηρετηθούν.

## **Churn**

Έτσι ονομάζεται το ποσοστό των συνδρομητών που διακόπτουν τη σύμβαση παροχής υπηρεσιών DSL. Συνήθως εκφράζεται ως το ποσοστό των συνδρομητών που διακόπτουν τη σύμβαση μέσα στη διάρκεια κάθε μήνα. Το φαινόμενο μπορεί να οφείλεται είτε στην αλλαγή κατοικίας ενός πελάτη (εσωτερική μετανάστευση) είτε στη μετακίνησή του σε κάποιο άλλο δίκτυο παροχής υπηρεσιών. Υπάρχουν όπως προαναφέραμε εταιρείες που για να μειώσουν το κόστος εξοπλισμού, επιχορηγούν την αγορά του από τον πελάτη. Στην περίπτωση που υπάρχει μεγάλος ρυθμός churn οι εταιρείες αυτές θα έχουν σημαντικό έλλειμα. Για την αντιμετώπιση και του φαινομένου churn και του κινδύνου ζημίας που συνεπάγεται αυτό, οι παροχείς αυτών των υπηρεσιών προχώρησαν στη σύναψη συμβάσεων μεγάλης διάρκειας με όρο την επιβολή χρηματικού προστίμου στην περίπτωση που ο πελάτης διακόψει τη σύμβαση πριν το πέρας αυτής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Harte Lawrence, Kikta Roman "Delivering xDSL" McGraw-Hill 2001
- (2) [www.dslforum.org](http://www.dslforum.org)
- (3) ITU-T Recommendation G.991.2 02/2001, SHDSL transceivers
- (4) White Paper: G.SHDSL Overview, Standard Solution for Symmetric Broadband Access, March 2001
- (5) [www.dslreports.com](http://www.dslreports.com)
- (6) Cioffi J., Silverman P., Starr T. "Digital Subscriber Lines"  
Cheng Liang, Marsic Ivan "Accurate Bandwidth measurement in xDSL service networks" February 2002
- (7) [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- (8) The DSL SourceBook, version 3.1, 2000, PARADYNE,  
[www.paradyne.com](http://www.paradyne.com)
- (9) [www.iec.org](http://www.iec.org)
- (10) [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)
- (11) Levey B. David, McLaughlin Stephen "The statistical nature of impulse noise interarrival times in digital subscriber loop systems" October 2000