



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τηλεπικοινωνιακά Ψηφιακά Δίκτυα

Ενότητα 9: Δίκτυα Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης
(ADSL, FTTx, ασύρματα δίκτυα σταθερών
τερματικών, Hi-Fi, Hi-Max κλπ.)

Βαρουτάς Δημήτρης

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (ή Συνδρομητική Γραμμή) Digital Subscriber Line

Εισαγωγή

- ▶ Είδη ψηφιακής συνδρομητικής τεχνολογίας η οποία παρέχει πρόσβαση υψηλής ταχύτητας στο διαδίκτυο
 - ▶ Μέσο: Κοινές τηλεφωνικές γραμμές
- ▶ Εκμεταλλεύονται τις αχρησιμοποίητες υψηλότερες συχνότητες στα χάλκινα δισύρματα καλώδια του τηλεφωνικού δικτύου
 - ▶ Ταυτόχρονη μετάδοση φωνής πάνω στην ίδια γραμμή
- ▶ Η παλαιότερη χρήση της ζώνης των 3.4KHz περιορίζει το μέγιστο δυνατό ρυθμό μετάδοσης στα 56Kbps
 - ▶ Το εύρος ζώνης όμως των ζεύγους των χάλκινων καλωδίων είναι μεγαλύτερο





Εισαγωγή

- ▶ Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της τεχνολογίας DSL οι οποίες διαφέρουν ως προς τη μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων
- ▶ Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το μήκος της γραμμής
 - ▶ Μήκος γραμμής $\leftarrow \rightarrow$ Απόσταση από το κέντρο του τηλεπικοινωνιακού παρόχου ως τον χρήστη
- ▶ Η ποιότητα του χαλκού καθώς και η διάμετρος των συρμάτων είναι καθοριστικοί παράγοντες για την μέγιστη ταχύτητα

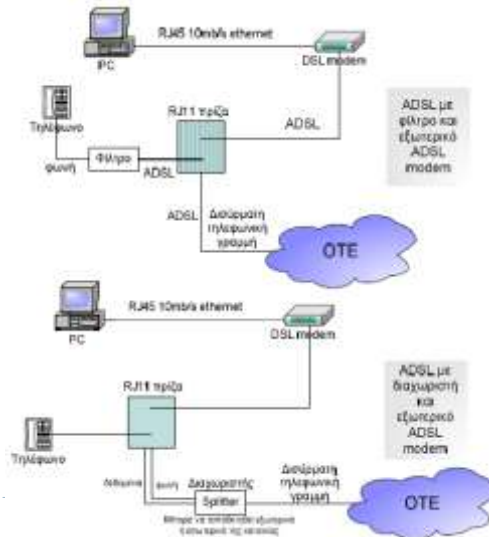


Εισαγωγή

- ▶ Η τεχνολογία xDSL χωρίζεται σε δυο βασικές κατηγορίες
 - ▶ Με χρήση διαχωριστή (splitter) σήματος φωνής και δεδομένων είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά στο χώρο του συνδρομητή
 - ▶ Απαιτεί τη βοήθεια τεχνικού
 - ▶ Με χρήση φίλτρου στην τηλεφωνική συσκευή
 - ▶ Το xDSL modem συνδέεται απευθείας με τη δισύρματη γραμμή του τηλεφωνικού δικτύου
 - ▶ Το xDSL modem αναλαμβάνει το διαχωρισμό του xDSL σήματος
- ▶ Άλλη κατηγοριοποίηση είναι σε συμμετρικές και ασύμμετρες τεχνολογίες πρόσβασης
 - ▶ Συμμετρικές: Προσφέρουν ίσο ρυθμό λήψης και αποστολής δεδομένων
 - ▶ Ασύμμετρες: Η ταχύτητα με την οποία ο χρήστης μπορεί να λάβει δεδομένα είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα με την οποία μπορεί να στείλει δεδομένα
 - ▶ Ικανοποιεί τις βασικές εφαρμογές του διαδικτύου



Εισαγωγή



Τοπικός Βρόχος – Local Loop

- ▶ Τελευταίο κομμάτι ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου
 - ▶ Συνδέει το συνδρομητή στο τοπικό κέντρο (Local Exchange ή Central Office)
 - ▶ Είναι γνωστός και σαν «Last Mile»
- ▶ Στην περίπτωση της ψηφιακής συνδρομητικής γραμμής είναι ένα συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων
- ▶ Συνήθως ο τοπικός ανήκει σε ένα μόνο πάροχο
- ▶ Η δυνατότητα χρήσης του τοπικού βρόχου και από άλλους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους δίνεται μέσω:
 - ▶ Αδεσμοποίησης του τοπικού βρόχου (local loop unbundling – LLU)
 - ▶ Πρόσβασης ροής bit (Bitstream Access)



Αδεσμοποίητη Πρόσβαση στον Τοπικό Βρόχο

- ▶ Δίνει τη δυνατότητα στους νεοεισερχόμενους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς να παρέχουν υπηρεσίες σε τελικούς χρήστες
 - ▶ Μέσω του δικτύου πρόσβασης χαλκού των κυρίαρχων παρόχων
- ▶ Πλήρως Αδεσμοποίητη Πρόσβαση: Ο νεοεισερχόμενος εκμεταλλεύεται όλο το επιτρεπόμενο φάσμα συχνοτήτων της χάλκινης γραμμής
- ▶ Μεριζόμενη Πρόσβαση: Ο ΚΠ εξακολουθεί να χρησιμοποιεί το μεταλλικό βρόχο παρέχοντας τηλεφωνία στον τελικό χρήστη
 - ▶ Ο εναλλακτικός χρησιμοποιεί το μη φωνητικό φάσμα συχνοτήτων για άλλες υπηρεσίες (γρήγορη πρόσβαση)



Αδεσμοποίητη Πρόσβαση στον Τοπικό Βρόχο

- ▶ (++) Μέσω της εγκατεστημένης καλωδίωσης οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες
 - ▶ Απαιτείται εγκατάσταση κατάλληλου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού στο τοπικό κέντρο – συνεγκατάσταση (collocation)
- ▶ Η συνεγκατάσταση μπορεί να είναι:
 - ▶ Φυσική: Ο εναλλακτικός πάροχος εγκαθιστά εξοπλισμό στο τοπικό κέντρο του ΚΠ
 - ▶ Στο κέντρο αυτό τερματίζεται η δισύρματη γραμμή του συνδρομητή
 - ▶ Απομακρυσμένη: Ο εναλλακτικός πάροχος εγκαθιστά εξοπλισμό σε άλλο κτίριο κοντά στο τοπικό κέντρο
 - ▶ Η γραμμή του συνδρομητή τερματίζεται με τη χρήση επέκτασης





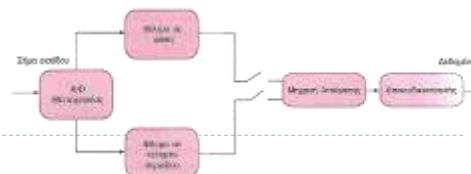
Πρόσβαση Ροής Bit

- ▶ Υπηρεσία που παρέχει ο ΚΠ σε άλλους παρόχους
- ▶ Ο ΚΠ εγκαθιστά εξοπλισμό ψηφιακής γραμμής συνδρομητή στο δίκτυο πρόσβασής του με σκοπό:
 - ▶ Την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε τελικούς χρήστες
 - ▶ Την πρόσβαση άλλων παρόχων σε αυτόν
 - ▶ Οι ΕΠ επιθυμούν να δώσουν υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες
- ▶ Πρόκειται για προϊόν χονδρικής
 - ▶ Δίνει τη δυνατότητα στους παρόχους να προσφέρουν προηγμένες τηλεματικές υπηρεσίες σε πελάτες
 - ▶ Ο τοπικός βρόχος ανήκει αποκλειστικά στον ΚΠ



Carrierless Amplitude Phase Modulation - CAP

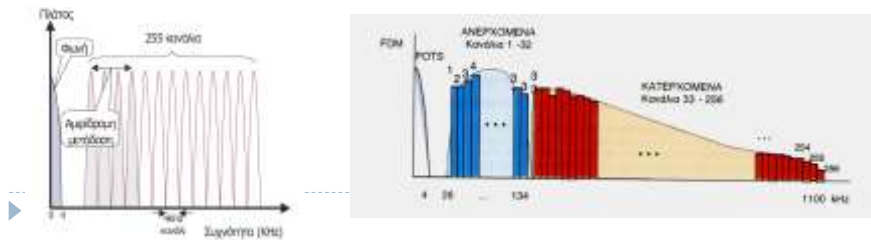
- ▶ Συνδυασμένη διαμόρφωση πλάτους και φάσης (δηλαδή QAM) με υποβάθμιση της φέρουσας





Διακριτή Πολυτονική Διαμόρφωση Discrete MultiTone Modulation - DMT

- ▶ Προτυποποιήθηκε για την τεχνολογία ψηφιακής γραμμής συνδρομητή το 1995
- ▶ Διαχωρίζει το σήμα σε πολλαπλά υποκανάλια στενής ζώνης
 - ▶ Το διαθέσιμο φάσμα διαμοιράζεται σε πλήθος καναλιών (255) ίδιου εύρους και διαφορετικής κεντρικής συχνότητας
- ▶ Ανήκει στην κατηγορία των τεχνικών διαμόρφωσης πολλαπλού φέροντος



Διακριτή Πολυτονική Διαμόρφωση Discrete MultiTone Modulation - DMT

- ▶ Το φάσμα συχνοτήτων διαχωρίζεται σε $K=W/Df$ υποκανάλια, ορθογώνια μεταξύ τους
 - ▶ W είναι το συνολικό εύρος ζώνης συχνοτήτων και Df το εύρος ζώνης του κάθε υποκαναλιού
- ▶ Σε κάθε υποκανάλι το σήμα διαμορφώνεται με συχνότητα φέροντος την κεντρική συχνότητα f_k αυτού
- ▶ Για κάθε υποκανάλι το φέρον δίνεται από την σχέση:

$$x_k(t) = \sin 2\pi f_k t, \quad k = 0, 1, \dots, K-1$$

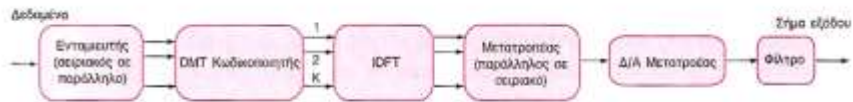
- ▶ Τα υποκανάλια είναι ορθογώνια μεταξύ τους και ανεξάρτητα από τη μεταξύ τους μετατόπιση φάσης
 - ▶ Ο ρυθμός συμβόλων $1/T$ σε κάθε υποκανάλι είναι ίσος με το εύρος ζώνης του

$$\int_0^T \sin(2\pi f_k t + \phi_k) \sin(2\pi f_j t + \phi_j) dt = 0, \quad f_k - f_j = n/T$$

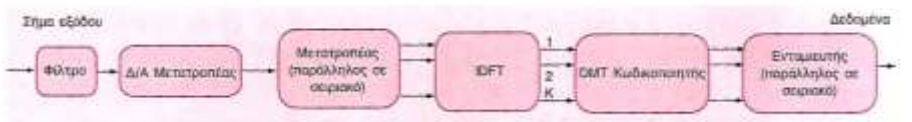


DMT Διαμορφωτής / Αποδιαμορφωτής

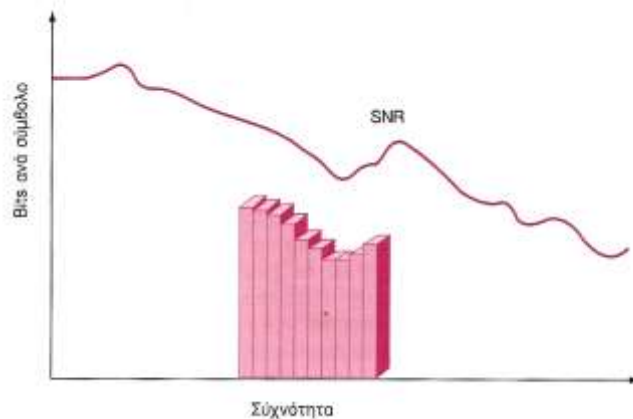
Πομπός



Δέκτης



Bit Loading





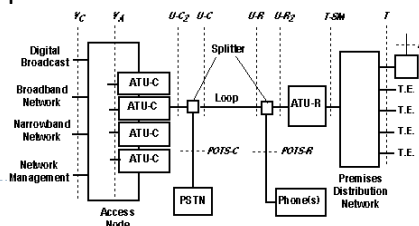
Ασύμμετρη Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (ADSL)

- ▶ Δημιουργήθηκε για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες σε αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης
 - ▶ 1.5Mbps για MPEG-I –Video κατά απαίτηση
- ▶ Χρησιμοποιεί το κοινό τηλεφωνικό δίκτυο
 - ▶ Αθωράκιστα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων
- ▶ Επιτρέπει ταχύτητες λήψης δεδομένων μέχρι 8Mbps και 1Mbps ρυθμό αποστολής δεδομένων
 - ▶ Εξαρτάται από το μήκος και την ποιότητα της διούρματης γραμμής
- ▶ Γνωστά πρότυπα για το ADSL είναι
 - ▶ T1.413 (ANSI)
 - ▶ G.992.1 (ITU)



Μοντέλο Αναφοράς Συστήματος ADSL

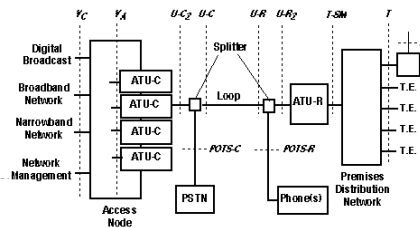
- ▶ Η μονάδα ATU–C (ADSL transmission unit, CO side – πάροχος) αποτελεί το μόντεμ στο σημείο τερματισμού του ADSL στο τηλεφωνικό κέντρο
- ▶ ATU–R (ADSL transmission unit, Remote side – συνδρομητής): Μόντεμ στη συνδρομητική εγκατάσταση
- ▶ Splitter είναι ο διαχωριστής σήματος που ξεχωρίζει τη φωνή από τα δεδομένα και μεταβιβάζει τις δύο ροές στα αντίστοιχα δίκτυα
- ▶ Το PDN (Premises distribution network), είναι το σύστημα διανομής για τη διασύνδεση των διαφορετικών μονάδων υπηρεσιών με το ATU-R





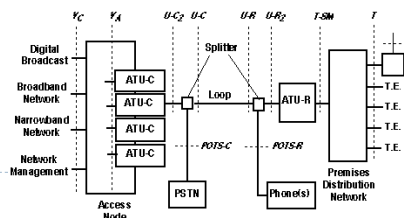
Μοντέλο Αναφοράς Συστήματος ADSL

- ▶ Access Node: Κόμβος πρόσβασης που αποτελεί ουσιαστικά το σημείο συγκέντρωσης τόσο για τα δεδομένα ευρείας όσο και βασικής ζώνης
 - ▶ Στην πραγματικότητα οι μονάδες αυτές είναι τα DSLAM
 - ▶ Μέσα στα Access Nodes βρίσκονται οι μονάδες ATU-C
- ▶ PSTN (Public Switched Telephone Network): Παραδοσιακό δίκτυο τηλεφωνίας
- ▶ Β η βοηθητική είσοδος δεδομένων (όπως σύνδεση μέσω δορυφόρου) προς τη μονάδα υπηρεσιών
- ▶ POTS-C η διεπαφή μεταξύ του PSTN και του splitter στη μεριά του τηλεπικοινωνιακού κέντρου
- ▶ POTS-R η διεπαφή μεταξύ του PSTN και του splitter στη μεριά του συνδρομητή



Μοντέλο Αναφοράς Συστήματος ADSL

- ▶ U-C είναι η διεπαφή U στην πλευρά του CO
- ▶ U-C2 η διεπαφή U στην πλευρά του CO από τον splitter στο ATU-C
- ▶ U-R η διεπαφή U στην πλευρά του συνδρομητή
- ▶ U-R2 η διεπαφή U στην πλευρά του συνδρομητή από τον splitter στο ATU-R
- ▶ VA η διεπαφή V στην πλευρά του CO, που αποτελεί τη λογική διεπαφή ανάμεσα στο ATU-C και τον κόμβο πρόσβασης
 - ▶ υλοποιείται με σύγχρονη ή ασύγχρονη μετάδοση των δεδομένων
- ▶ VC η διεπαφή μεταξύ του κόμβου πρόσβασης και του δικτύου κορμού
 - ▶ υλοποιείται από μία ή περισσότερες φυσικές συνδέσεις
- ▶ T-SM είναι η διεπαφή μεταξύ ATU-R και PDN
- ▶ T η διεπαφή μεταξύ των PDN και των τερματικών εξοπλισμών (terminal equipment).





Χαρακτηριστικά Μετάδοσης

- ▶ Η ζώνη συχνοτήτων 0-4KHz χρησιμοποιείται για μετάδοση φωνής
- ▶ Η ζώνη συχνοτήτων 25KHz-1.1MHz χρησιμοποιείται για μετάδοση δεδομένων
- ▶ Οι δύο ζώνες χωρίζονται με ένα splitter
- ▶ Το ADSL χρησιμοποιεί διαμόρφωση DMT που χωρίζει το φάσμα σε 256 υποκανάλια στενής ζώνης (4.3125KHz)
- ▶ Ο ρυθμός συμβόλων για κάθε υποκανάλι είναι 4000 σύμβολα/sec
- ▶ Κάθε σύμβολο μπορεί να μεταφέρει έως 15bits δίνοντας συνολικά ως 60kbrps ανά κανάλι

$$BitRate = SymbolRate \times BitperSymbol$$



Χαρακτηριστικά Μετάδοσης

- ▶ Για τα συνολικά 256 υπο-κανάλια θεωρητικά ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων φτάνει τα 15.36Mbps (256x60kbrps)
- ▶ Στην πράξη με τη χρήση της QAM, ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων φτάνει τα 8Mbps
- ▶ Από τα 256 κανάλια τα πρώτα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τη μετάδοση της φωνής
 - ▶ Το πρώτο αφορά τη μετάδοση του τηλεφωνικού σήματος και τα υπόλοιπα πέντε διασφαλίζουν ότι η μετάδοση δεν θα επηρεαστεί από το ADSL σήμα



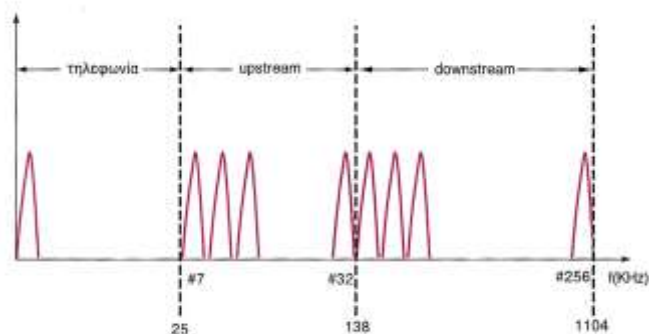
ADSL. Ταχύτητες και εμβέλεια

- Ταχύτητα καθόδου 1.5 Mbps μέχρι 8 Mbps
- Ταχύτητα ανόδου 16 kbps μέχρι 640 kbps
- Βεληνεκές
 - 5400 m – 1.544 Mbps
 - 4800 m – 2.048 Mbps
 - 3600 m – 6.312 Mbps
 - 2400 m – 8.448 Mbps



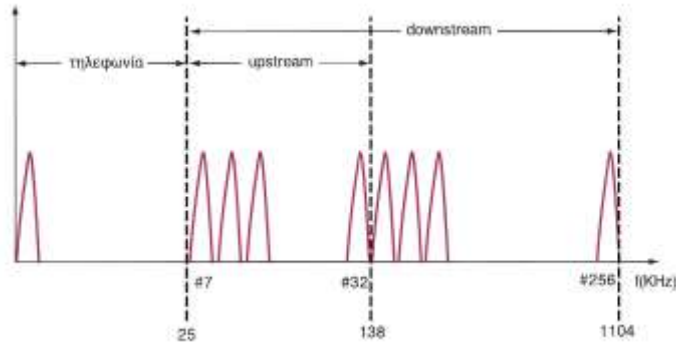
FDM και Καταστολή Ηχούς

- ▶ Τα κανάλια 16 (69KHz) και 64 (276KHz) στη τεχνική FDM χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τη μετάδοση της τονικότητας πιλότου (συγχρονισμός)



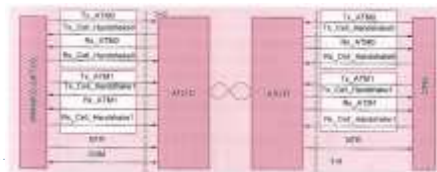
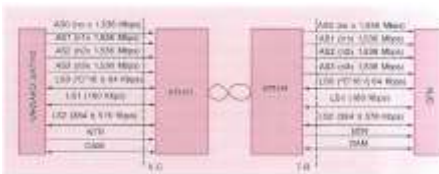
FDM και Καταστολή Ηχούς

- ▶ Καταστολή ηχούς: Οι δύο ζώνες διαχωρίζονται μέσω τοπικής καταστολής της ηχούς (V.32 και V.34)



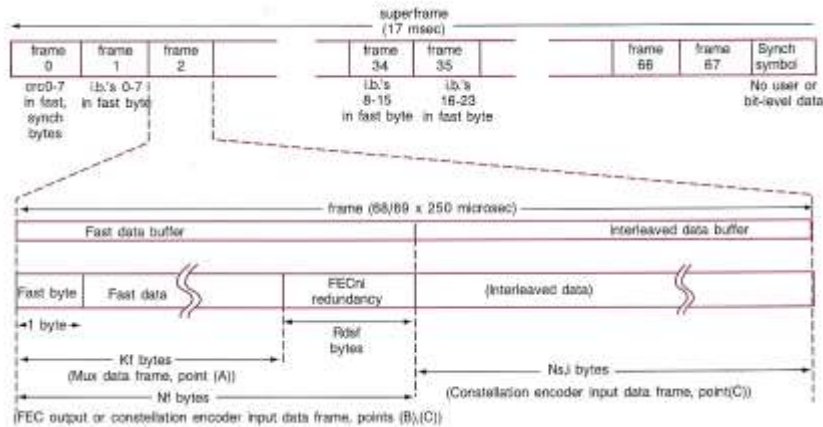
Σύγχρονη και Ασύγχρονη Μετάδοση Δεδομένων

- ▶ AS0, LS0 και το κύριο ρεύμα ATM κελιών (ATM0 αντιστοιχεί στο AS0) είναι υποχρεωτικά σε μια ADSL σύνδεση
- ▶ Και στις δυο μεταδόσεις υποστηρίζεται
 - ▶ Ένα κανάλι χρόνου αναφοράς (Network Timing Reference)
 - ▶ Ένα κανάλι για την επικοινωνία ATU-C με ATU-R και άλλες λειτουργίες (Operation Administration & Maintenance)





Δομή Πλαισίων Μεταφοράς Δεδομένων



ADSL.Lite (G.992.2)

- ▶ Το επόμενο χρονικά πρότυπο της ITU σχετικά με την τεχνολογία ασύμμετρης ψηφιακής γραμμής συνδρομητή
- ▶ Ονομάζεται και ασύμμετρη ψηφιακή γραμμή χωρίς τη χρήση διαχωριστή σήματος (splitterless)
 - ▶ Μείωση κόστους εγκατάστασης
- ▶ Το υπερπλεονάζον φίλτρο για το ADSL σήμα μεταφέρεται στη μονάδα τερματισμού του δικτύου
- ▶ Προϋποθέτει ασύγχρονη μετάδοση (ATM) με τη χρήση των καναλιών:
 - ▶ AS0 (μέχρι 1.536Mbps) από το ATU-C (από το τοπικό κέντρο προς το χρήστη)
 - ▶ LS0 (μέχρι 512Kbps) από το ATU-R (από το χρήστη προς το τοπικό κέντρο)
- ▶ Τα πλαίσια έχουν απλοποιηθεί σημαντικά



ADSL2 (G.992.3 και G.992.4)

- ▶ Παρέχει ρυθμό προς το συνδρομητή έως 12Mbps σε απόσταση μέχρι 2.5Km από το τοπικό κέντρο
- ▶ Η συνολική ακτίνα επεκτείνεται στα 6Km με χαμηλότερους ρυθμούς
- ▶ Η αύξηση στο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων επιτυγχάνεται με:
 - ▶ Τη βελτίωση των τεχνικών διαμόρφωσης
 - ▶ Κώδικες Trellis
 - ▶ Τη μείωση της πλεονάζουσας πληροφορίας (overhead) στα πλαίσια δεδομένων
 - ▶ Μεταβλητός αριθμός bit πλεονάζουσας πληροφορίας
 - ▶ Την αύξηση του κέρδους κωδικοποίησης
 - ▶ Τη βελτίωση της επεξεργασίας σήματος



ADSL2+ (G.992.5)

- ▶ Διπλασιάζει το ρυθμό μετάδοσης προς το χρήστη σε σχέση με το ADSL2
 - ▶ 24Mbps για αποστάσεις μικρότερες του 1.5Km από το τοπικό κέντρο
 - ▶ Η συνολική ακτίνα επεκτείνεται στα 6Km με χαμηλότερους ρυθμούς
- ▶ Το ADSL2+ κάνει χρήση των συχνοτήτων από 138KHz έως 2.2MHz για τα κανάλια μετάδοσης από το τοπικό κέντρο



Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης (HDSL: High bit rate DSL)

- ▶ Η τεχνολογία HDSL αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 από την BellCore
- ▶ Έχει προτυποποιηθεί από την ETSI και την ITU
- ▶ Δημιουργήθηκε με απώτερο σκοπό να εκμεταλλευτεί την υπάρχουσα τεχνολογία των ψηφιακών κυκλωμάτων T-1 (1.544 Mbps) και E-1 (2.044 Mbps)
- ▶ Η κωδικοποίηση γραμμής που αρχικά εφαρμόστηκε ήταν η AMI (Alternate Mark Inversion).
 - ▶ Απαιτεί εύρος ζώνης της τάξης του 1.5 MHz
 - ▶ Οι υψηλές συχνότητες που χρησιμοποιούσε οδηγούσαν στην εξασθένηση του σήματος
- ▶ Αν το HDSL επιστράτευε την τεχνική AMI το σήμα μπορούσε να ταξιδέψει με ασφάλεια μέχρι 1 Km
- ▶ Για μεγαλύτερες αποστάσεις απαιτείται επαναλήπτης (repeater) ή ενισχυτής (Amplifier) σήματος.



Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης (HDSL: High bit rate DSL)

- ▶ Εναλλακτική λύση η τεχνική 2B1Q
 - ▶ Έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για τις τεχνολογίες HDSL, SDSL και την ISDN BRI
- ▶ Η 2B1Q είναι λιγότερο ευαίσθητη σε φαινόμενα εξασθένησης σήματος
 - ▶ Περιορίζεται σε πολύ μικρότερες συχνότητες σε σχέση με την AMI
- ▶ Με την 2B1Q μπορούν να επιτευχθούν ταχύτητες της τάξεως των 2,3 Mbps για αποστάσεις μέχρι 3.7 Km
- ▶ Συγκριτικά με την τεχνολογία ADSL, η HDSL προσφέρει απόλυτα συμμετρικές υπηρεσίες
- ▶ Δεν παρέχει τυπική υπηρεσία τηλεφωνίας πάνω από την ίδια γραμμή
- ▶ Για την επίτευξη της πλήρους αμφίδρομης μετάδοσης χρησιμοποιούνται 2 καλώδια συνεστραμμένων ζευγών, τα οποία μπορεί να γίνουν και τρία για υποστήριξη μέχρι και 2.048 Kbps



Πλεονεκτήματα HDSL

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



Άλλα Μοντέλα HDSL

4ης γενιάς HDSL

- ▶ Συμμετρική μετάδοση δεδομένων πάνω από δύο ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων
 - ▶ Ρυθμός: 1.168Mbps

Συμμετρική Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης (SHDSL)

- ▶ Επιτυγχάνει ρυθμούς T1 και E1 σε βρόχους ακτίνας 3Km
- ▶ Τυποποιήθηκε από το πρότυπο G.991.2 της ITU



Πολύ Υψηλού Ρυθμού Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (VDSL – ITU G.993.1)

- ▶ Αποτελεί την πλέον εξελιγμένη τεχνολογία xDSL
- ▶ Χρησιμοποιείται στις FTTx αρχιτεκτονικές
- ▶ Από το κεντρικό γραφείο (κέντρο) μέχρι την οπτική μονάδα δικτύου (ONT) χρησιμοποιείται οπτική ίνα
- ▶ Το τελευταίο κομμάτι του τηλεπικοινωνιακού δικτύου από το ONT έως τον τελικό χρήστη συνδέεται με την υπάρχουσα διύρματη γραμμή
- ▶ Επιτυγχάνονται ρυθμοί μετάδοσης έως και 52Mbps για συμμετρική χρήση σε ακτίνα 1km
- ▶ Το DMT χρησιμοποιείται ως διαμόρφωση και το Time Division Duplexing ως πολυπλεξία
 - ▶ Χρησιμοποιείται όλο το επιτρεπτό φάσμα αμφίδρομα → Δεν απαιτούνται φίλτρα → Μείωση πολυπλοκότητας
- ▶ VDSL2 (G.993.2): Βελτιωμένη έκδοση του VDSL με συμμετρική ή ασύμμετρη μετάδοση με ταχύτητες ως και 200Mbps



Παράγοντες που Επηρεάζουν τις Επιδόσεις του xDSL

- ▶ Η παρουσία πηλινών φόρτισης στο συνδρομητικό βρόχο
- ▶ Η εξασθένηση του σήματος
- ▶ Οι παρεμβολές NEXT και FEXT
- ▶ Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Τέλος

Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Βαρουτάς Δημήτρης, Σφηκόπουλος Θωμάς. «Τηλεπικοινωνιακά Ψηφιακά Δίκτυα. Δίκτυα Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης (ADSL, FTTx, ασύρματα δίκτυα σταθερών τερματικών, Hi-Fi, Hi-Max κλπ.)». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/DI122/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

