ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

# ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

## Ενότητα # 4: Τεχνολογίες xDSL (Μέρος 2)

Καθηγητής Χρήστος Ι. Μπούρας
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
email: bouras@cti.gr, site: http://ru6.cti.gr/ru6/bouras

# Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των τεχνολογιών εξέλιξης του ADSL
- Επεξήγηση κύριων χαρακτηριστικών των ADSL2, ADSL2+, VDSL
- Εξοικείωση με άλλες xDSL τεχνολογίες

# Περιεχόμενα ενότητας

- Εξέλιξη του ADSL προτύπου:
  - ADSL2
  - ADSL2+
  - RE-ADSL2+
  - ITU G.992.5 Annex M
  - Μελλοντική εξέλιξη ADSL
- VDSL
- Άλλες xDSL τεχνολογίες

# Τεχνολογίες xDSL (Μέρος 2)

# ADSL2 (1/2)

- Η έκδοση ADSL2 ορίζεται στις συστάσεις ITU G.992.3 και G.992.4
- Χρησιμοποιεί τις ίδιες συχνότητες που χρησιμοποιεί το απλό ADSL
- Προσθέτει καινούρια χαρακτηριστικά και δυνατότητες για την βελτίωση της απόδοσης και της εμβέλειας, ενώ παρέχει καλύτερη υποστήριξη για νέες εφαρμογές και υπηρεσίες
- Οι αλλαγές συμπεριλαμβάνουν βελτιώσεις στο ρυθμό μετάδοσης και την προσβασιμότητα, τις διαγνωστικές μεθόδους, την προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης, και την κατάσταση αναμονής (stand-by mode)

# ADSL2 (2/2)

- Οι ρυθμοί μετάδοσης μπορούν υπό ιδανικές συνθήκες να φτάσουν τα 12 Mbit/s downstream και 3,5 Mbit/s upstream, ανάλογα και με την ποιότητα της γραμμής

- Η απόσταση από το DSLAM (Digital subscriber line access multiplexer) μέχρι τον εξοπλισμό του πελάτη είναι συνήθως ο πιο καθοριστικός παράγοντας στην ποιότητα της γραμμής

# Βελτιώσεις σε σχέση με απλό ADSL

- Βελτιωμένη απόδοση της διαμόρφωσης (modulation)
- Μείωση της επιβάρυνσης για την κατασκευή των frames
- Μεγαλύτερο κέρδος από την κωδικοποίηση
- Βελτίωση της αρχικοποίησης
- Καλύτεροι αλγόριθμοι επεξεργασίας σήματος
- Αποτέλεσμα: το ADSL2 ορίζει υψηλότερη απόδοση για όλες τις συμβατές με το πρότυπο συσκευές

# Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL2

- Χρήση τετραδιάστατης κωδικοποίησης trellis 16 καταστάσεων και 1-bit quadrature amplitude modulation (QAM)
- Παρέχουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης σε γραμμές μεγάλου μήκους όταν ο λόγος σήματος προς θόρυβο (signal-to noise ratio - SNR) είναι μικρός
- Επιτρέπει στον αποδέκτη να διασκορπίσει τον μη στατικό θόρυβο που προέρχεται από radio AM παρεμβολές

# Άλλες βελτιώσεις ADSL2 (1/2)

- Ακύρωση ηχούς (echo cancellation) και επιπέδων διασταυρούμενης ομιλίας (crosstalk) στα δύο άκρα της γραμμής
  - Crosstalk θεωρείται η παρεμβολή στην αναλογική γραμμή ενός γειτονικού σήματος με το επιθυμητό σήμα
- Έλεγχος ορισμένων παραμέτρων από τον πομπό και τον δέκτη προκειμένου να επιτευχθεί βέλτιστη «εκπαίδευση» των συναρτήσεων επεξεργασίας σήματος του πομπού και του δέκτη

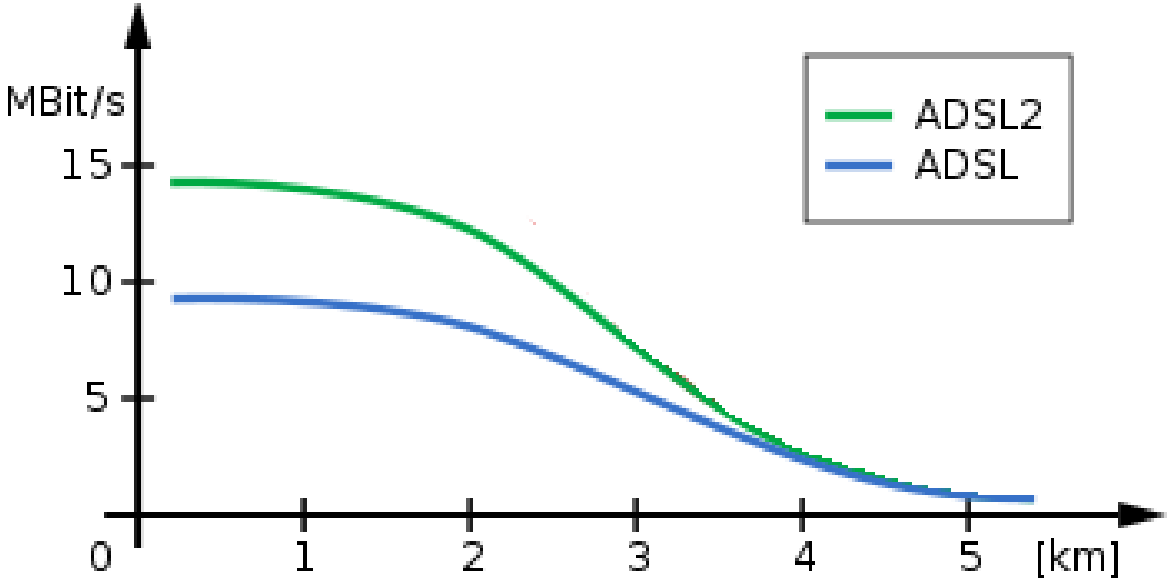
# Άλλες βελτιώσεις ADSL2 (2/2)

- Εξουδετέρωση τόνων κατά την αρχικοποίηση ώστε να γίνει δυνατή η χρήση σχημάτων ακύρωσης της παρεμβολής ραδιοφωνικών συχνοτήτων (radio frequency interference (RFI) cancellation schemes)
- Μείωση του χρόνου αρχικοποίησης σε λιγότερο από 3 δευτερόλεπτα, σε σχέση με πάνω από 10 δευτερόλεπτα που απαιτεί το ADSL

# Απόδοση σε σχέση με απλό ADSL

- Σε τηλεφωνικές γραμμές μεγάλου μήκους, το ADSL2 μπορεί να παρέχει επιπλέον 50 kbps ρυθμό μετάδοσης
- Η αύξηση αυτή μεταφράζεται σε ισοδύναμη αύξηση της μέγιστης απόστασης της τάξης των 200 μέτρων
  - σημαίνει αύξηση κάλυψης περίπου 6%, ή 6.5 τετραγωνικά χιλιόμετρα

# Σύγκριση απόδοσης ADSL / ADSL2




Σύγκριση απόδοσης ADSL / ADSL2

(πηγή:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adsl_bitrates.svg)

# Διαγνωστικές μέθοδοι ADSL2

- Οι πομποδέκτες του ADSL2 έχουν ενισχυθεί με διαγνωστικές δυνατότητες
- Παρέχουν μετρήσεις για
  - τον θόρυβο της γραμμής
  - την εξασθένιση του σήματος
  - το λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR) στα δύο άκρα της γραμμής
- Μπορούν να συλλεχθούν χρησιμοποιώντας ένα ειδικό διαγνωστικό mode λειτουργίας ακόμα και όταν η ποιότητα της γραμμής είναι πολύ κακή για να πραγματοποιηθεί μία κανονική ADSL σύνδεση

# Βελτιώσεις ADSL2 στην κατανάλωση ισχύος

- Οι πομποδέκτες του απλού ADSL πρώτης γενιάς λειτουργούν σε πλήρη ισχύ καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας, ακόμα και όταν δεν βρίσκονται σε χρήση
- Στο ADSL2 εισήχθησαν δύο επιπλέον modes διαχείρισης ενέργειας:
  - L2 mode χαμηλής ισχύος
  - L3 mode χαμηλής ισχύος

# L2 mode

- Όταν γίνεται λήψη μεγάλων αρχείων, η ADSL2 σύνδεση λειτουργεί σε πλήρη ισχύ (L0 mode)
- Όταν η κίνηση στη σύνδεση μειώνεται το σύστημα μπορεί να μεταβεί στο L2 mode, στο οποίο ο ρυθμός μετάδοσης είναι σημαντικά μικρότερος και η κατανάλωση ισχύος μειώνεται
- Από το L2 mode, το ADSL2 μπορεί να επανέλθει στιγμιαία στο L0 και να αυξήσει το ρυθμό μετάδοσης μόλις ο χρήστης ξεκινήσει για παράδειγμα μια λήψη αρχείου
- Ο μηχανισμός εισόδου και εξόδου στο L2 mode και οι προσαρμογές του ρυθμού μετάδοσης επιτυγχάνονται χωρίς καμία διακοπή της υπηρεσίας και επομένως δεν γίνονται αντιληπτές από το χρήστη

# L3 mode

- Το L3 mode είναι ένα sleep mode όπου η κίνηση δεν μπορεί να μεταφερθεί πάνω από την σύνδεση
- Όταν ο χρήστης επιστρέψει, οι πομποδέκτες του ADSL2 χρειάζονται περίπου 3 δευτερόλεπτα για να επαναρχικοποιηθούν και να μπουν σε κατάσταση πλήρους λειτουργίας

# Φαινόμενο Crosstalk

- Τα τηλεφωνικά καλώδια είναι τοποθετημένα μαζί σε ομάδες των 25 ή και περισσότερων συνεστραμμένων ζευγών
- Τα ηλεκτρικά σήματα από ένα συνεστραμμένο ζεύγος μπορεί να αλληλεπιδρούν ηλεκτρομαγνητικά με γειτονικά συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων
- Το φαινόμενο αυτό λέγεται διασταυρούμενη ομιλία (crosstalk) και επηρεάζει αρνητικά την απόδοση της ADSL σύνδεσης, που μπορεί να οδηγήσει το ADSL να διακόψει τη σύνδεση

# Προσαρμογή ρυθμού μετάδοσης ADSL2

- Το ADSL2 αντιμετωπίζει το crosstalk και παρόμοια προβλήματα με το να προσαρμόζει ομαλά το ρυθμό μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο
  - seamless rate adaptation (SRA)
- Το ADSL2 ανιχνεύει αλλαγές στις συνθήκες του καναλιού και προσαρμόζει το ρυθμό λειτουργίας στη νέα κατάσταση του καναλιού με τρόπο διάφανο ως προς το χρήστη

# Λειτουργία SRA

- Ο δέκτης παρακολουθεί το λόγο SNR του καναλιού και καθορίζει ότι απαιτείται αλλαγή του ρυθμού μετάδοσης
- Ο δέκτης στέλνει ένα μήνυμα με όλες τις απαραίτητες παραμέτρους στον πομπό για να αρχικοποιήσει την αλλαγή στο ρυθμό μετάδοσης
- Ο πομπός στέλνει ένα σήμα “Sync Flag” που χρησιμοποιείται για να μαρκάρει την ακριβή χρονική στιγμή όπου θα αρχίσουν να χρησιμοποιούνται ο νέος ρυθμός μετάδοσης και οι παράμετροι μετάδοσης
- Το Sync Flag σήμα ανιχνεύεται από τον δέκτη και τα δύο άκρα μεταβαίνουν ομαλά και διάφανα για το χρήστη στο νέο ρυθμό μετάδοσης

# Κατάτμηση καναλιών

- Το ADSL2 δίνει τη δυνατότητα κατάτμησης του εύρους ζώνης σε διαφορετικά κανάλια με διαφορετικά χαρακτηριστικά για διαφορετικές εφαρμογές
- Το ADSL2 μπορεί να υποστηρίξει ταυτόχρονη χρήση μιας εφαρμογής φωνής και μιας εφαρμογής δεδομένων, οι οποίες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις όσον αφορά χαρακτηριστικά όπως ρυθμός λαθών και καθυστέρηση μετάδοσης (latency)

# Voice over DSL (1/2)

- Το ADSL2 υποστηρίζει Channelized Voice over DSL (CVoDSL), μία μέθοδο για τη διάφανη μεταφορά κίνησης φωνής
  - χρησιμοποιεί «κανάλια» των 64 kbps
- Τα δεδομένα της φωνής δεν χρειάζεται να εισαχθούν σε πακέτα, αντίθετα από τις περιπτώσεις για παράδειγμα του VoIP και του VoATM

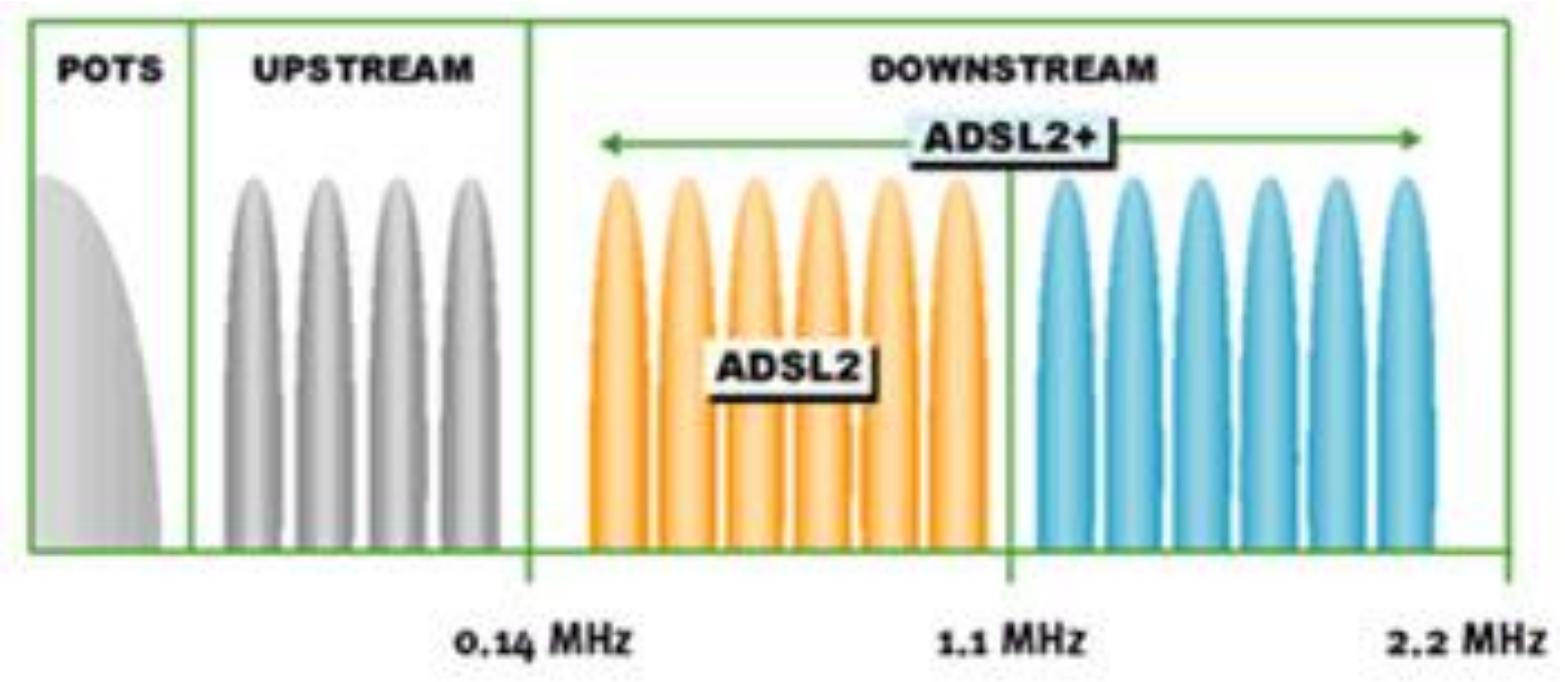
# ADSL2+ (1/2)

- Η έκδοση ADSL2+ οριστικοποιήθηκε ως πρότυπο από την ITU τον Ιανουάριο του 2003 με επίσημη ονομασία προτύπου «G.992.5»
- Εισάγει:
  - εξελιγμένα χαρακτηριστικά για την αντιμετώπιση του θορύβου
  - Υψηλότερους ρυθμούς συμβόλων κατά τη διαμόρφωση
- Χρησιμοποιεί DMT αλλά διπλασιάζει το downstream bandwidth, αυξάνοντας το ρυθμό κατεβάσματος δεδομένων μέχρι και τα 24 Mbps

# ADSL2+ (2/2)

- Το ADSL2+ καθορίζει την downstream συχνότητα ως τα 2.2 MHz
  - Τα πρώτα δύο μέλη της οικογένειας των ADSL2 προτύπων, τα G.992.3 (G.dmt.bis) και G.992.4 (G.lite.bis) καθορίζουν μία μπάντα συχνοτήτων για downstream μέχρι το 1.1 MHz και τα 552 kHz αντίστοιχα

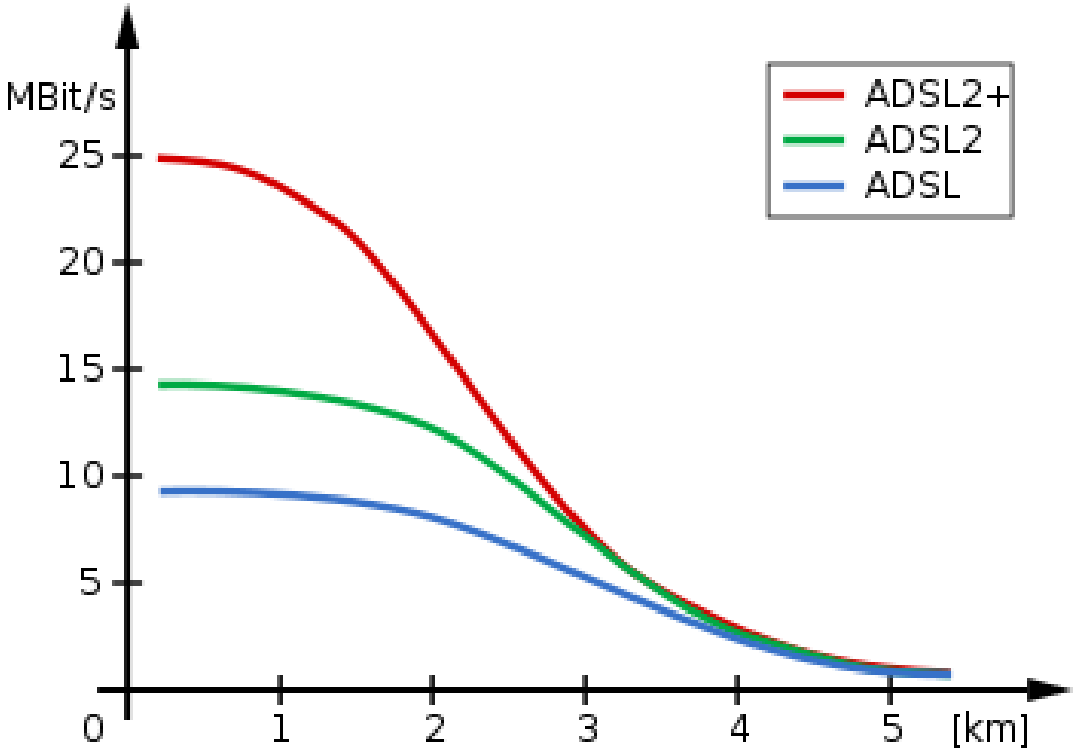
# Συχνότητες ADSL2, ADSL2+




Συχνότητες ADSL2, ADSL2+

(πηγή:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADSL2_frequencies.png)

# Σύγκριση απόδοσης ADSL, ADSL2, ADSL2+




Σύγκριση απόδοσης ADSL, ADSL2, ADSL2+

(πηγή: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adsl_bitrates.svg)

# Βασικά χαρακτηριστικά ADSL2+

- Το ADSL2+ παρέχει έναν προαιρετικό τρόπο λειτουργίας που διπλασιάζει το upstream bandwidth και ρυθμού μετάδοσης
- Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να μειωθεί το crosstalk
  - παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν μόνο οι συχνότητες μεταξύ 1.1 MHz και 2.2 MHz με την απόκρυψη (masking) των downstream συχνοτήτων κάτω από το 1.1 MHz
- Επιτρέπει το «δέσιμο» των θυρών: Το συνολικό εύρος ζώνης είναι ίσο με το άθροισμα όλων των παρεχόμενων ports.
  - Για παράδειγμα αν δυο γραμμές 24 Mbit/s δεθούν, θα έχει αποτέλεσμα μια σύνδεση ταχύτητας έως και 48 Mbit/s

# RE-ADSL2+

- Reach Extended ADSL2+
- Μία παραλλαγή του ADSL2+ (πρότυπο ITU G.992.5 Annex L)
- Η βασική διαφορά με το G.992.5 (ADSL2+) είναι η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- Για να αυξηθεί η απόσταση χρησιμοποιείται περισσότερη ισχύς στις χαμηλότερες συχνότητες, επιτρέποντας να λειτουργεί μια σύνδεση σε απόσταση 7 χιλιομέτρων
- Συνήθως οι ιδιοκτήτες του local loop δεν επιτρέπουν τη χρησιμοποίησή του επειδή η υψηλή ισχύς μπορεί να δημιουργήσει crosstalk

# ITU G.992.5 Annex M

- Μια ακόμα παραλλαγή του ADSL2
- Το διαχωριστικό όριο μεταξύ των upstream και downstream συχνοτήτων έχει μετακινηθεί από τα 138kHz στα 276kHz
- Επιτρέπει στο upstream bandwidth να αυξηθεί από το 1 Mbit/s στα 3.5 Mbit/s

# Μελλοντική εξέλιξη ADSL

- Συχνά ως ADSL3 αντιμετωπίζεται μια ελαφρύτερη έκδοση του VDSL2, το οποίο μπορεί να προσφέρει 20-25 Mbps downstream
- Το VDSL2 και το ADSL έχουν πολλά κοινά στοιχεία, που οδηγούν σε μεγάλο βαθμό interoperability μεταξύ των δύο τεχνολογιών
- Το ADSL στις διάφορες παραλλαγές και μετεξελίξεις του (ADSL2, ADSL2+) αποτελεί μία από τις βασικές τεχνολογίες με την οποία προωθείται η ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα καθώς και στις περισσότερες χώρες του κόσμου
- Το 2015 οι διάφορες DSL τεχνολογίες με προεξάρχουσα την ADSL αποτελούσαν το 70% περίπου των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

# VDSL (1/3)

- VDSL – Very-high-data-rate  Digital Subscriber Line (ITU G.993.1)
  - Αποτελεί επέκταση της ADSL τεχνολογίας
  - Υπόσχεται ταχύτητες που μπορεί να φτάνουν τα 52 Mbps
  - Εφαρμοσμένο σε μεγάλη κλίμακα σε χώρες όπως η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα, πολύ λιγότερο στην Ελλάδα

# VDSL (2/3)

- Ανάλογα με την υλοποίηση, το VDSL δε μπορεί να ξεπερνά το 1,5 km και οι ρυθμοί μετάδοσης κυμαίνονται για τη λήψη από 13 έως 52 Mbps και για την αποστολή από 1,5 έως 2,3 Mbps

- Χρησιμοποιεί FTTN (FTT Network) ή FTTC (FTT Curb) αρχιτεκτονική, δηλαδή ο εξοπλισμός (DSLAM) τοποθετείται σε επίπεδο γειτονιάς (συνήθως στα ΚΑΦΑΟ)

# VDSL (3/3)

- Τεχνολογίες για την υλοποίηση του VDSL:
  - Η τεχνολογία QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
  - Η τεχνολογία DMT (Discrete Multi-Tone): Δημιουργεί 247 εικονικά κανάλια στο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Κάθε κανάλι ελέγχεται χωριστά και ανά πάσα στιγμή μπορεί να ενεργοποιηθεί κάποιο άλλο που προσφέρει καλύτερη ροή δεδομένων.
- Η DMT χρησιμοποιείται από τους περισσότερους κατασκευαστές VDSL (π.χ. OTE)

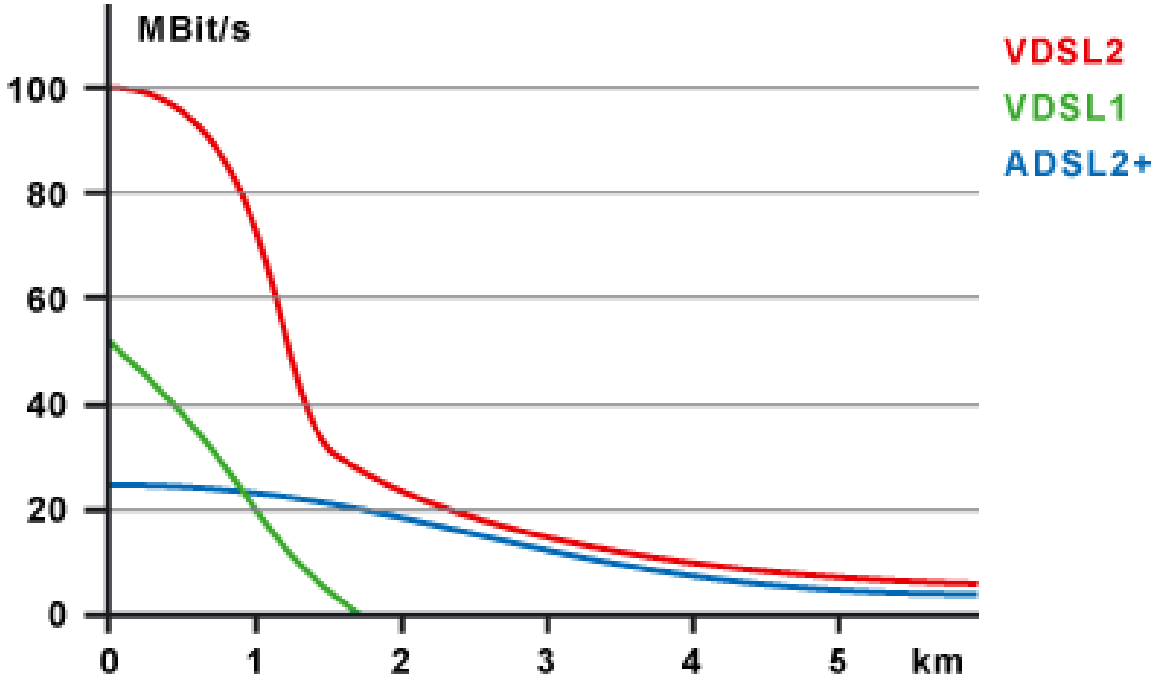
# VDSL2 (ITU G.993.2) (1/2)

- Σχεδιασμένο για Triple Play υπηρεσίες (φωνή, video, δεδομένα, υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση και διαδραστικά παιχνίδια)
- Επιτρέπει τη μετάδοση συμμετρικών και ασύμμετρων ρυθμών (Full-Duplex) μέχρι 200 Mbit/s σε συνεστραμμένα ζεύγη χρησιμοποιώντας συχνότητες μέχρι 30 MHz
- Χρησιμοποιεί κατά βάση FTTN (Fiber to the Network) αρχιτεκτονική, αν και μερικές φορές υλοποιείται και σε FTTB (Fiber to the Building)

# VDSL2 (ITU G.993.2) (2/2)

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποστάσεις έως 4-5 χιλιόμετρα, σε αντίθεση με το VDSL (<1,5 Km)
- Γρήγορα όμως εκφυλίζεται από τις ονομαστικές ταχύτητες των 200 Mbit/s στα 100 Mbit/s για απόσταση 0,5 km και στα 50 Mbit/s για απόσταση 1 km
- Από εκεί και πέρα η μείωση είναι σημαντικά πιο αργή και συνεχίζει να υπερισχύει του VDSL

# Σύγκριση VDSL, ADSL, ADSL2




Σύγκριση VDSL2, VDSL1, ADSL2

(πηγή:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VDSL2_Snelheid.gif)

# Άλλες τεχνολογίες xDSL - RADSL

- Rate Adaptive DSL
- Αναφέρεται σε ένα περιορισμό που υπήρχε σε πρώιμες υλοποιήσεις του ADSL
  - διατηρούσαν σταθερό τον ρυθμό δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις ώστε να διατηρείται η γραμμή περισσότερο συνδεδεμένη
- Σήμερα ως RADSL εννοούμε το ADSL που χρησιμοποιεί τον κώδικα γραμμής QAM ή CAP
  - Αυτά που χρησιμοποιούν DMT σύμφωνα με το πρότυπο T1.413 είναι επίσης rate adaptive αλλά γενικά δεν αναφέρονται έτσι
  - ο uplink ρυθμός δεδομένων είναι ανάλογος προς τον downlink και εξαρτάται από τις συνθήκες της γραμμής και τον θόρυβο

# Άλλες τεχνολογίες xDSL - UDSL

- Universal ADSL
  - γνωστό και ως ADSL-lite ή G.Lite
- Στόχος μια προδιαγραφή παγκόσμια, «ανοικτή», χωρίς διάταξη διαχωρισμού φωνής δεδομένων («splitterless»)
  - υποστηρίζει μέχρι 1,5 Mbit/s στο κανάλι καθόδου και 512 kbit/s στο κανάλι ανόδου σε μεγαλύτερα μήκη τοπικού βρόχου
- Σχεδιάστηκε ως μια χαμηλού κόστους και μικρότερου εύρους ζώνης τεχνολογία ADSL
- Είναι κατάλληλη για γρήγορες υπηρεσίες Internet αλλά όχι για απαιτητικές εφαρμογές όπως βίντεο υψηλής ευκρίνειας

# Άλλες τεχνολογίες xDSL - HDSL

- HDSL – High-bit-rate Digital Subscriber Line
  - Σε αντίθεση με το ADSL είναι συμμετρικό
  - Προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps) τόσο για την αποστολή όσο και για τη λήψη
  - Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3,5 km
  - Μια άλλη βασική διαφορά από το ADSL είναι ότι απαιτείται η εγκατάσταση 2 τηλεφωνικών γραμμών (2 συνεστραμμένα καλώδια)

# Άλλες τεχνολογίες xDSL - HDSL2

- Χρησιμοποιώντας μόνο ένα ζεύγος καλωδίων (για την μετάδοση της ίδιας πληροφορίας) μειώνει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος
  - μείωση των παρεμβολών
  - χρήση ενός ζεύγους καλωδίων
- Λόγω του γεγονότος ότι χρησιμοποιεί ένα ζεύγος καλωδίων, αυξάνεται η ισχύς για τη μετάδοση του σήματος
  - μεγαλύτερες απώλειες απ’ ότι στην HDSL των δύο ζευγών

# Άλλες τεχνολογίες xDSL - SDSL

- SDSL – Single-line Digital Subscriber Line
  - Είναι μια τεχνολογία παρόμοια με το HDSL όσον αφορά στο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps)
  - Απαιτεί όμως μόνο ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού
  - Για το λόγο αυτό, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να ξεπερνά τα 3 km

# Άλλες τεχνολογίες xDSL - SHDSL (ITU G.991.2)

- Το αρχικό SDSL είναι μια εμπορική τεχνολογία και η προσπάθεια προτυποποίησής της από την ITU (ITU G.991.2) και από τους οργανισμούς ANSI της Β. Αμερικής και ETSI της Ευρώπης οδήγησε στο SHDSL
- Παρέχει συμμετρικούς ρυθμούς των 2,3 Mbps σε απόσταση 3 km και 192 kbps στα 6 km σε ένα ζευγάρι καλωδίων
- Παρέχει την επιλογή αύξησης της απόστασης ή του ρυθμού με τη χρήση του δεύτερου ζεύγους καλωδίων
- Η προαιρετική διαμόρφωση με 4 καλώδια μπορεί να επεκτείνει τους ρυθμούς των 2,3 Mbps στα 5 km
- Είναι σχεδιασμένο για συμβατότητα με τις άλλες xDSL τεχνολογίες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κοινού

# Άλλες τεχνολογίες xDSL – IDSL

- Χρησιμοποιεί το ήδη εγκατεστημένο ISDN, επιτρέποντας την χρήση της ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας για μετάδοση μόνο δεδομένων και όχι φωνής
  - Οι εταιρίες μπορούν με εύκολο τρόπο να αναβαθμίσουν τον ISDN εξοπλισμό δικτύου
  - Οι ISDN χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα modem που ήδη έχουν
- Πραγματοποιεί, σε αντίθεση με το ISDN, την μετάδοση μόνο δεδομένων και όχι φωνής
  - οδηγεί στην χρήση μιας επιπλέον γραμμής για την μετάδοση φωνής, κάτι που είναι ιδιαίτερα ασύμφορο

# Σύγκριση τεχνολογιών xDSL

| DSL Type | Max. Send Speed | Max. Receive Speed | Max. Distance | Lines Required |
|---|---|---|---|---|
| ADSL | 800 Kbps | 8 Mbps | 18,000 ft (5,500 m) | 1 |
| HDSL | 1.54 Mbps | 1.54 Mbps | 12,000 ft (3,650 m) | 2 |
| IDSL | 144 Kbps | 144 Kbps | 35,000 ft (10,700 m) | 1 |
| MSDSL | 2 Mbps | 2 Mbps | 29,000 ft (8,800 m) | 1 |
| RADSL | 1 Mbps | 7 Mbps | 18,000 ft (5,500 m) | 1 |
| SDSL | 2.3 Mbps | 2.3 Mbps | 22,000 ft (6,700 m) | 1 |
| VDSL | 16 Mbps | 52 Mbps | 4,000 ft (1,200 m) | 1 |
| VDSL2 | >50 Mbps | >100 Mbps | 4,000 ft (1,200 m) | 1 |

Σύγκριση τεχνολογιών xDSL

# Σύντομη ανασκόπηση

- Εξέλιξη του ADSL προτύπου:
  - ADSL2
  - ADSL2+
  - RE-ADSL2+
  - ITU G.992.5 Annex M
  - Μελλοντική εξέλιξη ADSL
- VDSL
- Άλλες xDSL τεχνολογίες

# Βιβλιογραφία

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 2)
- Βιβλία:
  - Data and Computer Communications, William Stallings
- Links:
  - http://ru6.cti.gr/ru6/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
  - http://whirlpool.net.au/wiki/?tag=ADSL_Theory (ADSL tutorial)

# Ερωτήσεις

# Τέλος Ενότητας

BY NC ND

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

# 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.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

# Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Χρήστος Μπούρας 2074. «Ευρυζωνικές Τεχνολογίες. Τεχνολογίες xDSL (Μέρος 2)». Έκδοση: 2.0. Πάτρα 2017. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1063/

# 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.