ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 3: Τεχνολογίες xDSL (Μέρος 1)

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

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με την τεχνολογία ADSL
- Κατανόηση με τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία του ADSL
- Επεξήγηση της αρχιτεκτονικής του ADSL

Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγή
- Αναλυτική Περιγραφή της ADSL Τεχνολογίας
- Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL
- Αρχιτεκτονική ADSL
- Τρόποι Μετάδοσης σε ένα ADSL Δίκτυο

Τεχνολογίες xDSL (Μέρος 1)

Εισαγωγή

- Τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φωνής, χωρίς να αξιοποιείται στο έπακρο η χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός
- Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται σε εύρος μεταξύ 100Hz και 4.000Hz
- Το εύρος ζώνης όμως του χαλκού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές με κατάλληλους τρόπους, όπως και στην περίπτωση του Digital Subscriber Line (DSL)

DSL (1/2)

- Αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής
- Χρησιμοποιεί τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του σήματος της φωνής και τις υψηλές για τα δεδομένα

DSL (2/2)

- Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, πετυχαίνουμε και διαφορετικές επιδόσεις
- Με κάθε γενιά τεχνολογίας οι ταχύτητες αυξάνονται, με την πιο εξελιγμένη (VDSL2) να έχει ξεπεράσει τα 100 Mbps σε downstream και upstream
- Ταυτόχρονα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής

Τεχνολογίες xDSL

- Οι τεχνολογίες DSL αναφέρονται γενικά ως xDSL και οι κυριότερες από αυτές είναι:
  - ADSL, ADSL2, ADSL2+ – Asymmetric Digital Subscriber Line
  - HDSL, HDSL2, HDSL4 – High-bit-rate Digital Subscriber Line
  - SDSL, SHDSL – Single-line Digital Subscriber Line
  - VDSL, VDSL2 – Very-high-data-rate Digital Subscriber Line
  - RADSL - Rate-Adaptive Digital Subscriber Line
  - UDSL - Universal ADSL

Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών

- Συμμετρικές
  - HDSL, HDSL2, HDSL4
  - SDSL, SHDSL
  - IDSL
- Ασυμμετρικές
  - ADSL, ADSL2, ADSL2+
  - UDSL (G.Lite)
- Λειτουργούν και συμμετρικά και ασύμμετρα
  - RADSL
  - VDSL, VDSL2

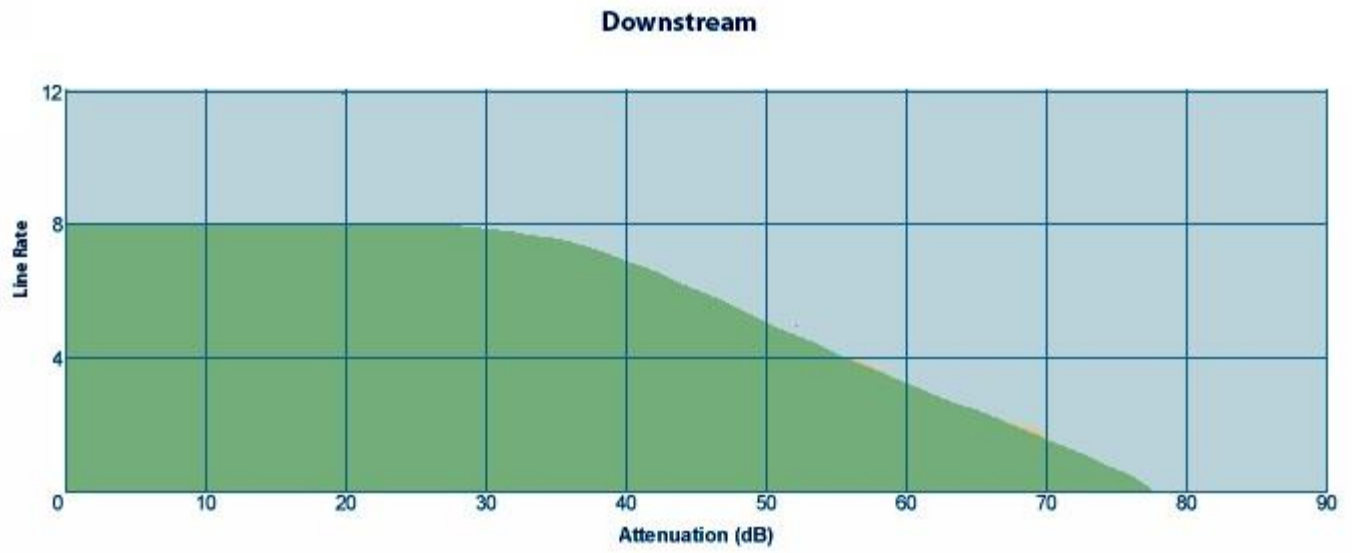
ADSL Γενικά (1/2)

- Πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα
- Παρέχεται στην Ελλάδα (με ορισμένα προβλήματα και όχι σε όλες τις περιοχές της χώρας)
- Δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά) μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής

ADSL Γενικά (2/2)

- Η μεταφορά δεδομένων γίνεται με ασύμμετρο τρόπο
  - Διαφορετικός ρυθμός για τη λήψη (μέχρι 8 Mbps downstream στο αρχικό ADSL) και διαφορετικός για την αποστολή δεδομένων (640 kbps upstream)
  - Η επικρατούσα έκδοση πλέον είναι η ADSL2+ που φτάνει ταχύτητες 24/1 Mbps σε λήψη/αποστολή (θα περιγραφεί αναλυτικά στην επόμενη διάλεξη)
- Η απόδοση του ADSL εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση του χρήστη από τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο και φθάνει τα
  - 1,5 Mbps για απόσταση 5,5 km
  - 2,0 Mbps για απόσταση 4,9 km
  - 6,3 Mbps για απόσταση 3,6 km
  - 8,4 Mbps για απόσταση 2,7 km

Απόδοση του ADSL σε σχέση με την απόσταση



Απόδοση του ADSL σε σχέση με την απόσταση
(πηγή: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADSL_Line_Rate_Attenuation.gif)

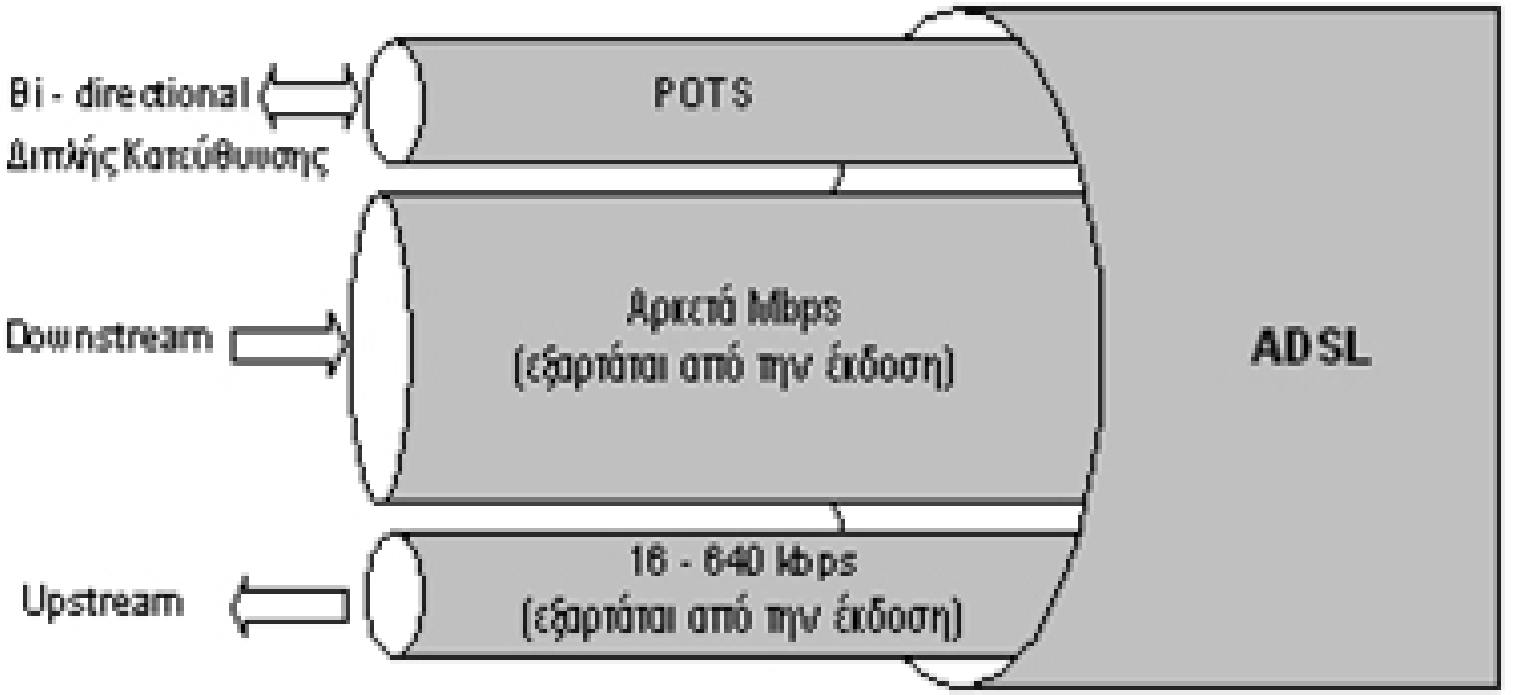
ADSL - Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα

- Πλεονεκτήματα ADSL
  - μικρό κόστος (σε σχέση με τις καλωδιακές τεχνολογίες)
  - σταθερή ταχύτητα
  - δυνατότητα στατικής IP (π.χ για gaming applications)
  - μπορείς να μιλάς στο τηλέφωνο και να είσαι online ταυτόχρονα
- Μειονεκτήματα ADSL
  - η παροχή υπηρεσιών περιορίζεται προς το παρόν σε μικρές περιοχές γύρω από τα τηλεφωνικά κέντρα (περίπου 5,5 χιλιόμετρα)

ADSL και Υπάρχουσα Υποδομή

- Η τεχνολογία ADSL προσπαθεί να επιλύσει το πρόβλημα της στενωπού του δικτύου που παρουσιάζεται στα τελευταία χιλιόμετρα του δικτύου πρόσβασης μεταξύ του Παρόχου Πρόσβασης Δικτύου και του χρήστη
- Χρησιμοποιεί το πιο κοινό μέσο μετάδοσης (συνεστραμμένα καλώδια χαλκού) του τηλεφωνικού δικτύου πετυχαίνοντας υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης
- Προσφέρει στους χρήστες προηγμένες επικοινωνιακές εφαρμογές με μεγάλη απόδοση και αξιοπιστία με χαμηλό κόστος

Τεχνικά Χαρακτηριστικά ADSL



Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL

Η Φιλοσοφία του ADSL (1/2)

- Η φιλοσοφία του ADSL είχε προταθεί αρχικά από αναλυτές μελετών από τα εργαστήρια AT&T και Bell και το Πανεπιστήμιο Stanford
- Στηρίζεται σε ένα κανάλι υψηλού ρυθμού με καθοδική κατεύθυνση προς τον πελάτη και ένα με χαμηλότερο ρυθμό από τον πελάτη προς το δίκτυο (με ανοδική κατεύθυνση)

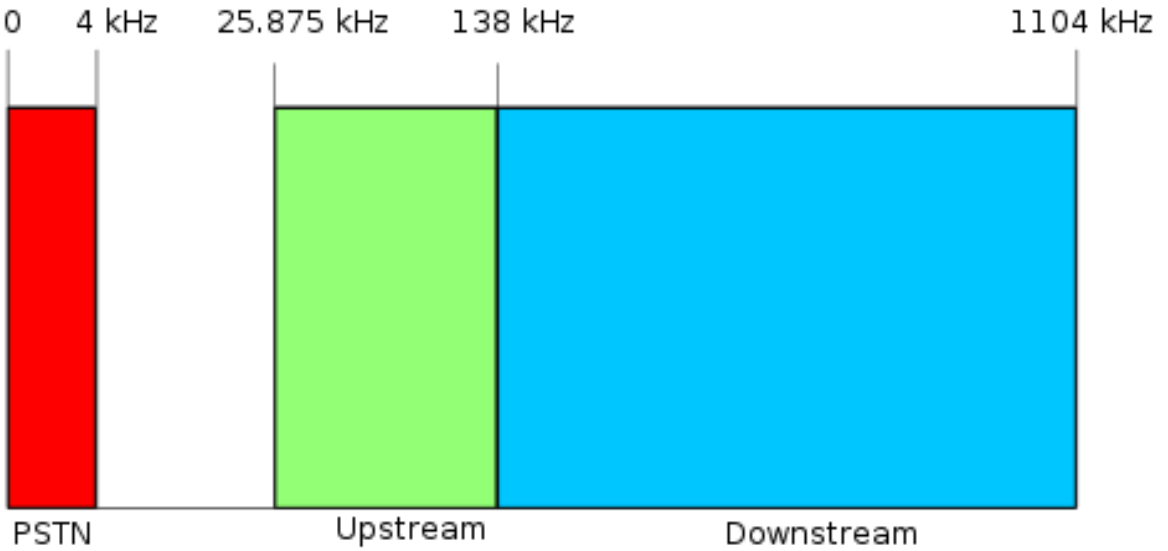
Η Φιλοσοφία του ADSL (2/2)

- Πολυπλέκει τη ψηφιακή πληροφορία με ένα κανάλι αναλογικής φωνής επιτρέποντας στο χρήστη να διατηρεί την τηλεφωνική υπηρεσία ενώ ταυτόχρονα έχει πρόσβαση στις ψηφιακές υπηρεσίες του ADSL
- Αυτό επιτυγχάνεται
  - Με πολύπλεξη στην συχνότητα
  - Με echo cancellation (ακύρωση ηχούς) μεταξύ ανοδικού και καθοδικού ADSL καναλιού

Συχνότητες ADSL Μετάδοσης (1/3)

- POTS – Plain Old Telephone Service
- Upstream
- Downstream

Συχνότητες ADSL Μετάδοσης (2/3)



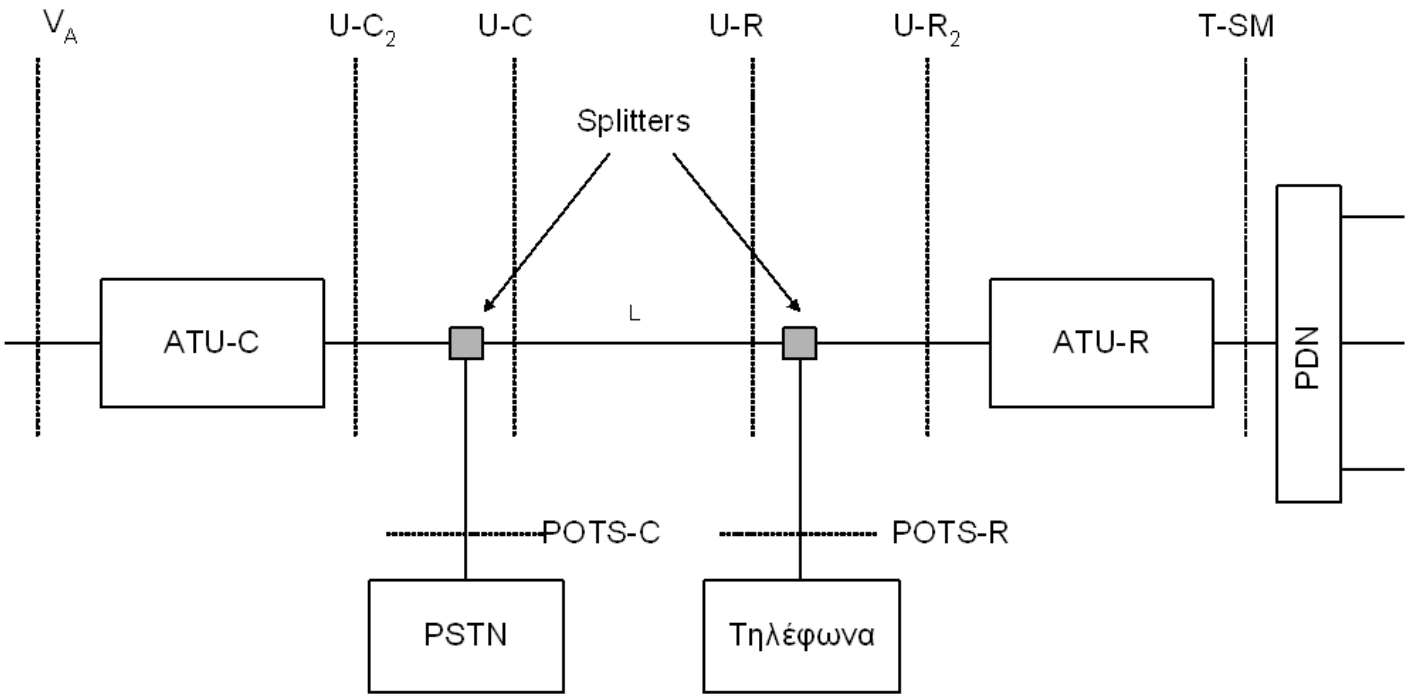
Χρήση συχνοτήτων στο ADSL

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

Συχνότητες ADSL Μετάδοσης (3/3)

- Από το θεώρημα του Shannon γνωρίζουμε ότι ο ρυθμός μετάδοσης σε ένα κανάλι εξαρτάται από το εύρος ζώνης και τον λόγο σήματος προς θόρυβο
  - $C = B * \log2(1+ S/N)$
- Βασικότατη παράμετρος στο να αυξηθεί το χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης φτάνοντας μέχρι και το 1 MHz ήταν η χρήση των μικροεπεξεργαστών, που επέτρεψε την αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάζονται στις συχνότητες αυτές, καθώς και την πολύπλεξη των διαφορετικών συχνοτήτων με την βοήθεια του fast Fourier transform (FFT)

Βασική Αρχιτεκτονική ADSL (1/2)

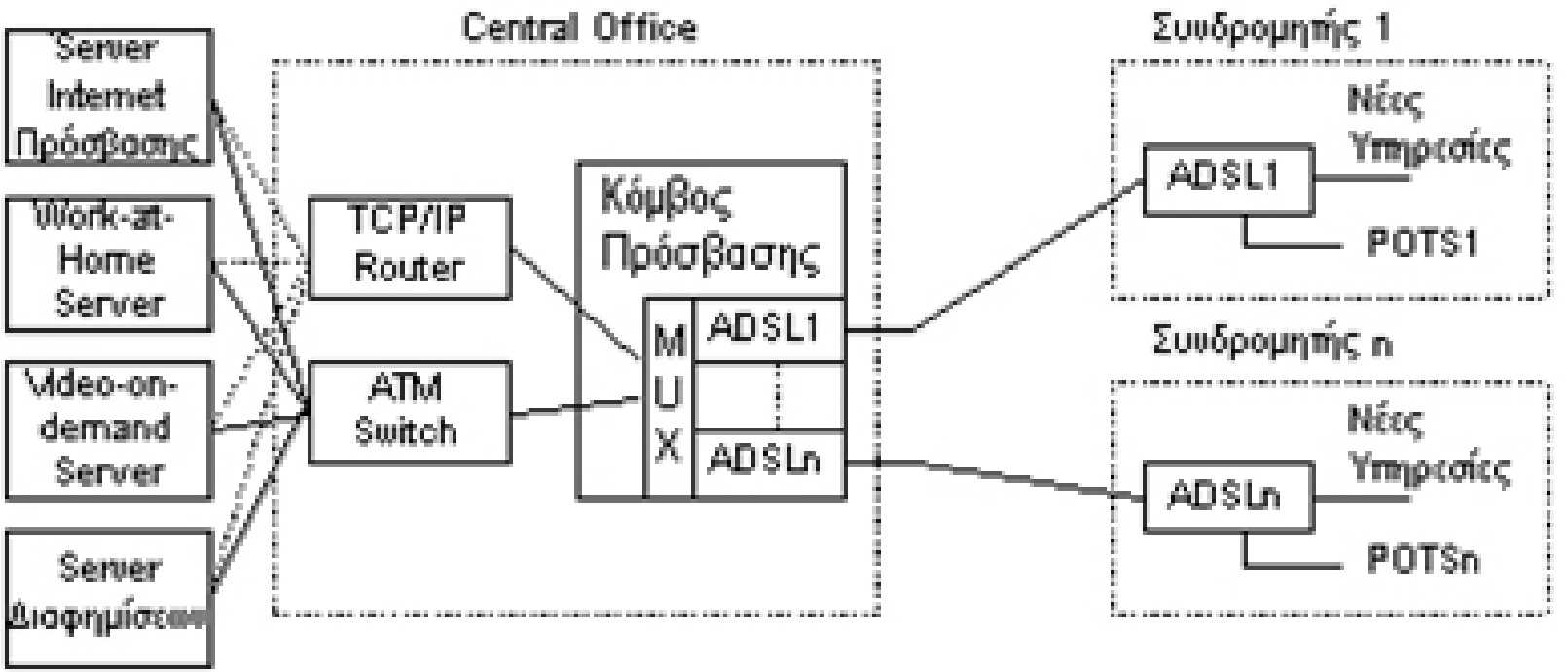


Βασική αρχιτεκτονική ADSL

Βασική Αρχιτεκτονική ADSL (2/2)

- ATU-C, ATU-R : ADSL Transmission Unit, CO Side και Remote Side, αντίστοιχα
- CO: Central Office
- PDN: Premises Distribution Network
- PSTN: Public Switched Telephone Network
- POTS-C, POTS-R : Διεπιφάνεια μεταξύ του PSTN και του splitter στην πλευρά του CO και του remote, αντίστοιχα
- T-SM: Διεπιφάνεια μεταξύ του ATU-R και των Service Modules
- U-C: Διεπιφάνεια U στην πλευρά του CO (U-C2: από το Splitter στο ATU-C)
- U-R: Διεπιφάνεια U στην πλευρά remote (U-R2: από το Splitter στο ATU-R)
- VA: Διεπιφάνεια V, στην πλευρά του CO από τον κόμβο πρόσβασης στην υπηρεσία δικτύου

Αρχιτεκτονική ενός ADSL Δικτύου

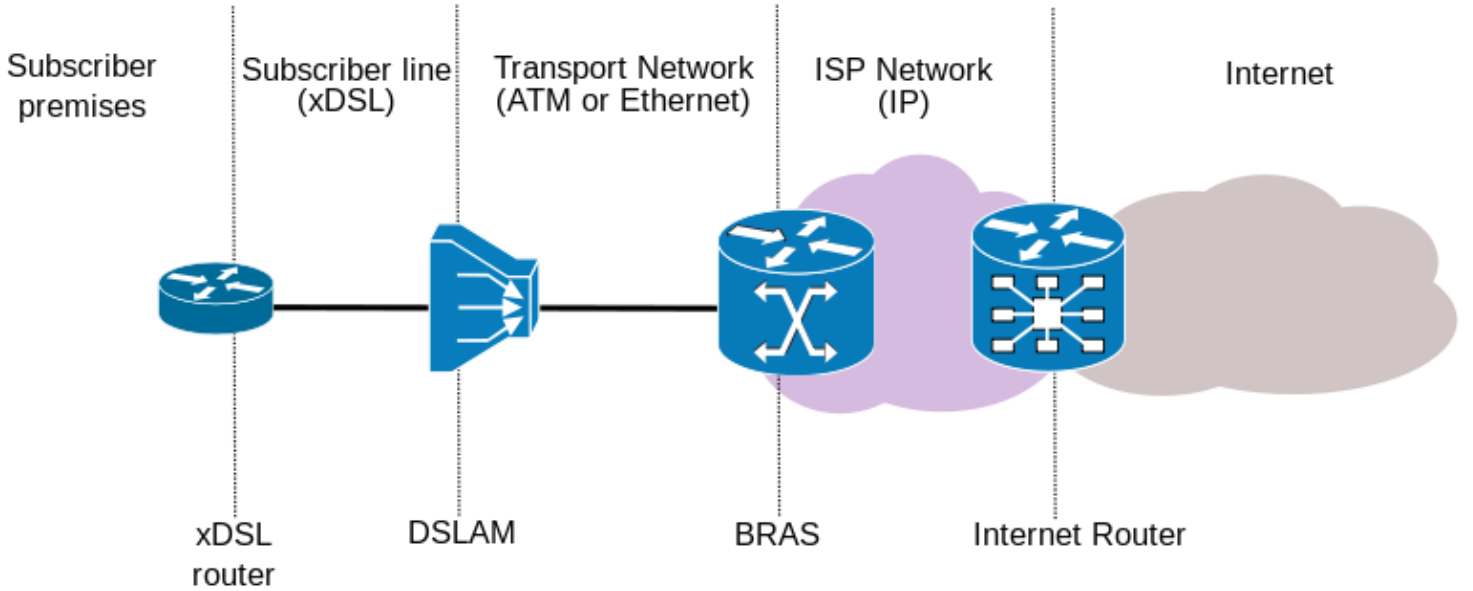


Αρχιτεκτονική ενός ADSL δικτύου

DSLAM (1/2)

- Καταλαμβάνει θέση-κλειδί σε ολόκληρη την αρχιτεκτονική του δικτύου ADSL
  - Όλη η κίνηση από και προς τους χρήστες διεκπεραιώνεται μέσω του DSLAM
  - Όλη η κίνηση από και προς τους εξυπηρετητές του δικτύου πίσω από το DSLAM περνάει επίσης μέσω αυτού
- Το DSLAM εκτελεί λειτουργίες ολοκλήρωσης της ADSL κίνησης ανεξάρτητα από τον τύπο δεδομένων που μεταφέρει, είτε πρόκειται για δεδομένα είτε για φωνή

DSLAM (2/2)



Διάγραμμα κίνησης στο ADSL και ο ρόλος του DSLAM
(source: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:XDSL_Connectivity_Diagram_en.svg)

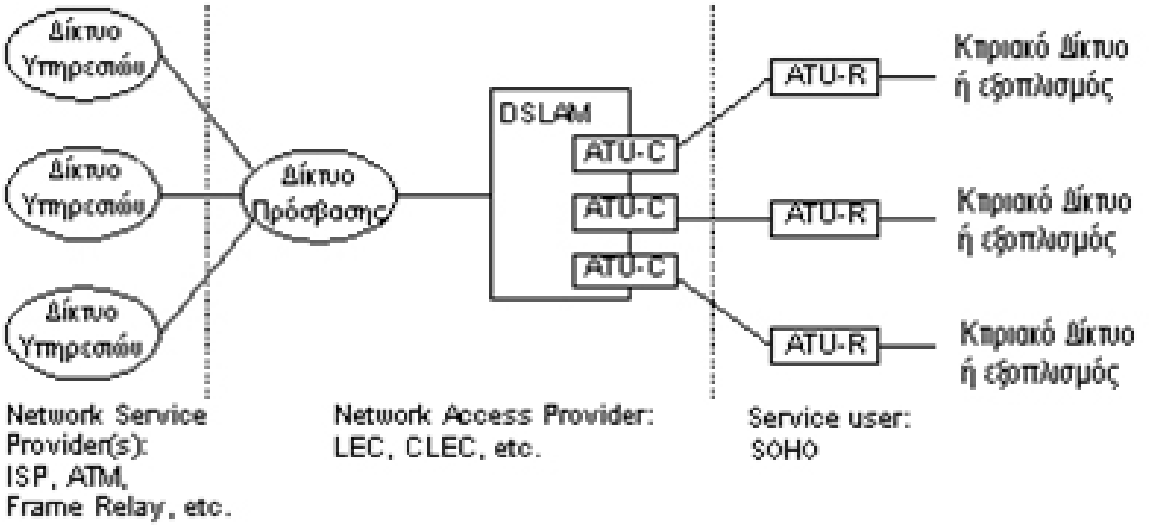
Αρχιτεκτονική του DSLAM

- Η βασική μορφή καθώς και οι λειτουργίες ενός DSLAM δεν έχουν καλυφθεί πλήρως από κανένα ADSL ή γενικά xDSL standard
- Η βασική ιδέα του DSLAM είναι η εξυπηρέτηση πολλαπλών ATU-Cs ή και HTU-Cs
- Οι λειτουργίες που θα εκτελεί καθώς και ο τρόπος που θα τις εκτελεί, εξαρτάται αποκλειστικά από τον κατασκευαστή
- Αυτό σημαίνει ότι όλο το πεδίο γύρω από τις λειτουργίες ενός DSLAM είναι ασαφές, με τα περισσότερα προϊόντα να υποστηρίζουν μερικές βασικές λειτουργίες

Σχεδίαση DSLAM

- Η σχεδίαση ενός DSLAM βασίζεται σε τρεις κυρίως παράγοντες:
  - Συνολικό αριθμό των απαιτούμενων DSL θυρών (access links)
  - Συνολικό αριθμό των απαιτούμενων trunk θυρών (trunk links)
  - Συνολική κίνηση που προσφέρεται στο διακόπτη (το άθροισμα όλων των ρυθμών των θυρών – total ports)
- Το μέγεθος του DSLAM καθορίζεται από την ικανότητα διαχείρισης της κίνησης καθώς και από τον αριθμό των θυρών

Αρχιτεκτονική Δικτύου από την Σκοπιά του DSLAM (1/2)



Αρχιτεκτονική δικτύου από την σκοπιά του DSLAM

Αρχιτεκτονική Δικτύου από την Σκοπιά του DSLAM (2/2)

- Service user (SU) τμήμα:
  - ATU-Rs, ή άλλες xDSL συσκευές (π.χ. HTU-R)
- Network Access Provider (NAP) τμήμα:
  - ATU-Cs, HTU-Cs, ή άλλες διεπαφές του DSLAM
- Network Service Provider (NSP) τμήμα:
  - Το δίκτυο πρόσβασης και γενικά τα δίκτυα μέσω των οποίων παρέχονται οι υπηρεσίες
- Ο κεντρικός ρόλος του DSLAM σαν NAP είναι η πραγματοποίηση της σύνδεσης μεταξύ του χρήστη και του παροχέα της υπηρεσίας

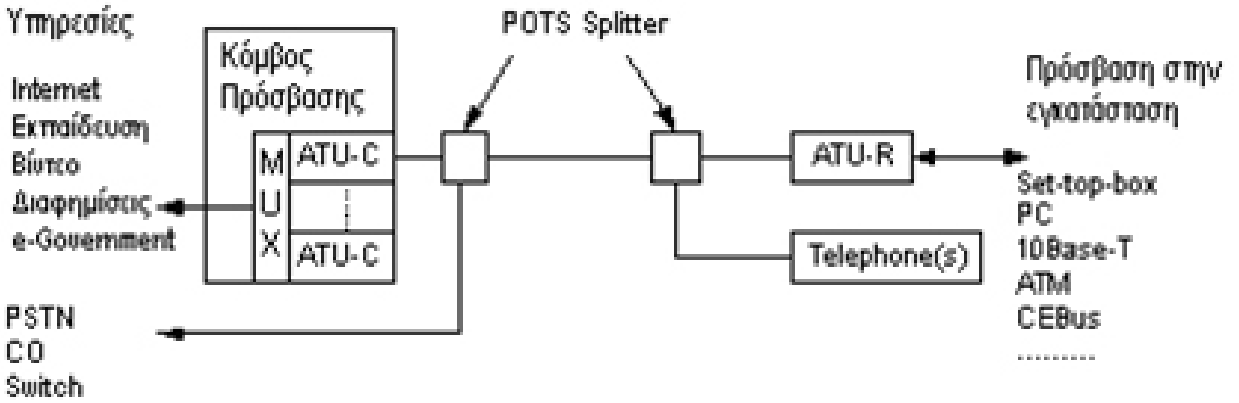
Αρχιτεκτονική και υπηρεσίες (1/2)

- Το ADSL δεν είναι απλά ένας γρήγορος τρόπος προσπέλασης του δικτύου, αλλά μέρος μιας ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής δικτύου που επιτρέπει σε όλους τους συνδρομητές να κάνουν χρήση ευρυζωνικών υπηρεσιών, π.χ.
  - video on demand
  - προσπέλαση του διαδικτύου με υψηλές ταχύτητες
- Ταυτόχρονα, επιτρέπεται φυσικά η μετάδοση τηλεφωνικών υπηρεσιών (POTS – Plain old telephone service)

Αρχιτεκτονική και υπηρεσίες (2/2)

- Με την πρόσβαση σε αυτό το φάσμα των υπηρεσιών να πραγματοποιείται μέσω του DSLAM, λύνεται το πρόβλημα της συμφόρησης στο τηλεφωνικό δίκτυο και στους μεταγωγείς
  - Ο τοπικός ADSL βρόχος τερματίζεται στο DSLAM αντί να οδηγείται αμέσως στους διακόπτες του CO
  - Το λογισμικό των PSTN διακοπτών δεν χρειάζεται να αναβαθμιστεί προκειμένου να υποστηρίξει αυτές τις υπηρεσίες

Το Βασικό ADSL Δίκτυο



Το βασικό ADSL δίκτυο

ADSL διασύνδεση

- Η φυσική συσκευή μπορεί να είναι PC ή set-top box
- Η διασύνδεση της συσκευής ATU-R με την τελική συσκευή μπορεί να είναι απλή διασύνδεση modem με υπολογιστή ή πιο πολύπλοκες μορφές διασυνδέσεων
  - π.χ. 10Base-T, Ethernet LAN ή private ATM δίκτυο
- Η καλωδίωση των υπαρχόντων αναλογικών συσκευών (τηλέφωνα, FAX) δεν απαιτείται να τροποποιηθεί
  - ο splitter διαχωρίζει τα αναλογικά σήματα από τα ψηφιακά
- Στο CO, οι τηλεφωνικές υπηρεσίες διαχωρίζονται μέσω μιας διάταξης από splitters και οδηγούνται στους διακόπτες PSTN

Λειτουργία POTS Splitter

- Ο POTS Splitter χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα κανάλια upstream και downstream από το τηλεφωνικό κανάλι, δηλαδή για να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός από 300 KHz μέχρι τα 3,5 MHz
- Στο φάσμα αυτό, ο POTS splitter εκτός των σημάτων φωνής πρέπει να επιτρέπει και την διέλευση των τόνων dial, ringing και των σημάτων on/off hook

Δομή POTS Splitter

- Η δομή του POTS splitter είναι πανομοιότυπη και για το ATU-R και για το ATU-C
  - Κατωπερατό φίλτρο για την διεπαφή του POTS
  - Υψιπερατό φίλτρο για τα κανάλια upstream και downstream
- Το χαμηλοπερατό φίλτρο αφαιρεί, από το κανάλι POTS, την παρεμβολή των καναλιών upstream και downstream
- Το υψιπερατό φίλτρο αφαιρεί, από τα κανάλια upstream και downstream, την παρεμβολή από το κανάλι POTS

Τρόποι Διανομής ADSL (1/3)

- Κατά την διάρκεια μιας ADSL σύνδεσης αποστέλλεται κάθε 17 msec ένα superframe (υπερπλαίσιο) (περίπου 59 το δευτερόλεπτο) που αποτελείται από 68 ADSL frames (πλαίσια)
- Το ADSL Forum έχει ορίσει τέσσερις διαφορετικούς τρόπους διανομής (distribution modes) για όλες τις xDSL τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένου και την ADSL
- Οι τρόποι διανομής καθορίζουν ποια μορφή θα πάρουν τα bits μέσα στα ADSL πλαίσια πριν αποσταλούν

Τρόποι Διανομής ADSL (2/3)

- Bit synchronous mode: ο πιο απλός τρόπος στον οποίο κάθε bit που τοποθετείται στον buffer μιας συσκευής στο ένα άκρο της σύνδεσης (π.χ. ATU-R) θα εμφανιστεί στον buffer της συσκευής στο άλλο άκρο (ATU-C)
- Packed adapter mode: η διαφορά με το bit synchronous mode είναι ότι οι συσκευές στην πλευρά του χρήστη αποστέλλουν και λαμβάνουν πακέτα και όχι απλά συρμούς από bits

Τρόποι Διανομής ADSL (3/3)

- End-to-end packed mode: η κύρια διαφορά με τον packed adapter mode είναι ότι τα πακέτα πολυπλέκονται μέσα στο ADSL κανάλι (βασίζεται κυρίως στο TCP/IP πρωτόκολλο)
- End-to-end ATM mode: η πληροφορία τοποθετείται σε ATM κελιά και όχι σε IP πακέτα

Σύντομη ανασκόπηση

- Εισαγωγή
- Αναλυτική Περιγραφή της ADSL Τεχνολογίας
- Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL
- Αρχιτεκτονική ADSL
- Τρόποι Μετάδοσης σε ένα ADSL Δίκτυο

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 2.0.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Χρήστος Μπούρας 2017. «Ευρυζωνικές Τεχνολογίες. Τεχνολογίες xDSL (Μέρος 1)». 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.