



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

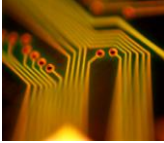
Τηλεπικοινωνιακά Ψηφιακά Δίκτυα

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

Βαρουτάς Δημήτρης

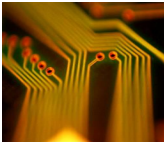
Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



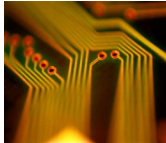
Τεχνολογίες xDSL

- Ένα σύνολο από τεχνολογίες που προσφέρουν μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης στον χάλκινο τοπικό βρόχο (**copper Local Loop**)
- Βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν το διαθέσιμο **εύρος συχνοτήτων** του καλωδίου με τον πιο αποδοτικό τρόπο και έτσι να αξιοποιήσουν όσο το δυνατό περισσότερο τις δυνατότητες του
- Το μειονέκτημα σε αυτό είναι ότι εκπέμποντας σε μεγαλύτερες συχνότητες, έχουμε μεγαλύτερη εξασθένηση, παρεμβολές και παραδιαφωνία, οπότε περιορίζεται η **μέγιστη απόσταση**
- Πολύπλοκες μοντέρνες τεχνικές
- Αναφέρονται σαν **last-mile technologies** γιατί συνήθως χρησιμοποιούνται στην σύνδεση του κέντρου με το σπίτι ή το γραφείο



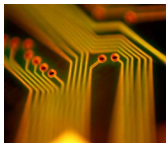
Γιατί να μην αντικαταστήσουμε τον χαλκό?

- Ο χαλκός είναι το **βασικό μέσο** σήμερα ανάμεσα στο τοπικό κέντρο και το χρήστη
- Ο φορέας δεν μπορεί σύντομα να αντικαταστήσει τον χαλκό με ίνα
- Η αντικατάσταση αυτή θα κοστίσει πάρα πολύ (40 to 50\$ per meter per customer)
- 70% του συνολικού κόστους του δικτύου βρίσκεται στον τοπικό βρόχο
- Η οπτική ίνα θα αντικαταστήσει το χαλκό ίσως σε 20 χρόνια
- Με τις xDSL τεχνολογίες τυπικός **χρόνος απόσβεσης** μπορεί να είναι τα έξι χρόνια
- Ενώ η αντικατάσταση με ίνα μπορεί να έχει απόσβεση σε 20 χρόνια
- Είναι δυνατή η σύνδεση με τους περισσότερους πελάτες, άμεσα
- Τα xDSL επιτρέπουν στις γραμμές χαλκού να μεταφέρουν κίνηση με ποιότητα οπτικής ίνας, χωρίς να χρειαστεί να πειράξουμε - τροποποιήσουμε το καλώδιο



Οι xDSL τεχνολογίες προσφέρουν

- Διαφορετικοί τύποι για τις ανάγκες του κάθε πελάτη
- **Χαμηλό κόστος, Χαμηλό κόστος, Χαμηλό κόστος**
- Κατάλληλες για οικιακή και εταιρική χρήση
- Σταθερός / μεταβλητός / προσαρμοζόμενος ρυθμός μετάδοσης
- Συμμετρικός / ασύμμετρος ρυθμός μετάδοσης
- Συνεχής σύνδεση (always-on)
- Μερικές παρέχουν ταυτόχρονα και **POTS** στον ίδιο τοπικό βρόχο
- Μέχρι και 25 φορές ταχύτερα από ένα απλό Dial-up modem
- Χαμηλού κόστους για το χρήστη, αφιερωμένη, γρήγορη σύνδεση στο Internet ή αλλού



Σύνοψη των DSL

•HDSL
•HDSL2
•SDSL
•SHDSL

Business market
Symmetrical bit rates
LAN interconnections
Internet access
Video conference

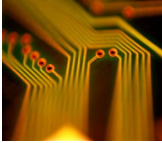
•ADSL
•ADSL G.Lite

Residential market
Asymmetrical bit rates
Internet access
Better for client-server applications

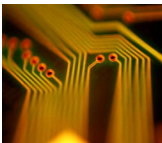
•VDSL

Faster ADSL
Internet2
Broadband video

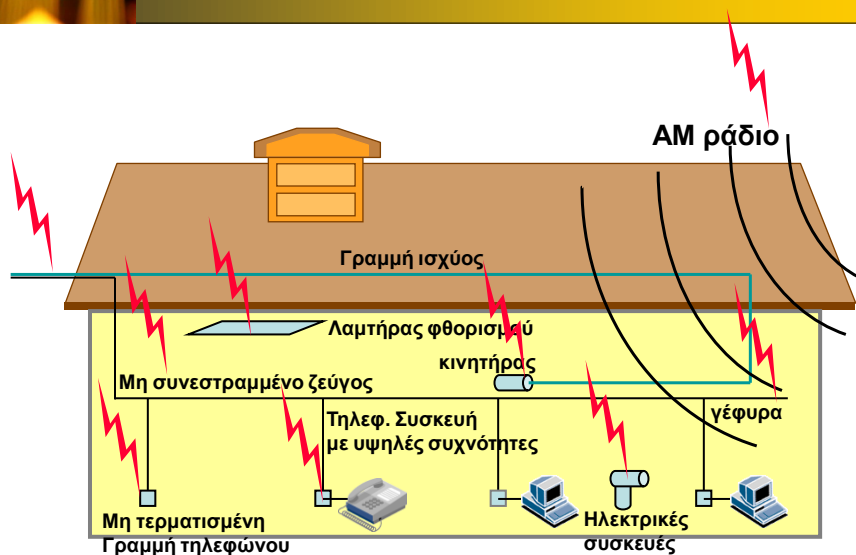




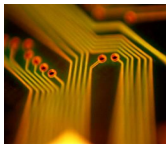
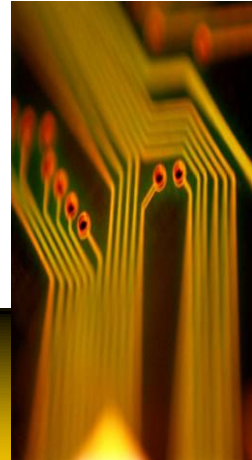
- Το μέσο διάδοσης στις DSL είναι το απλό συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων



Πηγές Θορύβου στις xDSL

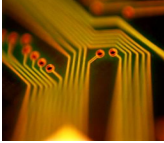


ADSL



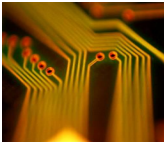
Asymmetric digital subscriber line (ADSL)

- Αναπτύχθηκε από την Bellcore το 1989 (όπως και οι περισσότερες DSL)
- Περιγράφεται από τις συστάσεις ETSI ETR 328, TS 101-388
- ANSI T1.413
- **ITU-T G992.1** (επίσης ονομάζεται **G.dmt**), περίπου το ίδιο με το ANSI
- Σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τους φορείς σταθερής τηλεφωνίας (ILEC) να παρέχουν VideoOnDemand (VoD), (an MPEG2 video stream requires 3-4Mbps) ή και άλλες ευρυζωνικές υπηρεσίες προκειμένου να ανταγωνιστούν με τις εταιρίες καλωδιακής τηλεόρασης και τις ευρυζωνικές υπηρεσίες που αυτές παρείχαν



Το ADSL προσφέρει

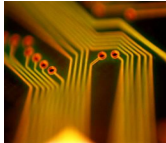
- Συνολική διαλειτουργικότητα, ικανοποιητική συμβατότητα ανάμεσα στους διάφορους κατασκευαστές
- Παρέχει δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων και υπηρεσίας αναλογικού τηλεφώνου
- Επιτρέπει ρυθμούς μετάδοσης της τάξεως του **8Mbps downstream** και **800Kbps upstream**, μέγιστο
- Προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης, δηλαδή ο μέγιστος ρυθμός που περνά εξαρτάται από τις συνθήκες στο τοπικό βρόχο
- Περισσότερες από 700 εκατομμύρια γραμμές χαλκού παγκοσμίως κατά συνέπεια είναι μια λύση ελαχίστου κόστους
- Πραγματοποιεί σύνδεση σημείο προς σημείο (point to point)
- Έχει εγγυημένη επίδοση
- Η πρόσβαση είναι ασφαλής
- Είναι φτηνό και γρήγορο



Το ADSL προσφέρει

- Συνεχή σύνδεση στο Internet (always on connection)
- Μεταφορά ταινιών ((VoD), τηλεόρασης, video, CD-ROMs, εταιρικά LANs, πρόσβαση στο Internet για οικιακούς χρήστες και μικρές επιχειρήσεις
- Το ADSL ταιριάζει ιδιαίτερα για εφαρμογές internet
- Αναλογικό τηλέφωνο (POTS)





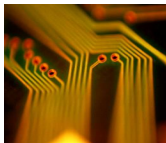
Πλεονεκτήματα του ADSL

- **Ταχύτητα**

- Τα DSL modem είναι πολύ **ταχύτερα** των αναλογικών και των ISDN οπότε το κατέβασμα ιστοσελίδων από το Internet παίρνει ένα κλάσμα του χρόνου. Η ταχύτητα του είναι επαρκής για κάθε είδους εφαρμογή, όπως πολύ γρήγορη μεταφορά αρχείων και μεταφορά video σε broadcast μετάδοση. Οι ρυθμοί μπορεί να είναι **1.544** ως **9Mbps downstream** και **16Kbps** ως **1.544Mbps upstream**

- **Συνεχής σύνδεση (always on)**

- Σε αντίθεση με τις κοινές συνδέσεις, όπου πρέπει να κλείσεις την σύνδεση για να χρησιμοποιήσεις το τηλέφωνο και το αντίστροφο, η υπηρεσία είναι πάντα σε διάθεση ακόμα κι αν γίνεται χρήση του αναλογικού τηλεφώνου



Πλεονεκτήματα του ADSL

- **Ανταγωνιστικό-Βολικό-Εύκολο στη χρήση**

- Επειδή χρησιμοποιεί τους ήδη υπάρχοντες βρόχους το ADSL είναι μια **φτηνή λύση** για τους οικιακούς χρήστες και τις μικρές επιχειρήσεις
- Δίνει τη δυνατότητα να κάνει και να λαμβάνει κάποιος τηλεφωνικές κλήσεις ενώ είναι συνεδμεμένος στο Internet και χωρίς να πληρώνει την πρόσθετη αναλογική γραμμή

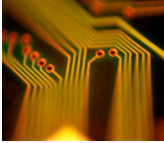
- **Αξιόπιστο**

- Λειτουργεί στο δίκτυο χαλκού το οποίο είναι μια σπιβαρή και αξιόπιστη δομή

- **Κάλυψη**

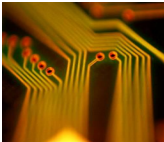
- Η μέγιστη απόσταση τυπικά είναι της τάξεως των 4.8Km που σημαίνει κάλυψη τουλάχιστον του 80% των χρηστών στις πιο απομακρυσμένες περιοχές





ADSL, πιθανά προβλήματα

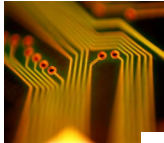
- Δεν έχουν όλοι οι βρόχοι το ίδιο μήκος και τις ίδιες συνθήκες κατα συνέπεια κάποιοι πελάτες μπορεί να μην εξυπηρετηθούν και κάποιοι άλλοι μπορεί να έχουν πρόσβαση σε χαμηλότερους ρυθμούς
- Η διαφωνία μεταξύ διαφορετικών DSL συστημάτων υποβαθμίζει την επίδοση
- Το ADSL επηρεάζεται κυρίως από την τηλεδιαφωνία (FEXT), ενώ τα συστήματα ISDN-BA και HDSL περιορίζονται από την παραδιαφωνία (NEXT). Γιαυτό το λόγο είναι δυνατό να μεταδίδονται ρυθμοί της τάξεως των Mbps σε ένα μεγάλο ποσοστό των τοπικών βρόχων
- Καθώς η ADSL τεχνολογία επεκτείνεται αρχίζουν να υπάρχουν θέματα φασματικής ρύπανσης (spectral pollution)



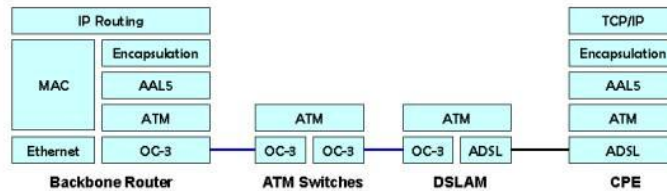
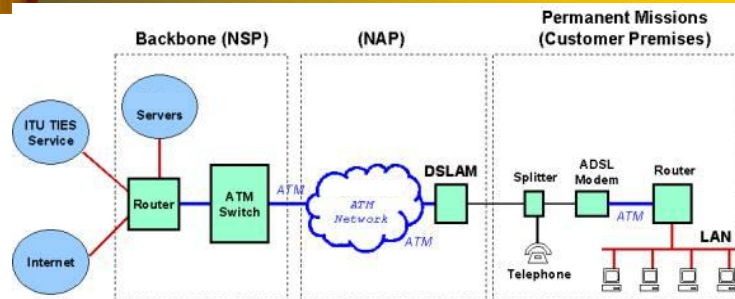
Χρήστες του ADSL:

- Χρησιμοποιείται από:
 - επιχειρήσεις μικρού και μεσαίου μεγέθους,
 - εκπαιδευτικά ιδρύματα,
 - ινστιτούτα έρευνας,
 - κρατικούς φορείς,
 - παροχείς internet μα πιο πολύ από τους
 - **οικιακούς χρήστες**



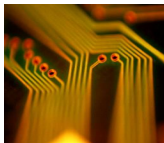


Δομή του ADSL Δικτύου

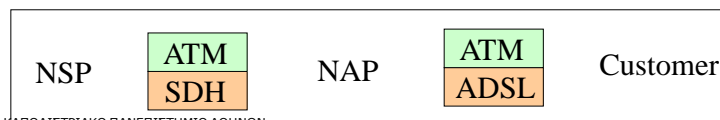


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

15

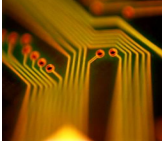


- **Το ADSL δίκτυο περιλαμβάνει:**
 - Network Access Provider (NAP) : τηλεφωνική εταιρεία
 - Network Service Provider (NSP) : εταιρεία που παρέχει τις υπηρεσίες (πρόσβαση στο internet, εφαρμογές multimedia...)
- **Σύνδεσμοι μεταξύ πελάτη, NAP και NSP**
 - Η μεταφορά πληροφορίας μεταξύ πελάτη και NAP γίνεται με ATM over ADSL
 - Η μεταφορά πληροφορίας μεταξύ NAP και NSP γίνεται με ATM over SDH



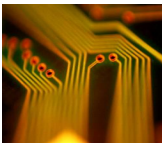
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

16

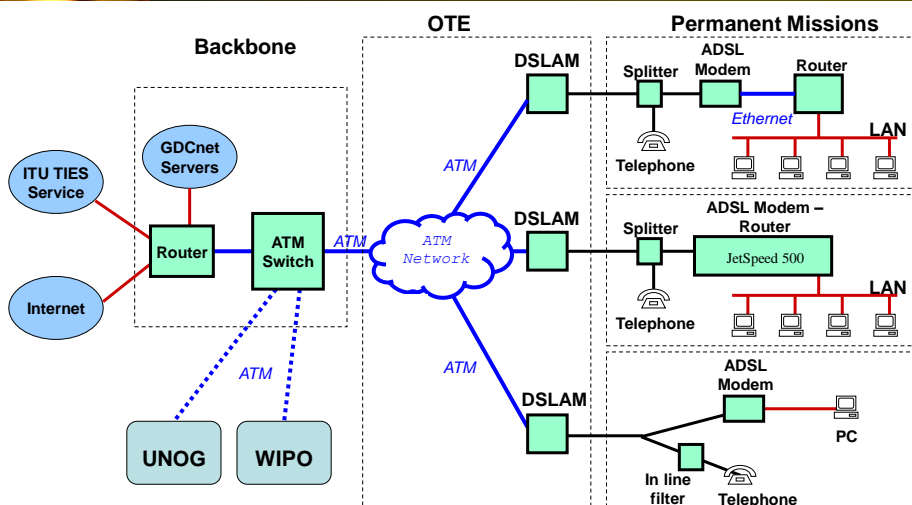


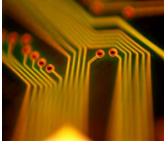
Πως δουλεύει

- Το ADSL modem μας είναι συνδεδεμένο με μια USB ή με Ethernet σύνδεση με το PC μας (μπορεί να είναι και PCI κάρτα)
- Δέχεται τα IP πακέτα από τον υπολογιστή και τα ενθυλακώνει σε ATM cells (ένα ATM cell έχει 53bytes από τα οποία τα 5 είναι overhead)
- Η ροή αυτή διαμορφώνεται με DMT, Discrete Multi Tone τρόπο διαμόρφωσης και μεταδίδεται στο κοινό χάλκινο καλώδιο που συνδέει το σπίτι μας με το κέντρο του ΟΤΕ
- Εκεί σε κατάλληλο πολυπλέκτη (DSLAM) καταλήγουν οι γραμμές χαλκού από έναν αριθμό από συνδρομητές
- Το DSLAM αποδιαμορφώνει τα σήματα και συγκεντρώνει τις ATM ροές σε μία ροή ATM και την παραδίδει στο ATM δίκτυο.
- Μέσω του ATM δικτύου και ακολουθώντας νοητές διαδρομές οι ATM ροές οδηγούνται στον ISP
- Εκεί ανακτώνται οι ροές IP πακέτων και δρομολογούνται στο Internet
- Το αντίστροφο γίνεται στη διεύθυνση του Download



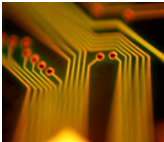
Δομή δικτύου ADSL - ADSL στοιχεία δικτύου





Λειτουργία δικτύου ADSL

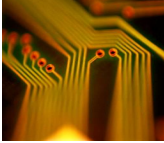
- Δηλαδή υπάρχει μια **νοητή μόνιμη σύνδεση** (virtual circuit) από το modem στο σπίτι μας με τον ISP
- Αυτό δίνει την δυνατότητα να έχουμε **συνεχή πρόσβαση** στο Internet, **χωρίς** αυτό να είναι **πρόσθετη επιβάρυνση** για τον φορέα (άρα και για εμάς) γιατί απασχολούμε bandwidth μόνο όταν το χρησιμοποιούμε
- Σε αντίθεση με την ISDN όταν συνδεόμαστε, **καταλαμβάνουμε πόρους** του δικτύου και γιαυτό πληρώνουμε γιαυτό, ακόμα κιαν δεν κατεβάζουμε
- Αυτός είναι ένας λόγος για τον οποίο δεν θα πρέπει να συγκρίνουμε το ADSL με τις άλλες μορφές πρόσβασης, όσον αφορά το κόστος
- Η συνεχής σύνδεση μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε **στατική IP** (αν υποστηρίζει τέτοια υπηρεσία ο ISP) άρα να παρέχουμε και εμείς υπηρεσίες από το σπίτι μας



ADSL στοιχεία δικτύου

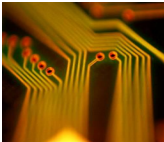
- **ATU-R, ADSL Transceiver Unit – Remote** or Customer Premises Equipment-CPE
- **ATU-C, ADSL Termination Unit – Central Office**
- **DSLAM, Digital Subscriber Line Access Multiplexer**
- **Backbone Router**





ATU-R, ADSL Transceiver Unit – Remote

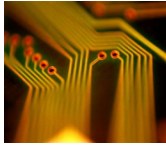
- Επίσης ονομάζεται **DSL modem**
- Βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του πελάτη
- Είναι το σημείο όπου τα δεδομένα από τον υπολογιστή του χρήστη συνδέονται στη γραμμή DSL
- Η βασική εργασία του είναι η ενθυλάκωση των IP πακέτων σε κυψέλες ATM και η εκπομπή τους στη γραμμή ADSL στον τοπικό βρόχο
- Περιλαμβάνει διαχωριστή (splitter) για το POTS
- Υποστηρίζει τη μετάφορα δεδομένων, φωνής, video



ATU-R, ADSL Transceiver Unit – Remote

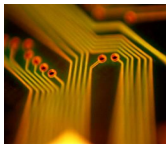
- Μπορεί να συνδεθεί με τη συσκευή του χρήστη με διάφορους τρόπους:
 - **USB**
 - **10 base-T Ethernet σύνδεση**
 - ATM-25, V.35, T1/E1
- Οι απαιτήσεις των οικιακών χρηστών μπορεί να περιοριστούν σε απλούς ADSL πομποδέκτες (simple modem) ή μπορεί να περιλαμβάνουν επίσης network routers, network switches, bridges, ATM multiplexers ή άλλες συσκευές δικτύου





Συσκευές ADSL

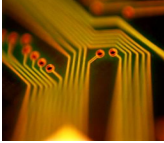
- Modem
- Κάρτα PCI για PC
- Μέρος της συσκευής τηλεόρασης



ADSL Termination Unit – Central Office (ATU-C)

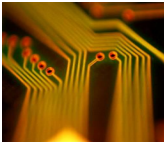
- Είναι η μονάδα τερματισμού του κάθε ADSL βρόχου
- Είναι το **ADSL Modem** που βρίσκεται στο DSLAM
- Περιλαμβάνει διαχωριστή για το POTS





DSLAM, Digital Subscriber Line Access Multiplexer

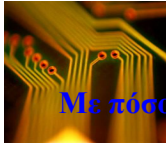
- Τοποθετείται στη πλευρά του κέντρου
- Συναθροίζει και πολυπλέκει τα ATM cell από τις διάφορες ADSL συνδέσεις σε μια κοινή ροή ATM
- Τα δεδομένα που ζητεί ο χρήστης προωθούνται από τον router του ISP προς το DSLAM, και από εκεί παραδίδονται μέσα από υψηλής ταχύτητας DSL γραμμές στη τερματική συσκευή του χρήστη
- Το DSLAM μπορεί να έχει επιπρόσθετες λειτουργίες όπως δρομολόγηση ή δυναμική ανάθεση IP διευθύνσεων στους πελάτες
- DSLAM και ATM Switches είναι υπεύθυνα μόνο για τη μεταφορά, συνάθροιση και μεταγωγή των cell. Η ανωτέρων επιπέδων πληροφορία όπως τα AAL ή IP μεταφέρεται διαφανώς



DSLAM, Digital Subscriber Line Access Multiplexer

- Το ADSL παρέχει μια αφιερωμένη σύνδεση από κάθε χρήστη στο DSLAM
- Η συνολική χωρητικότητα των γραμμών αυτών (από το DSLAM μέχρι το χρήστη) είναι συνήθως μεγαλύτερη από τη χωρητικότητα από το DSLAM μέχρι τον παροχέα (**oversubscription**)
- Αυτό είναι δυνατό λόγω της χρήσης της **στατιστικής πολυπλεξίας**
- Ένας πρακτικός κανόνας (και τσιγκούνικος) είναι ότι ο λόγος των δύο χωρητικότητων μπορεί να είναι μέχρι και 1/10 που αντιστοιχεί στην υπόθεση εργασίας ότι ένας στους 10 συνδρομητές ζητάει πρόσβαση μια χρονική στιγμή
- Η στατιστική πολυπλεξία επιτρέπει καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου για τον παροχέα και καλύτερες υπηρεσίες για το χρήστη
- Βασική διαφορά με το ISDN που δέσμευε ολόκληρη τη χωρητικότητα μέχρι τον ISP άσχετα με το αν εμείς στέλναμε πακέτα ή όχι





Με πόσο θα κατεβάζω?

- Αν αγοράσουμε μια σύνδεση X download και Y upload έχουμε **εγγύηση** για τη συγκεκριμένη ταχύτητα μόνο από το σπίτι μας μέχρι το σημείο που είναι ο πολυπλέκτης, το DSLAM (συνήθως στο τοπικό κέντρο του ΟΤΕ)
- Στο DSLAM έχουμε το πρώτο **Bottleneck**. Δηλαδή αν πέσουμε όλοι οι χρήστες ενός DSLAM μαζί να κατεβάζουμε τότε το διαθέσιμο εύρος από το DSLAM μέχρι τον ISP θα **μας μοιραστεί δίκαια** ανάλογα με τα συμβόλαια που έχουμε
- Το ποσόστό **oversubscription** το καθορίζει ο παροχέας, έτσι ώστε να είναι οικονομικό για τον ίδιο, αλλά και να μην είναι ενοχλητικό για το χρήστη
- Προφανώς ένας πιο φτηνός φορέας, θα έχει ορίσει μεγαλύτερο oversubscription, μόνο και μόνο για να γίνει πιο ελκυστικό, ενώ στην ουσία μας κοροιδεύει

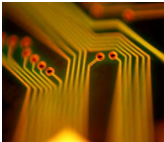
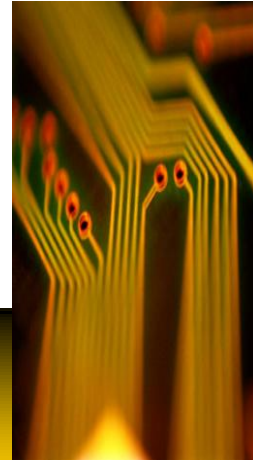


Με πόσο θα κατεβάζω?

- Το δεύτερο **Bottleneck** είναι η σύνδεση του ISP με το Internet (γιαυτό οι πιο ακριβοί ISP είναι πιο ακριβοί, αλλά σου παρέχουν μικρότερη πιθανότητα να μην εξυπηρετηθείς στο rate που έχεις αγοράσει)
- Το τρίτο **Bottleneck** είναι φυσικά το Internet (πχ από εκεί που κατεβάζουμε αν μπορεί να μας στείλει με τον ρυθμό που εμείς μπορούμε να δεχτούμε)
- Είναι λοιπόν φανερό, ότι αγοράσουμε αυτό θα πάρουμε (είναι άλλο κεφάλαιο ότι όλοι στη Ελλάδα υπερτιμολογούν)

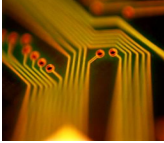


Τεχνικές προδιαγραφές ADSL



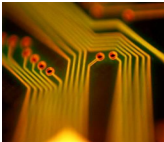
Γιατί το ADSL είναι ασύμμετρο?

- Η διαφωνία (crosstalk) είναι ο βασικός λόγος που περιορίζεται η χωρητικότητα του τοπικού βρόχου
- Το καλώδιο του τοπικού βρόχου **δεν είναι συμμετρικό**, παρουσιάζει περισσότερο θόρυβο στο άκρο που είναι προς την πλευρά του κέντρου, έτσι ο βρόχος υποστήριζει από τη φύση του μεγαλύτερο download ρυθμό από upload
- Ο χρήστης για κάποιες εφαρμογές (Internet, VoD, ..) ζητά μεγαλύτερο ρυθμό για download απ'ότι για upload



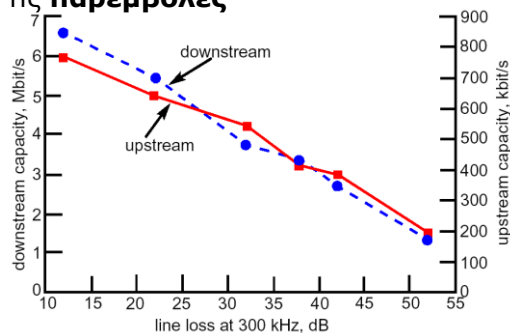
Πόσο μακριά – Πόσο γρήγορα?

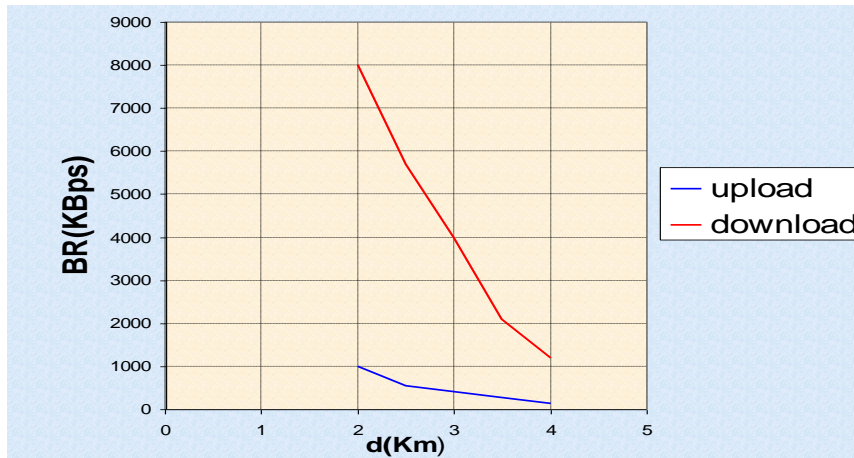
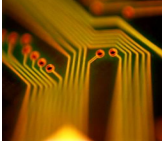
- Όπως κάθε άλλο σύστημα και στο ADSL η χωρητικότητα περιορίζεται από το θεώρημα του **Shannon**:
- Ο **σηματοθορυβικός λόγος** στη γραμμή θα ορίσει τον μέγιστο επιτευκτέο ρυθμό
- Για τον υπολογισμό του ορίου αυτού γίνεται μια απαισιόδοξη υπόθεση για το θόρυβο και τη διαφωνία και η οποία υπόθεση καλύπτει τις περισσότερες των περιπτώσεων
- Η ισχύς εκπομπού είναι περιορισμένη και δεν μπορεί να αυξηθεί ώστε να αποφευχθεί η παρεμβολή σε άλλα xDSL συστήματα
- Η γραμμή θα εξασθενήσει το χρήσιμο σήμα
- Από αυτή την υπόθεση το μέγιστο μήκος γραμμής μπορεί να υπολογιστεί



Πόσο μακριά – πόσο γρήγορα; (2)

- Για ένα συγκεκριμένο βρόχο, υπάρχει ένα όριο στη χωρητικότητα για το ADSL modem (το όριο του Shannon)
- Υπάρχουν συνεχείς βελτιώσεις στην xDSL τεχνολογία ώστε το όριο αυτό να επιτευχθεί
- Ο ρυθμός μετάδοσης εξαρτάται από το **μήκος του βρόχου**, τη **διατομή των καλωδίων**, την παρουσία **γέφυρων**, τις **παρεμβολές**

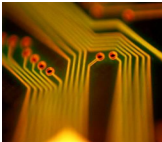




ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Σε συνθήκες πραγματικές συνθήκες, 0.4mm διάμετρο καλώδιο

33



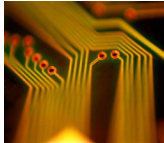
Modulations στο ADSL 2

- Discrete Multitone Technology (DMT)
- Carrierless Amplitude Modulation (CAP)
- Multiple Virtual Line (MVL)



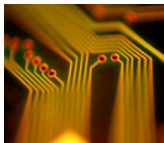
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

34



QAM (quadrature amplitude modulation)

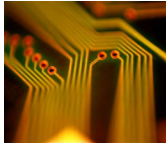
- Μέθοδος συνδυασμού δυο διαμορφωμένων κατά πλάτος (AM) σημάτων σε ένα κανάλι, ώστε να διπλασιάζεται η ισοδύναμη χωρητικότητα
- QAM χρησιμοποιείται με pulse amplitude modulation (PAM) συχνά σε ψηφιακά συστήματα, ειδικά στις ασύρματες επικοινωνίες



Discrete Multitone Technology (DMT)

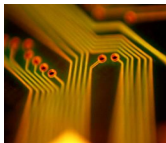
- Discrete multitone (DMT) is a method of separating a Digital Subscriber Line (DSL) signal so that the usable frequency range is separated into 256 frequency bands (or channels) of 4.3125 kHz each.
- DMT uses the fast Fourier transform (FFT) algorithm for modulation and demodulation. Dividing the frequency spectrum into multiple channels allows DMT to work better when AM radio transmitters are present.
- Within each channel, modulation uses quadrature amplitude modulation (QAM). By varying the number of bits per symbol within a channel, the modem can be rate-adaptive.





Carrierless Amplitude Modulation (CAP)

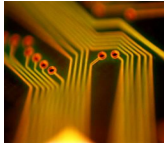
- Carrierless Amplitude/Phase Modulation(CAP) is a design of Asymmetric Digital Subscriber Line transceiver developed by Bell Labs.
- CAP was the first ADSL design to be commercially deployed and, as of August 1996, was installed on more lines than any other. CAP is a variation of Quadrature Amplitude Modulation (QAM), the modulation used by most existing modems in 1997.
- With CAP, the three channels (POTS, downstream data and upstream data) are supported by splitting the frequency spectrum. Voice occupies the standard 0-4 KHz frequency band, followed by the upstream channel and the high-speed downstream channel.



Standards and Interoperability

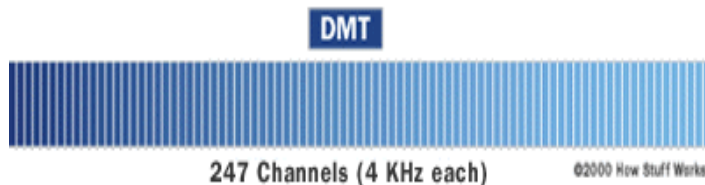
- Standards and Interoperability are the most important of any successful communications technology.
- The American National Standards Institute (ANSI) has approved DMT as the standard modulation method for Asymmetric Digital Subscriber Loop (ADSL) in 1993.
- In contrast, CAP remains a single-source proprietary technology that not has been standardized. CAP is a proprietary single-source technology, so interoperability between different chipsets cannot be demonstrated or anticipated.





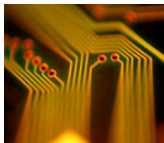
Πως δουλεύει η DMT ?

- Η DMT είναι μια μορφή FDM
- Στην ANSI DMT το φάσμα που διατίθεται για την μετάδοση προς το συνδρομητή χωρίζεται σε 256 κανάλια ενώ η αντίθετη κατεύθυνση σε 32. Όλα τα κανάλια έχουν εύρος 4.3125KHz και η διαφορά μεταξύ τους είναι επίσης 4.3125KHz
- Κάθε κανάλι διαμορφώνεται ανεξάρτητα από τα άλλα
- Ο τύπος της διαμόρφωσης είναι η QAM Quadrature Amplitude Modulation) και γίνεται με αλγόριθμους ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (DSP, digital signal processing)



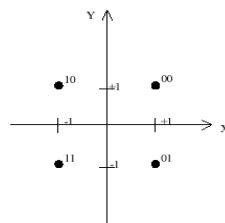
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

39

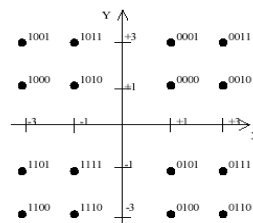


Διαμόρφωση QAM, Constellation

- Κάθε τόνος μπορεί να πάρει μέχρι 15 bits
- Άρα ένας ιδανικός διαύλος ADSL θα μπορούσε να σηκώσει
- 256 κανάλια x 15 bits/Hz x 4KHz=15.36Mbps
- Στην πραγματικότητα ο δίαυλος (το καλώδιο χαλκού μπορεί να σηκώσει κατά μέσο όρο 8 bits/Hz δίνοντας μέγιστο ρυθμό
- 256 κανάλια x 8 bits/Hz x 4KHz = **8.192Mbps**
- Οι τόνοι χαμηλής συχνότητας παίρνουν περισσότερη πληροφορία



2-bit constellation (b=2)
Διάγραμμα χώρου για δύο δυαδικά ψηφία



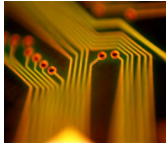
4-bit constellation (b=4)
Διάγραμμα χώρου για τέσσερα δυαδικά ψηφία

$$Z = X + iY$$



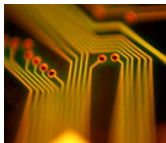
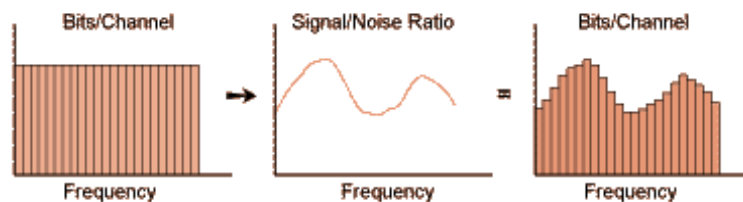
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

40



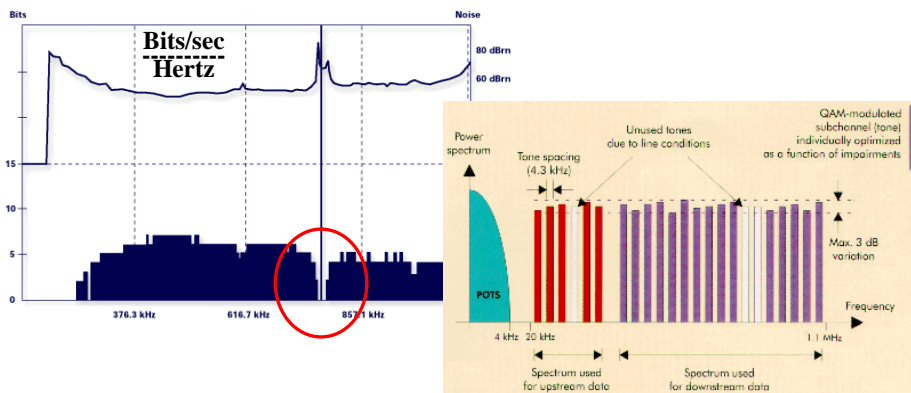
Προσαρμογή ρυθμού

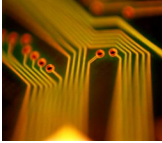
- Ο ρυθμός μετάδοσης σε κάθε κανάλι δεν είναι ο ίδιος και δεν είναι σταθερός, αυτό σημαίνει ότι η DMT έχει την ικανότητα προσαρμογής (**adaptable**)
- **Τα κανάλια χαμηλότερης συχνότητας έχουν καλύτερο σηματοθορυβικό λόγο και έτσι μπορούν να μεταφέρουν μεγαλύτερους ρυθμούς** (μεγαλύτερο λόγο bits/sec / Hertz)



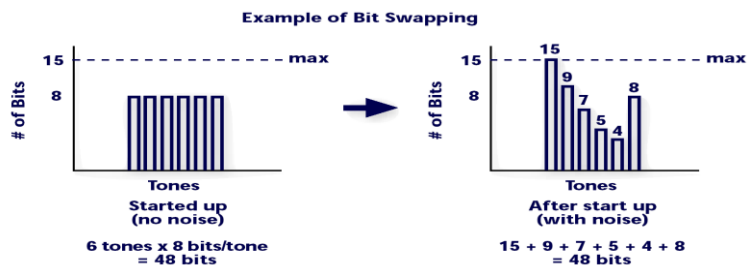
Αποφυγή ISI

- Επίσης σε μια συχνότητα όπου υπάρχει σημαντική παρεμβολή, στα αντίστοιχα κανάλια θα ανατεθούν μικρότεροι ρυθμοί μετάδοσης.
- Έτσι αντιμετωπίζονται οι παρεμβολές και φαινόμενα διασυμβολικής παρεμβολής (intersymbol interference)



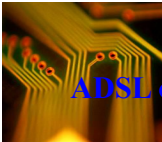


- Τα bits μοιράζονται σε κάθε κανάλι με δυναμικό τρόπο, αν ένα κανάλι πάσχει από παρεμβολή, ή μεγαλύτερη εξασθένηση η πληροφορία του θα μοιραστεί στα υπόλοιπα κανάλια
- Το κριτήριο για το πως θα μοιραστούν τα bits στα κανάλια είναι η πιθανότητα λάθους σε κάθε κανάλι να είναι ίδια, όποτε **ελαχιστοποιείται η συνολική πιθανότητα λάθους ή αυξάνεται ο ρυθμός μετάδοσης στο μέγιστο που μπορεί να υποστηρίξει ο τοπικός βρόχος**



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

43



ADSL φάσμα συχνοτήτων

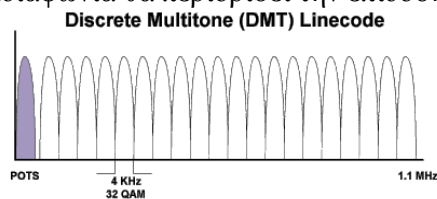
Δύο δυνατότητες υπάρχουν:

- Οι δύο ροές upstream και downstream να καλύπτουν όλο το φάσμα συχνοτήτων

Καταστολή ηχούς εφαρμόζεται ώστε να διαχωριστούν τα δύο σήματα

Θεωρητικά είναι δυνατό να έχουμε μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης λόγω του μεγαλύτερου φάσματος

Πρακτικά η παραδιαφωνία θα περιορίσει την επίδοση του συστήματος

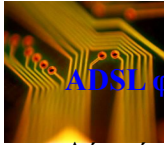


Data Rate = Number of channels x number of bit/channel x modulation rate
 Theoretical maximum upstream data rate = $25 \times 15 \times 4 \text{ kHz} = 1.5 \text{ Mb/s}$
 Theoretical maximum downstream data rate = $249 \times 15 \times 4 \text{ kHz} = 14.9 \text{ Mb/s}$



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

44



ADSL φάσμα συχνοτήτων

Δύο τύποι ADSL υπάρχουν:

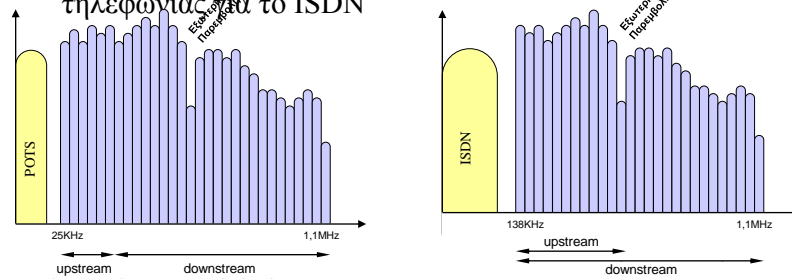
- **ADSL over POTS:**

Το ADSL καλύπτει το φάσμα από 25.875KHz ως 1.104MHz

- **ADSL over ISDN :**

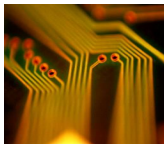
Το ADSL καλύπτει το φάσμα από 138KHz ως 1.104MHz

Προστατεύει την τεράστια επένδυση που κάνανε οι φορείς τηλεφωνίας για το ISDN



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

45



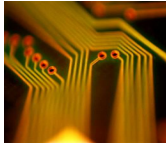
Πλεονεκτήματα της DMT

- Ο πομπός DTM προσεγγίζει το όριο του Shannon περισσότερο από κάθε άλλη τεχνολογία
- Ο ρυθμός μετάδοσης είναι μεταβλητός με μικρά βήματα
- Υπάρχει ευέλικτη ρύθμιση της φασματικής πυκνότητας ισχύος
- Έχει την καλύτερη ανοσία απέναντι σε παρεμβολές
- Έχει υψηλή αναισθησία απέναντι σε κρουστικό θόρυβο (διακόπτες..)
- Είναι παγκόσμιο πρότυπο (αν και κάποιοι κατασκευαστές ακολουθούν διαφορετικές αποστάσεις καναλιών, π.χ 3KHz)



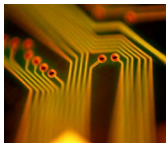
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

46



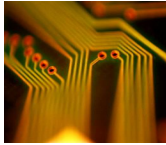
Noise Immunity, and Impulses

- DMT transmitter can easily monitor the channel and then adapt its transmission to the characteristics of the phone line, and continuously updates (bit-swapping) to maintain the optimum.
- For every line, the DMT system transmits the "best" possible signal. A CAP system cannot modify its transmitter and so it needs to try to undo all the attenuation and notches in one fell swoop at the receiver - a tough challenge.
- CAP systems are often described in evaluations as not being as robust as DMT systems, or not as tolerant to bridge taps.



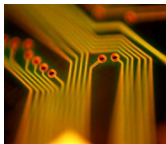
Error Control

- DMT uses error correction as a potent technique to improve performance and efficiency at low cost; CAP omits it, hurting both performance and interoperability.
- The existing CAP chipset only supports error correction on the downstream and the upstream is completely unprotected; the proposed ad hoc report drops even that, so there is no standard defined error correction



Performance

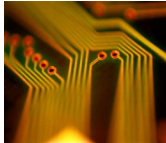
- DMT is matching its transmission channels to the channel (*by varying each of the 200+ tones independently*), it is both more efficient in its use of bandwidth than CAP, and delivers higher performance under any realistic circumstance



Internet Access

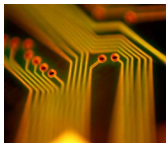
- DMT is designed for data access; it is a Internet access solution of choice.
- CAP was a kind solution for video-on-demand, it was initially unsuitable, required a drastic redesign and is still less suited.





ADSL Modulation Summary

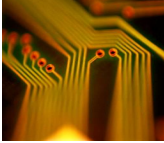
- DMT and CAP are two major modulation technologies for the ADSL, but DMT is the most widely used and appears to be becoming the industry standard
- DMT is adopted internationally by the American National Standards Institute (ANSI), European Telecommunications Standards Institute (ETSI) and the International Telecommunications Union (ITU).
- DMT has better performance than CAP. DMT is better solution than CAP.



Transmission Impairments

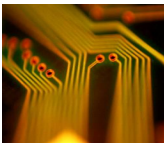
- Every network suffers from impairments; there are three types of transmission impairments Attenuation, Delay Distortion and Noise.





Attenuation

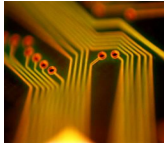
- It is the strength of signal off with distance over any transmission medium.
- For guided media, this reduction in strength, or attenuation, is generally logarithmic and thus is typically expressed as a constant number of decibels per unit distances.



Delay Distortion

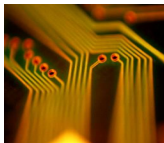
- It is a phenomenon peculiar to guided transmission media.
- The distortion is caused by the fact that the velocity of propagation of a signal through a guided medium varies with frequency.
- Delay Distortion is particularly critical for digital data.





Noise

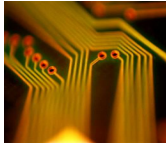
- It is that for any data transmission event, the received signal will consist of the transmitted signal, modified by the various distortions imposed by the transmission system, plus additional unwanted signals that are inserted somewhere between transmission and reception.
- Impulse Noise
- Thermal noise
- Crosstalk
- Intermodulation noise



Thermal noise

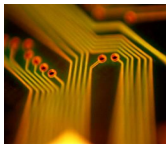
- results from thermal agitation of electrons in a conductor.
- Evenly distributed over the entire radio frequency spectrum: white noise.
- It is present in all electronic devices and transmission media and is a function of temperature In the FM broadcast band where there is no station, the hiss in the background is the thermal noise. Thermal noise cannot be eliminated.





Intermodulation noise

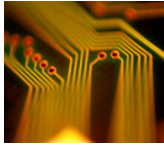
- results when signals of different frequencies share the same transmission medium.
- It produces signals at a frequency that is the sum or difference of the two original frequencies or multiples of those frequencies.



Impulse noise

- It is noncontinuous consisting of irregular pulses or noise spikes of short duration and of relatively high amplitude.
- It is generated from lightning and faults and flaws in the communications system.
- Impulse noise is the primary source of error in digital data communication



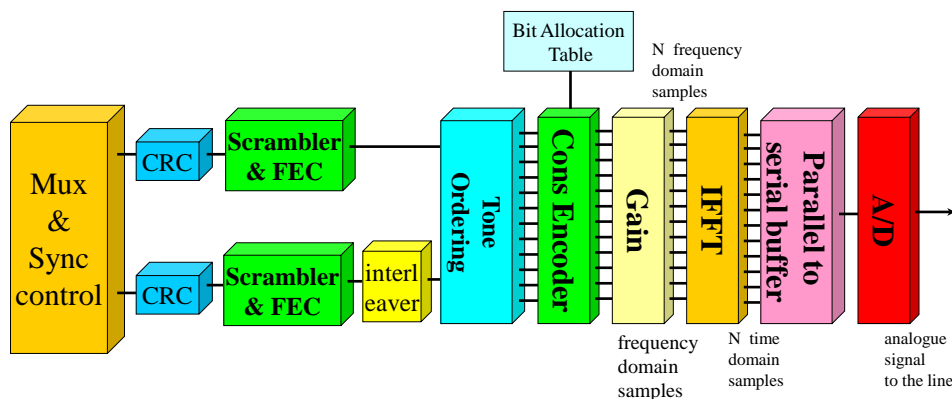


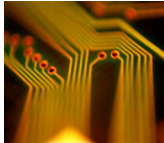
Crosstalk

- It is the most important of the capacity limiting noise.
- It is caused by electromagnetic radiation of other phone lines in close proximity or may be from within the same cable.
- The crosstalk will decrease as the bandwidth increases. The closer the different wires get to each other the stronger the coupling increases.

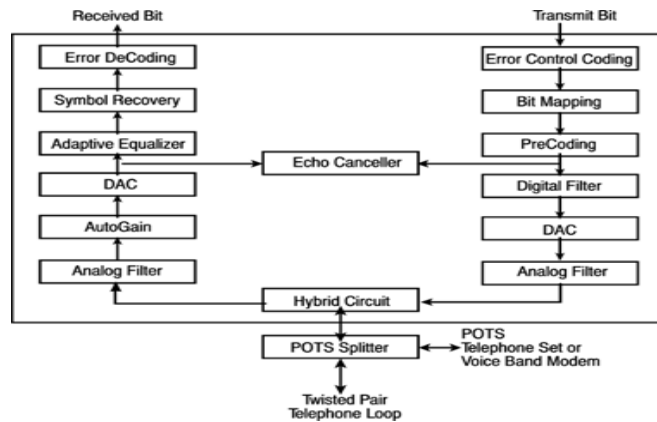


Περιγραφή ATU-C, ATU-R





Τυπικό ADSL Transceiver Block Diagram



G.lite (or UADSL or DSL Lite)

- Τον Οκτ 1998, η ITU περιέγραψε το G.lite πρότυπο
- Τον Ιουν 1999 αυτό ονομάστηκε G.992.2.
- Βασίζεται σε τεχνολογία DMT και αποτελεί μια παραλλαγή του ADSL
- Ονομάζεται splitterless, home version of ADSL, UADSL, DSL Lite, G.992.2
- Η G.Lite είναι η πιο καινούρια από τις DSL τεχνολογίες
- Είναι πιο αργή από την 'full-rate' ADSL, αλλά παραμένει αρκετά γρήγορη (8-10 φορές πιο γρήγορα από το ISDN)
- Έχει ισχυρή υποστήριξη από του κατασκευαστές





- 1.5 Mbps downstream και 512Kbps upstream
- Οι περισσότερες κάρτες είναι **διτές** δηλαδή υποστηρίζουν και τα δύο πρότυπα, G.DMT ή G.lite



- Θα παρέχει **χρόνια καλής υπηρεσίας**
- Μόνο ένα τμήμα της χωρητικότητας του ADSL χρησιμοποιείται σήμερα
- Η ADSL υπηρεσία θα επεκτείνεται καθώς το δίκτυο κορμού μεγαλώνει
- Αναμενόμενο είναι ότι οι ISDN χρήστες θα ζητήσουν ADSL υπηρεσίες



Το ADSL σύριο

- Συναγωνίζεται με την πρόσβαση μέσω cable-modem και με το δορυφορικό Internet για συνδέσεις υψηλής ταχύτητας με το Internet
- Στις ΗΠΑ :

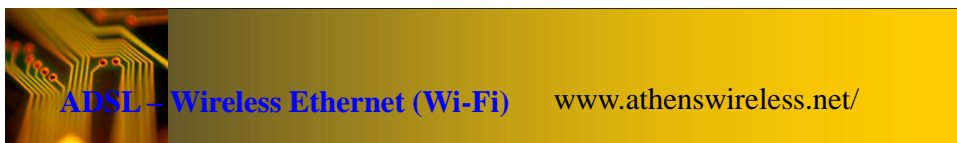
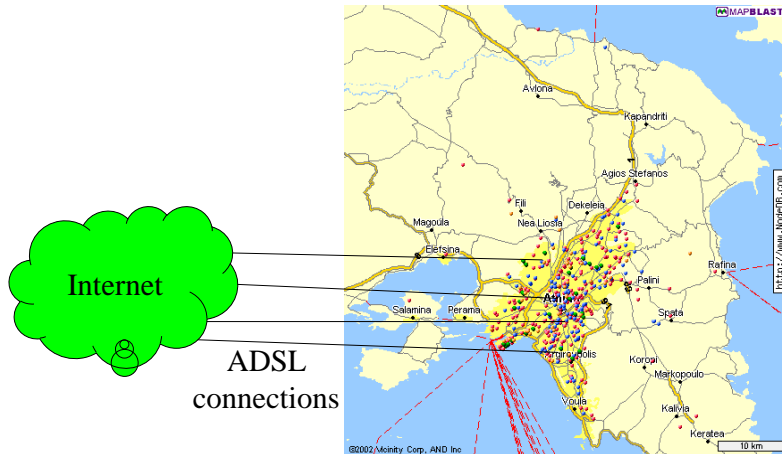
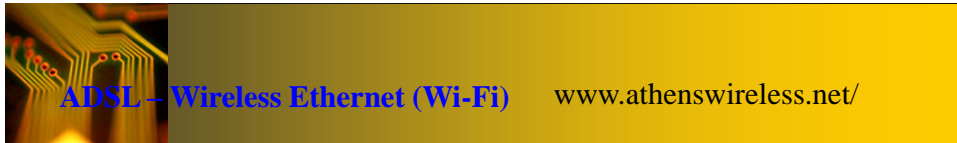
1999	330,000 ADSL	-	1,350,000 cable modems
2003	9,300,000 ADSL	-	8,980,000 cable modems
- Η σημερινή τεχνολογία μπορεί να παρέχει ένα θεωρητικό μέγιστο μέχρι 7Mbps και η έρευνα υπόσχεται ακόμα μεγαλύτερες επιδόσεις μελλοντικά με τεχνολογίες όπως η VDSL, αλλά σε μικρότερες αποστάσεις



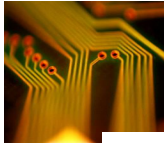
Το ADSL σύριο

- Στην Ελλάδα δεν έχει ανταγωνιστική τεχνολογία με τα ίδια χαρακτηριστικά
- Οι φορείς σταθερής τηλεφωνίας παγκοσμίως είναι **διστακτικοί** στο να εγκαταστήσουν ADSL, διότι θέλουν να προστατέψουν την τεράστια επένδυση που κάνανε σε ISDN
- Μπορούμε λοιπόν να υποθέσουμε ότι όταν εξαντλήσουν την ISDN θα ασχοληθούν σοβαρά και με την ADSL
- Φόβος να ξεπεραστεί η ADSL δεν υπάρχει γιατί όπως αναφέραμε η ADSL **στραγγίζει το χαλκό** όσον αφορά τη δυνατότητα του για μεταφορά δεδομένων
- Στην Ελλάδα μόνη ανταγωνιστική – συμπληρωματική τεχνολογία θα μπορούσε να θεωρηθεί το ασύρματό Ethernet, αλλά παραμένει το ερώτημα πως θα έχουν πρόσβαση στο Internet, οι κεντρικοί

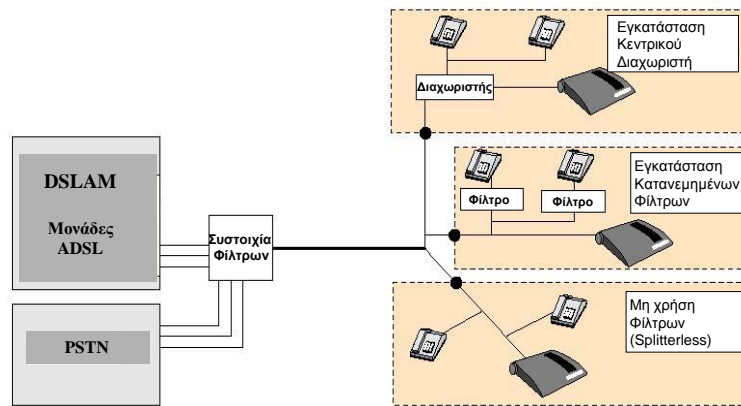




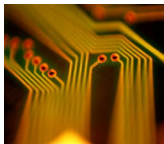
- Φανταστείτε ένα πλήθος από κόμβους ενωμένους μεταξύ τους ασύρματα
- Κάποιοι από αυτούς να έχουν τη δυνατότητα ευρυζωνικής πρόσβασης στο Internet μέσω ADSL
- Παράλληλα οι υπόλοιποι να έχουν πρόσβαση στο Internet μέσω των πρώτων
- Υπάρχει το ερώτημα ποιος θα δεχόταν να μοιραστεί το bandwidth του με τους άλλους, αλλά μην ξεχνάτε ότι το athenswireless είναι μη κερδοσκοπικός οργανισμός, ότι κάποιοι κόμβοι θα μπορούσαν να έχουν δωρεάν συνδέσεις (πχ εκπαιδευτικά ιδρύματα), ότι με το sharing του bandwidth αξιοποιούμε καλύτερα τους πόρους του δικτύου, και ότι πολλοί θα ένιωθαν ωραία αν λειτουργούσαν σαν έμμεσοι παροχείς Internet
- Προσωπική μου άποψη είναι ότι ο συνδυασμός των δύο αυτών τεχνολογιών είναι ότι καλύτερο θα μπορούσαμε να ζητήσουμε
- Νομίζει κανείς ότι με το UMTS θα έχει ασύρματη πρόσβαση, σε τέτοιους



Εγκατάσταση ADSL modem

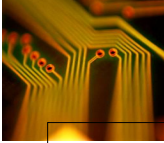


- Η μη χρήση φίλτρων δημιουργεί προβλήματα σε πραγματική ανάπτυξη
- Η τεχνική των καταμεμημένων φίλτρων γραμμής προσφέρει την ίδια ποιότητα χωρίς την ανάγκη για εγκατάσταση νέου καλωδίου από τον Κεντρικό Διαχωριστή



Εγκατάσταση ADSL modem

- Βασικό πλεονέκτημα του ADSL είναι η **ευκολία εγκατάστασης** του (δεν έγινε τυχαία, το σχεδιάσανε έτσι)
- Αυτό μεταφράζεται σε μικρότερο κόστος εγκατάστασης για το φορέα, άρα και για εμάς
- Το ADSL modem **μπριζώνεται** κατευθείαν σε μία, **οποιαδήποτε** από τις τηλεφωνικές πρίζες που έχουμε σπίτι μας
- Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να **μεταφέρουμε** το modem άρα και τον υπολογιστή μας σε άλλο δωμάτιο, μόνοι μας
- Οι τηλεφωνικές συσκευές **μπριζώνονται** και αυτές στις πρίζες, αφού όμως παρεμβάλουμε ένα απλό και φτηνό φίλτρο
- Είναι προφανές ότι την 'εγκατάσταση' μπορούμε να την κάνουμε μόνοι μας, σε αντίθεση με το ISDN



• Η παρουσίαση αυτή έχει σκοπό να ενημερώσει σε τεχνικά και γενικής φύσεως θέματα, σχετικά με την **ADSL** τεχνολογία και έτσι να κινήσει το ενδιαφέρον ανθρώπων που ζητάν ποιοτικότερη σύνδεση στο Internet και γενικότερα επικοινωνία για τη συγκεκριμένη τεχνολογία

- Επιτρέπεται αναδιανομή ή αναδημοσίευση με τους εξής όρους:
 - Θα πρέπει να σταλεί αναλλοίωτο και στο ακέραιο
 - Θα πρέπει να παρέχεται χωρίς κανένα απολύτως αντίτιμο



Τέλος

Τεχνολογίες xDSL

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.

