

## ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ DSL (DSL TUTORIAL)

(Πηγή: Τηλεπικοινωνιακό κέντρο Α.Π.Θ.:  
[www.tcom.auth.gr/.../technologies/technologies.html](http://www.tcom.auth.gr/.../technologies/technologies.html) )

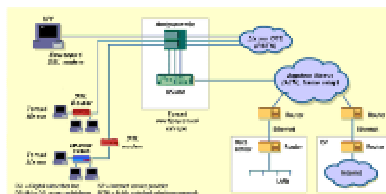
### Γενικά

Για πολλά χρόνια, τα χάλκινα καλώδια (**συνεστραμμένα ζεύγη - twisted pairs**) χρησιμοποιούνταν σε απλές τηλεφωνικές συνδέσεις. Στη συνέχεια μπήκαν στη ζωή μας τα modems και το Διαδίκτυο. Την τελευταία δεκαετία γνωρίσαμε την τεχνολογία ISDN και τα πλεονεκτήματα που αυτή προσφέρει και **τελευταία γίνεται λόγος για τις τεχνολογίες DSL**, οι οποίες παραμένουν ακόμη άγνωστες για το ευρύ κοινό - τουλάχιστον της Ελλάδας.

Για δεκαετίες τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά φωνής, χωρίς να αξιοποιείται στο έπακρο η μεγάλη χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός. Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται σε εύρος μεταξύ 100Hz και 4.000Hz. Όλες αυτές οι συχνότητες όμως δεν είναι απαραίτητες για να γίνει καταληπτή η φωνή και η χροιά του συνομιλητή και έτσι με ειδικά φίλτρα αποκόπτονται οι επιπλέον συχνότητες, αφού όχι μόνο δε χρειάζονται, αλλά μπορεί και να δημιουργήσουν παρεμβολές- παράσιτα. **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 DSL.**

### DSL: Digital Subscriber Line

Το **DSL** προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων **D**igital **S**ubscriber **L**ine και στην ουσία 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.



DSL σύνδεση

Ο δίαυλος αυτός μεταφέρει τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του **σήματος της φωνής** και τις **υψηλές για τα δεδομένα**. Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, πετυχαίνουμε και διαφορετικές

επιδόσεις. Με το DSL επιτυγχάνονται υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (μέχρι και 52,8 Mbps από το Διαδίκτυο ή άλλο απομακρυσμένο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο προς το χρήστη -downstream- και 2,3 Mbps από το χρήστη προς το Διαδίκτυο -upstream- ενώ ταυτόχρονα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής.

Οι τεχνολογίες DSL αναφέρονται γενικά ως **xDSL** και οι κυριότερες από αυτές είναι: **ADSL**, **HDSL**, **SDSL** και **VDSL**.

## ***ADSL***

**T**ο **ADSL**, το οποίο προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων **A**symmetric **D**igital **S**ubscriber **L**ine, είναι αυτό που δίνεται στους περισσότερους απλούς χρήστες και στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή παρέχεται [πilotικά από τον ΟΤΕ](#) με μοναδική υπηρεσία το Fast Internet. Η τεχνολογία ADSL εξασφαλίζει πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, δίνοντας τη δυνατότητα για **ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά) μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής**. Κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται με **ασύμμετρο τρόπο**, δηλαδή προσφέρει διαφορετικό ρυθμό για τη λήψη (**μέχρι 8 Mbps downstream**) και διαφορετικό για την αποστολή δεδομένων (**640 kbps upstream**). Το σημαντικότερο είναι ότι το εύρος ζώνης δεν το μοιραζόμαστε, αλλά είναι εξ' ολοκλήρου στη διάθεσή μας. Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η απόδοση του ADSL εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση του χρήστη από τον τηλεπικοινωνιακό παροχέα 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**

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με [την τεχνολογία ADSL](#) και τα [πλεονεκτήματά της](#) επισκεφτείτε τις σχετικές ιστοσελίδες στο δικτυακό μας τόπο.

**Σ**ύντομη περιγραφή των **άλλων τεχνολογιών DSL (HDSL, SDSL, VDSL)** υπάρχει σε [σχετική ιστοσελίδα](#) του δικτυακού μας τόπου, ενώ για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με όλες τις τεχνολογίες DSL μπορείτε να ανατρέξετε στους [επιλεγμένους συνδέσμους](#).

**T**έλος, αφού δείτε όλο το σχετικό με τη τεχνολογία DSL υλικό του παρόντος δικτυακού τόπου, δοκιμάστε τις γνώσεις σας στο DSL κάνοντας το [σχετικό τεστ](#).

## Τεχνολογία ADSL

Το ADSL εξασφαλίζει πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά) μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής. Αυτό γίνεται εφικτό χάρη **στους εξελιγμένους αλγορίθμους και στη βελτιωμένη ψηφιακή επεξεργασία σήματος**, τα οποία συμπίεζουν σε μεγάλο βαθμό την πληροφορία που μεταδίδεται μέσα από τα υπάρχοντα τηλεφωνικά καλώδια, καθώς επίσης και στη βελτίωση των μετασχηματιστών, των αναλογικών φίλτρων και των μετατροπέων σήματος (από αναλογικό σε ψηφιακό).

Τα ADSL modems κυκλοφορούν στο εμπόριο (τουλάχιστον για το εξωτερικό) σε διαφορετικούς ρυθμούς ταχυτήτων. Η "μικρότερη έκδοση" παρέχει 1,5 με 2 Mbps για τη λήψη δεδομένων (downstream) και 16 kbps για την αποστολή δεδομένων (upstream).

Οι τηλεφωνικές γραμμές μεγάλου μήκους προκαλούν μεγάλη εξασθένιση στα σήματα υψηλών συχνοτήτων που μπορεί να φτάσει και τα 90 dB στο 1 MHz (το οποίο αποτελεί το άνω όριο της ζώνης που χρησιμοποιεί το ADSL), υποχρεώνοντας έτσι τα ADSL modems να "δουλεύουν πολύ σκληρά" για να πετύχουν μεγάλο δυναμικό εύρος, να διαχωρίσουν τα κανάλια και να κρατήσουν το θόρυβο σε χαμηλά επίπεδα. Για τον απλό χρήστη το ADSL φαίνεται κάτι απλό -διαφανείς "σωλήνες" σύγχρονων δεδομένων διαφορετικών ταχυτήτων πάνω από απλές τηλεφωνικές γραμμές. Μέσα στα ADSL modems, όπου όλα τα τρανζίστορς λειτουργούν, υπάρχει ένα θαύμα τεχνολογίας.

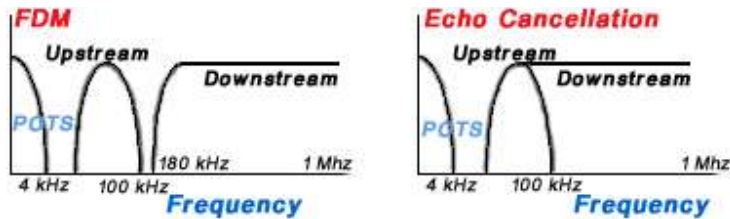
Για να δημιουργηθούν πολλαπλά κανάλια επικοινωνίας, τα ADSL modems χωρίζουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης μιας τηλεφωνικής γραμμής με ένα από τους δυο ακόλουθους τρόπους- **α) Πολυπλεξία στη συχνότητα** (Frequency Division Multiplexing) ή **β) Καταστολή της ηχούς** (Echo Cancellation).

**α)** Με την πολυπλεξία στη συχνότητα δεσμεύεται μία ζώνη για τα δεδομένα λήψης (256 διακριτά κανάλια σε φάσμα 26 kHz μέχρι 1,2 MHz) και μια άλλη ζώνη για τα δεδομένα αποστολής. Το μονοπάτι για τα δεδομένα λήψης χωρίζεται στη συνέχεια μέσω πολυπλεξίας στο χρόνο σε ένα ή περισσότερα κανάλια υψηλής ταχύτητας και σε ένα ή περισσότερα κανάλια χαμηλής ταχύτητας. Το μονοπάτι για τα δεδομένα αποστολής πολυπλέκεται επίσης σε αντίστοιχα κανάλια χαμηλής ταχύτητας.

**β)** Με την καταστολή της ηχούς η ζώνη για τα δεδομένα αποστολής επικαλύπτεται με τη ζώνη για τα δεδομένα λήψης και αυτές στη συνέχεια διαχωρίζονται μέσω τοπικής καταστολής της ηχούς, μια τεχνικής γνωστής στα V.32 και V.34 modems.

Οποιαδήποτε από τις δύο τεχνικές χρησιμοποιηθεί, το ADSL διαχωρίζει μια περιοχή **4 kHz (κανάλι φωνής)** για απλή τηλεφωνία (POTS) κοντά στη DC περιοχή της ζώνης. Επίσης, κάθε ένα από τα 256 κανάλια μπορεί να μεταφέρει (μέσω πολυπλεξίας στο χρόνο) μέχρι 32 kbps. Έτσι, η **μέγιστη ταχύτητα** που μπορούμε να πετύχουμε με την τεχνολογία ADSL είναι

$$256 * 32 \text{ kbps} = 8.192 \text{ Mbps}$$



Ένα ADSL modem οργανώνει σε μπλοκ τις ροές των δεδομένων που δημιουργούνται από την πολυπλεξία των καναλιών λήψης και των καναλιών αμφίδρομης επικοινωνίας και στη συνέχεια προσαρτεί ένα κώδικα διόρθωσης σφαλμάτων σε κάθε μπλοκ. Ο δέκτης στη συνέχεια διορθώνει τα σφάλματα που δημιουργούνται κατά την αποστολή των μπλοκ. Έτσι, ακόμη και σε κινούμενη εικόνα (MPEG video) όπου τα σφάλματα μειώνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητά της, επιτυγχάνονται πολύ μικροί ρυθμοί σφαλμάτων (BER μικρότερο του  $1/10^9$ ).

## Συνδεσμολογίες ADSL (splitterless και splitter-based)

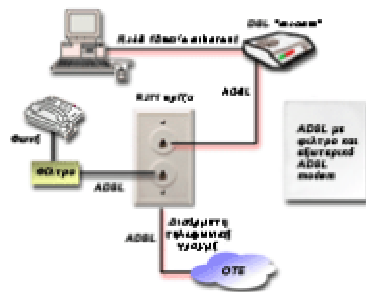
Όταν παίρνουμε ADSL στο σπίτι μας (για την Ελλάδα θα περιμένουμε λίγο ακόμα μέχρι να περάσει το ADSL από την πιλοτική φάση στη φάση παρεχόμενης υπηρεσίας) ο τηλεπικοινωνιακός παροχέας τοποθετεί μία συσκευή στον πελάτη (Network Interface Device - NID) η οποία διαχωρίζει τις συχνότητες της φωνής, που κυμαίνονται μεταξύ **0 - 4kHz**, από τις υψηλότερες συχνότητες των DSL σημάτων (**25kHz - 1,1MHz**). Ο διαχωριστής των σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων, ένα χαμηλοπερατό φίλτρο, είναι μια παθητική συσκευή, δηλαδή δεν χρειάζεται επιπλέον παροχή ρεύματος και μπορεί να συνεχίζει να λειτουργεί αν υπάρξει τοπική διακοπή παροχής ρεύματος.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες DSL, η **splitter-based** και η **splitterless**. Και στις δύο περιπτώσεις στο σπίτι μας φθάνει ένα δισύρματο καλώδιο. Ωστόσο, για την splitter-based τεχνολογία απαιτείται η εγκατάσταση ενός διαχωριστή σήματος από την τηλεφωνική εταιρία στο χώρο του συνδρομητή (είτε μέσα στο σπίτι είτε έξω από αυτό) ώστε να διαχωριστεί το σήμα της φωνής από το σήμα που μεταφέρει τα δεδομένα. Για τη splitterless τεχνολογία, δεν έχουμε διαχωρισμό των δύο σημάτων. Η τεχνολογία splitterless είναι γνωστή και ως "**Universal DSL**" ή "**G.Lite**" ή "**DSL Lite**".

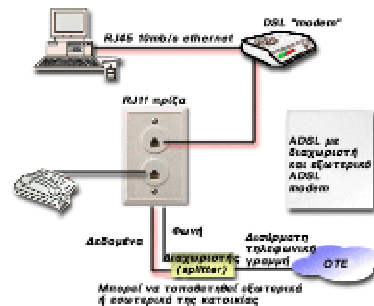
- Με το **splitterless DSL**, το DSL modem συνδέεται απευθείας με την τηλεφωνική γραμμή, όπως και οι τηλεφωνικές συσκευές (εικόνα 1). Το modem περιέχει ειδικά chips που διαχωρίζουν τα σήματα, αλλά λειτουργούν σε χαμηλότερη ισχύ

ώστε να μη δημιουργούν παρεμβολές στα σήματα της φωνής. Έτσι, η μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μικρότερη σε σχέση με το *splitter-based DSL*. Επιπλέον, οι τηλεφωνικές συσκευές απαιτούν την ύπαρξη ενός φίλτρου που θα παρεμποδίζει τα σήματα DSL (δεδομένων), τα οποία μπορεί να ακουστούν ως θόρυβος στη γραμμή και να παρεμβάλλουν την κανονική λειτουργία του τηλεφώνου.

- Από την άλλη, με το *splitter-based DSL*, το σήμα DSL (δεδομένων) διαχωρίζεται από τη γραμμή του τηλεφώνου και με διαφορετικό καλώδιο οδεύει προς το modem (εικόνα 2). Αυτό απαιτεί, όπως καταλαβαίνουμε, επιπλέον καλωδίωση που στοιχίζει, όπως στοιχίζει επίσης και ο διαχωριστής σήματος. Το καλώδιο του modem συνδέεται μέσω διεπιφάνειας (NIC-Network Interface Card) η οποία συνήθως είναι μία κάρτα ethernet ή ένα hub το οποίο θα συνδέεται σε τοπικό δίκτυο.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

## ***Τεχνολογίες DSL***

### ***HDSL***

***Τ***ο ακρωνύμιο **HDSL** προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων **H**igh-bit-rate **D**igital **S**ubscriber **L**ine και σε αντίθεση με το ADSL είναι **συμμετρικό** και προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps) τόσο για τη αποστολή όσο και για τη λήψη. Ωστόσο, **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).

### ***SDSL***

***Τ***ο **SDSL**, **S**ingle-line **D**igital **S**ubscriber **L**ine, είναι μια τεχνολογία παρόμοια με το HDSL όσον αφορά στο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps), που **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.

### ***VDSL***

***Τ***ο **VDSL**, **V**ery-high-data-rate **D**igital **S**ubscriber **L**ine, βρίσκεται ακόμη σε φάση ανάπτυξης και υπόσχεται να δώσει εντυπωσιακά μεγαλύτερες ταχύτητες που μπορεί να φτάνουν τα 52 Mbps, με περιορισμό όμως τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων του χάλκινου αγωγού. 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.