

# Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών - Το Ανεπίσημο Βοήθημα

Μανώλης Κιαγιάς, MSc

XX/XX/2009

Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα:

1η Έκδοση Χανιά, XX/XX/2009

Δοκιμαστική Web Edition [ Χωρίς Αρίθμηση ]

Copyright ©2009 Μανώλης Κιαγιάς

Το Έργο αυτό διατίθεται υπό τους όρους της Άδειας:



**Αναφορά – Μη Εμπορική Χρήση – Παρόμοια Διανομή 3.0 Ελλάδα**

Μπορείτε να δείτε το πλήρες κείμενο της άδειας στην τοποθεσία:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/gr/>

### **Είναι Ελεύθερη:**

**Η Διανομή** – Η αναπαραγωγή, διανομή, μετάδοση και παρουσίαση του Έργου σε κοινό

### **Υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:**



**Αναφορά Προέλευσης** — Θα πρέπει να αναγνωρίσετε την προέλευση στο έργο σας με τον τρόπο που έχει ορίσει ο δημιουργός του ή το πρόσωπο που σας χορήγησε την άδεια (χωρίς όμως να αφήσετε να εννοηθεί ότι εγκρίνουν με οποιονδήποτε τρόπο εσάς ή τη χρήση του έργου από εσάς).



**Μη Εμπορική Χρήση** – Δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτό το έργο για εμπορικούς σκοπούς.



**Παρόμοια Διανομή** — Αν αλλοιώσετε, τροποποιήσετε ή δημιουργήσετε κάποιο παράγωγο έργο το οποίο βασίζεται στο παρόν έργο, μπορείτε να διανείμετε το αποτέλεσμα μόνο με την ίδια ή παρόμοια με αυτή άδεια.

**Με την κατανόηση ότι:**

**Αποποίηση** – Οποιοσδήποτε από τις παραπάνω συνθήκες μπορούν να παρακαμφθούν αν πάρετε την άδεια του δημιουργού ή κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων.

**Άλλα Δικαιώματα** – Σε καμιά περίπτωση τα ακόλουθα δικαιώματα σας, δεν επηρεάζονται από την Άδεια:

- Η δίκαιη χρήση και αντιμετώπιση του έργου
- Τα ηθικά δικαιώματα του συγγραφέα
- Τα ενδεχόμενα επί του έργου δικαιώματα τρίτων προσώπων, σχετικά με τη χρήση του έργου, όπως για παράδειγμα η δημοσιότητα ή ιδιωτικότητα.

**Σημείωση** – Για κάθε επαναχρησιμοποίηση ή διανομή, πρέπει να καταστήσετε σαφείς στους άλλους τους όρους της άδειας αυτού του Έργου. Ο καλύτερος τρόπος να το πράξετε αυτό, είναι να δημιουργήσετε ένα σύνδεσμο με το διαδικτυακό τόπο της παρούσας άδειας:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/gr/>

---

Το βιβλίο αυτό στοιχειοθετήθηκε σε  $\text{X}_{\text{E}}\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ . Ο πηγαίος κώδικας του είναι διαθέσιμος στις δικτυακές τοποθεσίες που αναφέρονται παρακάτω και μέσω mercurial repository.

Επισκεφθείτε το δικτυακό τόπο του μαθήματος και κατεβάστε την τελευταία έκδοση του βιβλίου και διορθώσεις:

<http://diktia.dyndns.org>

Σε περίπτωση προβλήματος χρησιμοποιήστε το mirror site:

<http://store.itsyourftp.com/~sonic2000gr>

(Κενή Σελίδα)

---

Το βιβλίο αυτό αφιερώνεται σε όσους κάνουν αυτό που πιστεύουν και όχι αυτό που νομίζουν οι άλλοι σωστό...



“Ο μόνος αληθινός νόμος είναι εκείνος που οδηγεί στην ελευθερία”, είπε ο Ιωνάθαν; “Δεν υπάρχει άλλος.”

*“Ο Γλάρος Ιωνάθαν Λίβινγκστον”, Richard Bach*

(Κενή Σελίδα)

---

## Εισαγωγή στο Νέο Βοήθημα

Καλώς ήλθατε στην πρώτη έκδοση του νέου “ανεπίσημο” βοηθήματος για το μάθημα “Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών” το οποίο διδάσκεται ως Πανελλαδικά εξεταζόμενο στην Γ’ Τάξη των Επαγγελματικών Λυκείων. Το βιβλίο αυτό καλύπτει την εξεταζόμενη ύλη όπως ανακοινώθηκε από το Υπουργείο Παιδείας για το σχολικό έτος 2008-2009. Το νέο ανεπίσημο βοήθημα, με απλοποιημένη αλλά άρτια τεχνικά γλώσσα, ευελπιστεί να καλύψει τις ατέλειες του σχολικού εγχειριδίου και να βοηθήσει τους αποφασισμένους μαθητές να πετύχουν στις εξετάσεις. Η επιτυχία του αρχικού βοηθήματος, με τέσσερις συνολικά εκδόσεις, μας οδηγεί να πιστεύουμε ότι ο στόχος αυτός είναι εφικτός.

Η έκδοση αυτή κυκλοφορεί ως “ελεύθερη” με βάση την άδεια GNU Free Documentation License που μπορείτε να διαβάσετε στο Παράρτημα Β.

## Πρόλογος της Πρώτης Έκδοσης (2004)

Προλογίζει ο Αντώνης Αθανασάκης, καθηγητής στον Τομέα Οικονομίας, συνάδελφος του συγγραφέα στο ΤΕΕ Κισιάμου.

Κάθε απόπειρα αγωγής καταλήγει σε σχέση μεταξύ προσώπων. Η διδασκαλία, δεν είναι ενέργεια κατά την οποία επικοινωνούν μόνο οι εγκέφαλοι, αλλά πορεία προσωπικής επικοινωνίας και αμοιβαίας προσπάθειας.

Το εγώ που δεν έχει απέναντί του κανένα συγκεκριμένο εσύ, αλλά είναι περιτοιχισμένο από μια πληθώρα “περιεχομένων”, δεν είναι διόλου παρόν και η στιγμή του είναι στερημένη από παρουσία. Μια παρουσία όμως δεν είναι κάτι που ξεφεύγει και γλιστράει αλλά είναι εκείνο που κατοικεί απέναντί μας και περιμένει την συνάντηση.

Αν η πραγματική συνάντηση είναι η πορεία, κατά την οποία ένας άνθρωπος αγγίζει έναν άλλον άνθρωπο στον πυρήνα του, τότε οι μαθητές του Μανώλη είχαν φέτος μια τρομερή ευκαιρία.

Το μόνο που χρειάζονται είναι την ικανότητα για ανταπόκριση. Γιατί η ελευθερία μέσα στην αγωγή, είναι το να μπει σε δεσμό. Το αντίθετο του εξαναγκασμού, σύμφωνα με τον Butler δεν είναι η ελευθερία, αλλά ο δεσμός. Δεν θα μπορούσαμε χωρίς ελευθερία, αλλά από μόνη της δεν είναι χρησιμοποιήσιμη.





# Περιεχόμενα

<b>I</b>	<b>Βιβλίο Θεωρίας</b>	<b>1</b>
<b>6</b>	<b>Δίκτυα Ευρείας Περιοχής</b>	<b>3</b>
6.1	Επεκτείνοντας το Δίκτυο . . . . .	3
6.2	Επιλεγόμενες Τηλεφωνικές Γραμμές . . . . .	5
6.5	ISDN . . . . .	6
6.8	xDSL . . . . .	12
<b>II</b>	<b>Παραρτήματα</b>	<b>17</b>
<b>A'</b>	<b>GNU Free Documentation License</b>	<b>19</b>
1.	APPLICABILITY AND DEFINITIONS . . . . .	20
2.	VERBATIM COPYING . . . . .	21
3.	COPYING IN QUANTITY . . . . .	21
4.	MODIFICATIONS . . . . .	22
5.	COMBINING DOCUMENTS . . . . .	23
6.	COLLECTIONS OF DOCUMENTS . . . . .	24
7.	AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS . . . . .	24
8.	TRANSLATION . . . . .	24
9.	TERMINATION . . . . .	24
10.	FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE . . . . .	24
	ADDENDUM: How to use this License for your documents . . . . .	25



## Κατάλογος σχημάτων

6.1	Σύνδεση υπολογιστών μέσω δικτύου <i>PSTN</i> . . . . .	6
6.2	Διεπαφές βασικού και πρωτεύοντος ρυθμού στο <i>ISDN</i> . . . .	9
6.3	Ο εξοπλισμός του <i>ISDN</i> . . . . .	11
6.4	Πρόσβαση τοπικού δικτύου σε δίκτυο ευρείας περιοχής μέσω τεχνολογίας <i>SDSL</i> . . . . .	14



**Μέρος Ι**

**Βιβλίο Θεωρίας**



# Κεφάλαιο 6

## Δίκτυα Ευρείας Περιοχής

### Εισαγωγή

Η επικράτηση της χρήσης των μικροϋπολογιστών (προσωπικών υπολογιστών) στις επιχειρήσεις, οδήγησε γρήγορα στη δημιουργία πολλών τοπικών δικτύων, μικρού ή μεγαλύτερου μεγέθους. Ωστόσο, καθώς κάθε επιχείρηση αναπτύσσεται, γρήγορα δημιουργείται η ανάγκη για επικοινωνία και μετάδοση δεδομένων μεταξύ των υποκαταστημάτων της. Η ανάγκη αυτή καλύπτεται σήμερα από τα *Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (ΔΕΠ)*. Στο μάθημα της Β' Τάξης, εξετάσαμε ήδη ένα μέρος του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε αυτά τα δίκτυα. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε πλέον στις τεχνολογίες μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στα ΔΕΠ, εξετάζοντας τόσο τις κλασικές (επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο) όσο και τις πιο σύγχρονες (xDSL).

### 6.1 Επεκτείνοντας το Δίκτυο

Τα τοπικά δίκτυα αποτελούν μια πολύ καλή λύση επικοινωνίας σε περίπτωση που το μέγεθος του δικτύου είναι σχετικά μικρό και καταλαμβάνει περιορισμένη γεωγραφικά έκταση. Για παράδειγμα μια εταιρία που διαθέτει μόνο ένα πολυώροφο κτίριο σε μια πόλη, εξυπηρετείται αποτελεσματικά από ένα τοπικό δίκτυο. Όταν όμως η δραστηριότητα της επεκταθεί σε γειτονικές πόλεις, η ανάγκη επικοινωνίας μεταξύ των υποκαταστημάτων της, απαιτεί τη χρήση ενός ΔΕΠ. Τα ΔΕΠ είναι γνωστά και με τον Αγγλικό όρο *Wide Area Networks (WAN)*.

Χρησιμοποιώντας ένα ΔΕΠ, είναι δυνατόν να διασυνδέσουμε μεταξύ τους τα τοπικά δίκτυα κάθε υποκαταστήματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται κατάλληλος δικτυακός εξοπλισμός (γραμμές σύνδεσης, modem, δρομολογητές κ.α.). Στις γραμμές ενός ΔΕΠ μπορεί να χρησιμοποιούνται δίκτυα μεταγωγής (κυκλώματος ή πιο συχνά πακέτου), δορυφορικές και μικροκυματικές συνδέσεις, οπτικές ίνες, ή ακόμα και συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης.

Ο χρήστης που χρησιμοποιεί ένα ΔΕΠ δεν πρέπει να καταλαβαίνει καμιά διαφορά ως προς τον τρόπο χρήσης σε σχέση με ένα τοπικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι το ΔΕΠ είναι *διάφανο* ως προς τη λειτουργία του.

Είναι αρκετά δύσκολο (ειδικά από άποψης κόστους) για μια εταιρεία να εγκαταστήσει και να διαχειρίζεται από μόνη της γραμμές ενός ΔΕΠ. Συνήθως είναι ευκολότερο να νοικιάσει τη χρήση τους από κάποιο φορέα που ειδικεύεται στις επικοινωνίες (π.χ. τον ΟΤΕ) ο οποίος συνήθως έχει ήδη έτοιμη την καλωδιακή υποδομή και μπορεί να καλύψει κάθε σημείο της χώρας. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις υπηρεσίες δικτύων ευρείας περιοχής (υπηρεσίες WAN) όπως παρέχονται από τους φορείς τηλεπικοινωνιών μπορεί να είναι:

- Οι κλασικές:
  - Επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές (το κλασικό τηλεφωνικό δίκτυο)
  - Μόνιμες ή μισθωμένες γραμμές
  - Γραμμές που χρησιμοποιούν το πρότυπο X.25
- αλλά και οι πιο σύγχρονες:
  - Frame Relay
  - ISDN
  - ATM
  - xDSL

---

**Σημείωση:** Από το 2001, υπάρχει στη χώρα μας πλήρη απελευθέρωση των τηλεπικοινωνιών. Έτσι πλέον κάθε εταιρεία μπορεί να εγκαθιστά και να διαχειρίζεται εξοπλισμό και γραμμές κατάλληλες για ΔΕΠ. Λόγω του αυξημένου ανταγωνισμού, υπάρχει και αντίστοιχη βελτίωση στην ποιότητα (και το κόστος) των παρεχόμενων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

---



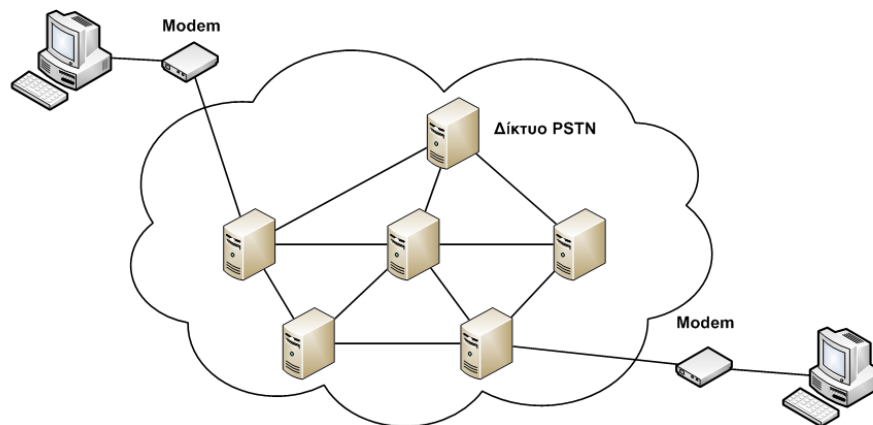
## 6.2 Επιλεγόμενες Τηλεφωνικές Γραμμές

Το γνωστό μας *τηλεφωνικό δίκτυο*, το οποίο χρησιμοποιούμε εδώ και πολλά χρόνια για μετάδοση φωνής, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση δεδομένων. Το τηλεφωνικό δίκτυο είναι γνωστό διεθνώς και με την ονομασία *PSTN, Public Switched Telephone Network*, το οποίο θα μπορούσαμε να μεταφράσουμε ως **Δημόσιο Τηλεφωνικό Επιλογικό (ή Μεταγωγής) Δίκτυο**. Η έννοια του “επιλογικού” σχετίζεται με την δυνατότητα που έχουμε να επιλέξουμε με ποιο συνδρομητή θα συνομιλήσουμε, σχηματίζοντας τον κατάλληλο αριθμό κλήσης. Θεωρώντας το ως δίκτυο μεταγωγής, θα λέγαμε ότι ανήκει στην κατηγορία της *μεταγωγής κυκλώματος* ενώ οι συνδέσεις που δημιουργούμε είναι *προσωρινές*.

Μέσω του τηλεφωνικού δικτύου, μπορούμε να έχουμε μετάδοση δεδομένων μεταξύ υπολογιστών, χρησιμοποιώντας τις γραμμές του για να δημιουργήσουμε ένα ΔΕΠ. Υπάρχουν ωστόσο κάποιοι περιορισμοί: Το τηλεφωνικό δίκτυο σχεδιάστηκε για τη μετάδοση φωνής, αναλογικών δηλ. δεδομένων, και μάλιστα με μικρό εύρος συχνοτήτων (όσο χρειάζεται για να μεταδίδεται και να αναγνωρίζεται η ανθρώπινη φωνή) ενώ οι υπολογιστές μεταδίδουν γενικά ψηφιακά σήματα. Για να ξεπεράσουμε αυτό τον περιορισμό, χρησιμοποιούμε ειδικές συσκευές για την σύνδεση των υπολογιστών με το τηλεφωνικό δίκτυο, τα γνωστά μας *modem*.

Τα *modems*, για τα οποία έχουμε αναφερθεί και στο μάθημα της Β' τάξης, είναι συσκευές οι οποίες μετατρέπουν το ψηφιακό σήμα των υπολογιστών σε αναλογικό το οποίο μπορεί να μεταδοθεί μέσω της τηλεφωνικής γραμμής. Το *modem* που βρίσκεται στην άλλη μεριά της σύνδεσης αναλαμβάνει την ακριβώς αντίστροφη διαδικασία. Αν έχετε χρησιμοποιήσει *modem* για την σύνδεση σας στο Internet θα έχετε πιθανόν ακούσει τον χαρακτηριστικό ήχο που παράγεται από την μετατροπή (διαμόρφωση) του σήματος σε αναλογικό. Ουσιαστικά το *modem* μετατρέπει το ψηφιακό σήμα σε ήχο που μπορεί να μεταδοθεί μέσω της τηλεφωνικής γραμμής.

Ο άλλος περιορισμός των επιλογικών τηλεφωνικών συνδέσεων είναι ο σχετικά μικρός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων που μπορεί να επιτευχθεί. Η ταχύτητα δεν είναι σταθερή καθώς εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποιότητα της γραμμής και του κυκλώματος που έχει σχηματιστεί μεταξύ των δύο υπολογιστών που επικοινωνούν. Η μέγιστη πρακτική ταχύτητα μετάδοσης που έχει επιτευχθεί σε δίκτυο PSTN είναι σήμερα τα 56Kbps. Πρέπει να σημειώσουμε ότι η τεχνολογία αυτή έχει σταματήσει να αναπτύσσεται,



Σχήμα 6.1: Σύνδεση υπολογιστών μέσω δικτύου PSTN

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική Χρήση
Υψηλή Διαθεσιμότητα	Μικρή Ταχύτητα	Απομακρυσμένη Πρόσβαση
Μικρό Κόστος	Μεταβλητή Ποιότητα και Αξιοπιστία	Εφαρμογές χωρίς απαιτήσεις υψηλής ταχύτητας

Πίνακας 6.1: Χαρακτηριστικά επιλεγόμενων γραμμών

καθώς έχει αντικατασταθεί από πιο σύγχρονες και έτσι δεν αναμένεται να αυξηθεί η ταχύτητα της στο μέλλον.

Σήμερα, οι επιλογικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων περιορισμένης χρονικά διάρκειας, όταν δεν δικαιολογείται το επιπλέον κόστος χρήσης αφιερωμένης γραμμής ή κάποιας άλλης πιο σύγχρονης τεχνολογίας. Γνωστές εφαρμογές της είναι η πρόσβαση στο Internet ή σε άλλες on-line υπηρεσίες χαμηλής ταχύτητας, η σύνδεση κάποιου απομακρυσμένου υπολογιστή (π.χ. ενός φορητού) με το τοπικό δίκτυο μιας εταιρίας, καθώς και η τήλε-εργασία. Ακόμα, οι επιλογικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται συχνά ως εφεδρικές σε περίπτωση βλάβης μιας μόνιμης γραμμής.

## 6.5 ISDN

Εκτός από τις κλασικές υπηρεσίες τηλεφωνίας (φωνής), τα τελευταία χρόνια παρουσιάστηκε μεγάλη ζήτηση για παροχή και άλλων υπηρεσιών (μετάδοση δεδομένων, εικόνας, video). Οι διάφοροι φορείς τηλεπικοινωνιών

αναγκάστηκαν να δημιουργήσουν εξειδικευμένα δίκτυα (εκτός από το τηλεφωνικό που υπήρχε) για την μετάδοση των αντίστοιχων δεδομένων. Για παράδειγμα, ο ΟΤΕ ανέπτυξε τα δίκτυα Hellaspac και Hellascom για μετάδοση δεδομένων υπολογιστών. Ακόμα δημιουργήθηκαν δίκτυα για μετάδοση δεδομένων κειμένου telex, το οποίο όμως έχει πλέον καταργηθεί), δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης κ.α. Η ανάπτυξη ξεχωριστών δικτύων για κάθε διαφορετικό είδος υπηρεσίας, έχει μειονεκτήματα όπως:

- Μεγάλο κόστος διαχείρισης και συντήρησης των διαφορετικών τεχνολογιών από κάθε τηλεπικοινωνιακό φορέα.
- Αυξημένο κόστος για τον τελικό χρήστη, ο οποίος πρέπει να συντηρεί διαφορετικό εξοπλισμό για κάθε υπηρεσία, και να πληρώνει συνδρομή στον τηλεπικοινωνιακό φορέα. Με δεδομένο ότι ο φορέας έχει πολλά έξοδα για τα δίκτυα αυτά, οι τιμές των συνδρομών είναι αντίστοιχα αρκετά αυξημένες.
- Τα παραπάνω οδηγούν συνήθως σε αποθάρρυνση της εμπορικής ανάπτυξης.

Τα παραπάνω προβλήματα έρχεται να λύσει το *Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών* ή *Integrated Services Digital Network, ISDN*. Το ISDN επιτρέπει τη μετάδοση φωνής, εικόνας, video και δεδομένων σε ψηφιακή μορφή χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή δισύρματων τηλεφωνικών καλωδίων.

---

**Επισήμανση:** Τα δισύρματα τηλεφωνικά καλώδια (τα κοινά τηλεφωνικά καλώδια του ΟΤΕ που καταλήγουν στα σπίτια μας) αποτελούν μια τεράστια υποδομή που αναπτύχθηκε σε διάστημα πολλών ετών για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της κλασικής τηλεφωνίας (γνωστή και ως POTS, Plain Old Telephone System, το απλό δηλ. τηλεφωνικό δίκτυο). Οι γραμμές αυτές δεν έχουν σχεδιαστεί ειδική για μετάδοση δεδομένων, καθώς το τηλεφωνικό δίκτυο μεταδίδει φωνή με καθαρά αναλογικό τρόπο (και με αρκετά μικρό εύρος ζώνης, από 300HZ ως 3400HZ). Ωστόσο, η ανάπτυξη του ISDN επιτρέπει την χρήση των κλασικών γραμμών για μετάδοση καθαρά ψηφιακών σημάτων, τα οποία πλεονεκτούν σημαντικά σε σχέση με τα αναλογικά (Πως; Άσκηση για τον αναγνώστη).

---

Με την βοήθεια του ISDN, το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο γίνεται ανεξάρτητο από το είδος της πληροφορίας που διακινείται, αφού μέσα από αυτό (και με καθαρά ψηφιακή μορφή), μπορεί πλέον να διακινήθούν δεδομένα υπολογιστών, φωνή, video. Αντίστοιχα, τυποποιείται και το είδος της διασύν-

δεσης διάφορων συσκευών (από διάφορους κατασκευαστές) στο δίκτυο, και δεν χρειάζεται ειδικός (ίσως ακριβός) εξοπλισμός για την προσαρμογή τους.

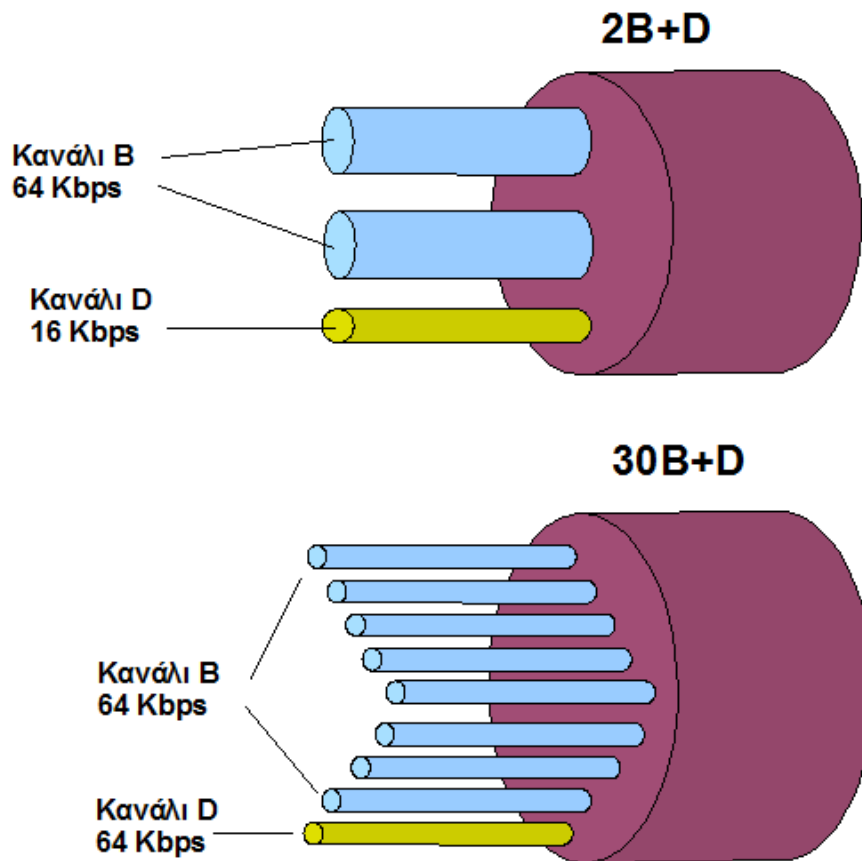
Τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν το ISDN είναι:

- *Ψηφιακή Μετάδοση:* Όλα τα δεδομένα στο δίκτυο ISDN κινούνται σε ψηφιακή μορφή. Ακόμα και η φωνή (τηλεφωνική συνδιάλεξη) ψηφιοποιείται πριν σταλεί στη γραμμή.
- *Η σηματοδότηση γίνεται μέσω ιδιαίτερου καναλιού (common channel signaling).* Η σηματοδότηση περιλαμβάνει τα βοηθητικά σήματα με τα οποία γίνεται η διαχείριση μιας επικοινωνίας (π.χ. το κουδούνισμα σε μια τηλεφωνική κλήση, η διαδικασία έναρξης και λήξης μιας σύνδεσης κ.λ.π.)
- *Ο ενιαίος τρόπος με τον οποίο συνδέονται συσκευές και χρήστες στο δίκτυο:* Οι υπηρεσίες του δικτύου είναι όλες διαθέσιμες μέσω ενός και μόνο τύπου σύνδεσης (από την ίδια απόληξη (πρίζα)).

Το δίκτυο διαθέτει δύο τρόπους πρόσβασης, την *διεπαφή βασικού ρυθμού* και την *διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού*.

Η **διεπαφή βασικού ρυθμού** (Basic Rate Interface, BRI) παρέχει δύο κανάλια μετάδοσης δεδομένων (2 κανάλια-B) και ένα κανάλι σηματοδότησης (1 κανάλι-D). Κάθε κανάλι B επιτυγχάνει ρυθμό μετάδοσης 64KBps και μεταφέρει ψηφιακά δεδομένα. Η φωνή (τηλεφωνική κλήση) μεταφέρεται αφού πρώτα ψηφιοποιηθεί με ρυθμό δειγματοληψίας 8000HZ και δείγματα 8bit. Το κανάλι D έχει ρυθμό μετάδοσης 16KBps και χρησιμοποιείται για τις βοηθητικές λειτουργίες (έναρξη / λήξη σύνδεσης). Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν το ένα ή και τα δύο κανάλια B ταυτόχρονα. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να χρησιμοποιούν το ένα κανάλι για μετάδοση δεδομένων και το άλλο για φωνή, ή και τα δύο για δεδομένα, ή τέλος και τα δύο για φωνή. Με το ISDN είναι δυνατόν να έχουμε ταυτόχρονα δύο τηλεφωνικές συνδιαλέξεις μέσω της ίδιας γραμμής. Αν συνδυάσουμε και τα δύο κανάλια για μετάδοση δεδομένων, επιτυγχάνουμε συνολικό ρυθμό μετάδοσης 128KBps. Μαζί με το κανάλι D (το οποίο ωστόσο δεν μεταφέρει χρήσιμα δεδομένα χρήστη) ο ρυθμός μετάδοσης φτάνει τα 144KBps.

Η **διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού** (Primary Rate Interface, PRI) παρέχει 30 κανάλια δεδομένων τύπου B (ταχύτητας 64Kbps) και ένα κανάλι D σηματοδότησης, το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι επίσης ρυθμού 64 Kbps (Θυμηθείτε ότι στο BRI είναι 16 Kbps). Εκτός από τα 30 κανάλια B και το 1 κανάλι D, χρησιμοποιείται ένα ακόμα κανάλι των 64 Kbps για πλαισίωση



Σχήμα 6.2: Διεπαφές βασικού και πρωτεύοντος ρυθμού στο ISDN

(framing) και συντήρηση του δικτύου. Το κανάλι αυτό δεν χαρακτηρίζεται ως B ή D.

**Πλαισίωση ή framing (σημείωση κατανόησης):** Στις τηλεπικοινωνίες, τα περισσότερα σήματα που μεταδίδονται ψηφιακά σε ένα μέσο (π.χ. καλώδιο) μεταφέρουν εκτός από τα χρήσιμα δεδομένα και επιπλέον πληροφορίες που χρησιμοποιούνται από τα κυκλώματα λήψης για να επιτύχουν το συγχρονισμό και τον έλεγχο ροής των δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Στη διαδικασία της πλαισίωσης, ο παραλήπτης λαμβάνει και ξεχωρίζει αυτά τα σήματα από τα υπόλοιπα δεδομένα, τα οποία έπειτα μπορούν να αποκωδικοποιηθούν και να χρησιμοποιηθούν.

Ο συνολικός ρυθμός μετάδοσης είναι λοιπόν  $30 \times 64 \text{ Kbps}$  (τα κανάλια B) +  $1 \times 64 \text{ Kbps}$  (το κανάλι D) +  $1 \times 64 \text{ Kbps}$  (το έξτρα κανάλι σηματοδο-

σίας) = 2048 Kbps = 2,048 Mbps. Είναι η ίδια ταχύτητα που υποστηρίζει μια ψηφιακή γραμμή E1. Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιείται στην Ευρώπη, στη Βόρεια Αμερική και στην Ιαπωνία χρησιμοποιείται το πρότυπο 23B+D. Και στην περίπτωση αυτή τόσο τα κανάλια B όσο και το κανάλι D είναι ρυθμού 64 Kbps ενώ χρησιμοποιείται ένα ακόμα κανάλι (που δεν χαρακτηρίζεται ως B ή D) με ταχύτητα 8 Kbps για πλαισίωση και συντήρηση του δικτύου. Στην περίπτωση αυτή ο συνολικός ρυθμός μετάδοσης είναι  $23 \times 64 \text{ Kbps}$  (τα κανάλια B) +  $1 \times 64 \text{ Kbps}$  (το κανάλι D) +  $1 \times 8 \text{ Kbps}$  (το έξτρα κανάλι σηματοδοσίας) = 1544 Kbps = 1,544 Mbps.

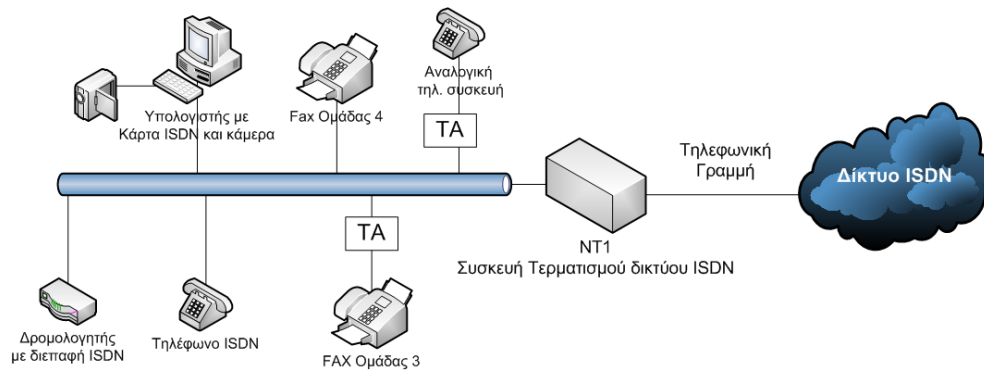
Αν και το ISDN χρησιμοποιεί την ήδη υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή (τα ίδια χάλκινα τηλεφωνικά καλώδια που χρησιμοποιούνται στην κλασικό τηλεφωνικό σύστημα) ωστόσο απαιτεί την εγκατάσταση μιας ειδικής συσκευής στη μεριά του χρήστη. Πρόκειται για την **συσκευή τερματισμού δικτύου NT1**. Ο παροχέας της υπηρεσίας ISDN (π.χ. ΟΤΕ) εγκαθιστά τη συσκευή αυτή στο χώρο του συνδρομητή και την συνδέει στον κόμβο ISDN στο τηλεφωνικό κέντρο που μπορεί να βρίσκεται αρκετά χιλιόμετρα μακριά. Η σύνδεση γίνεται με το κανονικό καλώδιο (συνεστραμμένων ζευγών) του συνδρομητή που χρησιμοποιούνταν παλιότερα για το απλό τηλέφωνο. Η κίνηση έπειτα δρομολογείται στο δίκτυο του τηλεπικοινωνιακού φορέα με καθαρά ψηφιακό τρόπο (χρησιμοποιώντας τεχνικές μεταγωγής πακέτων, νοητού κυκλώματος κλπ). Η συσκευή τερματισμού NT1 μπορεί να συνδεθεί με μέχρι 8 συσκευές σε απόσταση μέχρι 150 μέτρα. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι είτε ειδικές για ISDN (μη ξεχνάμε ότι πρόκειται για ψηφιακά δεδομένα), είτε οι κλασικές αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές μέσω του ειδικού **τερματικού προσαρμογέα TA**. Οι ειδικές συσκευές μπορεί να είναι ψηφιακά τηλέφωνα, FAX ομάδας 4, εικονοτηλέφωνα κλπ.

---

**Τερματικός Προσαρμογέας (TA) (σημείωση κατανόησης):** Όπως είπαμε ήδη, για να συνδέσουμε ένα κλασικό αναλογικό τηλέφωνο σε μια γραμμή ISDN, χρειάζεται ειδικός προσαρμογέας. Γιατί συμβαίνει αυτό; Καθώς το ISDN χρησιμοποιεί ψηφιακή μετάδοση, το κλασικό τηλέφωνο δεν μπορεί να συνδεθεί απευθείας – τα δεδομένα φωνής είναι αναλογικά. Ο προσαρμογέας TA διαθέτει ένα μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό (ADC, Analog to Digital Converter) ο οποίος μετατρέπει τη φωνή από τη συσκευή σε ψηφιακά δεδομένα, καθώς και μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό (DAC, Digital to Analog Converter) ο οποίος κάνει την αντίστροφη διαδικασία. Στην πραγματικότητα ο προσαρμογέας αυτός βρίσκεται συνήθως ενσωματωμένος στη συσκευή NT1 που μας δίνει ο παροχέας. Για παράδειγμα ο ΟΤΕ δίνει τη συσκευή Netmod η οποία περιέχει μέσα και το TA.

---

**Μη ξεχνάμε** ότι τα κανάλια στο ISDN είναι *λογικά* και όχι φυσικά. Όταν λέμε λοιπόν για 30 κανάλια B δεν εννοούμε 30 καλώδια. Το ISDN λειτουργεί πάντα με την ίδια δισύρματη γραμμή που χρησιμοποιείται και στο κοινό τηλεφωνικό δίκτυο.



Σχήμα 6.3: Ο εξοπλισμός του ISDN

Μπορούμε να συνδυάσουμε το βασικό και τον πρωτεύοντα ρυθμό για να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο με μια κεντρική θέση και πολλές περιφερειακές. Στην κεντρική θέση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σύνδεση πρωτεύοντος ρυθμού και στις περιφερειακές βασικού ρυθμού. Έτσι μπορούμε για παράδειγμα να συνδέσουμε ταυτόχρονα ένα κεντρικό υπολογιστή σε 30 περιφερειακούς υπολογιστές (23 για Αμερική και Ιαπωνία). Η υπηρεσία ISDN

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική Χρήση
Κόστος ανάλογο με την κίνηση	Αν και αναπτύσσεται διαρκώς δεν είναι ακόμα παγκόσμια διαθέσιμο	Σποραδική κίνηση που περιλαμβάνει φωνή, εικόνα, δεδομένα
Μεταφορά φωνής, εικόνας και δεδομένων	Υψηλό κόστος για συνεχή μεταφορά δεδομένων	Σαν εφεδρική γραμμή μαζί με τις ασύγχρονες επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές
Γρήγορη εγκαθίδρυση σύνδεσης		

Πίνακας 6.2: Χαρακτηριστικά ISDN

είναι χρήσιμη όταν η μετάδοση δεδομένων δεν είναι συνεχής και οι ανάγκες σε ταχύτητα κυμαίνονται. Καθώς γίνεται κλήση για την αποκατάσταση της

σύνδεσης, ο συνδρομητής πληρώνει για όση ώρα μεταφέρει δεδομένα (σε αντίθεση με την ADSL που η μετάδοση είναι συνεχής και η χρέωση είναι πάγια). Καθώς σήμερα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο άλλες τεχνολογίες με μόνιμη σύνδεση (ADSL), το ISDN συνήθως περιορίζεται για χρήση ως εφεδρική σύνδεση σε απομακρυσμένα μηχανήματα / δίκτυα, σε περίπτωση βλάβης της κύριας γραμμής.

Το ISDN που περιγράψαμε σε αυτή την ενότητα, αναφέρεται και ως *ISDN στενής ζώνης* (Narrow Band ISDN). Ωστόσο αναπτύσσονται (έτσι νομίζει το βιβλίο σας δηλαδή) πρότυπα και για *ISDN ευρείας ζώνης* (Broadband ISDN) το οποίο χρησιμοποιεί οπτική ίνα.

## 6.8 xDSL

Η τεχνολογία xDSL (Digital Subscriber Line) αποτελεί μια εξέλιξη της τεχνολογίας ISDN και συνεχίζει να χρησιμοποιεί τα χάλκινα τηλεφωνικά καλώδια που χρησιμοποιούνται ήδη για τη μετάδοση φωνής. Το τμήμα του καλωδίου που ξεκινάει από τον συνδρομητή και καταλήγει στον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό του παροχέα, ονομάζεται *συνδρομητικός (τοπικός) βρόχος* (local loop). Η γραμμή DSL υπάρχει σε διάφορες παραλλαγές, έτσι το x στην ονομασία μπορεί να συμβολίζει το ADSL, R-ADSL, HDSL, SDSL, VDSL. Η τεχνολογία γενικά αποτελεί εξέλιξη του ISDN βασικού ρυθμού που παρέχει δύο κανάλια δεδομένων (B) με ταχύτητα 64Kbps και ένα κανάλι σηματοδοσίας ταχύτητας 16Kbps.

Ο βασικός λόγος που ώθησε την ανάπτυξη της τεχνολογίας DSL είναι η χαμηλή ταχύτητα που επιτυγχάνονταν με τις προηγούμενες τεχνολογίες, ειδικά όσο αφορά τους οικιακούς χρήστες. Για παράδειγμα, η τυπική σύνδεση με τη βοήθεια modem σε PSTN γραμμή φτάνει μέχρι την ταχύτητα των 56Kbps (θεωρητικά) η οποία όμως δεν μπορεί να μεταφέρει το είδος των δεδομένων (πολυμέσα όπως ήχος και video, τηλεδιάσκεψη κλπ) που απαιτούνται στις σύγχρονες εφαρμογές Internet. Πράγματι τα 56Kbps (πρότυπο modem V90) σήμερα μόλις που επαρκούν για απλές χρήσεις όπως το email. Μεγάλες ταχύτητες μπορούν φυσικά να επιτευχθούν με τεχνολογία οπτικών ινών (Fiber to Home), το κόστος της όμως είναι γενικά απαγορευτικό για οικιακή χρήση.

---

**Αφόρτιστη γραμμή (σημείωση κατανόησης):** Σε τηλεφωνικές γραμμές (ειδικά σε μεγάλου μήκους) χρησιμοποιούνται πολλές φορές κάποια εξαρτήματα γνωστά ως πηνία φόρτισης (loading coils). Τα πηνία φόρτισης αυξά-



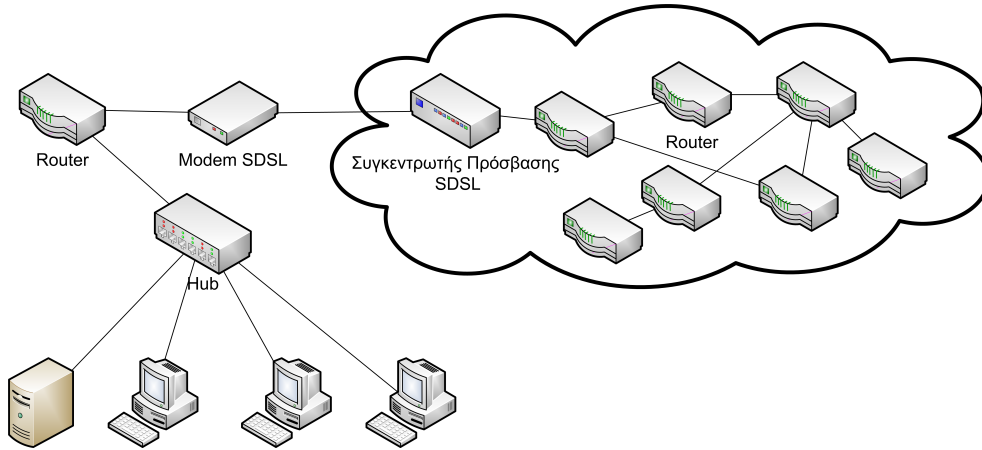
νουν την επαγωγική αντίσταση της γραμμής, και σε συνδυασμό με τη χωρητική αντίσταση του καλωδίου δημιουργούν ένα φίλτρο που επιτρέπει μόνο στις συχνότητες της φωνής (300-3400Hz) να περάσουν από τη γραμμή. Αυτό βελτιώνει αισθητά την ποιότητα του ήχου στο τηλέφωνο, αποκόπτει όμως τις υψηλές συχνότητες που χρησιμοποιούνται στην DSL. Για το λόγο αυτό τα πηνία αυτά πρέπει να αφαιρεθούν για να χρησιμοποιηθεί η γραμμή ως DSL. Σε περιπτώσεις όμως που η απόσταση συνδρομητή - τηλεφωνικού κέντρου είναι μεγάλη (μεγαλύτερη από 6 χιλιόμετρα) δεν είναι δυνατή η αφαίρεση των πηνίων αυτών, καθιστώντας αδύνατη την εγκατάσταση DSL.

Η τεχνολογία xDSL μπορεί να προσφέρει ταχύτητες της τάξης των Mbps. Χρησιμοποιεί τον συνδρομητικό βρόχο ως μέρος του κυκλώματος μεταφοράς των δεδομένων (ως αφόρτιστη μισθωμένη γραμμή). Η χρήση αυτής της τεχνολογίας δεν απαιτεί επαναλήπτες ή ενισχυτές, και υποστηρίζει ταχύτητες προτύπων E1 (2,048 Mbps) και T1 (1,544Mbps) για μετάδοση δεδομένων. Ταυτόχρονα είναι δυνατή και η μετάδοση φωνής για λειτουργία ως κανονικό τηλεφωνικό δίκτυο. Σε κάθε άκρο της σύνδεσης χρησιμοποιείται μια συσκευή τερματισμού (baseband modem). Η συσκευή αυτή λειτουργεί όπως το modem, λαμβάνοντας ροή ψηφιακών δεδομένων και μετατρέποντας τη σε αναλογικό σήμα το οποίο είναι κατάλληλο για τη μεταφορά μέσω του συνδρομητικού βρόχου. Το σήμα αυτό είναι σημαντικά υψηλότερου ρυθμού (μεγαλύτερης συχνότητας) από το κλασικό τηλεφωνικό σήμα (φωνή).

**Σημείωση κατανόησης:** Γνωρίζουμε ότι γενικά η τηλεφωνική γραμμή δεν είναι κατάλληλη για μετάδοση σημάτων υψηλών συχνοτήτων. Το μυστικό της DSL είναι ότι αυτή η αναλογική μετάδοση γίνεται μόνο σε μικρό τμήμα, στον τοπικό βρόχο. Πρακτικά αυτό σημαίνει από το σπίτι του συνδρομητή μέχρι το τηλεφωνικό κέντρο, και όχι μέχρι τα τελικά μηχανήματα της εταιρείας παροχής Internet. Στις περισσότερες περιπτώσεις το τμήμα αυτό είναι μικρό - από μερικές εκατοντάδες μέτρα μέχρι 2-3 χιλιόμετρα. Σε περίπτωση που ο συνδρομητής είναι αρκετά μακριά από το τηλεφωνικό κέντρο, η ποιότητα και η ταχύτητα της γραμμής DSL μειώνονται δραματικά.

Για τη μετάδοση χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες διαμόρφωσης (θυμάστε τι είναι η διαμόρφωση;) με τις οποίες το διαθέσιμο εύρος ζώνης της γραμμής χωρίζεται συνήθως σε τρία κανάλια: Ένα για τη μετάδοση δεδομένων προς τα πάνω (από το συνδρομητή προς τον παροχέα, γνωστό ως upstream), ένα προς τα κάτω (από τον παροχέα προς το συνδρομητή, γνω-

στό ως downstream) και ένα για την μετάδοση φωνής.



Σχήμα 6.4: Πρόσβαση τοπικού δικτύου σε δίκτυο ευρείας περιοχής μέσω τεχνολογίας SDSL

Ανάλογα με το αν η ταχύτητα μετάδοσης προς τις δύο κατευθύνσεις είναι ίδια ή διαφορετική έχουμε τις παραλλαγές της σύγχρονης DSL (SDSL, ίδια ταχύτητα upstream και downstream) και ασύγχρονης DSL (ADSL, διαφορετικές ταχύτητες upstream / downstream). Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές xDSL που υποστηρίζουν αυτά τα είδη μεταδόσεων. Αν για παράδειγμα μας ενδιαφέρει η οικιακή χρήση, είναι σημαντικό να έχουμε μεγαλύτερη ταχύτητα στη λήψη δεδομένων, οπότε χρειαζόμαστε μεγαλύτερη ταχύτητα downstream (για να βλέπουμε ιστοσελίδες, να κατεβάζουμε αρχεία κλπ). Υπάρχουν περιπτώσεις που μας ενδιαφέρει να έχουμε μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης (upstream) όπως για παράδειγμα αν παρέχουμε υπηρεσίες στο διαδίκτυο (web server κλπ) ή για τηλεδιάσκεψη. Μια τέτοια γραμμή DSL μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο μιας μισθωμένης γραμμής E1 ή T1.

**Σημείωση:** Οι ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν με την τεχνολογία DSL ανάμεσα στα baseband modems (το ένα διαθέτει ο συνδρομητής και το άλλο ο παροχέας) εξαρτώνται από την απόσταση που τα χωρίζει και από τη διατομή του τηλεφωνικού καλωδίου που χρησιμοποιείται. Πιο χοντρά καλώδια έχουν καλύτερη απόδοση, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη ταχύτητα σε μεγαλύτερες αποστάσεις, αλλά έχουν και μεγαλύτερο κόστος. Ο πίνακας 6.4 δείχνει τη σχέση απόστασης - ταχύτητας - διατομής για την τεχνολογία SDSL.

Τεχνολογία	Σημασία	Αριθμός Ζευγών	Ταχύτητα	Μέγιστη Απόσταση
ADSL	Assymmetric DSL	1	8 Mbps downstream 1,5 Mbps upstream	3 Km 6,6 – 7,5 Km
ADSL Lite		1	1 Mbps downstream 384 Kbps upstream	
HDSL	High-bit-rate DSL	2 3	2 Mbps Full Duplex (E1) 1,5 Mbps Full Duplex (T1)	3,5 – 4,5 Km
SDSL	Single Line DSL	1	2 Mbps Full Duplex (E1) 1,5 Mbps Full Duplex (T1)	3 Km
VDSL	Very-high-bit rate DSL	1	13 – 52 Mbps downstream 1,5 – 2,3 Mbps upstream	0,3 – 1,4 Km

Πίνακας 6.3: Τεχνολογίες xDSL

Ταχύτητα	0.4 mm	0.5 mm	0.6 mm	0.8 mm	1.0 mm	1.2 mm
<b>128 Kbps</b>	6.5	8.9	12.7	16.1	22.5	25.1
<b>256 Kbps</b>	5.5	7.5	10.8	13.6	19.0	21.2
<b>384 Kbps</b>	5.1	7.0	10.0	12.6	17.6	19.7
<b>512 Kbps</b>	4.7	6.4	9.2	11.6	16.3	18.1
<b>768 Kbps</b>	4.4	6.0	8.6	10.9	15.2	17.0
<b>1152 Kbps</b>	3.8	5.2	7.4	9.4	13.1	14.7
<b>1536 Kbps</b>	3.3	4.5	6.5	8.2	11.4	12.7
<b>2048 Kbps</b>	2.5	3.4	4.9	6.2	8.7	9.7
<b>2304 Kbps</b>	2.2	3.0	4.3	5.4	7.6	8.5

Πίνακας 6.4: Απόσταση (σε Km) που μπορεί να καλυφθεί ανάλογα με τη διατομή του καλωδίου και την επιθυμητή ταχύτητα σε σύνδεση με SDSL modem

Από τον πίνακα 6.3 βλέπουμε ότι για απλή πρόσβαση στο Διαδίκτυο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τεχνολογία ADSL ή ADSL Lite. Σε περίπτωση που απαιτούνται υψηλές ταχύτητες για π.χ. πολυμεσικές εφαρμογές (τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας κλπ). Οι συμμετρικές παραλλαγές HDSL και SDSL που επιτυγχάνουν υψηλές ταχύτητες και προς τις δύο κατευθύνσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν (αντί για τις T1 και E1) για την διασύνδεση τοπικών δικτύων μεταξύ τους.

Οι διάφορες παραλλαγές της τεχνολογίας DSL είναι σε διαρκή εξέλιξη ενώ ταυτόχρονα και το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους όλο και μειώνεται. Για το λόγο αυτό αναμένεται ότι στα επόμενα χρόνια η τεχνολο-

για DSL θα έχει όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή και θα αποτελεί την πλέον διαδεδομένη τεχνολογία για παροχή υπηρεσιών όπως η πρόσβαση τελικών χρηστών στο Διαδίκτυο και σε online υπηρεσίες, η τηλεδιάσκεψη, το video κατά απαίτηση (video on demand), η δικτυακή τηλεόραση, μετάδοση φωνής, IP telephony κ.α. Ο πίνακας 6.5 δείχνει τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας.

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>	<b>Βασική Χρήση</b>
<p>Αξιοποίηση υπάρχουσας υποδομής</p> <p>Πολύ υψηλές ταχύτητες. Χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας</p> <p>Υποστήριξη μετάδοσης δεδομένων και φωνής μέσα από την ίδια τηλεφωνική γραμμή</p>	<p>Μικρή Απόσταση</p>	<p>Πρόσβαση σε Internet, intranet, τηλεφωνία μέσω IP (VoIP, Voice Over IP)</p> <p>Διασύνδεση τοπικών δικτύων, υποκατάστατο γραμμών E1 και T1.</p> <p>Video κατά παραγγελία (Video on Demand), τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας</p>

Πίνακας 6.5: Χαρακτηριστικά xDSL

**Μέρος II**

**Παραρτήματα**



**Παράρτημα Α΄**

**GNU Free Documentation License**

**GNU Free Documentation License**

Version 1.2, November 2002

Copyright ©2000,2001,2002 Free Software  
Foundation, Inc.51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA  
02110-1301 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

**Preamble**

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

**1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS**

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License.

Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "**Document**", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "**you**". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "**Modified Version**" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "**Secondary Section**" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "**Invariant Sections**" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "**Cover Texts**" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "**Transparent**" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a



format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "**Opaque**".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "**Title Page**" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "**Entitled XYZ**" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "**Acknowledgements**", "**Dedications**", "**Endorsements**", or "**History**".) To "**Preserve**

**the Title**" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

## 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

## 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as

long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

#### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section

of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.

- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access

to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.

- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25

words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of

some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of

---

this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

**ADDENDUM: How to use this License  
for your documents**

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright ©YEAR YOUR  
NAME. Permission is granted  
to copy, distribute and/or modify  
this document under the terms  
of the GNU Free Documentation  
License, Version 1.2 or any later  
version published by the Free  
Software Foundation; with no  
Invariant Sections, no Front-  
Cover Texts, and no Back-Cover  
Texts. A copy of the license is  
included in the section entitled  
"GNU Free Documentation  
License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being  
LIST THEIR TITLES, with the  
Front-Cover Texts being LIST,  
and with the Back-Cover Texts  
being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.