

εξάγωνα (κυψέλες), των οποίων η διάμετρος δεν υπερβαίνει τα μερικά χιλιόμετρα (1,5-13). Κάθε κυψέλη περιλαμβάνει πομπό χαμηλής ισχύος τοποθετημένο σε σταθερό σταθμό βάσης. Οι συχνότητες της κυψελοειδούς τηλεφωνίας βρίσκονται στην περιοχή των 900 και 1800 MHz και επιτρέπουν μεγάλο αριθμό από ταυτόχρονες συνδιαλέξεις ανά κυψέλη. Σε κάθε κυψέλη λειτουργεί σύνολο συχνοτήτων, που διαφέρει από τις συχνότητες των γειτονικών κυψελών. Οι κυψέλες εξυπηρετούνται συνήθως από δύο ομάδες τηλεφωνικών καναλιών, οι οποίες χορηγούνται για όλη την περιοχή. Τα κανάλια αυτά λαμβάνονται από τις εκχωρημένες ζώνες συχνοτήτων (περιοχές γύρω από τα 900 και 1800 MHz) και μοιράζονται στις διάφορες κυψέλες. Επειδή η ισχύς μετάδοσης σε συγκεκριμένη κυψέλη διατηρείται σε επίπεδο, τέτοιο ώστε να μπορεί να εξυπηρετείται μόνο η συγκεκριμένη κυψέλη, το ίδιο σύνολο συχνοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες κυψέλες της ίδιας περιοχής. Έτσι, τα ίδια τηλεφωνικά κανάλια χρησιμοποιούνται σε περισσότερες από μια κυψέλες, με την προϋπόθεση όμως ότι απέχουν αρκετά μεταξύ τους, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα παρεμβολών.

Στα συστήματα κυψελοειδούς τηλεφωνίας, ένας κεντρικός υπολογιστής παρακολουθεί τους συνδρομητές, καθώς αυτοί κινούνται μέσα και μεταξύ των κυψελών. Στην περίπτωση, που κατά τη διάρκεια μιας κλήσης ένας συνδρομητής περάσει από μια κυψέλη σε γειτονική, το τηλεφωνικό κέντρο τον μεταγάει αυτόματα σε ελεύθερο κανάλι της νέας κυψέλης. Η μεταγωγή αυτή σχεδόν δεν γίνεται αντιληπτή από το συνδρομητή. Καθώς ο αριθμός των συνδρομητών αυξάνει, δημιουργείται η ανάγκη επαναχρησιμοποίησης των ίδιων καναλιών για την εξυπηρέτησή τους. Η επαναχρησιμοποίηση, όμως, αυτών προϋποθέτει τη διαίρεση των κυψελών σε μικρότερες κυψέλες, έτσι ώστε να αποφεύγονται προβλήματα παρεμβολών. Σήμερα, το σύστημα κυψελοειδούς τηλεφωνίας χρησιμοποιείται όχι μόνο για μετάδοση φωνής αλλά και δεδομένων (με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης, της τάξης των μερικών Kbps) ακόμη και πρόσβαση στο Διαδίκτυο.

### 3.2 Προβλήματα φυσικής μετάδοσης

Στόχος της μετάδοσης σε μία τηλεπικοινωνιακή ζεύξη είναι να ληφθεί στην έξοδο της τηλεπικοινωνιακής γραμμής η αρχική πληροφορία με τις λιγότερες δυνατές αλλοιώσεις.

Οι αλλοιώσεις, που παρουσιάζονται και, επομένως, η ποιότητα μετάδοσης σε μια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη εξαρτώνται από τις παρασιτικές τάσεις, που εμφανίζονται κατά τη μετάδοση και από τις παραμορφώσεις, που παθαίνει το σήμα. Άρα, το βασικότερο πρόβλημα, για να εξασφαλισθεί καλής ποιότητας μετάδοση, είναι ο περιορισμός των **παρασιτικών τάσεων** και των **παραμορφώσεων**.

Οι κάθε είδους παρασιτικές τάσεις, που εμφανίζονται, αθροίζονται στατιστικά, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται στην έξοδο της ζεύξης, εκτός από την ωφέλιμη ισχύ του σήματος, παρασιτική ισχύς, η οποία ονομάζεται **θόρυβος**. Οι αιτίες του θορύβου, που εμφανίζεται στις τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις, μπορεί να είναι οι ηλεκτρικές

εκκενώσεις, που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα, οι επιδράσεις από γραμμές μεταφοράς ενέργειας και οι ανεπιθύμητες συζεύξεις μεταξύ κυκλωμάτων, οι οποίες συνιστούν ιδιαίτερο είδος θορύβου, που ονομάζεται **διαφωνία**. Ιδιαίτερη σημασία για την αξιοπιστία του συστήματος μετάδοσης έχει ο λόγος σήματος προς θόρυβο στην έξοδο της ζεύξης. Ενώ ο θόρυβος, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οφείλεται στις παρασιτικές τάσεις, που εμφανίζονται στη ζεύξη, η ωφέλιμη ισχύς του σήματος στην έξοδο της ζεύξης εξαρτάται από τις παραμορφώσεις, που υφίσταται το σήμα κατά τη μετάδοση του στο μέσο μετάδοσης. Σημαντικός παράγοντας εξασθένησης του σήματος είναι η **έλλειψη προσαρμογής στη γραμμή**, η οποία μπορεί να αποτελέσει και την αιτία δημιουργίας φαινομένων ηχούς. Η **ηχώ** μπορεί να θεωρηθεί είδος ενδογενούς θορύβου, που οφείλεται σε ατελή συμπεριφορά των διατάξεων μετάδοσης.

#### Επισήμανση

Τα σημαντικότερα προβλήματα, που συναντώνται στα μέσα μετάδοσης και προκαλούν την αλλοίωση του μεταδιδόμενου σήματος, είναι τα εξής:

- Έλλειψη προσαρμογής στη γραμμή
- Παραμορφώσεις
- Θόρυβος
- Διαφωνία
- Ηχώ

### 3.2.1 Προσαρμογή σύνθετης αντίστασης της γραμμής

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των δισύρματων καλωδίων είναι η **σύνθετη αντίσταση** (ωμική, επαγωγική και χωρητική) ή **εμπέδηση**, όπως αλλιώς ονομάζεται.

Κάθε καλώδιο εμφανίζει **ωμική αντίσταση**, που ανάλογα με το μέγεθός της, έχει άμεση επίπτωση στην εξασθένηση του μεταδιδόμενου σήματος. Η εξασθένηση οφείλεται σε απώλεια μέρους της ισχύος του σήματος πάνω στη γραμμή υπό μορφή θερμότητας. Η ωμική αντίσταση ( $R$ ) εξαρτάται από το είδος του υλικού, το μήκος και τη διάμετρό του καλωδίου και αυξάνει, όταν αυξάνει το μήκος του καλωδίου, ενώ μειώνεται, όταν αυξάνεται η διάμετρός του.

Εκτός από την ωμική αντίσταση, οι δισύρματες γραμμές παρουσιάζουν επίσης επαγωγική ( $R_L$ ) και χωρητική ( $R_C$ ) αντίσταση. Η **επαγωγική αντίσταση** ( $R_L$ ) εκφράζει, ουσιαστικά, την ιδιότητα του αγωγού να αντιδρά σε κάθε μεταβολή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αγωγό. Είναι ανάλογη του μήκους της γραμμής, αλλά και της συχνότητας του σήματος που εισάγεται στη γραμμή. Το γεγονός, ότι η επαγωγική αντίσταση αυξάνεται με τη συχνότητα, έχει ως αποτέλεσμα σε υψηλές συχνότητες να παρατηρείται μεγάλη εξασθένηση, με συνέπεια η μετάδοση των δεδομένων στα δισύρματα καλώδια να γίνεται προβληματική στις υψηλές ταχύτητες.

Η **χωρητική αντίσταση** ( $R_C$ ) οφείλεται στη χωρητικότητα, που εμφανίζεται μεταξύ των αγωγών. Η γραμμή, δηλαδή, συμπεριφέρεται, όπως ένας πυκνωτής, όπου το ρόλο των αγωγίων πλακών παίζουν οι δύο αγωγοί και του διηλεκτρικού το μεταξύ τους μονωτικό υλικό. Η χωρητική αντίσταση μειώνεται, όταν αυξάνεται η συχνότητα. Επειδή, όμως, εμφανίζεται παράλληλα στη γραμμή, στις υψηλότερες συχνότητες του σήματος δημιουργεί μεγαλύτερες αποσβέσεις. Η χωρητικότητα εξαρτάται επίσης από το μήκος και τη διάμετρο των αγωγών καθώς και από τον τύπο του μονωτικού υλικού, που τους χωρίζει.

Ο συνδυασμός της ωμικής, χωρητικής και επαγωγικής αντίστασης εκφράζει τη **σύνθετη αντίσταση** της γραμμής ( $Z$ ), η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$Z^2 = R^2 + (R_L - R_C)^2$$

Όπως προκύπτει και από τον τύπο, η μικρότερη τιμή της  $Z$  εμφανίζεται, όταν η επαγωγική και χωρητική αντίσταση είναι ίσες. Ένα σημείο, το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία και πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα είναι, ότι, όταν αναφερόμαστε στην σύνθετη αντίσταση, πρέπει να αναφέρουμε και τη συχνότητα για την οποία μιλάμε. Όπως έχει ήδη ειπωθεί, η χωρητική και επαγωγική αντίσταση της γραμμής εξαρτάται από τη συχνότητα, συνεπώς, είναι επακόλουθο και η σύνθετη αντίσταση της γραμμής να εξαρτάται από τη συχνότητα.

#### **Θεώρημα Μέγιστης Μεταφοράς Ισχύος**

Στα συστήματα μετάδοσης, τόσο η έξοδος του πομπού όσο και η είσοδος του δέκτη χαρακτηρίζονται από μια σύνθετη αντίσταση. Για να έχουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος, πρέπει η σύνθετη αντίσταση της εξόδου του πομπού να είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση της εισόδου του δέκτη. Κατά αναλογία, στην περίπτωση γραμμής μεταφοράς, για να έχουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος στον δέκτη, θα πρέπει η σύνθετη αντίσταση της γραμμής να είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση του δέκτη. Όταν ισχύει αυτό, λέμε ότι έχουμε προσαρμογή σύνθετων αντιστάσεων.

Ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα, για να κατανοήσουμε, σε τι χρειάζεται η προσαρμογή σύνθετων αντιστάσεων. Ας θεωρήσουμε το κύκλωμα του Σχήματος 3-8, που αποτελείται από ένα πομπό και ένα δέκτη. Αν η τάση ( $E$ ) στην πηγή του πομπού είναι 3 Volt και οι αντιστάσεις γραμμής ( $R_L$ ) και δέκτη ( $R$ ) είναι 300  $\Omega$ , τότε η τάση στον δέκτη είναι:

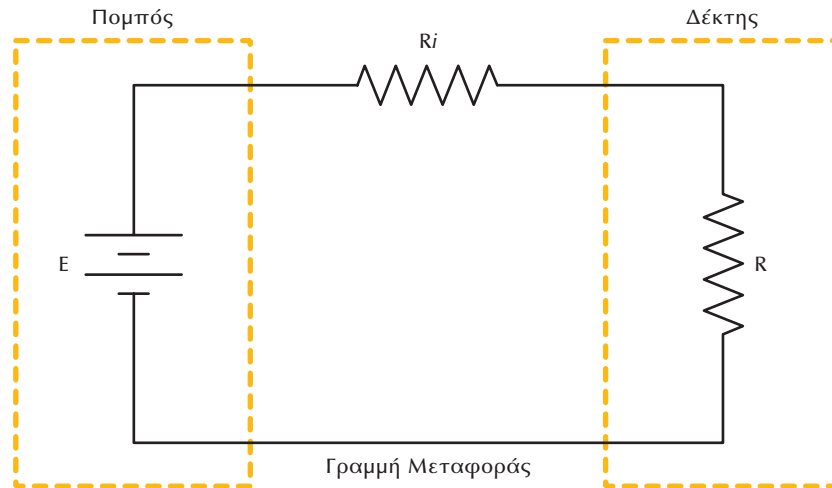
$$U_R = ER/(R+R_L) = 3 \times 300/600 = 1,5 \text{ V}$$

Και η ισχύς του σήματος στον δέκτη είναι  $P = U_R^2/R = 7,5 \text{ mW}$ .

Εάν, τώρα, η τερματική αντίσταση του δέκτη  $R$  γίνει 150  $\Omega$ , τότε η τάση και η ισχύς στον δέκτη θα είναι:

$$U_R = ER/(R + R_i) = 3 \times 150/450 = 1 \text{ V}$$

$$P = U_R^2/R = 6,6 \text{ mW}$$



**Σχήμα 3-8** Κύκλωμα αναφοράς

Αν αυξήσουμε τη θερματική αντίσταση του δέκτη στα 600 Ω, τότε η τάση και η ισχύς στο δέκτη γίνονται:

$$U_R = ER/(R + R_i) = 3 \times 600/900 = 2 \text{ V}$$

$$P = U_R^2/R = 6,6 \text{ mW}$$

Άρα, είτε αυξήσουμε είτε μειώσουμε τη θερματική αντίσταση του δέκτη μιας γραμμής, η ισχύς στο δέκτη είναι μικρότερη από τη τιμή που έχει, όταν η αντίσταση της γραμμής και η θερματική αντίσταση του δέκτη είναι ίσες.

Ας εξετάσουμε, όμως, ποιοτικά το φαινόμενο, ώστε να δούμε τι συμβαίνει. Στην περίπτωση που δεν έχουμε προσαρμογή αντιστάσεων, η ενέργεια, που φθάνει στο τέρμα της γραμμής, δεν απορροφάται όλη από το δέκτη. Έτσι, τμήμα της ενέργειας ανακλάται στο τέρμα της γραμμής, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ανακλώμενο κύμα. Όταν το κύμα, που ανακλάστηκε στο τέρμα της γραμμής, φθάσει στην είσοδο, συναντά τη σύνθετη αντίσταση του πομπού. Εάν αυτή δεν είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση της γραμμής, δημιουργείται πάλι ένα νέο ανακλώμενο κύμα και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Επομένως, για να έχουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος, θα πρέπει η σύνθετη αντίσταση της γραμμής να είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση τερματισμού (δέκτη). Η προσαρμογή είναι η κατάσταση, που επιδιώκεται πάντα σε μια γραμμή.

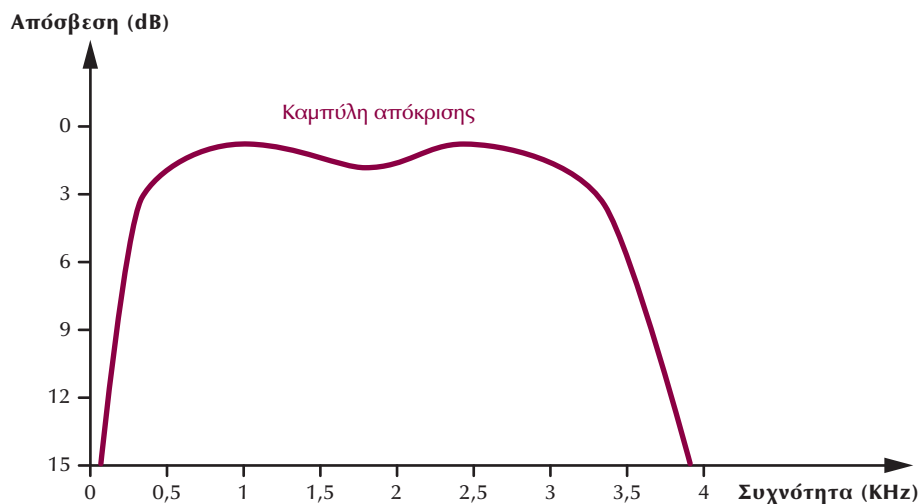
### Επισημάνση

Όταν η γραμμή κλείνει σε σύνθετη αντίσταση ίση με τη σύνθετη αντίσταση της γραμμής και η εσωτερική αντίσταση της γεννήτριας, που τροφοδοτεί τη γραμμή, έχει την ίδια τιμή, λέμε, ότι έχουμε προσαρμογή στη γραμμή. Στην περίπτωση αυτή, μεταφέρεται η μέγιστη δυνατή ισχύς από τη γεννήτρια στην είσοδο της γραμμής και από τη γραμμή στο φορτίο.

### 3.2.2 Παραμορφώσεις

Παραμορφώσεις συμβαίνουν σε όλα τα μέσα μετάδοσης. Στα αναλογικά σήματα μεταφράζονται σε τυχαίες εξασθενήσεις, που μειώνουν την ποιότητα του σήματος, ενώ στα ψηφιακά σε λανθασμένα bits (bit errors), τα οποία μπορούν να ανιχνευθούν ή και να διορθωθούν.

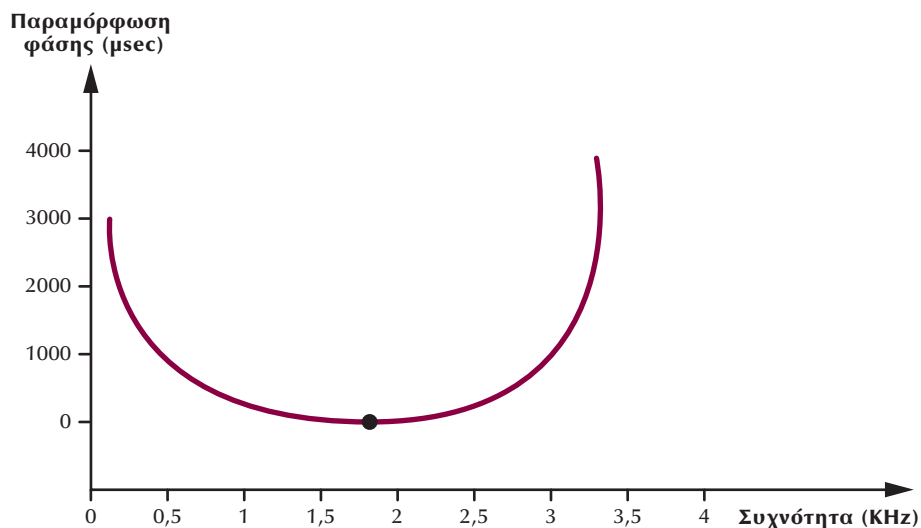
Τα σήματα μετάδοσης, που εισάγουμε στο μέσο μετάδοσης, αποτελούνται από πολλές συχνότητες. Κατά τη μετάδοση του σήματος στο φυσικό μέσο παρατηρούμε, ότι κάθε ξεχωριστή συχνότητα του σήματος υφίσταται διαφορετική εξασθένηση από τις άλλες. Στο Σχήμα 3-9 φαίνεται μία τυπική καμπύλη εξασθένησης τηλεφωνικής γραμμής (σε dB ανά χιλιόμετρο) σε σχέση με τη συχνότητα. Σε γραμμές, που παρουσιάζουν ανομοιόμορφη απόσβεση στις διάφορες συχνότητες, το σήμα λαμβάνεται στο δέκτη παραμορφωμένο. Η παραμόρφωση αυτή ονομάζεται **παραμόρφωση πλάτους (amplitude distortion)**. Στις τηλεφωνικές γραμμές η μεγαλύτερη εξασθένηση, παρουσιάζεται, συνήθως στις δύο ακραίες περιοχές συχνοτήτων. Η παραμόρφωση, η οποία παρουσιάζεται στις διάφορες συχνότητες, είναι αυτή, που καθορίζει και το εύρος ζώνης του μέσου.



Σχήμα 3-9 Εξασθένηση σε σχέση με τη συχνότητα

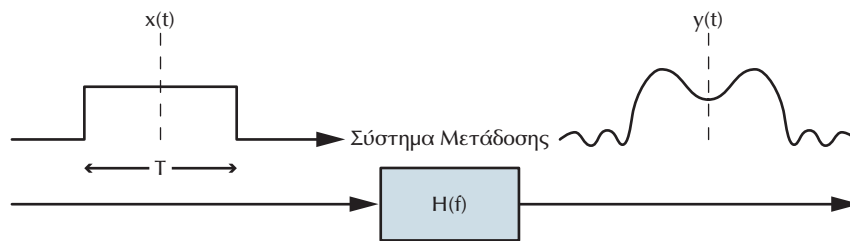
Για τη μεταφορά του σήματος από τη μία άκρη του τηλεπικοινωνιακού μέσου στην άλλη απαιτείται κάποιος χρόνος μετάδοσης. Η μεταβίβαση του σήματος δεν γίνεται ακαριαία. Στην περίπτωση, που η καθυστέρηση αυτή είναι διαφορετική για τις διάφορες συχνότητες του σήματος, παρατηρείται παραμόρφωση του σήματος στην έξοδο του τηλεπικοινωνιακού μέσου, που οφείλεται στο γεγονός, ότι κάθε συχνότητα χρειάζεται διαφορετικό χρόνο, για να φθάσει από την είσοδο της γραμμής στο τέρμα (άλλες συχνότητες φθάνουν νωρίτερα και άλλες αργότερα). Η παραμόρφωση αυτή ονομάζεται **παραμόρφωση φάσης (group delay)**.

Στο Σχήμα 3-10 δίνεται η διαφορετική συμπεριφορά της γραμμής στην καθυστέρηση μετάδοσης της κάθε συχνότητας. Σα βάση μέτρησης χρησιμοποιείται, συνήθως, ο χρόνος άφιξης της συχνότητας των 1800 Hz. Στον κατακόρυφο άξονα εκφράζεται η διαφορά του χρόνου άφιξης των διαφόρων συχνοτήτων σε  $\mu\text{sec}$  σε σχέση με αυτόν των 1800 Hz.



**Σχήμα 3-10** Συμπεριφορά γραμμής στην καθυστέρηση μετάδοσης της κάθε συχνότητας

Όπως έχουμε αναφέρει στο 2ο Κεφάλαιο, τα προς μετάδοση δεδομένα παριστάνονται από μία σειρά από ορθογωνικούς παλμούς σε διαφορετικούς συνδυασμούς. Καθώς αυτοί οι παλμοί περνούν από το σύστημα μετάδοσης, υφίστανται παραμορφώσεις πλάτους και φάσης, με αποτέλεσμα στην έξοδο του συστήματος μετάδοσης να παίρνουμε ένα παραμορφωμένο παλμό μη ορθογωνικό και με μεγαλύτερη διάρκεια από τον αρχικό (Σχήμα 3-11).



**Σχήμα 3-11** Παραμόρφωση ορθογωνικού παλμού κατά τη μετάδοσή του σε κανάλι επικοινωνίας

### 3.2.3 Θόρυβος

Θόρυβος χαρακτηρίζεται γενικά οποιοδήποτε σήμα σε ένα τηλεπικοινωνιακό κανάλι εκτός από το σήμα, που μεταφέρει την πληροφορία.

Οι κυριότερες πηγές θορύβου είναι:

- Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, που δημιουργούνται από γραμμές τροφοδοσίας συσκευών, όπως κινητήρες, ψυγεία, λυχνίες φθορισμού.
- Παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων, που προέρχονται από έντονα ηλεκτρομαγνητικά πεδία κεραιών εκπομπής, π.χ. ραδιοφωνίας και τηλεόρασης.
- Ενδογενής θόρυβος, που προέρχεται από ατελή συμπεριφορά των διατάξεων μετάδοσης.

Το θόρυβο μπορούμε να τον κατατάξουμε σε πολλές κατηγορίες, οι σπουδαιότερες των οποίων είναι:

- Θερμικός θόρυβος, οφείλεται στη θερμική κίνηση των ηλεκτρονίων. Είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και υπάρχει σε όλες τις συσκευές και μέσα μετάδοσης. Αναφέρεται επίσης και ως λευκός θόρυβος, γιατί είναι ομοιόμορφα κατανομημένος στο φάσμα συχνοτήτων.
- Θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης είναι ο θόρυβος, που παράγεται, όταν σήματα διαφορετικών συχνοτήτων μοιράζονται το ίδιο φυσικό μέσο μετάδοσης.
- Θόρυβος συνακρόασης, οφείλεται σε μη επιθυμητή σύζευξη μεταξύ σημάτων, που ακολουθούν διαφορετικούς διαύλους (διαφωνία).
- Κρουστικός θόρυβος είναι ο ασυνεχής, μη προβλέψιμος θόρυβος, που τυπικά χαρακτηρίζεται από μικρή διάρκεια και υψηλές τιμές. Πηγές κρουστικού θορύβου είναι οι αστραπές και οι ηλεκτρικές μηχανές (βιομηχανικά παράσιτα).
- Θόρυβος κβαντοποίησης, που προέρχεται από τη μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και το αντίστροφο.

Τα διάφορα παρασιτικά σήματα προσθέτονται στατιστικά, και αποτελούν τον ολικό θόρυβο του σήματος.

Η απόλυτη στάθμη του θορύβου μετράται σε dBm, όπως και η στάθμη του χρήσιμου σήματος. Στην πράξη, αυτό που έχει σημασία είναι η στάθμη του θορύβου σε σχέση με τη στάθμη του χρήσιμου σήματος. Η παράμετρος αυτή ονο-

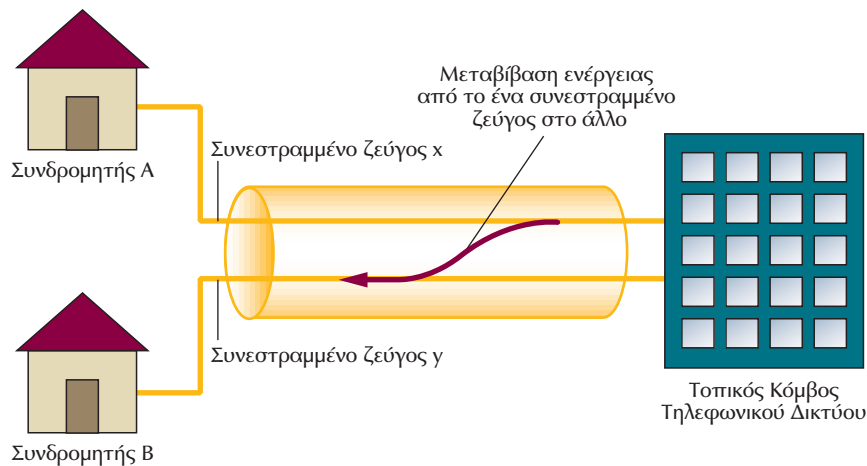
μάζεται «λόγος σήματος προς θόρυβο» και μετράται σε dB. Σε συνήθεις τηλεφωνικές γραμμές, λόγος σήματος προς θόρυβο μικρότερος από 20 dB θεωρείται κακός για μετάδοση δεδομένων, ενώ πάνω από 30 dB ικανοποιητικός.

### 3.2.4 Διαφωνία

Η διαφωνία αποτελεί ιδιαίτερο είδος θορύβου. Είναι η ανεπιθύμητη μεταβίβαση ενέργειας από ένα κανάλι σε άλλο, λόγω ηλεκτρικών, μαγνητικών ή γαλβανικών συζεύξεων μεταξύ των καναλιών. Το κανάλι, το οποίο μεταβιβάζει την ενέργεια, ονομάζεται παρενοχλόν κανάλι, ενώ το κανάλι, στο οποίο μεταβιβάζεται η ενέργεια, παρενοχλούμενο. Αποτέλεσμα της διαφωνίας είναι η μείωση της ποιότητας μετάδοσης τόσο στο παρενοχλόν όσο και στο παρενοχλούμενο κανάλι.

Μεταξύ δύο κυκλωμάτων υπάρχει ηλεκτρική ή μαγνητική σύζευξη, όταν το ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο του ενός κυκλώματος επιδρά στο άλλο κύκλωμα. Γαλβανική σύζευξη υπάρχει, όταν ρεύματα του ενός κυκλώματος ρέουν σε κανονική λειτουργία μέσω του άλλου κυκλώματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι κυκλώματα, που χρησιμοποιούν τη γη σαν αγωγό επιστροφής των ρευμάτων, κυκλώματα, δηλαδή, που έχουν κοινό αγωγό επιστροφής.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την έννοια της διαφωνίας, ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα. Ας θεωρήσουμε δύο συνδρομητές A και B του τηλεφωνικού δικτύου, οι οποίοι συνδέονται στον τοπικό κόμβο του τηλεφωνικού δικτύου με τα γειτονικά ζεύγη καλωδίων x και y αντίστοιχα (Σχήμα 3-12). Τα συνεστραμμένα ζεύγη x και y ανήκουν στο ίδιο καλώδιο. Κατά τη μετάδοση του σήματος στο συνεστραμμένο ζεύγος x από τον συνδρομητή A, τμήμα της ενέργειας συλλαμβάνεται από το συνεστραμμένο ζεύγος y του συνδρομητή B. Αυτό το τμήμα της ενέργειας αντιστοιχεί στη διαφωνία μεταξύ των γειτονικών συνεστραμμένων ζευγών x και y.

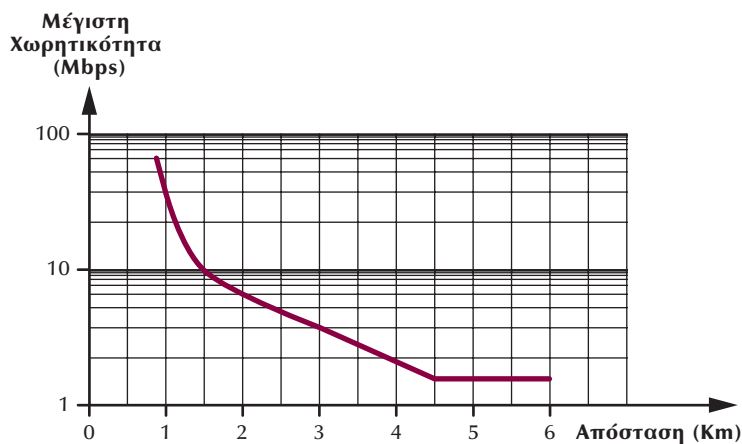


Σχήμα 3-12 Διαφωνία



Η διαφωνία διακρίνεται σε καταληπτή και μη καταληπτή. Στην καταληπτή διαφωνία η συνδιάλεξη, που διεξάγεται στην παρενοχλούσα γραμμή, είναι ολικά ή μερικά ευδιάκριτη στην παρενοχλούμενη γραμμή, ενώ στην μη καταληπτή διαφωνία ακούγονται μόνο ασυνάρτητοι φθόγγοι και παρασιτικοί ήχοι.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την επίδραση της διαφωνίας στις τηλεφωνικές γραμμές, ας εξετάσουμε την παρακάτω περίπτωση. Ας θεωρήσουμε καλώδιο, το οποίο αποτελείται από 50 ζεύγη δισύρματων γραμμών και ας υποθέσουμε, ότι τα 49 ζεύγη γραμμών επιδρούν ταυτόχρονα στο ζεύγος αναφοράς. Στο Σχήμα 3-13 δίνεται η χωρητικότητα, του ζεύγους αναφοράς σε σχέση με το μέγιστο μήκος της γραμμής, σε περιβάλλον διαφωνίας. Έτσι, από το διάγραμμα του σχήματος μπορεί να διακρίνει κάποιος, ότι καθώς το μήκος της γραμμής αυξάνει από ένα 1 σε τρία 3 χιλιόμετρα, σε περιβάλλον διαφωνίας, η μέγιστη χωρητικότητα της γραμμής μειώνεται από 30 σε 3 Mbps.



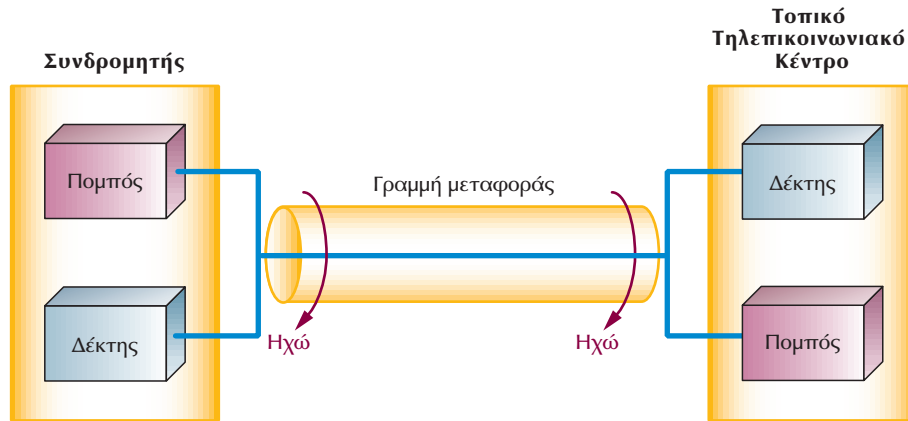
**Σχήμα 3-13** Χωρητικότητα συναρτήσεως του μέγιστου μήκους μετάδοσης, σε συνθήκες διαφωνίας μεταξύ των γραμμών μεταφοράς

### 3.2.5 Ηχώ

Ηχώ είναι η επιστροφή τμήματος του σήματος στη πηγή δημιουργίας του. Στην περίπτωση φωνητικής τηλεφωνίας, εκφράζεται σαν την επιστροφή φωνής στον ομιλούντα, λόγω ανακλάσεως σε ορισμένα σημεία της γραμμής.

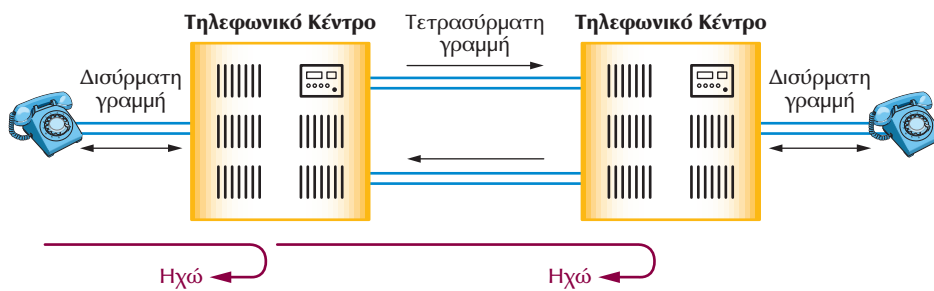
Ας εξετάσουμε την περίπτωση του Σχήματος 3-14, όπου συνδρομητής συνδέεται μέσω απλής δισύρματης τηλεφωνικής γραμμής στο τοπικό τηλεφωνικό κέντρο. Ο πομπός και ο δέκτης του συνδρομητή συνδέονται στη συνδρομητική γραμμή μέσω διακλάδωσης, η οποία επιτρέπει να περνούν σήματα και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Ανάλογη διακλάδωση υπάρχει και προς την πλευρά του τηλεφωνικού κέντρου. Η ανάκλαση του μεταδιδόμενου σήματος, είτε στη

διακλάδωση του συνδρομητή είτε στη διακλάδωση του τηλεφωνικού κέντρου, έχει ως αποτέλεσμα την επιστροφή τμήματος του σήματος πίσω στον εκπομπό. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ηχώ.



**Σχήμα 3-14** Ηχώ

Η ηχώ γίνεται αντιληπτή, όταν μεσολαβεί ορισμένη χρονική καθυστέρηση μεταξύ του αρχικού και του ανακλώμενου σήματος. Για αυτό το λόγο, εξαρτάται από το μήκος της γραμμής και γίνεται τόσο περισσότερο ενοχλητική όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της. Συνήθως δημιουργείται, όταν έχουμε αλλαγές στη σύνθετη αντίσταση μιας γραμμής, όπως στις περιπτώσεις κακής προσαρμογής μεταξύ γραμμών. Περίπτωση κακής προσαρμογής, που δημιουργεί ηχώ, είναι η σύνδεση δύο γραμμών διαφορετικής σύνθετης αντίστασης, για παράδειγμα ενός ομοαξονικού και ενός συνεστραμμένου καλωδίου ή μίας δισύρματης με μία τετρασύρματη γραμμή (Σχήμα 3-15).



**Σχήμα 3-15** Δημιουργία ηχούς

## Εισαγωγή

Ένα δίκτυο αποτελείται από παθητικά και ενεργά στοιχεία.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε και θα αναλύσουμε τα ενεργά στοιχεία των δικτύων, όπως τα Modems, τους επαναλήπτες, τους μεταγωγείς, τις γέφυρες και τους δρομολογητές.

Στα παθητικά στοιχεία εντάσσονται τα καλώδια, τα οποία παρουσιάσαμε στο κεφάλαιο 4. Παθητικά στοιχεία, επίσης, είναι τα εξαρτήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση για τη σύνδεση και μικτονόμηση των γραμμών. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι τεχνικές και τα εξαρτήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση.

### 5.1 MODEM

Το modem είναι συσκευή διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης και το όνομα του προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων modulator - demodulator (διαμορφωτής - αποδιαμορφωτής).

Τα modem ή αλλιώς και «Εξοπλισμός Επικοινωνίας δεδομένων» (Data Communication Equipment, DCE) , τοποθετούνται πάντα ανά ζεύγη στα δύο άκρα τηλεφωνικής γραμμής, προκειμένου να γίνει εφικτή η επικοινωνία δύο υπολογιστικών συστημάτων που καλούνται και «Τερματικές Συσκευές δεδομένων» (Data Terminal Equipment, DTE) δια μέσου της τηλεφωνικής γραμμής (βλέπε Σχήμα 5-1)



**Σχήμα 5-1** Συνδεσμολογία των συσκευών DTE & DCE

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στους λόγους, που επιβάλλουν τη χρήση των modem, καθώς και στις αρχές λειτουργίας τους.

Η τηλεφωνική γραμμή που έρχεται στο σπίτι μας, αποτελείται από ζεύγος χαλκινων καλωδίων που συνδέει τη τηλεφωνική συσκευή μας με το τοπικό κέντρο του παροχέα της υπηρεσίας (πχ. του ΟΤΕ). Ο τηλεφωνικός αυτός δίαυλος περιορίζεται από φίλτρα αλλά και άλλους παράγοντες σε περιοχή συχνοτήτων από 300 έως 3.000 Hz περίπου, δηλαδή εύρος ζώνης 2.700 Hz. Με βάση το κριτήριο του Nyquist, για κάθε Hz εύρους ζώνης του διαύλου μπορούν να σταλούν ιδανικά δύο ανεξάρτητοι παλμοί. Αυτό δίνει μέγιστο, θεωρητικό ρυθμό μετάδοσης 4800 baud και ρυθμούς μετάδοσης 4.800, 9.600, bits/sec για 2,4 διαφορετικές στάθμες αντίστοιχα, ανά στοι-

χειώδες διάστημα. Αντίστοιχα στην πράξη όμως, τα θεωρητικά αυτά όρια δεν πραγματοποιούνται. Εάν ψηφιακό σήμα εφαρμοζόταν στο ένα άκρο της γραμμής, το λαμβανόμενο σήμα στο άλλο άκρο δεν θα είχε τη μορφή ορθογωνικής κυματομορφής, εξαιτίας των χωρητικών και επαγωγικών επιδράσεων. Το γεγονός αυτό κάνει τη χρήση σημάτων βασικής ζώνης (baseband) ακατάλληλη, εκτός εάν πρόκειται για σήματα με χαμηλές ταχύτητες και πολύ μικρές αποστάσεις.

Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που σχετίζονται με τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων στις τηλεφωνικές γραμμές, χρησιμοποιείται αναλογική σήμανση (ac). Εισάγεται, συνήθως, συνεχής τόνος στην περιοχή 1000-2000 Hz, που ονομάζεται φέρον ημιτονικό κύμα (sine wave carrier). Το πλάτος, η συχνότητα, και η φάση του σήματος μπορούν να διαμορφωθούν, για να μεταδώσουν την πληροφορία. Με τη διαμόρφωση στον πομπό επιτυγχάνουμε τη μετατόπιση του φάσματος του σήματος δεδομένων στη ζώνη 300 - 3.000 Hz, που διατίθεται για τη μετάδοση της φωνής. Αυτό επιτυγχάνουν οι συσκευές modem.

V.90	56 kbps Ασύμμετρο πρωτόκολλο
V.34	QAM για 33.6, 28.8, 26.4, 24.0, 21.6, 19.2, 16.8, 14. και 12.0 kbps, 9600, 7200, 4800 και 2400 bps ; full duplex για 2 καλώδια (Trellis coded)
V.33	QAM Trellis coded για 14.4 και 12.0 kps
V.32terbo	QAM για 19.2 και 16.8 kbps
V.32bis/V.32	QAM για 14.4, 12.0 kbps, 9.600, 7.200 και 4.800 bps; αμφίδρομης επικοινωνίας (full duplex) για 2 καλώδια (κωδικοποίηση με τον αλγόριθμο Trellis για 7.200 bps και πάνω; με ή χωρίς κωδικοποίηση για 9.600 bps
V.29	QAM για 9.600, 7.200 και 4.800 bps
V.29 (fax)	9600 / 7200 bps
V.27bis/ter	8 - phase DPSK για 4.800 και 2.400 bps
V.27ter (fax)	4.800 / 2.400 bps
V.26 / V.26bis	4 - phase DPSK για 2.400 και 1.200 bps
V.23	FSK για 1.200/75 bps, full duplex
V.22bis	QAM για 2.400 bps ; bandsplit, full duplex
V.22	DPSK για 1.200 και 600 bps ; bandsplit, full duplex
V.21	FSK για 0-300 bps ; bandsplit, full duplex
V.17 (fax)	14.4 και 12.0 kpbs, 9.600 και 7.200 bps
Bell 208A/B	4.800 bps
Bell212A	1.200 bps
Bell103	0-300 bps

**Πίνακας 5-1** Συστάσεις για modem

### 5.1.1 Πρότυπα επικοινωνίας των modems

Έχουν αναπτυχθεί από διεθνείς οργανισμούς, πρότυπα (συστάσεις), τα οποία καθορίζουν τον τρόπο επικοινωνίας των modems. Στον παρακάτω πίνακα 1 γίνεται καταγραφή των σημαντικότερων συστάσεων για modem.

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 1, η μεγαλύτερη ταχύτητα σύνδεσης μεταξύ δύο modem παρατηρείται στην σύσταση V.90 στα 56 Kbps, αλλά προς μία μόνο κατεύθυνση, επειδή προς την αντίθετη η ταχύτητα είναι 33.6 Kbps και γι' αυτό θεωρείται ότι είναι ασύμμετρη τεχνολογία.

Η μέγιστη ταχύτητα σύνδεσης μεταξύ δύο modem V.34 είναι 33.6 Kbps ενώ πολύ συχνά είναι χαμηλότερη από τα 28.8 Kbps. Εξαρτάται από την ποιότητα της γραμμής, που και αυτή με τη σειρά της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό ψηφιοποίησης του δημόσιου δικτύου. Όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 5.2 τα δεδομένα στέλνονται με ψηφιακό τρόπο από το DTE1 στο DCE1, όπου και μετατρέπονται σε αναλογική μορφή από DAC (digital to analog converter) και στη συνέχεια διαμορφώνονται και μεταδίδονται στη γραμμή. Στο άλλο άκρο της γραμμής τα δεδομένα αποδιαμορφώνονται και ψηφιοποιούνται από ADC (analog to digital converter) στο DCE2 και λαμβάνονται, τελικά, σε ψηφιακή μορφή από το DTE2.

Ομοίως τα δεδομένα που στέλνονται από το DTE2 προς το DTE1, ακολουθούν την ίδια διαδικασία. Από την παραπάνω περιγραφή γίνεται φανερό, ότι για την αμφίδρομη επικοινωνία χρειάζονται δύο μετατροπές του σήματος από ψηφιακό σε αναλογικό και δύο μετατροπές του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό. Από τις παραπάνω μετατροπές, αυτή, που εισάγει τον περισσότερο θόρυβο είναι η μετατροπή από αναλογικό σήμα σε ψηφιακό (θόρυβος κβαντοποίησης quantization noise).



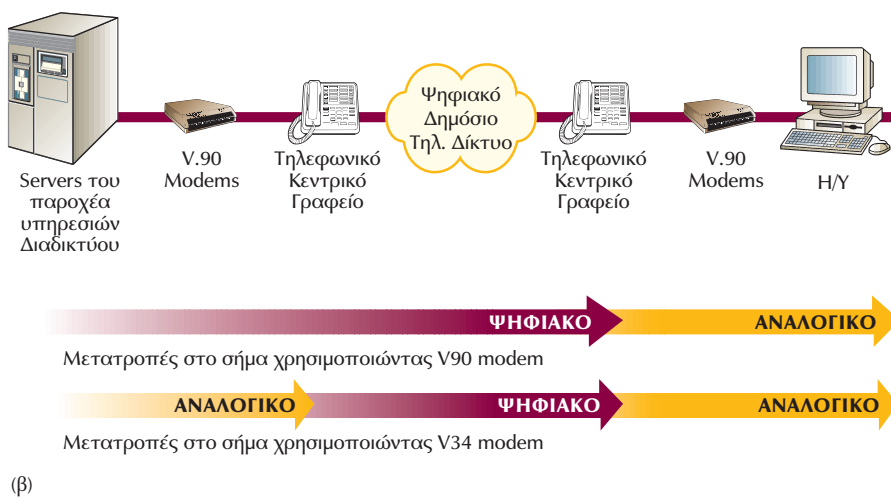
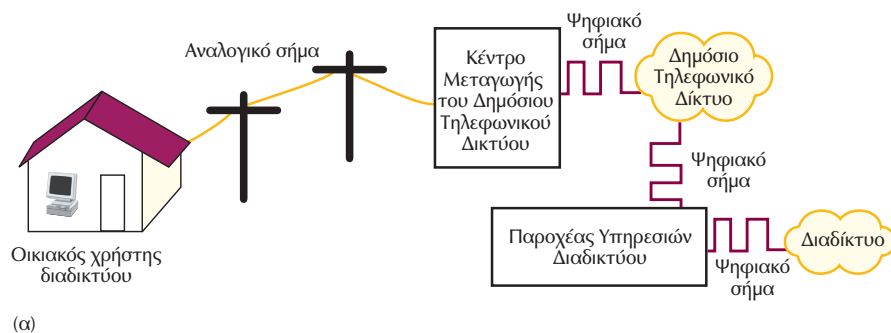
**Σχήμα 5-2** Επικοινωνία τερματικών συσκευών DTEs με χρήση modems (DCEs) μέσω του Δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου. Στο σχήμα, έχει σημειωθεί και η μετατροπή A/D ή D/A, που γίνεται στο σήμα

Η μεγαλύτερη χρήση των modems γίνεται από χρήστες, που θέλουν να συνδεθούν με τηλεφωνική διεπιλογή με κάποιον παροχέα υπηρεσιών διαδικτύου (Internet Service Provider, ISP) ή με κάποια μεγάλη τράπεζα δεδομένων. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό των δημόσιων τηλεφωνικών δικτύων (Public Switched Telephone Network, PSTN) των αναπτυγμένων χωρών είναι ψηφιακό και οι περισσότεροι παροχείς υπηρεσιών σύνδεσης στο Διαδίκτυο συνδέονται στο PSTN με ψηφιακό τρόπο. Το γεγονός αυτό εκμεταλλεύεται η σύσταση V.90, για να επιτευχθεί ταχύτητα μέχρι 56kbps στη μεταφορά των δεδομένων από τους ISP's στους τελικούς χρήστες. Όπως μπορούμε να δούμε και στα σχήματα 5.3 α & β, για την μεταφορά της πληροφορίας από τους εξυπηρετητές των ISP's γίνεται μόνο μία μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό (η μετατροπή A/D γίνεται στο modem του χρήστη) σε αντίθεση με την περίπτωση επικοινωνίας συμβατικών modems V.34. Εάν η γραμμή από το τοπικό κέντρο PSTN του χρήστη είναι ψηφιακά τερματισμένη μέχρι την περιοχή του εξυπηρετητή του ISP, γίνεται μόνο DAC μετατροπή στο σήμα από τον ISP προς τον τελικό χρήστη. Εάν τα modem στα άκρα είναι 56k συμβατά, τότε είναι πολύ πιθανό να έχουμε ταχύτητες κοντά στα 56Kbps. Πρέπει, επίσης, να τονίσουμε, ότι επιπρόσθετη ψηφιακή κωδικοποίηση εφαρμόζεται στην αρχή της συνηθισμένης διαμόρφωσης του σήματος προς τον τελικό χρήστη. Αντίθετα η ταχύτητα σύνδεσης των δεδομένων από χρήστη, που πραγματοποιεί κλήση προς τον ISP δεν υπερβαίνει τα 33.6 Kbps (βλέπε Σχήμα 5-3γ).

Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν και περιορίζουν την ποιότητα στη σύνδεση μέχρι τα 33 Kbps ( πρόσφατες βελτιώσεις των προϊόντων των κατασκευαστών modem ανεβάζουν την ταχύτητα ίσως και πάνω από 40 Kbps) από τον χρήστη προς τον ISP, όπως:

- Απρόβλεπτα, πολλές φορές, επίπεδα σήματος εξαιτίας προβλημάτων στην καλωδίωση και μεγάλες αποστάσεις από τον τελικό χρήστη μέχρι το τοπικό κέντρο του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου.
- Θόρυβος κβαντοποίησης από τη μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό για την μετάδοσή του στις τηλεφωνικές γραμμές.
- Ελαφρώς διαφορετικός εξοπλισμός του δημόσιου τηλεφωνικού οργανισμού, καθώς επίσης αλγόριθμοι για την εγκατάσταση της κλήσης από οικιακό χρήστη προς ISP.

Η ασυμμετρική ταχύτητα σύνδεσης μας εξασφαλίζει γρηγορότερη μεταφορά πληροφοριών από τράπεζες δεδομένων ή το Διαδίκτυο, που είναι και το ζητούμενο, ενώ το μικρότερο εύρος της γραμμής προς την αντίθετη κατεύθυνση δεν αποτελεί πρόβλημα, αφού, συνήθως, περνά πληροφορία για επιλογές πλήκτρων ή του ποντικιού του τελικού χρήστη. Βέβαια, αρκετές φορές, η σύνδεση με modem V.90 δεν υπερβαίνει τα 33.6 Kbps και προς τις δύο κατευθύνσεις, εάν κάποιος από τους παραπάνω παράγοντες εκλείψει.



**Σχήμα 5-3** Σύνδεση υπολογιστών με V.90 modem, σε Παροχέα Υπηρεσιών Διαδικτύου, κάνοντας χρήση του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου  
 (α) Τοπολογία διασύνδεσης  
 (β) Μετατροπές A/D ή D/A που γίνονται στο σήμα εάν χρησιμοποιούνται modem V.90 ή V.34  
 (γ) Απεικόνιση της ασυμμετρικής σύνδεσης στην περίπτωση χρησιμοποίησης V.90 modems

### 5.1.2 Επικοινωνία μεταξύ DTE και DCE

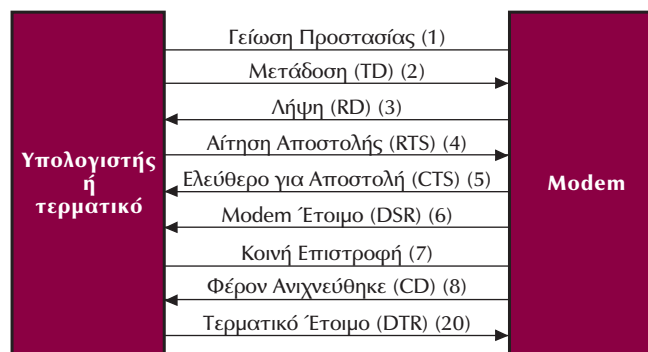
Η μετάδοση δεδομένων από το DTE προς το DCE γίνεται με ψηφιακό τρόπο. Οι κανόνες που διέπουν τη μεταξύ τους σύνδεση, αποτελούν παράδειγμα πρωτοκόλλου του πρώτου επιπέδου, δηλαδή του φυσικού επιπέδου με βάση το μοντέλο OSI. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου καθορίζουν με κάθε λεπτομέρεια τη μηχανική, ηλεκτρική, λειτουργική και διαδικαστική διασύνδεση.

Τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα είναι τα εξής:

1. Το RS-232-C του Συνδέσμου Ηλεκτρονικής Βιομηχανίας, Electronic Industries Association, EIA.
2. V.24 και V.28 της Διεθνούς Συμβουλευτικής Επιτροπής Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας, Consultative Committee on International Telegraph and Telephone, CCITT (τώρα Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών, International Telecommunication Union, ITU). Τα πρωτόκολλα 1 & 2 είναι σχεδόν ταυτόσημα. Η V.24 δίνει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά (δηλαδή την αποκατάσταση επαφής - handshaking), ενώ η V.28 τα κατ' εξοχήν ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.
3. Το RS-449. Είναι στην ουσία τρία πρότυπα σε ένα. Οι μηχανικές, λειτουργικές και διαδικαστικές διασυνδέσεις δίνονται στο RS-449, αλλά η ηλεκτρική διασύνδεση δίνεται από δύο διαφορετικά πρότυπα. Το ένα είναι το RS-423-A (ή CCITT X.26) και το άλλο το RS-422-A (ή CCITT V.35, X.27). Οι προδιαγραφές X και V της CCITT διαφέρουν στο, ότι οι V αφορούν τη σύνδεση με modems, ενώ οι X τη σύνδεση με DTE εξοπλισμό για πρόσβαση σε δίκτυα δεδομένων.

Το RS232C χρησιμοποιεί συνδετήρα (connector) D25. Η ηλεκτρική προδιαγραφή του RS232C είναι, ότι τάση μικρότερη από -3Volt είναι το δυαδικό 1, ενώ τάση μεγαλύτερη από 4Volt είναι το δυαδικό 0. Το RS232C έχει περιορισμό στο μήκος του καλωδίου μεταξύ DTE - DCE τα 15 μέτρα.

Στο Σχήμα 5-4 μπορούμε να δούμε τη λειτουργική διαδικασία μεταξύ DTE – DCE, τα οποία συνδέονται με RS232C, που είναι και το πιο διαδεδομένο για την επικοινωνία υπολογιστών με modems.



**Σχήμα 5-4** Διασύνδεση υπολογιστή – modem με το πρότυπο RS232C. Οι αριθμοί των ακροδεκτών δίνονται στην παρένθεση



Με βάση το Σχήμα 5.4 θα περιγράψουμε τα σήματα, που, κυρίως, χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ DTE - DCE. Όταν ο υπολογιστής τεθεί σε λειτουργία, τότε θέτει σε 1 το DTR (Data Terminal Ready pin 20) και όταν το DCE είναι έτοιμο, θέτει σε 1 το DSR (Data Set Ready pin 6). Στη συνέχεια όταν το modem ανιχνεύσει το φέρον σήμα από την τηλεφωνική γραμμή, θέτει σε 1 το CD (Carrier Detected pin 8). Ο υπολογιστής, όταν πρέπει να μεταδώσει δεδομένα, θέτει σε 1 το RTS (Request to Send pin 4), και, τότε, το modem πρέπει να θέσει σε 1 το CTS (Clear to Send pin 5). Τα δεδομένα μεταδίδονται στον ακροδέκτη 2 TD (Transmitted Data) και λαμβάνονται στον ακροδέκτη 3 RD (Received Data). Στον ακροδέκτη 7 είναι η κοινή επιστροφή SG (Signal Ground). Στο πρωτόκολλο RS232C περιγράφονται και άλλα σήματα, που όμως, δεν χρησιμοποιούνται πάντα. Το RS232C είναι μη προσαρμοσμένο κύκλωμα ευαίσθητο σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

RS-232-C			CCITT.24		
Κωδ.	Ακρ.	Κύκλωμα	Κωδ.	Ακρ.	Κύκλωμα
AA	1	Γείωση προστασίας (Protective ground)	101	1	Γείωση προστασίας (Protective ground)
AB	7	Γείωση σημάτων (Signal ground)	102	7	Γείωση σημάτων (Signal ground)
BA	2	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)	103	2	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)
BB	3	Λήψη δεδομένων (Received data)	104	3	Λήψη δεδομένων (Received data)
CA	4	Αίτηση για αποστολή (Request to send)	105	4	Αίτηση για αποστολή (Request to send)
CB	5	Ελεύθερο για αποστολή (Clear to send)	106	5	Ελεύθερο για αποστολή (Ready for sending)
CC	6	Modem έτοιμο (Data Send Ready)	107	6	Modem έτοιμο (Data Send Ready)
CD	20	Τερματικό έτοιμο (Data Terminal Ready)	108	20	Τερματικό έτοιμο (Data Terminal Ready)
CE	22	Ένδειξη κουδουνίσματος (Ring indicator)	125	22	Δείκτης κλήσεως (Calling indicator)
CF	8	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)	109	8	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)
CG	21	Ποιότητα σήματος (Signal quality)	110	23	Ποιότητα σήματος (Signal quality)
CH	23	Ρυθμός DTE (DTE rate)	111	23	Ρυθμός DTE (DTE rate)

CI	18	Ρυθμός DCE (DCE rate)	112	18	Ρυθμός DCE (DCE rate)
			136		Νέο σήμα (New signal)
			126	11	Επιλογή συχνότητας (Select frequency)
DA	24	Χρονισμός DTE (DTE timing)	113	24	Χρονισμός DTE (DTE timing)
DB	15	Χρονισμός DCE (DCE timing)	114	15	Χρονισμός DCE (DCE timing)
DD	17	Χρονισμός δέκτη (Receive timing)	115	17	Χρονισμός δέκτη (Receive timing)
SBA	14	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)	118	14	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)
SBB	16	Λήψη δεδομένων (Received data)	119	16	Λήψη δεδομένων (Received data)
SCA	19	Αίτηση για αποστολή (Request to send)	120	19	Σήμα γραμμής (Line signal)
SCB	13	Ελεύθερο για αποστολή (Clear to send)	121	13	Κανάλι έτοιμο (Channel ready)
SCF	12	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)	122	12	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)

**Πίνακας 5-2** Σύγκριση των RS-232C και V.24

Όπως προαναφέραμε, το RS-449 χρησιμοποιεί δύο πρωτόκολλα (RS423A και RS422A) για τα ηλεκτρικά του χαρακτηριστικά. Το RS423A είναι όμοιο με το RS232C σε όλα του τα κυκλώματα που μοιράζονται κοινή γείωση.

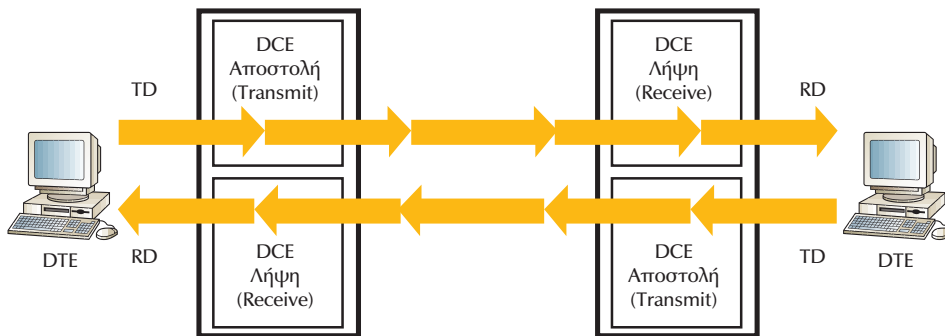
Αντίθετα με τα RS232C και RS423A, το RS422A βασίζεται σε ισορροπημένη, τερματισμένη γραμμή, προκειμένου να υπερκερασθούν οι περιορισμοί σε απόσταση και ταχύτητα σύνδεσης. Έτσι, με το RS422A φθάνουμε μέχρι 2 Mbps σε καλώδια 60 m και σε ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες σε καλώδια μικρότερου μήκους.

### 5.1.3 Έλεγχος Ροής (Flow Control)

Με τον όρο «έλεγχος ροής» αναφερόμαστε σε τεχνικές, που ρυθμίζουν το ρυθμό αποστολής των δεδομένων μεταξύ του DTE και του DCE, έτσι ώστε καμία συσκευή να μην δέχεται περισσότερα δεδομένα, από εκείνα στα οποία μπορεί να αντεπεξέλθει.

Όταν ο έλεγχος ροής είναι απενεργοποιημένος, τότε ο ρυθμός των δεδομένων από το τοπικό DTE προς το τοπικό DCE πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος από το ρυθμό σύνδεσης του τοπικού και του απομακρυσμένου modem. Επίσης,

ο ρυθμός δεδομένων μεταξύ DCE πρέπει και στα δύο να είναι ο ίδιος. Πρέπει, επίσης, να αναφέρουμε, ότι ο έλεγχος ροής έχει νόημα μόνο στην ασύγχρονη επικοινωνία ενώ στην σύγχρονη τα DTE αυτοσυσγχρονίζονται.



Τα βέλη δείχνουν την ροή των δεδομένων

**Σχήμα 5-5** Έλεγχος ροής μεταξύ DTE και DCE

Για να γίνει πιο κατανοητός ο έλεγχος ροής, ας πάρουμε το παράδειγμα επικοινωνίας δύο modem με ταχύτητα 33.6 Kbps. Επίσης, ας υποθέσουμε, ότι τα modem έχουν καταχωρητές (buffers) για προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων που στέλνουν τα DTE, πριν αποσταλούν στην τηλεφωνική γραμμή. Εάν τα DTE που συνδέονται στα δύο modem αντίστοιχα, στέλνουν δεδομένα σε υψηλότερο ρυθμό, π.χ. 115 kbps και δεν έχουμε ενεργοποιήσει τον έλεγχο ροής, τότε η επικοινωνία μεταξύ DTE - DCE θα είναι δυνατή για πολύ μικρό χρονικό διάστημα μέχρι που να γεμίσουν οι καταχωρητές των modems. Μετά από ένα χρονικό διάστημα οι καταχωρητές θα υπερχειλίσουν, γιατί τα modems θα αποστέλλουν δεδομένα σε 33.6 Kbps, ενώ θα δέχονται από τα DTE δεδομένα σε πολύ υψηλότερους ρυθμούς. Ο έλεγχος ροής μπορεί να υλοποιηθεί ξεχωριστά για επικοινωνία μεταξύ DTE - DCE και DCE - DTE.

Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές ελέγχου ροής είναι:

- **XON/XOFF**

Η μέθοδος αυτή, είναι η πιο συνηθισμένη η οποία ονομάζεται επίσης, έλεγχος μέσω λογισμικού (software) ή εντός ζώνης (in-band) ή λογικός (logical) έλεγχος ροής. Στη μέθοδο αυτή η μετάδοση του χαρακτήρα ελέγχου ^S (stop) και ^R (start/restart) σταματά ή ξεκινά αντίστοιχα τη ροή των δεδομένων.

- **RTS/CTS**

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται, επίσης, έλεγχος μέσω υλικού (hardware) ή φυσικός (physical) ή εκτός ζώνης (out-band) έλεγχος ροής. Το DTE ελέγχει τη ροή δεδομένων από το modem με την ενεργοποίηση ή μη του σήματος RTS (request to send), ενώ το modem ελέγχει τη ροή δεδομένων από το DTE με την ενεργοποίηση ή μη του σήματος CTS (clear to send). Η αλληλουχία των σημάτων RTS / CTS έχει περιγραφεί στην ανάλυση του RS-232C στην παράγραφο 5.1.2.

Πρέπει να επισημάνουμε, ότι, όταν χρησιμοποιούμε τα modems για μεταφορά δυαδικών (binary) αρχείων, δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε τη μέθοδο XON/XOFF, γιατί οι χαρακτήρες AS ή AR μπορεί να είναι μέρος των δεδομένων και να παρερμηνευθούν από το modem ως χαρακτήρες ελέγχου ροής.

#### 5.1.4 Έλεγχος λαθών (Error Corection), Συμπίεση Δεδομένων (Data Compression)

Έλεγχος λαθών είναι η διαδικασία, με την οποία εντοπίζονται αλλοιωμένα δεδομένα (bits) και απαιτείται η επανεκπομπή τους.

Τα λάθη δημιουργούνται από γραμμές (συνδέσεις) κακής ποιότητας ή από προβλήματα των συσκευών DTE και DCE. Συμπίεση δεδομένων είναι η διαδικασία, με την οποία μειώνουμε τα bits των δεδομένων στα απολύτως απαραίτητα, έχοντας όμως διατηρήσει τη δυνατότητα ανάκτησης του συνόλου της αρχικής πληροφορίας. Με τη συμπίεση επιτυγχάνουμε μικρότερο μέγεθος αρχείων και, επομένως, μικρότερες αποθηκευτικές απαιτήσεις, καθώς επίσης επίτευξη υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης πραγματικής πληροφορίας. Υπάρχουν αρκετοί αλγόριθμοι και μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν τρόπους υλοποίησής του έλεγχου λαθών και της συμπίεσης δεδομένων. Μερικοί από τους αλγόριθμους έχουν τυποποιηθεί με τη μορφή πρωτοκόλλων.

Τα πιο συνηθισμένα πρωτόκολλα για τον έλεγχο λαθών είναι τα:

- **V.42**
- **MNP (Microcom Networking Protocol)** τάξης (class) 1 έως 5  
Για έλεγχο λαθών και συμπίεση δεδομένων τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα είναι:
- **V.42 bis**
- **MNP class 5**  
Για να ενεργοποιηθούν τα πρωτόκολλα V.42 / V.42bis ή MNP(1-5) πρέπει να ισχύει:
- ασύγχρονος τύπος δεδομένων
- το ίδιο πρωτόκολλο να υποστηρίζεται και στα δύο άκρα της επικοινωνίας από τα modems
- να έχουμε ενεργοποιήσει έλεγχο ροής

Από τα παραπάνω πρωτόκολλα είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε τα V.42/V.42bis και ως εναλλακτική λύση το MNP(1-5).

Μπορούμε να εντάξουμε τα πρωτόκολλα, που αναφέρονται σε αυτή την παράγραφο, στο δεύτερο επίπεδο του μοντέλου OSI. Τα V42 / V.42bis ονομάζονται επίσης, Πρωτόκολλα Ελέγχου Πρόσβασης της Γραμμής για modem (Link Access Protocol for Modem, LAPM).

Εάν τα δεδομένα, που πρόκειται να μεταδώσουμε, είναι ήδη συμπιεσμένα (π.χ. αρχεία με format .ZIP ή .SIT) και έχουμε ενεργοποιήσει συμπίεση δεδομένων στο modem, τότε μπορεί να επιβραδύνουμε τη μετάδοσή τους. Η καθυστέρηση

θα συμβεί, κυρίως, εάν το modem χρησιμοποιεί MNP5, γιατί θα ξαναπροσπαθήσει να τα συμπιέσει, ενώ το πρωτόκολλο V42bis θα δει, ότι τα δεδομένα είναι ήδη συμπιεσμένα και δεν θα προσπαθήσει την περαιτέρω συμπίεσή τους.

### 5.1.5 Εντολές AT

Για τη ρύθμιση των διαφόρων παραμέτρων της επικοινωνίας χρήστη με DTE μέσω modem χρησιμοποιούμε τις εντολές AT. Οι εντολές AT είναι, ουσιαστικά, η γλώσσα, που καταλαβαίνει το modem. Ο χρήστης μπορεί να δώσει τις εντολές AT κάνοντας χρήση προγραμμάτων, όπως το Hyperlink ή Terminal των Windows.

Με τις AT εντολές, ο χρήστης μπορεί να παραμετροποιήσει το modem, μεταβάλλοντας τις τιμές στους S καταχωρητές του. Στους S καταχωρητές είναι προτοποθετημένες από τον κατασκευαστή του modem κάποιες τιμές, που αφορούν τις προτυποποιημένες ρυθμίσεις (default configuration) του modem. Αλλάζοντας με τις AT εντολές τις αρχικά ρυθμισμένες τιμές των S καταχωρητών, τροποποιούμε, ουσιαστικά, την λειτουργική συμπεριφορά του modem. Με τις εντολές AT μπορούμε, επίσης, να αποθηκεύσουμε αριθμούς τηλεφώνων στις μνήμες, που συνήθως μας παρέχουν τα modem και να ξεκινήσουμε κλήση. Οι επιτρεπόμενες τιμές των S καταχωρητών, η λειτουργική τους σημασία καθώς και η σωστή σύνταξη των AT εντολών περιγράφονται αναλυτικά στα τεχνικά εγχειρίδια που συνοδεύουν τα modems των κατασκευαστών τους. Γενικά, οι AT εντολές είναι συμβατές με άλλα modem διαφορετικού κατασκευαστή όσον αφορά τις βασικές λειτουργίες του modem. Συνήθως, οι κατασκευαστές των modems προσθέτουν σε αυτά και άλλες δυνατότητες και τις υλοποιούν με δικά τους πρωτόκολλα. Έτσι, modems διαφορετικών κατασκευαστών με ανάλογες επιπρόσθετες δυνατότητες από αυτές, που περιγράφουν οι διάφορες συστάσεις, μπορεί να μη συνεργάζονται σωστά μεταξύ τους μόνο όμως για τις επιπρόσθετες υπηρεσίες, που διαθέτουν.

Οι διάφορες δυνατότητες για έλεγχο ροής ή λαθών ή συμπίεσης δεδομένων είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα, που συνήθως μας αναγκάζουν να χρησιμοποιήσουμε τις AT εντολές, προκειμένου να ρυθμίσουμε τη λειτουργία του modem, όπως εμείς επιθυμούμε.

## 5.2 Κάρτες δικτύου (Network Interface Cards - NICs)

Οι κάρτες δικτύου χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν DTE, συνήθως PC, στο δίκτυο. Οι κάρτες δικτύου παρέχουν τη φυσική σύνδεση μεταξύ του καλωδίου του δικτύου και του εσωτερικού διαδρόμου (bus) του υπολογιστή. Οι κάρτες δικτύων μετατρέπουν τα καθαρά bits του υπολογιστή, σε πληροφορία συμβατή με τα ηλεκτρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου του δικτύου.

Υπάρχουν αρκετές αρχιτεκτονικές εσωτερικών διαδρόμων στους υπολογιστές και για το λόγο αυτό υπάρχουν και αρκετές υλοποιήσεις καρτών δικτύων. Αυτή τη στιγμή, η πιο διαδεδομένη αρχιτεκτονική bus για PC γενιάς «486/Pentium» είναι η «PCI». Η αρχιτεκτονική «ISA» ήταν πολύ διαδεδομένη σε PC γενιάς «386», καθώς

## 6.8 xDSL

Η τεχνολογία xDSL (x Digital Subscriber Line) κάνει δυνατή την επίτευξη πολύ υψηλών ταχυτήτων μεταφοράς δεδομένων μέσα από την υπάρχουσα τηλεφωνική καλωδιακή υποδομή και συγκεκριμένα μέσα από τα χάλκινα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, τα οποία χρησιμοποιούνται για να συνδέουν κάθε σπίτι με τον τηλεπικοινωνιακό φορέα (συνδρομητικός βρόχος, local loop). Το γράμμα «x» αφορά το σύνολο των διαφορετικών τεχνολογιών ADSL, R-ADSL, HDSL, SDSL και VDSL, που συμπεριλαμβάνονται στην ευρύτερη οικογένεια xDSL και είναι ουσιαστικά παραλλαγές της **ψηφιακής συνδρομητικής γραμμής (Digital Subscriber Line, DSL)**, δηλαδή της τεχνολογίας ISDN-BRI (2 κανάλια των 64 Kbps και ένα των 16 Kbps).

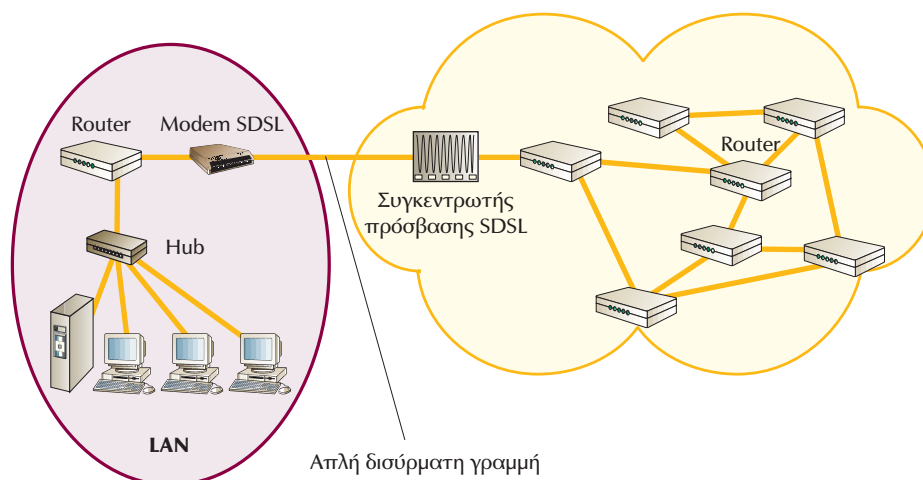
Σε πολλές περιπτώσεις το κόστος εγκατάστασης οπτικής ίνας μέχρι το σπίτι (Fiber to the Home) είναι απαγορευτικό. Με τη ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου και εφαρμογών απαιτητικών σε εύρος ζώνης, όπως πολυμέσα, τηλεδιάσκεψη, video κατά παραγγελία, έγινε φανερό, ότι ο συνδρομητικός βρόχος αποτελεί τον κυριότερο περιοριστικό παράγοντα στη ταχύτητα πρόσβασης. Για παράδειγμα, ακόμη και οι τελευταίες τεχνολογίες modem (V.90) για ταχύτητες της τάξης των 56 Kbps μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικές μόνο για εφαρμογές, όπως το e-mail.

Η τεχνολογία xDSL μπορεί να προσφέρει ταχύτητες της τάξης των Mbps μέσα από αφόρτιστες μισθωμένες γραμμές και μάλιστα χωρίς τη χρήση ενισχυτών ή επαναληπτών. Υποστηρίζει τα πρότυπα E1 (2,048 Mbps) και T1 (1,544 Mbps) για τη μετάδοση δεδομένων, ενώ παράλληλα υποστηρίζει και τη μετάδοση φωνής. Χρησιμοποιεί συσκευή τερματισμού σε κάθε άκρο της σύνδεσης. Αυτή η συσκευή λειτουργεί όπως το modem, αφού λαμβάνει ροή ψηφιακού σήματος, που στη συνέχεια το μεταδίδει στην τηλεφωνική γραμμή με τη μορφή αναλογικού σήματος υψηλού ρυθμού (λέγεται για baseband modem).

### Σημείωση

*Τα πηνία φόρτισης (loading coils) τοποθετήθηκαν αρχικά κατά μήκος του συνδρομητικού βρόχου, με σκοπό να αυξήσουν την ποιότητα της τηλεφωνικής επικοινωνίας. Η τεχνολογία xDSL απαιτεί την απουσία τέτοιων πηνίων, τα οποία περιορίζουν το εύρος ζώνης της γραμμής μέχρι τα 3 έως 8 kHz (voice band).*

Χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες διαμόρφωσης, οι οποίες χωρίζουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης της γραμμής σε τρία κανάλια: ένα για τη μετάδοση της φωνής, ένα για τη μετάδοση δεδομένων προς τα πάνω (upstream) κι ένα για τη μετάδοση των δεδομένων προς τα κάτω (downstream).



**Σχήμα 6-6** Πρόσβαση τοπικού δικτύου σε δίκτυο ευρείας περιοχής με την τεχνολογία SDSL

Οι διάφορες παραλλαγές xDSL υποστηρίζουν συμμετρική ή ασύμμετρη μετάδοση δεδομένων. Αυτό σημαίνει, ότι τα δεδομένα μπορεί να μεταδίδονται με την ίδια ή διαφορετική ταχύτητα προς τις δύο κατευθύνσεις (downstream και upstream). Έτσι, κάθε παραλλαγή μπορεί να είναι κατάλληλη για χρήση σε εφαρμογές, όπου απαιτείται υψηλότερη ταχύτητα στην κατεύθυνση μετάδοσης προς το χρήστη (π.χ. πρόσβαση σε ιστοσελίδες) ή ίδια ταχύτητα και προς τις δύο κατευθύνσεις (π.χ. υποκατάστατο για γραμμές E1, τηλεδιάσκεψη).

Τεχνολογία	Σημασία	Αριθμός Ζευγών	Ταχύτητα	Μέγιστη Απόσταση
ADSL	Asymmetric 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 6-7** Οι τεχνολογίες xDSL



### Σημείωση

Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται ανάμεσα στα *baseband modems*, σε συνδέσεις *xDSL*, εξαρτώνται από την απόσταση και τη διατομή των καλωδίων που χρησιμοποιούνται στο τηλεφωνικό δίκτυο. Στον Πίνακα 6-8 δίνεται η σχέση αυτή για την τεχνολογία *SDSL*.

Ταχύτητα	0.4 mm	0.5 mm	0.6 mm	0.8 mm	10 mm	1.2 mm
128 kbps	6.5	8.9	12.7	16.1	22.5	25.1
256 kbps	5.5	7.5	10.8	13.6	19.0	21.2
384 kbps	5.1	7.0	10.0	12.6	17.6	19.7
512 kbps	4.7	6.4	9.2	11.6	16.3	18.1
768 kbps	4.4	6.0	8.6	10.9	15.2	17.0
1152 kbps	3.8	5.2	7.4	9.4	13.1	14.7
1536 kbps	3.3	4.5	6.5	8.2	11.4	12.7
2048 kbps	2.5	3.4	4.9	6.2	8.7	9.7
2304 kbps	2.2	3.0	4.3	5.4	7.6	8.5

**Πίνακας 6-8** Η ταχύτητα σαν συνάρτηση της απόστασης και της διατομής του χάλκινου καλωδίου, για σύνδεση modem *SDSL*

Από τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών *xDSL* (Πίνακας 6-7), βλέπουμε, ότι για πρόσβαση στο Διαδίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία *ADSL* ή *ADSL Lite*. Αν οι απαιτήσεις σε ταχύτητα είναι πολύ μεγάλες, όπως στην περίπτωση πολυμεσικών εφαρμογών *Internet* ή τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία *VDSL*. Αντίθετα, στην περίπτωση διασύνδεσης τοπικών δικτύων, αντί για τις κλασικές ψηφιακές γραμμές *E1/T1*, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια από τις συμμετρικές τεχνολογίες *HDSL*, *SDSL*.

Εξαιτίας του εξαιρετικά χαμηλού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας της απαιτούμενης υποδομής αναμένεται, ότι η τεχνολογία *xDSL* θα αποτελέσει στα επόμενα χρόνια μία όλο και περισσότερο διαδεδομένη τεχνολογική λύση για την παροχή υπηρεσιών, όπως είναι η πρόσβαση των τελικών χρηστών προς το *Internet*, *online υπηρεσίες*, *video κατά παραγγελία*, *δικτυακή TV*, *μετάδοση φωνής*, κ.α.



**Εικόνα 6-3** Modem *HDSL*



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Αξιοποίηση υπάρχουσας υποδομής	Μικρή απόσταση	Πρόσβαση σε Internet, intranet, τηλεφωνία πάνω από IP,
Πολύ υψηλές ταχύτητες		Διασύνδεση τοπικών δικτύων, υποκατάστατο γραμμών E1/T1
Χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας		Video κατά παραγγελία, τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας
Υποστήριξη μετάδοσης δεδομένων και τηλεφωνίας μέσα από την ίδια τηλεφωνική γραμμή		

Πίνακας 6-9 Χαρακτηριστικά xDSL

## 6.9 Εικονικά ιδιωτικά δίκτυα

Συνήθως οι εταιρείες, οργανισμοί αναπτύσσουν τα ιδιωτικά δίκτυά τους σε μεγάλη έκταση κάνοντας χρήση αποκλειστικών συνδέσεων. Αυτό γιατί έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε ασφάλεια, εύρος ζώνης, ποιότητα υπηρεσίας. Το κόστος σε αυτή την περίπτωση είναι υψηλό. Από την άλλη, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί δημόσιο δίκτυο δεδομένων, διατηρώντας την ιδιωτικότητα και το χαμηλό κόστος. Σαν δημόσιο δίκτυο δεδομένων έχει επικρατήσει η χρήση του Διαδικτύου, λόγω της μεγάλης του εξάπλωσης και της φθηνής πρόσβασης. Προκύπτουν έτσι τα **εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (Virtual Private Networks, VPN)**, όπου με τη βοήθεια της τεχνολογίας **tunneling** τα δεδομένα κρυπτογραφούνται ώστε να μην είναι δυνατόν να υποκλαπούν και να αναγνωριστούν από άλλους και μετά περικλείονται σε πακέτα TCP/IP και μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου. Όταν φθάσουν στον προορισμό ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία ώστε να επιστρέψουν στην αρχική τους μορφή.

### Επισήμανση

Η ασφάλεια στα VPN επιτυγχάνεται με ειδικές μεθόδους κρυπτογράφησης και ενθυλάκωσης των δεδομένων.