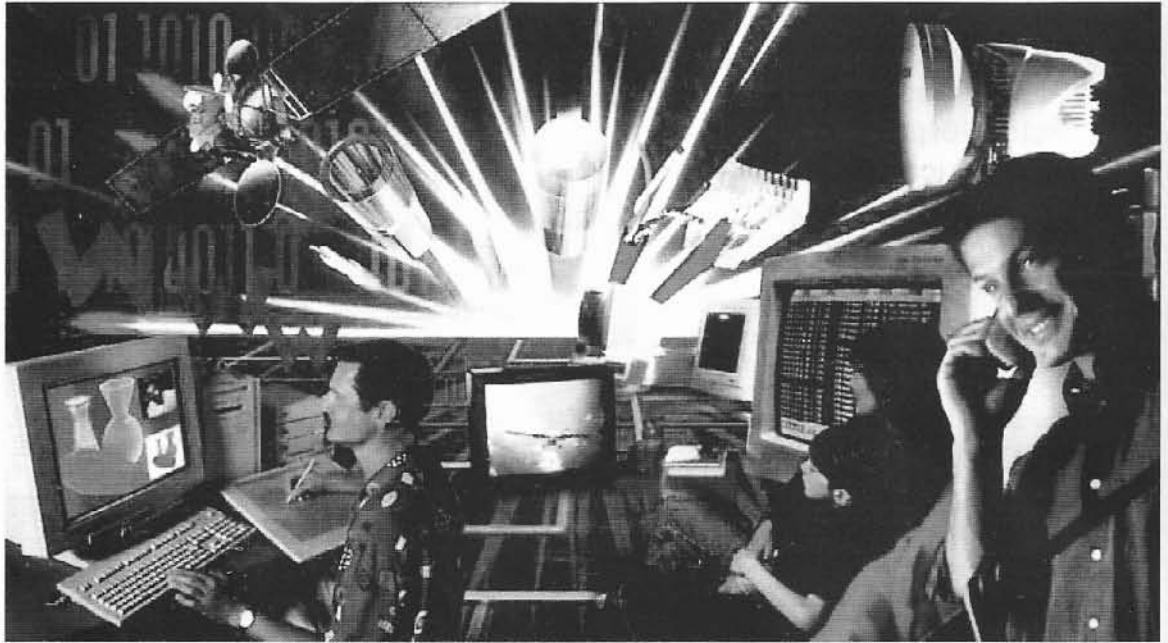


Γρήγορη πρόσβαση στο διαδίκτυο με τεχνολογία ADSL

μέσω συνηθισμένων (χάλκινων) τηλεφωνικών γραμμών



Από τις αρχές του '90 ήταν ήδη δυνατό να διασυνδεθεί ένα δέκτης τηλεόρασης με το τηλεφωνικό σύστημα, έτσι ώστε να παρέχει στο χρήστη υπηρεσίες αλλαγής δεδομένων. Λίγα χρόνια μετά, βρέθηκε ότι η τεχνολογία ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line - Ασύμμετρη Ψηφιακή Γραμμή για Συνδρομητές), μπορεί να συνδυαστεί με υπηρεσίες Εικόνας Βίντεο Κατά Βούληση (Video On Demand - VOD). Από τότε οι ερευνητές ανακάλυψαν ότι το ADSL παρέχει δυνατότητες για σημαντικά αυξημένες ταχύτητες πρόσβασης στο Διαδίκτυο. Το παρακάτω άρθρο περιγράφει τα βασικά για την τεχνολογία ADSL και για το πώς μπορεί αυτή να χρησιμοποιηθεί για πρόσβαση μεγάλων ταχυτήτων στο Διαδίκτυο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μη θωρακισμένα ζεύγη συστραμμένων χάλκινων καλωδίων όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στο τηλεφωνικό δίκτυο για να μεταφέρουν φωνητικά σήματα στη ζώνη των 300-400 Hz, είναι ικανά για τη μεταφορά πολύ υψηλότερων συχνοτήτων απο ότι νομίζαμε. Αυτή η ικανότητα έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για κάποιο διάστημα στα δίκτυα τοπικής εμβέλειας (LAN - Local Area Networks) σε ρυθμούς δεδομένων που ξεπερνάνε τα 10 MHz. Η εξασθένιση της γραμμής μέχρι τα περι-

που 6 MHz είναι της τάξεως των 0.7 dB/KHz με σχεδόν σταθερή καθυστέρηση. Γι' αυτό το λόγο, υπάρχει πολύ μικρή παραμόρφωση παλμού σ' ένα ψηφιακό σήμα, και, συνεπώς, πολύ λίγα ψηφία (bit) λάθους.

Αυτά τα χαρακτηριστικά επιτρέπουν τη χρήση του φάσματος συχνοτήτων πάνω από τη φωνητική ζώνη για χαμηλό ρυθμό μετάδοσης ψηφίων (έως 64 kbit/s) προς υψηλότερα επίπεδα (up stream) ενώ απο υψηλότερα προς χαμηλότερα με ρυθμούς μετάδοσης που υπερβαίνουν τα 6 Mbits/s. Φίλτρα με υψηλή εξα-

σθένιση αποκοπής ζώνης σε κάθε άκρο ενός δικτύου ADSL πρέπει φυσικά να λειτουργούν και για τις δυο ζώνες ταυτόχρονα.

Για να περιοριστεί το απαιτούμενο εύρος ζώνης, χρησιμοποιούνται σύγχρονες τεχνικές διαμόρφωσης όπως η CAP (Carrierless Amplitude Phase, που χρησιμοποιείται για μηχανήματα FAX, και η διαμόρφωση DMT (Discrete Multi-Tone). Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν την αναπαράσταση αρκετών ψηφίων από ένα σύμβολο μετάδοσης. Το ADSL έχει ονομαστεί έτσι εξαιτίας αυτής της κατανομής ασύμμετρου ρυθμού μετάδοσης ψηφίων.

Στην διαμόρφωση CAP (Φάση Ενίσχυση), ο συρμός ψηφίων πρώτα διασπάται σε δυο μέρη και μετά περνά ξεχωριστά μέσα από μη ψηφιακά φίλτρα που έχουν απόκριση παλμού με διαφορά φάσης $\pi/2$. Έπειτα, οι έξοδοι από κάθε φίλτρο προσθέτονται, περνάνε από ένα μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό (DAC) και φιλτράρονται προτού περάσουν στο δίκτυο μετάδοσης. Η διαμόρφωση DMT είναι παρόμοια με την COFDM (Coded Orthogonal Frequency division Multiplex - Κωδικοποιημένη Πολυπλεξία Ορθογώνιου Διαχωρισμού Συχνοτήτων) αφού το κυρίως κανάλι (διάυλος) χω-

ρίζεται σε πολλά υπο-κανάλια (υπο-διαύλους).

Το κάθε σειριακό σήμα εισόδου κωδικοποιείται αρχικά σε παράλληλη μορφή και μετά περνά μέσω ενός επεξεργαστή FFT (Fast Fourier Transform - Ταχύ Μετασχηματισμό Fourier) για να μετατρέψει τα δείγματα του πεδίου συχνοτήτων σε τιμές πεδίου χρόνου. Αυτές οι τιμές υφίστανται μετατροπή μέσω κωδικού σε σειριακή μορφή και περνάνε μέσα από ένα μετατροπέα ψηφιακού-σε-αναλογικό (DAC) πριν την μετάδοση. Η τεχνολογία ADSL έχει κατατεθεί στο ANSI (Ινστιτούτο Αμερικάνικων Εθνικών Προτύπων) ως Πρότυπο T1.413 (1997).

ΦΑΣΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

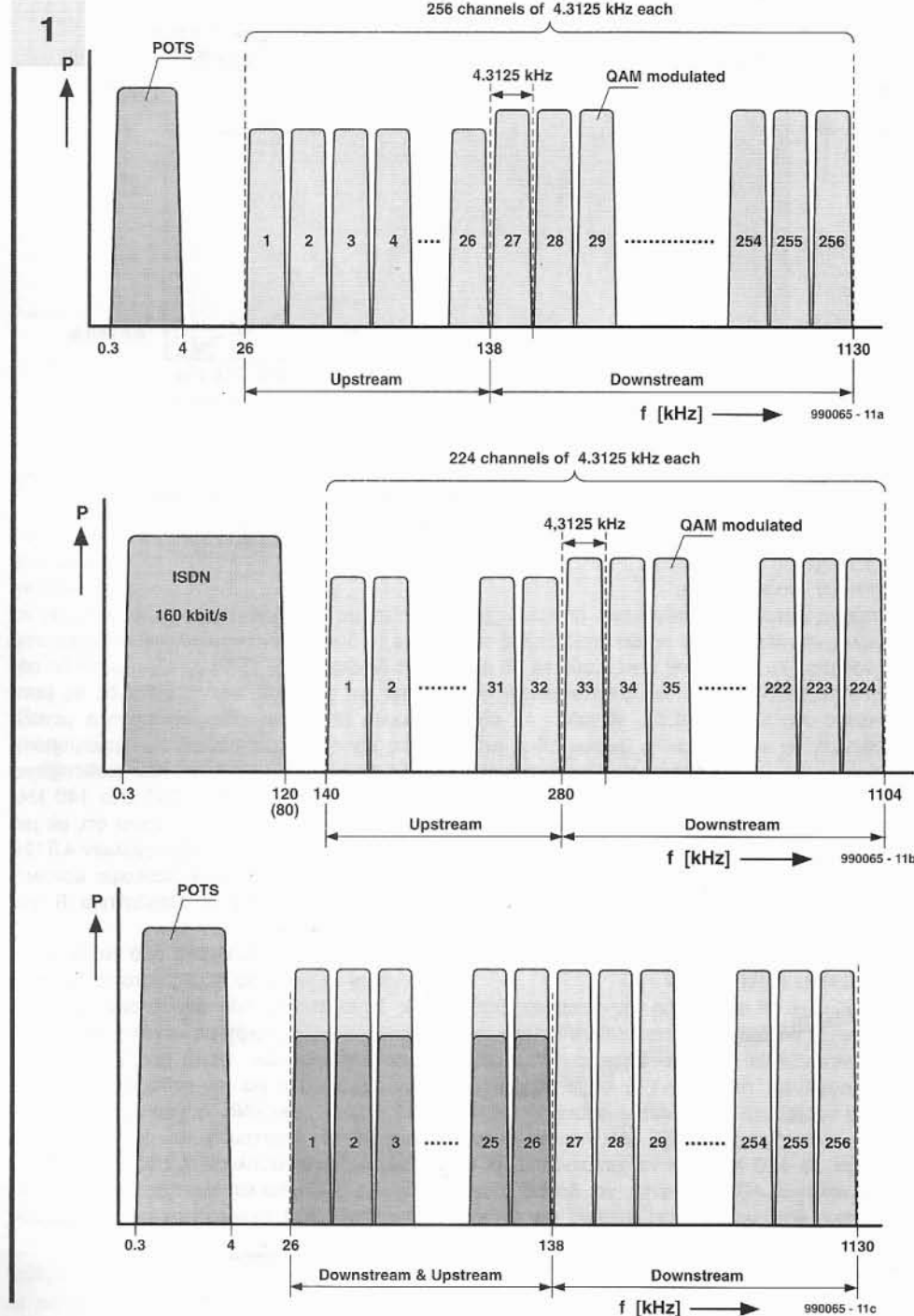
Επί του παρόντος, η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι η DMT. Όπως είναι αναμενόμενο, ένα σήμα ADSL-DMT αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό υπο-καναλιών πεδίου χρόνου που υπερβέτονται στα τηλεφωνικά καλώδια. Μια διαγραμματική αναπαράσταση του εξαγόμενου φάσματος δείχνεται στο Σχήμα 1α. Το Πρότυπο ADSL προβλέπει να αφεθεί ελεύθερη η περιοχή συχνοτήτων από 0 έως 26 kHz για τις υπηρεσίες αναλογικού τηλεφώνου (POTS = Plain Old Telephone Service - Το Παλιό Τηλεφωνικό Σύστημα στην καθομιλουμένη). Η ζώνη 26-1130 kHz περιέχει 256 κανάλια το καθένα με εύρος 4.3125 Hz. Τα κέντρα αυτών των καναλιών χωρίζονται επίσης από 4.3125 kHz.

Τα ξεχωριστά φέροντα στις περιοχές ανόδου και καθόδου διαμορφώνονται κατά πλάτος (1) και μεταφέρουν από 2 bit/s/Hz μέχρι 15 bit/s/Hz. Η κατανομή αυτού του ρυθμού πληροφορίας είναι μεταβαλλόμενη που προσαρμόζεται ανάλογα, δηλαδή, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκκίνησης τα ξεχωριστά φέροντα σήματα κατανέμονται σε διάφορους χώρους σημάτων, ανάλογα με το θόρυβο στο σχετικό κανάλι (128-QAM, 64-QAM, 32-QAM, 16-QAM, 8-QAM, QPSK). Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος σήματος προς θόρυβο, τόσο μεγαλύτερος είναι ο χώρος σήματος και άρα ο αριθμός ψηφίων που αναπαριστούν ένα μεταδιδόμενο σύμβολο.

Το κάθε κανάλι μπορεί να μεταδώσει μέχρι 64.7 kbits/s το οποίο, θεωρητικά, δίνει μια μέγιστη ικανότητα μετάδοσης παραπάνω από 16 Mbits/s στην περίπτωση των 256 καναλιών. Ωστόσο, στην πράξη, εξαιτίας των επιπτώσεων λόγω σήματος προς θόρυβο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο περίπου το μισό αυτής της ικανότητας.

Όταν τα επίπεδα θορύβου είναι υψηλά, ή τα καλώδια έχουν μεγάλο μήκος, ο χώρος σήματος μειώνεται σ' ένα επίπεδο όπου μπορεί να διατηρηθεί ασφαλής η επικοινωνία. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχουν κανάλια τα οποία, εξαιτίας του επικρατώντος θορύβου ή της μεγάλης εξασθένησης, να είναι άχρηστα.

Το πρότυπο προβλέπει δυο μέσα για την κατανομή των καναλιών στη ζώνη καθόδου ή ανόδου: τη σχετικά απλή Πολυπλεξία Διαχωρισμού Συχνοτήτων (FDM - Frequency mult-



Σχήμα 1. Φάσματα με τη χρήση της τεχνολογίας ADSL α) αναλογική τηλεφωνία (πολυπλεξία διαχωρισμού συχνοτήτων FDM - frequency division multiplexing) β) τηλεφωνία ISDN (FDM - πολυπλεξία διαχωρισμού συχνοτήτων) γ) αναλογική τηλεφωνία (λειτουργία με αντιστάθμιση αντήχησης)

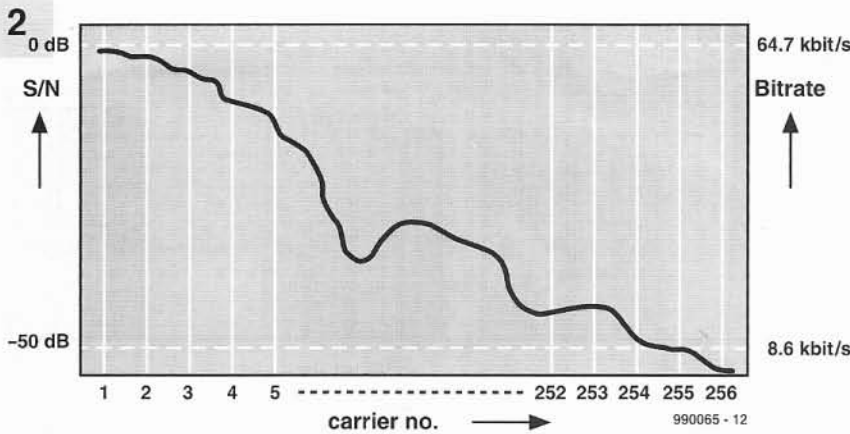
iplexing) ή την Αντιστάθμιση Αντήχησης.

Στην FDM, η περιοχή συχνοτήτων χωρίζεται σε δυο ζώνες. Τα πρώτα 26 κανάλια σχηματίζουν τη ζώνη ανόδου, ενώ τα κανάλια 27-256 μεταφέρουν τα δεδομένα καθόδου - βλ. Σχήματα 1α και 1β.

Στην Αντιστάθμιση Αντήχησης, η περιοχή συχνοτήτων χωρίζεται σε άνοδο και κάθοδο ανάλογα με την κατεύθυνση της μετάδοσης -

βλ. Σχήμα 1 γ. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη ικανότητα ροής δεδομένων καθόδου, αφού τα πιο χαμηλά 112 kHz της περιοχής του ADSL περιέχουν

τα καλύτερα κανάλια: σε υψηλότερες συχνότητες, αυξάνεται η εξασθένηση. Για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας όλων, χρειάζεται ένας ισοσταθμιστής Αντήχησης, τοποθετημένος μακριά από την εναπομένουσα ροή δεδομένων. Το Πρότυπο ADSL ονομάζει αυτό



Σχήμα 2. Η κατανομή των ψηφίων ως μια λειτουργία του λόγου σήματος- προς- θόρυβο.

τον τρόπο λειτουργίας ως ADSL Κατηγορίας 2.

Ενδέχεται να εμφανιστούν διαφορές στη στάθμη μεταξύ των φέροντων σημάτων χαμηλής συχνότητας και αυτών της υψηλής συχνότητας. Αν αυτές δεν ξεπερνούν τα 50 dB, αντισταθμίζονται από τον ισοσταθμιστή καναλιού στο Modem ADSL. Μεγαλύτερη εξασθένιση θα καθιστούσε το φέρον σήμα ανεπαρκές, αν δεν υπήρχε η εναλλασσόμενη κωδικοποίηση γραμμής (σε συμφωνία με τον λόγο σήματος προς-θόρυβο) σε σύμπραξη με τον ισοσταθμιστή καναλιού στο modem. Το Σχήμα 2 δείχνει μια τυπική κατανομή ψηφίων ως λειτουργία του λόγου σήματος-προς-θόρυβο.

γίνεται με ένα διακόπτη απ' όπου κάποιος θα είχε τη δυνατότητα να επιλέγει ανάμεσα στις δυο διαφορετικές χρήσεις, αλλά αυτό θα σήμαινε ότι το ADSL και το ISDN δε θα μπορούσαν πλέον να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και δε θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα. Η λύση που υιοθετήθηκε είναι να αρχίζει το σήμα DMT στα 140 kHz αντί για τα 26 kHz. Αυτό σημαίνει ότι, με μια δεδομένη απόσταση μεταξύ καναλιών 4.3125 kHz, υπάρχουν μόνο 224 διαθέσιμα κανάλια. Αυτό έχει κατατεθεί ως Παράρτημα Β του Πρότυπου ADSL.

Το πρόβλημα προκαλείται από το ότι, σύμφωνα με το πρότυπο ADSL, κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης των συνδέσεων, χρησιμοποιούνται τα χαμηλότερα κανάλια για τη δοκιμή των γραμμών μέσω πακέτων δεδομένων δοκιμής και για τον καθορισμό του ρυθμού ψηφίων του κάθε ξεχωριστού καναλιού. Αφού, στην περίπτωση του ISDN, αυτά τα κανάλια δεν είναι πλέον διαθέσιμα, σαν δοκιμαστικά, ορίζονται κανάλια της περιοχής ανόδου. Όλα αυτά περιγράφονται λεπτομερώς

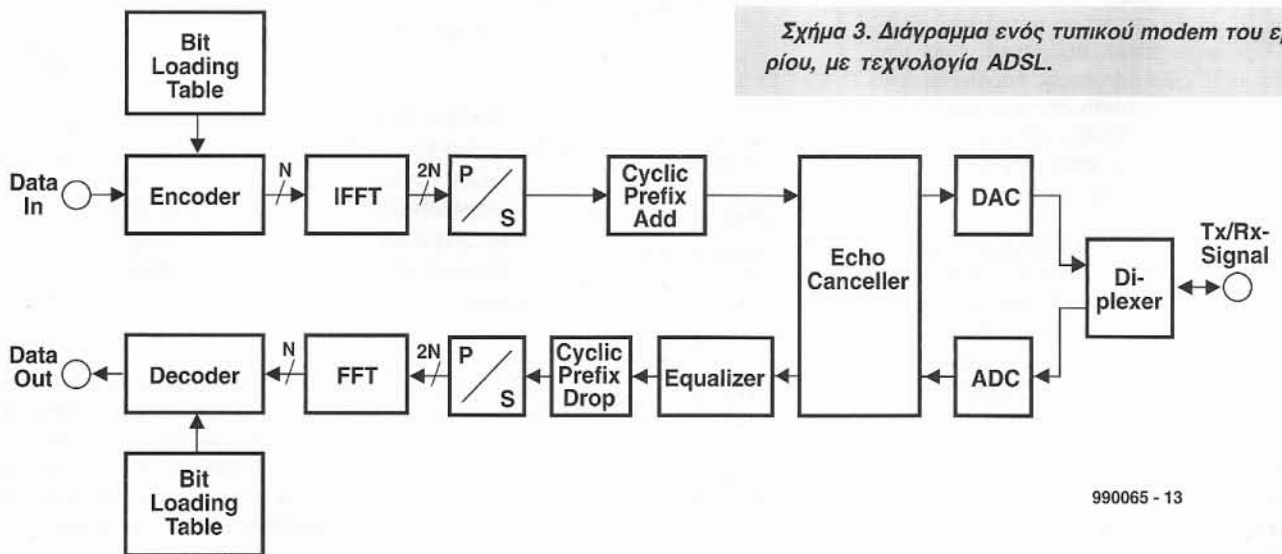
στο Παράρτημα Β. Αν και τα χαμηλότερα κανάλια χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των συνδέσεων, χρησιμοποιούνται παρόλα αυτά σαν συνδρομητικά. Διασφαλίζουν επίσης την ύπαρξη μιας ασφαλούς σύνδεσης μεταξύ του modem ADSL και του τέλους του (τηλεφωνικού) κέντρου διαχείτευσης σε αγωγό. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, οι περισσότεροι συνδρομητές είναι σε ακτίνα 3 χιλιομέτρων από το τηλεφωνικό κέντρο.

Η ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ MODEM ADSL

Η σχεδίαση ενός Modem για χρήση με το ADSL φαίνεται στο απλοποιημένο διάγραμμα του Σχήματος 3. Ένα παρόμοιο modem υπάρχει συνήθως και στο τηλεφωνικό κέντρο, αλλά εκείνο μπορεί να χειριστεί διάφορους συνδρομητές και αποκαλείται DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer - Πολυπλέκτης Πρόσβασης Ψηφιακής Γραμμής Συνδρομητών).

Τα εισερχόμενα δεδομένα (τα δεδομένα ανόδου, στην πλευρά του συνδρομητή, και τα δεδομένα καθόδου, στην πλευρά του κέντρου) περνάνε από ένα κωδικοποιητή, που τα κατανέμει στα (ν) τον αριθμό κανάλια του σήματος DMT. Αυτό γίνεται σύμφωνα με ένα πίνακα φόρτωσης ψηφίων που έχει εγκατασταθεί κατά τη διάρκεια εγκαθίδρυσης σύνδεσης. Αυτός ο πίνακας δείχνει πόσα ψηφία μπορεί να χειριστεί το κάθε κανάλι. Ο κωδικοποιητής παρέχει επίσης Εμπρόσθιο Έλεγχο Λάθους (2) (FEC -Forward Error Control) με κώδικα Reed Solomon (όπως στην ψηφιακή τηλεόραση). Ο παράλληλος συρμός ψηφίων από τον κωδικοποιητή περνά από ένα επεξεργαστή IFFT (Inverse Fast Fourier Transform - Γρήγορου Ανάστροφου Μετασχηματισμού Fourier). Αυτός μετατρέπει τα δείγματα του πεδίου συχνότητας με εύρος (ν) ψηφίων σε τιμές πεδίου χρόνου (2ν ψηφία - πραγματικά και φανταστικά μέρη). Αυτές οι τιμές μετατρέπονται μέσω κωδικοποίησης σε σειριακή μορφή, όπου προστίθεται ένα κυκλικό πρόθεμα. Ο αντισταθμιστής αντίληξης δημιουργεί μια εικόνα των σημάτων αποστολής και λήψης

3



που σημαδεύει τις πραγματικές αντήχησεις όταν αυτές εμφανίζονται. Εγκαθίσταται κατά διάρκεια της τοποθέτησης της σύνδεσης με τη βοήθεια ενός πακέτου ψηφίων δοκιμής. Η έξοδος του αντισταθμιστή αντήχησης περνά στην τηλεφωνική γραμμή μέσω ενός μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικού (DAC) και ενός διπλέκτη. Το εισερχόμενο σήμα περνά μέσω του διπλέκτη από ένα μετατροπέα αναλογικού-σε-ψηφιακό (ADC) που μετατρέπει τα αναλογικά σήματα στην τηλεφωνική γραμμή σ' ένα ψηφιακό συρμό δεδομένων. Ακολούθως, το σήμα περνά από τον ανισταθμιστή αντήχησης που εκτελεί την ίδια λειτουργία όπως με τα δεδομένα εξόδου.

Ο ισοσταθμιστής, ο οποίος εγκαθίσταται όχι μόνο κατά τη διάρκεια τοποθέτησης των συνδέσεων, αλλά και κατά τη διάρκεια της κανονικής χρήσης μέσω μηνυμάτων δοκιμής, παρέχει την απαιτούμενη ισοστάθμιση των συχνοτήτων.

Αφότου απαλειφθεί το κυκλικό πρόθεμα, και το σήμα κωδικοποιηθεί σε παράλληλη μορφή, περνά από τον επεξεργαστή FFT (Fast Fourier Transform - Ταχύς Μετασχηματισμός Fourier). Σ' αυτό το στάδιο τα χρονικά δείγματα πεδίου χρόνου με εύρος ν ψηφίων μετατρέπονται σε τιμές πεδίου συχνοτήτων. Ο αποκωδικοποιητής απκαθιστά στη σωστή ακολουθία τα ψηφία που περιέχονται στα κανάλια DMT, μέσω του Πίνακα Ψηφίων Φόρτωσης σύμφωνα με τον οποίο έχει προγραμματιστεί.

Ο αποκωδικοποιητής παρέχει επίσης FEC με κώδικα Reed Solomon, κάτι που διασφαλίζει τη διόρθωση οποιωνδήποτε ψηφίων λάθους. Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα και τα άλλα στοιχεία που απαιτούνται για την κατασκευή ενός modem ADSL είναι διαθέσιμα από καταστήματα ηλεκτρονικών. Κατασκευαστές τέτοιων στοιχείων είναι οι Motorola, STMicroelectronics, Alcatel, BroadCom, Globespan, και η Texas Instruments. Οι διευθύνσεις στο δίκτυο μερικών από αυτούς τους κατασκευαστές δίνονται στον Πίνακα 1.

Η κατασκευή του Modem παρουσιάζει μερικές προκλήσεις για τους επίδοξους κατασκευαστές. Για παράδειγμα, το σήμα DMT χρειάζεται πολύ μεγάλους ενισχυτές μεγάλου κέρδους και γραμμική λειτουργία των οδηγών ισχύος. Ο crest factor (παράγοντας κορυφής) είναι πολύ υψηλός, κάτι που σημαίνει ότι απαιτείται πολύ εφεδρική ισχύ στα κυκλώματα των οδηγών. Ωστόσο, κατασκευάστριες εταιρείες όπως η Burr-Brown και η Analog Devices έχουν ειδικά ολοκληρωμένα γι' αυτό το σκοπό. Υπάρχουν επίσης προβλήματα στα τηλεφωνικά κέντρα, αφού η κάθε σύνδεση ADSL σε ένα συνδρομητή απαιτεί ισχύ 12 w. Όταν περιέχονται πολλά modem, η θερμότητα μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα.

Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ADSL

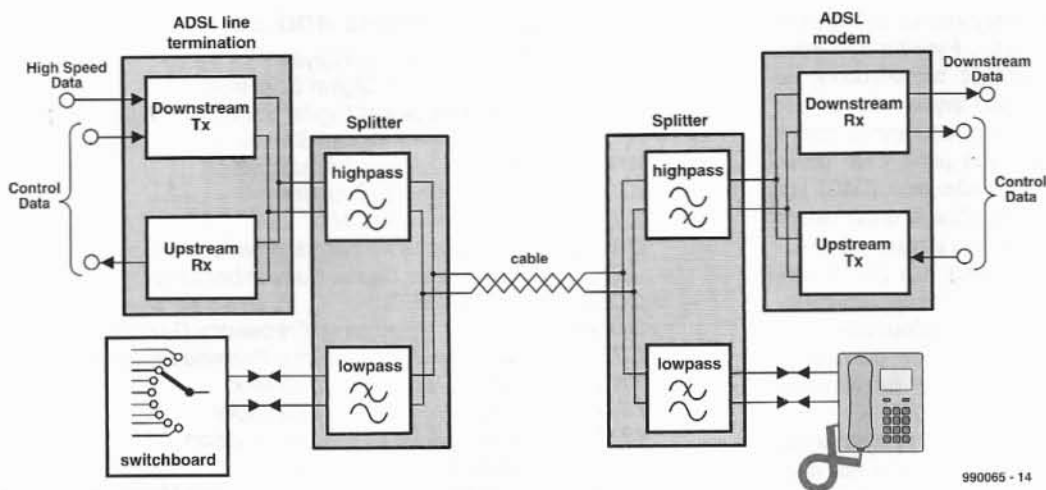
Το Σχήμα 4 δείχνει σε διαγραμματική μορφή τι απαιτεί το ADSL από τον συνδρομητή και από το τηλεφωνικό κέντρο. Ένας διαχωριστής σήματος ADSL είναι απαραίτητος τόσο απ' το τηλεφωνικό κέντρο όσο και από το συν-

Some abbreviations and acronyms:

AAL	ATM Adaptation Layer
ADC	Analogue-to-Digital Converter
ADSL	Assymmetrical Digital Subscriber's Line
ANSI	American National Standards Institute
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATU	ADSL Transceiver Unit
B-ISDN	Broadband ISDN
CAP	Carrierless Amplitude/Phase modulation
CDSL	Consumer Digital Subscriber Line
CODEC	COder-DECoder
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex
CPE	Customer (subscriber) Premises Equipment
CRC	Cyclic Redundancy Check
DAC	Digital-to-Analogue Decoder
DMT	Discrete Multi-Tone modulation
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplier
DTE	Data Terminal Equipment
DTMF	Dual Tone Multi Frequency
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDM	Frequency Division Multiplexing
FEC	Forward Error Control (or Correction)
FFT	Fast Fourier Transform
IDSL	ISDN Digital Subscriber Line
IETF	Internet Engineering Task Force
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standardization Organization
ITU	International Telecommunications Union
LAN	Local Area Network
MODEM	MOdulator-DEModulator
MPEG	Motion Picture Expert Group
N-ISDN	Narrowband ISDN
NT	Network Terminator
OSI	Open Systems Interconnection
PABX	Public Access Branch Exchange
PCM	Pulse Code Modulation
PDU	Protocol Data Unit
POT(S)	colloquial term for Plain Old Telephone System (or Service)
PSTN	Public Switched Telephone Network
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
SLIC	Subscriber Line Interface
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
URL	Uniform Resource Locator
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair
VADSL	Very high rate ADSL
VDT	Video Dial Tone: an alternative term to describe ADSL
VOD	Video On Demand
WAN	Wide Area Network

Some relevant Internet URLs:

ADSL Forum home page	www.adsl.com
Alcatel	www.usa.alcatel.com
ANSI home page	www.ansi.org
ATM Forum home page	www.atmforum.org
Broadcom	www.broadcom.com
ETSI home page	www.etsi.fr
Frame Relay Forum home page	www.frforum.com
GlobeSpan	www.globespan.net
Internet Engineering Task Force	www.ietf.org
ITU home page	www.itu.int
Motorola	www.mot-sps.com
St Microelectronics	www.st.com
Texas Instrument	www.ti.com.sc
Universal Serial Bus home page	www.usb.org

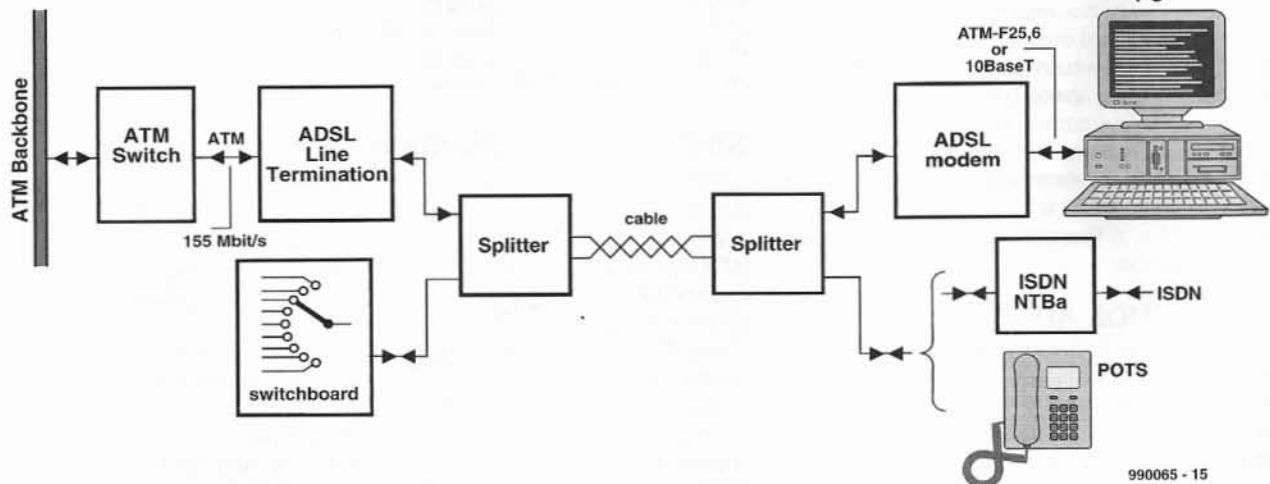


Σχήμα 4. Απλοποιημένο Διάγραμμα ενός συστήματος ADSL.

δρομητή. Αυτός περιλαμβάνει ένα υψηλής ποιότητας φίλτρο, διέλευσης υψηλών συχνοτήτων, με πολύ σαφείς διαχωρισμούς για το φάσμα συχνοτήτων του ADSL. Το αναλογικό τηλεφωνικό ή ISDN σήμα εισόδου ή εξόδου, ανάλογα με την περίπτωση, περνά από ένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων.

Στη μεριά του συνδρομητή, θα πρέπει φυσικά να υπάρχει ένα modem ADSL το οποίο να τροφοδοτείται με την έξοδο του διαχωριστή. Το Modem αυτό περιλαμβάνει ένα δέκτη (R) για το υψηλού ρυθμού σήματος καθόδου και ένα πομπό (Tx) για το σήμα ανόδου του. Τα σήματα καθόδου και ανόδου δεν περιέχουν μόνο δεδομένα μηνυμάτων, αλλά επίσης και δεδομένα ελέγχου και διαχείρισης. Στο τηλεφωνικό κέντρο, πρέπει να προστεθούν δέκτες (terminators) για κάθε συνδρομητή που επιθυμεί υπηρεσίες ADSL. Αυτές οι μονάδες είναι το αντίθετο του modem: ένας πομπός καθόδου μεταδίδει το υψηλής ποιότητας ψηφιακό σурμό δεδομένων στις τηλεφωνικές γραμμές μέσω του διαχωριστή. Ο δέκτης ανόδου (Rx) επεξεργάζεται δεδομένα με σταθερό ρυθμό. Ένας Πολυπλέκτης Πρόσβασης Ψηφιακής Γραμμής Συνδρομητή (DSLAM -Digital

Σχήμα 5. Λεπτομερές διάγραμμα ενός τυπικού συστήματος ADSL.



Subscriber Line Access Multiplexer) ξεχωρίζει τα κανάλια ADSL και τα διαθέτει σε έναν αριθμό συνδρομητών.

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ADSL

Το Σχήμα 5 δείχνει σε διαγραμματική μορφή τι άλλος εξοπλισμός απαιτείται από τον διαχωριστή ADSL και το modem. Στο κέντρο βρίσκονται οι διαχωριστές ADSL, για το τηλεφωνικό κέντρο και για την περιοχή του συνδρομητή. Στη μεριά του τηλεφωνικού κέντρου, η έξοδος από το διαχωριστή συνδέεται στην τερματική γραμμή ADSL και από εκεί στην κεντρική γραμμή ATM (3) (Asynchronous Transmission mode - Λειτουργία Ασύγχρονης Μετάδοσης) μέσω του διακόπτη ATM. Ο ρυθμός μετάδοσης μεταξύ των τερματικών γραμμής και του διακόπτη ATM είναι 155 Mbit/s. Στη μεριά του συνδρομητή, η έξοδος του διαχωριστή περνά από το modem ADSL, που περιέχει ένα (interface) ATM-F25.6 (25.6 Mbit/s) ή ένα (αργότερο) (interface) ενδιάμεσο δικτύου τοπικής εμβέλειας (LAN) τύπου 10BaseT. Ο υπολογιστής πρέπει να περιλαμβάνει

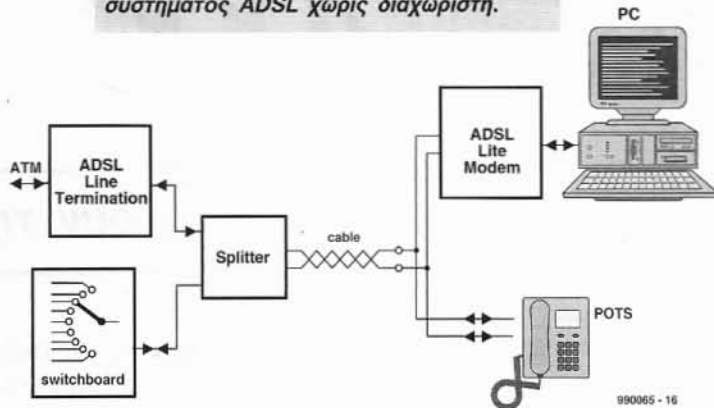
μία κάρτα συμβατή με ATM ή LAN για να μπορεί

να δουλέψει χωρίς σφάλματα με το ενδιάμεσο του modem. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ISDN γραμμή, πρέπει να εισαχθεί μια Τερματική Γραμμή Δικτύου (NT-Network Terminator) ανάμεσα στο διαχωριστή και τη σύνδεση ISDN - βλέπε Σχήμα 5.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Εξαιτίας των πολλών τρόπων που μπορεί να εγκατασταθεί ένα σύστημα μετάδοσης ADSL, είναι σημαντικό να μελετηθούν το πρωτόκολλο, οι προδιαγραφές και οποιαδήποτε άλλα σχετικά δεδομένα, προτού αρχίσει η πρακτική εργασία. Η απόκριση συχνοτήτων και στις δυο κατευθύνσεις πρέπει να μετρηθεί προσεκτικά και πρέπει να διασφαλιστεί ότι τα δυο modem χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα φέροντος. Ακολούθως, πρέπει να καθοριστούν οι ρυθμοί ψηφίων των καναλιών ανόδου και καθόδου, καθώς επίσης και το τι μέσα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την κατανομή καναλιών (FDM ή αντιστάθμιση αντήχησης) με τη βοήθεια μηνυμάτων δοκιμής. Σ' αυτό το σημείο είναι που αποφασίζεται ο μέγιστος ρυθμός ψηφίων της κάθε σύνδεσης.

Η τεχνολογία ADSL είναι ικανή να εργαστεί με διάφορους λόγους σήματος προς θόρυβο. Η ικανότητά της για εναλλαγή Ψηφίων (Bit Swapping) επιτρέπει την επανακατανομή των ψηφίων σε συγκεκριμένα κανάλια κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Η φάση εκκίνησης μπορεί να πάρει από 20 δευτερόλεπτα μέχρι ένα



990065 - 16

λεπτό. Αυτή η αργή εκκίνηση διασφαλίζει ωστόσο, ότι βελτιστοποιούνται οι ρυθμίσεις για τους μέγιστους δυνατούς ρυθμούς ψηφίων για κάθε κανάλι. Αν, για οποιοδήποτε λόγο, παραστεί ανάγκη για επανακαθορισμό των ρυθμών μετάδοσης ψηφίων, δεν είναι αναγκαίο να περιμένουμε ξανά για 20-60 δευτερόλεπτα πρώτου μπορεί να αρχίσει η λειτουργία. Υπάρχει μια σύντομη διαδικασία γι' αυτό, που παίρνει λίγα μόνο δευτερόλεπτα. Σ' αυτή την περίπτωση, είναι ωστόσο απαραίτητο για το modem να παρακολουθήσει την ποιότητα μετάδοσης κάθε ξεχωριστού καναλιού.

Το ΓΕΝΙΚΟ MODEM ΤΟΥ ADSL

Λίγο μετά την καταχώρηση του Προτύπου ADSL στο ANSI το 1997, κάποιες εταιρείες, αναμεσα τους οι Microsoft, Intel, και Compaq, σχημάτισαν την Παγκόσμια Ομάδα Εργασίας ADSL (UAWG- Universal ADSL Working Group). Ένας από τους στόχους αυτής της ομάδας ήταν να ξεφορτωθεί τον διαχωριστή, μια και αυτό θα σήμαινε σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων στο κέντρο Interface Γραμμής Συνδρομητή (SLIC - Subscriber Line Interface) και στη μεριά του συνδρομητή στην κάρτα ATM Ethernet - βλ. Σχήμα 6. Θα πρέπει να έχουμε κατά νου ότι ο διαχωριστής ADSL είναι μια ακριβή μονάδα. Το G.Lite ή Γενικό modem ADSL που προέκυψε, τυποποιήθηκε από την ITU στο Πρότυπο ITU G992.2 - ADSL χωρίς διαχωριστή. Πέρα από την εισαγωγή αυτού του Modem, ο αριθμός των καναλιών μειώνεται από 256 σε 128, ο αριθμός των ψηφίων ανα δευτερόλεπτο ανα κύκλο μειώνεται, έτσι ώστε ο χώρος του σήματος είναι μικρότερος και ο ρυθμός μετάδοσης ψηφίων καθόδο μειώνεται στα 1.5 Mbit/s παρόλο που η άνοδος μπορεί ακόμα να λειτουργήσει στα 500 kbit/s. Εκτός αυτών το επίπεδο της εξόδου μειώνεται σε τέτοια έκταση ώστε η κατανώση ισχύος και η απαιτούμενη γραμμικότητα του σταδίου των αναλογικών οδηγών να μετριάζεται σημαντικά. Και τέλος, μένα Γενικό Lite modem ADSL, η λειτουργία εμπίπτει στην Κατηγορία 2 των προδιαγραφών ANSI, κάτι που σημαίνει ότι οι τομείς άνοδος και καθόδο μοιράζονται την κατώτερη περιοχή συχνοτήτων του ADSL μέσω της αντιστάθμισης αντίληξης. Αυτό εγγυάται την χωρίς προβλήματα μετάδοση στα ξεχωριστά φέροντα. Έχει ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι η τεχνολογία ADSL χωρίς διαχωριστή είναι πολύ πιο δημοφιλής στις Αγγλοσαξωνικές χώρες απ'ότι στην ηπειρωτική Ευρώπη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Τώρα που η τεχνολογία ADSL έχει πλέον καταξιώθει στους χρήστες, είναι σαφές ότι μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη χρήση του τηλεφωνικού συστήματος, ειδικά ό'τι αφορά την πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Ακόμα και όταν οι ρυθμοί μετάδοσης ψηφίων είναι μόνο(!) 1.5 Mbit/s, αυτό σημαίνει 27-πλάσια άνοδο στην ταχύτητα σε σύγκριση με αυτή ενός modem 56 kbit. Τα σύγχρονα modem που χρησιμοποιούνται στους εγχώριους χρήστες είναι

υβριδικής μορφής και μπορούν να λειτουργήσουν τόσο στο αναλογικό πρότυπο v.90 όσο και στο ADSL. Τα περισσότερα από αυτά τα Modem μπορούν να προσαρμοστούν μέσω λογισμικού του υλικού (firmware) (5)στην περίπτωση τυπικών αναβαθμίσεων.

ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ;

Η τεχνολογία δε μένει σταθερή, και ήδη υπάρχουν χώρες όπου αναπτύσσεται ή δοκιμάζεται το VDSL - Very high rate ADSL, ADSL Πολύ Υψηλών Ρυθμών Μετάδοσης. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας οπτικών ινών η εμπέδωση της γραμμής μειώνεται αισθητά. Αυτό επιτρέπει πολύ ταχύτερους ρυθμούς μετάδοσης, που αναμένονται να είναι 52 Mbit/s στην κάθοδο και 3.2 Mbit/s στην άνοδο (με μήκος χάλκινης γραμμής, ίσως και 100 μέτρων) μέσα στα επόμενα χρόνια. Τέτοιοι ρυθμοί θα κάνουν δυνατή τη μετάδοση δεδομένων MPEG-2. 990065

Σημειώσεις:

1) Η Ψηφιακή Διαμόρφωση Κατά Πλάτος με Τετραγωνικούς Παλμούς (QAM)είναι μια παραλλαγή του Κλειδώματος Μεταλλαγής Φάσης με Τετραγωνικούς Παλμούς (QPSK Quadrature Phase Shift Keying). Στο QPSK η μεταλλαγή φάσης τετραγωνικών παλμών του φέροντος χρησιμοποιείται για τη μεταβίβαση 2 ψηφίων δεδομένων στο ίδιο εύρος ζώνης με ένα ψηφίο. Στην ψηφιακή QAM, αυτό επεκτείνεται στην απόκτηση 8, 16, 32, 64, 128, 256 φάσεων από την ίδια συχνότητα φέροντος για την αναπαράσταση 8, 16, 32, 64, 128, 256 ξεχωριστών δυαδικών μορφών κώδικα, των 3,4, 5,6,7,8 ψηφίων η κάθε μια.

2) Εμπρόσθιος Έλεγχος Λάθους (ή Διόρθωση) (Forward Error Control). Πρόκειται για μια τεχνική στην οποία ο τρόπος εντοπισμού των ψηφίων λάθους εμπεριέχεται στο μεταδιδόμενο συρμό μηνυμάτων επιτρέποντας τη διόρθωση των λαθών από το δέκτη χωρίς να χρειαστεί εκ νέου εκπομπή των δεδομένων.

3) Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αντιστάθμιση αντίληξης έχει ευεργετικά αποτελέσματα μόνο όταν χρησιμοποιείται η ίδια συχνότητα και για τις δυο κατευθύνσεις. Όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικά υπο - κανάλια για διαφορετικές κατευθύνσεις, η ακύρωση αντίληξης περιπτεεί. Σ' αυτή την περίπτωση το UTP περιέχει

τρία σημεία πρόσβασης: ένα για ομιλία, ένα για δεδομένα άνοδος και ένα για πληροφορίες καθόδο.

4) Η κεντρική γραμμή (ραχοκοκκαλιά) είναι η κύρια οδός μετάδοσης ενός PDN (Public Data Network) - Δι-Δεδομένων για το Κοινό).

5) Κατ'ουσίαν το λογισμικό υλικού (firmware) είναι λογισμικό συστήματος με έδρα μνήμη ROM

Αναφορές:

ANSI T1.413: Προσαρμοστές (Interfaces) Εγκατάστασης Δικτύου και Πελατών - Μεταλλικοί προσαρμοστές Ασύμμετρης Ψηφιακής Γραμμής Συνδρομητή. Τεύχος 1, 1995. Προδημοσίευση τεύχος 2, Δεκέμβριος 1998.

RFC 791: Το πρωτόκολλο του διαδικτύου

ITU G992.1 (G.dmt) Χωρίς διαχωριστές Ασύμμετρη Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (ADSL).

ITU G992/2 (G.lite) Χωρίς διαχωριστές Ασύμμετρη Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Χωρίς Διακλαδωτήρα Τεχνικές Προσομείωσης του

DSL και Ανάπτυξη Προτύπων για Συστήματα Ψηφιακών Γραμμών Συνδρομητή, από Walter Y Chen, MacMillan Technical Publishing, Indianapolis, 1998

ADSL και DSL, από Walter Goralski, Mc-Graw-hill, New York, 1998

Ψηφιακά Δίκτυα Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (ISDN), από Herman n J Helgert, Addison Wesley Publishing Company, Reading, Mass. 1991 ISDN:ιδέες, ευκολίες και υπηρεσίες, από Gary C Kessler και Peter V Southwick, McGraw-hill, New York, 1998

Οι Αρχές του ADSL/VDSL, από Dennis Rauschmayer, Macmillan Publishing, Indianapolis, 1999

ADSL: Πρότυπα, Εφαρμογή και Αρχιτεκτονική, από Charles K Summers, CRC Press, London & New York, 1999