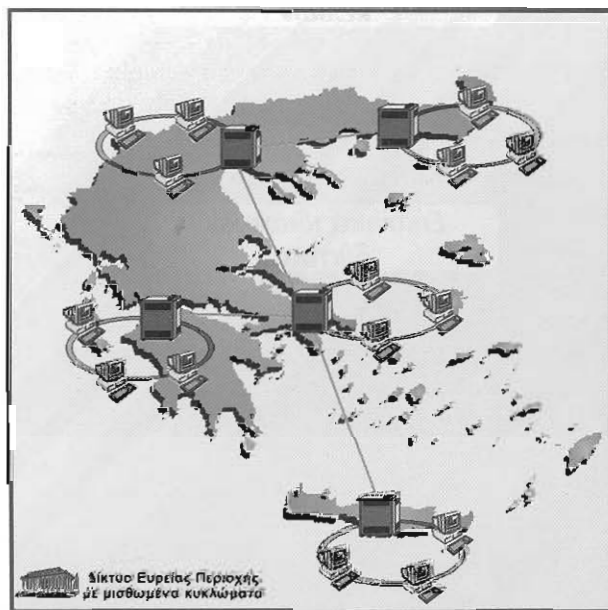


Στόχοι

Όταν τελειώσετε αυτό το κεφάλαιο θα πρέπει να μπορείτε να:

- ορίζετε την έννοια του δικτύου ευρείας περιοχής
- αναγνωρίζετε δίκτυα ευρείας περιοχής που υλοποιούνται με μόνιμες συνδέσεις, επιλεγόμενες συνδέσεις, μεταγωγή πακέτων και μεταγωγή κελιών
- περιγράφετε τις αρχές διασύνδεσης δικτύων με τη χρήση γεφυρών, δρομολογητών και πυλών
- προσδιορίζετε τα πλεονεκτήματα των δημοσίων δικτύων μεταγωγής δεδομένων
- αναφέρετε τις υπηρεσίες που παρέχει το ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN)
- ορίζετε την έννοια του εικονικού ιδιωτικού δικτύου
- περιγράφετε τη λειτουργία των δικτύων κελιών
- αναφέρετε τα πλεονεκτήματα των δικτύων ATM
- περιγράφετε τις δυνατότητες διασύνδεσης στον Ελλαδικό χώρο
- επιλέγετε ανάμεσα σε διαφορετικές λύσεις υλοποίησης δικτύων ευρείας περιοχής



Εισαγωγή

Η ταχύτατη ανάπτυξη και η ευρύτατη αποδοχή των τοπικών δικτύων την τελευταία δεκαετία αποτελεί απόδειξη της επιτυχίας των δικτύων ως προς την αποτελεσματική κάλυψη των υπολογιστικών και επικοινωνιακών αναγκών της σύγχρονης επιχείρησης. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, παρατηρούμε φαινόμενα παγκοσμιοποίησης της αγοράς αλλά και συγχώνευσης επιχειρήσεων σε πολυεθνικούς γίγαντες. Οι σχετικά μικρές εταιρίες έχουν προβλήματα στις σύγχρονες συνθήκες του σκληρού ανταγωνισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι σύγχρονες μεγάλες επιχειρήσεις έχουν σύνθετη οργάνωση με πολλά τμήματα και υποκαταστήματα διασκορπισμένα στα όρια μιας πόλης, ενός κράτους αλλά και σε πολλές περιπτώσεις σε ολόκληρη τη γη.

Τα δίκτυα που εξετάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο (τοπικά δίκτυα) είναι κατάλληλα για επιχειρήσεις που στεγάζονται σε ένα κτίριο ή σε συγκρότημα κτιρίων. Για τη κάλυψη επιχειρήσεων με ανάγκες μεταφοράς δεδομένων σε μακρινές αποστάσεις υπάρχουν τα μητροπολιτικά δίκτυα (MAN - Metropolitan Area Network) και τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN - Wide Area Network).

Τα **μητροπολιτικά δίκτυα** εκτείνονται στα όρια μιας πόλης, ενώ τα δίκτυα ευρείας περιοχής σε ακόμα μεγαλύτερες αποστάσεις. Διάφορες τεχνικές επέκτασης και διασύνδεσης τοπικών δικτύων έχουν αναπτυχθεί ανάλογα με τις απαιτήσεις απόστασης, ταχύτητας, πρωτοκόλλων πρόσβασης και ιδιοκτησίας των γραμμών μεταφοράς. Τυπικές συσκευές διασύνδεσης τοπικών δικτύων είναι οι γέφυρες και οι δρομολογητές.

Τα **δίκτυα ευρείας περιοχής** μπορούμε να τα κατατάξουμε σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο δέσμευσης των γραμμών διασύνδεσης. Τα δίκτυα επιλεγόμενης σύνδεσης (circuit-switched), μόνιμης σύνδεσης (full-period) και μεταφοράς πακέτων (packet-switched). Τέλος, υπάρχουν και τα ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής.

Τις κατηγορίες αυτές καθώς και τις τυποποιήσεις δικτύων ευρείας περιοχής θα εξετάσουμε στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου. Επίσης, θα αναπτυχθούν οι απαιτήσεις λογισμικού, τα κριτήρια επιλογής δικτύων ευρείας περιοχής και οι δυνατότητες διασύνδεσης στον Ελλαδικό χώρο.

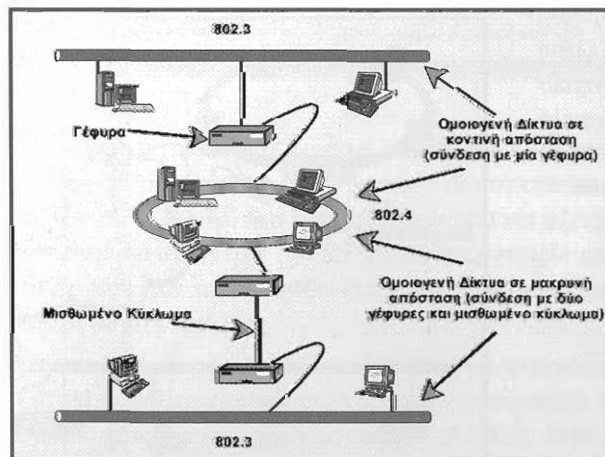
1. Συσκευές διασύνδεσης τοπικών δικτύων

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή, η δημιουργία ενός μητροπολιτικού δικτύου ή και ενός δικτύου ευρείας περιοχής στη τυπική περίπτωση προκύπτει ως διασύνδεση δύο ή και περισσότερων τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους. Για τη διασύνδεση των επιμέρους τοπικών δικτύων πρέπει να λάβουμε υπόψη μας παράγοντες που αφορούν:

- την αρχιτεκτονική των επιμέρους τοπικών δικτύων
- τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν
- το είδος των υπηρεσιών που προσφέρουν
- τις απαιτήσεις ταχύτητας

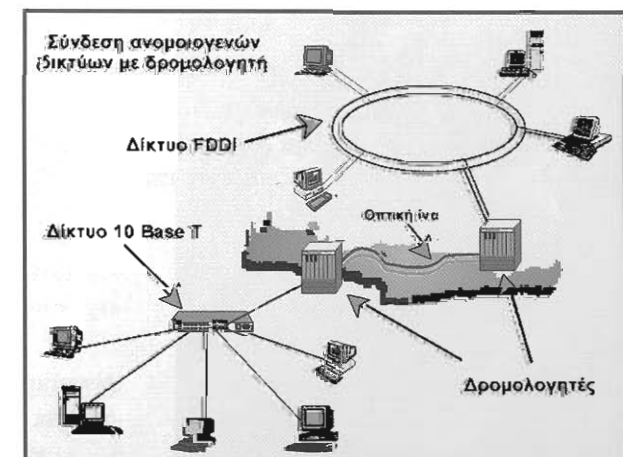
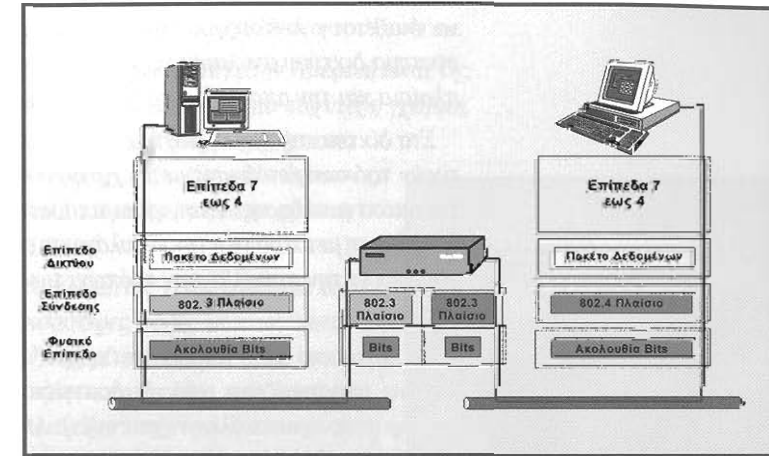
Στην περίπτωση που τα επιμέρους τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν ίδια ή αντίστοιχα πρωτόκολλα (π.χ. 802.x) μέχρι και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων τότε η σύνδεση τους είναι εφικτή με γέφυρα (Bridge). Οι γέφυρες εκτός από τις υπηρεσίες διασύνδεσης, προσφέρουν:

- αυξημένη ασφάλεια (κάθε τμήμα του δικτύου που διασυνδέει η γέφυρα λαμβάνει μόνο την κίνηση που το αφορά, και όχι τη συνολική κίνηση του δικτύου όπως συμβαίνει με τους επαναλήπτες)
- αύξηση απόδοσης, αφού το συνολικό φορτίο κατανέμεται μόνο στο τμήμα στο οποίο ανήκει και όχι στο σύνολο του δικτύου
- αύξηση της αξιοπιστίας (πιθανός προβληματικός σταθμός βγάξει εκτός λειτουργίας μόνο το τμήμα του δικτύου στο οποίο ανήκει).



Η λειτουργία της γέφυρας έχει ως εξής: όταν ένα πλαίσιο (frame) φτάσει στη γέφυρα, εξετάζεται η διεύθυνση προορισμού και προωθείται στο σωστό τμήμα του δικτύου. Αν δεν γνωρίζει σε ποιο τμήμα βρίσκεται το σύστημα προορισμού, τότε τοποθετεί το πλαίσιο σε κάθε τμήμα εκτός αυτού από το οποίο προήλθε. Με αυτόν τον τρόπο, η γέφυρα κατασκευάζει έναν πίνακα συνδέσεων, με βάση τον οποίο προωθεί τα πλαίσια στη συνέχεια.

Στην περίπτωση που θέλουμε να συνδέσουμε ανομοιογενή δίκτυα, π.χ. ένα δίκτυο 10 Base-T με ένα δίκτυο FDDI η διασύνδεση πρέπει να γίνει στο επίπεδο του δικτύου. Η συσκευή που αναλαμβάνει τη διασύνδεση δικτύων σε επίπεδο υψηλότερο του δεύτερου στο μοντέλο OSI, ονομάζεται πύλη (Gateway). Ειδικά για τη διασύνδεση στο επίπεδο του δικτύου η πύλη καλείται δρομολογητής (Router). Μερικές από τις λειτουργίες του δρομολογητή είναι η δρομολόγηση πακέτων μεταξύ των θυρών του, η προσαρμογή των πλαισίων μεταξύ ανομοιογενών δικτύων, η προσαρμογή των διευθύνσεων κ.ά. Οι σύγχρονοι δρομολογητές είναι συσκευές πολύ πιο σύνθετες και ολοκληρωμένες από ό,τι οι γέφυρες. Μπορούν να διασυνδέσουν πολλά διαφορετικά δίκτυα, να απαγορεύσουν ή και να επιτρέψουν πρόσβαση, να κρατήσουν στατιστικά στοιχεία και πολλές άλλες λειτουργίες.



2. Απαιτήσεις λογισμικού

Όπως τα τοπικά δίκτυα, έτσι και τα δίκτυα ευρείας περιοχής, για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι σταθμοί εργασίας και οι κόμβοι που το απαρτίζουν, πρέπει να διαθέτουν λειτουργικό σύστημα με δικτυακή υποστήριξη. Το λειτουργικό σύστημα δικτύου αναλαμβάνει την οργάνωση της προς μετάδοση πληροφορίας σε πλαίσια και την αποστολή στο δίκτυο μέσω της κάρτας δικτύου.

Στα δίκτυα ευρείας περιοχής είναι πολύ συνηθισμένο να υπάρχει μίξη διαφορετικών τρόπων μετάδοσης με τη χρήση διαφορετικών πρωτοκόλλων σε διαφορετικά μέσα μετάδοσης. Έτσι, είναι απαραίτητη η ύπαρξη λογισμικού που να υποστηρίζει τη μετατροπή ή την ενθυλάκωση ενός πρωτοκόλλου σε άλλο, με σκοπό να γεφυρώσει την ποικιλία των τρόπων, των πρωτοκόλλων και των μέσων μετάδοσης.

Το λογισμικό αυτό μπορεί να "τρέχει" σε κάποιο σταθμό εργασίας αλλά κατά κανόνα υποστηρίζεται από εξειδικευμένο υλικό, όπως οι δρομολογητές και οι μετατροπείς πρωτοκόλλων (gateways). Μερικές από τις πιο συνηθισμένες εργασίες που αναλαμβάνει είναι:

- διασύνδεση διαφορετικών δικτύων (SNA, X.25, ATM κ.λπ.)
- δρομολόγηση διαφορετικών πρωτοκόλλων (TCP/IP, IPX κ.λπ.)
- μεταγωγή πακέτων δεδομένων, φωνής και κινούμενης εικόνας
- διαχείριση συστήματος
- ασφάλεια (λίστες πρόσβασης, διαδικασία επικύρωσης, κωδικοποιημένες επικοινωνίες κ.λπ.)
- συλλογή στατιστικών στοιχείων χρήσης δικτύου (accounting).

Ακόμη, αναλαμβάνει την παροχή αυξημένης αξιοπιστίας, έλεγχο συμφόρησης και ροής, μετάδοσης πολλαπλών σημείων (multicast), καθώς και θέματα ποιότητας παροχής υπηρεσιών (Quality of Service - QoS).

3. Δημόσιο επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο

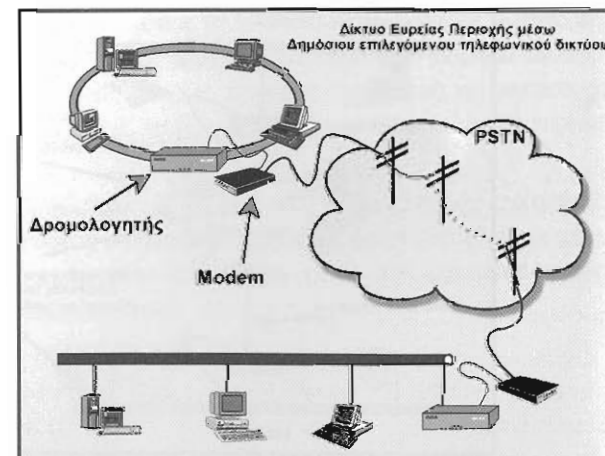
Ιστορικά το δημόσιο επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο (Public Switched Telephone Network - PSTN) είναι η πρώτη λύση που εφαρμόστηκε για τη διασύνδεση τελεματικών συσκευών (DTE - Data Terminating Equipment) και τοπικά δικτύων. Με τη χρήση του modem περνάμε τα δεδομένα μας μέσα από κοιν- τηλεφωνικές γραμμές. Τα βασικότερα προβλήματα αυτού του τρόπου σύνδε- είναι:

- χαμηλή ταχύτητα επικοινωνίας
- μειωμένη ποιότητα σύνδεσης
- υψηλό τιμολόγιο χρέωσης (για μακρινές συνδέσεις)

Τα πλεονεκτήματα του δημόσιου επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου είναι η χρέωση μόνο για το διάστημα που κάνουμε χρήση του τηλεφωνικού δικτύου και ο σχε- τικά εύκολος τρόπος σύνδεσης με άλλους υπολογιστές (αρκεί να διαθέτουν modem).

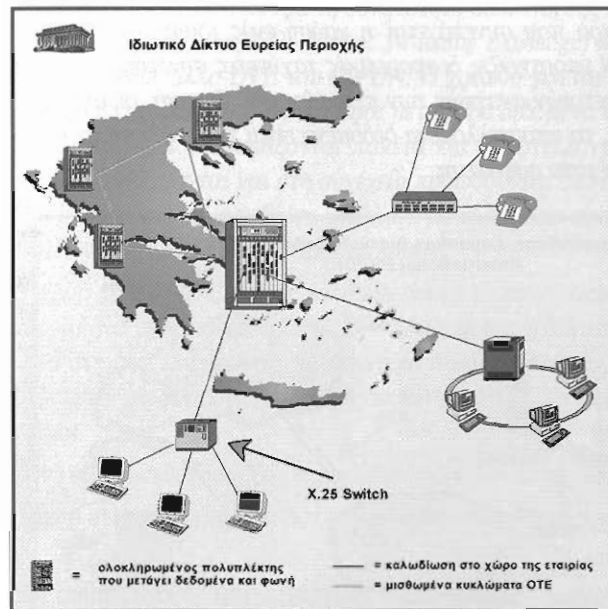
Σε χώρες με σχετικά φθηνά τηλεπικοινωνιακά τέλη, επιχειρήσεις χωρίς μεγάλες απαιτήσεις μεταφοράς δεδομένων μπορούν να κάνουν χρήση του δημόσιου τηλε- φωνικού δικτύου για την υλοποίηση των WAN τους. Στην Ελλάδα κάτι τέτοιο είναι ασύμφορο και σε κάποιες περιπτώσεις η λύση αυτή υλοποιείται μόνο ως εφεδρικός τρόπος σύνδεσης.

Η σύνδεση με το Διαδίκτυο (από το σπίτι μας μέχρι και τον παροχέα υπηρεσιών) γίνεται κυρίως μέσω του PSTN. Φυσικά, σε αυτήν την περίπτωση ο παροχέας της σύν- δεσής μας είναι προσπελάσιμος με τοπική κλήση και το αρνητικό είναι η χαμηλή ταχύτητα μεταφο- ράς δεδομένων.



4. Ιδιωτικά δίκτυα δεδομένων

Τα ιδιωτικά δίκτυα δεδομένων (Private Network - PN) υλοποιούνται με την ενοικίαση μόνιμων αφιερωμένων κυκλωμάτων ή με τη χρήση ιδιωτικών γραμμών ζεύξης. Το κύκλωμα μπορεί να είναι δισύρματο ή τετρασύρματο συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, ομοαξονικό καλώδιο, μικροκυματική ζεύξη, οπτική ίνα, δορυφορική ζεύξη κ.λπ.



Συνήθως η επιχείρηση τοποθετεί ιδιωτικά συστήματα έξυπνης πολύπλεξης (IMUX - Intelligent Multiplexers), τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν δεδομένα αλλά και φωνή. Η ασφάλεια των δεδομένων (μια και η ζεύξη είναι αποκλειστική) είναι ανάμεσα στα θετικά των PN. Επιπλέον, η εταιρία μπορεί να επιλέξει η ίδια τα πρωτόκολλα που θα τρέξει στα νοικιασμένα κυκλώματα έχοντας έτσι τη μεγαλύτερη δυνατή ευελιξία.

Το μειονέκτημα των ιδιωτικών δικτύων δεδομένων είναι το μεγάλο κόστος των κυκλωμάτων (αυξάνει ανάλογα με την απόσταση και την ταχύτητα) καθώς και το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων μεταγωγής (PABX). Στην πράξη μόνο

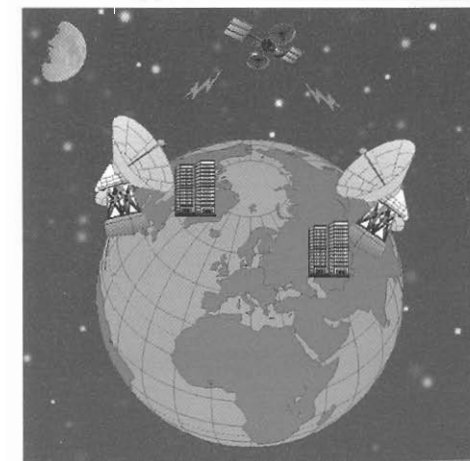
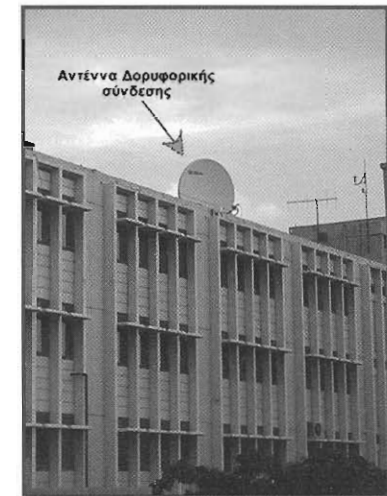
μεγάλες επιχειρήσεις και οργανισμοί (τράπεζες, αεροπορικές εταιρίες κ.λπ.) μπορούν να ανεχθούν το υψηλό κόστος λειτουργίας ενός PN, αλλά και να διακινούν δεδομένα ολόκληρο το 24ωρο, ώστε να έχουν μέγιστη εκμετάλλευση του δικτύου.

Τυπικές τιμές για κύκλωμα των 1,544 Mbps (γραμμή T1) στην Αμερική είναι της τάξης των \$5.000 το μήνα για απόσταση 1.000 μιλίων. Ακόμα ταχύτερη γραμμή, στα 45 Mbps (γραμμή T3), κοστίζει πάνω από \$50.000 για απόσταση 1.000 μιλίων σε μηνιαία βάση. Στην Ελλάδα, η ζεύξη Αθήνας - Θεσσαλονίκης (ευθεία απόσταση 472 Km) στα 2 Mbps έχει μηνιαία χρέωση περίπου 1.700.000 δρχ.

Σε γενικές γραμμές, το κόστος του κυκλώματος είναι ανάλογο της ταχύτητας και της απόστασης. Τις περισσότερες φορές τα κυκλώματα αποτελούνται είτε από χάλκινους αγωγούς είτε από συνδέσεις οπτικών ινών. Στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ των κόμβων (δικτύων) που θα διασυνδεθούν είναι μεγάλη, συμφέρει η ενοικίαση δορυφορικών υπηρεσιών. Εταιρίες παρέχουν συνδέσεις σε ταχύτητες 19,2 Kbps έως και πολλαπλάσια των γραμμών T1. Η εγκατάσταση μιας δορυφορικής σύνδεσης περιλαμβάνει την εγκατάσταση ενός VSAT (Very Small Aperture Terminal) με ακτίνα διαμέτρου 1,2 έως 2,8 m στην οροφή του κτιρίου του ενδιαφερόμενου πελάτη.

Για διασύνδεση αποστάσεων μέχρι και 500 μίλια η χρήση δορυφορικών ζεύξεων είναι μάλλον ασύμφορη. Για αποστάσεις πάνω από τα 500 μίλια η δορυφορική σύνδεση γίνεται ανταγωνιστική ως προς τις επίγειες ζεύξεις. Το πρόβλημα που δημιουργείται στη δορυφορική ζεύξη σχετίζεται με την καθυστέρηση μεταφοράς σήματος από τη γη στο δορυφόρο και το αντίστροφο. Ακόμα και με την ταχύτητα του φωτός, ο χρόνος αυτός είναι περίπου 0,27 sec. Εφαρμογές όπως μεταφορά αρχείων ή ιστοσελίδων δεν προβληματίζονται από αυτή την καθυστέρηση, όμως διαλογικές εφαρμογές (interactive) που απαιτούν άμεση απόκριση πιθανώς να αντιμετωπίζουν προβλήματα.

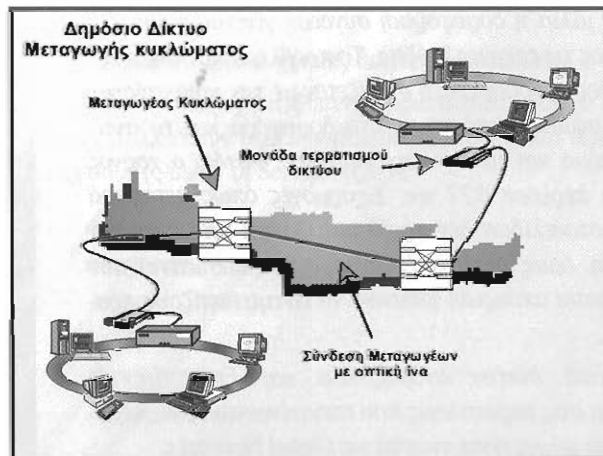
Τα ιδιωτικά δίκτυα ονομάζονται και Enterprisewide Networks και στις περιπτώσεις που επεκτείνονται σε περισσότερες από μία χώρες είναι γνωστά ως Global Networks.



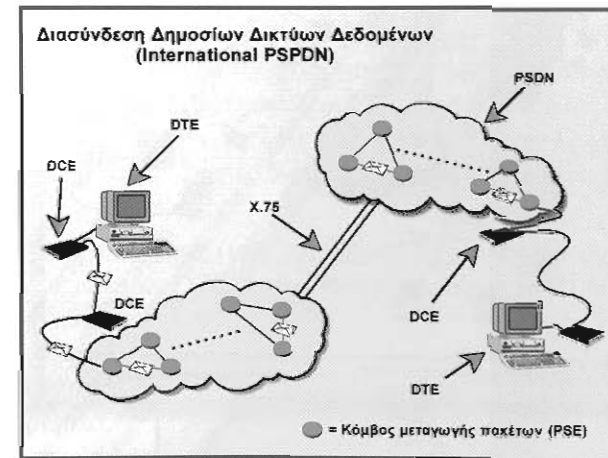
5. Δημόσια Δίκτυα Δεδομένων

Τα δημόσια δίκτυα δεδομένων (Public Data Network - PDN) δημιουργήθηκαν με στόχο την εξάλειψη κάποιων μειονεκτημάτων των ιδιωτικών δικτύων αλλά και για την κάλυψη των αναγκών επιχειρήσεων μικρότερης εμβέλειας και μεγέθους. Το βασικό μειονέκτημα των ιδιωτικών δικτύων είναι το μεγάλο κόστος, τόσο των γραμμών επικοινωνίας όσο και του εξοπλισμού, για τη διασύνδεση των επιμέρους τοπικών δικτύων. Λύση στο πρόβλημα αυτό δίνουν τα δημόσια δίκτυα δεδομένων τα οποία λειτουργούν και ανήκουν φυσικά αλλά και διαχειριστικά σε μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς (π.χ. Ο.Τ.Ε. για την Ελλάδα).

Στόχος των δημοσίων δικτύων δεδομένων είναι η παροχή δικτυακών υπηρεσιών σε ένα ευρύ φάσμα πελατών με διαφορετικές ανάγκες και διαφορετικό εξοπλισμό. Ο υποψήφιος πελάτης μπορεί να έχει πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο δεδομένων με υπολογιστή (προσωπικό, σταθμό εργασίας, κεντρικό σύστημα) αλλά και με ένα απλό ασύγχρονο τερματικό. Ο όρος DTE (Data Terminating Equipment) αναφέρεται σε τερματικό εξοπλισμό δεδομένων του πελάτη/χρήστη του δικτύου. Αναλαμβάνει την οργάνωση της προς μετάδοση πληροφορίας σε πακέτα τα οποία και αποστέλλει στο δίκτυο ακολουθώντας συγκεκριμένους κανόνες (πρωτόκολλα). Ένας άλλος όρος που εμφανίζεται ταυτόχρονα με το DTE είναι το DCE (Data Circuit - terminating Equipment) και αναφέρεται σε εξοπλισμό ο οποίος τερματίζει ένα κύκλωμα επικοινωνίας και αποτελεί πύλη εισόδου δεδομένων από τον εξοπλισμό του χρήστη (DTE). Για παράδειγμα, το modem είναι DCE για το τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN).



Ο ενδιαφερόμενος μπορεί να έχει πρόσβαση στο δίκτυο πληρώνοντας την πάγια (συνήθως μηνιαία) συνδρομή του, καθώς και κάποια επιπλέον χρέωση ανάλογα με τον όγκο της κίνησης των δεδομένων του. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα της χρήσης του PDN είναι η δυνατότητα επικοινωνίας με ένα μεγάλο σύνολο συστημάτων στο δημόσιο δίκτυο (αλλά και έξω από αυτό, μια και συνήθως συνδέονται με άλλα μεγάλα διεθνή δημόσια δίκτυα) σε αντίθεση με την επικοινωνία από άκρο σε άκρο που συνεπάγεται η χρήση ενός ιδιωτικού δικτύου. Επίσης, το δίκτυο PDN υποστηρίζει διαφορετικές ταχύτητες σύνδεσης για την εξυπηρέτηση των διαφορετικών αναγκών των πελατών του. Φυσικά, σε αντίθεση με τα ιδιωτικά δίκτυα, τα αποστέλλόμενα δεδομένα είναι πιο ευάλωτα σε υποκλοπές και οι κόμβοι σε θέματα ασφάλειας.



Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες δημοσίων δικτύων δεδομένων. Τα δημόσια δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (CSPDN - Circuit Switched Public Data Network) και τα δημόσια δίκτυα μεταγωγής πακέτων (PSPDN - Packet Switched Public Data Network).

Στη πρώτη κατηγορία (CSPDN) ένας φυσικός δρόμος, κύκλωμα (circuit), εγκαθίσταται για τη μεταφορά δεδομένων από άκρο σε άκρο. Μετά την ολοκλήρωση της μεταφοράς το κύκλωμα ελευθερώνεται. Η χρέωση γίνεται για όσο χρόνο το κύκλωμα είναι ενεργοποιημένο και ανάλογα με την ταχύτητα μεταφοράς και την

6. Δημόσια Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτων

απόσταση των άκρων που επικοινωνούν. Μέσα από το κύκλωμα μπορεί να περάσει ταυτόχρονα ήχος και δεδομένα. Στην πράξη τα CSPDN αποτελούν τη μετεξέλιξη (ψηφιακή ολοκλήρωση) των PSTN. Τυπική περίπτωση τέτοιου δικτύου είναι το ISDN (Integrated Services Digital Network) που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Η δεύτερη κατηγορία (PSPDN) αφορά τη δυνατότητα διασύνδεσης ενός DTE με έναν κόμβο μεταγωγής πακέτων (PSE - Packet Switching Exchange) και στη συνέχεια επικοινωνία με κάθε άλλο DTE του PSPDN. Η χρήση γίνεται με βάση τον όγκο της μεταφερόμενης πληροφορίας. Τα προς μεταφορά δεδομένα τεμαχίζονται σε μικρότερες οντότητες που ονομάζονται πακέτα και αποστέλλονται στο PSE. Εκεί αποθηκεύονται, ελέγχονται και στη συνέχεια προωθούνται στο επόμενο PSE μέχρι να φτάσουν στον τελικό αποδέκτη. Ανάλογα με τον τρόπο προώθησης των πακέτων έχουμε δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνται :

(α) Αυτοδύναμο πακέτο (Datagram): κατά την οποία τα πακέτα ακολουθούν τη βέλτιστη διαδρομή για τον αποδέκτη DTE. Συνεπώς, μια και η βέλτιστη διαδρομή δεν είναι η ίδια στη ροή του χρόνου, διαφορετικά πακέτα μπορούν να προωθηθούν από διαφορετικούς κόμβους μεταγωγής πακέτων (PSE). Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- η αυξημένη αξιοπιστία (ύπαρξη εναλλακτικών δρόμων μεταγωγής)
- γρηγορότερη μεταγωγή (μια και δεν υπάρχει ανάγκη εγκατάστασης μονοπατιού)
- καλύτερη συμπεριφορά στην περίπτωση που υπάρχουν κόμβοι με συμφόρηση.

(β) Εικονικό κύκλωμα (Virtual Circuit): πριν τη μεταφορά εγκαθίσταται ένα λογικό μονοπάτι μέσω του οποίου προωθούνται όλα τα πακέτα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

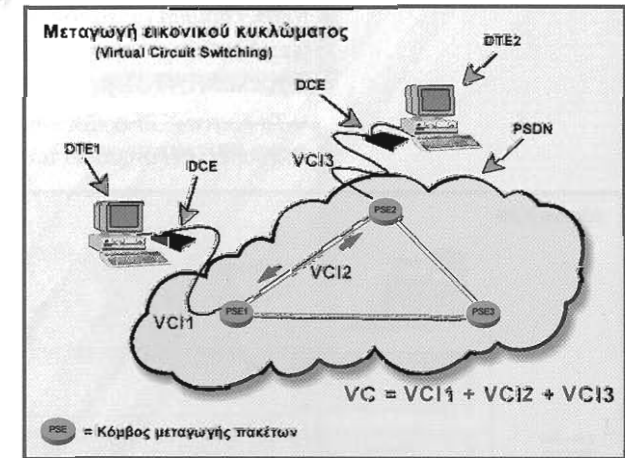
- ταξινομημένη παραλαβή των πακέτων
- δυνατότητα ελέγχου ροής

Στην περίπτωση που έχουμε μακροχρόνια ανταλλαγή δεδομένων προτιμάται η τεχνική του εικονικού κυκλώματος.

Όπως ήδη αναφέραμε, τα PSPDN χρησιμοποιούν είτε την προώθηση πακέτων μέσω datagram είτε μέσω εικονικού κυκλώματος (virtual circuit). Η χρήση datagram γίνεται κατά κανόνα για την προώθηση μικρών μηνυμάτων που μπορούν να φιλοξενηθούν σε ένα πακέτο. Αν το μήνυμα περιέχει περισσότερα του ενός πακέτα συνήθως επιλέγουμε την τεχνική του εικονικού κυκλώματος.

Έστω ότι το DTE1 θέλει να επικοινωνήσει με το DTE2. Πριν το DTE1 αρχίσει τη μεταφορά των πακέτων στέλνει ένα πακέτο αίτησης στο τοπικό PSE1 με τη διεύθυνση του DTE2 που θέλει να επικοινωνήσει και ένα προσδιοριστή του εικονικού κυκλώματος VCI1 (VCI - Virtual Circuit Identifier). Η αίτηση - κλήση προωθείται στο PSE προορισμού (PSE2), στο οποίο δημιουργείται ένας δεύτερος προσδιοριστής εικονικού κυκλώματος VCI2. Τέλος, αν η κλήση γίνει αποδεκτή από το DTE προορισμού (DTE2), δημιουργείται ένας τρίτος προσδιοριστής εικονικού κυκλώματος VCI3, και ένα κατάλληλο πακέτο επιστρέφεται στο αρχικό DTE1. Σε αυτό το σημείο το εικονικό κύκλωμα έχει εγκατασταθεί με τον τρόπο που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Επίσης, οι εγγραφές δρομολόγησης που έχουν δημιουργηθεί στα PSE φαίνονται στους πίνακες. Ο αριθμός που προσδιορίζει το εικονικό κύκλωμα χρησιμεύει στη διάκριση των πακέτων που φτάνουν από τα ίδια PSE αλλά αναφέρονται σε διαφορετικές κλήσεις. Μετά τη μεταφορά των πακέτων το εικονικό κύκλωμα ελευθερώνεται. Αν χρειάζεται, μπορούμε να έχουμε μόνιμο εικονικό κύκλωμα (PVC - Permanent Virtual Circuit) σε περιπτώσεις συχνής επικοινωνίας δύο DTE, ώστε να μην έχουμε ανάγκη εγκατάστασης (και συνεπώς καθυστέρησης) εικονικού κυκλώματος κάθε τόσο.



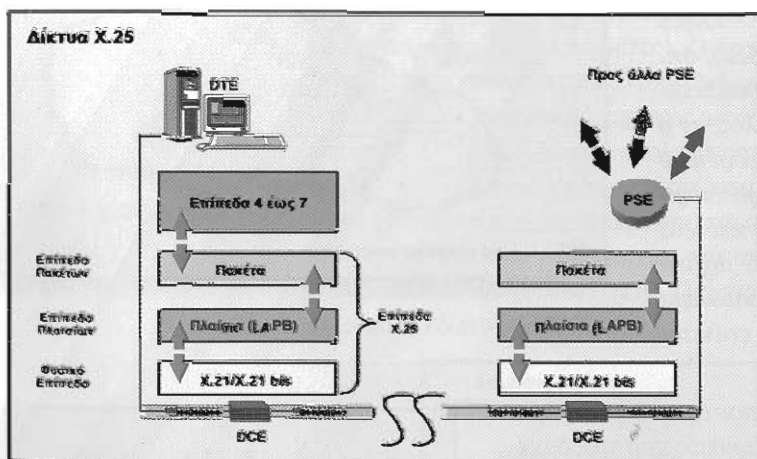
PSE 1			
Εισόδος από	VCI Εισόδου	Έξοδος σε	VCI Εξόδου
DTE 1	VCI 1	PSE 2	VCI 2
PSE 2	VCI 2	DTE 1	VCI 1

PSE 2			
Εισόδος από	VCI Εισόδου	Έξοδος σε	VCI Εξόδου
DTE 2	VCI 3	PSE 1	VCI 2
PSE 1	VCI 2	DTE 2	VCI 3

6.1. Δίκτυα X.25

Το διεθνές πρότυπο για τη διασύνδεση ενός DTE σε ένα PSPDN είναι το X.25. Στην πραγματικότητα το X.25 είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων. Σε γενικές γραμμές η μετάδοση είναι σύγχρονη και διπλής κατεύθυνσης (full duplex). Η φυσική σύνδεση του DTE και του DCE συνήθως υλοποιείται με μισθωμένη τηλεφωνική γραμμή. Κάθε κόμβος του δικτύου έχει μια μοναδική διεύθυνση NUA (Network User Address) που αποτελείται από 14 ψηφία. Τα τρία πρώτα καθορίζουν τη χώρα, το τέταρτο το δίκτυο και τα υπόλοιπα έναν κωδικό περιοχής και έναν τοπικό αριθμό (αντίστοιχο με τον αριθμό τηλεφώνου). Οι τυπικές τιμές λειτουργίας δικτύων μεταγωγής πακέτων βρίσκονται στο εύρος των 56 Kbps και φτάνουν μέχρι και 1,544 Mbps.

Τα δίκτυα X.25 ορίζουν τα τρία χαμηλότερα επίπεδα του μοντέλου αρχιτεκτονικής δικτύου OSI. Η ονομασία των επιπέδων αυτών στα δίκτυα X.25 είναι: φυσικό επίπεδο,



την αξιόπιστη μεταφορά μηνυμάτων TPDUs (Transport Protocol Data Unit) και με την πολύπλεξη ενός ή περισσότερων κλήσεων πάνω στο μοναδικό φυσικό μέσο.

6.2. Συσκευή συναρμολόγησης - αποσυναρμολόγησης πακέτων

Για να μπορέσει μια συσκευή να συνδεθεί με ένα PSPDN, πρέπει να έχει τη δυνατότητα σχηματισμού πακέτων του πρωτοκόλλου X.25. Στην περίπτωση που έχουμε έναν υπολογιστή, αυτή η απαίτηση υλοποιείται εύκολα. Αν, όμως, έχουμε ένα κοινό ασύγχρονο τεματικό (που είναι πολύ διαδεδομένα), τότε είμαστε αναγκασμένοι να τοποθετήσουμε το τεματικό πίσω από μια συσκευή συναρμολόγησης - αποσυναρμολόγησης πακέτων (PAD - Packet Assembler Disassembler). Οι

χαρακτήρες που το ασύγχρονο τεματικό αποστέλλει στο δίκτυο οργανώνονται από το PAD σε πακέτα και αποστέλλονται στον DTE προορισμού. Αντίθετα, όταν το PAD λαμβάνει πακέτα από το τοπικό PSE τότε τα αποσυναρμολογεί και στέλνει τους χαρακτήρες στο ασύγχρονο τεματικό έναν προς έναν.

Στην τυπική περίπτωση το PAD έχει 8 έως 24 ασύγχρονες θύρες για σύνδεση τεματικών και μια σύγχρονη για σύνδεση του PAD στο δίκτυο. Σε άλλα PAD ένα σύνολο των θυρών μπορεί να λειτουργήσει είτε σύγχρονα είτε ασύγχρονα, ώστε να έχουμε μεγαλύτερη λειτουργικότητα.

6.3. Δίκτυα Frame Relay

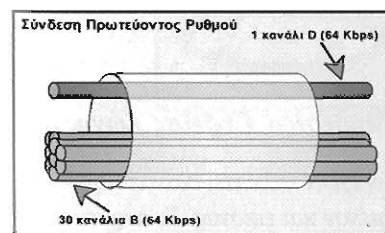
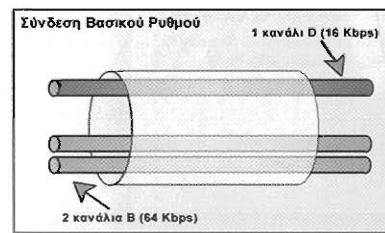
Το X.25 ήταν το επικρατέστερο πρωτόκολλο (σύνολο πρωτοκόλλων) για τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων μέχρι το 1991. Το πρωτόκολλο έχει συντηρητική σχεδίαση και διαθέτει πολλές λειτουργίες που αφορούν την αξιόπιστη μετάδοση των δεδομένων πάνω από τις γραμμές διασύνδεσης. Οι τεχνικές αυτές προστατεύουν τα δεδομένα και ήταν απαραίτητες - έως ένα βαθμό - πριν από μερικά χρόνια, αφού το αναλογικό δίκτυο που υπήρχε παρουσίαζε σημαντικό αριθμό λαθών. Σήμερα, όμως, οι ψηφιακές ζεύξεις που χρησιμοποιούμε είναι αξιόπιστες και εμφανίζουν μικρό αριθμό λαθών και προβλημάτων. Έτσι, πολλές από τις λειτουργίες του X.25 αποτελούν περιττό βάρος (overhead) για το πρωτόκολλο.

Ένα νέο πρωτόκολλο που ονομάστηκε Frame Relay αναπτύχθηκε και εφαρμόζεται από το 1992. Σε αντίθεση με το X.25, που είναι πρωτόκολλο τρίτου επιπέδου (layer 3 protocol), το Frame Relay είναι πρωτόκολλο δεύτερου επιπέδου (layer 2 protocol). Το πρωτόκολλο αυτό δεν αναλαμβάνει θέματα ελέγχου και διόρθωσης λαθών και αφήνει την ευθύνη της σωστής αναμετάδοσης της πληροφορίας στα υψηλότερα επίπεδα, αν αυτό είναι απαραίτητο. Η συγκεκριμένη τεχνική ταιριάζει με τη λειτουργία των σύγχρονων πρωτοκόλλων (TCP/IP ή IPX) που διαθέτουν τους δικούς τους μηχανισμούς διόρθωσης λαθών και επανεκπομπής πακέτων.

Το Frame Relay είναι πιο ενάλωτο σε καταστάσεις συμφόρησης, αφού η διόρθωση λαθών από τα DTE μπορεί να προκαλέσει καταιγισμό επανεκπομπών και να επιτείνει τη συμφόρηση. Για το λόγο αυτόν το Frame Relay διαθέτει ειδικές τεχνικές για αντιμετώπιση τέτοιων έκτακτων καταστάσεων. Δυστυχώς, οι τεχνικές αυτές δεν είναι δεσμευτικό μέρος του πρωτοκόλλου και κάποιοι κατασκευαστές δεν τις ενσωματώνουν στις συσκευές τους. Σε κάθε περίπτωση όμως η συμπεριφορά του Frame Relay είναι καλύτερη του X.25 και υιοθετείται για την κατασκευή δικτύων ευρείας περιοχής στη θέση του X.25.

7. Ψηφιακά Δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών

Τα τελευταία χρόνια είμαστε μάρτυρες της ταχύτατης ανάπτυξης των τηλεφωνικών εταιριών καθώς και εταιριών παροχής υπηρεσιών επικοινωνίας. Τα παλαιά αναλογικά κυκλώματα αντικαθίστανται από νέα ψηφιακά με αυξημένη αξιοπιστία και μεγάλες ταχύτητες. Ο στόχος είναι σύντομα να έχουμε τη δυνατότητα παροχής ψηφιακής σύνδεσης από άκρο σε άκρο με παράλληλη δυνατότητα διαχείρισης δεδομένων και φωνής. Μια σειρά συστάσεων με το όνομα I-series έχουν προταθεί για τη διασφάλιση του στόχου αυτού. Το ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών (Integrated Services Data Network - ISDN) είναι υπηρεσία ολοκληρωμένης ψηφιακής διασύνδεσης (με μετάδοση δεδομένων και φωνής) από άκρο σε άκρο με τη χρήση διεπιλογής. Ο ρυθμός μεταφοράς φτάνει τα 2 Mbps. Δύο είναι τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται στα ψηφιακά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών: το Ευρο-ISDN και το Αμερικανικό πρότυπο για το ISDN.

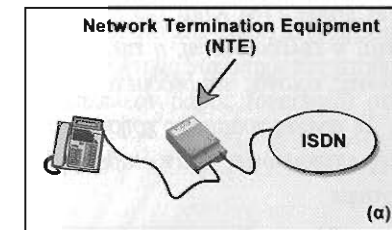


Το πρότυπο Euro-ISDN παρέχει δύο τύπους πρόσβασης. Η διασύνδεση βασικού ρυθμού (Basic Rate Interface - BRI) προσφέρει δύο κανάλια των 64 Kbps (B channels) και ένα κανάλι των 16 Kbps (D channel). Το κανάλι D χρησιμοποιείται για σηματοδότηση (έναρξη κλήσης, κουνούνισμα, κ.λπ.).

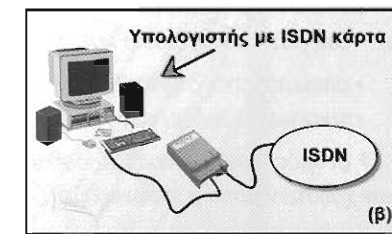
Για πελάτες με μεγαλύτερες ανάγκες, υπάρχει η διασύνδεση πρωτεύοντος ρυθμού (Primary Rate Interface - PRI) με 30 κανάλια B και ένα κανάλι D των 64 Kbps. Το αμερικανικό πρότυπο για το ISDN παρέχει τη βασική πρόσβαση (2B+D) αλλά και την πρωτεύουσα πρόσβαση με 23 κανάλια B και ένα κανάλι D των 64 Kbps.

Από την πλευρά του χρήστη το ISDN εμφανίζεται σαν:

(α) ένα σημείο πρόσβασης στο κοινό τηλεφωνικό δίκτυο, με τη διαφορά ότι μπορούμε να έχουμε δύο ταυτόχρονες συνδέσεις οι οποίες είναι ψηφιακές,



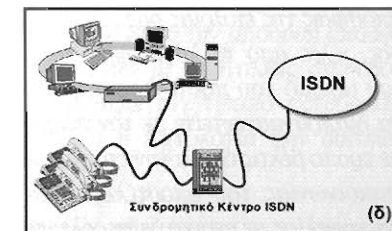
(β) ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος,



(γ) ένα δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (φωνή και δεδομένα) με παράλληλη υποστήριξή τους,



(δ) ένας σύνδεσμος με ένα τοπικό PABX ή τοπικό δίκτυο.



7.1. Υπηρεσίες που προσφέρει το ISDN

Το ISDN προσφέρει μεγάλο πλήθος εντυπωσιακών εφαρμογών και μάλιστα σε προσιτές τιμές. Η χρήση του εικονοτηλεφώνου (κίνηση και χρώμα), η χρήση του Fax group 4 (64 Kbps) με δυνατότητα αποστολής σελίδας σε 3 έως 5 δευτερόλεπτα, η τηλεδιάσκεψη, η τηλεεκπαίδευση, η τηλεϊατρική και η ταυτόχρονη χρήση φωνής, εικόνας και δεδομένων είναι από τις πλέον χρήσιμες υπηρεσίες του ISDN.

Σε γενικές γραμμές ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει ταυτόχρονα τρεις διαφορετικές επικοινωνίες όταν διαθέτει βασική πρόσβαση. Συγκεκριμένα, μπορούμε να έχουμε :

- δύο ανεξάρτητες τηλεφωνικές γραμμές και μια επικοινωνία δεδομένων χαμηλής ταχύτητας
- μια οπτική τηλεφωνία και επικοινωνία δεδομένων χαμηλής ταχύτητας
- οποιεσδήποτε δύο ανεξάρτητες επικοινωνίες (πλην οπτικής τηλεφωνίας) και επικοινωνία δεδομένων χαμηλής ταχύτητας

Ο ρυθμός πρωτεύουσας πρόσβασης προσφέρει 30 ταυτόχρονες επικοινωνίες των χρηστών μέσω του συνδρομητικού κέντρου ISDN.

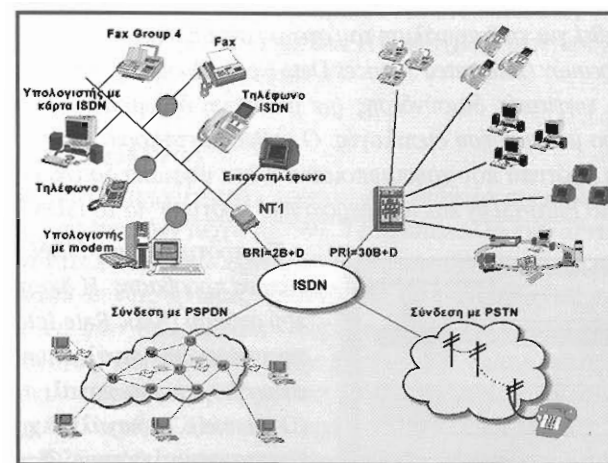


Για να γίνει αντιληπτό το όφελος των ενοποιημένων υπηρεσιών που προσφέρει το ISDN σκεφτείτε το εξής παράδειγμα: έστω ότι είστε πωλητής σε μια επιχείρηση και διαπραγματεύεστε την πώληση μιας μεγάλης παρτίδας προϊόντων με έναν πελάτη με τον οποίο έχετε οπτικοακουστική επικοινωνία με το εικονοτηλέφωνο. Ταυτόχρονα, έχετε πρόσβαση μέσω του τελεματικού σας στη βάση δεδομένων της

αποθήκης της εταιρίας σας και στο λογιστήριο. Γνωρίζοντας τιμές πώλησης, κόστος, κ.λπ. από το λογιστήριο και γνωρίζοντας και τον αριθμό του προϊόντος στην αποθήκη, μπορείτε να διαπραγματευτείτε με τον πελάτη σας την αγορά με τρόπο βέλτιστο για την εταιρία σας. Στο τέλος της επικοινωνίας του αποστέλλετε και το έντυπο της παραγγελίας σε μερικά δευτερόλεπτα με τη χρήση Fax Group 4. Η ποιότητα της εξυπηρέτησης και των υπηρεσιών που προσφέρατε αποτελεί σημαντικό προβά-



διασμα σε μια έντονα ανταγωνιστική κοινωνία, όπως αυτή που βιώνουμε σήμερα. Το ISDN βοηθά στην κατεύθυνση αυτή, μια και αποτελεί ό,τι πιο σύγχρονο στη μετεξέλιξη του PSTN. Άλλες υπηρεσίες που παρέχει το ISDN είναι η παρουσίαση του καλούντος αριθμού, εκτροπή και προώθηση κλήσης, η ένδειξη αναμονής κλήσης, καθώς και η παρουσίαση στοιχείων χρέωσης της κλήσης κατά τη διάρκειά της. Σε γενικές γραμμές η διάταξη που προσφέρει το ISDN έχει ως εξής:



Η συσκευή NTE είναι το σημείο τεματισμού του δικτύου ISDN. Στο NT1 μπορούν να συνδεθούν έως 8 συσκευές σε απόσταση 150 m ή 4 συσκευές σε απόσταση 1000 m συγκεντρωμένες στο άκρο.

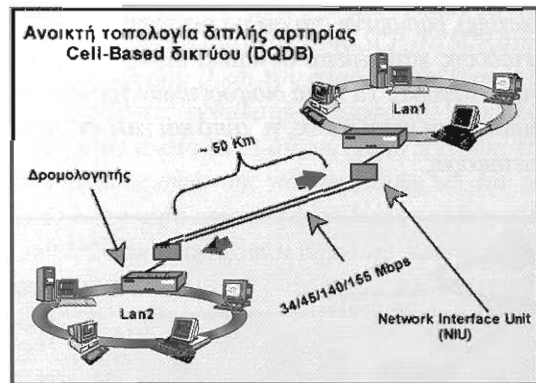
8. Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης

Το ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών ISDN καλύπτει ικανοποιητικά τις εφαρμογές μεταφοράς φωνής, δεδομένων, κειμένου και εικόνας. Σε περιπτώσεις, όμως, που έχουμε μεταφορά κινούμενης εικόνας, μεταφορά ραδιοφωνίας, ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με εικόνα και ήχο αλλά και τηλεοπτικού σήματος, θα θέλαμε ταχύτερες υψηλότερες των 2 Mbps που προσφέρει το ISDN. Η ITU-T τυποποίησε το ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών ευρείας ζώνης (Broadband ISDN - B-ISDN) που λειτουργεί στα 155 Mbps, βασίζεται στην τεχνολογία ATM - που θα περιγράψουμε παρακάτω - και εξυπηρετεί καλύτερα τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες δικτύωσης ευρείας περιοχής σε υψηλές ταχύτητες.

9. Δίκτυα κελιών (Cell - Based δίκτυα)

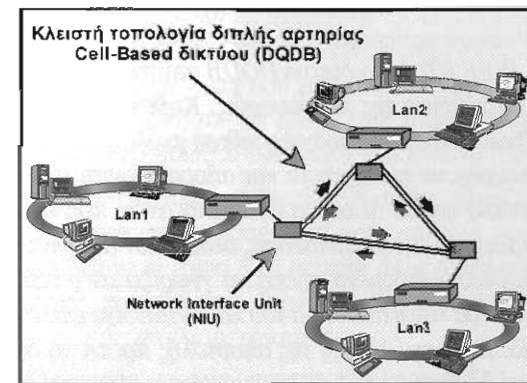
Ιστορικά, τα πρώτα δίκτυα ήταν επιφορτισμένα μόνο με τη μετάδοση δεδομένων. Αρχικά, με την ανάπτυξη των πολυμέσων (ήχος, κινούμενη εικόνα κ.λπ.) εμφανίστηκε η ανάγκη μεταφοράς πληροφορίας που απαιτεί ένα σταθερό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (bit rate) μεταξύ της πηγής και του αποδέκτη. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση τέτοιων απαιτήσεων είναι οι παρακάτω:

- (α) διακρίνουμε την πηγή της πληροφορίας που έχει ανάγκη σταθερού ρυθμού μεταφοράς δεδομένων και τη διαχειριζόμαστε διαφορετικά από τις υπόλοιπες,
- (β) επιλέγουμε ένα σύστημα μεταγωγής που δε λαμβάνει υπόψη του τη φύση των δεδομένων και τις απαιτήσεις τους, αλλά είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να υποστηρίζει μεταγωγή δεδομένων όλων των μορφών.



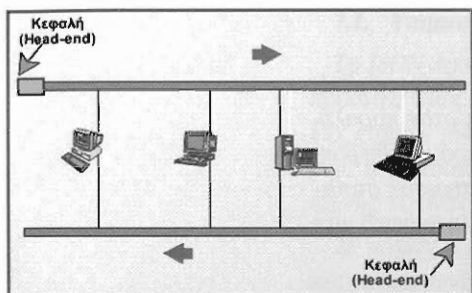
Την προσέγγιση (α) ακολουθεί το δίκτυο οπτικών ινών FDDI. Τα δίκτυα που ακολουθούν την προσέγγιση (β) ονομάζονται δίκτυα κελιών και τυπικός εκπρόσωπός τους είναι τα δίκτυα ATM.

Στα δίκτυα κελιών η προς μετάδοση πληροφορία τεμαχίζεται σε σταθερού μεγέθους μονάδες που ονομάζονται κελιά (cells) και δρομολογούνται στον παραλήπτη. Η επιλογή του μεγέθους του κελιού είναι κρίσιμη μια και μικρά μεγέθη βοηθάνε στη μείωση της καθυστέρησης μετάδοσης (πλεονέκτημα για υπηρεσίες σταθερών απαιτήσεων μετάδοσης), αλλά πρόσθετο επιπλέον βάρος (overhead) στη



μεταδιδόμενη πληροφορία. Η επιλογή του μεγέθους του cell για τα δίκτυα ATM αλλά και για άλλα δίκτυα cell-based είναι 53 οκτάδες (byte). Οι 48 οκτάδες περιέχουν πληροφορία και οι 5 οκτάδες περιέχουν επικεφαλίδα με πληροφορία δρομολόγησης και άλλα πεδία.

Στην πράξη τα δίκτυα cell-based χάνοντας λίγο ως προς την απόδοση αποδεικνύονται λειτουργικά για τη δρομολόγηση δεδομένων με απαιτήσεις σταθερού ρυθμού μετάδοσης. Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε τον τυπικό εκπρόσωπό τους, αλλά και ό,τι νεότερο έχει να παρουσιάσει η τεχνολογία των δικτύων σήμερα, τα δίκτυα ATM.



9.1. Διπλή αρτηρία κατανεμημένης ουράς

Η διπλή αρτηρία κατανεμημένης ουράς (Distributed Queue Dual Bus - DQDB) έχει αναπτυχθεί για τη διασύνδεση απομακρυσμένων τοπικών δικτύων και σταθμών εργασίας σε υψηλές ταχύτητες. Τα τοπικά δίκτυα και οι σταθμοί εργασίας βρίσκονται στα όρια μιας πόλης ή ενός νομού (περίπου 50 Km απόσταση για ταχύτητα των 155 Mbps) και το συνολικό σύστημα αποτελεί ένα μητροπολιτικό δίκτυο cell-based (cell των 53 οκτάδων). Τυπικές τιμές μετάδοσης είναι 34/45/140/155 Mbps με τη χρήση κυκλωμάτων υψηλής ταχύτητας τηλεπικοινωνιακών οργανισμών. Η λειτουργία του δικτύου είναι ορισμένη από το πρότυπο IEEE 802.6. Το δίκτυο DQDB αποτελείται από μια διπλή αρτηρία με αντίθετη κατεύθυνση της πληροφορίας. Κάθε αρτηρία έχει στο ένα άκρο της μια κεφαλή (head-end), που παράγει σταθερή ακολουθία κελιών των 53 οκτάδων. Τα κελιά διατρέχουν την αρτηρία και απορρίπτονται στο τέλος της. Κάθε κελί έχει δύο δυαδικά ψηφία τα οποία δηλώνουν αν το κελί είναι κατειλημμένο (Busy bit) και αν υπάρχει αίτηση μετάδοσης δεδομένων (Request bit). Κάθε σταθμός που θέλει να στείλει δεδομένα πρέπει να γνωρίζει αν ο σταθμός αποδέκτης βρίσκεται στα αριστερά του ή στα δεξιά του και αντίστοιχα επιλέγει για αποστολή τη σωστή αρτηρία. Πριν την έναρξη της αποστολής πρέπει να δηλώσει την πρόθεσή του, θέτοντας σε κατάσταση 1 το δυαδικό ψηφίο αίτησης μετάδοσης δεδομένων σε κάποιο κελί. Η έναρξη της αποστολής δεν είναι άμεση αλλά ακολου-

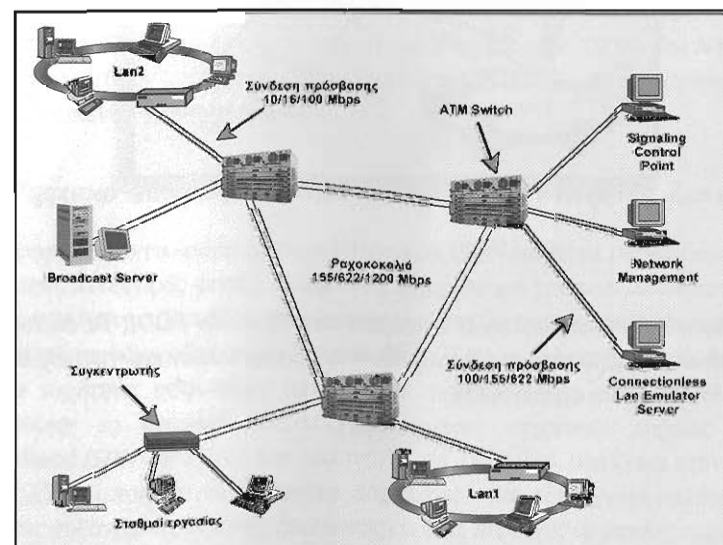
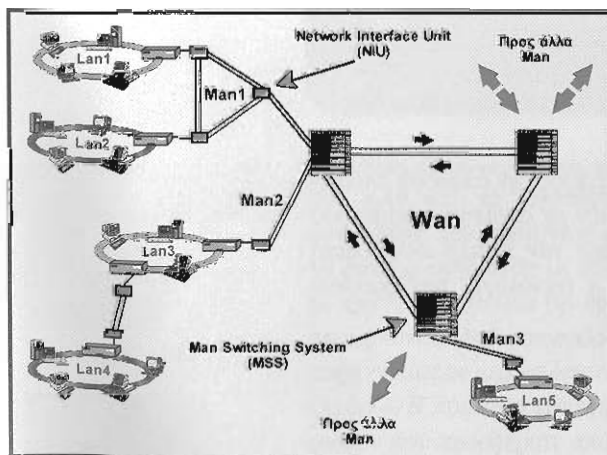
θεί συγκεκριμένους κανόνες, έτσι ώστε όλοι οι σταθμοί να μεταδίδουν με πολιτική FIFO (First In First Out).

Τα σχήματα που παραθέτουμε παρουσιάζουν τυπικά παραδείγματα διπλής αρτηρίας κατανεμημένης ουράς. Στην περίπτωση της ανοικτής αρτηρίας έχουμε διασύνδεση δύο τοπικών δικτύων για την υλοποίηση ενός Μητροπολιτικού δικτύου. Στην κλειστή αρτηρία οι συσκευές για τη διασύνδεση (Network Interface Unit - NIU) των επιμέρους τοπικών δικτύων σχηματίζουν κύκλωμα. Η συγκεκριμένη τοπολογία είναι περισσότερο αξιόπιστη, αφού η καταστροφή

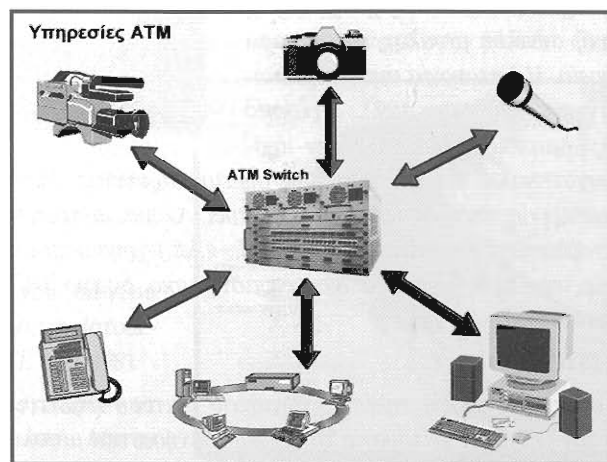
μιας σύνδεσης του κυκλώματος, δεν οδηγεί σε κατάτμηση το δίκτυο μια και υπάρχει εναλλακτικό μονοπάτι επικοινωνίας. Το σχήμα παρουσιάζει ένα δίκτυο ευρείας περιοχής που απαρτίζεται από ένα σύνολο μητροπολιτικών δικτύων διπλής αρτηρίας κατανεμημένης ουράς. Η διασύνδεση των επιμέρους μητροπολιτικών δικτύων γίνεται με την χρήση συστημάτων μεταγωγής (Man Switching System - MSS).

9.2. Δίκτυα ATM

Τα δίκτυα ATM (Asynchronous Transfer Mode) είναι χαρακτηριστική περίπτωση δικτύων cell-based. Η προς μετάδοση πληροφορία τεμαχίζεται σε σταθερού μεγέθους κελιά τα οποία μεταφέρονται σε πολύ υψηλές ταχύτητες. Η ATM είναι μετάδοση με σύνδεση (connection oriented) με την χρήση νοητού κυκλώματος από την πηγή μέχρι τον προορισμό. Η πολύπλεξη των κελιών είναι στατιστική (Statistical Multiplexing), βασισμένη στο ρυθμό μετάδοσης (στη στατιστική πολύπλεξη το μέσο μετάδοσης κατανέμεται δυναμικά στους σταθμούς εργασίας που έχουν δεδομένα για μεταφορά). Τα κελιά διαφορετικών πηγών (εισόδων) απέχουν τυχαία χρονικά διαστήματα μεταξύ τους, γι' αυτό και καλούνται δίκτυα ασύγχρονης κατάστασης μεταφοράς.



Η τοπολογία ενός δικτύου ATM είναι ακανόνιστη (mesh) και αποτελείται από ένα σύνολο διασυνδεδεμένων κόμβων μεταγωγής κελιών (ATM Switch). Η όλη διάταξη είναι ανάλογη με αυτή των τηλεφωνικών δικτύων με τη χρήση PABX. Κάθε ATM Switch έχει έναν αριθμό από θύρες στις οποίες μπορεί να τοποθετηθεί ένας δρομολογητής, ένας σταθμός εργασίας, ένας συγκεντρωτής, κ.λπ. Προτού ξεκινήσει οποιαδήποτε επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών εργασίας πρέπει να οριστεί ένα μονοπάτι επικοινωνίας. Στη συνέχεια, όλα τα κελιά της συγκεκριμένης κλήσης (VC - Virtual Connection) δρομολογούνται μέσα από το ίδιο μονοπάτι και συνεπώς φθάνουν με την ίδια σειρά με την οποία αποστέλλονται. Η εγκατάσταση του VC γίνεται με αίτηση σε ένα κεντρικό σημείο ελέγχου, γνωστό ως Signaling Control Point - SCP. Το SCP είναι υπεύθυνο για την εγκατάσταση του μονοπατιού, για το εύρος μετάδοσης καθώς και για τον τερματισμό της σύνδεσης. Το SCP είναι συνήθως ένας ισχυρός σταθμός εργασίας και διατηρεί VC με όλα τα συστήματα του δικτύου. Αν υποθέσουμε ότι ο σταθμός A θέλει να επικοινωνήσει με το σταθμό B, τότε ο A αποστέλλει μια αίτηση στο SCP. Το SCP στη συνέχεια εξετάζει τη διαθεσιμότητα του κόμβου B και του απαραίτητου εύρους ζώνης και εφόσον υπάρχουν οι προϋποθέσεις εγκαθιστά πληροφορίες δρομολόγησης στα ATM Switches και ενημερώνει το σταθμό A ότι μπορεί να ξεκινήσει την αποστολή δεδομένων. Όλα τα μηνύματα σήμανσης για την έναρξη και τον τερματισμό κλήσης μεταφέρονται στο δίκτυο από και προς το SCP με τη χρήση κελιών πάνω από ένα σύνολο μονίμων VC που ονομάζονται Signaling Virtual Channel Connections -



SVCC. Το σύνολο των SVCC καθώς και των μονίμων VC μεταξύ των σταθμών εργασίας και του SCP δημιουργείται από το σύστημα διαχείρισης δικτύου.

Ένα δίκτυο ATM εκτός από τις υπηρεσίες μεταφοράς φωνής, εικόνας, video, έχει να αντιμετωπίσει και τις κλασικές υπηρεσίες ενός δικτύου για τη μεταφορά αρχείων ταχυδρομείου κάτω από την ευρύτατα διαδεδομένη οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP. Το πρωτόκολλο IP παρέχει υπηρεσίες χωρίς σύνδεση (User Datagram Protocol - UDP) που δεν υπάρχουν σε ένα δίκτυο ATM. Για να εξυπηρετηθούν τέτοιες ανάγκες σε ένα τοπικό δίκτυο ATM πρέπει να υπάρχουν συνδέσεις μεταξύ κάθε σταθμού εργασίας και εξυπηρετητή. Όταν ο αριθμός των συστημάτων είναι μεγάλος τότε το πλήθος των συνδέσεων αυξάνει δραματικά (τάξης n^2 για n σταθμούς εργασίας). Η λύση που εφαρμόζεται χρησιμοποιεί ένα σύνολο μονίμων συνδέσεων PVC ανάμεσα σε όλους τους σταθμούς εργασίας και ενός εξειδικευμένου σταθμού εργασίας που καλείται Lan Emulator Server (LES).

Αντίστοιχα, πρόβλημα μεγάλου αριθμού συνδέσεων εμφανίζεται και στην υπηρεσία υποστήριξης video conferencing. Αντί κάθε σταθμός που λαμβάνει μέρος στην τηλεσυνδιάσκεψη να διατηρεί VC με κάθε άλλο (τάξη n^2), διατηρεί με ένα συγκεκριμένο server, που καλείται Broadcast Server, και μεταφέρει το video output στους υπολοίπους σταθμούς εργασίας.

Τα δίκτυα ATM μπορεί να είναι τοπικής εμβέλειας (LAN), αλλά μπορούν να αποτελέσουν διασύνδεση μεταξύ τοπικών δικτύων, για να υλοποιήσουν ένα μητροπολιτικό δίκτυο ATM. Η διασύνδεση μητροπολιτικών δικτύων ATM με τη χρήση MSS παράγει ένα Switched Multimegabit Data Service (SMDS) που αποτελεί το ATM ευρείας περιοχής. Στην περίπτωση που η διασύνδεση των MSS γίνεται με ένα ATM Switching Network, τότε το συνολικό δίκτυο που δημιουργείται καλείται B-ISDN (Broadband ISDN).

Συνοπτικά, μπορούμε να πούμε ότι η ATM μετάδοση είναι η πλέον σύγχρονη λύση δικτύωσης σήμερα, αφού συνδυάζει ένα μεγάλο αριθμό από πλεονεκτήματα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι η απλότητα, η ταχύτητα, η δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων - φωνής - κινούμενης εικόνας, η δυνατότητα υλοποίησης τοπικών, μητροπολιτικών αλλά και ευρείας περιοχής δικτύων, η δυνατότητα μεταφοράς όλων των πρωτοκόλλων (TCP/IP, IPX, SNA, X.25, Frame Relay κ.λπ.) καθώς και η υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων. Τέλος, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι η μετάδοση ATM αποτελεί ολοκληρωμένη και ενιαία λύση αποδεκτή από τους μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς φορείς σε ολόκληρο τον κόσμο.

10. Εικονικά Ιδιωτικά Δίκτυα

Η υλοποίηση ιδιωτικών δικτύων προσφέρει ασφάλεια, αξιοπιστία και αποτελεί πολύ καλή προσέγγιση ανάπτυξης ενός WAN, αρκεί ο φορέας να μπορεί να ανταποκριθεί στο αυξημένο κόστος που απαιτείται. Μικρότερες εταιρίες, που δεν έχουν οικονομικές δυνατότητες για δημιουργία ιδιωτικών δικτύων, μπορούν να εκμεταλλευτούν την τεράστια ανάπτυξη και επέκταση του Διαδικτύου (Internet) και να το χρησιμοποιήσουν ως όχημα για την υλοποίηση του WAN τους, που σε αυτή την περίπτωση αποτελεί ένα εικονικό ιδιωτικό δίκτυο (Virtual Private Network - VPN).

Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε μια μεγάλη εταιρία που διαθέτει δύο υποκαταστήματα, ένα στην Αθήνα και ένα στη Θεσσαλονίκη. Το κόστος ενοικίασης αφιερωμένης γραμμής Αθήνας-Θεσσαλονίκης είναι πολύ υψηλό. Πιθανή λύση είναι η συμμετοχή και των δύο υποκαταστημάτων σε ένα Δημόσιο Δίκτυο Δεδομένων (π.χ. Hellaspac). Μια εναλλακτική λύση είναι η συνδρομή και των δύο υποκαταστημάτων σε κάποιον τοπικό παροχέα υπηρεσιών Internet (π.χ., ΟΤΕnet) με τη χρήση μισθωμένων γραμμών ή μέσω ISDN. Η τελευταία δυνατότητα φαντάζει πολύ ελκυστική μια και έχει σχετικά μικρό κόστος και είναι εύκολα υλοποιήσιμη με τη χρήση φθηνού εξοπλισμού. Το μεγάλο πρόβλημα που προκύπτει αφορά την ασφάλεια των δεδομένων, αφού δρομολογούνται μέσω ενός συνόλου εξοπλισμού μαζί με πληροφορίες πολλών άλλων συνδρομητών. Για την αντιμετώπιση προβλημάτων ασφάλειας και αξιοπιστίας αναπτύχθηκαν ειδικά πρωτόκολλα, όπως τα Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP), Layer 2 Forwarding Protocol (L2F) και Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP).

Η λειτουργία των πρωτοκόλλων έχει ως εξής: κάθε LAN συνδέεται με ένα δρομολογητή στον τοπικό παροχέα. Τα δεδομένα που προορίζονται για το απομακρυσμένο LAN κωδικοποιούνται και εισάγονται σε ένα πακέτο IP (Internet Protocol), που αποστέλλεται στο δρομολογητή του δικτύου-αποδέκτη. Εκεί, εξάγεται και αποκωδικοποιείται το πακέτο και προωθείται στον τελικό αποδέκτη του τοπικού δικτύου.

Φυσικά, η λύση αυτή ελαττώνει σημαντικά το κόστος διασύνδεσης τοπικών δικτύων και προσφέρει μεγάλη ευελιξία, αλλά ακόμη και με τη

χρήση πρωτοκόλλων ασφαλείας δεν είναι εγγυημένη ούτε η αξιοπιστία ούτε και η απόλυτη ασφάλεια των δεδομένων μας. Ως φορέα υλοποίησης του εικονικού δικτύου μπορούμε να έχουμε και ένα δημόσιο δίκτυο μεταγωγής πακέτων δεδομένων (π.χ. Hellaspac).

11. Δυνατότητες διασύνδεσης στον Ελλαδικό χώρο

Ο Ο.Τ.Ε. είναι ο κύριος φορέας υπηρεσιών επικοινωνίας στην Ελλάδα. Ο ενδιαφερόμενος πελάτης μπορεί να επιλέξει μέσα από ένα ικανοποιητικό σύνολο δυνατοτήτων διασύνδεσης που προσφέρει ο Ο.Τ.Ε. Οι κυριότερες από τις υπηρεσίες που προσφέρει παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Δημόσιο δίκτυο μεταγωγής δεδομένων (Hellaspac II)

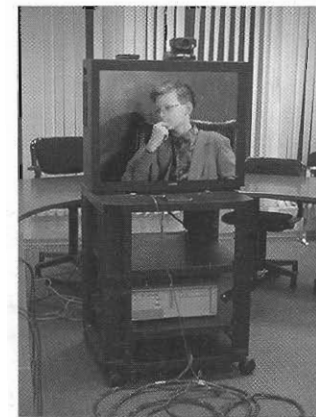
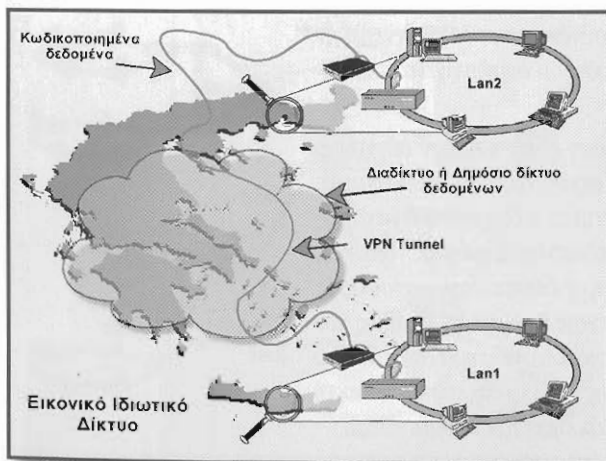
Η συγκεκριμένη υπηρεσία λειτουργεί από το 1990. Η αρχική του μορφή (Hellaspac) ήταν ένα δίκτυο X.25 και τώρα έχει εξελιχθεί σε Frame Relay (Hellaspac II). Η συγκεκριμένη υπηρεσία προτιμάται από εταιρίες και επιχειρήσεις με σχετικά μικρές επικοινωνιακές ανάγκες.

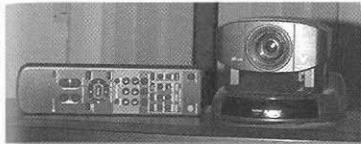
Ψηφιακές συνδέσεις από άκρο σε άκρο (Hellascom)

Η διασύνδεση Hellascom παρέχει αποκλειστική ψηφιακή σύνδεση μεγάλου εύρους από σημείο σε σημείο. Η λειτουργία αυτής της υπηρεσίας ξεκίνησε από το 1992. Γραμμές Hellascom χρησιμοποιούν για να έχουν πρόσβαση στη ραχοκοκαλιά του δικτύου τους σημεία παρουσίας (POP - Point of Presence) οργανισμών παροχής υπηρεσιών Internet. Ακόμα, μεγάλες επιχειρήσεις αλλά και εκπαιδευτικά ιδρύματα (Τ.Ε.Ι., Α.Ε.Ι., κ.λπ.) χρησιμοποιούν γραμμές Hellascom για την πρόσβαση στο διαπανεπιστημιακό δίκτυο GUNet (Greek University Network).

Συνδέσεις ISDN

Η πλέον σύγχρονη μορφή τηλεπικοινωνιακού δικτύου αναπτύσσεται στην Ελλάδα από τον Ο.Τ.Ε. Η λειτουργία τους έχει ξεκινήσει στα μεγαλύτερα εμπο-





ρικά κέντρα (Αθήνα, Πειραιάς, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, κ.λπ.) και εξαπλώνεται και στα υπόλοιπα σημεία της χώρας. Το ISDN λειτουργεί ως ένα πλήρως εμπορικό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο προσφέροντας γρήγορα και αξιόπιστα όλες τις υπηρεσίες που διατίθενται διεθνώς. Επίσης, ο Ο.Τ.Ε. προχωρεί σταδιακά στην εξασφάλιση διεθνών ζευξιών με άλλες χώρες που έχουν δίκτυα ISDN, ώστε να δημιουργήσει τις προϋποθέσεις δυναμικής παρουσίας των ελληνικών επιχειρήσεων διεθνώς. Το ISDN αποτελεί εναλλακτικό τρόπο σύνδεσης

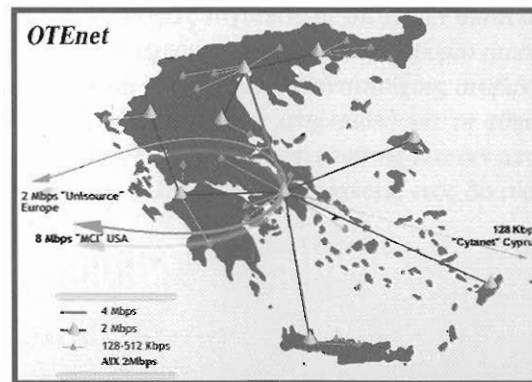
χρηστών του Διαδικτύου με τον παροχέα τους. Η αυξημένη ταχύτητα και αξιοπιστία του μπορεί να αποτελέσει ισχυρό κίνητρο χρήσης του για τη διασύνδεση με το Διαδίκτυο. Φυσικά, το θέμα βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση με την πολιτική κοστολόγησής του, η οποία βελτιώνεται συνεχώς.

Παροχείς υπηρεσιών Internet (ISPs - Internet Service Providers)

Όπως ήδη αναφέραμε, το Διαδίκτυο μπορεί να αποτελέσει το όχημα για τη δημιουργία εικονικών ιδιωτικών δικτύων. Η εξαπλώσή του σε κάθε σημείο της επικράτειας καθώς και το λογικό τιμολόγιο χρέωσης χρήσης του (αποτέλεσμα του μεγάλου ανταγωνισμού στο χώρο) αποτελούν βασικά προτερήματα για την επιλογή του ως φορέα υλοποίησης του δικτύου μας (πρόσφατα κάποιες χώρες παρέχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο χωρίς χρέωση). Ένας μεγάλος αριθμός από φορείς με ποικιλία υπηρεσιών και κόστους υπάρχει στην Ελλάδα. Οι δύο μεγαλύτεροι είναι το ForthNet και ο OTEnet, που μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τις οποιεσδήποτε επικοινωνιακές ανάγκες.

Η δομή του δικτύου OTEnet (από την Ιστοσελίδα του ΟΤΕ 13/11/98).

Οι πελάτες μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο



μέσω επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου (PSTN ή ISDN), δημοσίου δικτύου δεδομένων (Hellaspac Frame Relay) ή με σύνδεση Hellascom. Παρέχονται όλες οι υπηρεσίες του παγκοσμίου ιστού και μπορεί να λειτουργήσει ως φορέας υλοποίησης εικονικών δικτύων ευρείας περιοχής

Οι κόμβοι του δικτύου ForthNet (από την Ιστοσελίδα του ForthNet 13/11/98). Το ForthNet παρέχει όλες τις υπηρεσίες του παγκοσμίου ιστού και μπορεί να λειτουργήσει ως φορέας υλοποίησης εικονικών δικτύων ευρείας περιοχής.

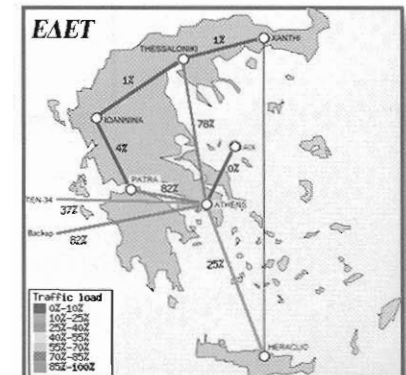
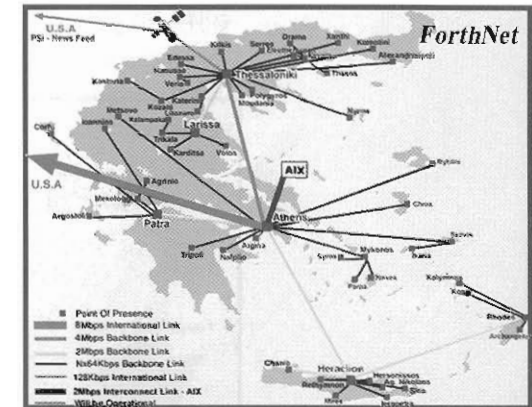
Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας - ΕΔΕΤ

Το ΕΔΕΤ εντάσσεται στο β' Κοινοτικό Πρόγραμμα Στήριξης και διασυνδέει τα ερευνητικά κέντρα και τα ερευνητικά ιδρύματα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης μεταξύ τους αλλά και με τον ευρωπαϊκό φορέα ακαδημαϊκών και ερευνητικών δικτύων DANTE. Για τις διασυνδέσεις των ερευνητικών και εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, στο εσωτερικό, χρησιμοποιούνται μισθωμένα κυκλώματα PCM, Hellascom, συνδέσεις μέσω Hellaspac II (Frame Relay). Η διεθνής σύνδεση με το εξωτερικό είναι στα 34 Mbps. Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικούς από τους φορείς που συμμετέχουν στο ΕΔΕΤ.

- Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας
- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
- Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Πανεπιστήμιο Πατρών
- Πανεπιστήμιο Κρήτης
- Πανεπιστήμιο Θράκης
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, κ.λπ.

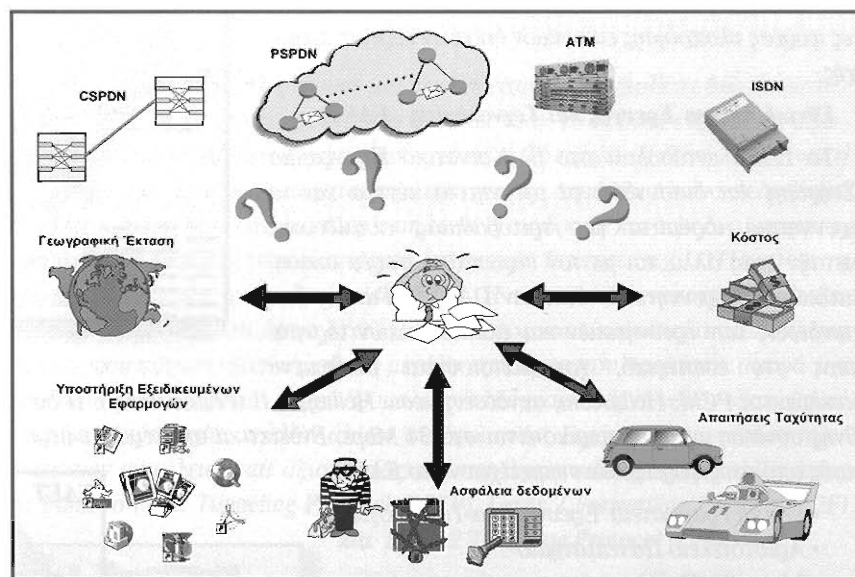
Αξίζει να σημειωθεί ότι στο Ελληνικό Πανεπιστημιακό Διαδίκτυο (GUNet - Greek Universities Network) συμμετέχουν 18 ΑΕΙ και 14 ΤΕΙ.

Για λεπτομέρειες σχετικά με τους στόχους και τις υπηρεσίες του δικτύου, μπορείτε να αντλήσετε πληροφορίες από τον κόμβο www.gnet.gr και www.gunet.gr στο Διαδίκτυο.



12. Κριτήρια επιλογής δικτύων ευρείας περιοχής

Η εγκατάσταση ενός δικτύου ευρείας περιοχής απαιτεί προσεκτική μελέτη και ανάλυση των επικοινωνιακών απαιτήσεων αφού τις περισσότερες φορές το κόστος υλοποίησης του δικτύου είναι σημαντικό. Όπως και στην επιλογή τοπικών δικτύων, θα πρέπει να ιεραρχήσουμε τις απαιτήσεις μας και μετά να επιλέξουμε την καλύτερη λύση.



Βασικά κριτήρια που θα καθορίσουν το είδος του δικτύου που θα χρησιμοποιήσουμε είναι :

- Απόσταση των τοπικών δικτύων και των συσκευών - συστημάτων (DTE) που πρόκειται να δικτυωθούν
- Ασφάλεια των δεδομένων
- Εφάπαξ κόστος εγκατάστασης και μηνιαίο κόστος λειτουργίας του δικτύου
- Απαιτήσεις χρόνου διαθεσιμότητας του δικτύου (uptime) και πιθανή ανάγκη ύπαρξης και εφεδρικής λύσης (backup line)
- Ανάγκη υποστήριξης ειδικευμένων εφαρμογών
- Απαιτήσεις ταχύτητας επικοινωνίας και πιθανή αναβάθμιση στο μέλλον
- Δυνατότητα υποστήριξης της συγκεκριμένης λύσης και σε κόμβους/υποκαταστήματα που θα προστεθούν στο μέλλον
- Αρχιτεκτονική βασισμένη σε διεθνή πρότυπα, για εξασφάλιση της επένδυσής μας
- Διαθεσιμότητα και άλλων υπηρεσιών εκτός από τη δυνατότητα επικοινωνίας δεδομένων (μεταφορά φωνής, εκτροπή κλήσης, πληροφορίες χρήσης, αναστροφή χρέωσης κ.λπ.)