

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το κύριο θέμα που θα αντιμετωπίσουμε στο βιβλίο αυτό είναι η ανάγκη για μεταφορά μεγάλου όγκου κίνησης με διαφορετικές απαιτήσεις παρεχομένης ποιότητας μέσω δικτύων που λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες. Στην προσπάθειά μας να μελετήσουμε το σχεδιασμό και τη λειτουργία της μεταφοράς αυτής κύριο λόγο θα παίξει η μελέτη των δικτύων ATM (Asynchronous Transfer Mode – Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς) και των δικτύων (π.χ. του Διαδικτύου) που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP (Internet Protocol – Πρωτόκολλο διαδικτύωσης).

Οι αλλαγές που παρατηρούνται και στις δύο αυτές κατηγορίες είναι τεράστιες. Στα δίκτυα που λειτουργούν με βάση το IP βλέπουμε μια τρομερή αύξηση της κίνησης και μια ποιοτική αλλαγή της κίνησης – από τη μεταφορά απλών δεδομένων στη μεταφορά πολυμεσικής κυκλοφορίας, δηλ. μεταφορά φωνής, εικόνας, και κινούμενης εικόνας (video). Στα δίκτυα ATM παρατηρούμε τη μεταφορά, εκτός από την παραδοσιακή κίνηση δεδομένων και εικόνας, και κίνηση η οποία προέρχεται από συνδέσεις TCP/IP (Transport Control Protocol/ Internet Protocol). Τα προβλήματα που προκύπτουν από τις τόσο μεγάλες αλλαγές επηρεάζουν τον τεχνικό όσο και τον επιχειρηματικό τρόπο που προσεγγίζονται οι δυνατές λύσεις.

Ο τεχνικός κόσμος βλέπει να αναφέρονται μια σειρά από καινούρια και ενδιαφέροντα προβλήματα στο σχεδιασμό των δικτύων, στον έλεγχο της συμφόρησης, στο χαρακτηρισμό της κίνησης και στη διαχείριση των δικτύων. Ο επιχειρηματικός κόσμος βλέπει τα δίκτυα να δίνουν ένα πολύ δυνατό εργαλείο στον τελικό χρήστη και να επηρεάζουν τον τρόπο δομής όχι μόνον του τμήματος μηχανογράφησης της εταιρείας αλλά ολόκληρης της δομής και της οργάνωσής της καθώς ο τελικός χρήστης μπορεί και πρέπει να έχει πρόσβαση σε δεδομένα χωρίς την διαμεσολάβηση τρίτων.

Στο βιβλίο αυτό κατ' αρχήν θα δούμε τους βασικούς παράγοντες που οδήγησαν στην ανάπτυξη των δικτύων υψηλών ταχυτήτων. Ύστερα θα αναπτύξουμε τις βασικές αρχές λειτουργίας δικτύων οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατανόηση του μαθήματος (το βιβλίο αυτό προϋποθέτει κάποιες γενικές γνώσεις δικτύων, όπως αυτές παρουσιάζονται σε εισαγωγικά βιβλία). Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιαστούν με λεπτομέρεια η λειτουργία και η απόδοση των δικτύων Frame Relay, ATM, TCP/IP και MPLS. Θα παρουσιαστούν επίσης θέματα σχετικά με τη διαδικτύωση διαφορετικών μεγρών δικτύων και την φιλοσοφία που αυτή ακολουθεί.

1.1 Επικοινωνιακές ανάγκες

Η ανάγκη για όλο και περισσότερη, πιο άμεση και ολοκληρωμένη επικοινωνία είναι ο κύριος οδηγός των εξελίξεων στα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων. Στις ερωτήσεις:

- Ποιες υπηρεσίες πληροφορίας θα δημιουργήσουν την ανάγκη για όλο και μεγαλύτερο όγκο μεταφοράς δεδομένων;
- Ποιες εφαρμογές και σε τι ποσοστό θα δούμε;
- Ποια ανθρώπινη δραστηριότητα θα απαιτήσει περισσότερο εύρος ζώνης και μάλιστα κατ' απαίτηση;

η απάντηση ίσως βρίσκεται στην εμπειρία που έχουμε αποκομίσει από τη λειτουργία του παγκόσμιου ιστού (WWW: World Wide Web). Οι φυλλομετρητές του παγκόσμιου ιστού (Web Browsers) μάς έχουν δώσει τη δυνατότητα να μεταπηδήσουμε από την απλή μεταφορά δεδομένων και κειμένου στη μεταφορά γραφικών, κινούμενης εικόνας, ήχου κλπ. σε πραγματικό χρόνο. Η ανάγκη για όλο και μεγαλύτερες ταχύτητες φαίνεται από το παρακάτω παράδειγμα όπου μελετάται η μεταφορά σε ψηφιακή μορφή σήματος τηλεόρασης.

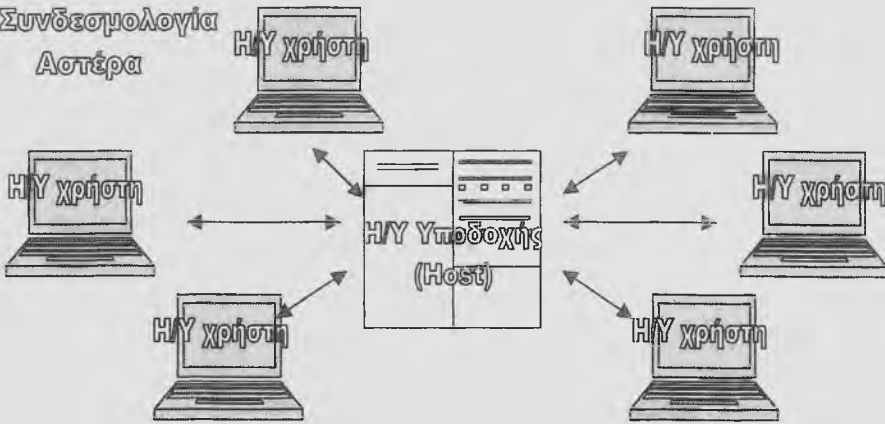
Παράδειγμα: Στην Αμερική υπολογίζεται ότι ο μέσος τηλεθεατής βλέπει 4-8 ώρες τηλεόραση την ημέρα. Αν αυτό γινόταν με μια εφαρμογή βίντεο – κατ' απαίτηση (video – on – demand) και υποθέταμε ότι το ένα τέταρτο του πληθυσμού της Αμερικής απαιτούσε την εφαρμογή αυτή με ταχύτητες της τάξης του 1 Mbps τότε θα υπήρχε στο δίκτυο μια κίνηση της τάξης του petabit (10^{15} bit το δευτερόλεπτο). Με βάση τις δυνατότητες των σημερινών μέσων μεταφοράς πληροφορίας θα επαρκούσαν 1000 οπτικές ίνες για τη μεταφορά της πληροφορίας. Η σύνδεση όλων αυτών των οπτικών ινών θα αποτελούσε ένα τεράστιο και ίσως ανυπερβλητό πρόβλημα.

Παρατηρούμε επίσης στις μέρες μας μια αλλαγή στις επιχειρηματικές διαδικασίες και στην οργάνωση των εταιρειών που επιφέρει άμεσα αλλαγές και στις δικτυακές και τηλεπικοινωνιακές τους ανάγκες. Οι επικοινωνίες αλλάζουν και από συγκεντρωτικές γίνονται κατακεκομμένες, από ιεραρχικές πιο άμεσες. Οι επιχειρήσεις όχι μόνο αναπτύσσονται σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και κατανέμουν τις λειτουργίες τους σε περισσότερα του ενός σημεία του πλανήτη αυξάνοντας έτσι τις τηλεπικοινωνιακές ανάγκες. Το Διαδίκτυο έχει συμβάλει αποτελεσματικά στην παγκοσμιοποίηση των επικοινωνιακών συνδέσεων και έχει αλλάξει τον τρόπο σχεδιασμού όλων των δικτύων. Κίνηση προερχόμενη από διαδίκτυα (internets), ενδοδίκτυα (intranets) και εξωδίκτυα (extranets), δημιουργεί νέες απαιτήσεις και συνεισφέρει περισσότερο στη μη προβλεψιμότητα του τύπου και του όγκου του φορτίου στο δίκτυο. Άμεσο αποτέλεσμα είναι και η αύξηση της κίνησης στα τοπικά δίκτυα, στα δίκτυα ευρείας ζώνης και γενικότερα στην όλη υποδομή του τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Πιο περίπλοκες εφαρμογές ζητούν περισσότερο εύρος ζώνης, μεγαλύτερες ταχύτητες και τη δυνατότητα ολοκληρωμένης μετάδοσης φωνής, κινούμενης εικόνας και δεδομένων μέχρι τον υπολογιστή του γραφείου του τελικού χρήστη.

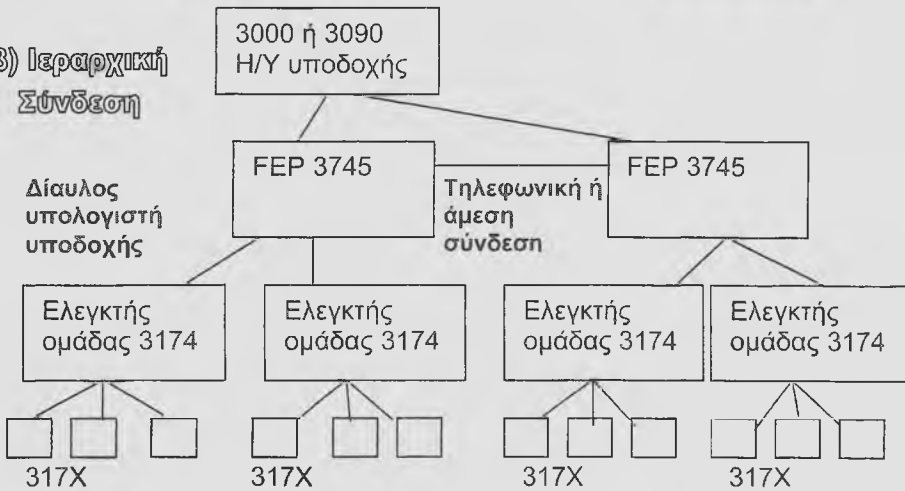
Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο θα μελετήσουμε πώς οι αυξημένες αυτές ανάγκες, οι αλλαγές στη δομή των επιχειρήσεων και οι καινούριες μορφές δικτυακής κίνησης μπορούν να αναλυθούν και να γίνουν κατανοητές ώστε αργότερα να μπορούμε να σχεδιάζουμε δίκτυα τα οποία καλύπτουν τις ανάγκες αυτές και τα οποία προσφέρουν στον τελικό χρήστη ό,τι τού είναι αναγκαίο.

1.2 Από Κεντρικές σε Κατανεμημένες Λειτουργικές Δομές

α) Συνδεσμολογία Αστέρα



β) Ιεραρχική Σύνδεση

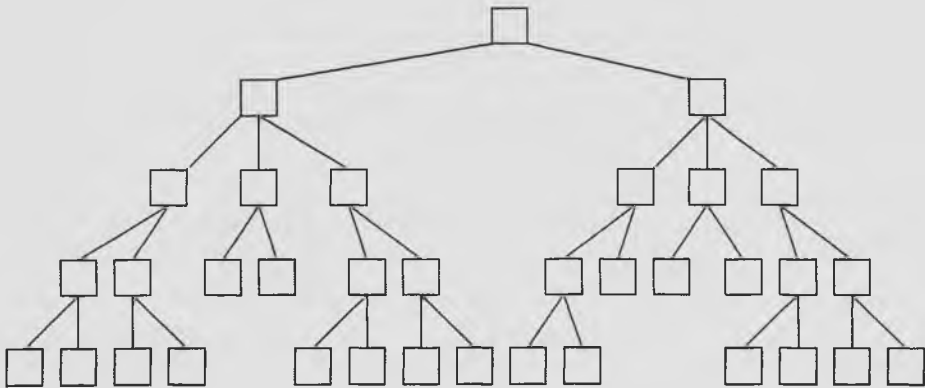


Σχήμα 1.1: Τοπολογίες αστέρα και ιεραρχίας

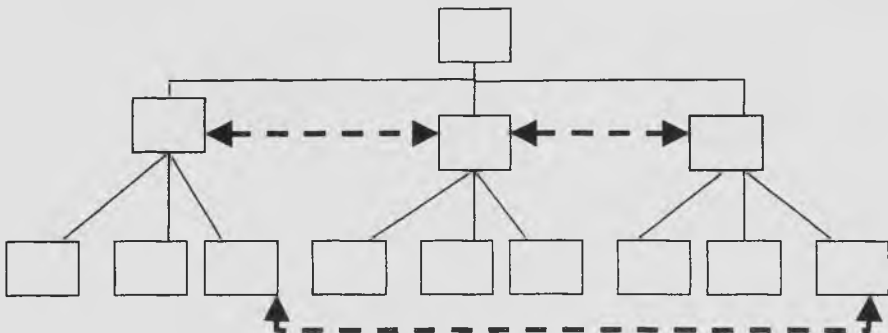
Μια από τις μεγαλύτερες αλλαγές στο χώρο των υπολογιστικών συστημάτων είναι η μετάβαση από τα μεγάλα κεντρικά υπολογιστικά συστήματα (mainframe computing) σε κατανεμημένες υπολογιστικές πλατφόρμες που χρησιμοποιούν μίνι-υπολογιστές ή προσωπικούς υπολογιστές και στηρίζονται συνήθως στο μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή (Client – Server Computing). Στο σχήμα 1.1 βλέπουμε μια τέτοια αρχιτεκτονική όπου ο κεντρικός υπολογιστής ήταν συνδεδεμένος απ' ευθείας με τα τερματικά των υπολογιστών σε μια σύνδεση αστέρα ή ήταν συνδεδεμένος σε μια ιεραρχική διάταξη μέσω διαφόρων επεξεργαστών (FEP: Front End Processors).

4 Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά και Δικτυακά Πρωτόκολλα

Τα σχήματα αυτά συνήθως εξυπηρετούσαν μόνο τις ανάγκες για μεταφορά και επεξεργασία δεδομένων και ήταν εντελώς ανεξάρτητα από το δίκτυο φωνής.



α) Ιεραρχική δομή 5 επιπέδων



β) Ιεραρχική δομή 3 επιπέδων

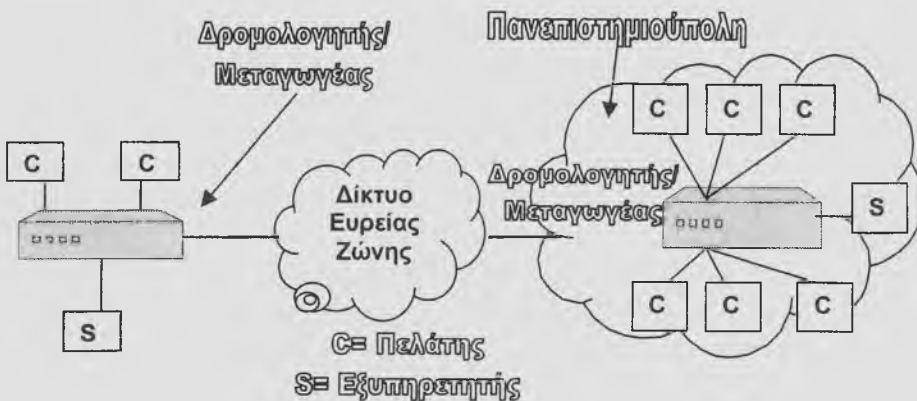
Σχήμα 1.2: Οργανωτική δομή επιπεδοποίησης

Τα τελευταία χρόνια βλέπουμε σε οργανισμούς και επιχειρήσεις τη μετάβαση σε ένα μοντέλο που είτε καταργεί τελείως την ιεραρχική αυτή δομή ή τουλάχιστον την περιορίζει σημαντικά σε λιγότερα επίπεδα. Παράλληλα με τη μείωση των επιπέδων στην ιεραρχία, παρατηρείται μεγαλύτερη σύνδεση και επαφή μεταξύ ομάδων που ανήκουν σε διαφορετικά επίπεδα ή διαφορετικούς οργανισμούς. Μια τέτοια αλλαγή φαίνεται στο σχήμα 1.2 και είναι γνωστή σαν επιπεδοποίηση του οργανισμού (flattening). Αναπόφευκτα μια τέτοια οργανωτική αλλαγή απαιτεί και τις αντίστοιχες οργανωτικές και λειτουργικές αλλαγές στην τηλεπικοινωνιακή και δικτυακή υποδομή του οργανισμού. Όταν επέλθει η αλλαγή από τα πέντε επίπεδα στα τρία και επιτραπεί η επικοινωνία μεταξύ οντοτήτων του ίδιου επιπέδου χωρίς την ανάγκη πρόσβασης μέσω κάποιου κεντρικού κόμβου, τότε πρέπει το δίκτυο να υποστηρίζει τέτοιες συνδεσμολογίες. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται παραδείγματος χάριν με τη χρήση των εικονικών τοπικών δικτύων (VLAN: Virtual LAN). Θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί και το αντίστροφο. Ότι δηλαδή η ανάπτυξη των δικτύων και η δυνατότητα άμεσης επαφής καταργεί και την ιεραρχική δομή των εταιριών οι οποίες χρησιμοποιούν τα δίκτυα αυτά.

Η ανάγκη για τηλε-εργασία και η σύνδεση όλο και περισσότερων νοικοκυριών με το Διαδίκτυο δημιουργεί την απαίτηση για μεγαλύτερες ταχύτητες σύνδεσης στα σπίτια με άμεσο αποτέλεσμα τις μεγαλύτερες ταχύτητες στα μόντεμ και την εισαγωγή νέων τεχνολογιών όπως είναι η τεχνολογία του Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών (ISDN: Integrated Services Digital Network) και των τεχνολογιών xDSL (x Digital Subscriber Loop). Οι συχνές αλλαγές στις επιχειρήσεις με τη μορφή συγχωνεύσεων, αγορών και επεκτάσεων σε διεθνείς αγορές οδηγεί στην ανάγκη για σχεδιασμό και υλοποίηση δικτύων τα οποία μπορούν εύκολα να αλλάζουν με την προσθήκη άλλων ομάδων σε γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές και τη σύνδεση σε ομάδες ατόμων που κινούνται μεταξύ διαφόρων φυσικών εγκαταστάσεων αλλά χρειάζονται κοινή σύνδεση με τους ανθρώπους του τμήματός τους. Το παράδειγμα του πελάτη – εξυπηρετητή φαίνεται να είναι το κυρίαρχο μοντέλο ανάπτυξης και λειτουργίας σε μια σύγχρονη επιχείρηση – μεταφέροντάς μας κατά κάποιο τρόπο πίσω στη δομή του αστέρα του σχήματος 1.1. Σημαντικό ρόλο στην επιστροφή στη δομή του αστέρα παίζει και ο τρόπος σχεδιασμού των τοπικών δικτύων με τη χρήση καταναμητών και μεταγωγέων.

1.2.1 Καταναμημένη Επεξεργασία και το Παράδειγμα Πελάτη – Εξυπηρετητή

Η κατανομή των διαφόρων επεξεργασιών σε διάφορα σημεία του δικτύου επιτρέπει την ύπαρξη ευφυΐας σε αυτά τα σημεία, τα οποία επικοινωνούν σαν ίσοι, χωρίς την ανάγκη μεσολάβησης ενός κεντρικού κόμβου. Οι αρχιτεκτονικές πελάτη – εξυπηρετητή επιτρέπουν να αποθηκεύεται πληροφορία και να γίνεται επεξεργασία της πληροφορίας αυτής σε διάφορα σημεία, επιτρέποντας στους πελάτες να μοιράζονται πληροφορίες και δικτυακούς πόρους και να εργάζονται σαν μια λογική ή εικονική ομάδα. Έτσι οι εξυπηρετητές επιτρέπουν την κοινή χρήση ακριβών πόρων όπως εξυπηρετητές ιστού, βάσεις δεδομένων, CD-ROM, συνδέσεις στο Διαδίκτυο κτλ.



Σχήμα 1.3: Καταναμημένη αρχιτεκτονική δικτύου Πελάτη-Εξυπηρετητή

Στο σχήμα 1.3 φαίνεται ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο και η χρήση της καταναμημένης αρχιτεκτονικής πελάτη – εξυπηρετητή. Ένας πελάτης στο τοπικό δίκτυο της πανεπιστημιούπολης μπορεί μέσω ενός δρομολογητή (router) ή μεταγωγέα (switch) να εξυπηρετηθεί από τον τοπικό εξυπηρετητή ή με τη χρήση του δικτύου ευρείας ζώνης να χρησιμοποιήσει ένα απομακρυσμένο εξυπηρετητή.

Φαίνονται αμέσως οι αυξημένοι επικοινωνιακοί πόροι που απαιτεί η δεύτερη επιλογή, καθώς χρησιμοποιούνται πόροι από το τοπικό δίκτυο, το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο και το απομακρυσμένο τοπικό δίκτυο. Ο σχεδιαστής ενός τέτοιου δικτύου πρέπει να λαμβάνει σοβαρά υπόψη του τον τρόπο χρήσης του δικτύου και την αναμενόμενη κίνηση.

1.2.2 Η ανάγκη για σύνδεση στα επίπεδα LAN/MAN/WAN

Υπάρχει όλο και μεγαλύτερη ανάγκη για διασύνδεση τοπικών δικτύων (LAN: Local Area Networks) σε μητροπολιτικό περιβάλλον ή σε περιβάλλον ευρείας ζώνης. Κατ' αρχήν υπάρχουν οι όλο και περισσότερο αυξανόμενες ανάγκες καταναμημένων διεργασιών σε επίπεδο απομακρυσμένων τοπικών δικτύων. Έπειτα υπάρχει η ανάγκη για αύξηση των ταχυτήτων σε επίπεδο ευρείας ζώνης για εφαρμογές όπως η λειτουργία ενός ενδοδικτύου. Οι τεχνολογίες που επιτρέπουν τέτοιες διασυνδέσεις περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων και τα εξής: αφιερωμένα αποκλειστικά κυκλώματα, κυκλώματα μεταγωγής ευρείας περιοχής ή μητροπολιτικής περιοχής, δημόσια δίκτυα ευρείας ζώνης μεταγωγής πακέτου, ιδιωτικά δίκτυα δεδομένων και δημόσιες υπηρεσίες μεταγωγής ευρείας ζώνης.

Μια κατάταξη (για παιδαγωγικούς κυρίως σκοπούς) των δικτύων υπολογιστών, σύμφωνα με τις αποστάσεις που εξυπηρετούν, είναι η παρακάτω:

- **Οικιακά Δίκτυα (HAN: Home Area Networks):** Έχουν αποστάσεις της τάξεως των δεκάδων μέτρων, και συνδέουν συσκευές σε μια κατοικία, όπως προσωπικούς υπολογιστές, τηλεοράσεις, συστήματα ασφαλείας, τηλέφωνα, μετρητές ηλεκτρικού ρεύματος και στερεοφωνικά συγκροτήματα.
- **Τοπικά Δίκτυα (LAN: Local Area Networks):** Καλύπτουν αποστάσεις της τάξεως των 100 μέτρων και προσφέρουν τοπική σύνδεση, συνήθως σε ένα γραφείο, έναν όροφο ή ένα κτίριο.
- **Δίκτυα Συγκροτημάτων (CAN: Campus Area Networking):** Καλύπτουν αποστάσεις της τάξεως του ενός χιλιομέτρου και συνδέουν κτίρια σε μια περιοχή μικρής εκτάσεως (π.χ. ένα πανεπιστημιακό ή νοσοκομειακό συγκρότημα). Συνήθως μια τέτοια σύνδεση μπορεί να γίνεται με τη χρήση ενός δικτύου κορμού ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς ATM (Asynchronous Transfer Mode) ή FDDI (Fiber Distributed Data Interface) ή και ενός δικτύου Gigabit Ethernet .
- **Μητροπολιτικά Δίκτυα (MAN: Metropolitan Area Networks):** Τα δίκτυα αυτά προσφέρουν κάλυψη σε γεωγραφική περιοχή που καλύπτει ένα ευρύτερο πληθυσμό και συνήθως συνδέουν συγκροτήματα που ανήκουν στον ίδιο οργανισμό.
- **Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (WAN: Wide Area Networks):** Καλύπτουν αποστάσεις από 100 μέχρι 10.000 χιλιόμετρα, προσφέροντας υπηρεσίες και διασύνδεση σε ολόκληρες χώρες.
- **Παγκόσμια Δίκτυα (GAN: Global Area Networks):** Προσφέρουν διασύνδεση μεταξύ διαφόρων χωρών καλύπτοντας αποστάσεις μέχρι 20.000 χιλιόμετρα.

➤ **Εικονικά Τοπικά Δίκτυα (VLAN: Virtual Area Networks):** Δίνουν την εντύπωση ενός τοπικού δικτύου αλλά καλύπτουν αποστάσεις από μερικά μέτρα μέχρι χιλιάδες μέτρα. Τα VLAN είναι κατανομημένα συστήματα υλικού (hardware) και λογισμικού (software) τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να ανταλλάσσουν πληροφορίες με ασφαλή τρόπο, συνήθως μέσα από ένα δημόσιο δίκτυο αλλά με εγγυήσεις και όρους ενός ιδιωτικού αποκλειστικού δικτύου.

1.2.3 Αύξηση της κίνησης μεταξύ των τοπικών δικτύων

Όταν εγκατασταθεί ένα τοπικό ή άλλο δίκτυο σε ένα οργανισμό υπάρχουν πολλοί παράγοντες που οδηγούν στην εξάπλωσή του και στην αύξησή του σε φυσικό και λογικό μέγεθος. Η αύξηση της κίνησης δεδομένων οδηγεί στην εγκατάσταση γεφυρών, δρομολογητών, μεταγωγέων κτλ. με αυξημένες ταχύτητες και περισσότερες δυνατότητες. Η χρήση του Διαδικτύου σε συνδυασμό με την ύπαρξη πληθώρας δημοσίων και ιδιωτικών δικτύων μεταγωγής δεδομένων έχει επιφέρει αληθινή επανάσταση στη διασύνδεση τοπικών δικτύων, στα οποία παρατηρούνται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Αύξηση των εφαρμογών, της απόδοσής τους και του αριθμού τους.
- Οι χρήστες απαιτούν απομακρυσμένη και κινητή πρόσβαση στα LAN.
- Οι χρήστες απαιτούν πιο γρήγορη πρόσβαση σε όλο και μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών.
- Σε μια οικονομία που στηρίζεται στην πληροφορία, οι ανταλλαγές πληροφοριών μέσα στην ίδια την εταιρία είναι σημαντικά αυξημένες.
- Αλλαγές στη δομή, στο ιδιοκτησιακό καθεστώς και στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων δημιουργούν απρόβλεπτες αλλαγές στην κίνηση.

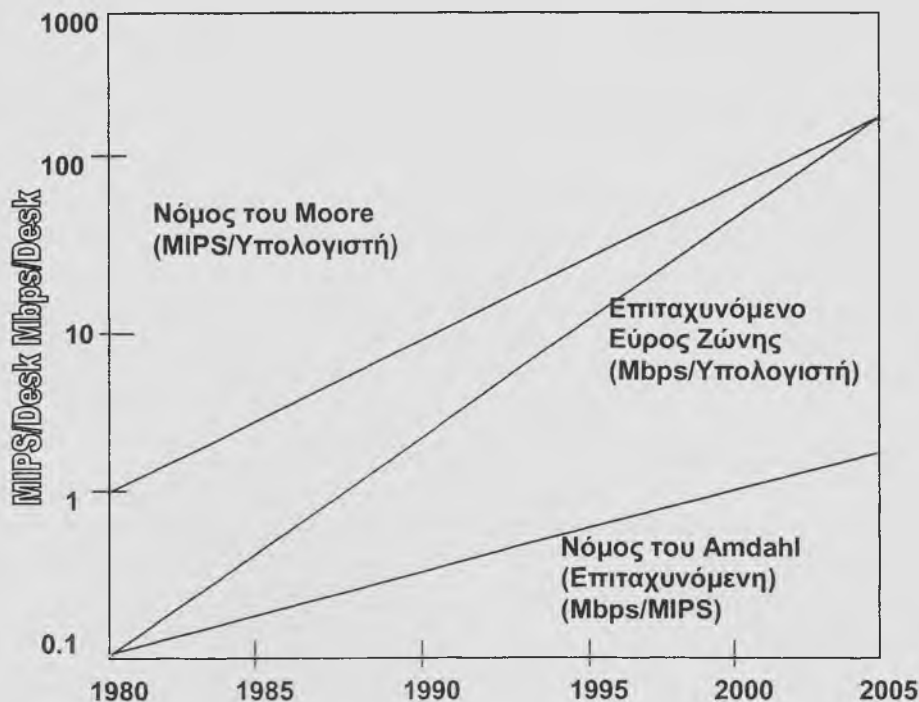
Σαν απάντηση στα παραπάνω βλέπουμε τη χρήση τοπικών δικτύων με μεταγωγή (LAN switching), και Gigabit Ethernet για διασύνδεση LAN με ακριβή κυκλώματα πρόσβασης σε επίπεδο WAN. Εν τω μεταξύ, αλλαγές στην τεχνολογία των μικροεπεξεργαστών δημιουργούν τεράστιες απαιτήσεις για εύρος ζώνης στους υπολογιστές γραφείου και στους εξυπηρετητές. Η χρήση όλο και πιο περίπλοκων εικονικών δικτύων απαιτεί αλλαγές στον τρόπο σχεδιασμού και ανάπτυξης των δικτύων. Οι διάφοροι οργανισμοί τυποποίησης συχνά δεν μπορούν να παρακολουθήσουν τις γρήγορες και σημαντικές αυτές αλλαγές.

Σε ένα κλασικό δίκτυο τηλεπικοινωνιών όπως το τηλεφωνικό δίκτυο κάθε σύνδεση είχε το δικό της αφιερωμένο κύκλωμα. Μια τέτοια πολυτέλεια δεν είναι δυνατή σε δίκτυα με πολλούς χρήστες και μεγάλες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης. Έτσι από τα πρώτα τοπικά δίκτυα φάνηκε η ανάγκη για την παροχή εύρους ζώνης κατ' απαίτηση (bandwidth – on demand). Όταν η κίνηση στο δίκτυο είναι μικρή και οι χρήστες δεν απαιτούν συχνά μεγάλο μέρος του διαθέσιμου εύρους ζώνης πρωτόκολλα όπως το γνωστό Ethernet (CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) και το πρωτόκολλο δακτυλίου με κουπόνι (token ring), που συναντούμε στο πρότυπο IEEE 802.5, μπορούν να προσφέρουν ικανοποιητικές λύσεις. Όταν όμως η κίνηση μεγαλώσει τότε αύξηση μόνον του διαθέσιμου εύρους

ζώνης δεν είναι αρκετή για να επιλύσει το πρόβλημα, αλλά απαιτείται επανασχεδιασμός των πρωτοκόλλων με βάση τα καινούρια χαρακτηριστικά του φορτίου και τις απαιτήσεις των εφαρμογών.

1.2.4 Η αρχή του επιταχυνόμενου εύρους ζώνης

Η αύξηση της υπολογιστικής δύναμης των επεξεργαστών καθορίζεται από τον νόμο του Moore και προβλέπει ότι η υπολογιστική δύναμη διπλασιάζεται κάθε 18 μήνες. Η πρόβλεψη αυτή έγινε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και έχει επαληθευτεί με θαυμαστή ακρίβεια. Σαν αποτέλεσμα της αύξησης αυτής βλέπουμε εφαρμογές που πριν λίγα χρόνια έτρεχαν μόνο σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα να κατανέμονται τώρα σε μικροϋπολογιστές, αυξάνοντας παράλληλα και την ανάγκη για μεγαλύτερη και ταχύτερη διασύνδεση. Τα δίκτυα υπολογιστών καλούνται να παίξουν τον ρόλο του διαδρόμου σε ένα κλασικό υπολογιστή. Επίσης νέες εφαρμογές, όπως η τηλεδιάσκεψη, οι πολυμεσικές εφαρμογές, η τηλεσυνεργασία ομάδων, ο παγκόσμιος ιστός κ.α. οδηγούν σε μεγαλύτερες απαιτήσεις από το δίκτυο. Η κίνηση στα μοντέρνα δίκτυα δεν έχει ένα μοναδικό αποδέκτη ή μια μοναδική πηγή (τον κεντρικό υπολογιστή) αλλά μπορεί να ξεκινάει και να προορίζεται από και προς οποιονδήποτε κόμβο του δικτύου. Ο συνδυασμός των παραπάνω οδηγεί σε μια καινούρια αρχή: την αρχή του επιταχυνόμενου εύρους ζώνης. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, οι ανάγκες για μεταφορά δεδομένων αυξάνονται με ρυθμό μεγαλύτερο του εκθετικού, είναι δηλαδή υπερ-εκθετικές.



Σχήμα 1.4: Καμπύλες Moore και αύξησης επικοινωνιακού εύρους ζώνης

Στο σχήμα 1.4 φαίνεται η αύξηση της υπολογιστικής δύναμης (σε MIPS/υπολογιστή) που προβλέπει η αρχή του Moore. Η καμπύλη Mbps/MIPS προέρχεται από τον νόμο του Amdahl που ορίζει ότι μια εφαρμογή χρειάζεται περίπου τον ίδιο αριθμό κύκλων επεξεργασίας, αποθήκευσης και ταχυτήτων επικοινωνίας. Μια εφαρμογή δηλαδή που απαιτεί 1MIPS επίσης απαιτεί 1 Mb αποθηκευτικού χώρου και 1 Mbps επικοινωνιακού εύρους ζώνης. Η καμπύλη Mbps/υπολογιστή αποτυπώνει την αρχή του επιταχυνόμενου εύρους ζώνης και δείχνει τον υπερ-εκθετικό χαρακτήρα της. Οι ανάγκες για δίκτυα υψηλών ταχυτήτων είναι προφανείς. Προφανής είναι επίσης η ανάγκη για αλλαγές στη δομή της διαχείρισης των δικτύων, στην ανάγκη για εξειδικευμένο και ενημερωμένο προσωπικό, όπως και στην αύξηση του κόστους που επιβάλλει μια τέτοια διεργασία επιβάλλει.

Η αύξηση αυτή δεν φαίνεται να μπορεί να περιοριστεί εύκολα. Προσπάθειες για περιορισμό της αύξησης αυτής περιλαμβάνουν την ανάπτυξη αποτελεσματικών αλγορίθμων συμπίεσης και κωδικοποίησης ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που το εύρος ζώνης είναι πολύ ακριβό.

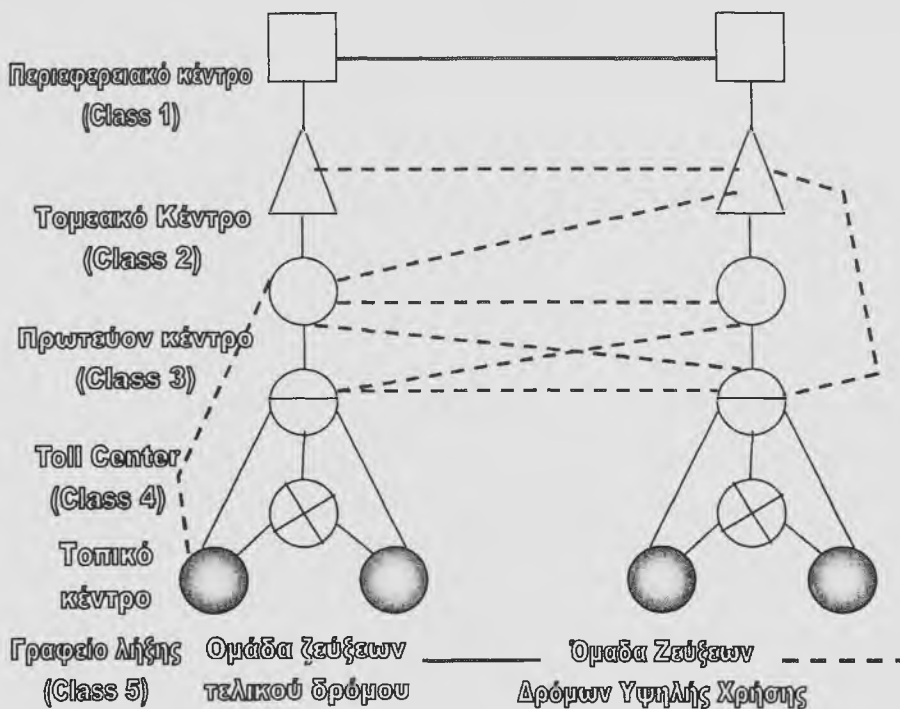
1.3 Η ιστορία των τηλεπικοινωνιακών δικτύων

Η ιστορία των τηλεπικοινωνιακών δικτύων μπορεί να δοθεί από δύο διαφορετικές αλλά συγκλίνουσες κατευθύνσεις: την κατεύθυνση των τηλεφωνικών δικτύων και την κατεύθυνση των δικτύων δεδομένων. Στην πορεία αυτή προς τη σύγκλιση στα ενοποιημένα δίκτυα φωνής και δεδομένων μπορούμε να εντοπίσουμε μια σειρά τεχνολογιών ή καλύτερα προσεγγίσεων οι οποίες εναλλάσσονται στην αποδοχή και ανάπτυξή τους κατά την εξελικτική αυτή πορεία.

Στο σχήμα 1.5 φαίνεται πως κατά την πορεία αυτή έχουμε συνεχείς αλλαγές και προσεγγίσεις από αναλογικά σε ψηφιακά συστήματα και από σύγχρονα σε ασύγχρονα. Η αποδοχή και χρήση κάποιου συστήματος εξαρτάται από τις εφαρμογές που προσπαθούμε να εξυπηρετήσουμε, από την υπάρχουσα τεχνολογία τη δεδομένη χρονική στιγμή και από τις ισορροπίες μεταξύ εταιριών υλικού, λογισμικού και υπηρεσιών που ανταγωνίζονται στον συγκεκριμένο χώρο.

Η βιομηχανία των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες βιομηχανίες και αγορές στο σύγχρονο κόσμο. Η παραδοσιακή παγκόσμια σύνδεση μέσω τηλεφώνου μετατρέπεται σε μια παγκόσμια διασύνδεση μέσω του Διαδικτύου, με άμεσο αποτέλεσμα τις συγχωνεύσεις εταιρειών τηλεπικοινωνιών, παροχής υπηρεσιών Internet, ανάπτυξης περιεχομένου, μέσω μαζικής ενημέρωσης κλπ. Οι διαφορές στη δομή και στη λειτουργία των διαφόρων τμημάτων της βιομηχανίας επικοινωνιών είναι τεράστιες. Το τηλεπικοινωνιακό κομμάτι αποτελείται από ένα μικρό αριθμό μεγάλων τηλεπικοινωνιακών οργανισμών και ένα μεγάλο αριθμό μικρότερων εταιρειών. Η βιομηχανία τηλεόρασης στις ΗΠΑ αποτελείται από 1000 εμπορικούς τηλεοπτικούς σταθμούς και 9000 ραδιοφωνικούς σταθμούς, ενώ η έντυπη πληροφόρηση περιλαμβάνει 1600 ημερήσιες εφημερίδες και 11000 περιοδικά. Αντίθετα η βιομηχανία υπολογιστών λειτουργεί σε πλήρες ανταγωνιστικό περιβάλλον και μπορεί να διακριθεί σε βιομηχανία υλικού και βιομηχανία λογισμικού. Οι σχετικά πρόσφατες συνενώσεις και συγχωνεύσεις μεταξύ

Στην Ευρώπη π.χ., 30 συνδέσεις αποτελούν μια σύνδεση E-1 η οποία έχει ταχύτητα 2,0 Mbps. Στον πίνακα 1.1 φαίνονται αναλυτικά οι ταχύτητες στα διάφορα επίπεδα της ιεραρχίας και οι διαφορές μεταξύ Αμερικανικών, Ευρωπαϊκών και Ιαπωνικών συστημάτων. Επίσης διακρίνουμε και τη χρήση διαφόρων μέσων μετάδοσης όπως συνεστραμμένα καλώδια, ομοαξονικά καλώδια, ραδιοφωνικά κανάλια, οπτικές ίνες κλπ.



Σχήμα 1.8: Κλασική ιεραρχία τηλεφωνικού δικτύου

Πίνακας 1.1: Οι διαφορές μεταξύ Αμερικανικών, Ιαπωνικών και Ευρωπαϊκών συστημάτων

Μέσο	Σήματα	Αριθμός κυκλωμάτων φωνής	Β. Αμερική	Ιαπωνία	Ευρώπη
T-1 συνεστραμμένα καλώδια	DS-1	24 / 30	1.5 Mbps	1.5 Mbps	2.0 Mbps
T-1 C συνεστραμμένα καλώδια	DS-1C	48	3.1		
T-2 συνεστραμμένα καλώδια	DS-2	96	6.3 Mbps	6.3 Mbps	8.4 Mbps
T-3 ομοαξονικό, ραδιοζεύξεις, οπτικές ίνες	DS-3	672	45.0 Mbps	34.0 Mbps	32 Mbps
Ομοαξονικό, κυματοδηγοί, ραδιοζεύξεις, οπτικές ίνες	DS-4	4032	274.0 Mbps		