



ΒΕΣ 04: Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων

Δίκτυα Πολυμέσων,
Μετάδοση Πολυμέσων σε Δίκτυα Βέλτιστης
Προσπάθειας (Best Effort Networks),
Τεχνολογίες Streaming



Περιεχόμενα

- Δίκτυα Πολυμέσων
 - Τηλεφωνικά Δίκτυα (Telephone Networks)
 - Δίκτυα Δεδομένων (Data Networks)
 - Δίκτυα Εκπομπής (Broadcasting Networks)
 - Δίκτυα Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (Integrated Services Digital Networks)
 - Δίκτυα Ευρείας Ζώνης (Broadband Multiservice Networks)
- Εφαρμογές Πολυμέσων και απαιτήσεις Εύρους Ζώνης
 - Διαπροσωπική Επικοινωνία (Interpersonal Communications)
 - Διαδραστικές Εφαρμογές διαμέσου του Διαδικτύου (Interactive Applications over the Internet)
 - Εφαρμογές Ψυχαγωγίας (Entertainment Applications)
- Μετάδοση Πολυμέσων σε Δίκτυα Βέλτιστης Προσπάθειας
 - Τρόποι Επικοινωνίας
 - Μεταγωγή δεδομένων Πολυμέσων
 - Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS)
- Τεχνολογίες Streaming για το Διαδίκτυο



Βιβλιογραφία

- Καγιάφας [2000]:
 - Εισαγωγή στα Δίκτυα Πολυμέσων

- Halsall [2001]:
 - Chapter 1,
 - Chapter 6,
 - Chapter 15:
 - Section 15.4

- Li [2004]:
 - Chapter 15



Εισαγωγή

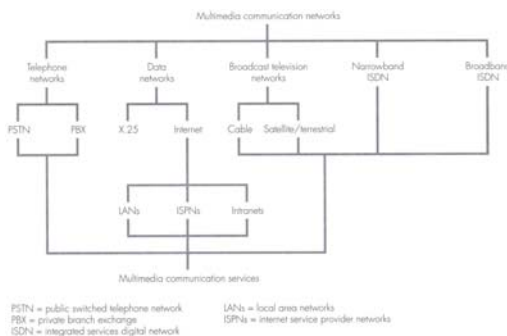
- Η μετάδοση πολυμέσων περιλαμβάνει μια ευρεία γκάμα εφαρμογών και υποδομών δικτύωσης
 - Οι νέες τεχνικές συμπίεσης δεδομένων πολυμέσων (κυρίως τεχνικές συμπίεσης με απώλειες όπως η κωδικοποίηση μετασχηματισμού) που έχουν ενσωματωθεί σε διαδεδομένα διεθνή πρότυπα (π.χ. τα πρότυπα MPEG), επιτρέπουν τη χρήση παραδοσιακών δικτύων (όπως τα τηλεφωνικά δίκτυα) για τη μετάδοση πολυμέσων
- Όσον αφορά τις σύγχρονες εφαρμογές πολυμέσων αυτές μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες κάθε μια από τις οποίες θέτει συγκεκριμένους περιορισμούς τόσο όσον αφορά την συμπίεση αλλά και τη μετάδοση:
 - Εφαρμογές διαπροσωπικής επικοινωνίας (δύο άνθρωποι επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω δυο τερματικών σταθμών - συσκευών)
 - Διαδραστικές Εφαρμογές (εφαρμογές που βασίζονται κυρίως στον παγκόσμιο ιστό πληροφοριών -WWW, όπως ηλεκτρονικό εμπόριο, ανάκτηση πληροφοριών από βάσεις δεδομένων). Η βασική συσκευή πρόσβασης στις εφαρμογές αυτές από την πλευρά του χρήστη είναι ένας σταθμός εργασίας - PC- με δυνατότητες υποστήριξης πολυμέσων
 - Εφαρμογές Ψυχαγωγίας (τα δεδομένα πολυμέσων εκπέμπονται -π.χ από τηλεοπτικούς σταθμούς- και οι χρήστες επικοινωνούν αντίστροφα με το κανάλι εκπομπής για να δηλώσεις τις προτιμήσεις του και να κάνει τις επιλογές του μέσω συσκευών που είναι γνωστές ως **Set Top Boxes -STB**)

Δίκτυα Πολυμέσων

- Δίκτυα Πολυμέσων ονομάζουμε τα Δίκτυα Επικοινωνίας τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση πολυμέσων και υλοποίησης πολυμεσικών εφαρμογών (δηλαδή εφαρμογών που περιλαμβάνουν ήχο ή/και βίντεο, εικόνα και κείμενο)

- Υπάρχουν πέντε τύποι Δικτύων που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση πολυμέσων:

- Τηλεφωνικά Δίκτυα
- Δίκτυα Δεδομένων
- Δίκτυα Εκπομπής
- Δίκτυα Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών
- Ευρυζωνικά Δίκτυα

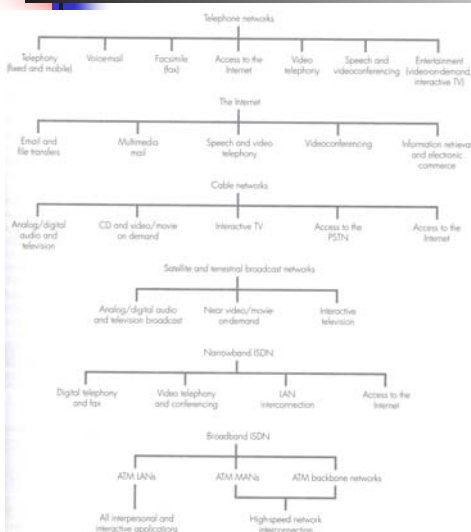


Από τους προηγούμενους τύπους μόνο οι τελευταίοι δύο σχεδιάστηκαν από την αρχή για τη μετάδοση πολυμέσων.

Οι πρώτοι τρεις τύποι σχεδιάστηκαν για άλλο σκοπό (μετάδοση φωνής, μετάδοση κειμένου, μετάδοση τηλεοπτικών προγραμμάτων) αλλά με την αποτελεσματικότητα των σύγχρονων αλγορίθμων συμπίεσης είναι εφικτή η μετάδοση πολυμέσων μέσω αυτών.

Δίκτυα Πολυμέσων =>

Δίκτυα Πολυμέσων και Εφαρμογές

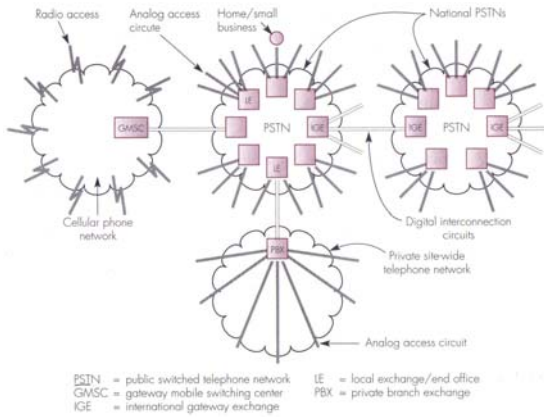


Ορισμένες εφαρμογές πολυμέσων που μπορούν να υποστηριχθούν σε κάθε μια από τις πέντε κατηγορίες δικτύων είναι:

- Τηλεφωνικά δίκτυα
 - Ηχητική Τηλεδιάσκεψη
- Δίκτυα δεδομένων (π.χ. Internet)
 - Πολυμεσικό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- Δίκτυα εκπομπής (π.χ. καλωδιακή τηλεόραση)
 - Βίντεο κατά απαίτηση
 - Διαδραστική τηλεόραση
- Δίκτυα ολοκληρωμένων υπηρεσιών
 - Βιντεοτηλεφωνία
- Ευρυζωνικά δίκτυα
 - Όλες οι εφαρμογές διαπροσωπικής επικοινωνίας
 - Δίκτυα κορμού για MAN και WAN

Δίκτυα Πολυμέσων =>

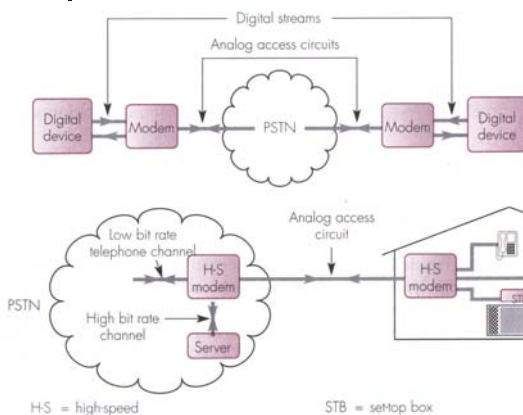
Τηλεφωνικά Δίκτυα



- Σχεδιάστηκαν για τη μετάδοση φωνής με εύρος ζώνης περίπου 4kHz
- Διακρίνονται σε:
 - PSTN (Public Switched Telephone Networks)
 - PBX (Private Branch eXchange)
 - Κυψελωτά δίκτυα (cellular phone networks)
- Βασίζονται στη λογική της συνεχούς μετάδοσης πληροφορίας με σταθερό ρυθμό:
 - Λογική μεταγωγής κυκλώματος

Δίκτυα Πολυμέσων => Τηλεφωνικά Δίκτυα =>

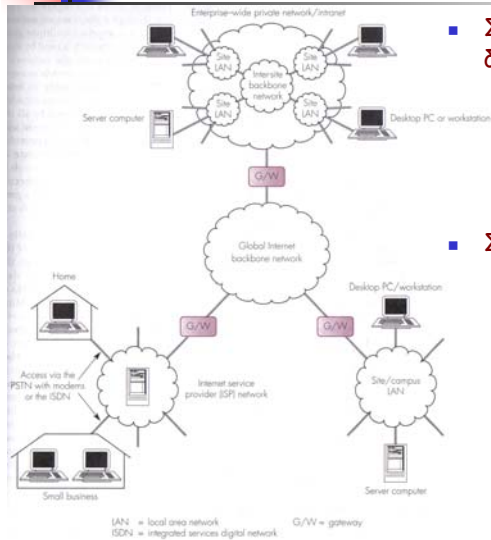
Ρυθμίσεις για Μετάδοση Πολυμέσων



- Για πολυμεσικές εφαρμογές χαμηλού εύρους ζώνης:
 - Χρήση modem για διαμόρφωση των ψηφιακών δεδομένων σε ακουστικές συχνότητες
- Για εφαρμογές με απαίτηση για υψηλό εύρος ζώνης:
 - Χρήση modem υψηλών ταχυτήτων (DSL modem)
 - Βελτίωση δικτύου υποδομής (οπτικές ίνες μέχρι και τα κατά τόπους τηλεφωνικά κέντρα)
 - Μείωση μήκους συνδρομητικών γραμμών

Δίκτυα Πολυμέσων =>

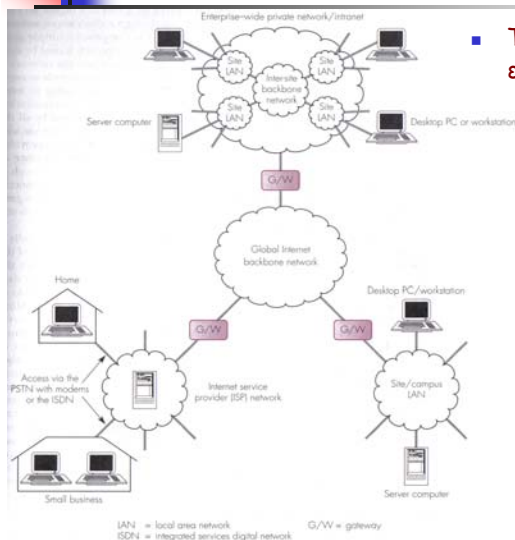
Δίκτυα Δεδομένων



- Σχεδιάστηκαν για τη μετάδοση δεδομένων κειμένου σε ψηφιακή μορφή
 - Υποστηρίζονταν χαμηλοί ρυθμοί μετάδοσης για μετάδοση μη μορφοποιημένου κειμένου αλλά και μορφοποιημένου κειμένου σύμφωνα με το πρωτόκολλο Gopher
- Στηρίζονται στη(v):
 - Μεταγωγή πακέτου (ομαδοποίηση ψηφιακών δεδομένων με χρήση πλεονασματικής πληροφορίας για δήλωση παραλήπτη, έλεγχο σφαλμάτων κλπ.)
 - Ύπαρξη και καθολική τήρηση (open systems interconnection) επικοινωνιακών πρωτοκόλλων:
 - Συμφωνημένων κανόνων που διέπουν την έναρξη της επικοινωνίας αλλά και τη σύνταξη των ανταλασσόμενων μηνυμάτων

Δίκτυα Πολυμέσων => Δίκτυα Δεδομένων

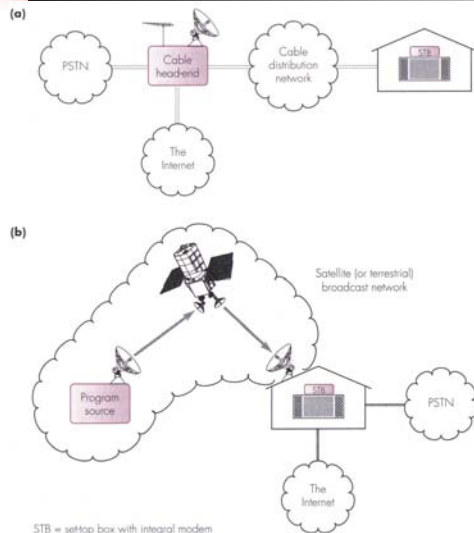
Γνωστά Δίκτυα Δεδομένων



- Τα πιο γνωστά δίκτυα δεδομένων είναι:
 - Το X.25 (σχεδιάστηκε για μετάδοση σε δεδομένων σε χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης και επομένως είναι πρακτικά ακατάλληλο για μετάδοση πολυμέσων)
 - Το Internet:
 - Αρχική σχεδίαση για δυνατότητα διάσπαρτης αποθήκευσης πληροφοριών (για λόγους ασφαλείας) κειμένου και άμεσης πρόσβασης σε αυτές
 - Βασίζεται στην ομάδα πρωτοκόλλων TCP/IP τα οποία αποτελούν το de-facto πρότυπο επικοινωνίας τόσο για δημόσια δίκτυα δεδομένων ευρείας ζώνης (WAN) αλλά και για ιδιωτικά τοπικά δίκτυα (LAN) γνωστά ως Intranet

Δίκτυα Πολυμέσων =>

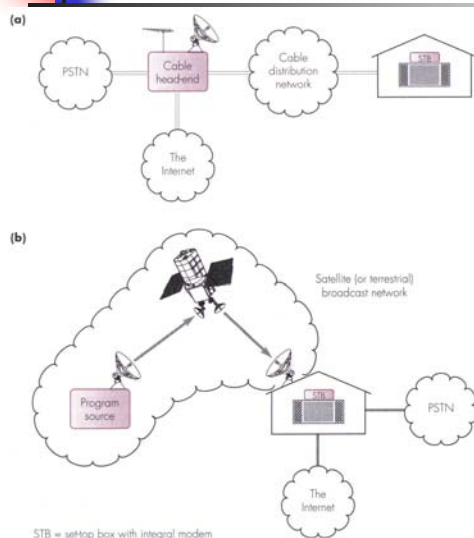
Δίκτυα Εκπομπής



- Σχεδιάστηκαν για τη μετάδοση προγραμμάτων αναλογικής τηλεόρασης και ραδιοφώνου:
 - Υποστηρίζουν μεγάλο εύρος ζώνης αλλά για αναλογικά σήματα
 - Η μεταφορά πολυμέσων υψηλού ρυθμού μετάδοσης μέσω των δικτύων αυτών (π.χ. ψηφιακού βίντεο) απαιτεί ακόμα υψηλότερο εύρος ζώνης
 - Χρησιμοποιούνται για μετάδοση συνοδευτικών πληροφοριών ψηφιακών μορφής (RDS, Weather channel, Traffic channel, Teletext, κλπ)
- Δεν υπάρχει η έννοια της μεταγωγής (switching)
- Βασικό μειονέκτημα η έλλειψη καναλιού ανάδρασης (upward channel)

Δίκτυα Πολυμέσων => Δίκτυα Εκπομπής =>

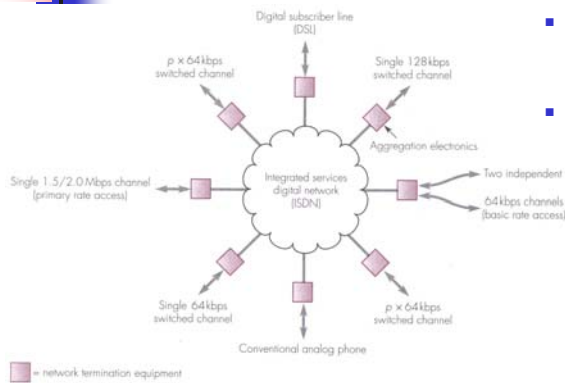
Κατηγορίες Δικτύων Εκπομπής



- **Δορυφορικά Δίκτυα (Satellite Networks):**
 - Ικανότητα υποστήριξης πολύ υψηλών ρυθμών μετάδοσης (downstream μόνο)
 - Έλλειψη καναλιού ανάδρασης. Για upstream κανάλι πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλης μορφής δίκτυο
- **Επίγεια Δίκτυα Εκπομπής (Terrestrial Broadcast Networks)**
 - Δυσκολία υποστήριξης απαιτητικών εφαρμογών πολυμέσων (π.χ. ψηφιακού βίντεο) λόγω μη επαρκούς εύρους ζώνης.
 - Έλλειψη καναλιού ανάδρασης.
- **Καλωδιακά Δίκτυα Διανομής**
 - Ικανότητα υποστήριξης πολύ υψηλών ρυθμών μετάδοσης (downstream μόνο)
 - Υποστήριξη καναλιού ανάδρασης (συνήθως χαμηλού εύρους ζώνης)
 - Δυνατότητα άμεσης χρήσης Set-Top-Box

Δίκτυα Πολυμέσων =>

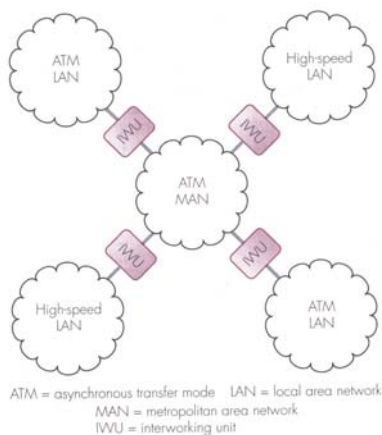
Δίκτυα Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών



- Σχεδιάστηκαν για τη παροχή επιπλέον υπηρεσιών στους χρήστες PSTN.
- Μετάδοση ψηφιακών δεδομένων συμπεριλαμβανόμενου και ψηφιακού ήχου:
 - Υποστηρίζουν εύρος ζώνης μέχρι 2Mbps (Primary Rate Access - PRA)
 - Βασικός ρυθμός μετάδοσης (Basic Rate Access - BRA) 2x64 kbps
 - Εφικτή και η υποστήριξη ψηφιακού βίντεο χαμηλής ανάλυσης
- Στηρίζονται στη μεταγωγή κυκλώματος (αφού χρησιμοποιούν τα κυκλώματα PSTN) με χρήση ψηφιακών σημάτων

Δίκτυα Πολυμέσων =>

Δίκτυα Ευρείας Ζώνης

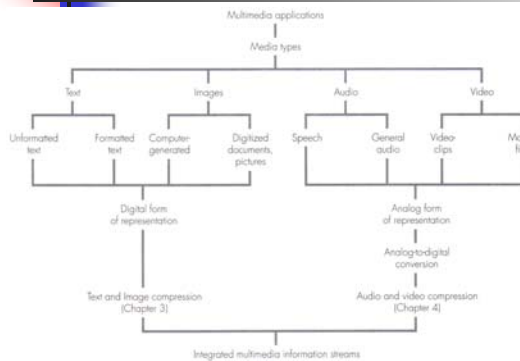


Είναι γνωστά και ως ευρυζωνικά δίκτυα ολοκληρωμένων υπηρεσιών (Broadband ISDN)

Σχεδιάστηκαν εξ αρχής για την υποστήριξη πολυμέσων σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (μεγαλύτερους από 2Mbps που υποστηρίζουν κατά μέγιστο τα N-ISDN)

- Η αύξηση της αποτελεσματικότητας της συμπίεσης πολυμέσων όπως το ψηφιακό βίντεο και η εμφάνιση των τεχνολογιών ADSL περιόρισαν την διάδοσή τους
- Τα δεδομένα μεταδίδονται υπό τη μορφή μικρών πακέτων δεδομένων (cells) που αντιστοιχούν σε διαφορετικές εφαρμογές πολυμέσων (π.χ. Άλλα πακέτα βιντεοτηλεφωνία, άλλα για Video on Demand).
- Τα πακέτα διαφορετικών εφαρμογών μεταδίδονται με διαφορετικούς ρυθμούς. Έτσι η μετάδοση δεδομένων με αυτή τη φιλοσοφία είναι γνωστή και ως ATM (Asynchronous Transfer Mode)
- Χρησιμοποιούν την τεχνική μεταγωγής πακέτου (εδώ το πακέτο είναι γνωστό ως cell. Άρα cell switching)

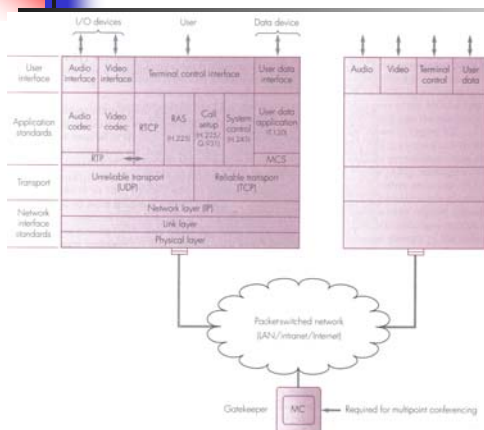
Εφαρμογές Πολυμέσων



- Οι εφαρμογές πολυμέσων στηρίζονται στη μετάδοση δεδομένων της μορφής του διπλανού σχήματος.
 - Ορισμένα από τα δεδομένα είναι από τη φύση τους σε ψηφιακή μορφή ενώ άλλα όπως το βίντεο και ο ήχος ψηφιοποιούνται.
- Οι εφαρμογές πολυμέσων διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:
 - Διαπροσωπικές επικοινωνίες (όπως εφαρμογές VoIP)
 - Διαδραστικές εφαρμογές διαμέσου του Διαδικτύου (όπως ηλεκτρονικό εμπόριο)
 - Εφαρμογές Ψυχαγωγίας (όπως Video on Demand και Διαδραστική Τηλεόραση)

Εφαρμογές Πολυμέσων =>

Διαπροσωπική Επικοινωνία



Η διαπροσωπική επικοινωνία μπορεί να περιλαμβάνει την ανταλλαγή δεδομένων υπό τη μορφή κειμένου, ήχου, εικόνων ή και βίντεο

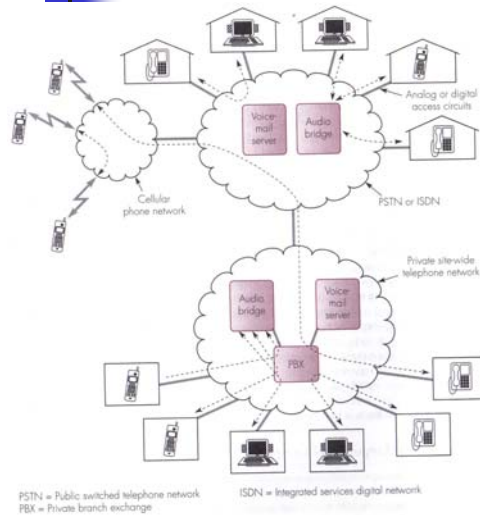
- Στο σχήμα επιδεικνύεται η βασική δομή διαπροσωπικής επικοινωνίας μέσω δικτύων μεταγωγής πακέτου σύμφωνα με τη στοιβή πρωτοκόλλων H323.
- Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου στις περισσότερες περιπτώσεις λειτουργούν με τη φιλοσοφία της βέλτιστης προσπάθειας (best effort networks). Κάθε πακέτο δεδομένων το οποίο αναγνωρίζεται ότι περιέχει σφάλματα καταστρέφεται πριν φτάσει στον προορισμό του
- Ο δέκτης αναγνωρίζει την απώλεια του πακέτου και μπορεί να ζητήσει επανεκπομπή του (reliable service - λογική TCP) ή αναπλήρωσή του με το προηγούμενο πακέτο (unreliable service - λογική UDP)

MCS = multipoint communication services
 MC = multipoint controller
 RTP = real-time transport protocol
 RTCP = real-time transport control protocol
 RAS = request access service

UDP = user datagram protocol
 TCP = transmission control protocol
 IP = internet protocol

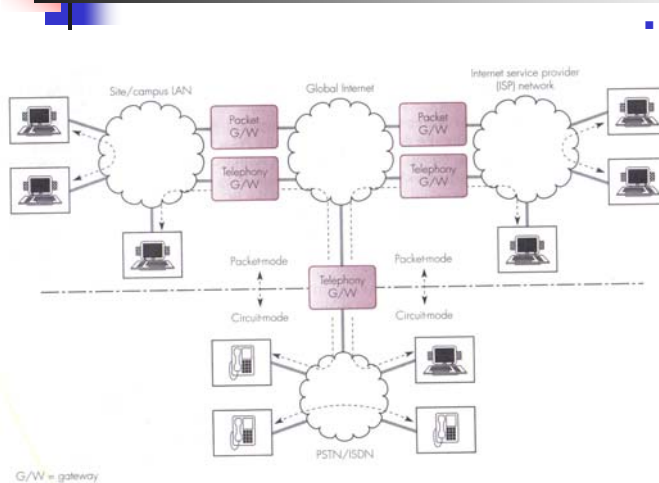
Audio codec options: G.711/722/723.1/728/729
 Video codec options: H.261/263

Μετάδοση φωνής



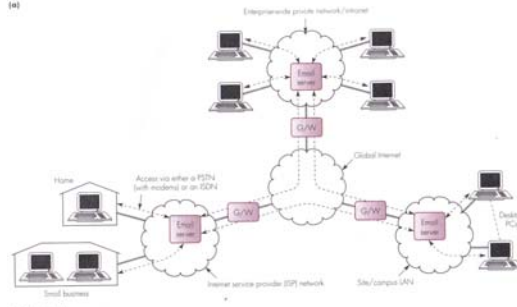
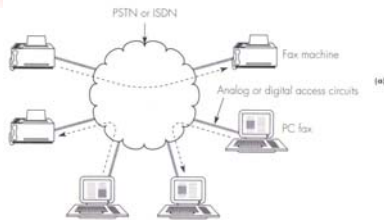
- Η μετάδοση φωνής σε παραδοσιακά τηλεφωνικά δίκτυα εμφανίζεται στο διπλανό σχήμα.
 - Υποστηρίζονται και εφαρμογές Voice Mail και ηχητικής τηλεδιάσκεψης (audioconference) αμφότερες μέσω του αντίστοιχου τηλεπικοινωνιακού φορέα
- Μετάδοση φωνής από υπολογιστή σε υπολογιστή είναι επίσης εφικτή εφόσον υπάρχουν:
 - Modem για διαμόρφωση μετάδοση των ψηφιακών δεδομένων σε ηχητικά
 - Μικρόφωνα, κάρτα ήχου και ηχεία για καταγραφή, ψηφιοποίηση και αναπαραγωγή της φωνής

Voice over IP και Internet Telephony

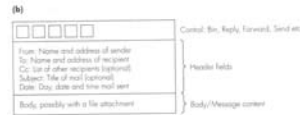


- Η μετάδοση της φωνής διαμέσου του Διαδικτύου γνωστή και ως Voice over IP (VoIP) έχει αποκτήσει μεγάλη δημοτικότητα και κατά συνέπεια έχουν αναπτυχθεί ειδικά πρωτόκολλα κυρίως για τη σηματοδότηση (signaling services)
 - Ενδιαφέρον παρουσιάζει η δυνατότητα κλήσης συμβατικών τηλεφώνων μέσω του Διαδικτύου (βλέπε σχήμα), εφαρμογή γνωστή ως Διαδικτυακή τηλεφωνία (Internet Telephony)

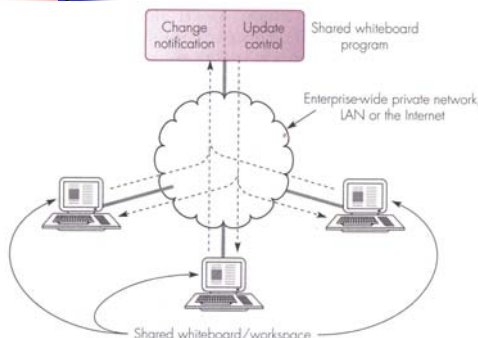
Μετάδοση εικόνας μόνο και κειμένου



- Η μετάδοση εικόνας μόνο υποστηρίζεται από παραδοσιακά τηλεφωνικά δίκτυα και είναι η γνωστή μας μετάδοση Fax
- Μετάδοση κειμένου μόνο μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση των e-mail servers

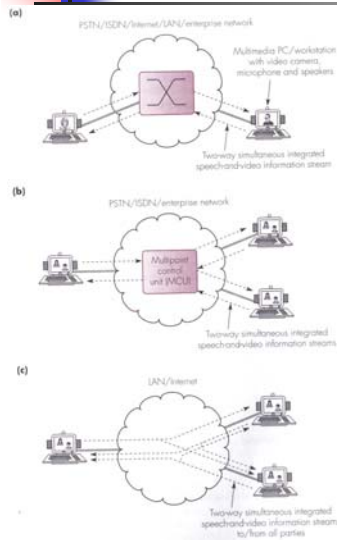


Μετάδοση εικόνας και κειμένου μαζί



- Εφαρμογές μετάδοσης κειμένου και εικόνας σε συνδυασμό είναι γνωστές και ως εφαρμογές CSCW (Computer Supported Cooperated Work)
- Η γενική αρχιτεκτονική των συστημάτων αυτών εμφανίζεται στο διπλανό σχήμα
- Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή ο διαμοιρασμός εφαρμογών:
 - Μια εφαρμογή που τρέχει σε κάποιο από τους σταθμούς εργασίας (PC) είναι ορατή σε όλους τους συνεργάτες (χρήστες από άλλους σταθμούς εργασίας)
 - Κάθε συνεργάτης μπορεί να ελέγχει την εφαρμογή από μακριά (π.χ. Ενεργοποιεί κάποιες επιλογές, σχεδιάζει, γράφει, υποδεικνύει, κλπ.)

Μετάδοση βίντεο και ήχου μαζί



Η μετάδοση βίντεο και ήχου μαζί για διαπροσωπική επικοινωνία είναι γνωστή και βιντεοτηλεφωνία (video telephony)

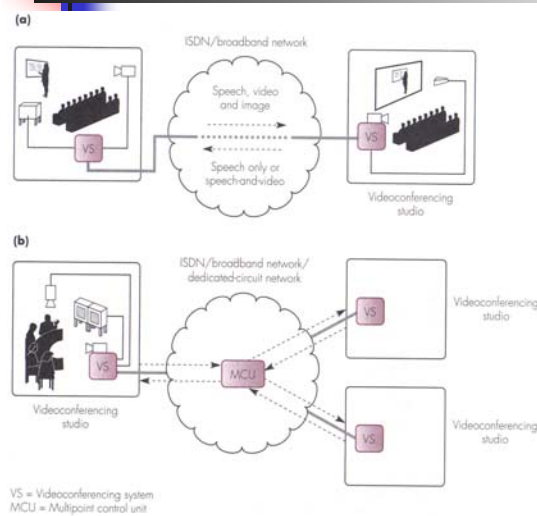
- Μπορεί να υποστηριχθεί τόσο από συμβατικά δίκτυα όπως τα PSTN (ADSL) και ISDN αλλά και δίκτυα μετάδοσης δεδομένων (Internet)

Η επικοινωνία ένας προς ένα (one-to-one) δεν παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερη δυσκολία εκτός από τον υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται

Η επικοινωνία πολλοί προς πολλούς (many-to-many) εφαρμογή γνωστή και ως βιντεοδιάσκεψη (video conference) είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε εύρος ζώνης

- Σε δίκτυα PSTN (ADSL) και ISDN γίνεται χρήση μιας κεντρικής μονάδας (Multipoint Control Unit - MCU) μέσω της οποίας ρυθμίζεται ο συρμός δεδομένων (bitstream) που θα μεταδίδεται προς κάθε συμμετέχοντα
- Σε δίκτυα LAN και Internet γίνεται χρήση της διαδικασίας multicast (σημειώνεται ότι δεν υποστηρίζεται συνήθως από τους δρομολογητές) δηλαδή αποστολής του συρμού δεδομένων σε πολλαπλά σημεία ταυτόχρονα

Μετάδοση βίντεο και ήχου μαζί (II)

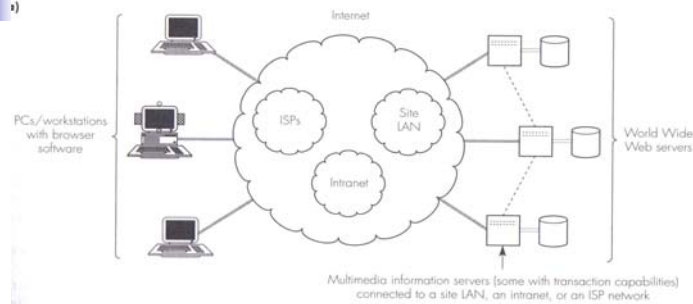


Τηλεδιάσκεψη μεταξύ ομάδων ατόμων (groups):

- Μορφή Απομακρυσμένης Διάλεξης (Remote Lecture). Τεχνολογικά ως προς το εύρος ζώνης είναι ισοδύναμη με την επικοινωνία ένα προς ένα. Η διαφορά έγκειται ως προς τον εξοπλισμό των αιθουσών τηλεδιάσκεψης (VS - Videoconferencing Studio), οι οποίες υποστηρίζουν ανάμεσα σε άλλα Voice Activated Cameras δηλαδή βιντεοκαμέρες που εστιάζουν αυτόματα στον εκάστοτε ομιλητή.
- Μορφή Τηλεδιάσκεψης. Τεχνολογικά ως προς το εύρος ζώνης είναι αντίστοιχη της επικοινωνίας πολλοί προς πολλούς (άρα και εδώ χρειάζεται είτε MCU, είτε Multicasting). Η διαφορά έγκειται στον εξοπλισμό ενός τουλάχιστον από τα συμμετέχοντα μέρη (αίθουσα τηλεδιάσκεψης).

Εφαρμογές Πολυμέσων =>

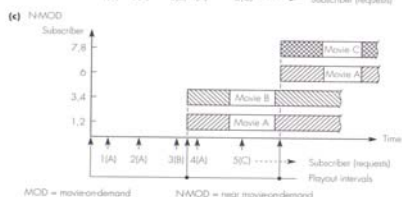
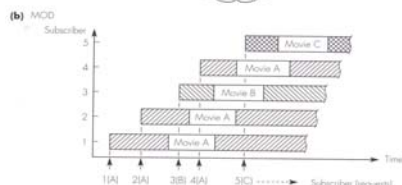
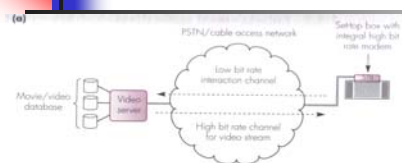
Διαδραστικές Εφαρμογές διαμέσου του Διαδικτύου



- Η πλειονότητα των διαδραστικών εφαρμογών διαμέσου του Διαδικτύου αφορούν αλληλεπίδραση με κάποιο Web Server (π.χ. Εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου)
 - Χρήση του πρωτοκόλλου HTTP και της γλώσσας HTML
 - Από τη πλευρά του Web server υπάρχει επικοινωνία με κάποιο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (RDMBS - Relational DataBase Management System, π.χ. Oracle, SQL Server, PostgreSQL, MySQL)
 - Πολλές από τις διαδραστικές εφαρμογές αφορούν την ανταλλαγή εμπιστευτικών πληροφοριών οι οποίες χρειάζονται κρυπτογράφηση (π.χ. Χρήση πρωτοκόλλων SSL)

Εφαρμογές Πολυμέσων =>

Εφαρμογές Ψυχαγωγίας

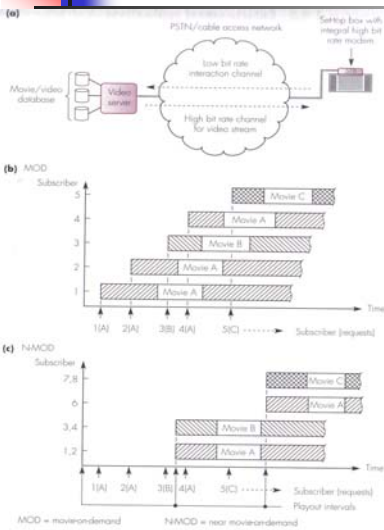


MCD = movie-on-demand NMCD = near movie-on-demand

- Υπάρχουν δύο βασικές εφαρμογές ψυχαγωγίας με χρήση πολυμεσικής πληροφορίας:

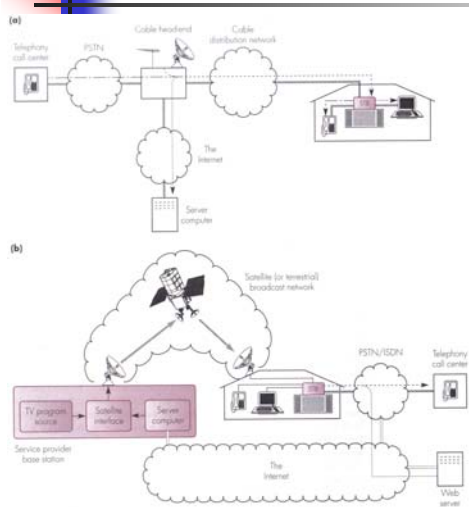
- Βίντεο κατά απαίτηση (Video on Demand - VoD)
- Διαδραστική τηλεόραση (Interactive TV)
- Αμφότερες έχουν την ιδιομορφία της ασύμμετρης επικοινωνίας
 - Το κανάλι προς τον συνδρομητή μεταφέρει πολύ μεγάλο όγκο πληροφορίας (π.χ. τηλεοπτικό πρόγραμμα)
 - Το κανάλι από το συνδρομητή προς το σύστημα μετάδοσης απαιτεί σχετικά χαμηλό εύρος ζώνης (αφορά συνήθως επιλογές του χρήστη οι οποίες γίνονται σε πολύ αραιά χρονικά διαστήματα)

Video on Demand



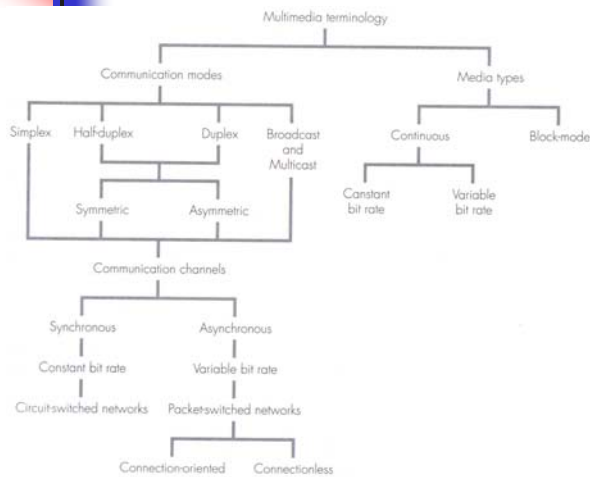
- Η μετάδοση του βίντεο γίνεται σε υψηλή ποιότητα (συνήθως ποιότητα MPEG-2 στα 10 Mbps)
 - Αυτό μαζί με τη ασύμμετρη επικοινωνία διαφοροποιούν τις εφαρμογές video on demand από τις εφαρμογές τηλεδιάσκεψης που εξετάσαμε νωρίτερα.
- Το Video on Demand αναφέρεται στη δυνατότητα ενός συνδρομητή να επιλέξει μια ταινία (από ένα σύνολο ταινιών αποθηκευμένων σε ένα Video Server) η έναρξη της οποίας γίνεται όποτε θέλει ο συνδρομητής. Επιπλέον πρέπει να υποστηρίζονται υπηρεσίες pause, fast-forward κλπ.
 - Με βάση τον παραπάνω ορισμό είναι προφανές ότι δύσκολα μπορούν να συμπέσουν οι επιλογές δύο συνδρομητών. Επομένως τεχνολογίες MCU και Multicasting δεν αμβλύνουν το πολύ μεγάλο εύρος ζώνης που απαιτείται για το δίκτυο διανομής του παροχέα της υπηρεσίας
 - Στην πράξη αυτό που εφαρμόζεται είναι το Near Video on Demand δηλαδή η έναρξη των ταινιών γίνεται σε προκαθορισμένα χρονικά σημεία ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί ομαδοποίηση των επιλογών διαφόρων συνδρομητών

Διαδραστική Τηλεόραση



- Η διαδραστική τηλεόραση αναφέρεται στην δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας σε δίκτυα εκπομπής (ύπαρξη καναλιού upstream)
 - Σε δίκτυα εκπομπής καλωδιακής μορφής η αμφίδρομη επικοινωνία είναι σχετικά εύκολα υλοποιήσιμη. Με δεδομένο ότι η upstream επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω καλωδίου εκτός από επιλογές όσον αφορά το τηλεοπτικό πρόγραμμα (επιλογή κάμερας, pause, κλπ.) είναι δυνατή η πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω τέτοιου καναλιού
 - Σε δίκτυα εκπομπής είτε μέσω δορυφόρου (satellite) είτε επίγεια ασύρματα (terrestrial) η αμφίδρομη επικοινωνία απαιτεί την ύπαρξη μιας συμβατικής τηλεφωνικής γραμμής και modem στην πλευρά του συνδρομητή και ενός server για χειρισμό των επιλογών των συνδρομητών και συγχρονισμό με την εκπεμπόμενη πληροφορία στη πλευρά του παροχέα υπηρεσιών

Μετάδοση Πολυμέσων



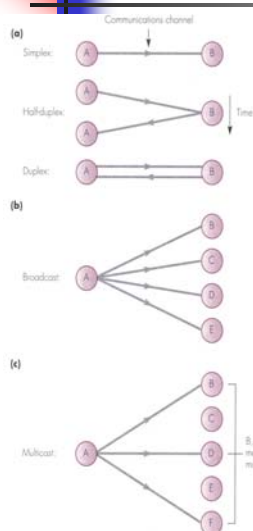
Υπάρχουν τρεις κατηγορίες παραμέτρων που αφορούν τη μετάδοση πολυμέσων:

- Τρόποι επικοινωνίας (Communication modes)
- Κανάλια επικοινωνίας (Communication channels)
- Τύποι μέσων (Media types)

Για κάθε μια από αυτές τις τρεις κατηγορίες υπάρχει μια σειρά προδιαγραφών οι οποίες πρέπει να εκπληρώνονται ώστε να καθίσταται δυνατή η μετάδοση πολυμέσων

Μετάδοση Πολυμέσων =>

Τρόποι Επικοινωνίας



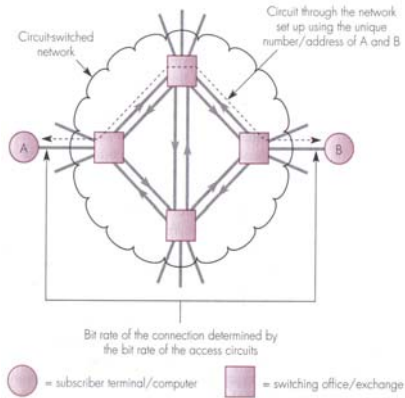
- **Simplex:** Μονόδρομη επικοινωνία ανάμεσα σε δύο μόνο σημεία (διαφοροποίηση από δίκτυα εκπομπής στα οποία έχουμε εκπομπή σε πολλά σημεία ταυτόχρονα)
 - Αδυναμία υποστήριξης διαδραστικών εφαρμογών
- **Half duplex:** Αμφίδρομη επικοινωνία αλλά όχι ταυτόχρονα
 - Μπορούν να υποστηριχθούν διαδραστικές εφαρμογές αλλά όχι εφαρμογές ψυχαγωγίας και εφαρμογές διαπροσωπικής επικοινωνίας
- **Duplex:** Αμφίδρομη επικοινωνία ταυτόχρονα
 - Υποστηρίζονται όλες οι εφαρμογές πολυμέσων (υπό την προϋπόθεση της ύπαρξης του απαιτούμενου εύρους ζώνης)
- **Broadcast:** Μονόδρομη ανοικτή μετάδοση
 - Κατάλληλη για εφαρμογές ψυχαγωγίας χωρίς ανάδραση (interaction) από τους συνδρομητές
- **Multicast:** Μονόδρομη ανοικτή μετάδοση σε ένα πεπερασμένο σύνολο σημείων (multicast group)
 - Συνήθως χρησιμοποιείται για την υποστήριξη είτε εφαρμογών διαπροσωπικής επικοινωνίας είτε εφαρμογών ψυχαγωγίας. Δεν χρησιμοποιείται αυτόνομα

Μετάδοση Πολυμέσων =>

Κανάλια επικοινωνίας

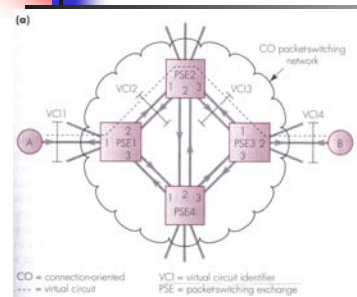
■ Σύγχρονα (μεταγωγή κυκλώματος)

- Σταθερός ρυθμός μετάδοσης
- Δημιουργία κυκλώματος από άκρο σε άκρο για άμεση επικοινωνία (μεταγωγή κυκλώματος - circuit switched networks)
- Η 'εγκατάσταση' του κυκλώματος πραγματοποιείται με την ανταλλαγή μηνυμάτων σηματοδότησης
- Ο χρόνος που απαιτείται για την εγκατάσταση ονομάζεται καθυστέρηση εγκατάστασης (call setup delay).
- Το συνολικό εύρος ζώνης διαμοιράζεται σε όλες τις ενεργές εφαρμογές
- Το διαθέσιμο εύρος ζώνης περιορίζεται συνήθως από το εύρος ζώνης των συνδρομητικών γραμμών (δηλαδή των γραμμών πρόσβασης των συνδρομητών προς το δίκτυο μεταγωγής)
- Αποτελούν την κλασική επιλογή για μετάδοση 'συνεχών' μέσων (ήχος και βίντεο)



Μετάδοση Πολυμέσων =>

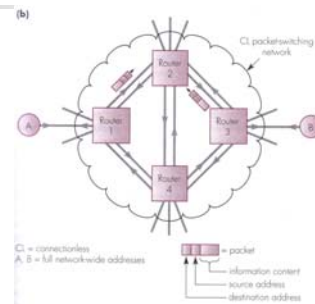
Κανάλια επικοινωνίας



PSE1 routing table:	IN	OUT
	VC1/link1	VC2/link2
	VC2/link2	VC1/link1

PSE2 routing table:	IN	OUT
	VC2/link1	VC3/link3
	VC3/link3	VC2/link1

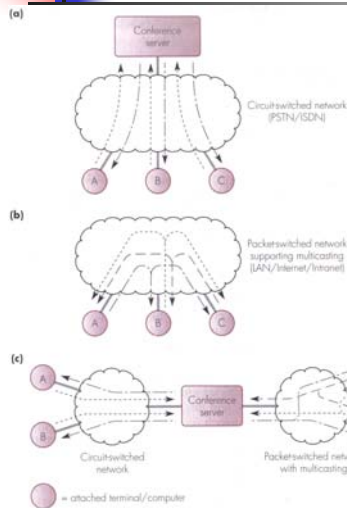
PSE3 routing table:	IN	OUT
	VC3/link1	VC4/link2
	VC4/link2	VC3/link1



■ Ασύγχρονα (μεταγωγή πακέτου)

- Μεταβλητός ρυθμός μετάδοσης
- Γνωστά και ως δίκτυα βέλτιστης προσπάθειας (best effort networks)
- Ομαδοποίηση δεδομένων και δημιουργία πακέτων με προσθήκη δεδομένων για έλεγχο σφαλμάτων
- Καταλληλότερα για μετάδοση μη συνεχών μέσων (κείμενο, εικόνα) ή συνεχών μέσων (ήχος, βίντεο) χωρίς απαίτηση μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο (real time transmission)
- Ειδικά πρωτόκολλα για μετάδοση συνεχών μέσων σε πραγματικό χρόνο (π.χ. RTP, RTCP)

Δίκτυα Βέλτιστης Προσπάθειας



Δύο μορφές:

- Εικονικό κύκλωμα (virtual circuit)
- Χωρίς σύνδεση (connectionless)

Δίκτυα που βασίζονται στη λογική του εικονικού κυκλώματος έχουν μικρή καθυστέρηση στους κόμβους μεταγωγής (PSE-Packet Switched Exchange)

- Παράδειγμα τέτοιων δικτύων τα δίκτυα ATM
- Κατάλληλα για μετάδοση συνεχών μέσων (ήχος, βίντεο) σε πραγματικό χρόνο και με εγγύηση ποιότητας (quality of service)

Τα connectionless δίκτυα βασίζονται στη λογική της προσωρινής αποθήκευσης (store and forward) στους κόμβους (οι οποίοι ονομάζονται δρομολογητές)

- Παράδειγμα τέτοιου δικτύου το Internet
- Η καθυστέρηση αποθήκευσης στους κόμβους είναι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες για μετάδοση συνεχών μέσων η οποία επιτυγχάνεται με ειδικά πρωτόκολλα (με δυσκολία εγγύησης ποιότητας)

Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS)

- Η ποιότητα υπηρεσιών κατά τη μετάδοση πολυμέσων αναφέρεται στις:
 - Παραμέτρους λειτουργίας δικτύου (όπως bit rate, μέσος ρυθμός σφαλμάτων στα bits) γνωστές ως Ποιότητα Υπηρεσιών Δικτύου (Network Quality of Services)
 - Απαιτήσεις της εφαρμογής πολυμέσων (όπως ζητούμενο bit rate, μέγιστη καθυστέρηση έναρξης) γνωστές ως Ποιότητα Υπηρεσιών Εφαρμογής (Application Quality of Services)
- Διαφορετικά είδη δικτύων έχουν διαφορετικές παραμέτρους λειτουργίας οι οποίες ικανοποιούν ή όχι τις απαιτήσεις της εφαρμογής (εγγυώνται ή όχι τη ζητούμενη Ποιότητα Υπηρεσιών Εφαρμογής)
 - Στη πράξη ο όρος ποιότητα υπηρεσιών κατέληξε να σημαίνει ποιότητα υπηρεσιών εφαρμογής



Ποιότητα Υπηρεσιών Δικτύου

- Η Ποιότητα Υπηρεσιών Δικτύου (Network Quality of Services) αναφέρεται σε διαφορετικές παραμέτρους λειτουργίας ανάλογα με το είδος του δικτύου μεταγωγής. Επομένως διακρίνουμε Ποιότητα Υπηρεσιών Δικτύου για τα δίκτυα:
 - Μεταγωγής Κυκλώματος
 - Μεταγωγής Πακέτου
- Η ποιότητα υπηρεσιών για δίκτυα μεταγωγή κυκλώματος περιλαμβάνει:
 - Το ρυθμό μετάδοσης bit (BR - bit rate)
 - Το μέσο ρυθμό σφαλμάτων στα μεταδιδόμενα bit (BER-mean Bit Error Rate), δηλαδή τη πιθανότητα ένα bit να μεταδοθεί εσφαλμένα (να ληφθεί 1 αντί για 0 ή το αντιστρόφο)
 - Την καθυστέρηση μετάδοσης (T_D -Transmission Delay) η οποία ισούται με το άθροισμα του χρόνου κωδικοποίησης - αποκωδικοποίησης της πληροφορίας (C_D -Codec Delay) και του χρόνου μετάδοσης του ψηφιακού σήματος (ο οποίος προφανώς καθορίζεται από την φυσική απόσταση ανάμεσα σε πομπό και δέκτη και την ταχύτητα μετάδοσης των Η/Μ κυμάτων στο μέσο μετάδοσης)



Ποιότητα Υπηρεσιών Δικτύου (II)

- Ακόμα και στη περίπτωση των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε πακέτα για λόγους ασφάλειας μετάδοσης αλλά και δυνατότητας μερικής αποκωδικοποίησης.
 - Τα δεδομένα που προστίθενται στο πακέτο (π.χ για επικεφαλίδα, συγχρονισμό, έλεγχο σφαλμάτων κλπ) εκτός από την πραγματική πολυμεσική πληροφορία ονομάζονται πλεονασματική πληροφορία (overhead information).
 - Το μέγεθος L του πακέτου πρέπει σχετικά μεγάλο ώστε η αναλογία της πλεονασματικής προς την πραγματική πληροφορία να είναι μικρή.
- Αν υπάρχει σφάλμα έστω και σε ένα bit ολόκληρο το πακέτο καταστρέφεται. Αυτό είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό δικτύων βέλτιστης προσπάθειας
 - Η πιθανότητα απόρριψης πακέτων πρέπει να είναι σχετικά μικρή (και οπωσδήποτε μικρότερη από 0.5).
 - Με βάση την παραπάνω παρατήρηση πρέπει το μέγεθος L του πακέτου να είναι σχετικά μικρό ώστε η πιθανότητα να συμβεί σφάλμα μετάδοσης σε έστω και ένα bit στο πακέτο να είναι μικρή.
 - Επομένως η πιθανότητα απόρριψης P_B ενός πακέτου μεγέθους L σχετίζεται με το μέσο ρυθμό σφάλματος bit (BER) με βάση τη σχέση: $P_B = 1 - (1 - BER)^L$
 - Στη πράξη με βάση το ζητούμενο μέγιστο P_B υπολογίζεται το μέγιστο επιτρεπτό μέγεθος πακέτου L_{max}

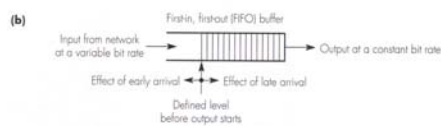
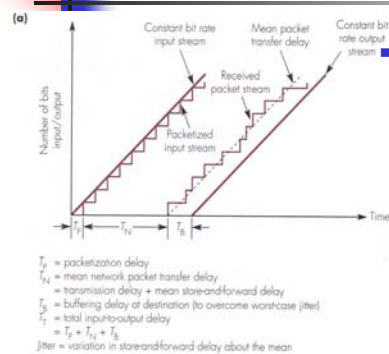


Ποιότητα Υπηρεσιών Δικτύου (III)

- Η ποιότητα υπηρεσιών για δίκτυα μεταγωγή πακέτου περιλαμβάνει:
 - Το μέγιστο μέγεθος πακέτου L_{max} (υπολογισμένου με βάση τη σχέση $P_B=1-(1-BER)^L$) όπως αναλύθηκε προηγουμένως
 - Το μέσο ρυθμό μετάδοσης πακέτου $MPTR$ (Mean Packet Transfer Rate)
 - Ο μέσος ρυθμός απόρριψης πακέτων $MPER$ (Mean Packet Error Rate), ο οποίος πρακτικά ισούται με την πιθανότητα P_B .
 - Η μέση καθυστέρηση μετάδοσης πακέτων $MPTD$ (Mean Packet Transfer Delay), η οποία ισούται με το άθροισμα των μέσων καθυστερήσεων εξαιτίας της προσωρινής αποθήκευσης στους κόμβους
 - Τη χειρίστη διακύμανση καθυστέρησης μετάδοσης πακέτων WCJ (Worst Case Jitter), η οποία είναι η μέγιστη διακύμανση καθυστέρησης στο σύνολο των κόμβων που διατρέχει το πακέτο κατά τη διαδρομή του.
 - Την καθυστέρηση μετάδοσης (T_D -Transmission Delay) η οποία είναι ίδια με την περίπτωση των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος, ισούται δηλαδή με το άθροισμα του χρόνου κωδικοποίησης - αποκωδικοποίησης της πληροφορίας (C_D -Codec Delay) και του χρόνου μετάδοσης του ψηφιακού σήματος.



Ποιότητα Υπηρεσιών Εφαρμογής



Η ποιότητα υπηρεσιών εφαρμογής περιλαμβάνει:

- Το ζητούμενο από την εφαρμογή bit rate
- Τη μέγιστη καθυστέρηση έναρξης (maximum startup delay), η οποία αφορά το χρόνο που μεσολαβεί από την αίτηση έναρξης της εφαρμογής μέχρι την έναρξη της. (π.χ. αίτηση έναρξης ακρόασης διαδικτυακού ραδιοφώνου μέχρι την επιβεβαίωση ότι η υπηρεσία αυτή θα παρασχεθεί)
- Η μέγιστη από άκρο σε άκρο καθυστέρηση (End-to-end Delay) EED_{max} η οποία περιλαμβάνει:
 - την καθυστέρηση πακεταρίσματος
 - την μέση καθυστέρηση μετάδοσης πακέτων $MPTD$
 - τον χρόνο αποθήκευσης στον buffer του δέκτη για αντιστάθμιση της διακύμανσης καθυστέρησης στην άφιξη των πακέτων (jitter)



Τεχνολογίες Streaming για το Διαδίκτυο

- Streaming σε εφαρμογές πολυμέσων ονομάζουμε την εκτέλεση της εφαρμογής χωρίς να χρειάζεται προηγουμένως όλη η πληροφορία να έχει αποθηκευτεί τοπικά στον δέκτη.
- Τεχνολογίες streaming είναι κρίσιμες για την μετάδοση πολυμεσικής πληροφορίας συνεχούς μορφής (ήχος, βίντεο).
 - Μετάδοση πολυμεσικής πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο (δηλαδή άμεσα μετά τη δημιουργία της) όπως εφαρμογές διαδικτυακής τηλεφωνίας, διαδικτυακού ραδιοφώνου και τηλεόρασης απαιτεί οπωσδήποτε τεχνολογίες streaming.
 - Το βασικό πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ήχου και βίντεο σε πραγματικό χρόνο είναι το πρωτόκολλο RTP στα πακέτα του οποίου περιλαμβάνεται πληροφορία χρονισμού (time stamps)
 - Διαδραστικές εφαρμογές ψυχαγωγίας όπως Video on Demand, και διαδραστική τηλεόραση απαιτούν επίσης τεχνολογίες streaming.
 - Η διαδραστικότητα (έναρξη ακρόασης ραδιοφώνου, pause, fast-forward σε video on demand) υποστηρίζεται μέσω του πρωτοκόλλου RTSP (Real Time Streaming Protocol)