

Τεχνολογίες και Λειτουργία της Τηλεπικοινωνιακής Αγοράς

Κεφάλαιο 1

**Εισαγωγή και επισκόπηση
τεχνολογιών τηλεπικοινωνιακών
δικτύων**

-
- Διδάσκοντες:
 - Φάνης Ορφανουδάκης
 - Βασιλική Ανδρόνικου
 - Στοιχεία επικοινωνίας (E-mail)
 - fanel@telecom.ntua.gr
 - vandro@mail.ntua.gr

Αντικείμενο



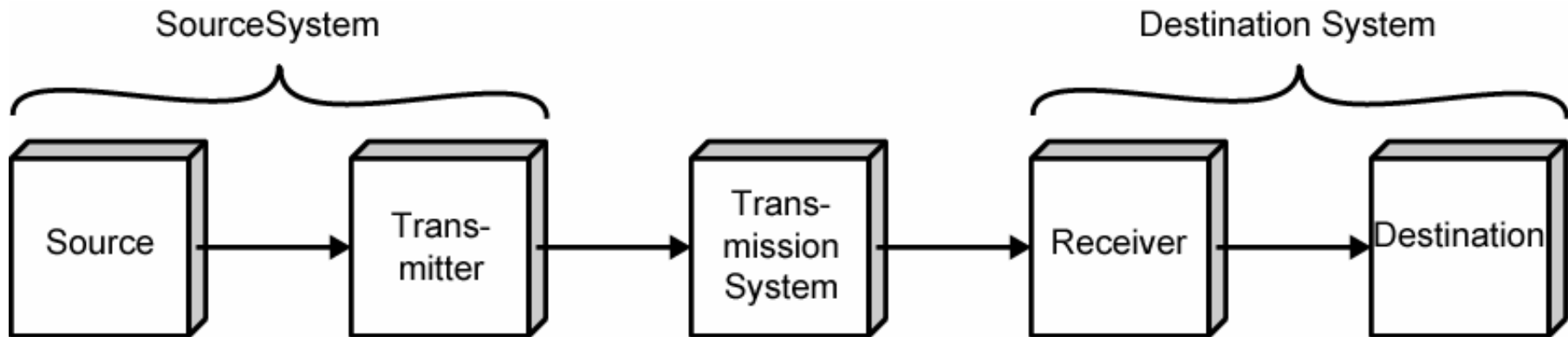
Περιεχόμενα μαθήματος

- Εισαγωγή και βασικές έννοιες τηλεπικοινωνιακών δικτύων
- Βασικές αρχιτεκτονικές τηλεπικοινωνιακών δικτύων
- Βασικές τεχνολογίες δικτύων
 - Τεχνολογίες τοπικών δικτύων (π.χ. Ethernet)
 - Τεχνολογίες δικτύων πρόσβασης (DSL, PON, wireless)
 - Τεχνολογίες δικτύων κορμού (οπτικά δίκτυα)
- Υπηρεσίες & εφαρμογές
- Ρυθμιστικά θέματα της τηλεπικοινωνιακής αγοράς

Γενικό μοντέλο επικοινωνίας

- **Πηγή:** Αυτή η συσκευή παράγει τα δεδομένα.
- **Πομπός:** Ο πομπός μεταλλάζει και κωδικοποιεί την πληροφορία με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγει ηλεκτρομαγνητικά σήματα τα οποία μπορούν να μεταδοθούν μέσω κάποιου είδους συστήματος μετάδοσης.
- **Σύστημα μετάδοσης:** Αυτό μπορεί να είναι μία μονή γραμμή μετάδοσης ή ένα πολύπλοκο δίκτυο που συνδέει την πηγή με τον προορισμό.
- **Δέκτης:** Ο δέκτης δέχεται το σήμα από το σύστημα μετάδοσης και το μετατρέπει σε τέτοια μορφή ώστε να μπορεί να είναι κατανοητή από την συσκευή προορισμού.
- **Προορισμός:** Παίρνει τα εισερχόμενα δεδομένα από τον δέκτη.

Απλοποιημένο διάγραμμα επικοινωνίας



(a) General block diagram



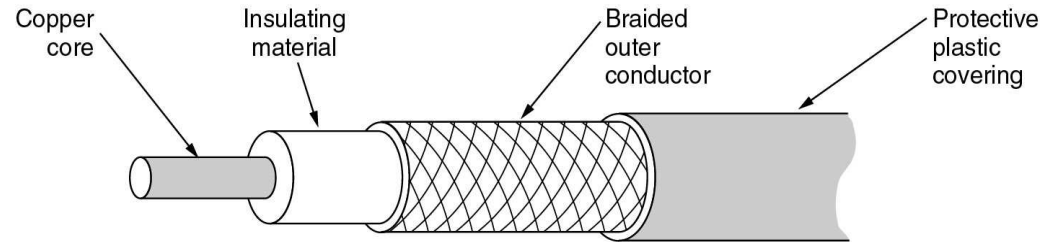
(b) Example

Μέσα μετάδοσης

Επίγειες ασύρματες
(WiFi, WiMAX, 3G...)

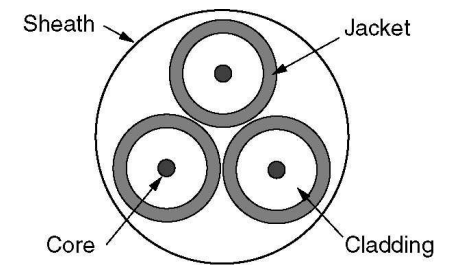
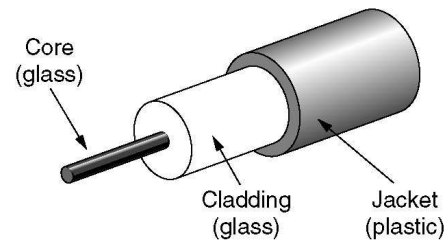


Διπλοαγωγός (twisted pair)



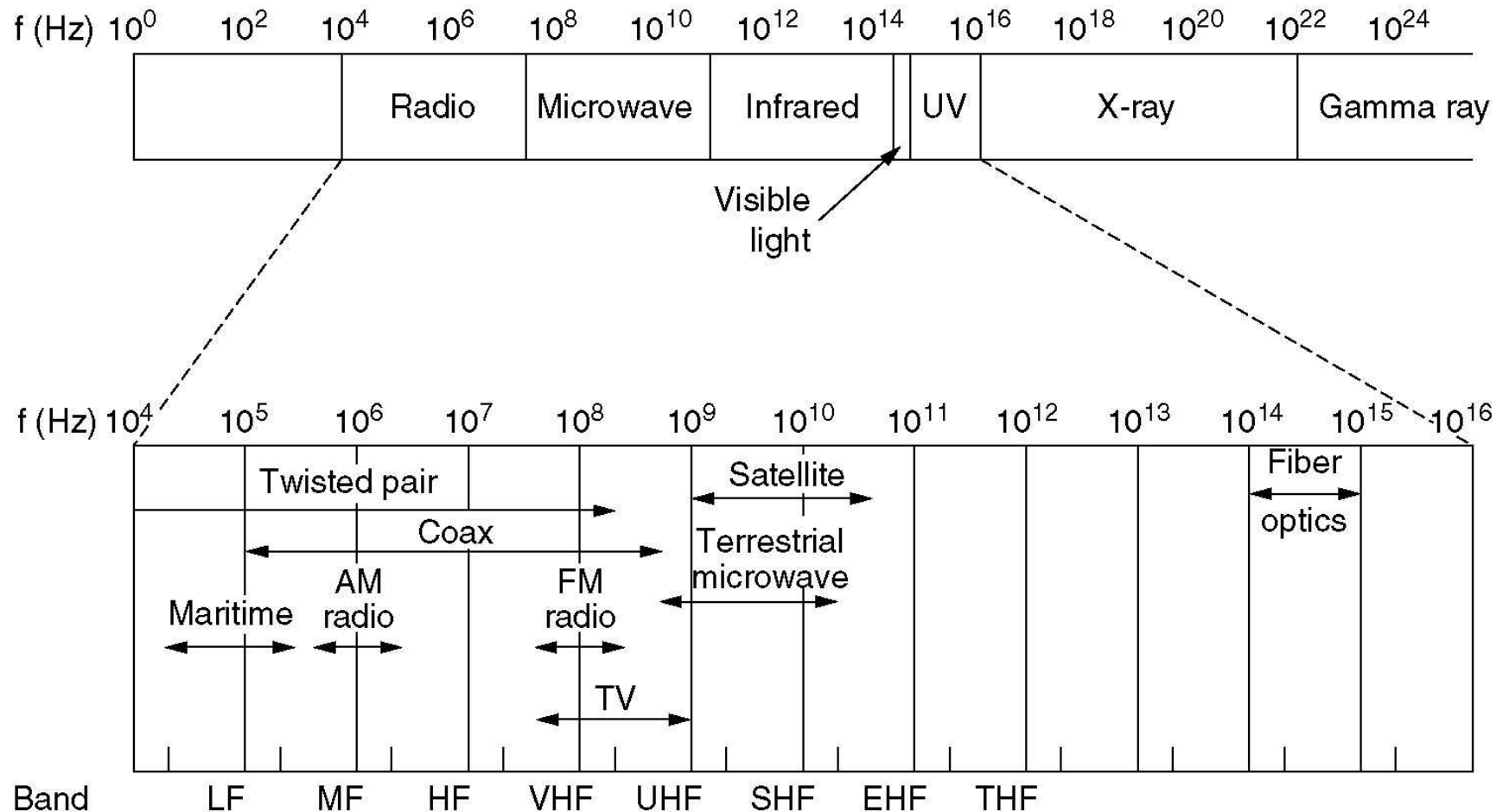
Ομοαξονικό καλώδιο (co-axial)

Δορυφορικές

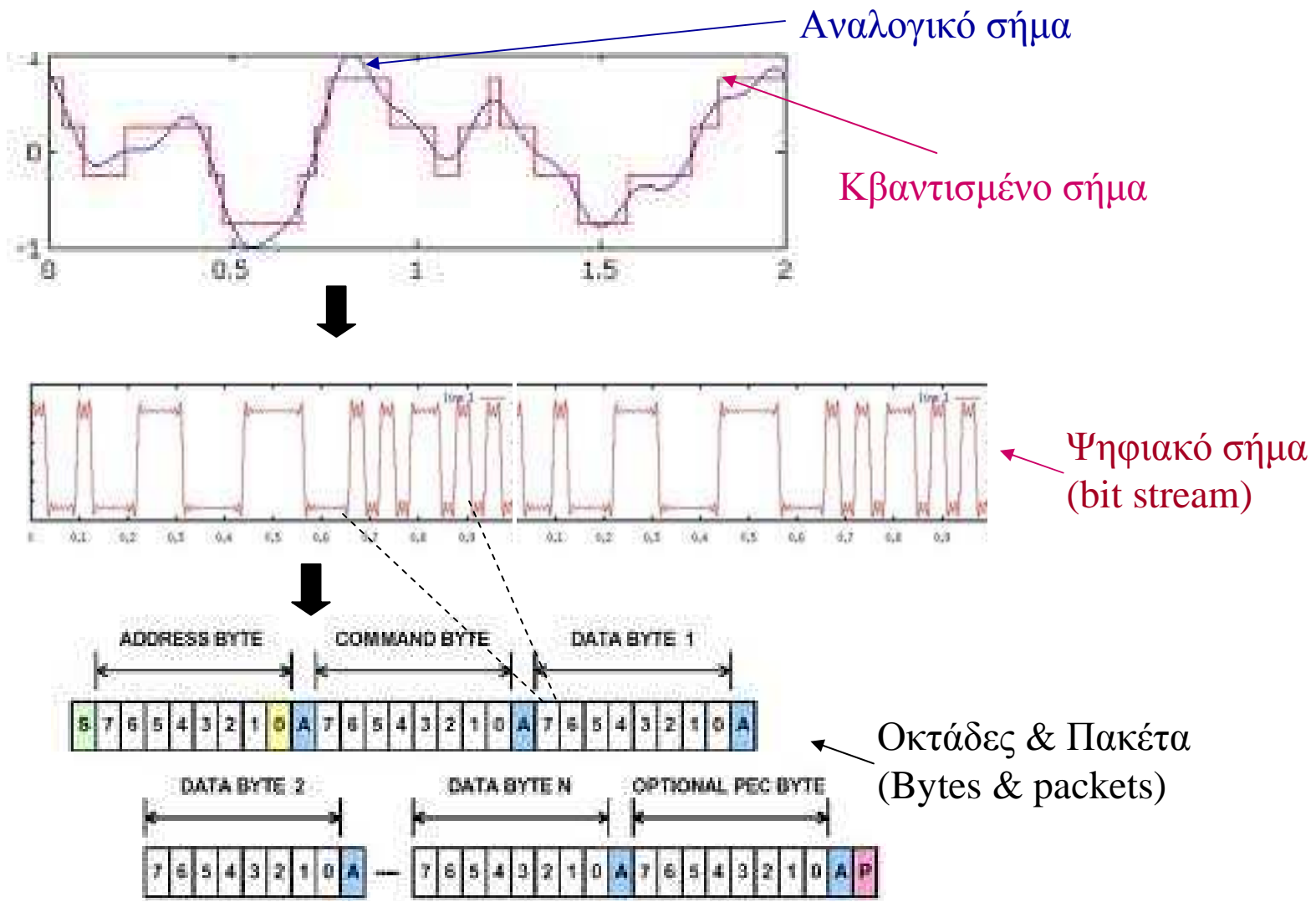


ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ

Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα



Πληροφορία & Σήματα



Δικτυακή επικοινωνία δεδομένων (Networking)

Δεν θεωρείται συνήθως πρακτικό δύο συσκευές να είναι άμεσα συνδεδεμένες λόγω του ότι:

- Οι συσκευές μπορεί να είναι πολύ απομακρυσμένες η μία από την άλλη
- Ένας μεγάλος αριθμός συσκευών θα χρειαζόταν έναν μη πρακτικά εφικτό μεγάλο αριθμό συνδέσεων

Η λύση είναι να συνδέσουμε κάθε συσκευή σ'ένα επικοινωνιακό δίκτυο.

- Δίκτυα για εταιρίες (client/server, κτλ)
- Δίκτυα για ανθρώπους (www, email, videoconference, κτλ)

Επιχειρησιακά δίκτυα

- Εταιρική Τηλεφωνία (Telephony)
- Πρόσβαση στο Διαδίκτυο (Internet Access)
- Δικτύωση Εργαζομένων / Χρηστών (Corporate Intranet, VPNs, Corporate Data Centers)
- Δίκτυα με συνεργάτες / Προμηθευτές (Partner Networks, Supply Chain Networks)
- Υπηρεσίες:
 - Φωνή / Τηλεφωνία
 - Πρόσβαση σε επιχειρησιακά δεδομένα /
- Πολυμέσα
 - Υποστήριξη επιχειρηματικών διεργασιών (Business Processes)

Οικιακά δίκτυα (I)

- Οικιακά Δίκτυα:
 - Εξειδικευμένα Δίκτυα που συνδέουν οικιακές συσκευές τερματικά
 - Πλειάδα εφαρμογών ανάλογα και με τον τύπο των διασυνδεόμενων συσκευών
- Πρόσβαση σε πληροφορίες:
 - Κοινή πρόσβαση στο Internet
 - Κοινή Χρήση Περιφερειακών Συσκευών
 - Κοινή Χρήση Σκληρών Δίσκων, Προγραμμάτων,
- Αρχείων
 - Σύγχρονες εφαρμογές ανθρώπινης επικοινωνίας (πραγματικού χρόνου)

Οικιακά δίκτυα (II)

- Οικιακός Αυτοματισμός:
 - Διασύνδεση “έξυπνων” Οικιακών Συσκευών (Intelligent Networked Appliances)
 - Δικτυακό Σύστημα Ασφαλείας
- Εφαρμογές Διασκέδασης:
 - Δικτυακά Παιχνίδια με πολλαπλούς παίκτες
 - Δικτυακά Συστήματα Ψηφιακού Video και Ήχου

Όροι

- **Δίκτυο Επικοινωνιών (communication network or data networks)**

Μία εγκατάσταση που παρέχει υπηρεσία μεταφοράς δεδομένων μεταξύ συνδεδεμένων στο δίκτυο συσκευών

- **Διαδίκτυο (internet)**

Μία συλλογή από δίκτυα επικοινωνιών (WAN, MAN και LAN) διασυνδεδεμένων με γέφυρες και/ή δρομολογητές

- **Ενδοδίκτυο (intranet)**

Ένα εταιρικό τοπικό δίκτυο που παρέχει τις βασικές εφαρμογές διαδικτύου, ειδικά τον παγκόσμιο ιστό (WWW)

Ένα ενδοδίκτυο λειτουργεί εντός του οργανισμού για εσωτερικούς σκοπούς και μπορεί να υπάρχει ως ένα απομονωμένο (ανεξάρτητο) διαδίκτυο ή μπορεί να έχει συνδέσεις με το Διαδίκτυο

Τύποι δικτύων

- Με κριτήριο τη γεωγραφική περιοχή κάλυψης
 - Δίκτυα ευρείας περιοχής
 - Μητροπολιτικά δίκτυα
 - Τοπικά δίκτυα
- Με κριτήριο το φυσικό μέσο μετάδοσης
 - Ενσύρματα (Οπτικών ινών και χάλκινων καλωδίων)
 - Ασύρματα (επίγεια και δορυφορικά)

Τοπικά δίκτυα – Local Area Networks (LAN)

- Καλύπτουν μικρότερες αποστάσεις (κτίριο ή campus)
- Συνήθως ανήκουν σε έναν φορέα στον οποίο επίσης ανήκουν και τα τερματικά
- Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης
- Συνήθως πρόκειται για συστήματα ευρείας εκπομπής (broadcast)

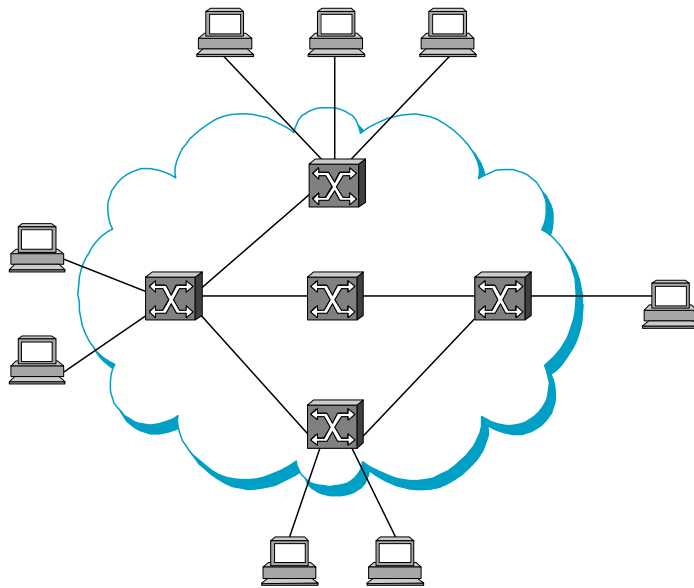
Μητροπολιτικά δίκτυα - Metropolitan Area Networks (MAN)

- MAN
- Καλύπτουν μητροπολιτικές περιοχές δηλαδή μεγαλύτερες από των τοπικών δικτύων και μικρότερες από αυτές των δικτύων ευρείας περιοχής
- Μπορεί να είναι ιδιωτικά ή δημόσια
- Υψηλές ταχύτητες

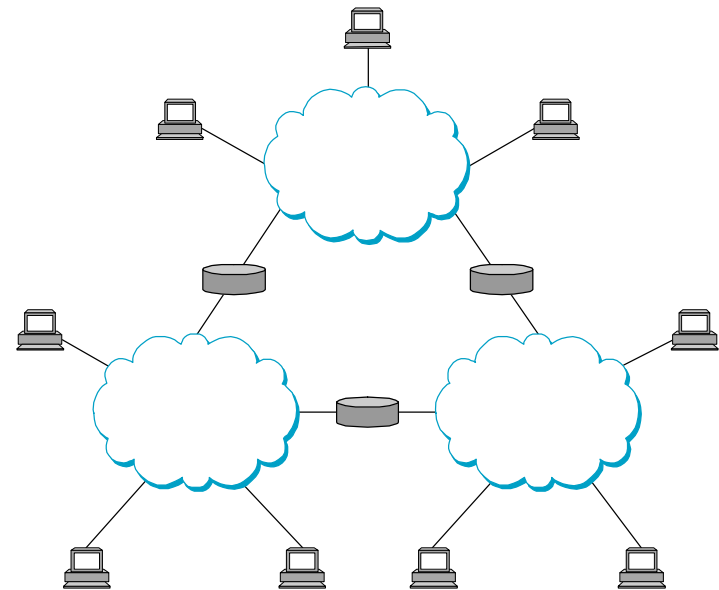
Δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks-WAN)

- Καλύπτουν μεγάλη γεωγραφική περιοχή
- Διασχίζουν δημόσια δίκτυα
- Στηρίζονται σε κυκλώματα που παρέχονται από κοινούς (δημόσιους) φορείς
- Τεχνολογίες δικτύων WAN
 - Μεταγωγής κυκλώματος
 - Μεταγωγής πακέτου
 - Frame relay (αναμετάδοση πακέτου)
 - Ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς - Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Δίκτυα και Διαδίκτυα

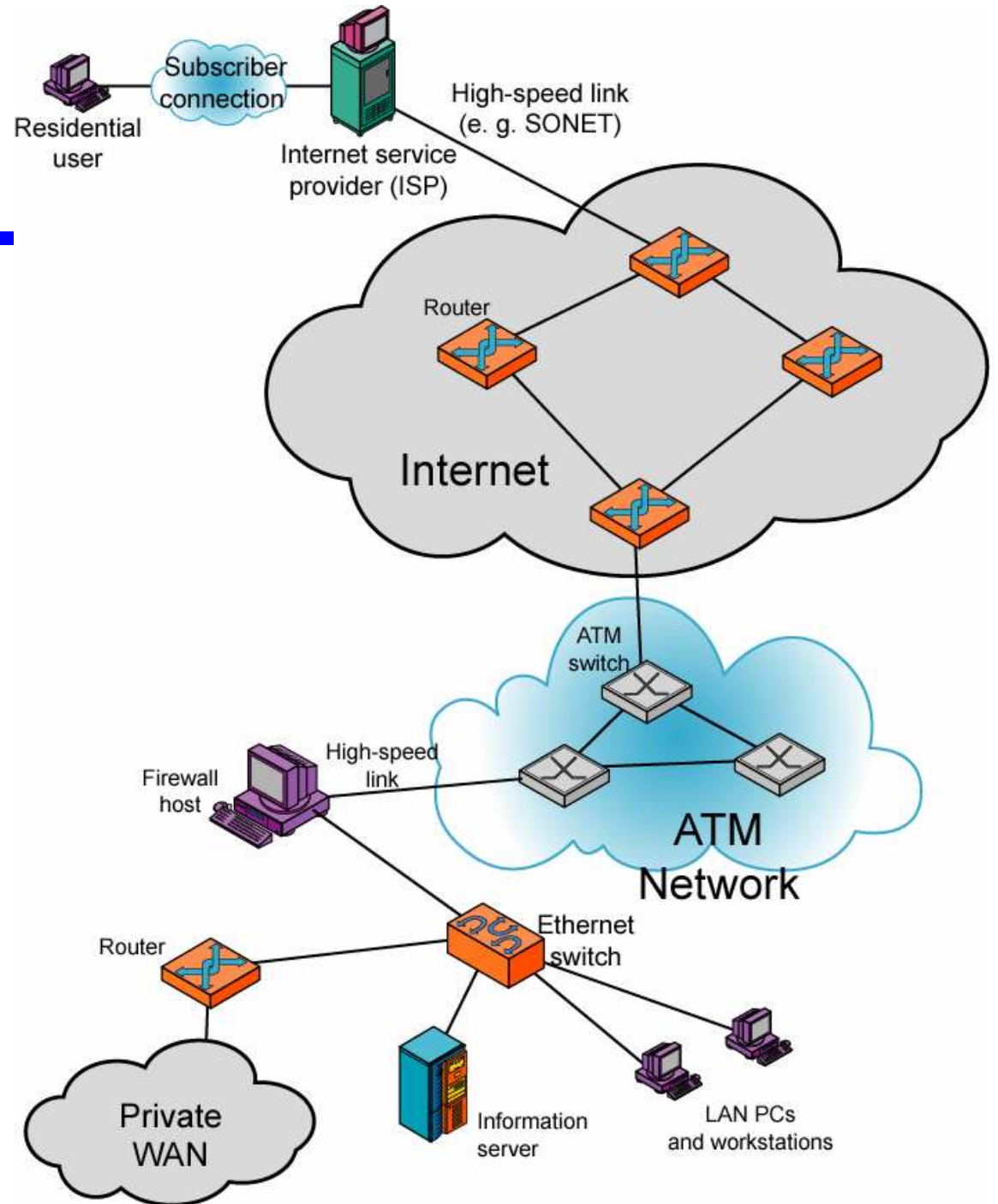


Δύο ή περισσότεροι συνδεδεμένοι
κόμβοι



Δύο ή περισσότερα συνδεδεμένα
δίκτυα

Παράδειγμα δικτύωσης



Επικοινωνιακές διεργασίες

Βαθμός χρήσης του συστήματος μετάδοσης	Διευθυνσιοδότηση
Διεπαφές	Δρομολόγηση
Παραγωγή σήματος	Ανάκτηση
Συγχρονισμός	Μορφοποίηση μηνύματος
Διαχείριση ανταλλαγής	Ασφάλεια
Ανίχνευση και διόρθωση σφάλματος	Διαχείριση δικτύου
Έλεγχος ροής	

Η ανάγκη για αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων

- Οι διεργασίες αναλύονται και υλοποιούνται ξεχωριστά σε επίπεδα
- Χρειάζονται λειτουργίες και στις δυο πλευρές επικοινωνίας
- Επικοινωνούν τα αντίστοιχα επίπεδα των δύο άκρων (Peer layers)
- Παράδειγμα : μεταφορά αρχείου
 - Η πηγή (source) πρέπει να ενεργοποιήσει το μονοπάτι επικοινωνίας ή να ενημερώσει το δίκτυο για τον προορισμό (destination)
 - Η πηγή πρέπει να ελέγξει αν ο προορισμός είναι έτοιμος να λάβει
 - Η εφαρμογή μεταφοράς αρχείου πρέπει να ελέγξει ότι το σύστημα διαχείρισης αρχείων του προορισμού θα δεχθεί το αρχείο που προτίθεται να στείλει

Πρωτόκολλο (protocol)

- Η Συμφωνία ανάμεσα σε δύο επικοινωνούντα μέρη, ως προς τον τρόπο με τον οποίο θα προχωρήσει η επικοινωνία.
 - Σε επίπεδο «μηχανών» (υπολογιστών): ο απόλυτος προσδιορισμός όλων των παραμέτρων και των προβλεπόμενων ακολουθιών επικοινωνίας, ώστε να καθίσταται δυνατός ο προγραμματισμός εκτέλεσης των βημάτων με αυτόματο τρόπο

Προτυποποιημένες αρχιτεκτονικές πρωτοκόλλων

- Απαιτούνται για την επικοινωνία των συσκευών
- Υλοποιούνται από τα προϊόντα όλων των κατασκευαστών
- Οι χρήστες χρησιμοποιούν εξοπλισμό που υλοποιεί τα standards

- Δύο πρότυπες αρχιτεκτονικές :
 - Αρχιτεκτονική OSI – OSI Reference model

 - Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων TCP/IP

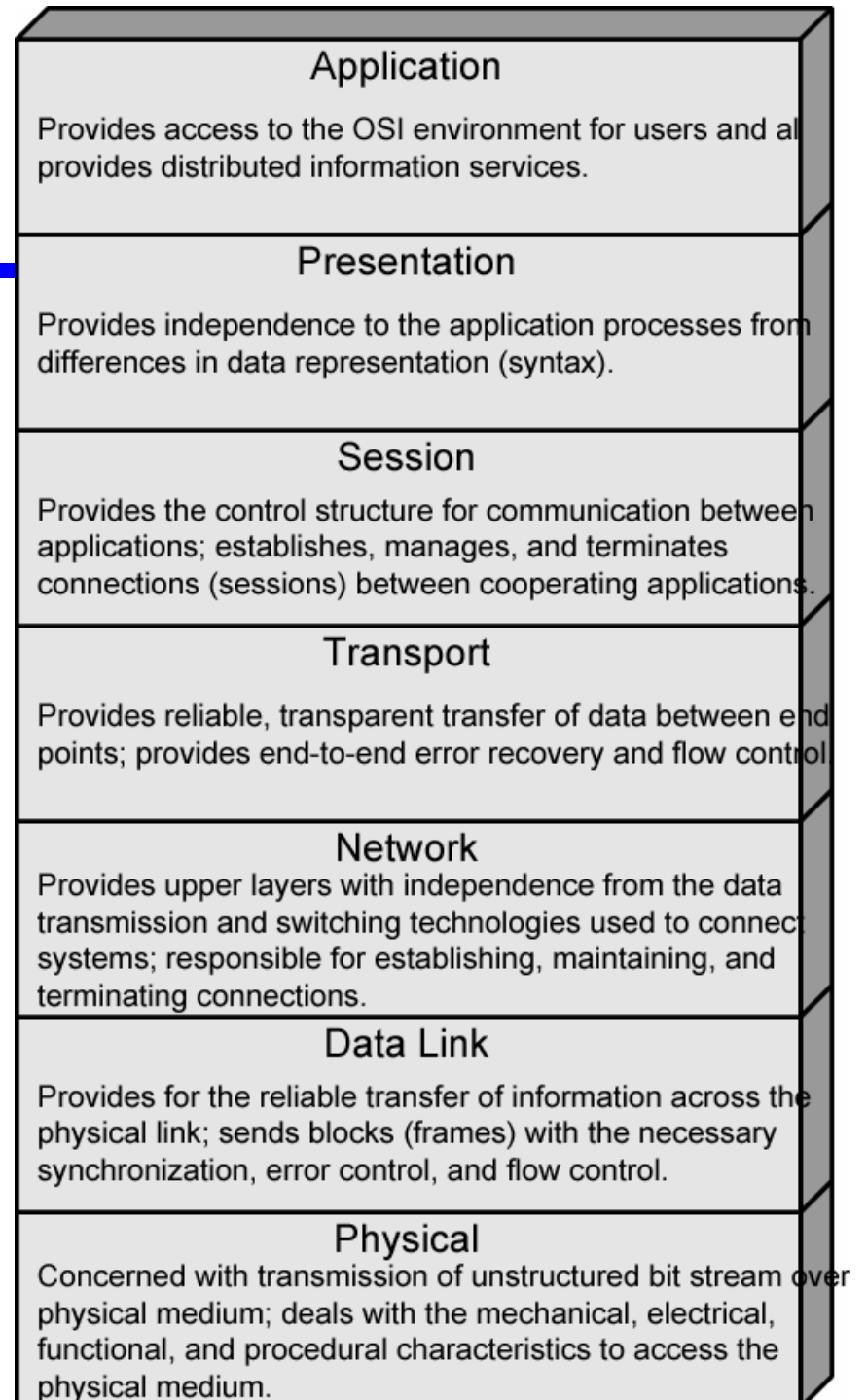
OSI

- Open Systems Interconnection
- Αναπτύχθηκε από τον διεθνή οργανισμό προτυποποίησης - International Organization for Standardization (ISO)
- Προβλέπει 7 στρώματα

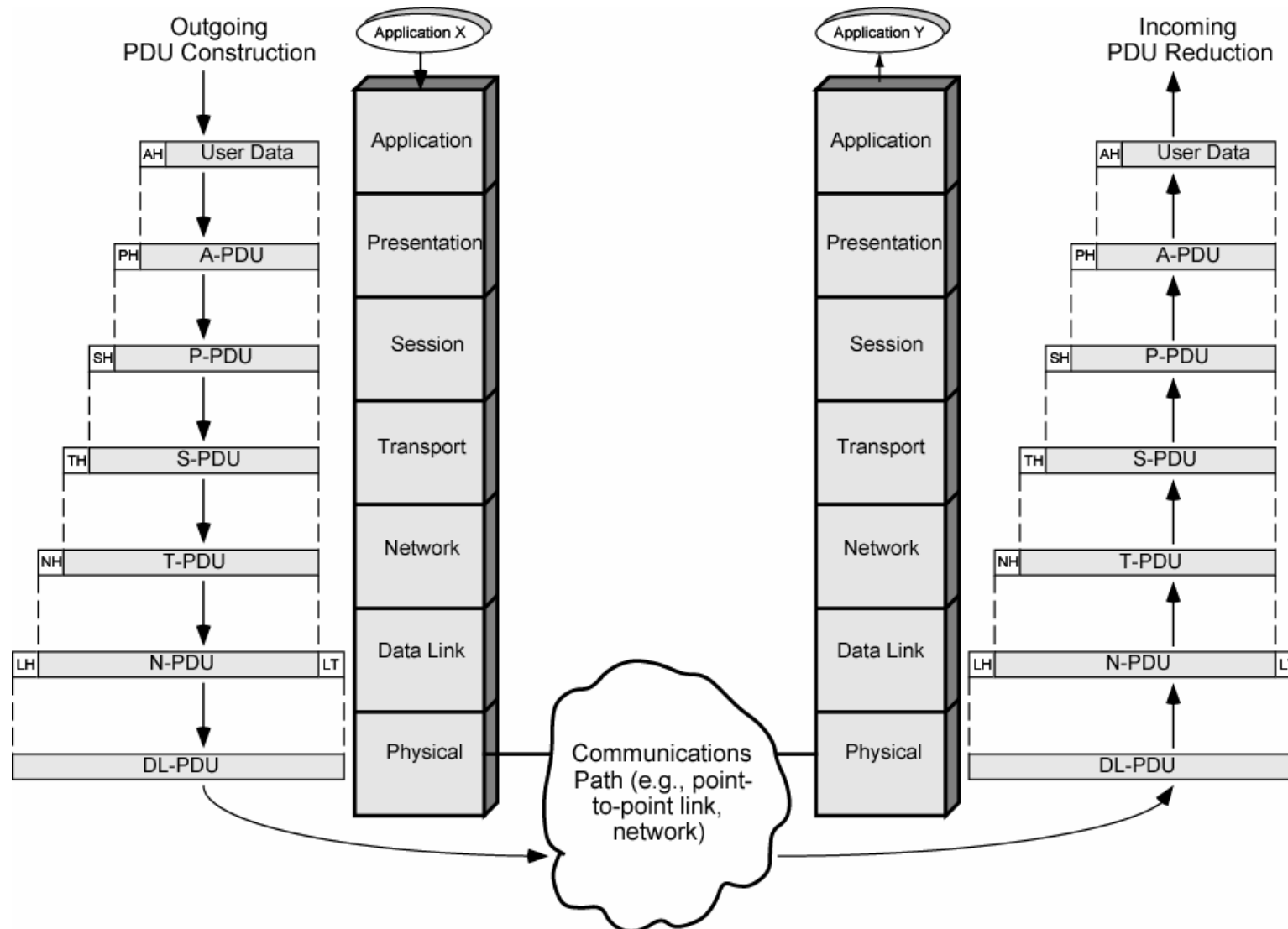
OSI – Το μοντέλο

- Μοντέλο 7 στρωμάτων
- Κάθε στρώμα υλοποιεί ένα υποσύνολο των λειτουργιών που απαιτούνται για επικοινωνία
- Κάθε στρώμα υποθέτει ότι το υποκείμενο στρώμα εκτελεί πιο στοιχειώδεις λειτουργίες
- Κάθε στρώμα παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερο στρώμα
- Αλλαγές σε ένα στρώμα δεν πρέπει να απαιτούν αλλαγές στα υπόλοιπα (αρχή ανεξαρτησίας στρωμάτων)

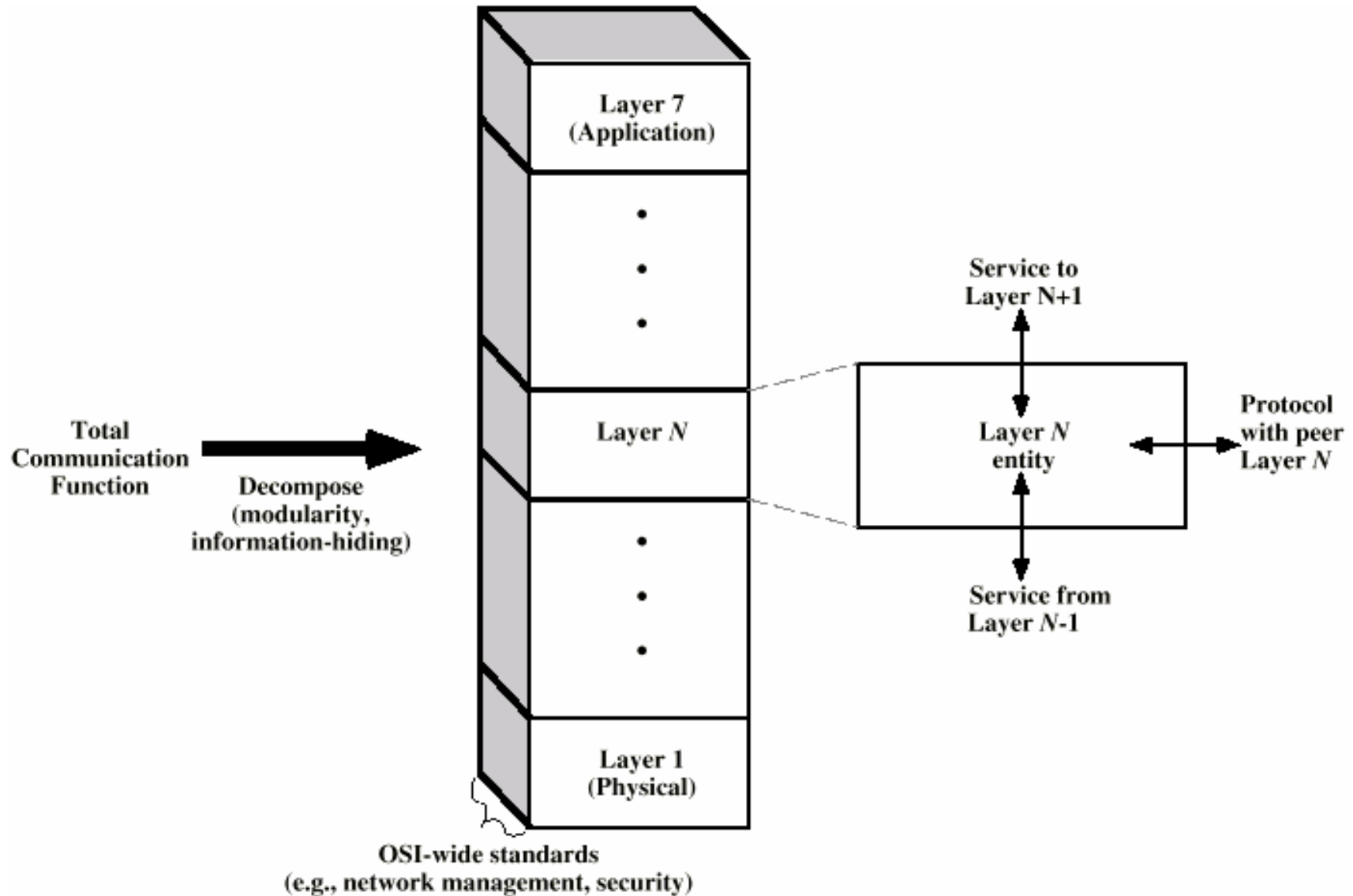
Τα 7 στρώματα του OSI



Το περιβάλλον του OSI



Το OSI ως πλαίσιο αναφοράς και προτυποποίησης



Στοιχεία προτυποποίησης

- Προδιαγραφή πρωτοκόλλου
 - Λειτουργεί μεταξύ των ιδίων στρωμάτων σε δύο διαφορετικά συστήματα – άκρα
 - Οι προδιαγραφές πρέπει να είναι ακριβείς
 - Μορφή μονάδων δεδομένων
 - Σημασιολογία των πεδίων
 - Επιτρεπτή ακολουθία PDUs
- Καθορισμός υπηρεσιών
 - Λειτουργική περιγραφή της υπηρεσίας που παρέχει το πρωτόκολλο στο ανώτερο στρώμα
- Διευθυνσιοδότηση
 - Κάθε στρώμα παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερο – οπότε απαιτείται ο προσδιορισμός σημείων πρόσβασης υπηρεσίας (SAPs)

Τα στρώματα του OSI (I)

- Φυσικό στρώμα (1)
 - Προσδιορίζει τις φυσικές διεπαφές των συσκευών
 - Μηχανικό
 - Ηλεκτρικό
 - Λειτουργικό
 - Διαδικαστικό
- Στρώμα ζεύξης δεδομένων (2)
 - Παρέχει τα μέσα για ενεργοποίηση, επισκευή και απενεργοποίηση μιας αξιόπιστης ζεύξης
 - Πλαισίωση
 - Ανίχνευση και διόρθωση λαθών

=>Αποτέλεσμα: τα υψηλότερα στρώματα θεωρούν ότι υλοποιείται μετάδοση χωρίς λάθη

Τα στρώματα του OSI (II)

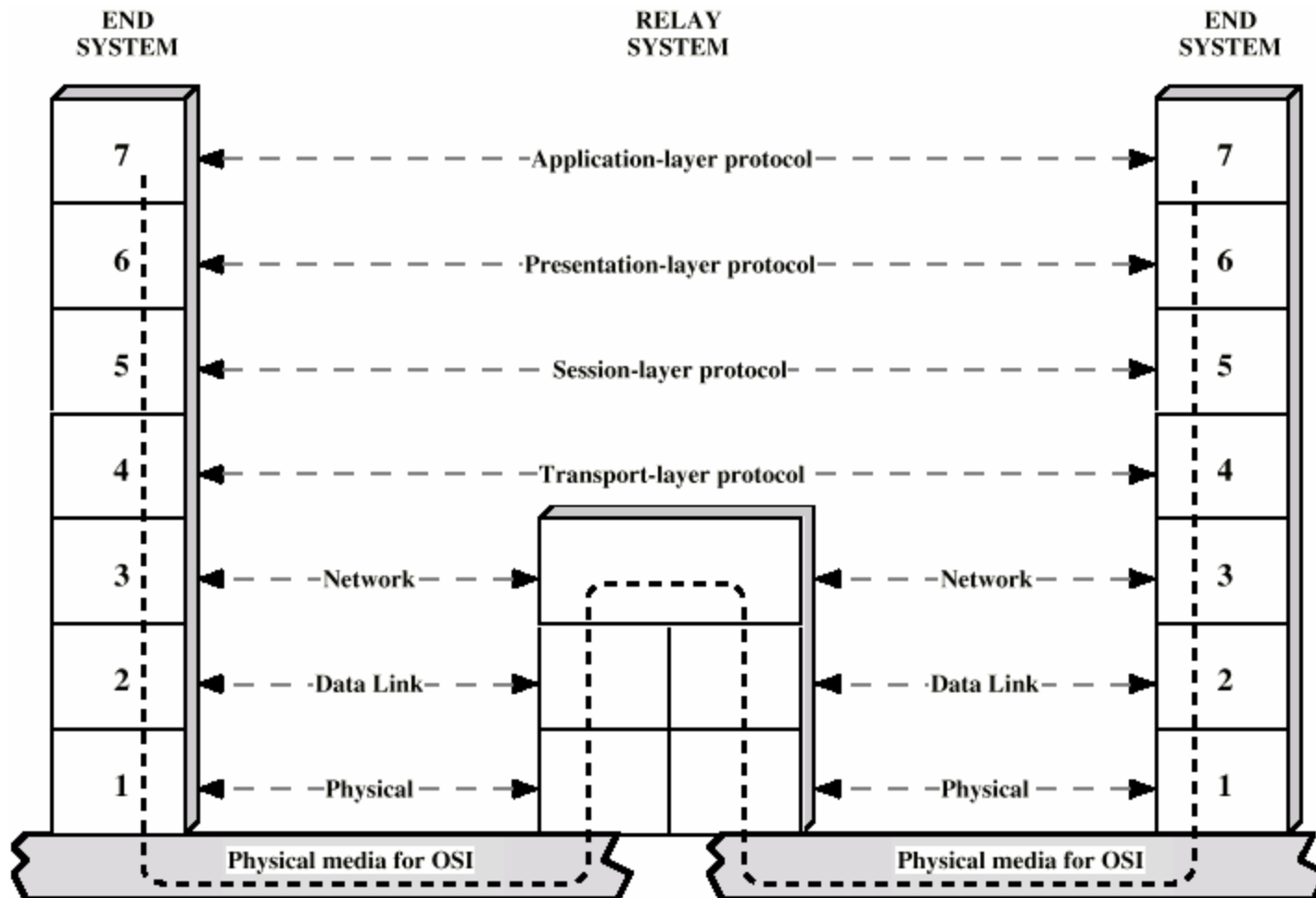
- Στρώμα δικτύου (3)
 - Μεταφορά της πληροφορίας
 - Τα υψηλότερα στρώματα δεν χρειάζεται να γνωρίζουν τίποτα για το υποκείμενο δίκτυο όπως τεχνολογία, τεχνική μεταγωγής, κ.λ.π. (π.χ. IP δρομολόγηση, κατάτμηση –επανένωση)

Δεν απαιτείται σε απευθείας συνδέσεις σημείου προς σημείο
- Στρώμα μεταφοράς (4)
 - Ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ακραίων συστημάτων
 - Δεδομένα απαλλαγμένα από σφάλματα
 - Στη σωστή σειρά
 - Χωρίς απώλειες
 - Χωρίς πολλαπλά αντίγραφα
 - Με ποιότητα υπηρεσίας

Τα στρώματα του OSI (III)

- Στρώμα συνόδου (5)
 - Έλεγχος διαλόγου μεταξύ εφαρμογών
 - Ισορροπία διαλόγου
 - Ομαδοποίηση
 - Ανάκτηση
- Στρώμα Παρουσίασης (6)
 - Κωδικοποίηση και μορφή δεδομένων
 - Συμπίεση δεδομένων
 - Κρυπτογράφηση
- Στρώμα εφαρμογής (7)
 - Παρέχει στις εφαρμογές το μέσο πρόσβασης στην αρχιτεκτονική OSI

Η χρήση των στρωμάτων στο δίκτυο



Η αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων TCP/IP

- Αναπτύχθηκε από την US Defense Advanced Research Project Agency (DARPA) για το δίκτυο μεταγωγής πακέτου (ARPANET)
- Χρησιμοποιείται στο διαδίκτυο Internet
- Δεν υπάρχει επίσημο μοντέλο αλλά υλοποιείται
- Διακρίνει:
 - Επίπεδο εφαρμογής
 - Επίπεδο μεταφοράς
 - Επίπεδο δικτύου (Internet layer)
 - Επίπεδο πρόσβασης δικτύου
 - Φυσικό στρώμα

Πρωτόκολλα διαδικτύου

Επίπεδο δικτύου- Internet Layer (IP)

- Επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ ανομοιογενών δικτύων
- Παρέχει λειτουργίες δρομολόγησης μεταξύ πολλαπλών δικτύων (διαφορετικών τεχνολογιών)
- Υλοποιείται στους ακραίους υπολογιστές και στους δρομολογητές

Πρωτόκολλα διαδικτύου

Επ. μεταφοράς και εφαρμογής

Επίπεδο μεταφοράς: Transport Layer (TCP)

Είναι υπεύθυνο για

- την αξιόπιστη μεταφορά και παράδοση δεδομένων και
- Την ακολουθιακή παράδοση (Ordering of delivery)

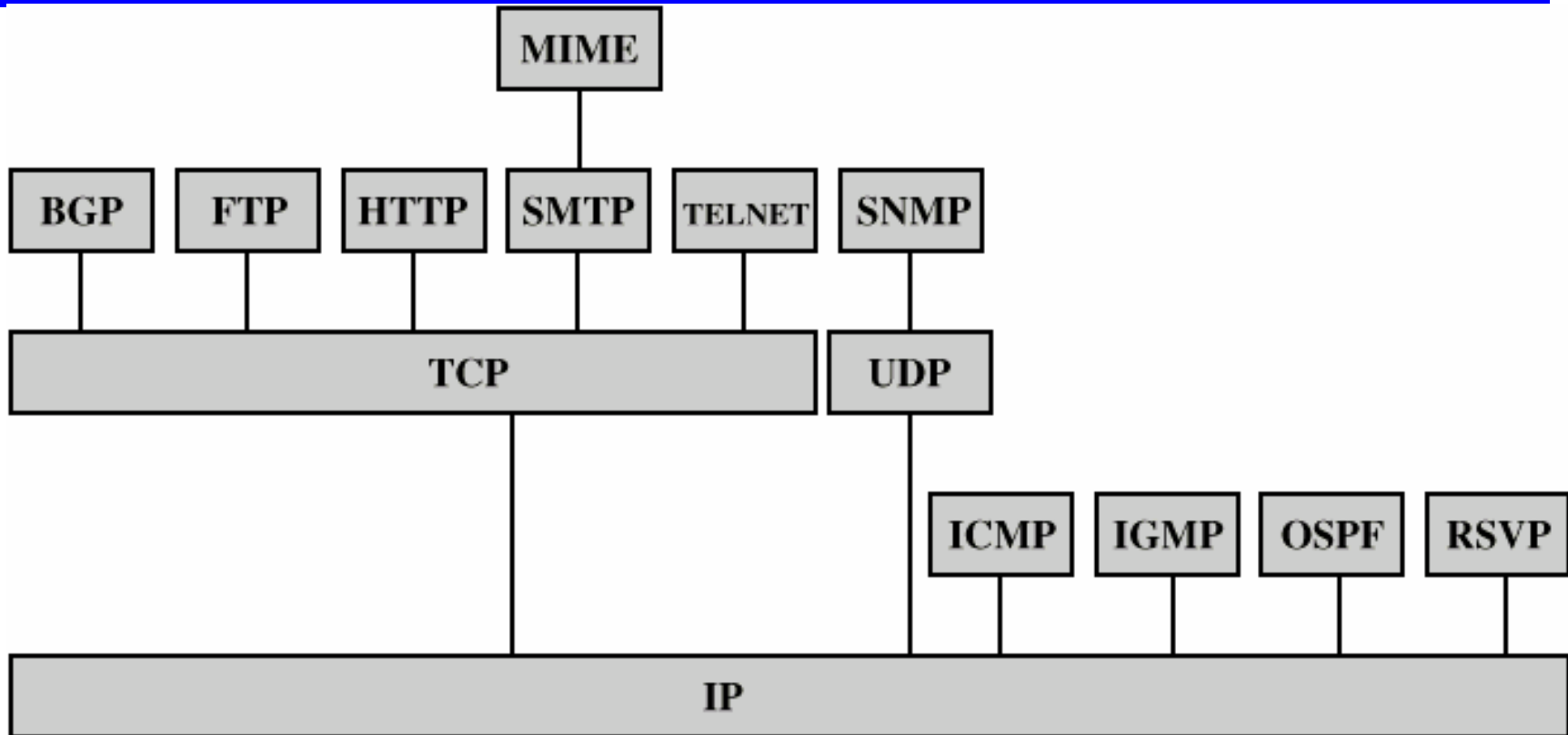
Επίπεδο εφαρμογής

- Υποστηρίζει τις εφαρμογές του χρήστη όπως
- http, SMTP, FTP

Οι δύο αρχιτεκτονικές (OSI - TCP/IP)

OSI	TCP/IP
Application	Application
Presentation	
Session	
Transport	Transport (host-to-host)
Network	Internet
Data Link	Network Access
Physical	Physical

Μερικά πρωτόκολλα της στίβας πρωτοκόλλων TCP/IP



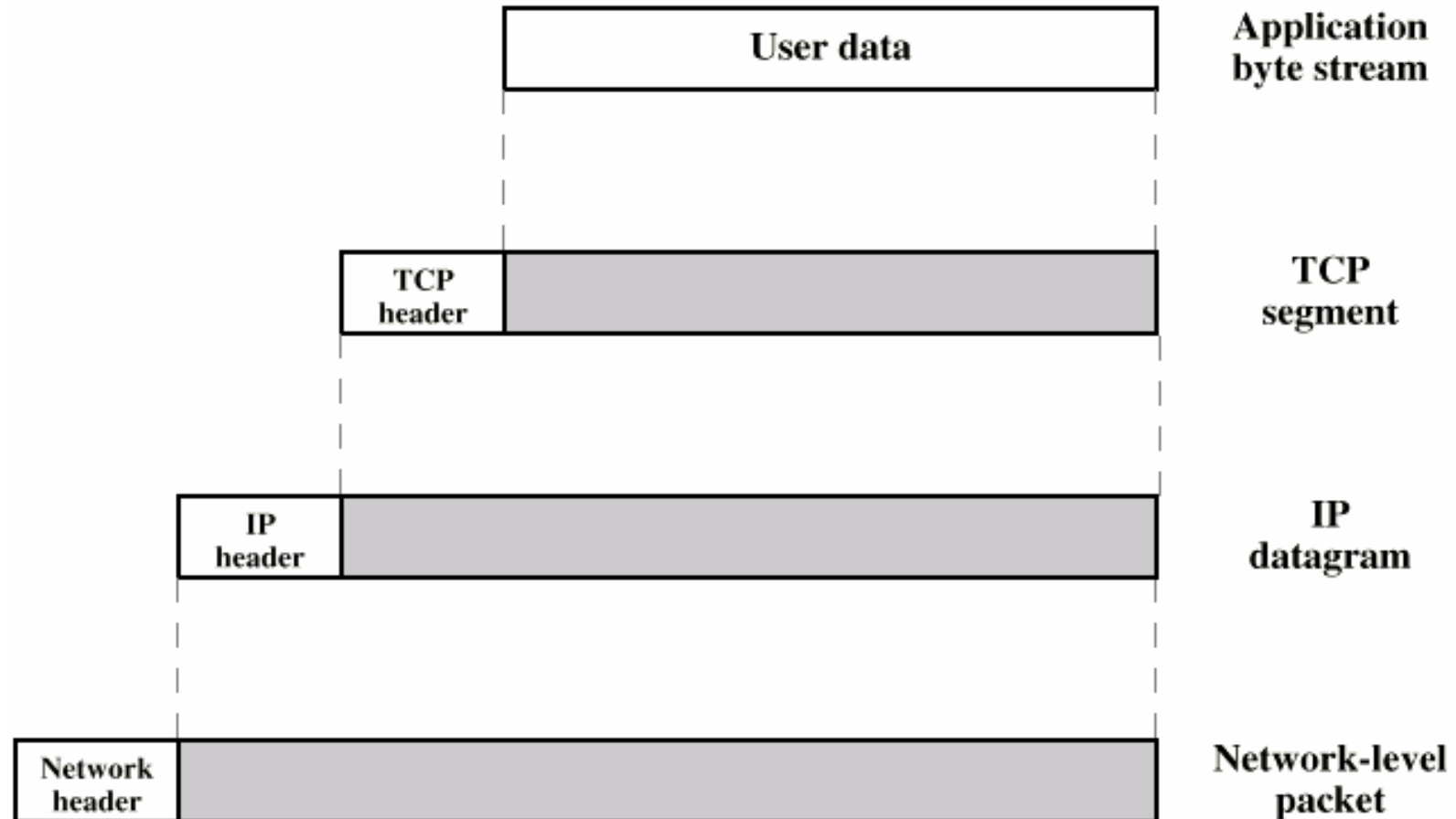
BGP = Border Gateway Protocol
FTP = File Transfer Protocol
HTTP = Hypertext Transfer Protocol
ICMP = Internet Control Message Protocol
IGMP = Internet Group Management Protocol
IP = Internet Protocol
MIME = Multi-Purpose Internet Mail Extension

OSPF = Open Shortest Path First
RSVP = Resource ReSerVation Protocol
SMTP = Simple Mail Transfer Protocol
SNMP = Simple Network Management Protocol
TCP = Transmission Control Protocol
UDP = User Datagram Protocol

Επίπεδα διευθυνσιοδότησης

- Οι διευθύνσεις επιπέδου 2 προσδιορίζουν τη διεπαφή
- Οι διευθύνσεις επιπέδου 3 τον υπολογιστή/συσκευή
- Οι διευθύνσεις επιπέδου 4 την εφαρμογή

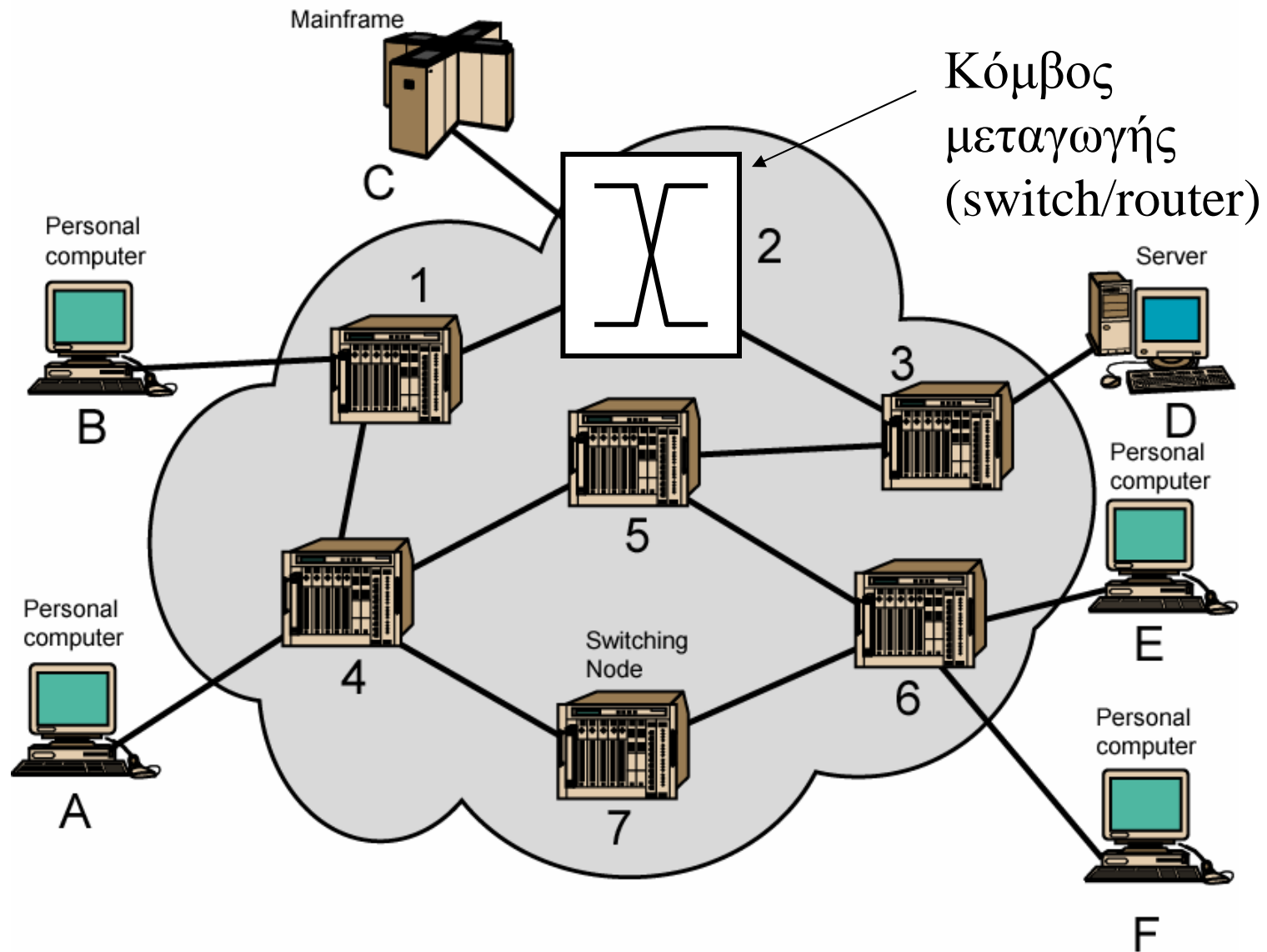
Ενθυλάκωση δεδομένων στην αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων TCP/IP



Τεχνικές μεταγωγής

- Μεταγωγή κυκλώματος
- Μεταγωγή πακέτου
- Μεταγωγή νοητού κυκλώματος

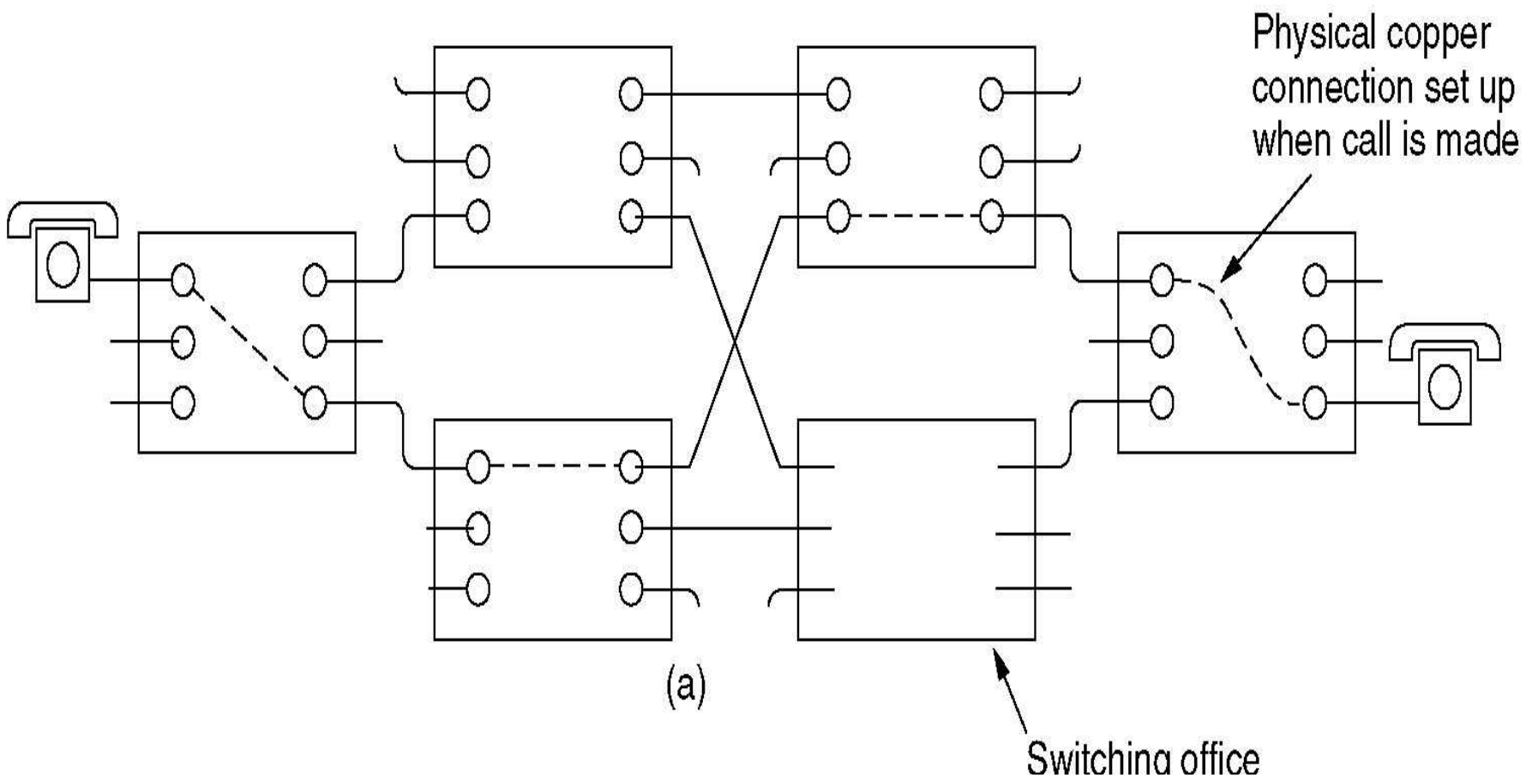
Απλό δίκτυο μεταγωγής



Μεταγωγή Κυκλώματος

- ✓ Υπάρχει ένα αποκλειστικό επικοινωνιακό μονοπάτι ανάμεσα σε δύο σταθμούς
- ✓ Τρεις φάσεις
 - Αποκατάσταση κυκλώματος
 - Μεταφορά δεδομένων
 - Αποσύνδεση κυκλώματος
- ✓ Πρέπει να κρατηθεί χωρητικότητα καναλιού και εσωτερική χωρητικότητα μεταγωγής για αποκατάσταση σύνδεσης
- ✓ Οι μεταγωγείς πρέπει να έχουν τη νοημοσύνη να επινοούν μία διαδρομή μέσω του δικτύου

Παράδειγμα: Τηλεφωνικό Δίκτυο



Εφαρμογές μεταγωγής κυκλώματος

- ✓ **Ανεπαρκείς**
 - Η χωρητικότητα του καναλιού είναι κατειλημμένη για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης
 - Αν δεν υπάρχουν δεδομένα η χωρητικότητα σπαταλιέται
- ✓ Η αποκατάσταση του κυκλώματος είναι χρονοβόρα
- ✓ Όταν αποκατασταθεί το κύκλωμα το δίκτυο είναι ουσιαστικά διάφανο στους χρήστες
- ✓ Αναπτύχθηκε για κίνησης φωνής (τηλεφωνία)

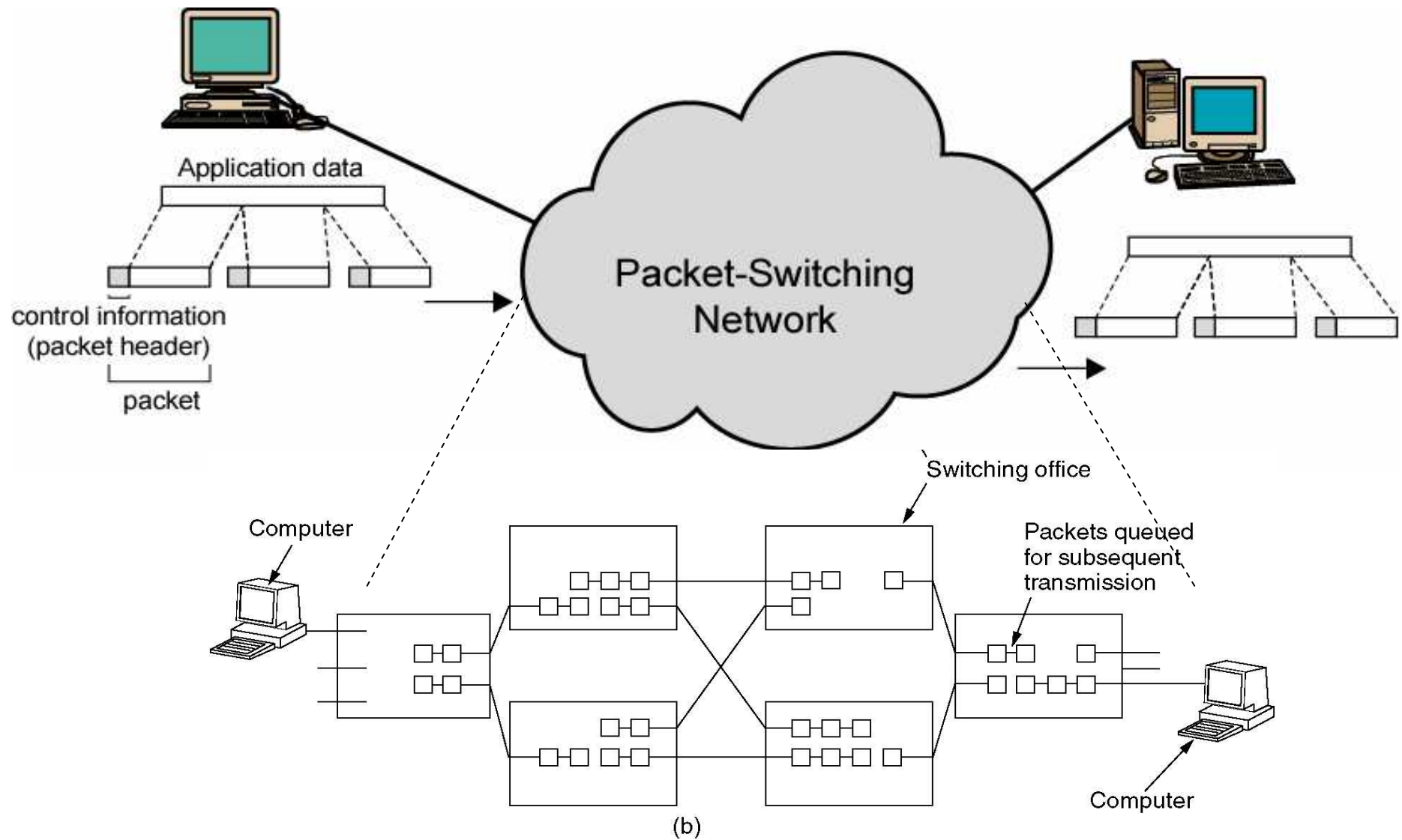
Παράδειγμα: Σύστημα σηματοδοσίας 7

- ✓ (Signaling System Number 7 - SS7)
- ✓ Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σχήμα σηματοδοσίας κοινού καναλιού
- ✓ Χρησιμοποιείται στο ISDN
- ✓ Βελτιστοποιημένο για ψηφιακά κανάλια των 64 kbps
- ✓ Έλεγχο κλήσης, απομακρυσμένο έλεγχο, διαχείριση και συντήρηση
- ✓ Αξιόπιστο μέσο για τη μεταφορά πληροφορίας στη σωστή σειρά χωρίς απώλειες ή διπλά αντίτυπα
- ✓ Κατάλληλο για λειτουργία σε αναλογικά κανάλια και σε ταχύτητες κάτω των 64 kbps
- ✓ Χρησιμοποιείται σε σημείο προς σημείο βιομηχανικές και δορυφορικές ζεύξεις

Αρχές μεταγωγής πακέτου

- Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα
 - Μεγαλύτερα πακέτα τεμαχίζονται
 - Κάθε πακέτο φέρει εκτός από δεδομένα και πληροφορία ελέγχου
- Η πληροφορία ελέγχου περιλαμβάνει πληροφορία δρομολόγησης
- Κάθε κόμβος παραλαμβάνει τα πακέτα, τα αποθηκεύει, βρίσκει την «κατάλληλη» έξοδο και τα προωθεί
 - μοντέλο store-and-forward

Χρήση πακέτων



Πλεονεκτήματα

- ✓ Αποδοτικότητα γραμμής
 - Μία απλή σύνδεση κόμβου-με-κόμβο μπορεί να μοιράζεται δυναμικά σε πολλά πακέτα κάθε στιγμή
 - Τα πακέτα τοποθετούνται σε ουρά και μεταδίδονται όσο πιο γρήγορα γίνεται στη γραμμή
- ✓ Μετατροπή ρυθμού δεδομένων
 - Κάθε σταθμός συνδέεται στον κόμβο του με τον δικό του ρυθμό μετάδοσης
 - Οι κόμβοι αποθηκεύουν προσωρινά τα δεδομένα για να εκτελεστεί μετατροπή ρυθμού δεδομένων
- ✓ Τα πακέτα εξακολουθούν να γίνονται αποδεκτά ακόμα και όταν το δίκτυο έχει αυξημένη κίνηση
 - Αυξάνει η καθυστέρηση παράδοσης
- ✓ Μπορούν να χρησιμοποιηθούν προτεραιότητες

Τεχνική μεταγωγής πακέτων

- ✓ Ο σταθμός τεμαχίζει μηνύματα μεγάλου μήκους σε πακέτα
- ✓ Στέλνει τα πακέτα ένα κάθε φορά στο δίκτυο
- ✓ Τα πακέτα χειρίζονται με δυο τρόπους
 - Αυτόνομο πακέτο (Datagram)
 - Νοητό κανάλι (Virtual circuit)

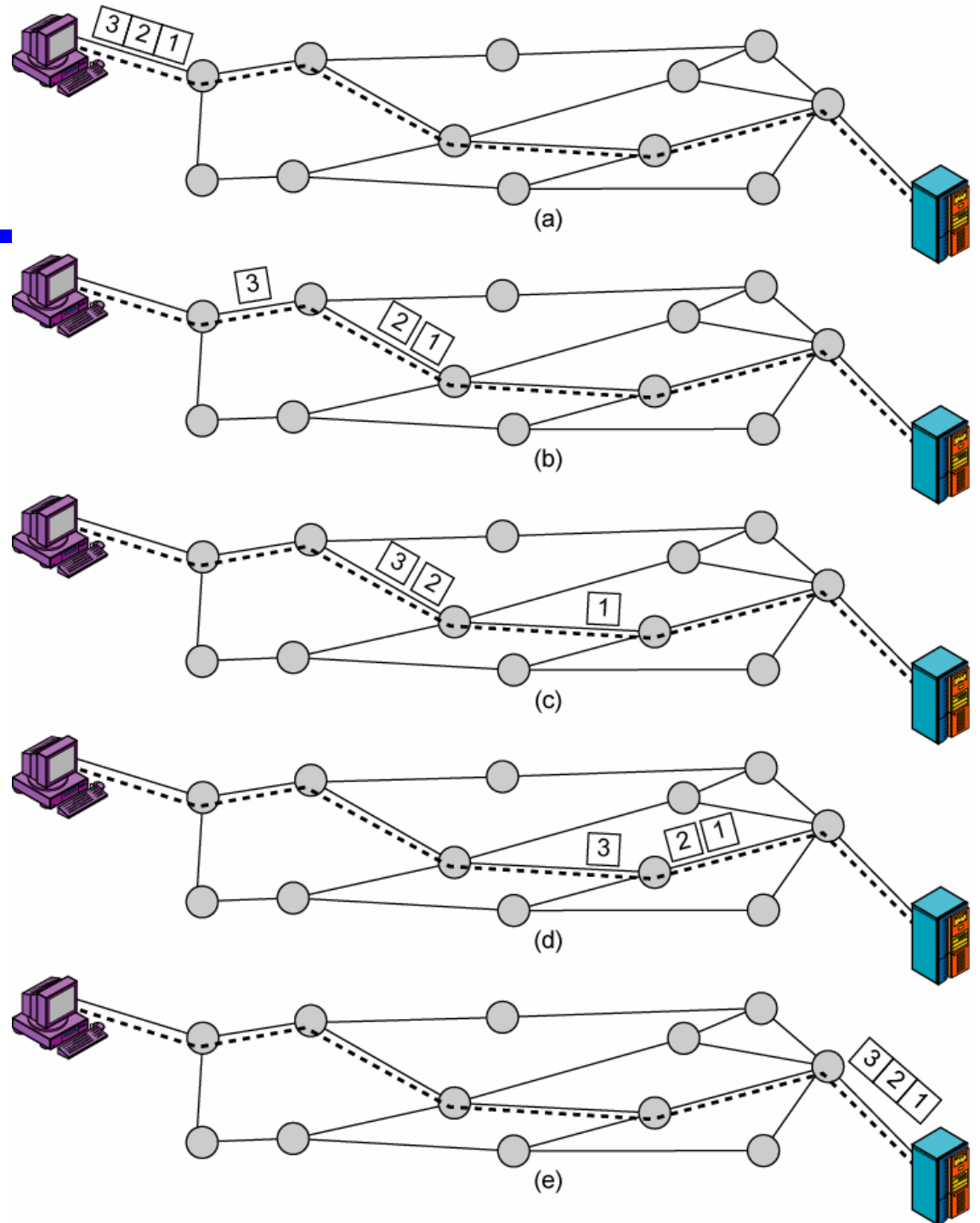
Αυτόνομο πακέτο (datagram)

- ✓ Κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά
- ✓ Τα πακέτα μπορούν να ακολουθήσουν οποιοδήποτε πιθανή διαδρομή
- ✓ Τα πακέτα είναι πιθανόν να φτάσουν εκτός σειράς
- ✓ Τα πακέτα είναι πιθανόν να χαθούν
- ✓ Είναι ευθύνη του δέκτη να αναδιατάξει ή να ανακτήσει τα χαμένα πακέτα

Νοητό κύκλωμα (Virtual Circuit)

- ✓ Πριν μεταδοθεί οποιοδήποτε πακέτο αποκαθίσταται μια προσχεδιασμένη διαδρομή
- ✓ Πακέτα Αίτησης Κλήσης (Call Request) και Αποδοχής Κλήσης (Call Accept) εγκαθιστούν τη λογική σύνδεση [handshake]
- ✓ Κάθε πακέτο περιέχει μία ταυτότητα νοητού κυκλώματος αντί για μια διεύθυνση προορισμού
- ✓ Δεν χρειάζεται να αποφασιστεί ποια διαδρομή θα ακολουθήσει κάθε πακέτο
- ✓ Η σύνδεση τερματίζεται με ένα πακέτο που ονομάζεται Αίτηση Τερματισμού (Clear Request)
- ✓ Δεν έχουμε μία αποκλειστικής χρήσης γραμμή

Παράδειγμα
προώθησης πακέτων
σε δίκτυο
μεταγωγής νοητού
κυκλώματος



Σύγκριση μεταγωγής νοητού κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου

- ✓ Virtual circuits
 - Όλα τα πακέτα φτάνουν με τη σωστή σειρά και σωστά (error control)
 - Τα πακέτα διασχίζουν το δίκτυο πιο γρήγορα
 - Δεν χρειάζονται αποφάσεις δρομολόγησης
 - Λιγότερο αξιόπιστο
 - Αν ένας κόμβος αποτύχει, όλα τα νοητά κυκλώματα που περνούν από αυτόν τον κόμβο χάνονται
- ✓ Datagram
 - Δεν υπάρχει η φάση της αποκατάστασης του νοητού κυκλώματος
 - Καλύτερο για λίγα πακέτα
 - Ευέλικτη τεχνική
 - Αν υπάρξει συμφόρηση σε ένα μέρος του δικτύου τα εισερχόμενα πακέτα μπορούν να ακολουθήσουν μία άλλη διαδρομή

Σύγκριση Μεταγωγής Κυκλώματος και Μεταγωγής Πακέτου

✓ Απόδοση

➤ Καθυστέρηση διάδοσης

- Ο χρόνος που απαιτείται για να διαδοθεί το σήμα από έναν κόμβο στον επόμενο (συνήθως 2×10^8 m/s)

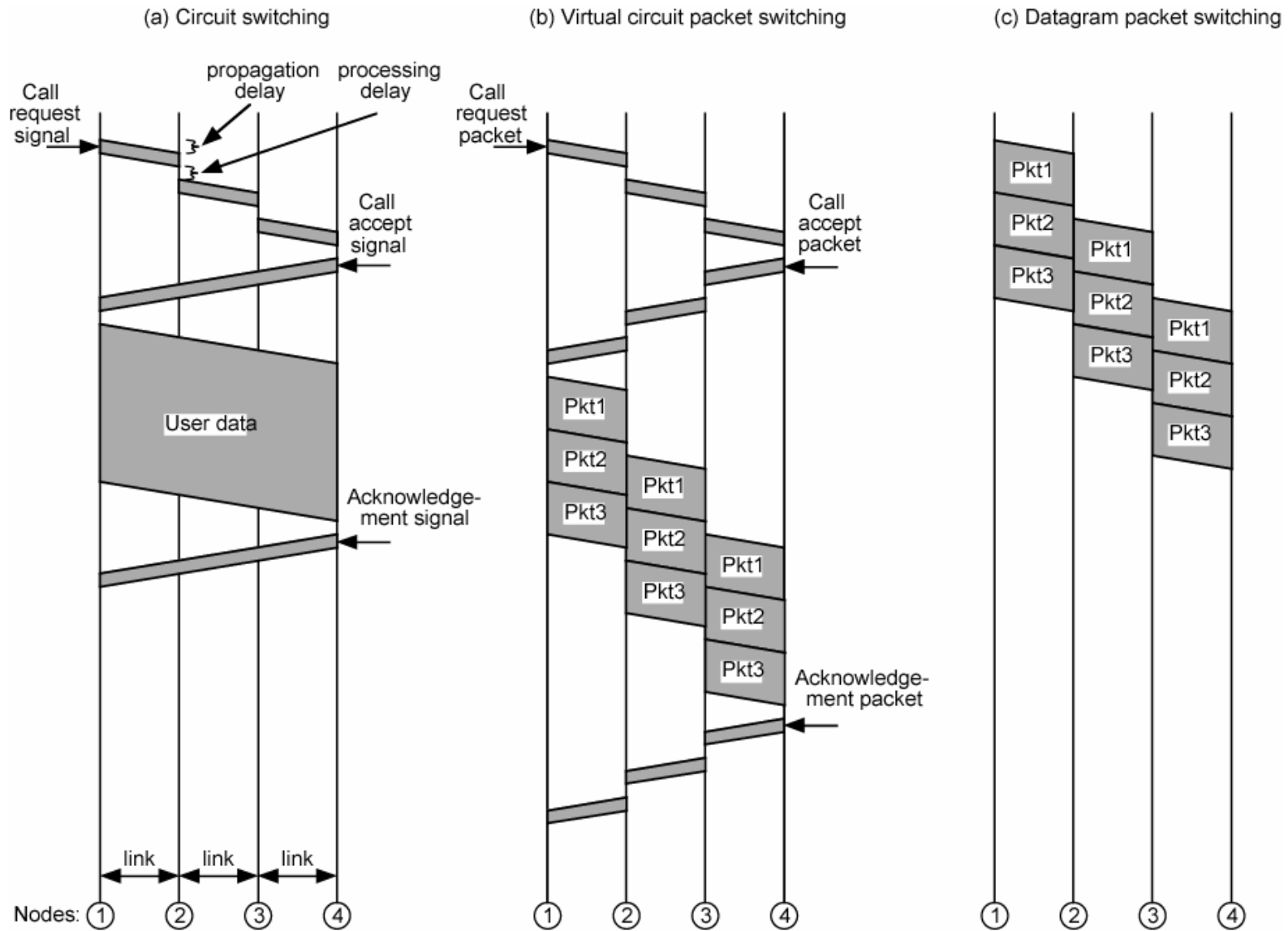
➤ Χρόνος μετάδοσης

- Ο χρόνος που απαιτείται για να στείλει ο πομπός ένα μπλοκ (πακέτο) δεδομένων

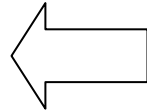
➤ Καθυστέρηση κόμβου

- Ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελέσει ο κόμβος την κατάλληλη επεξεργασία καθώς μεταγάγει δεδομένα

Χρονική Καταγραφή για Μεταγωγή Κυκλώματος και Μεταγωγή Πακέτου

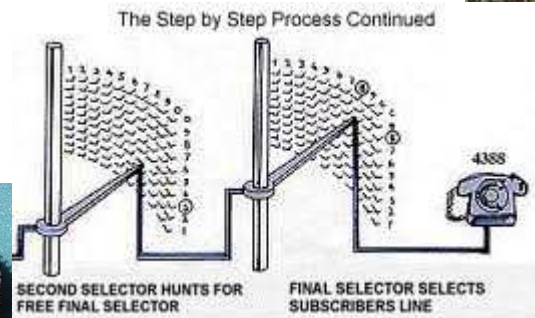
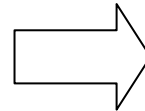


Υλικό Μεταγωγής (switching hardware)

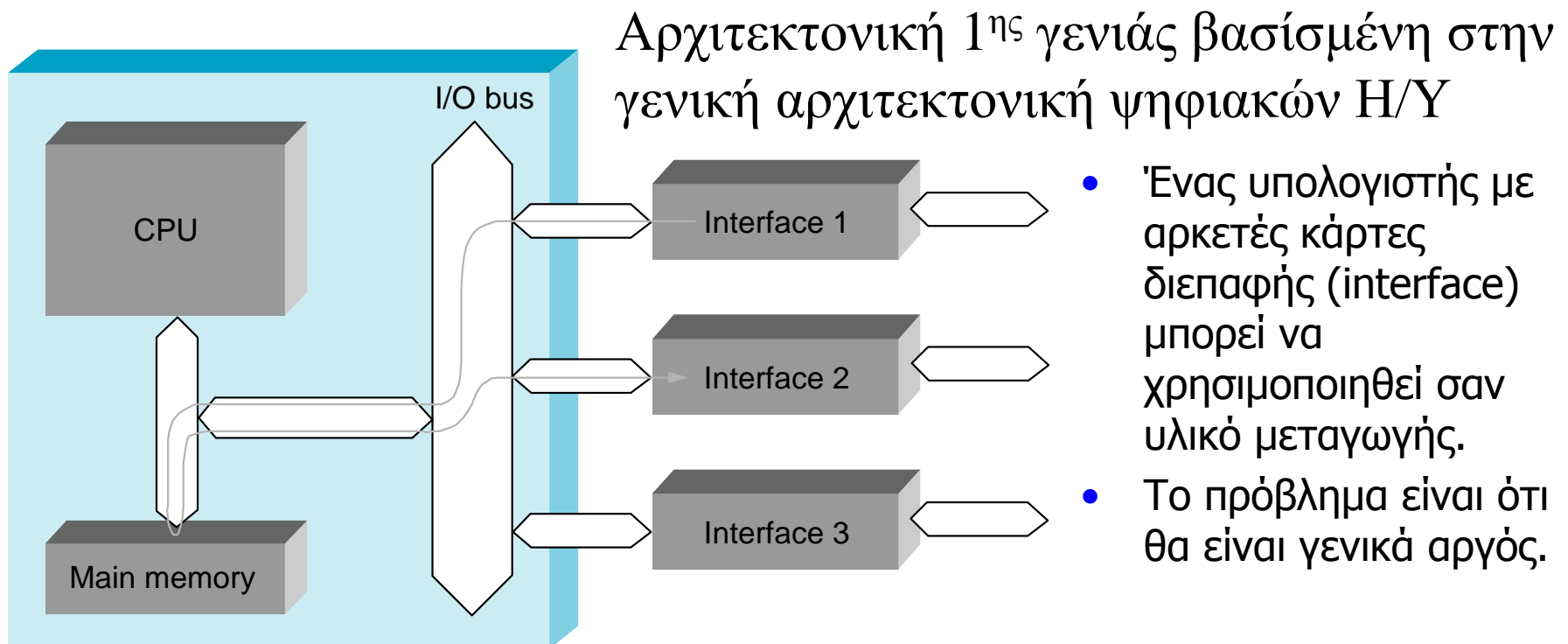


Αρχιτεκτονική 1^{ης} γενιάς (!!!)

Αρχιτεκτονική 2^{ης} γενιάς
(ηλεκτρομηχανικοί διακόπτες)

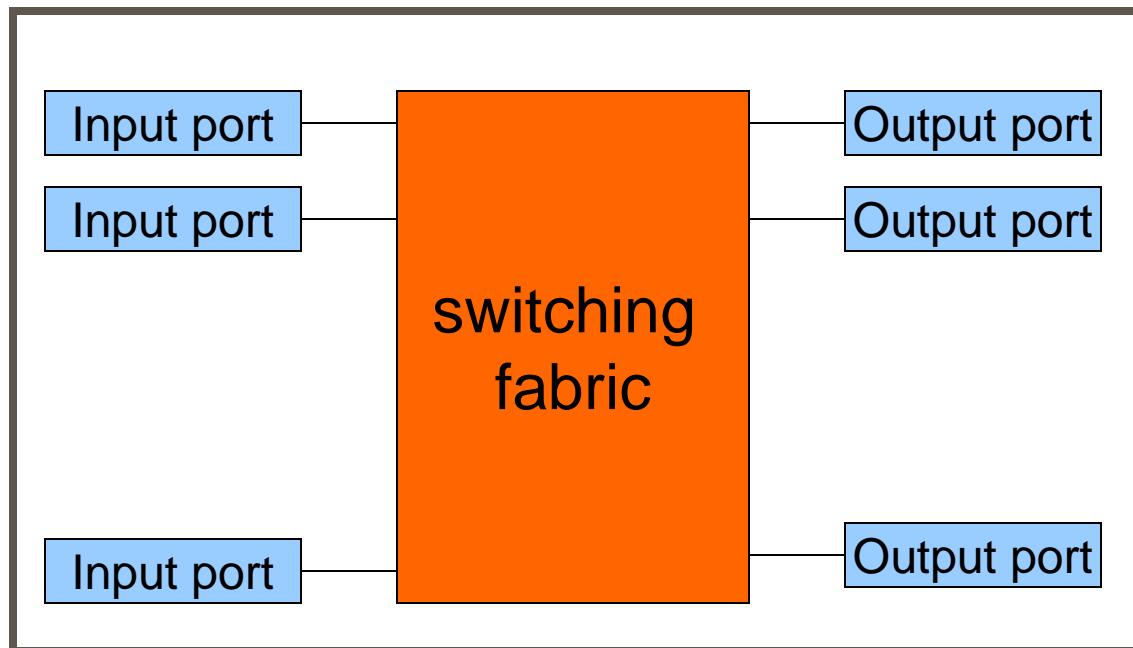


Υλικό Μεταγωγής (switching hardware)



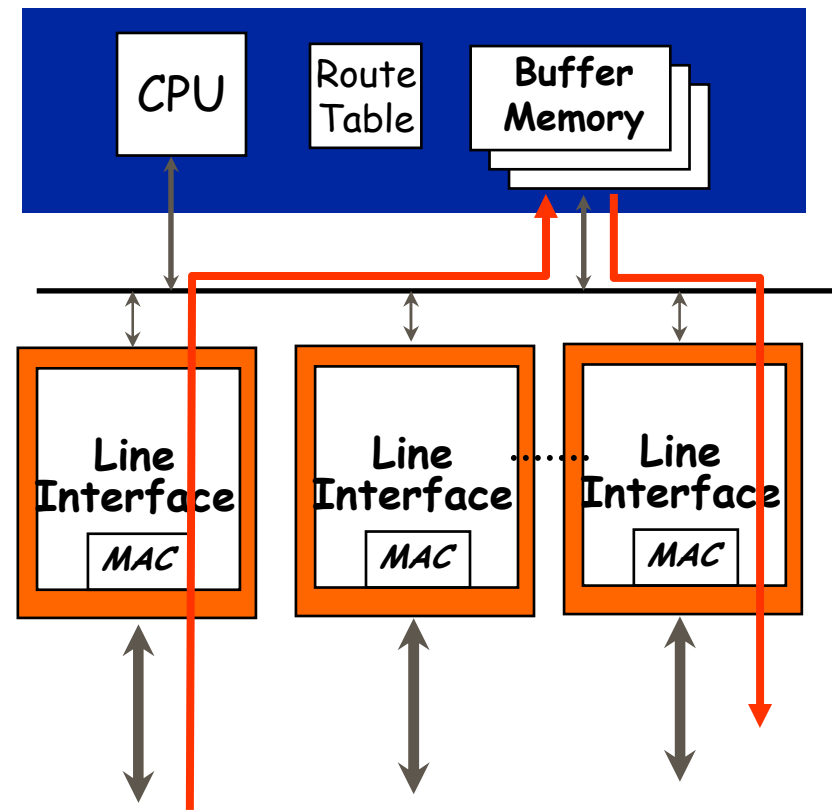
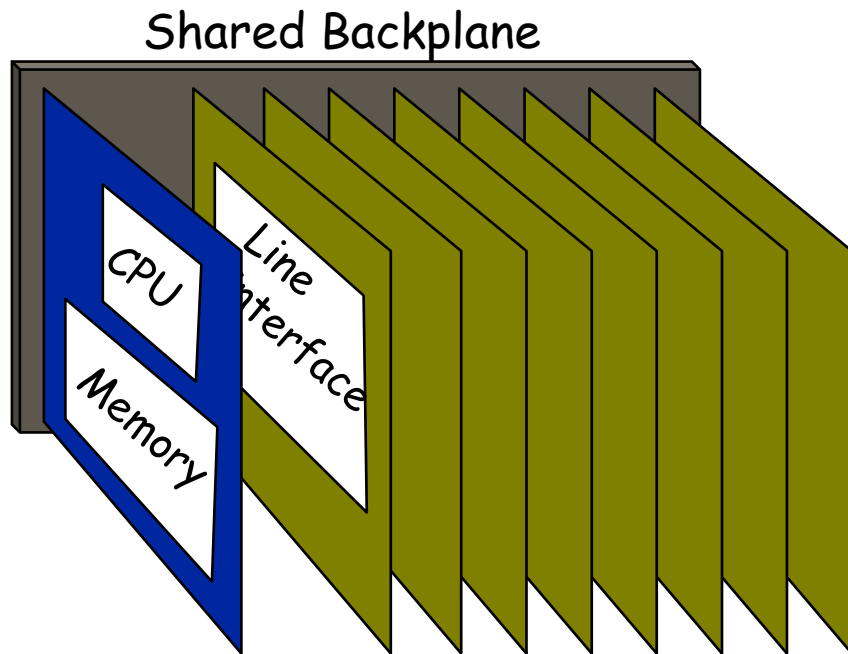
- Ένας υπολογιστής με αρκετές κάρτες διεπαφής (interface) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό μεταγωγής.
 - Το πρόβλημα είναι ότι θα είναι γενικά αργός.
- Υπάρχουν εξειδικευμένες συσκευές για το πρόβλημα της μεταγωγής με βασικούς στόχους:
 - Throughput,
 - επέκταση κλίμακας (scalability),
 - κόστος

Αρχιτεκτονική σύγχρονων μεταγωγέων



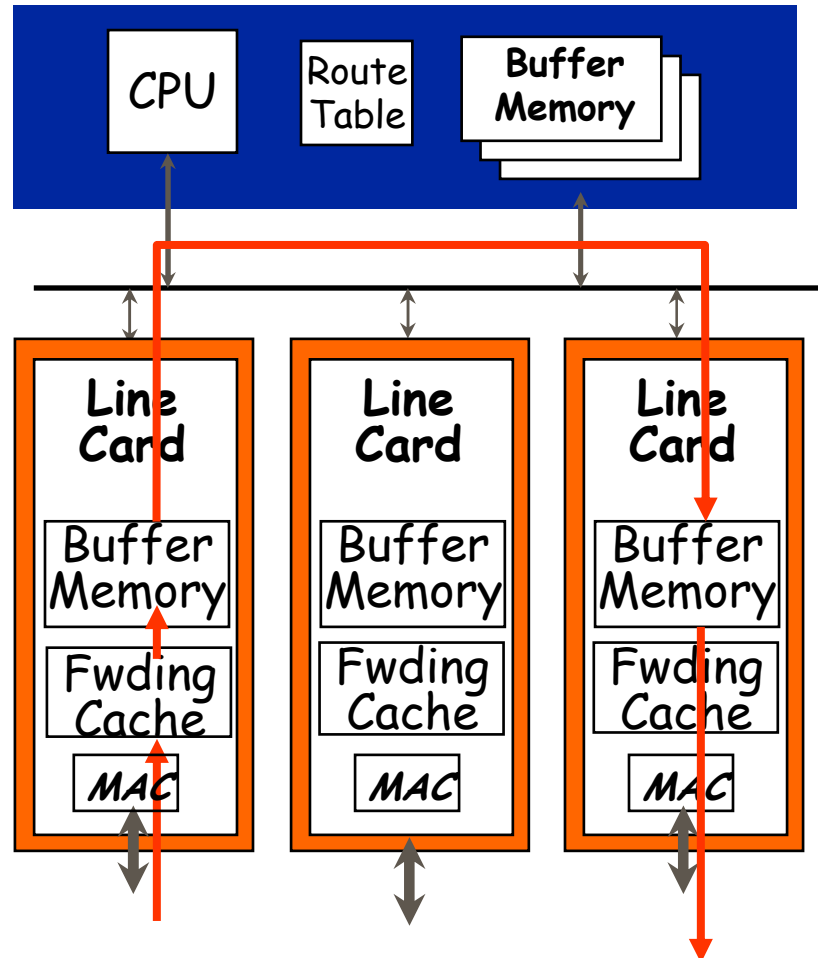
- Το switching fabric είναι γενικά απλό και γρήγορο
- Οι θύρες (εισόδου και εξόδου) (input, output ports) ελέγχουν τις διεπαφές, αποθηκεύουν πακέτα σε ουρές, βρίσκουν τη θύρα εξόδου, τρέχουν αλγορίθμους για την παροχή ποιότητας υπηρεσιών, κλπ.

First Generation Routers



Typically <0.5Gb/s aggregate capacity

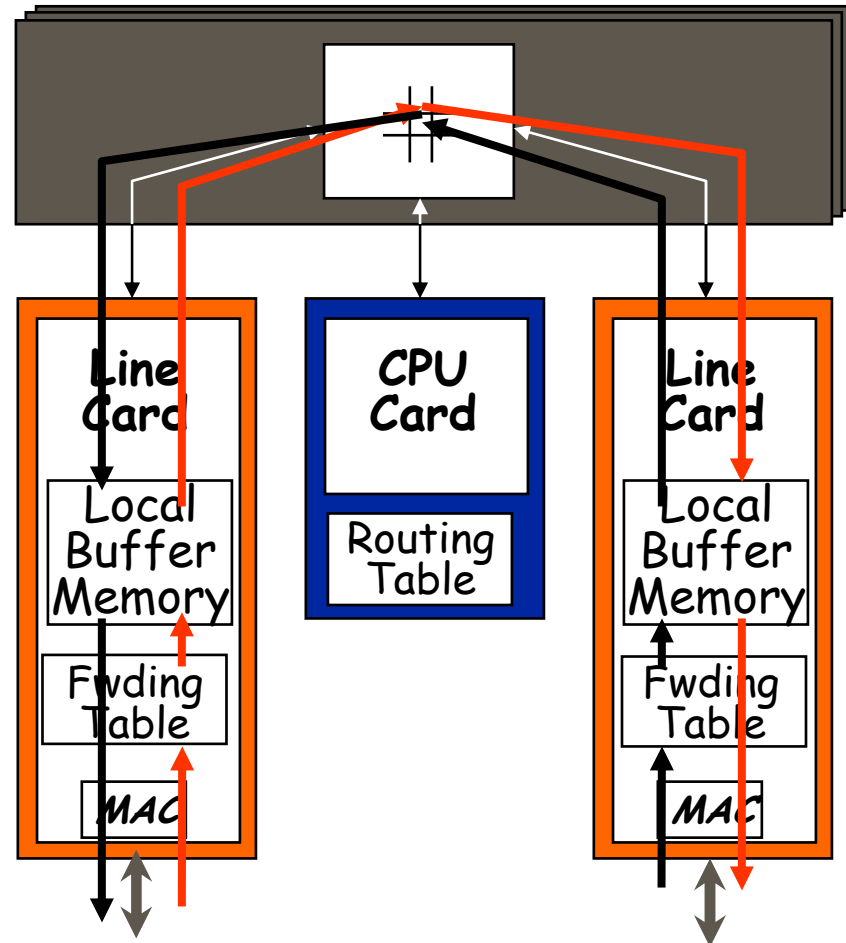
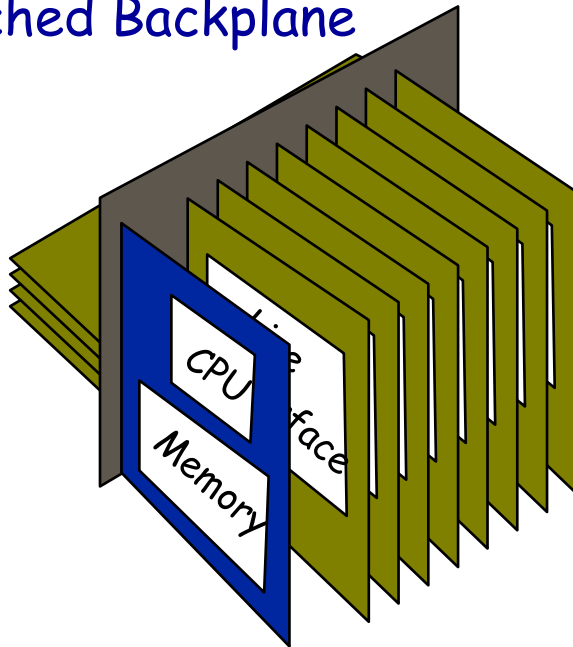
Second Generation Routers



Typically <5Gb/s aggregate capacity

Third Generation Routers

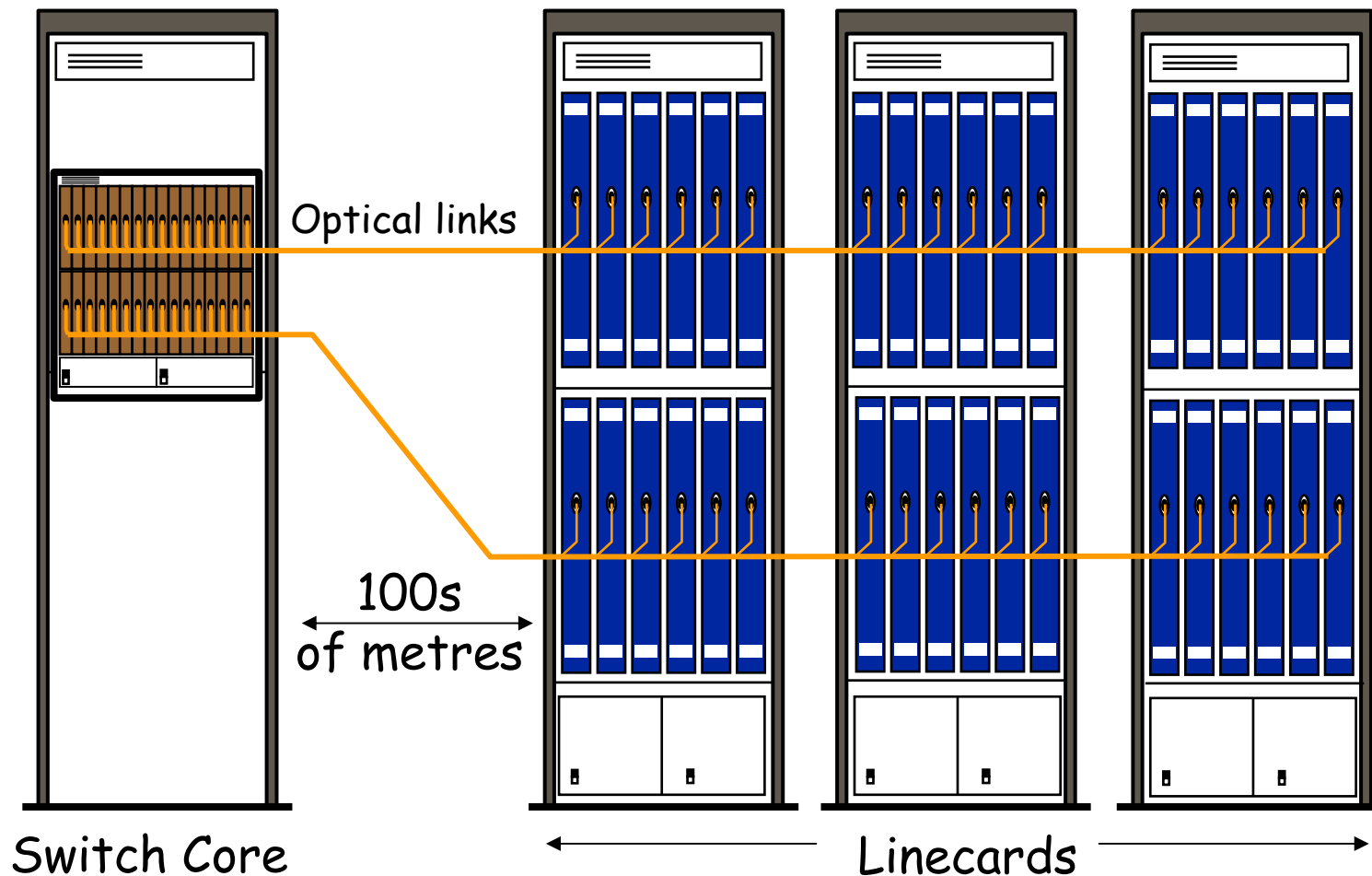
Switched Backplane



Typically <50Gb/s aggregate capacity

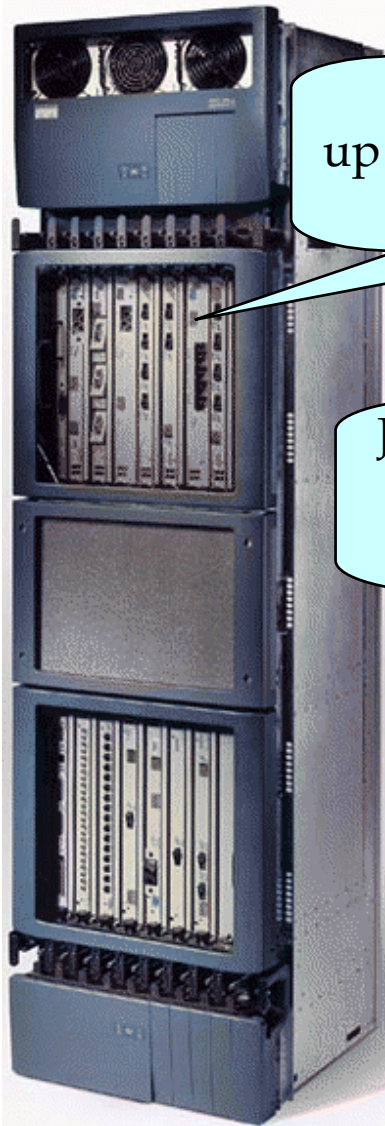
Fourth Generation Routers/Switches

Optics inside a router for the first time



0.3 - 10Tb/s routers in development

Sample Routers and Switches



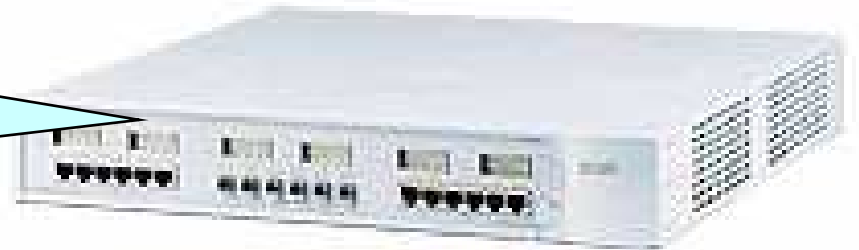
Cisco 12416 Router
up to 160 Gb/s throughput
up to 10 Gb/s ports



Juniper Networks T640 Router
up to 160 Gb/s throughput
up to 10 Gb/s ports



3Com 4950
24 port gigabit
Ethernet switch



Δρομολόγηση σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου

- ✓ Πολύπλοκη και σημαντική πλευρά της σχεδίασης ενός δικτύου μεταγωγής πακέτου
- ✓ Απαιτούμενα χαρακτηριστικά
 - Ορθότητα (correctness)
 - Απλότητα (simplicity)
 - Ανθεκτικότητα (robustness)
 - Σταθερότητα (stability)
 - Δικαιοσύνη (fairness)
 - Βελτιστοποίηση (optimality)
 - Αποδοτικότητα (efficiency)

Frame Relay-αναμετάδοση πλαισίου

- Τα συστήματα μεταγωγής πακέτου φέρουν σημαντικά μεγάλο πλεονάζον φορτίο (overhead) όταν το υποκείμενο δίκτυο είναι μειωμένης αξιοπιστίας
- Τα σύγχρονα συστήματα είναι πιο αξιόπιστα
- Το frame-relay αναπτύχθηκε για την εκμετάλλευση της αξιοπιστίας και των ταχυτήτων των σύγχρονων συστημάτων (προβλέπει μειωμένο overhead για έλεγχο λαθών)

Asynchronous Transfer Mode- Ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς

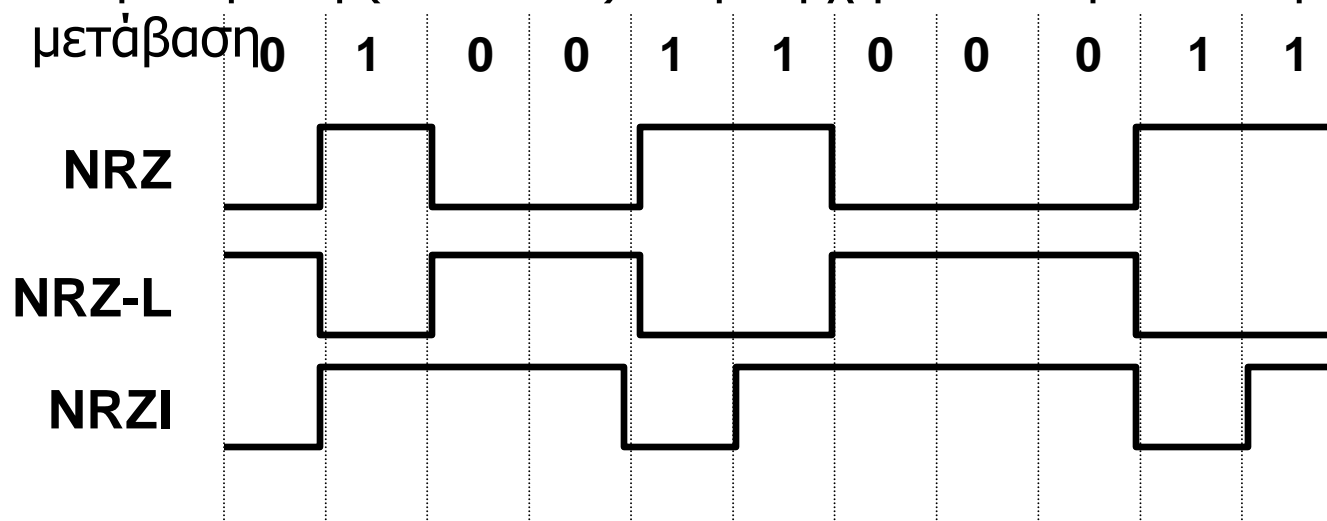
- ATM
- Εξέλιξη του frame relay
- Πολύ λίγο overhead για έλεγχο λαθών
- Προβλέπει πακέτα σταθερού μεγέθους τα οποία ονομάζονται κελιά (cell)
- Υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες (από 10Mbps ως Gbps)
- Διασφαλίζει σταθερό ρυθμό δεδομένων χρησιμοποιώντας μεταγωγή πακέτου (μεταγωγή νοητού κυκλώματος)

Κεφάλαιο 1

Επιπλέον (προαιρετικό) υλικό

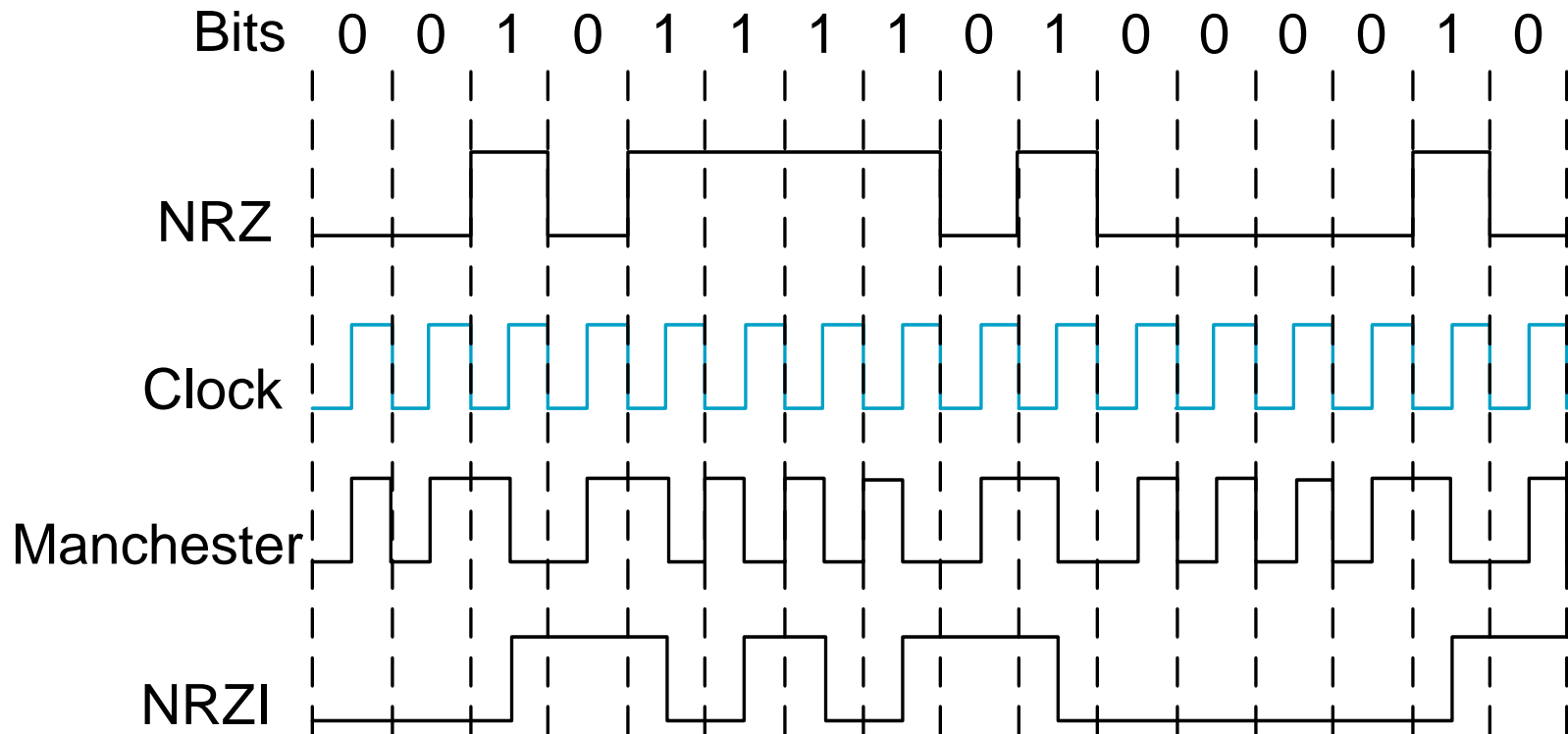
Κωδικοποίηση

- Non-Return to Zero (NRZ)
 - 0= χαμηλή στάθμη (0 volt), 1= υψηλή στάθμη (5 volt)
- Non-Return to Zero (NRZ-L)
 - 1= χαμηλή στάθμη (0 volt), 0= υψηλή στάθμη (5 volt)
- Non-Return to Zero, Invert on one (NRZI)
 - 1= μετάβαση (transition) στην αρχή του παλμού. 0=μη μετάβαση



Πρόβλημα: Συγχρονισμός πομπού-δέκτη!

Κώδικας Manchester



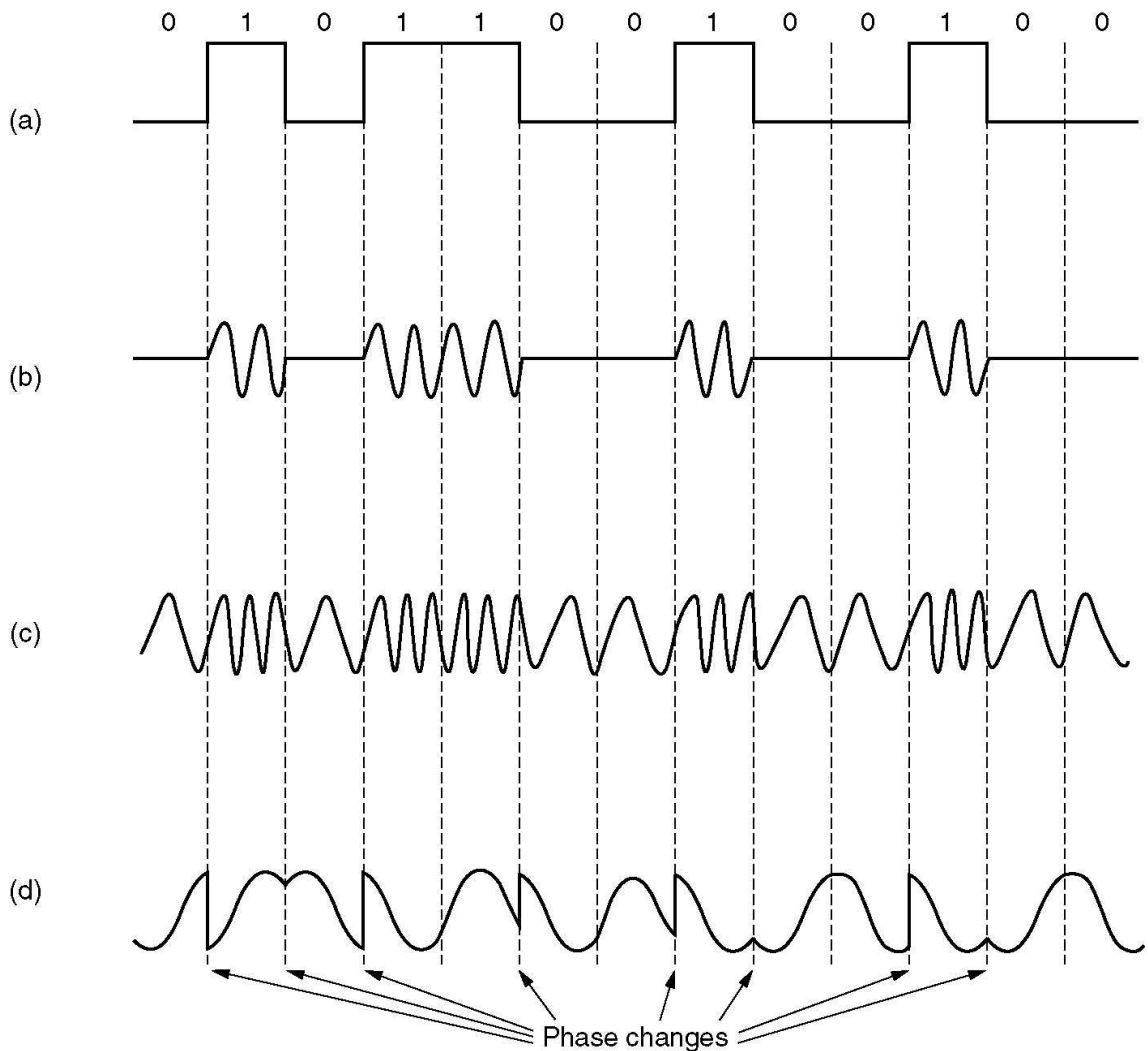
Πρόβλημα: Ο κώδικας Manchester χρειάζεται διπλάσιο εύρος ζώνης (50% απόδοση)

Κωδικοποίηση

- Κώδικας 4B/5B
 - Κάθε 4-bits αντικαθίστανται με ένα νέο κώδικα μήκους 5-bits έτσι ώστε ο νέος κώδικας
 - δεν έχει περισσότερα από ένα αρχικά μηδενικά
 - ούτε περισσότερα από δύο μηδενικά στο τέλος.
 - Ο νέος κώδικας μεταδίδεται χρησιμοποιώντας κωδικοποίηση NRZI.
 - Ο κώδικας 4B/5B έχει απόδοση 80%

Διαμόρφωση (Modulation)

Για τη μετάδοση,
ένας συρμός
δυναμικών ψηφίων
διαμορφώνεται σε
αναλογικό σήμα



Πλαισίωση (Framing)

- Στο επίπεδο «ζεύξης δεδομένων» δύο υπολογιστές ανταλλάσσουν *πλαίσια* (frames).
- Ένα πλαίσιο περιέχει:
 - Διεύθυνση παραλήπτη
 - Δεδομένα
 - Κώδικα ανίχνευσης σφαλμάτων κατά την επικοινωνία
 - Αρχή και τέλος!
 - Πρωτόκολλο (προαιρετικό: σε περίπτωση που κάποια μηχανή υποστηρίζει διάφορα πρωτόκολλα)