



Ανασκόπηση Δικτύων Η/Υ



Δίκτυα

- Το δίκτυο είναι ένα σύνολο υπολογιστικών μηχανών συνδεδεμένων μέσω τηλεπικοινωνιακών διαύλων.
- Οι μηχανές μπορεί να είναι:
 - general-purpose computers
 - other devices (phones, Coke machines)
 - specialized network components
 - routers
 - switches



Κίνητρα Δικτύωσης

- Why connect to a network?
 - Share resources
 - help people communicate
- Sharing resources
 - from printers to supercomputer centers
- Helping people communicate
 - email, Web, active documents



Συστατικά Στοιχεία Δικτύων

- Μέσα μετάδοσης
- Ηλεκτρονικά στοιχεία και συσκευές (υλικό):
δρομολογητές, διακομιστές, γέφυρες, επαναλήπτες,
δικτυακές διαπροσωπείες κλπ.
- Λογισμικά συστατικά: στοίβες πρωτοκόλλων,
προγράμματα διαχείρισης επικοινωνιών, οδηγοί
(drivers).

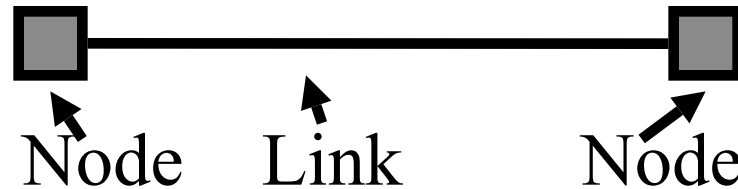


Βασικές Αρχές Δικτύων

- Τοπολογία-συνδετικότητα
- Διαμεταγωγή πακέτων (packet transmission)
- Data streaming
- Switching
- Πρωτόκολλα



Simple Network: Nodes and a Link



- **Node:** computer
 - End host: general-purpose computer, cell phone, PDA
 - Network node: switch or router
- **Link:** physical medium connecting nodes
 - Twisted pair: the wire that connects to telephones
 - Coaxial cable: the wire that connects to TV sets
 - Optical fiber: high-bandwidth long-distance links
 - Space: propagation of radio waves, microwaves, ...



Network Components

Links



Fibers



Coaxial Cable

Interfaces

Ethernet card



Wireless card



Switches/routers

Large router



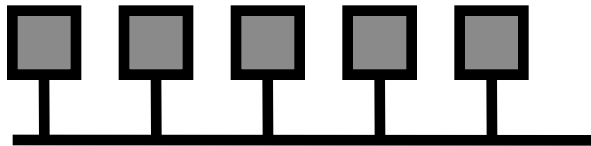
Telephone switch



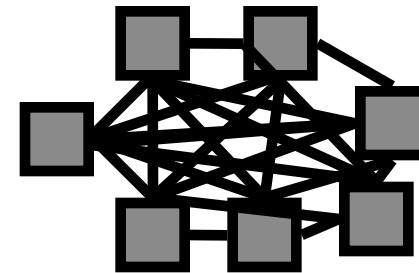


Connecting More Than Two Hosts

- **Multi-access link:** Ethernet, wireless
 - Single physical link, shared by multiple nodes
 - Limitations on distance and number of nodes
- **Point-to-point links:** fiber-optic cable
 - Only two nodes (separate link per pair of nodes)
 - Limitations on the number of adapters per node



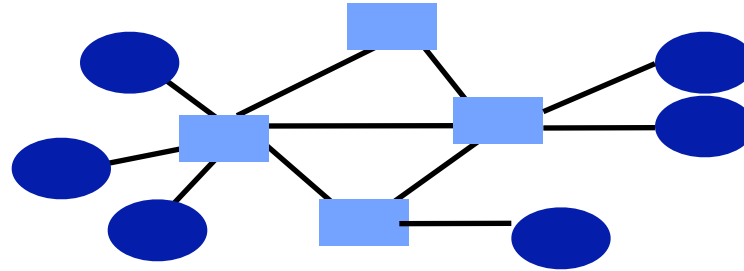
multi-access link



point-to-point links



Beyond Directly-Connected Networks



- Switched network
 - End hosts at the edge
 - Network nodes that switch traffic
 - Links between the nodes
- Multiplexing
 - Many end hosts communicate over the network
 - Traffic shares access to the same links



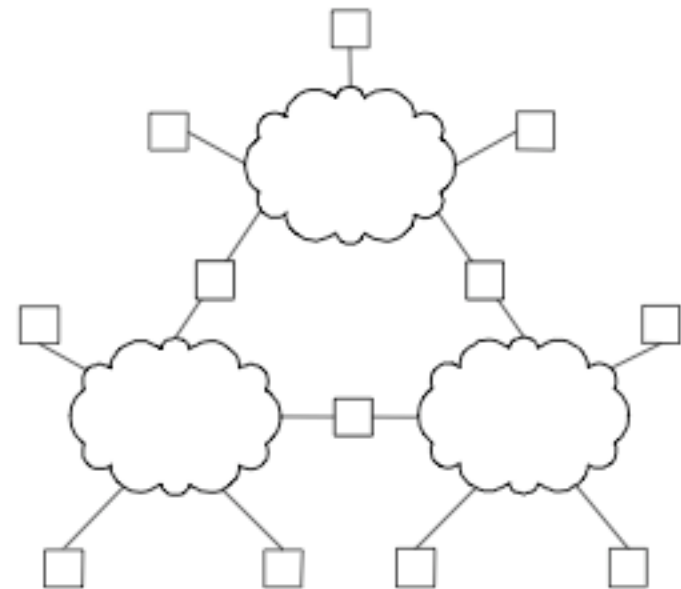
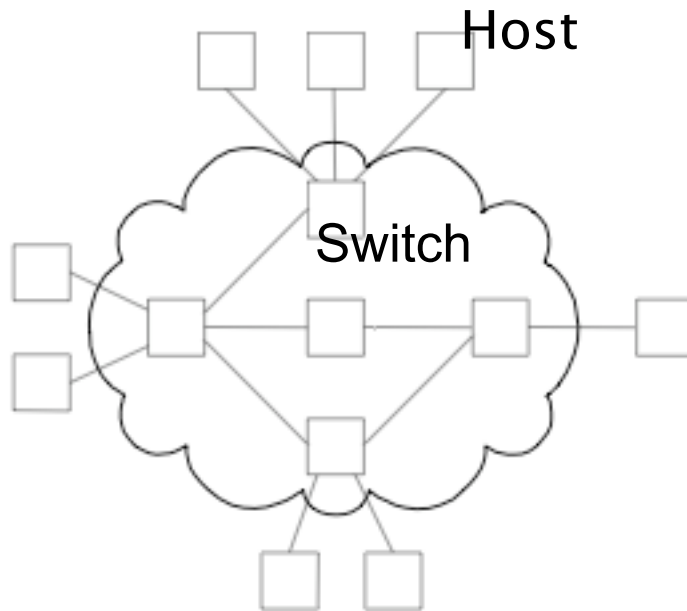
Τοπολογίες

- Δακτύλιος - Ring
- Αστέρι - Star
- Δίαυλος - Bus
- Πλέγμα - Mesh
- Κλίκα - Clique



Δίκτυα Διαμεταγωγής (switched networks)

- Εμπεριέχουν ειδικούς κόμβους (switches) που συνδέονται με τουλάχιστον δύο ζεύξεις (links) και τρέχουν λογισμικό για την μεταγωγή των δεδομένων από τη μία ζεύξη στην άλλη.





Σχήματα μεταγωγής (switching)

- Circuit switching
- Packet switching
- Broadcast
- Virtual circuit-Frame relay

Διαμεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching)

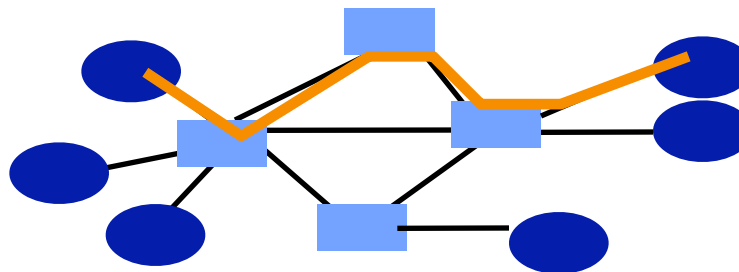


- Example: telephony
- Resources reserved during call setup
- resources dedicated for duration of call
- conservative
 - guarantee high quality of service to all calls
 - resources dedicated even if call does not always need them
 - good for constant-bit-rate traffic



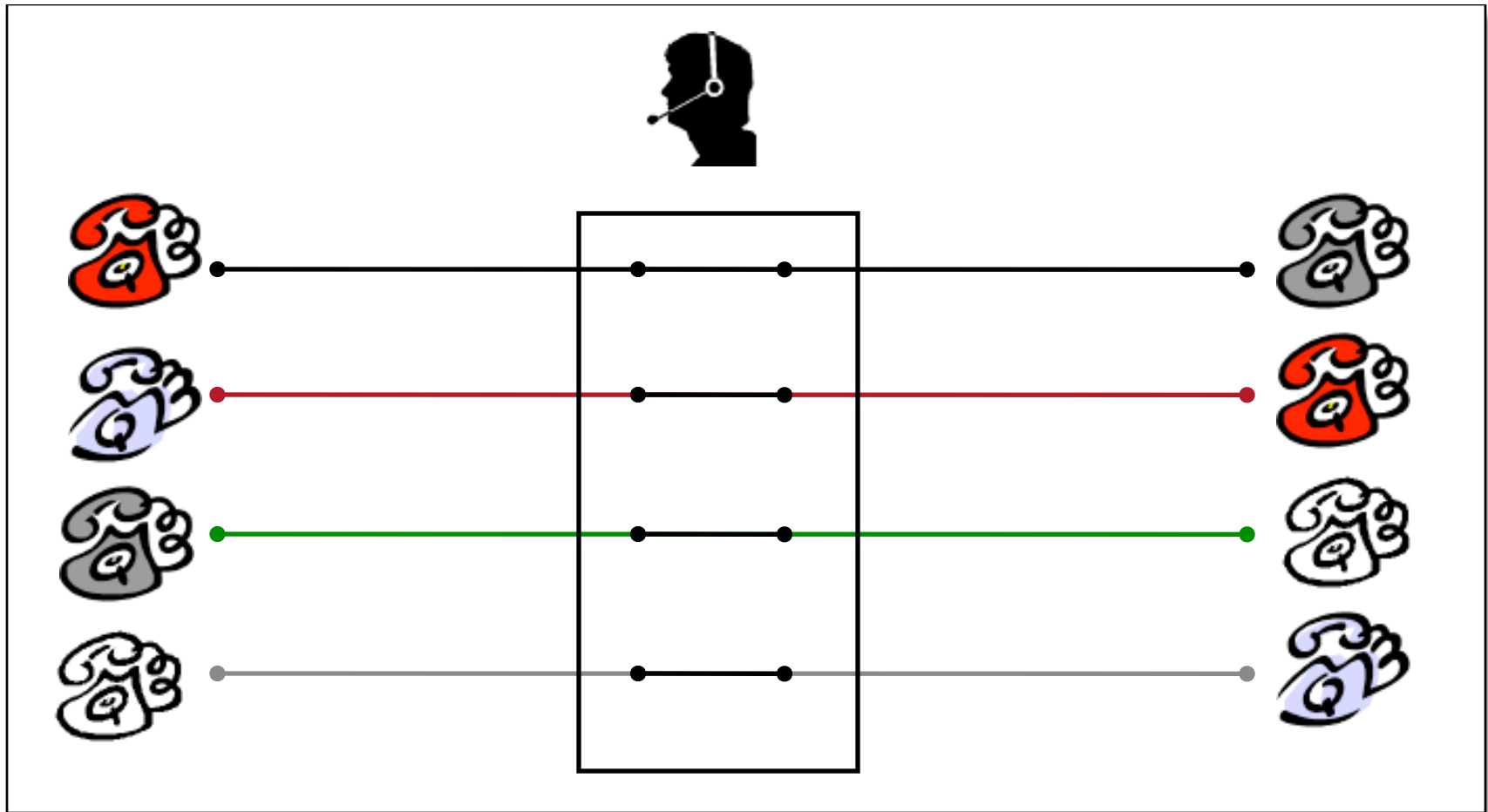
Circuit Switching (e.g., Phone Network)

- Source establishes connection to destination
 - Node along the path store connection info
 - Nodes may reserve resources for the connection
- Source sends data over the connection
 - No destination address, since nodes know path
- Source tears down connection when done





Circuit Switching With Human Operator

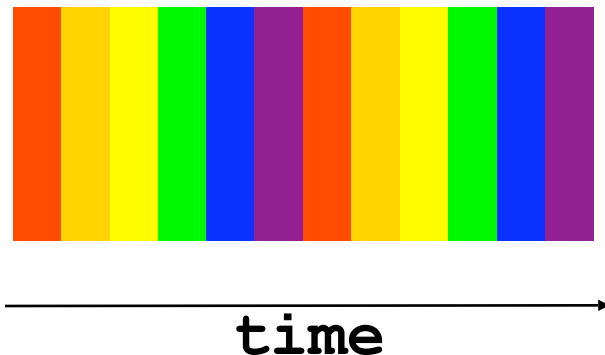




Circuit Switching: Multiplexing a Link

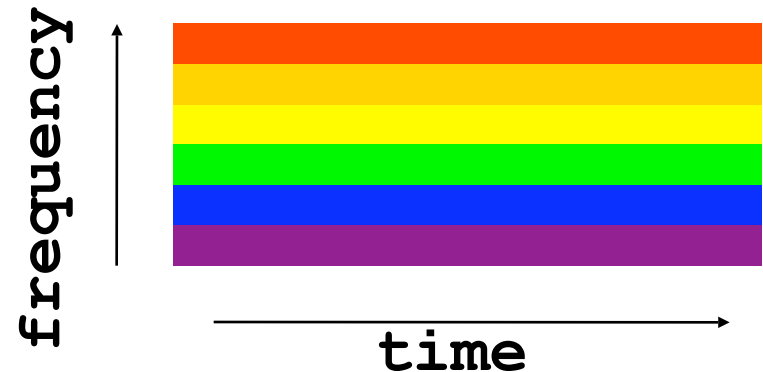
- Time-division

- Each circuit allocated certain time slots



- Frequency-division

- Each circuit allocated certain frequencies





Advantages of Circuit Switching

- Guaranteed bandwidth
 - Predictable communication performance
 - Not “best-effort” delivery with no real guarantees
- Simple abstraction
 - Reliable communication channel between hosts
 - No worries about lost or out-of-order packets
- Simple forwarding
 - Forwarding based on time slot or frequency
 - No need to inspect a packet header
- Low per-packet overhead
 - Forwarding based on time slot or frequency
 - No IP (and TCP/UDP) header on each packet



Disadvantages of Circuit Switching

- Wasted bandwidth
 - Bursty traffic leads to idle connection during silent period
 - Unable to achieve gains from statistical multiplexing
- Blocked connections
 - Connection refused when resources are not sufficient
 - Unable to offer “okay” service to everybody
- Connection set-up delay
 - No communication until the connection is set up
 - Unable to avoid extra latency for small data transfers
- Network state
 - Network nodes must store per-connection information
 - Unable to avoid per-connection storage and state



Διαμεταγωγή πακέτων

- Στις περισσότερες εφαρμογές δικτύων υπολογιστών, υπάρχει η ανάγκη για μεταγωγή λογικών ενοτήτων πληροφορίας ή *μηνυμάτων* – δηλαδή σειράς δεδομένων μη προκαθορισμένου μεγέθους.
- Για την μεταγωγή του, ένα μήνυμα τεμαχίζεται σε *πακέτα* – συνήθως σειρά δυαδικών ψηφίων ή χαρακτήρων με περιορισμένο μήκος.
- Τα πακέτα περιέχουν τμήμα του υπό μετάδοση μηνύματος μαζί με τις απαραίτητες διευθύνσεις για τον καθορισμό του αποστολέα και του παραλήπτη.
- Το μήκος των πακέτων είναι περιορισμένο-προκαθορισμένο ώστε:
 - Κάθε Η/Υ του δικτύου να μπορεί να δεσμεύσει την αναγκαία μνήμη αποθήκευσης για εισερχόμενα πακέτα.
 - Να αποφευχθούν υπερβολικές καθυστερήσεις λόγω φόρτου σε επικοινωνιακούς διαύλους, οι οποίοι μεταδίδουν πολύ μεγάλα πακέτα.
- Η μεταφορά μηνυμάτων δεν καλύπτει τις ανάγκες εφαρμογών μετάδοσης πολυμέσων – οι οποίες επιβάλλουν άλλους τρόπους μετάδοσης για την εξασφάλιση του αναγκαίου QoS.



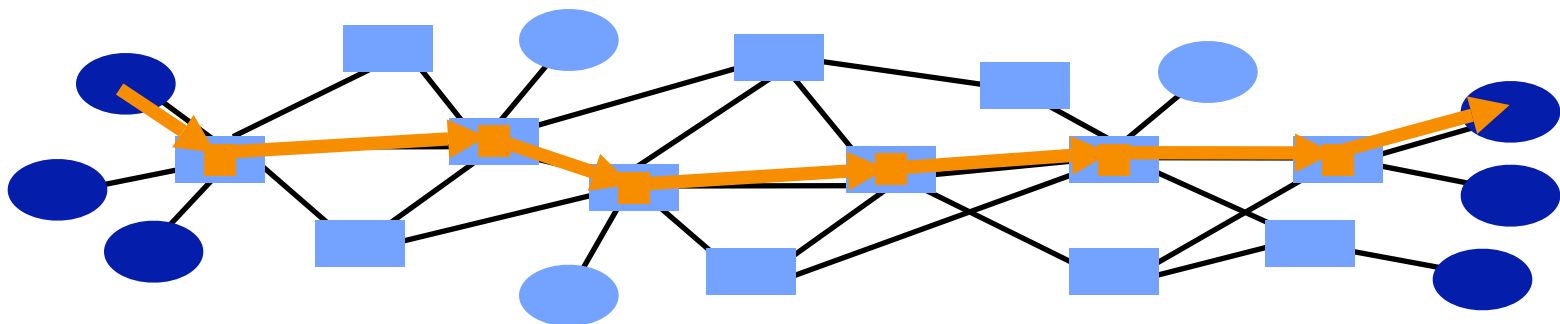
Διαμεταγωγή πακέτων

- Alternative to circuit switching
 - example: Internet
- entering data divided into packets
- Store-and-forward
- packets in network share resources
 - no performance guarantees
- queue packets if link contention
- statistical multiplexing of resources



Packet Switching (e.g., Internet)

- Data traffic divided into packets
 - Each packet contains a header (with address)
- Packets travel separately through network
 - Packet forwarding based on the header
 - Network nodes may store packets temporarily
- Destination reconstructs the message





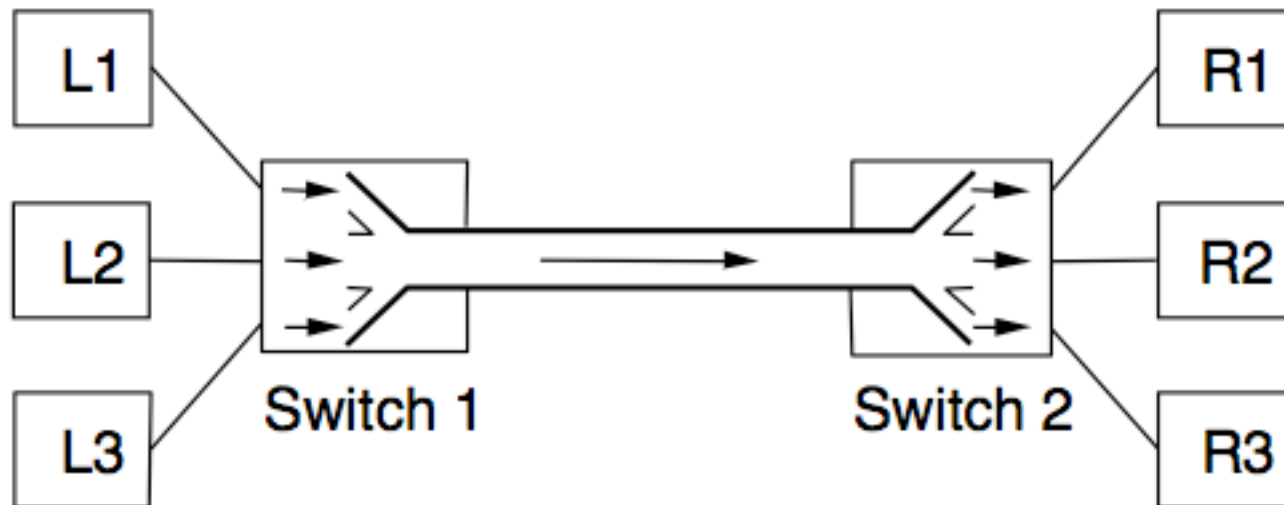
Virtual Circuit

- Cross between circuit switching and packet switching
 - set up path before data flows
 - resources along path are shared
 - example: asynchronous transfer mode (ATM)
 - cheaper than circuit switching, better guarantees than packet switching
 - but complicated



Πολυπλεξία (multiplexing)

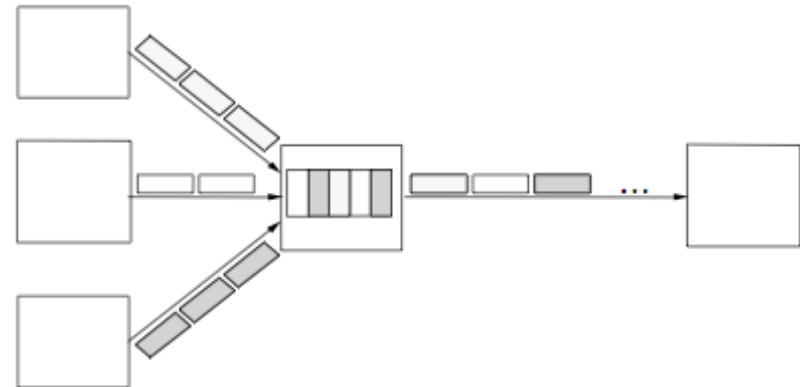
- Synchronous Time-Division Multiplexing (STDM)
- Frequency Division Multiplexing (FDM)





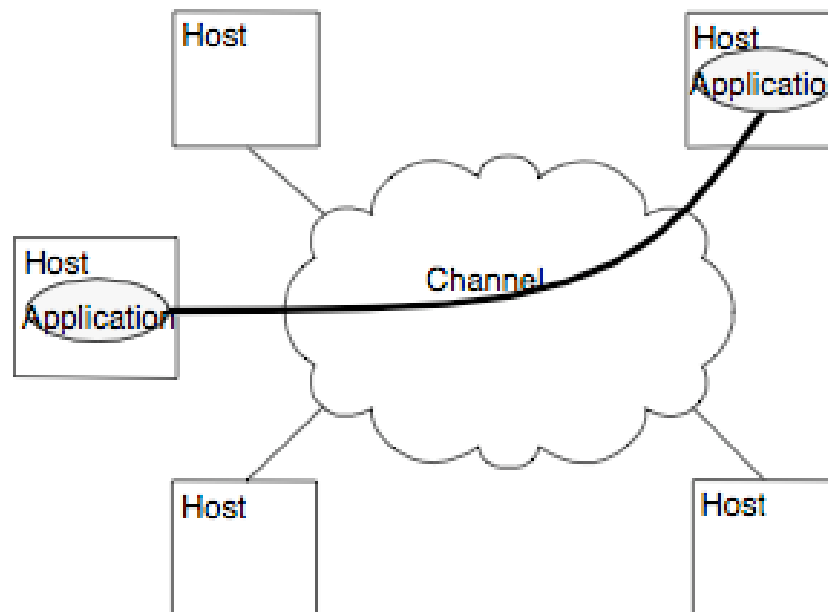
Statistical Multiplexing

- Κατά παραγγελία διαχωρισμός χρόνου (on-demand time division)
- Δέσμευση ζεύξης ανά εισερχόμενο πακέτο.
- Διεμπλοκή πακέτων από διαφορετικές πηγές.
- Όταν στέλνονται πακέτα με μεγαλύτερο ρυθμό από αυτά που μπορεί να προωθήσει η ζεύξη, γίνεται αποθήκευση των πακέτων στον μεταγωγέα.
- Όταν η κατάσταση αυτή συνεχιστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα και γεμίσει η αποθήκη, κάποια πακέτα θα πρέπει να πεταχτούν (συνωστισμός - **congestion**).



Υποστήριξη κοινών υπηρεσιών

- Υποστήριξη της επικοινωνίας/αλληλεπίδρασης μεταξύ προγραμμάτων που τρέχουν στους κόμβους του δικτύου.
 - From host-to-host to process-to-process communication
 - Ποιά λειτουργικότητα ακριβώς;





Κοινά Πρότυπα Αλληλεπίδρασης/Επικοινωνίας

- Request/Reply channels
 - Distributed file systems (NFS)
 - Digital Libraries (WWW)
- Message Stream channels
 - Video: sequence of frames
 - Applications:
 - Video-on-demand
 - Videoconferencing
- Σχεδιαστική πρόκληση:
 - Ποιά λειτουργικότητα για τον δίαυλο;
 - Πού θα υλοποιηθεί αυτή η λειτουργικότητα;



Αξιοπιστία - Reliability

- Πιθανά προβλήματα και σφάλματα στα δίκτυα Η/Υ:
 - Bit errors, συνήθως πολλά μαζί - αποτέλεσμα παρεμβολών
 - Packet-level errors - αποτέλεσμα συνωστισμού
 - Link and node failures - αποτέλεσμα προβλημάτων σε λογισμικό, πτώσεων τάσης, σφαλμάτων διαχειριστών συστήματος.
- Συνέπειες:
 - Καθυστέρηση μηνυμάτων
 - Παράδοση μηνυμάτων με λάθος σειρά



Network Protocols

Πρωτόκολλα Δικτύωσης



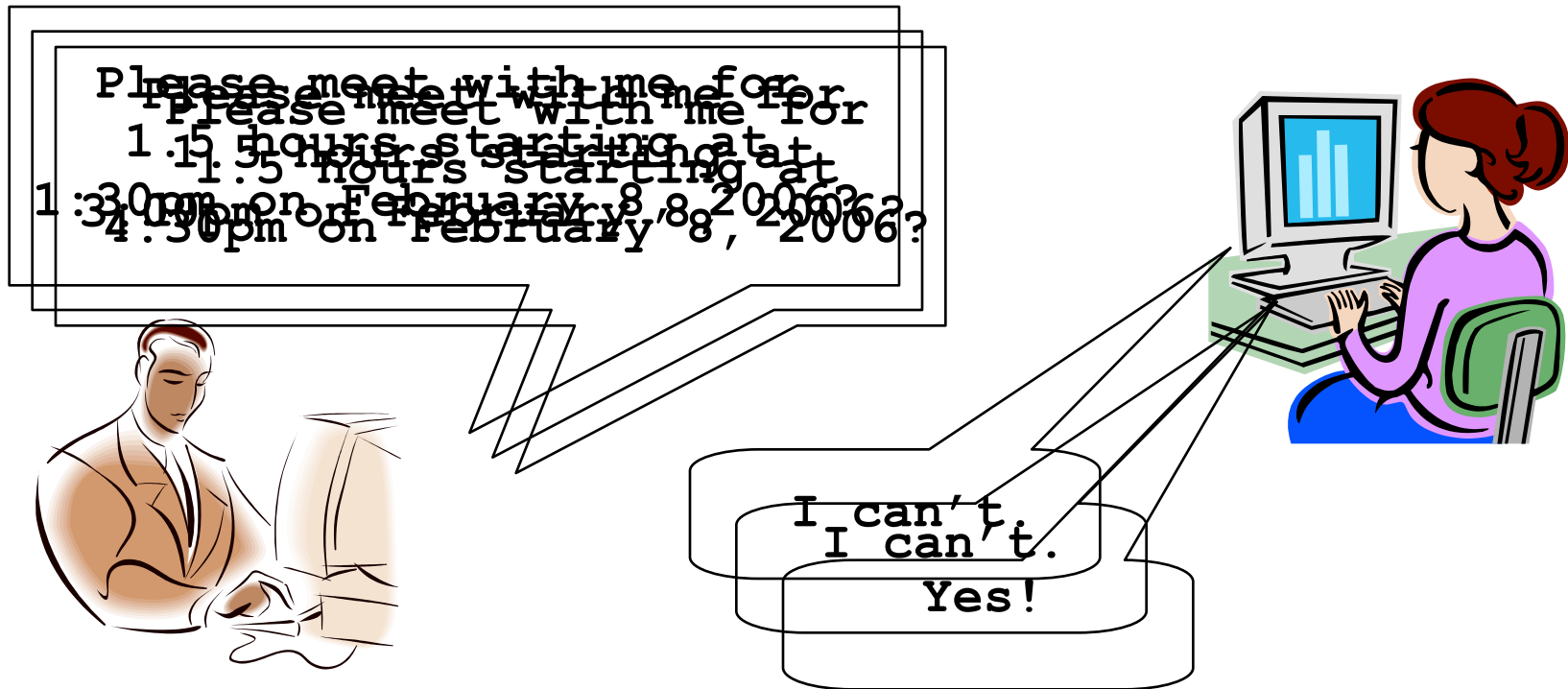
Πρωτόκολλα

- “The forms of ceremony and etiquette observed by diplomats and heads of state.”
From Greek *protos*, first + *kollema*, sheets of papyrus glued together = table of contents.
- Proper behavior, required for independent beings to cooperate
- Examples:
 - Meeting someone on the street (varies by culture)
 - Attending class
 - Making a purchase
 - Having a conversation



Protocols: Calendar Service

- Making an appointment with your advisor



- Specifying the messages that go back and forth
 - And an understanding of what each party is doing



Okay, So This is Getting Tedious

- You: When are you free to meet for 1.5 hours during the next two weeks?
- Advisor: 10:30am on Feb 8 and 1:15pm on Feb 9.
- You: Book me for 1.5 hours at 10:30am on Feb 8.
- Advisor: Yes.



Well, Not Quite Enough

- Student #1: When can you meet for 1.5 hours during the next two weeks?
- Advisor: 10:30am on Feb 8 and 1:15pm on Feb 9.
- Student #2: When can you meet for 1.5 hours during the next two weeks?
- Advisor: 10:30am on Feb 8 and 1:15pm on Feb 9.
- Student #1: Book me for 1.5 hours at 10:30am on Feb 8.
- Advisor: Yes.
- Student #2: Book me for 1.5 hours at 10:30am on Feb 8.
- Advisor: Uh... well... I can no longer can meet then. I'm free at 1:15pm on Feb 9.
- Student #2: Book me for 1.5 hours at 1:15pm on Feb 9.



Specifying the Details

- How to identify yourself?
 - Name? Social security number?
- How to represent dates and time?
 - Time, day, month, year? In what time zone?
 - Number of seconds since Jan 1, 1970?
- What granularities of times to use?
 - Any possible start time and meeting duration?
 - Multiples of five minutes?
- How to represent the messages?
 - Strings? Record with name, start time, and duration?
- What do you do if you don't get a response?
 - Ask again? Reply again?



Example: HyperText Transfer Protocol

GET /courses/archive/spring06/cos461/ HTTP/1.1

Host: www.cs.princeton.edu

User-Agent: Mozilla/4.03

CRLF

Request

HTTP/1.1 200 OK

Date: Mon, 6 Feb 2006 13:09:03 GMT

Server: Netscape-Enterprise/3.5.1

Last-Modified: Mon, 6 Feb 2006 11:12:23 GMT

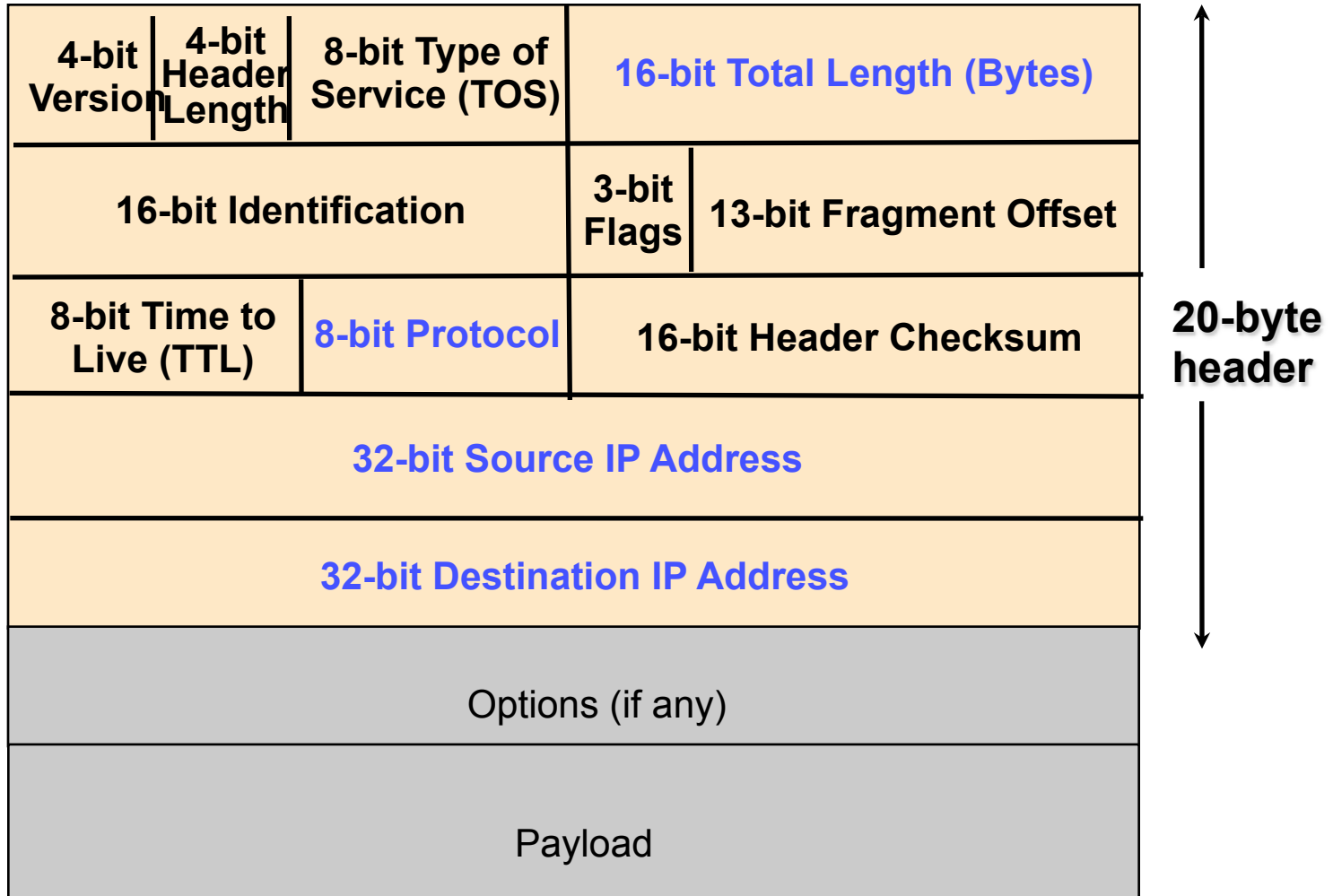
Content-Length: 21

CRLF

Site under construction

Response

Example: IP Packet

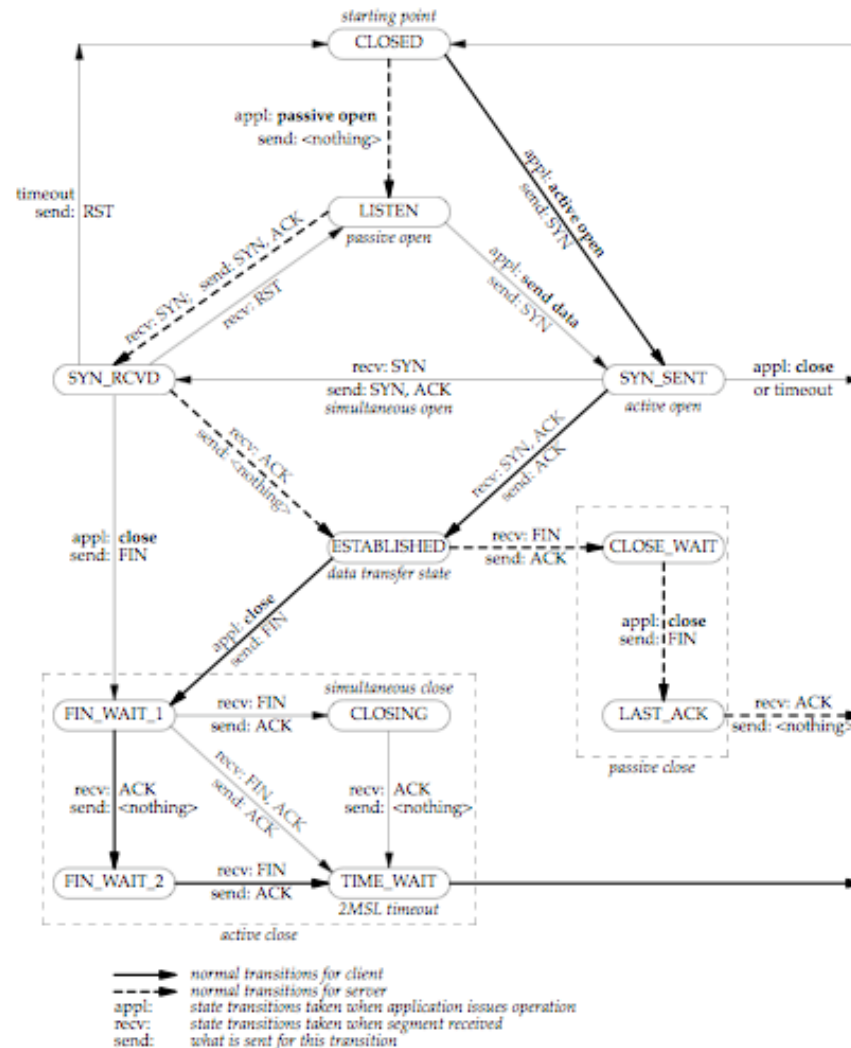




Πρωτόκολλα Δικτύων

- “Δομικές λίθοι” μιας δικτυακής αρχιτεκτονικής:
 - Καθορίζουν μια τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία, την οποία διαθέτουν “τοπικά” σε έναν κόμβο του δικτύου, μαζί με ένα σύνολο από κανόνες που προσδιορίζουν τα μηνύματα που ανταλλάσσονται ανάμεσα σε κόμβους που υλοποιούν το πρωτόκολλο.
- Κάθε αντικείμενο πρωτοκόλλου έχει δύο διαπροσωπείες:
 - Διαπροσωπεία υπηρεσίας (service interface): καθορίζει τι είδους αλληλεπιδράσεις επιτρέπονται **τοπικά**.
 - Διαπροσωπεία ομοτίμων (peer interface): καθορίζει τη μορφή και τη σημασιολογία των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται ανάμεσα σε **απομακρυσμένους κόμβους** που επικοινωνούν μεέσω του πρωτοκόλλου.
- Με ποιό τρόπο ορίζεται η προδιαγραφή ενός πρωτοκόλλου;
 - Περιγραφή σε φυσική γλώσσα, ψευδοκώδικας, διαγράμματα κατάστασης, διαγράμματα δομής πακέτων.

Διάγραμμα μετάβασης κατάστασης TCP

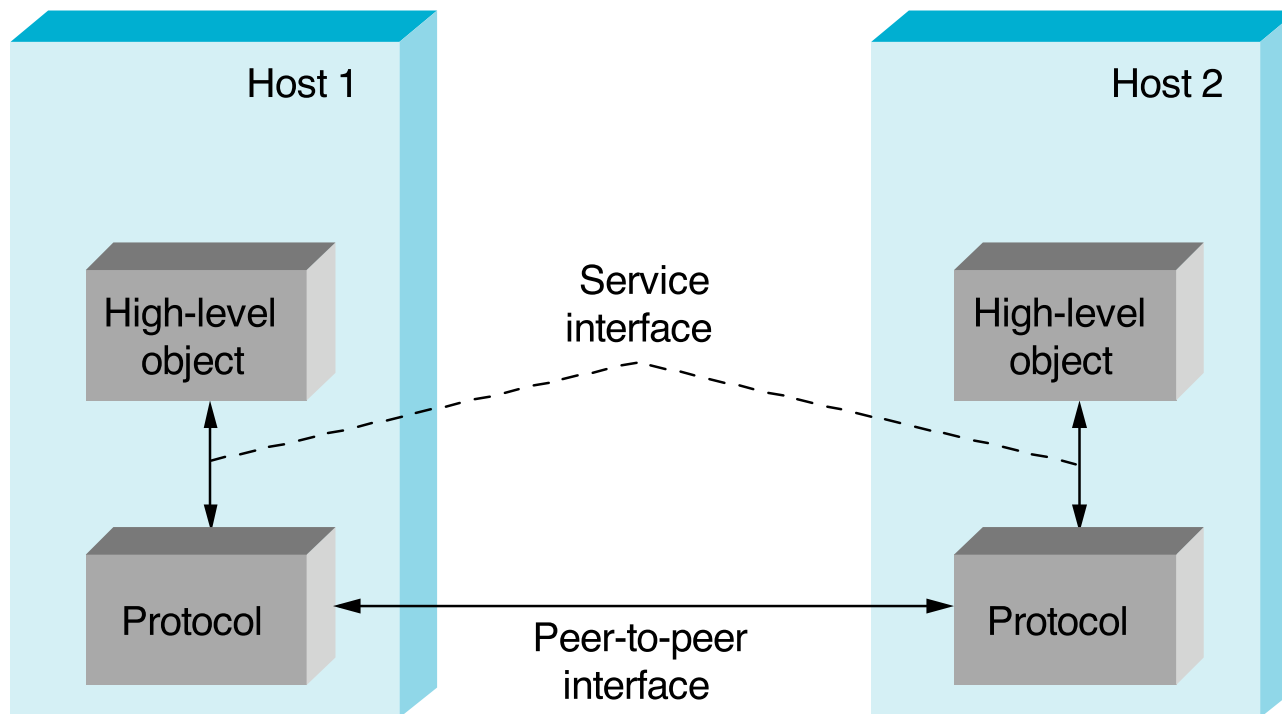


TCP state transition diagram.



Διαπροσωπείες πρωτοκόλλων

- Επικοινωνία ομοτίμων είναι συνήθως έμμεση (εκτός αν αφορά στη διαστρωμάτωση του υλικού)





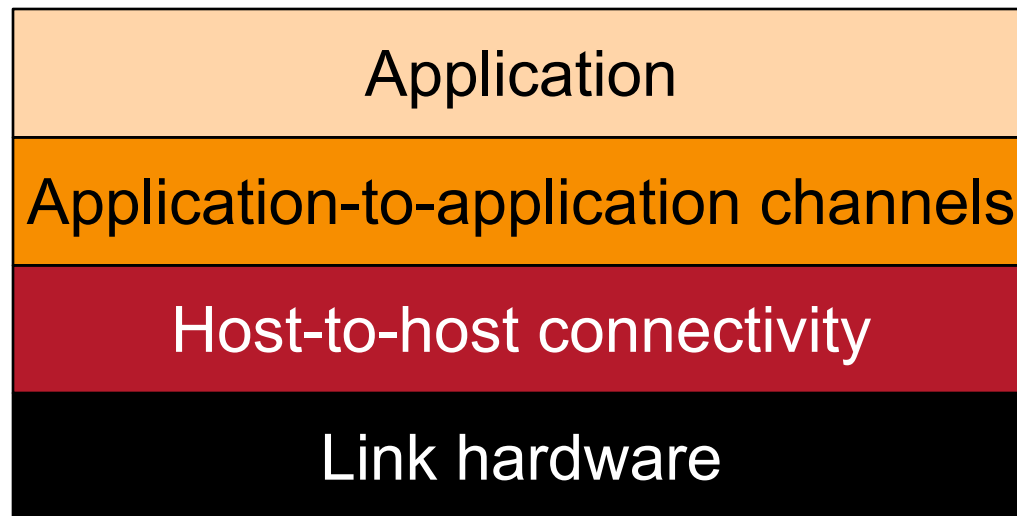
Layering

Η έννοια της Διαστρωμάτωσης



Διαστρωμάτωση

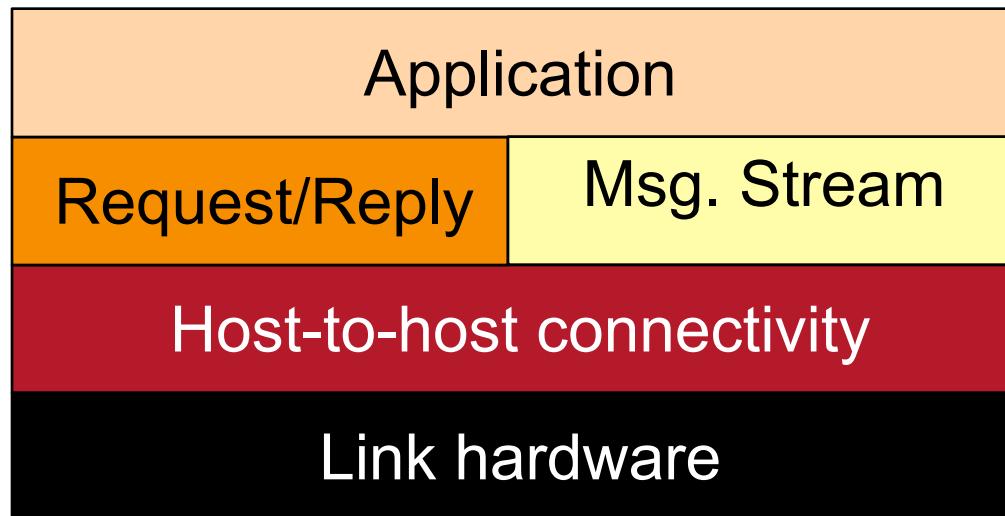
- Sub-divide the problem
 - Each layer relies on services from layer below
 - Each layer exports services to layer above
- Interface between layers defines interaction
 - Hides implementation details and complexity
 - Layers can change without disturbing other layers





Διαστρωμάτωση

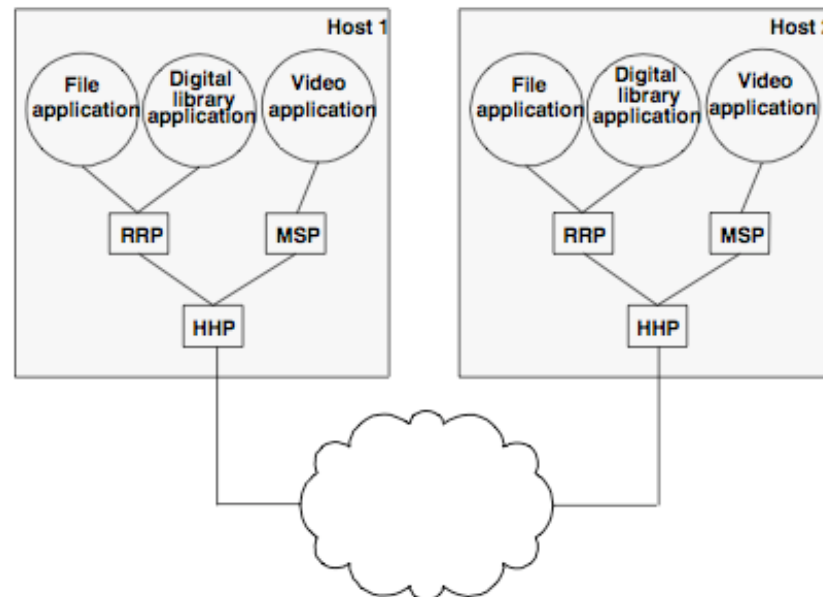
- Πιθανή η ύπαρξη περισσότερων αφαιρεσιών σε κάθε διαστρωμάτωση
- Αφαιρέσιες: πρωτόκολλα δικτύων





Στοίβα πρωτοκόλλων (protocol stack)

- Αναπαριστά τις σχέσεις αλληλεπίδρασης και εξάρτησης των διαφόρων πρωτοκόλλων.
- Αρχιτεκτονική Δικτύου: το σύνολο των κανόνων που καθορίζουν τη μορφή και το περιεχόμενο μιας στοίβας πρωτοκόλλων.





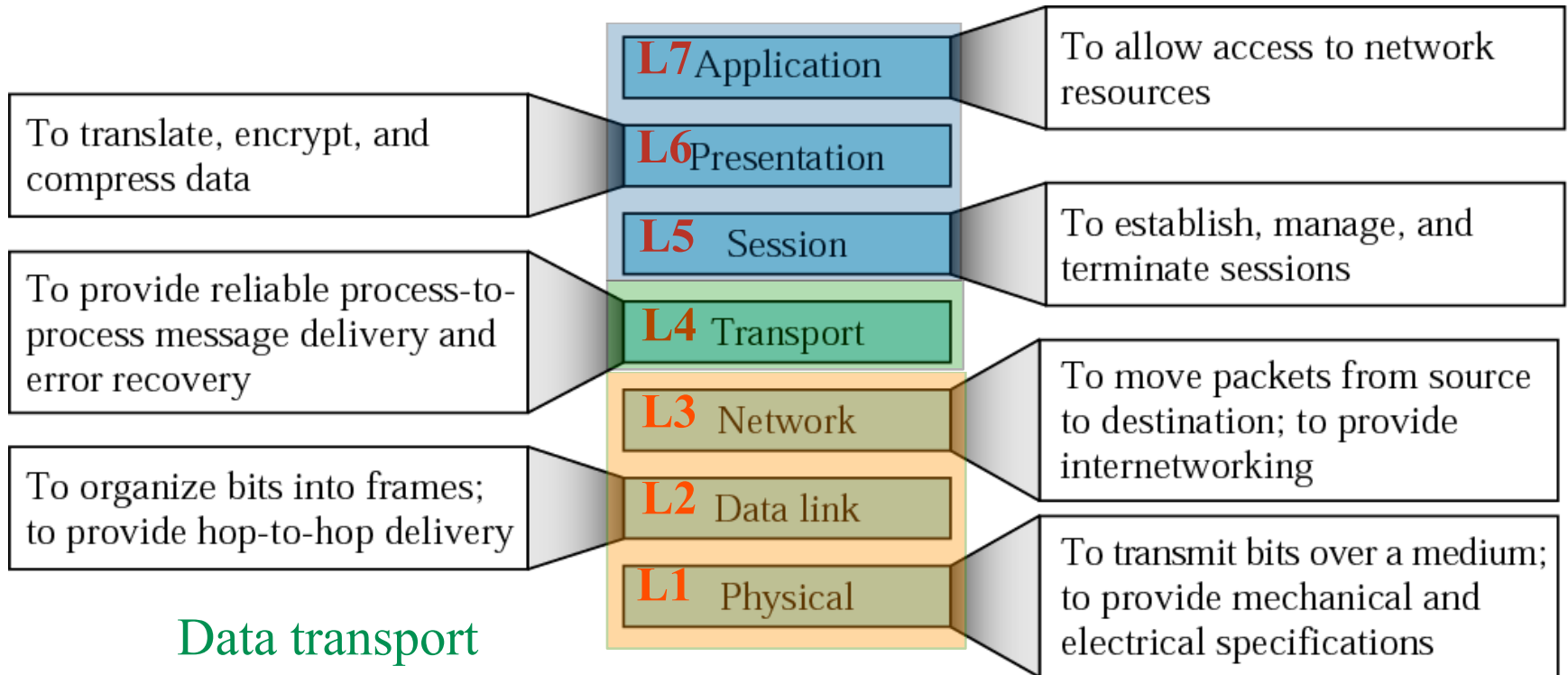
Το μοντέλο αναφοράς OSI

- Structure and function of data communications protocols are described according to the architectural model developed by ISO and called the *Open System Interconnect (OSI)*.
- The OSI Reference Model contains seven *layers* that define the functions of data communication protocols.
- A layer does not define a single protocol - it defines a data communications function that may be performed by any number of protocols. So, one layer may contain multiple protocols.
- Every protocol communicates with its *peer*. A peer is an implementation of the same protocols in the equivalent layer on a remote system.
- A complete set of protocol layers is referred to as *protocol suite* or *protocol stack*.



Οι διαστρωματώσεις του OSI

Application-related function

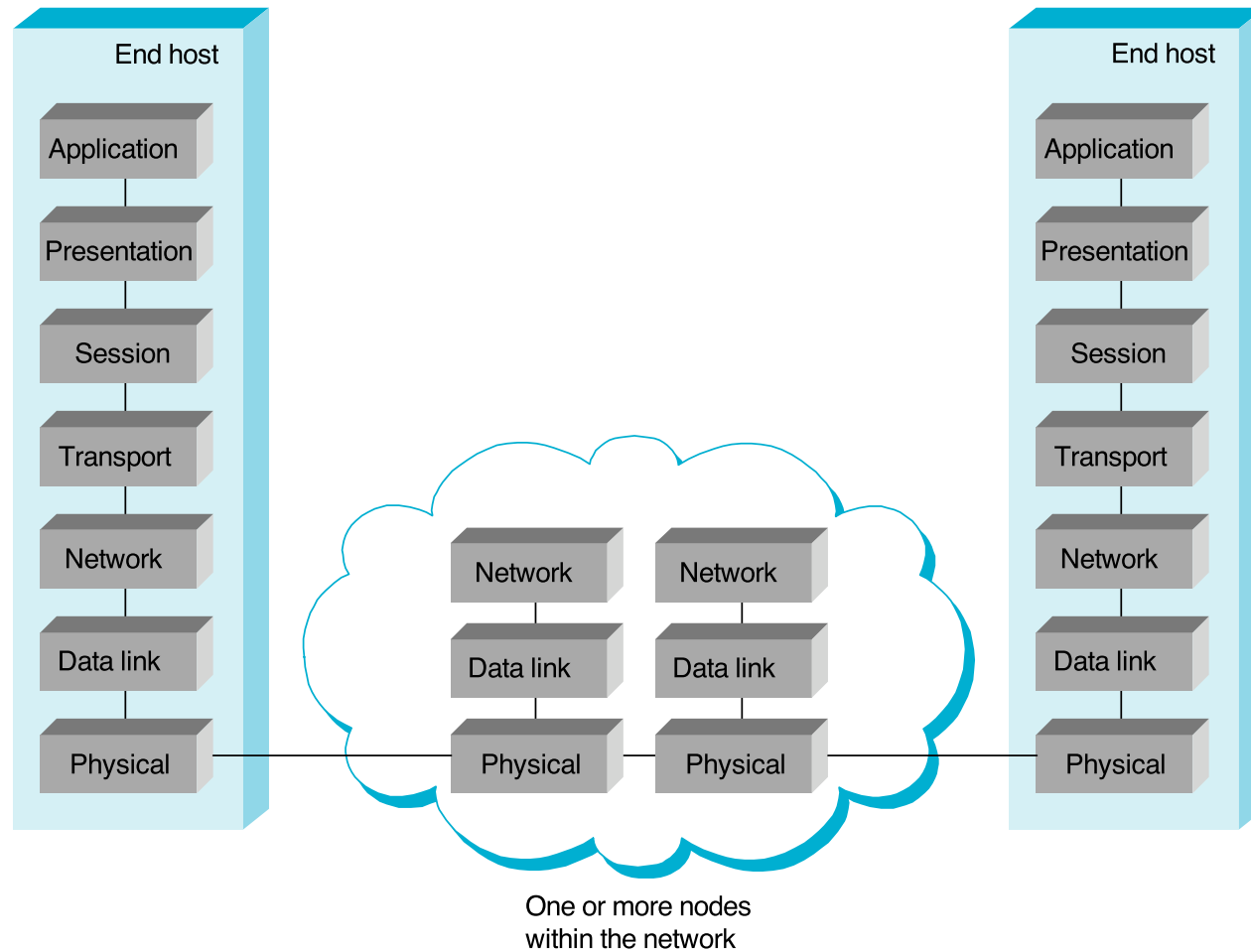


Data transport
function

Data transmission and
Routing functions



Οι διαστρωματώσεις του OSI





OSI protocol summary

<i>Layer</i>	<i>Description</i>	<i>Examples</i>
Application	Protocols that are designed to meet the communication requirements of specific applications, often defining the interface to a service.	HTTP,FTP , SMTP, CORBA IIOP
Presentation	Protocols at this level transmit data in a network representation that is independent of the representations used in individual computers, which may differ. Encryption is also performed in this layer, if required.	Secure Sockets (SSL),CORBA Data Rep.
Session	At this level reliability and adaptation are performed, such as detection of failures and automatic recovery.	
Transport	This is the lowest level at which messages (rather than packets) are handled. Messages are addressed to communication ports attached to processes, Protocols in this layer may be connection-oriented or connectionless.	TCP, UDP
Network	Transfers data packets between computers in a specific network. In a WAN or an internetwork this involves the generation of a route passing through routers. In a single LAN no routing is required.	IP, ATM virtual circuits
Data link	Responsible for transmission of packets between nodes that are directly connected by a physical link. In a WAN transmission is between pairs of routers or between routers and hosts. In a LAN it is between any pair of hosts.	Ethernet MAC, ATM cell transfer, PPP
Physical	The circuits and hardware that drive the network. It transmits sequences of binary data by analogue signalling, using amplitude or frequency modulation of electrical signals (on cable circuits), light signals (on fibre optic circuits) or other electromagnetic signals (on radio and microwave circuits).	Ethernet base- band signalling, ISDN



Network components at different layers

- Switched networks: use interconnected switches to deliver frames to intended hosts
 - Each switch uses a forwarding table that tells it on which link to forward a frame with a given MAC address
- L2 switches: use only L2-level information
- L3 switches/routers: use globally unique addresses provided by L3
 - Disadvantage: only information used for routing decisions is the global host address (these do not convey higher level information)
- L4 switches & routers with L4 capabilities: use L4 information to make routing decisions (destination port numbers, the connection to which a packet belongs)
- L7 switches: route packets using application-level data



Is Layering Harmful?

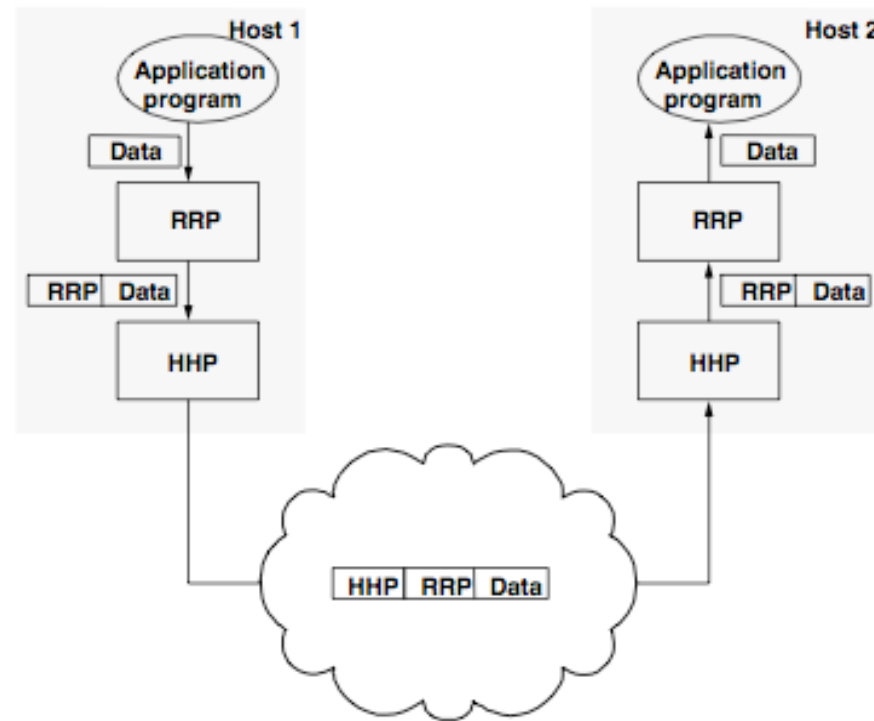
- Layer N may duplicate lower level functionality
 - E.g., error recovery to retransmit lost data
- Layers may need same information
 - E.g., timestamps, maximum transmission unit size
- Strict adherence to layering may hurt performance
 - E.g., hiding details about what is really going on
- Some layers are not always cleanly separated
 - Inter-layer dependencies for performance reasons
 - Some dependencies in standards (header checksums)
- Headers start to get really big
 - Sometimes more header bytes than actual content



Encapsulation

Η έννοια της Ενθυλάκωσης

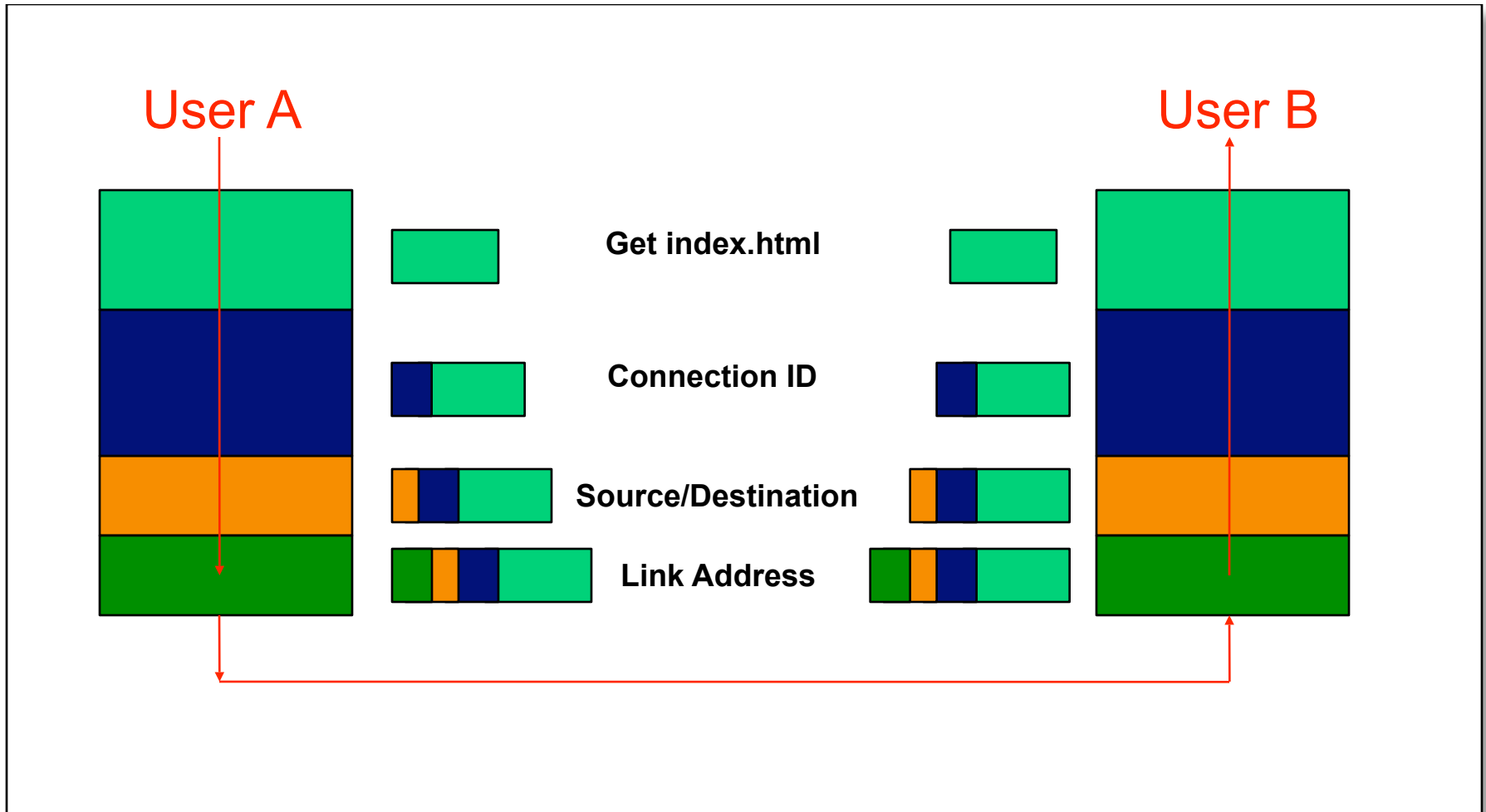
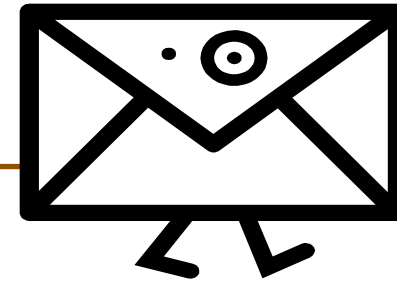
Ενθυλάκωση - encapsulation



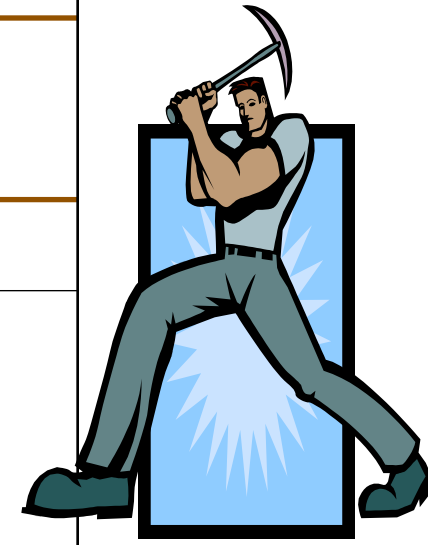
- Μετάδοση:

- Δεδομένων στο ωφέλιμο φορτίο των μηνυμάτων (payload)
- Πληροφοριών ελέγχου (control information) με:
 - Επικεφαλίδες - headers, ή με
 - Επιθέματα - trailers

Layer Encapsulation



What if the Data Doesn't Fit?



Problem: Packet size

- On Ethernet, max IP packet is 1500 bytes
- Typical Web page is 10 kbytes

Solution: Split the data across multiple packets



ml



x.ht



inde



GET



GET index.html

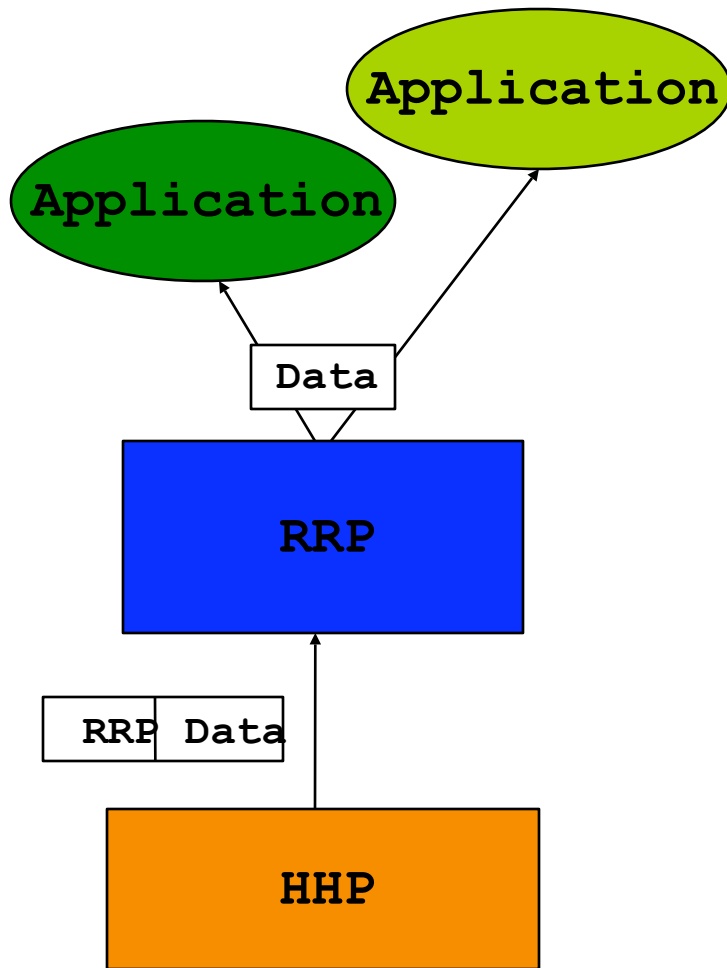


Multiplexing

Η έννοια της Πολυπλεξίας

Πολυπλεξία - αποπολυπλεξία

Multiplexing-demultiplexing

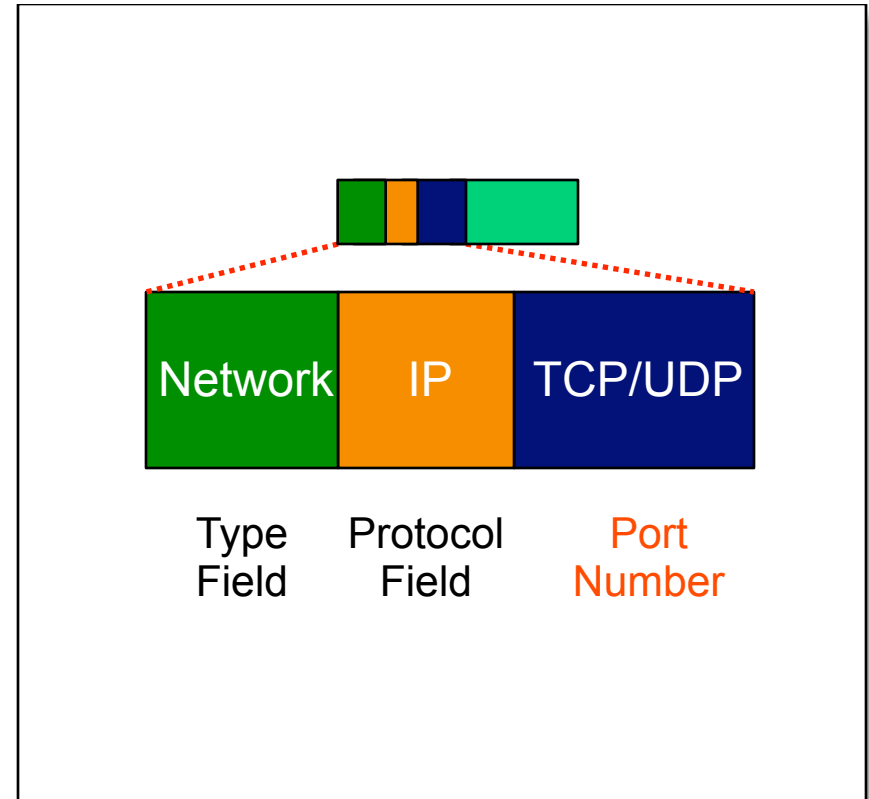
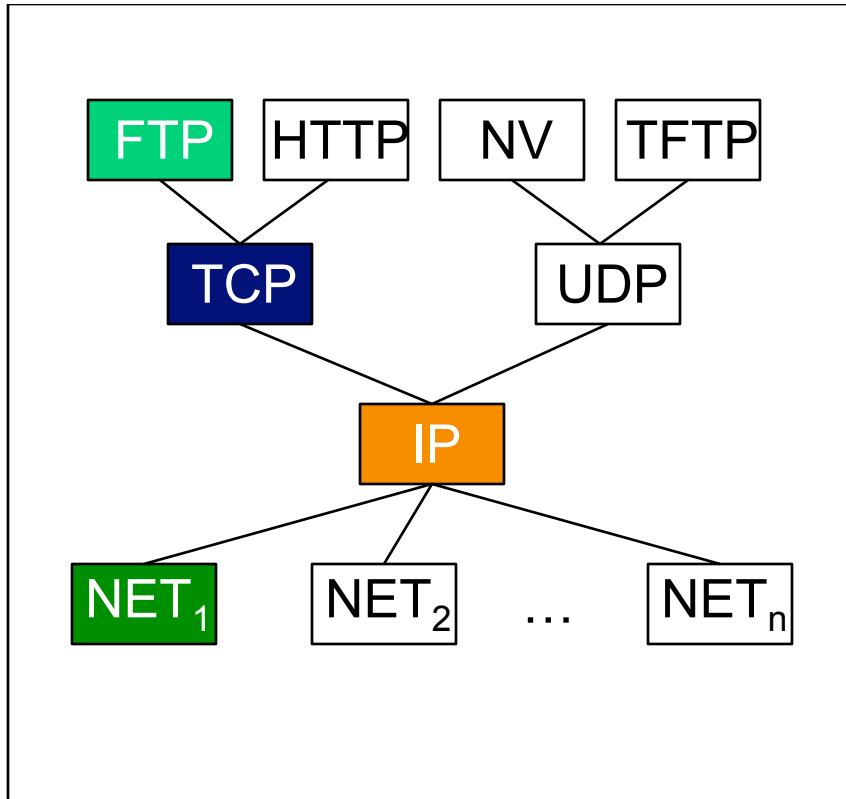


- Για να μπορεί το RRP να αποπολυπλέκει τα μηνύματα προς διαφορετικές εφαρμογές, πρέπει στην επικεφαλίδα του να περιέχεται ένα κλειδί αποπολυπλεξίας (demux key).
- Το demux key καθορίζει σε ποιά εφαρμογή πρέπει να προωθηθεί το περιεχόμενο ενός μηνύματος RRP.



Protocol Demultiplexing

- Multiple choices at each layer





Demultiplexing: Port Numbers

- Differentiate between multiple transfers
 - Knowing source and destination host is not enough
 - Need an id for *each transfer* between the hosts
- Specify a particular service running on a host
 - E.g., HTTP server running on port 80
 - E.g., FTP server running on port 21

