



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Bộ môn: Kỹ thuật máy tính và mạng

MÔN HỌC: MẠNG MÁY TÍNH

Giảng viên: TS. Trần Văn Hội

Email: hoitv@tlu.edu.vn

Điện thoại: 0944.736.007

GIỚI THIỆU MÔN HỌC

❖ **Số tín chỉ: 3 (LT: 3)**

❖ **Đánh giá:**

➤ *Điểm quá trình: 40% (Chuyên cần 10%, kiểm tra thường xuyên (hoặc bài tập về nhà) 20%; Kiểm tra giữa kỳ 10%.*

➤ *Điểm thi: 60%*

❖ **Hình thức thi:**

➤ *Thi viết 60-90' phút*

➤ *Hoặc trắc nghiệm 45-60 phút*

GIÁO TRÌNH - TLTK

❖ Giáo trình:

- Hồ Đắc Phương, *Nhập môn Mạng máy tính*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2006.
- Bộ môn Kỹ thuật máy tính và Mạng - Đại học Thủy lợi, *Truyền Dữ liệu và Mạng Máy tính*, NXB KHTN&CN, 2012.

❖ Tài liệu tham khảo

- Kurose, James F., and Keith W. Ross, “*Computer networking: A top-down approach*”, Addison Wesley, 2017.
- Bài giảng Mạng Máy Tính – Trần Văn Hội (K61)
- <https://sites.google.com/view/tranvanhoi>
- Đăng ký tài khoản trên shub.edu.vn: Tìm Mã lớp **OYKTO** Để tham gia lớp với quy định tên như sau: STT_HỌ VÀ TÊN

YÊU CẦU

- ❖ Đọc tài liệu, giáo trình trước khi lên lớp.
- ❖ Tham gia đầy đủ các buổi học, tham gia bài trên lớp.
- ❖ Làm bài tập về nhà theo quy định.
- ❖ Chuẩn bị máy tính cài đặt phần mềm Cisco Packet Tracer, Wireshark...
- ❖ Vào lớp ghi đầy đủ họ và tên, lớp.
- ❖ Khi học tắt mic, ai phát biểu thì bật mic, không được tắt camera trong quá trình học.

NỘI DUNG MÔN HỌC



Chương 1: Tổng quan về mạng máy tính

Chương 2: Tầng ứng dụng

Chương 3: Tầng giao vận

Chương 4: Tầng mạng

Chương 5: Tầng truy nhập mạng

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG MÁY TÍNH

1

- Giới thiệu mạng máy tính

2

- Phân loại mạng

3

- Hiệu năng mạng

4

- Mô hình OSI

5

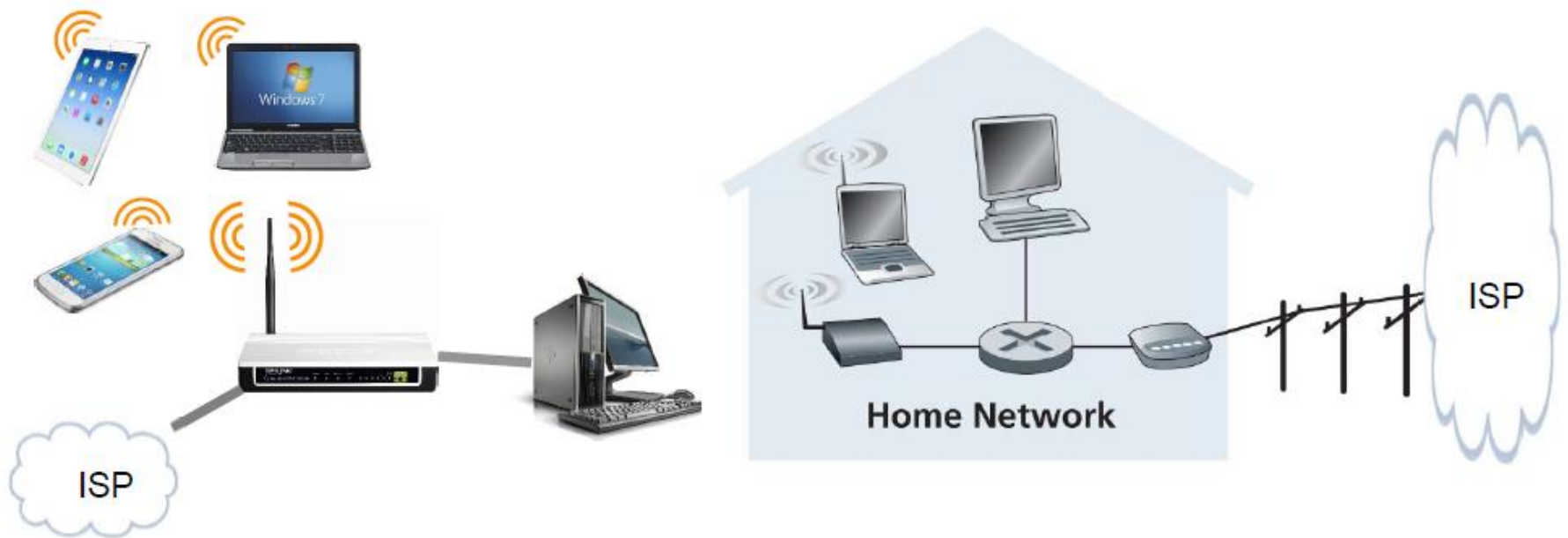
- Mô hình TCP/IP

6

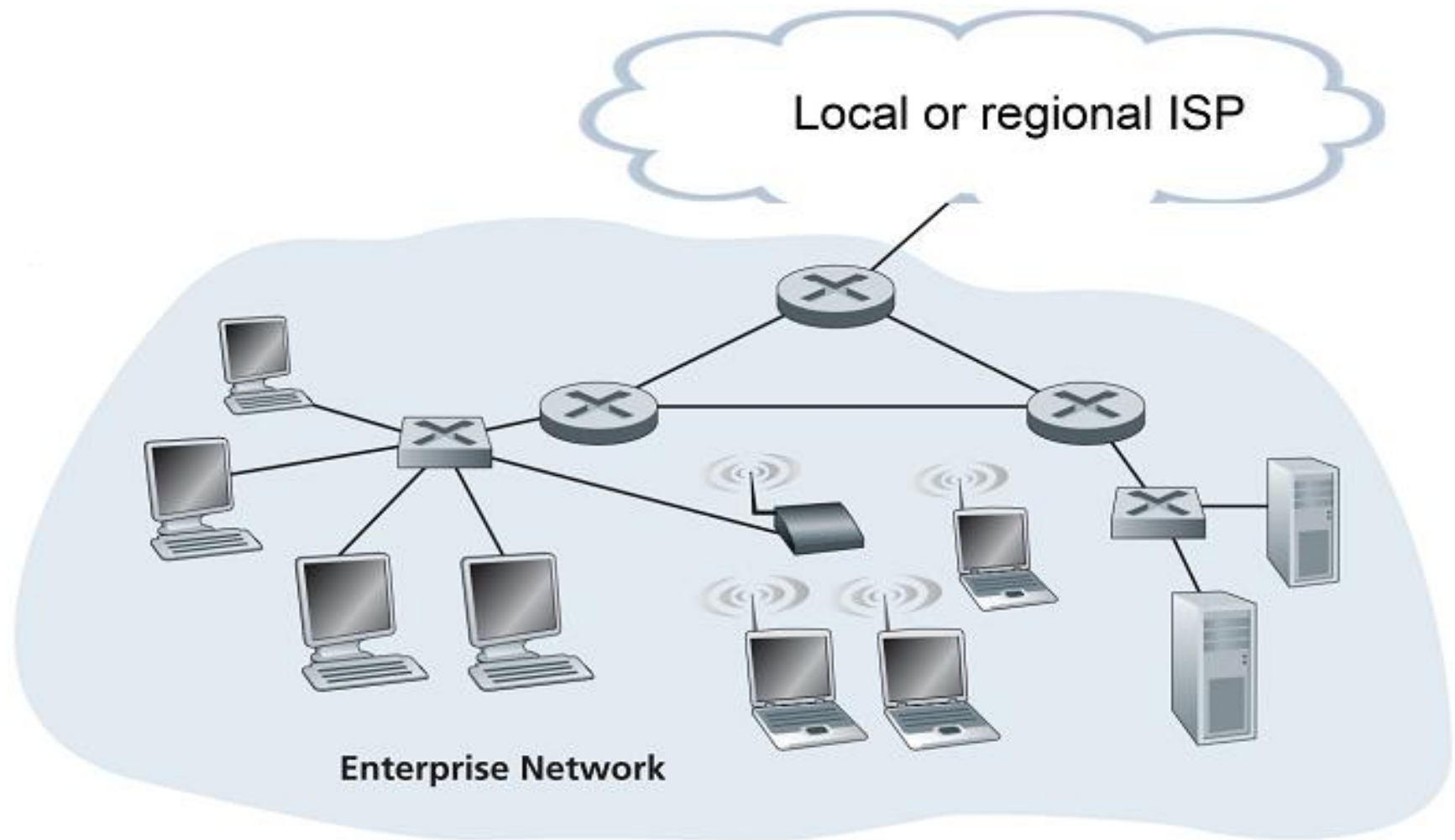
- Lịch sử phát triển mạng máy tính

I. GIỚI THIỆU MẠNG MÁY TÍNH

❖ Mạng máy tính gia đình



MẠNG CỦA TỔ CHỨC DOANH NGHIỆP



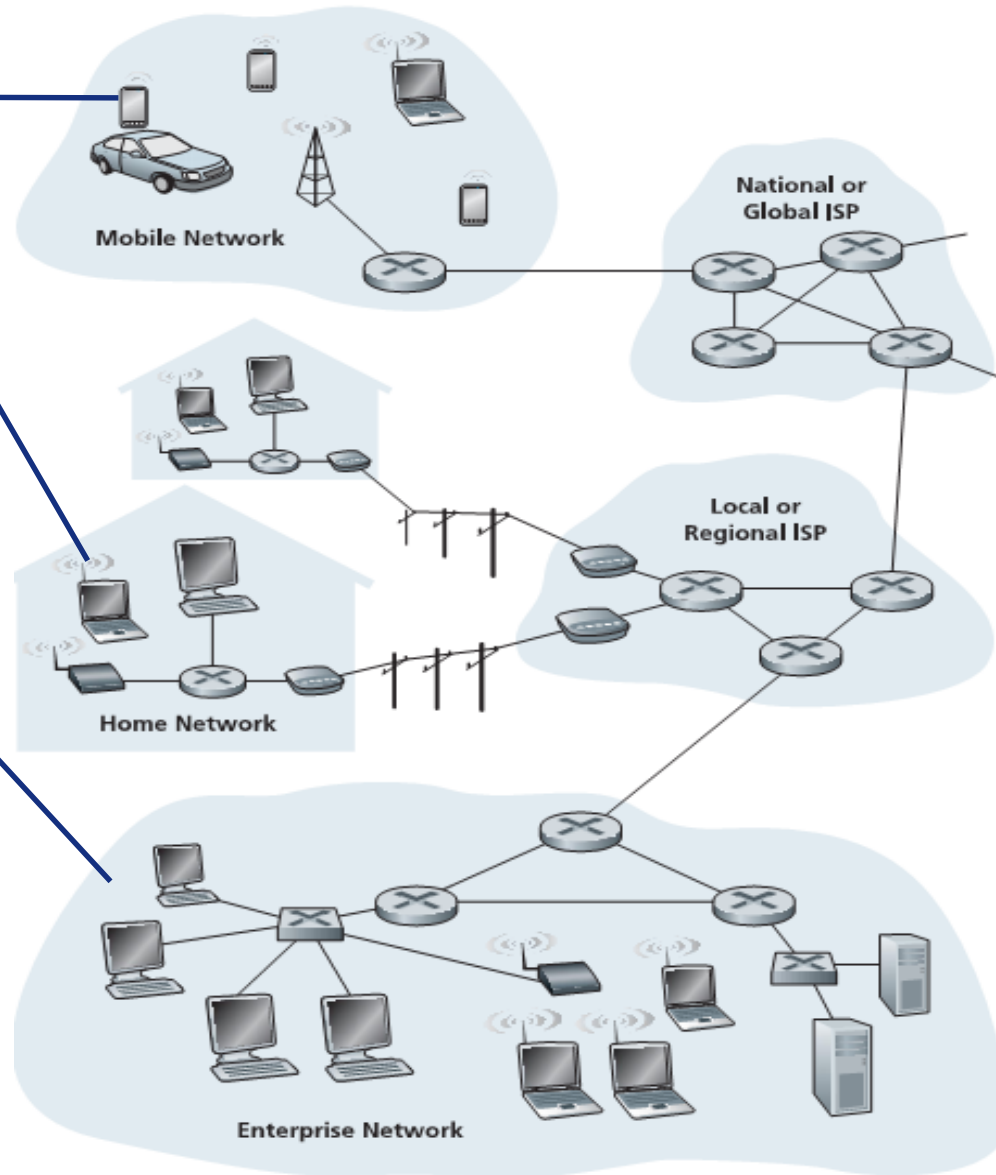
MẠNG INTERNET

Mạng di động

Mạng gia đình

Mạng tổ chức

ISP-Internet
Service Provider:
Nhà cung cấp
dịch vụ Internet



PC



Wireless laptop



Smartphone



Server



Router



Link-Layer
switch



Modem



Access Points
(Wireless Links)

— Wire Link

MẠNG MÁY TÍNH LÀ GÌ?

- ❖ Mạng máy tính là một tập hợp của các máy tính độc lập được kết nối bằng các phương tiện truyền dẫn vật lý theo một kiến trúc mạng xác định.
- ❖ Hai máy tính kết nối với nhau có được coi là mạng?

|

CÁC THÀNH PHẦN MẠNG MÁY TÍNH

- ❖ Thiết bị đầu cuối (End Devices)
 - Nơi chạy các ứng dụng, giao tiếp người sử dụng.
 - Ví dụ: Máy khách (client), máy chủ (server).
- ❖ Thiết bị mạng (Network Devices)
 - Xử lý, chuyển tiếp các gói dữ liệu.
 - Ví dụ: NIC, Router, Switch, Bridge, Hub, Firewall.

THIẾT BỊ MẠNG



KÝ HIỆU CÁC THIẾT BỊ MẠNG



Desktop Computer



Laptop



Server



IP Phone



Wireless Access Point



LAN Switch



Multilayer Switch



ATM Tag Switch Router



Wireless Media



Small Hub (10BaseT Hub)



100BaseT Hub



Bridge



Gateway



Firewall



Router



Wireless Router



ATM Router



LAN Media



WAN Media

CÁC THÀNH PHẦN MẠNG MÁY TÍNH

❖ Phương tiện truyền dẫn vật lý

- Hữu tuyến: Cáp quang, cáp đồng trục, cáp xoắn đôi.
- Vô tuyến: Wifi, di động, vệ tinh, sóng hồng ngoại....
- Tốc độ truyền (transmission rate) = *bandwidth*

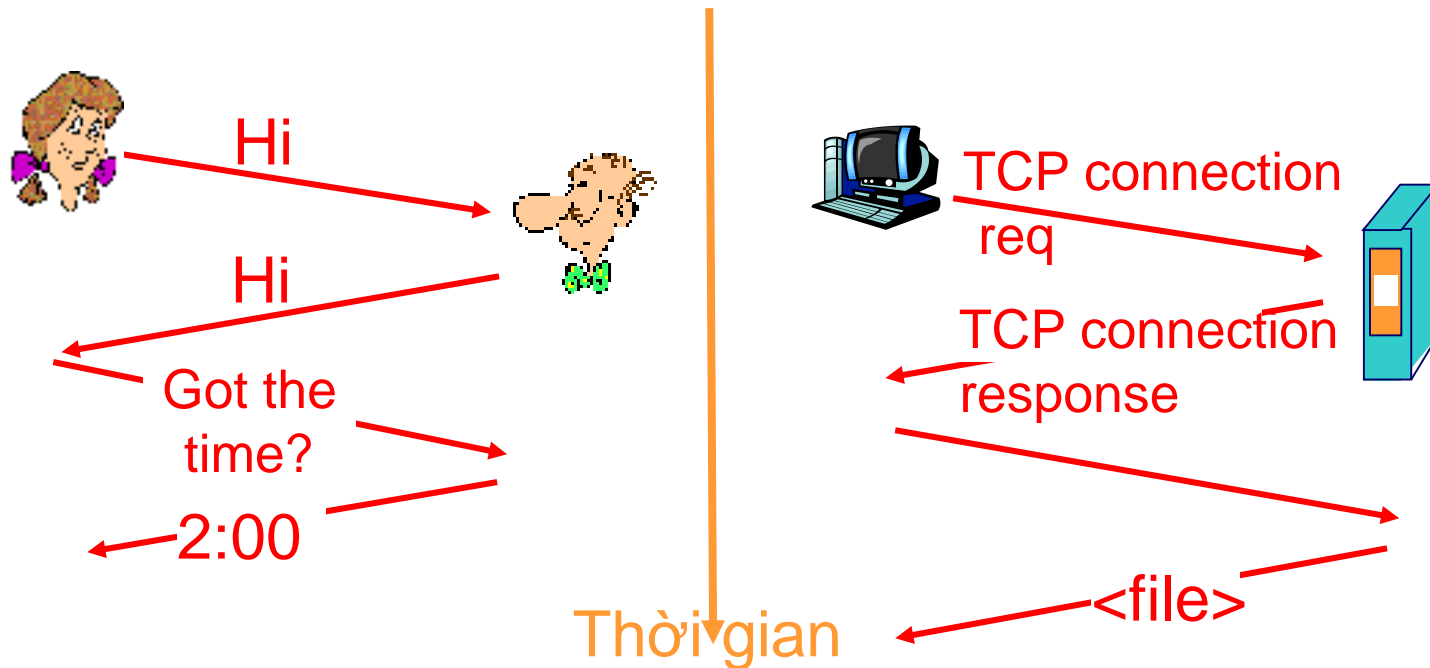
❖ Kiến trúc mạng: Gồm cấu trúc mạng (Topology) và các giao thức mạng (Protocols).

- Topology là cấu trúc hình học của các thực thể mạng
- Giao thức mạng là tập hợp các quy chuẩn để thực hiện điều khiển việc truyền nhận các bản tin qua mạng.

Ví dụ: TCP, IP, HTTP, FTP, PPP

GIAO THỨC MẠNG

Giao thức của con người và giao thức của mạng máy tính:



Các thực thể của mạng muốn trao đổi thông tin với nhau phải bắt tay, đàm phán về một số thủ tục, quy tắc... Cùng phải “nói chung một ngôn ngữ”.

GIAO THỨC MẠNG

- ❖ Giao thức (protocol) là tập quy tắc quy định phương thức truyền/nhận thông tin giữa các máy tính trên mạng.
- ❖ **Protocol: Qui tắc để truyền thông**
 - Khuôn dạng thông điệp
 - Thứ tự truyền/nhận các thông điệp giữa các thực thể
 - Các hành động được thực hiện đối với việc truyền/nhận thông điệp

CẤU TRÚC MẠNG (TOPOLOGY)

PHƯƠNG THỨC KẾT NỐI MẠNG.

- ❖ Điểm – điểm (Point – To – Point): Các đường truyền riêng biệt được thiết lập để nối các cặp máy tính lại với nhau. Như vậy mỗi nút đều có nhiệm vụ lưu trữ tạm thời và chuyển tiếp dữ liệu cho tới đích (Store - And - Forward).
- VD Mạng Star, phân cấp.
- ❖ Ưu điểm: ít khả năng đụng độ thông tin (Collision).
- ❖ Nhược điểm:
 - Hiệu suất sử dụng đường truyền thấp.
 - Chiếm dụng nhiều tài nguyên, độ trễ lớn, tiêu tốn nhiều thời gian để thiết lập đường truyền và xử lý tại các node.

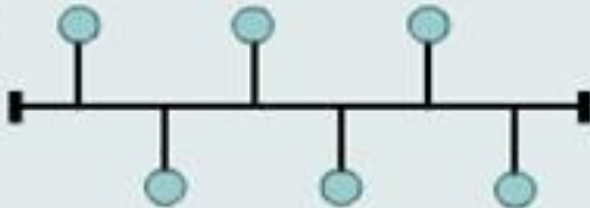
PHƯƠNG THỨC KẾT NỐI MẠNG

- ❖ **Kiểu đa điểm hay quảng bá (Point to Multipoint, Broadcast):**
Tất cả các node phân chia chung một đường truyền vật lý.
- Một thông điệp được truyền đi từ một node nào đó sẽ được tất cả các node còn lại tiếp nhận và kiểm tra địa chỉ đích trong thông điệp có phải của nó hay không.
- Cần thiết phải có cơ chế để giải quyết vấn đề đụng độ thông tin (Collision) hay tắc nghẽn thông tin trên đường truyền như trong các mạng hình BUS và hình RING.
- Các mạng có cấu trúc quảng bá được phân chia thành hai loại: quảng bá tĩnh và quảng bá động phụ thuộc vào việc cấp phát đường truyền cho các node.

CẤU TRÚC MẠNG - TOPOLOGY

Physical Topologies

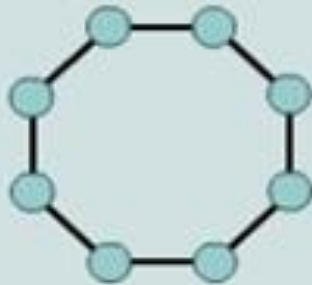
Bus
Topology



Extended Star
Topology



Ring
Topology



Hierarchical
Topology



Star
Topology



Mesh
Topology



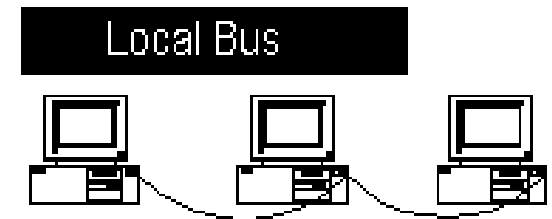
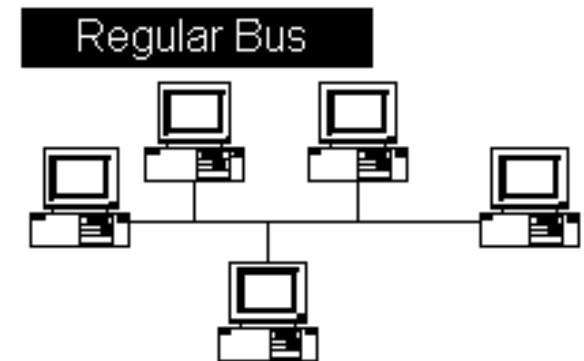
DẠNG ĐƯỜNG THẲNG (BUS TOPOLOGY)

❖ Ưu điểm

- Dễ dàng cài đặt và mở rộng
- Chi phí thấp
- Một máy hỏng không ảnh hưởng đến các máy khác.

❖ Hạn chế

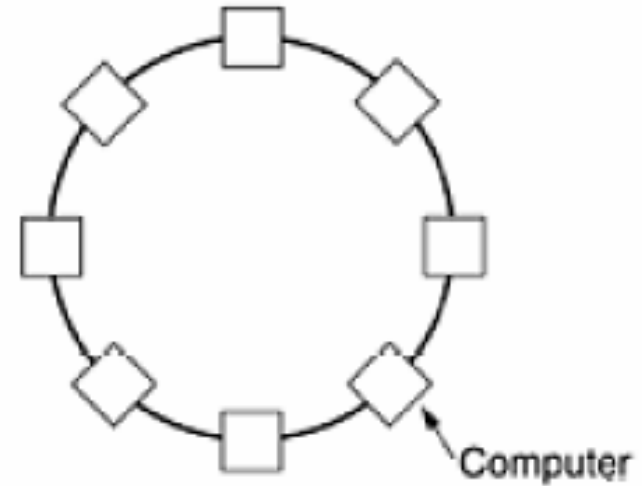
- Khó quản trị và tìm nguyên nhân lỗi
- Giới hạn chiều dài cáp và số lượng máy tính
- Hiệu năng giảm khi có máy tính được thêm vào
- Một đoạn cáp backbone bị đứt sẽ ảnh hưởng đến toàn mạng



DẠNG VÒNG TRÒN (RING TOPOLOGY)

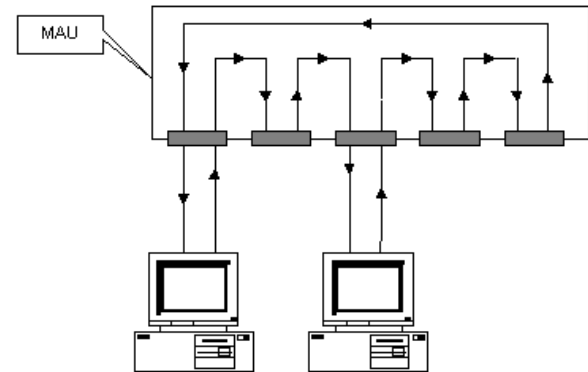
❖ Ưu điểm

- Sự phát triển của hệ thống không tác động đáng kể đến hiệu năng.
- Tất cả các máy tính có quyền truy cập như nhau.

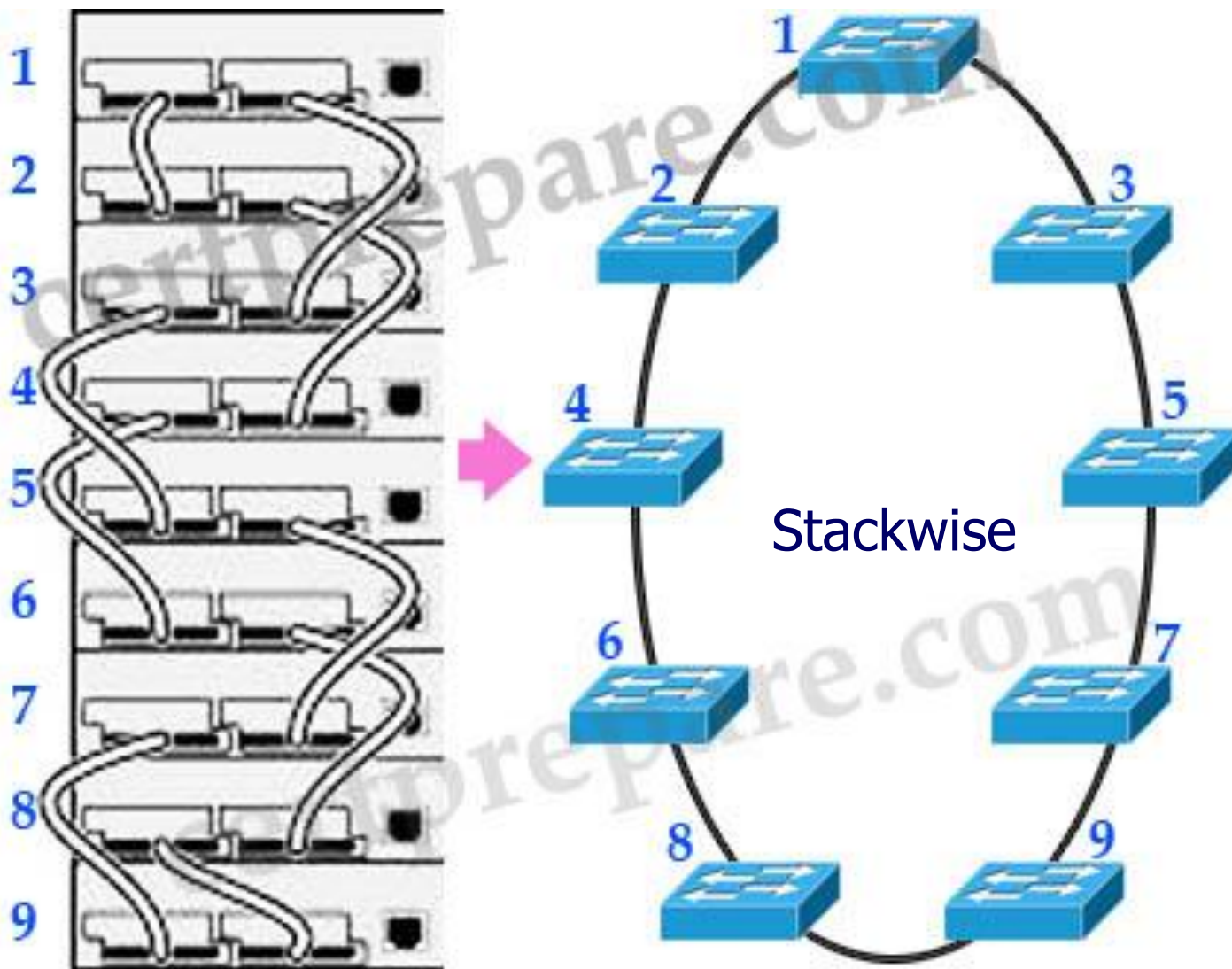


❖ Hạn chế

- Chi phí thực hiện cao
- Lắp đặt phức tạp
- Khi một máy có sự cố thì có thể ảnh hưởng đến các máy tính khác



DẠNG VÒNG TRÒN (RING TOPOLOGY)



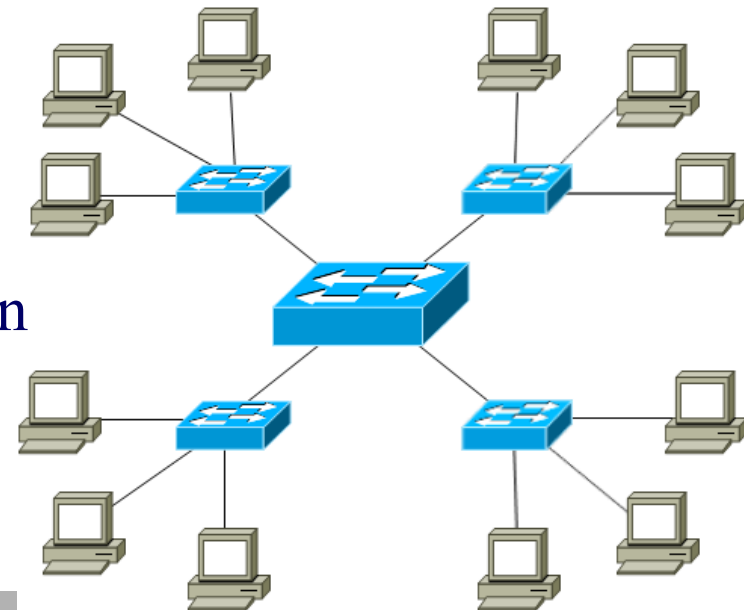
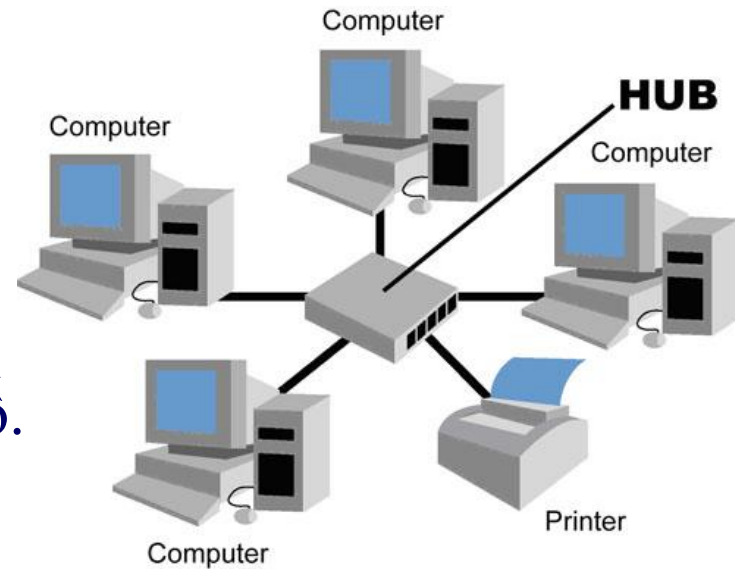
DẠNG HÌNH SAO (STAR TOPOLOGY)

❖ Ưu điểm

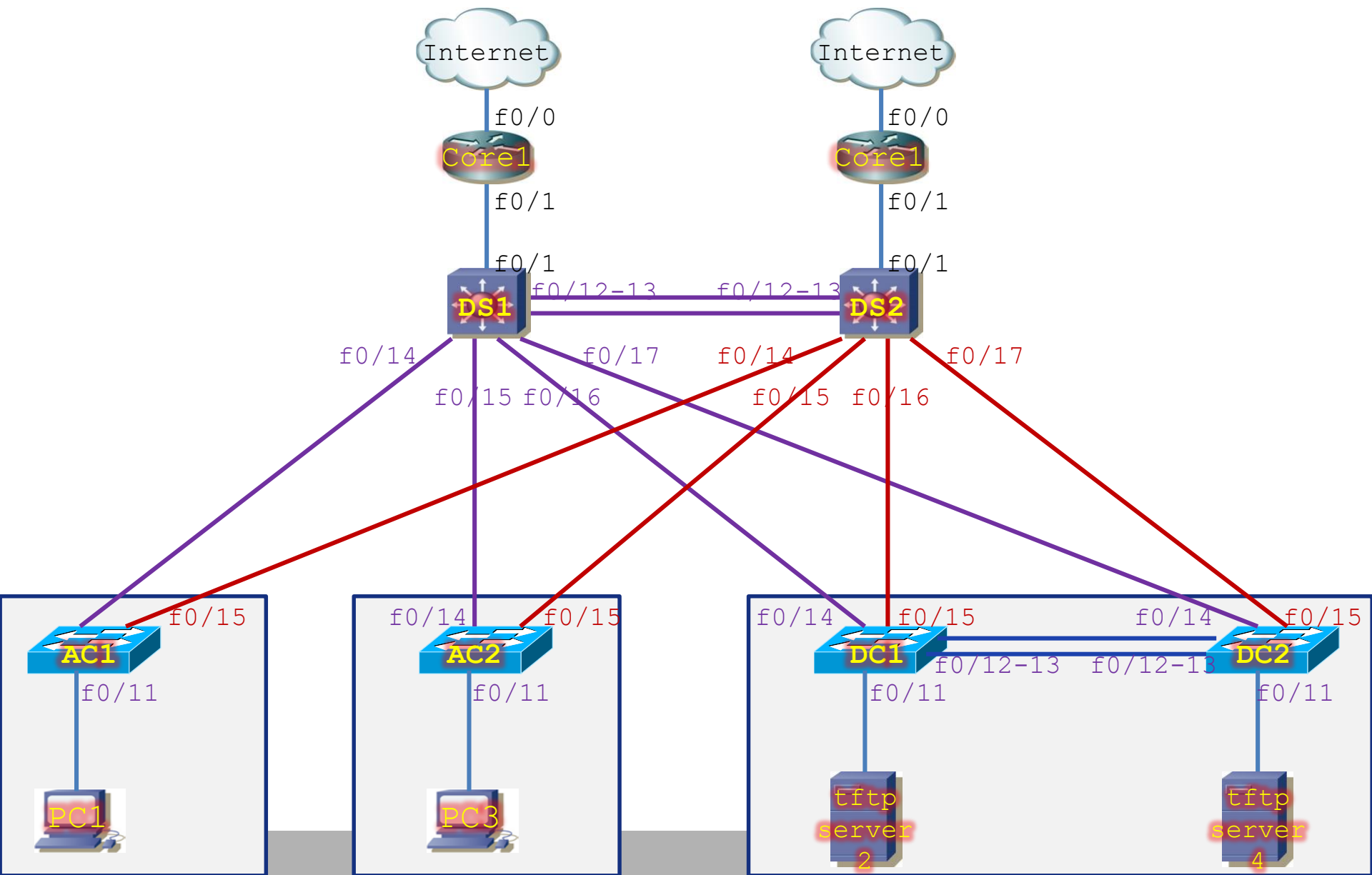
- Dễ dàng bổ sung hay loại bỏ bớt máy tính.
- Dễ dàng theo dõi và giải quyết sự cố.
- Có thể phù hợp với nhiều loại cáp khác nhau.

❖ Hạn chế

- Khi hub/Switch không làm việc, toàn mạng cũng sẽ không làm việc.
- Sử dụng nhiều cáp.

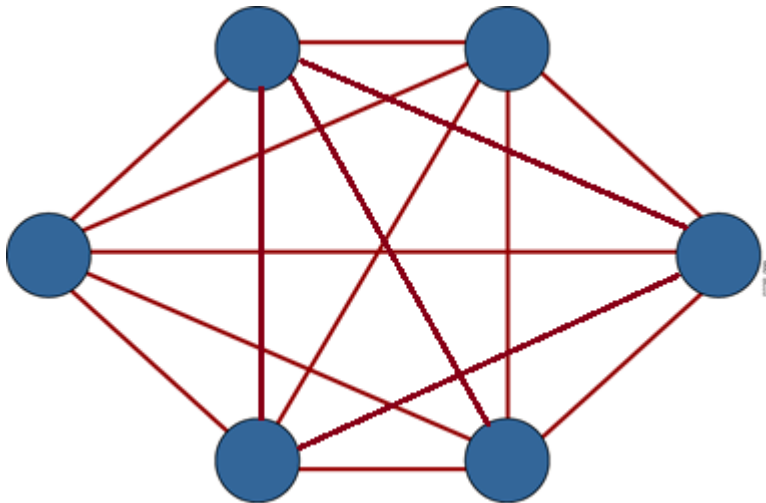


CẤU TRÚC CÂY (HIERARCHICAL TOPOLOGY)

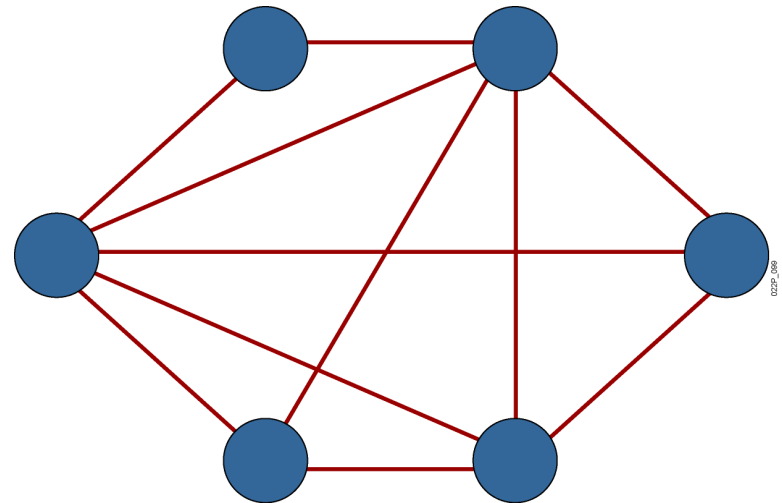


MẠNG DẠNG LƯỚI (MESH TOPOLOGY)

- ❖ Đối với mạng dạng lưới, mỗi một node mạng sẽ được kết nối với tất cả các node mạng còn lại. Đó cũng là cấu trúc quen thuộc của mạng Internet.
- ❖ Cấu trúc dạng lưới được ứng dụng phổ biến trong các mạng mạng lõi, mạng của nhà máy điện nguyên tử hoặc hệ thống mạng an ninh, quốc phòng.

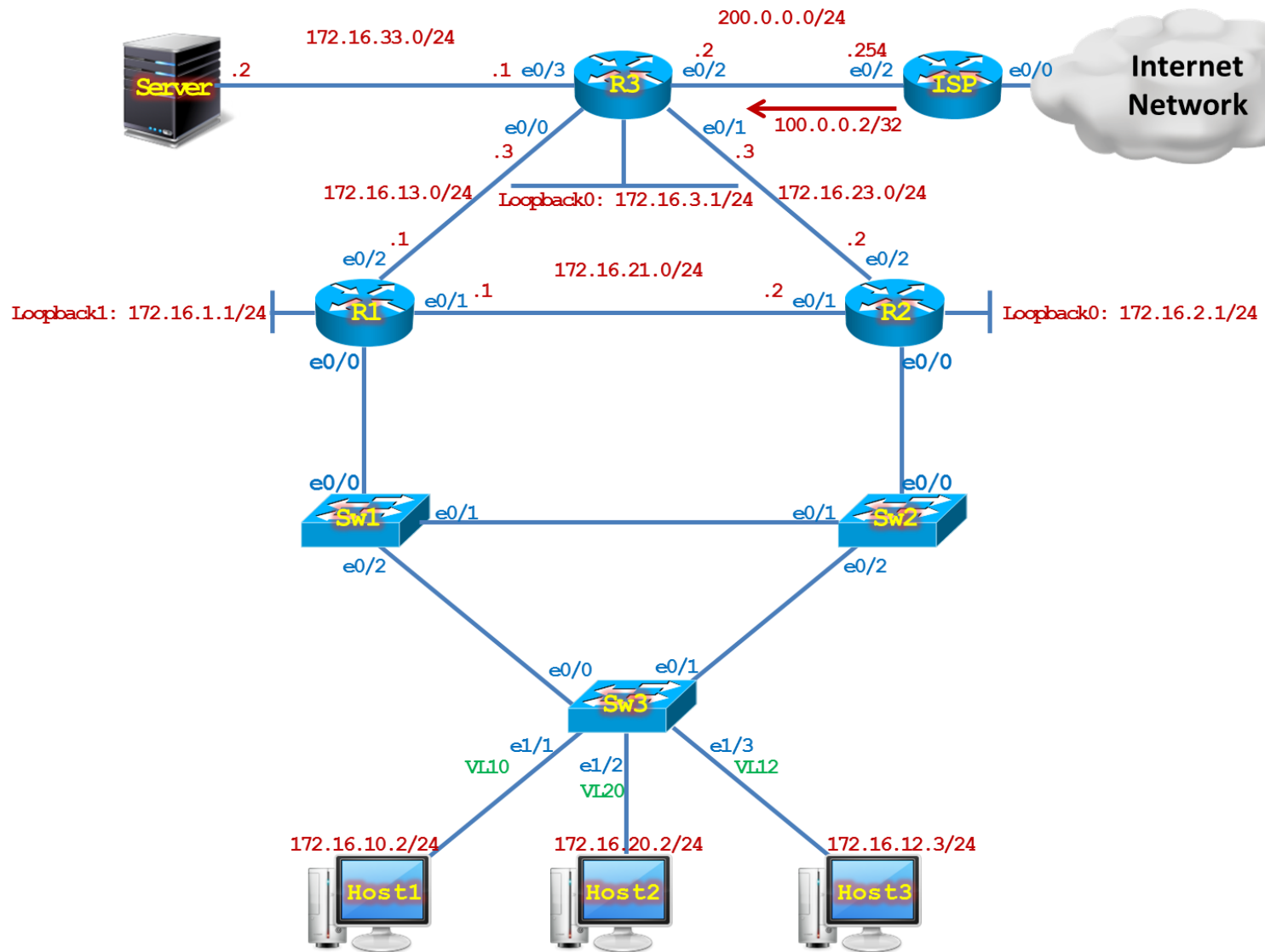


Full Mesh



Partial Mesh

MẠNG HỖN HỢP (HYBRID TOPOLOGY)



CÁC DỊCH VỤ MẠNG

Mục tiêu của mạng máy tính

- ❖ Chia sẻ các tài nguyên phần cứng và phần mềm.
- ❖ Chia sẻ tài nguyên thông tin.
- ❖ Quản lý tập trung, nâng cao độ tin cậy của hệ thống.
- ❖ Tạo môi trường giao tiếp giữa người với người với khoảng cách hàng nghìn km.

CÁC DỊCH VỤ MẠNG (1)

DỊCH VỤ CHIA SẺ TÀI NGUYÊN (FILE, PRINT...)

- *Print Services* một máy phục vụ in ấn cho phép nhiều người sử dụng mạng chia sẻ dùng chung các máy in và máy vẽ mà không cần kết nối trực tiếp.
- *File services* Dịch vụ tập tin. Nó cung cấp khả năng truy nhập đến các tài nguyên mạng nhưng đảm bảo chỉ những người sử dụng đã được kiểm soát mới được truy cập vào những tài nguyên này.
- Chia sẻ tài nguyên phần cứng: Ổ đĩa, CD,

CÁC DỊCH VỤ MẠNG (2)

CÁC DỊCH VỤ INTERNET

❖ WWW (World Wide Web)

- Đây là trang thông tin toàn cầu, sử dụng đơn giản và hiệu quả nhất trên Internet.
 - Để sử dụng dịch vụ này cần có một chương trình hỗ trợ gọi là WEB Browser.
- ❖ **FTP:** Đây là dịch vụ truyền nhận tập tin trên Internet, thông qua dịch vụ này Client có thể download các tập tin từ Server về máy cục bộ hay upload các tập tin vào Server.

CÁC DỊCH VỤ MẠNG (2)

❖ **Email:** Đây là dịch vụ được sử dụng nhiều nhất trên Internet

Chương trình quản lý hộp thư gọi trên máy Server là Mail Server. Máy Client cần có một chương trình Mail Client thích hợp để truyền nhận thư của mình từ hộp thư trên máy Server.

❖ **Dịch vụ Internet Relay Chat (IRC - Nói chuyện qua Internet)**

➤ IRC là hình thức hội thoại trực tiếp trên Internet. Người sử dụng có thể chat bằng chữ (text), chat bằng âm thanh (voice) hoặc bằng hình ảnh (web-cam).

➤ Dịch vụ này có thể cung cấp các phương thức giải trí trực tuyến như nghe nhạc, truyền hình, chơi game trực tuyến.

CÁC DỊCH VỤ MẠNG (3)

CÁC DỊCH VỤ QUẢN LÝ

❖ Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

- Trong một mạng máy tính, việc cấp các địa chỉ IP tĩnh cố định cho các host sẽ dẫn đến tình trạng lãng phí địa chỉ IP
- Để khắc phục tình trạng đó, dịch vụ DHCP đưa ra để cấp phát các địa chỉ IP động trong mạng.
- *Khi một máy phát ra yêu cầu về các thông tin của TCP/IP thì gọi là DHCP client, còn các máy cung cấp thông tin của TCP/IP gọi là DHCP server*

CÁC DỊCH VỤ MẠNG (3)

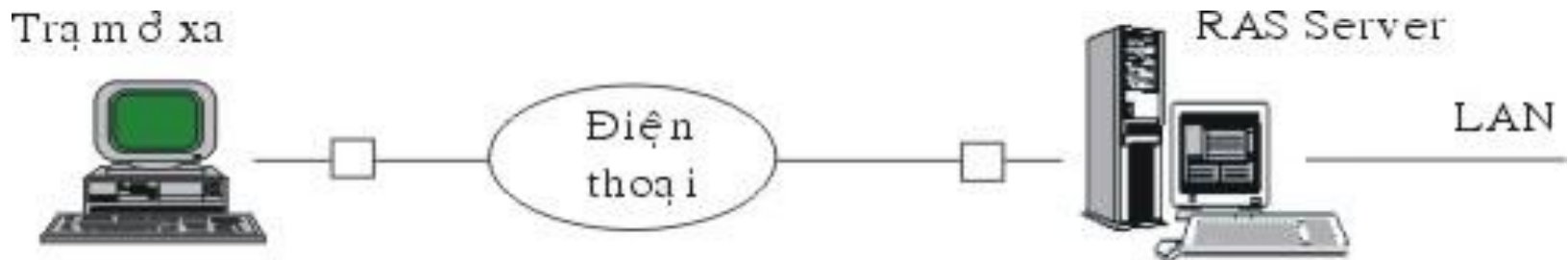
❖ Dịch vụ Domain Name Service (DNS)

- Có quá nhiều địa chỉ IP và khó nhớ.
- Mỗi host ngoài địa chỉ IP còn có một cái tên phân biệt (tên miền).
- DNS là 1 cơ sở dữ liệu phân tán cung cấp ánh xạ từ tên miền của host đến địa chỉ IP.
- Khi đưa ra tên miền của một host, DNS server sẽ trả về địa chỉ IP hay một số thông tin của host đó.

CÁC DỊCH VỤ MẠNG (3)

❖ Remote Access Service (RAS). Ví dụ dịch vụ Telnet

- Telnet cho phép người sử dụng đăng nhập từ xa vào hệ thống từ một thiết bị đầu cuối nào đó trên mạng.
- Với Telnet người sử dụng hoàn toàn có thể làm việc với hệ thống từ xa như thể họ đang ngồi làm việc ngay trước màn hình của hệ thống.



Mô hình truy cập từ xa

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG MÁY TÍNH

1

- Giới thiệu mạng máy tính

2

- Phân loại mạng

3

- Hiệu năng mạng

4

- Mô hình OSI

5

- Mô hình TCP/IP

6

- Lịch sử phát triển mạng máy tính

PHÂN LOẠI MẠNG

❖ Theo phạm vi địa lý

- Mạng cá nhân (PAN – Personal Area Network)
- Mạng cục bộ LAN (Local Area Network)
- Mạng đô thị MAN (Metropolitan Area Network)
- Mạng diện rộng WAN (Wide Area Network)

❖ Theo kỹ thuật chuyển mạch

- Chuyển mạch kênh (circuit-switched network)
- Chuyển mạch gói (packet-switched network)

PHÂN LOẠI MẠNG

- ❖ Mô hình mạng phân cấp
 - Mạng lõi (Network Core)
 - Mạng biên (Network Edge)
- ❖ Theo kiến trúc ứng dụng
 - Client/Server
 - Peer-to-peer
 - Boot room
- ❖ Theo Topo mạng
 - Mạng BUS, Star, Ring

MẠNG CỤC BỘ LAN

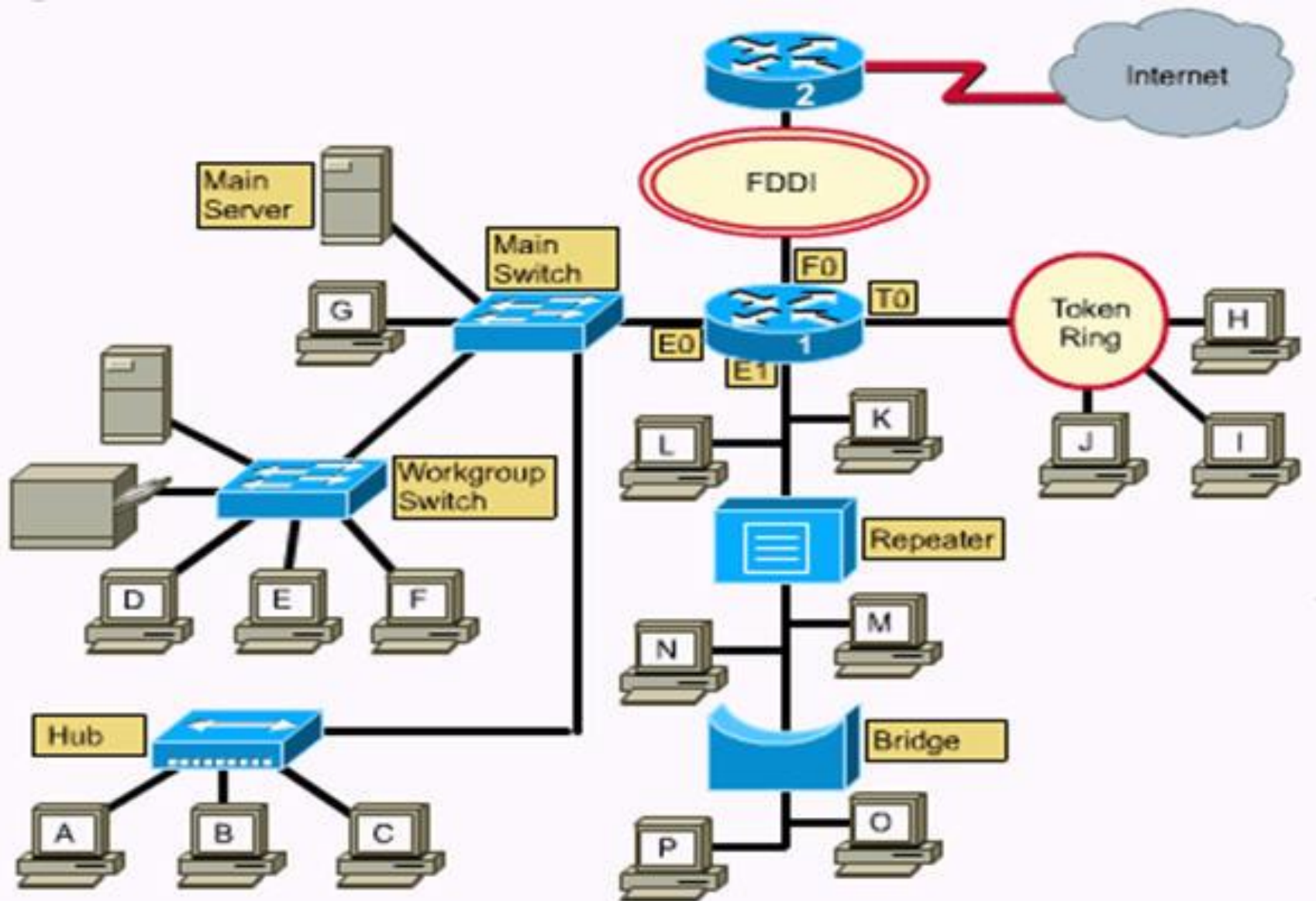
- ❖ Mạng LAN là mạng máy tính có quy mô nhỏ trong phạm vi một tòa nhà, trường học hay một cơ quan, xí nghiệp.
- ❖ Có hai loại mạng LAN: LAN nối dây (sử dụng các loại cáp) và LAN không dây (sử dụng sóng vô tuyến).
- ❖ Phương thức kết nối mạng: Sử dụng phương thức quảng bá (Broadcast).
- ❖ Cấu trúc tô pô của mạng đa dạng. Ví dụ Mạng hình BUS, hình vòng (Ring), hình sao (Star) và các loại mạng kết hợp, lai ghép.....

MẠNG CỤC BỘ LAN

Đặc trưng cơ bản của mạng cục bộ:

- ❖ Có giới hạn về địa lý phạm vi khoảng vài km,
- ❖ Tốc độ truyền dữ liệu cao từ 10 Mbps đến hàng trăm Gbps, thời gian trễ nhỏ (cỡ $10\mu s$), độ tin cậy cao, tỷ số lỗi bit từ 10^{-8} đến 10^{-11} .
- ❖ Do một tổ chức quản lý
- ❖ Sử dụng kỹ thuật Ethernet, Token Ring, FDDI
- ❖ Các thiết bị thường dùng trong mạng là Repeater, Bridge, Hub, Switch, Router.

MẠNG CỤC BỘ LAN



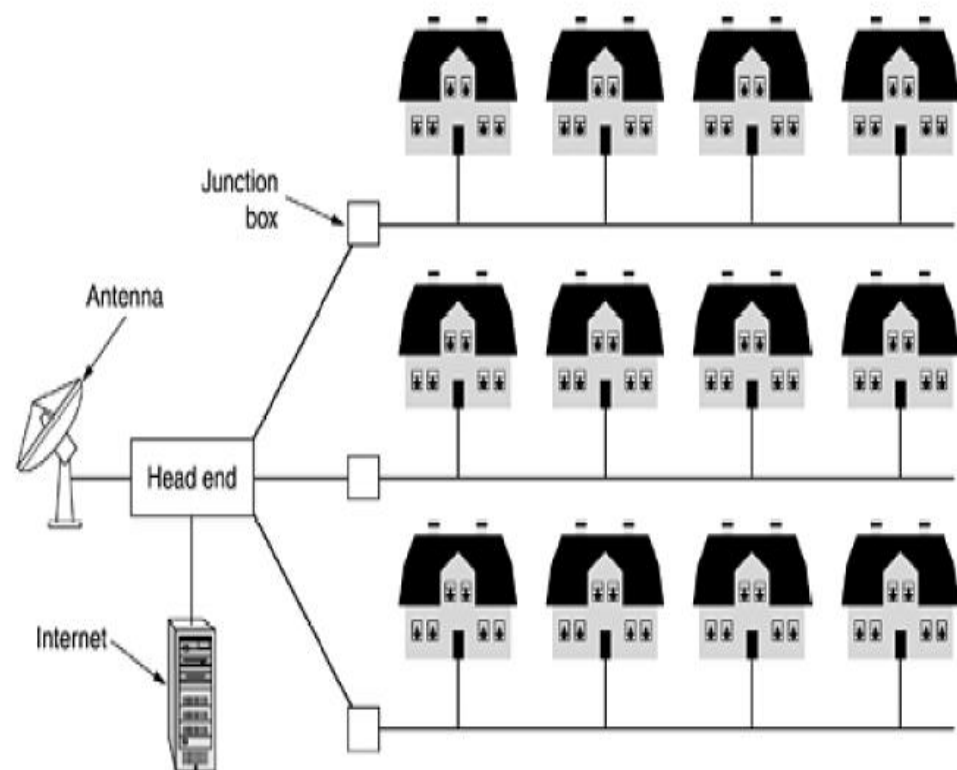
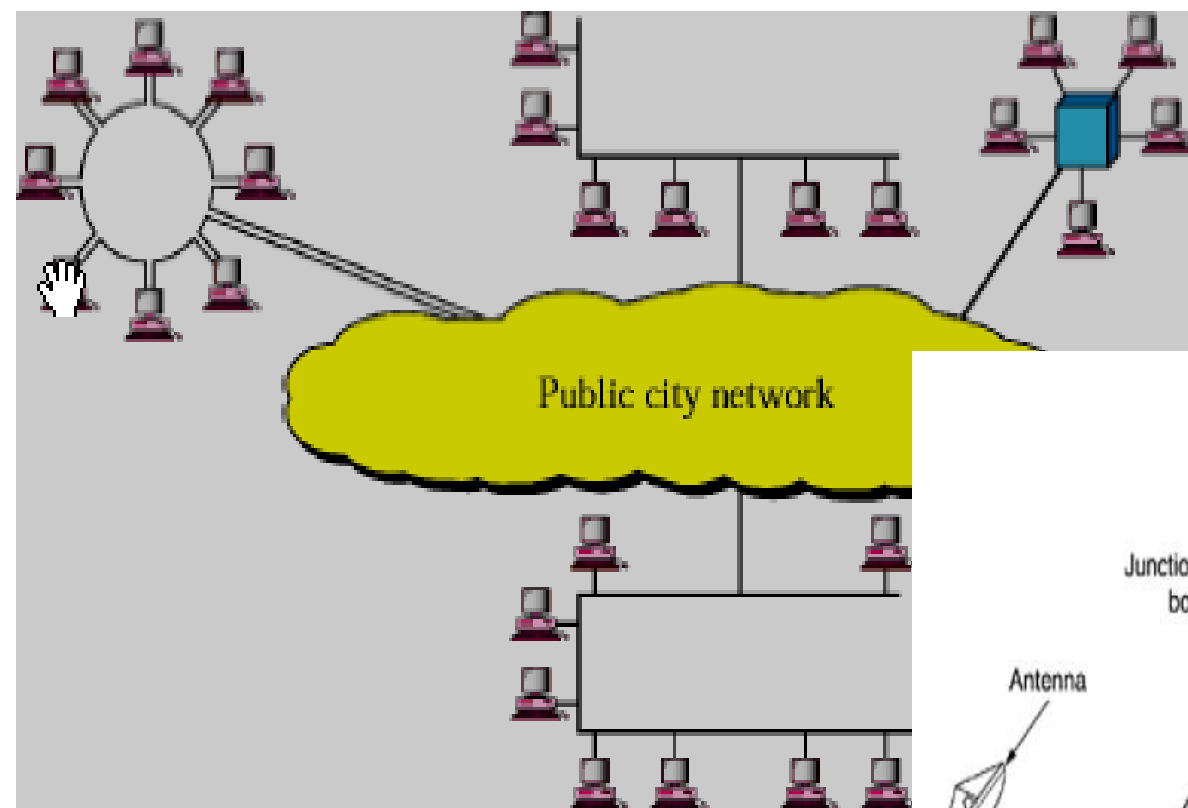
MẠNG LAN KHÔNG DÂY



MẠNG ĐÔ THỊ MAN

- ❖ Mạng đô thị MAN có kích thước vùng địa lý lớn hơn LAN, thường mở rộng trong phạm vi 1 thành phố và có thể chứa nhiều mạng LAN (LAN to LAN).
- ❖ Mạng MAN hoạt động theo kiểu quảng bá, mạng cung cấp các dịch vụ thoại, phi thoại và truyền hình cáp.
- ❖ Do một tổ chức quản lý
- ❖ Thường dùng cáp đồng trục hoặc cáp quang

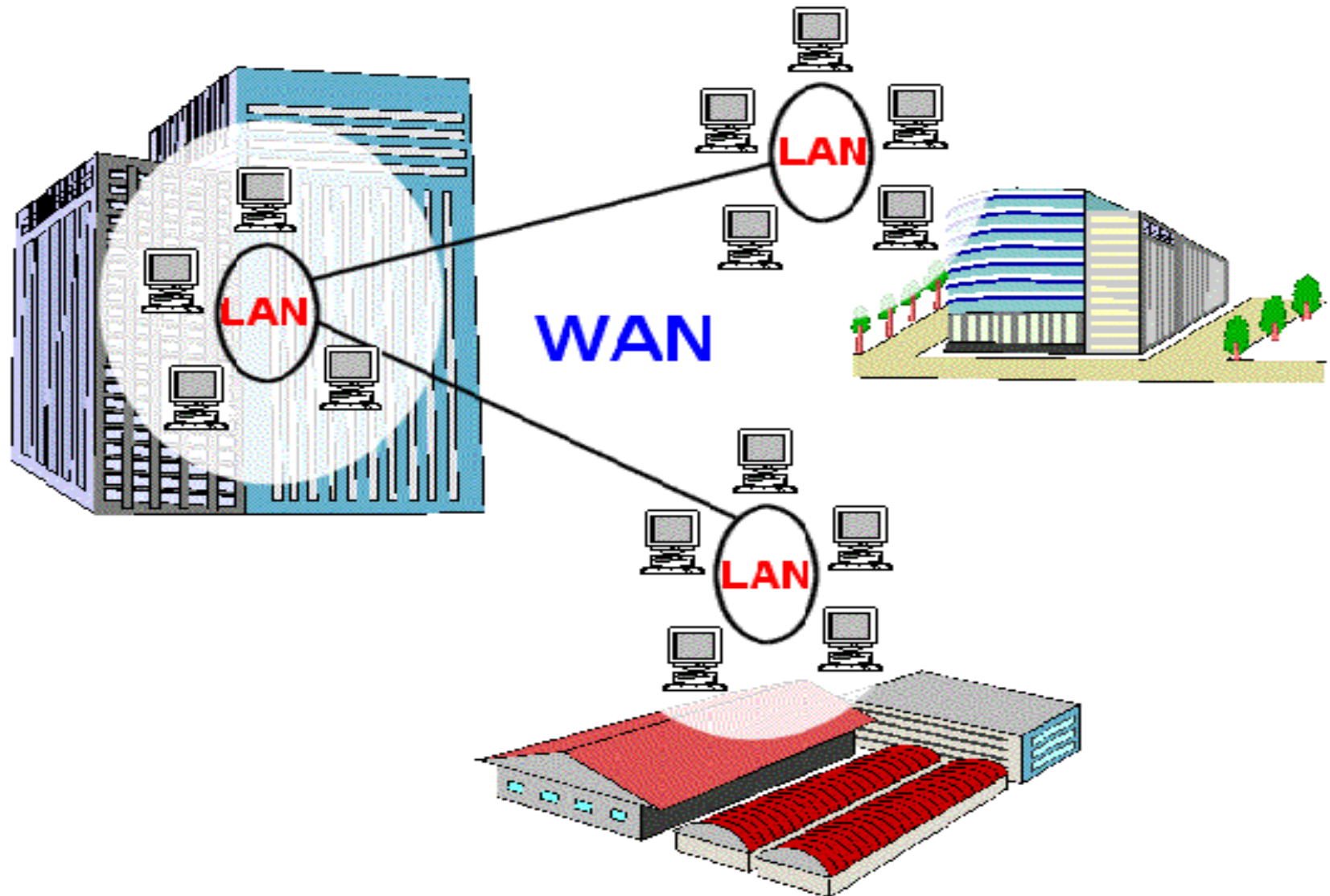
MẠNG ĐÔ THỊ MAN



MẠNG ĐIỆN RỘNG WAN

- ❖ Kết nối các máy tính trong phạm vi giữa các thành phố hay một quốc gia, một vùng lãnh thổ hoặc châu lục bằng đường viễn thông hoặc tín hiệu vệ tinh.
- ❖ Đặc trưng mạng WAN
 - Không có giới hạn về địa lý
 - Tốc độ truyền dữ liệu thấp hơn so với mạng LAN
 - Do nhiều tổ chức quản lý
 - Sử dụng các kỹ thuật chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói.

WANS (WIDE AREA NETWORKS)



MẠNG INTERNET

Internet là gì?

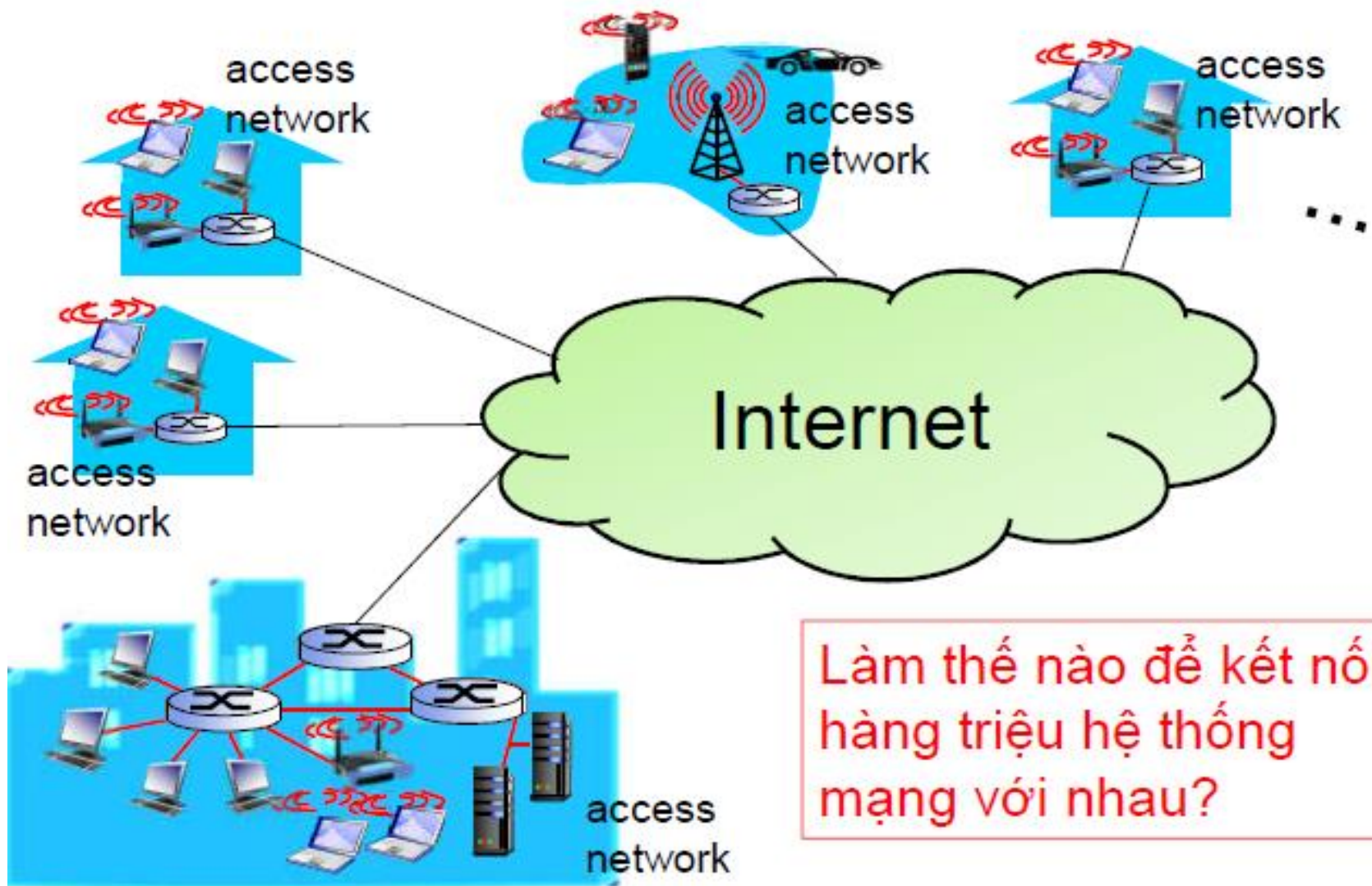
❖ Nhìn từ khía cạnh “Nuts and Bolts”

- Internet được cấu thành từ các thành phần phần cứng (hệ thống mạng của các mạng) và phần mềm

❖ Nhìn từ khía cạnh “Services”

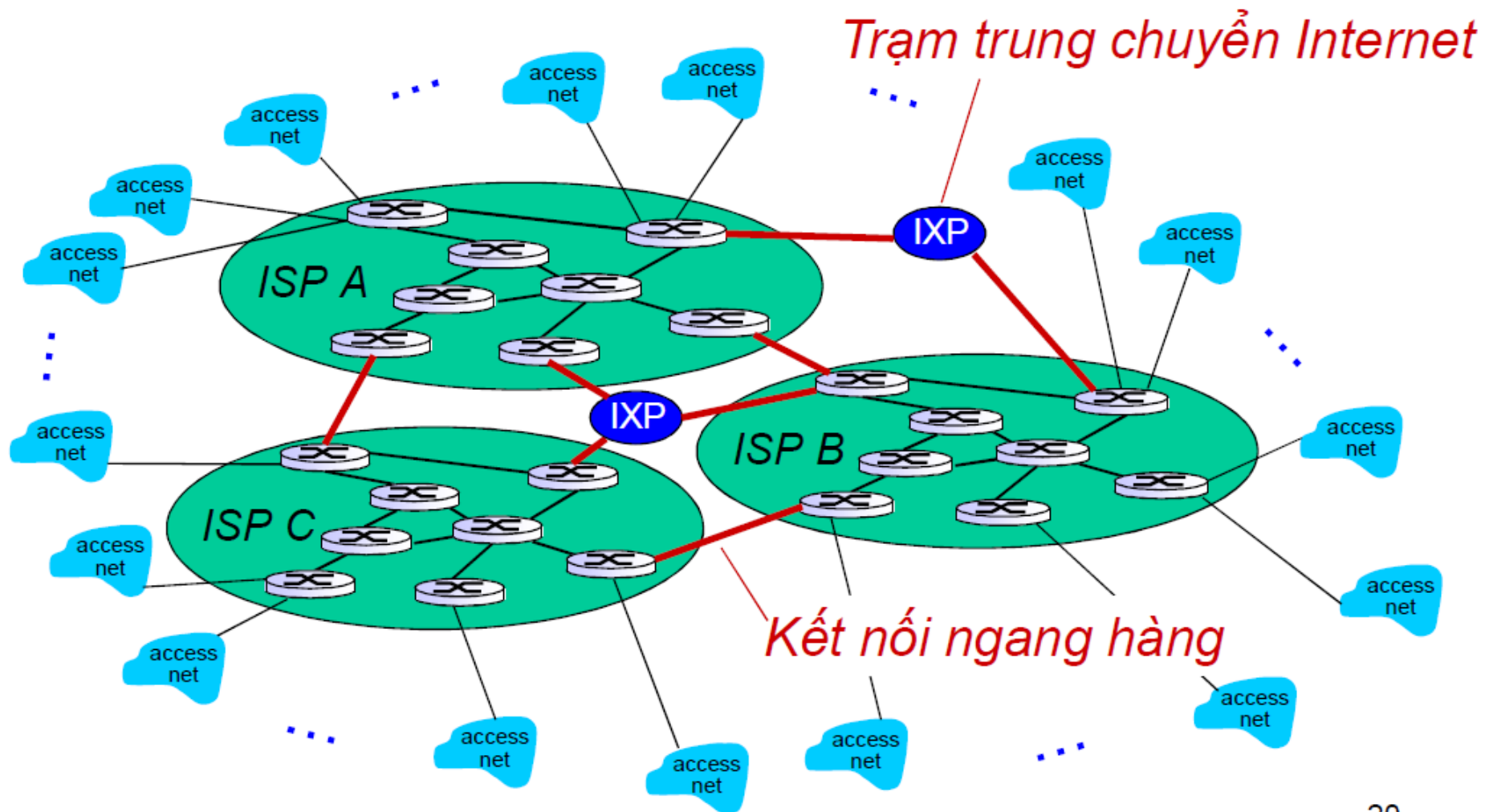
- Cơ sở hạ tầng cung cấp các dịch vụ cho các ứng dụng

INTERNET – MẠNG CỦA CÁC MẠNG

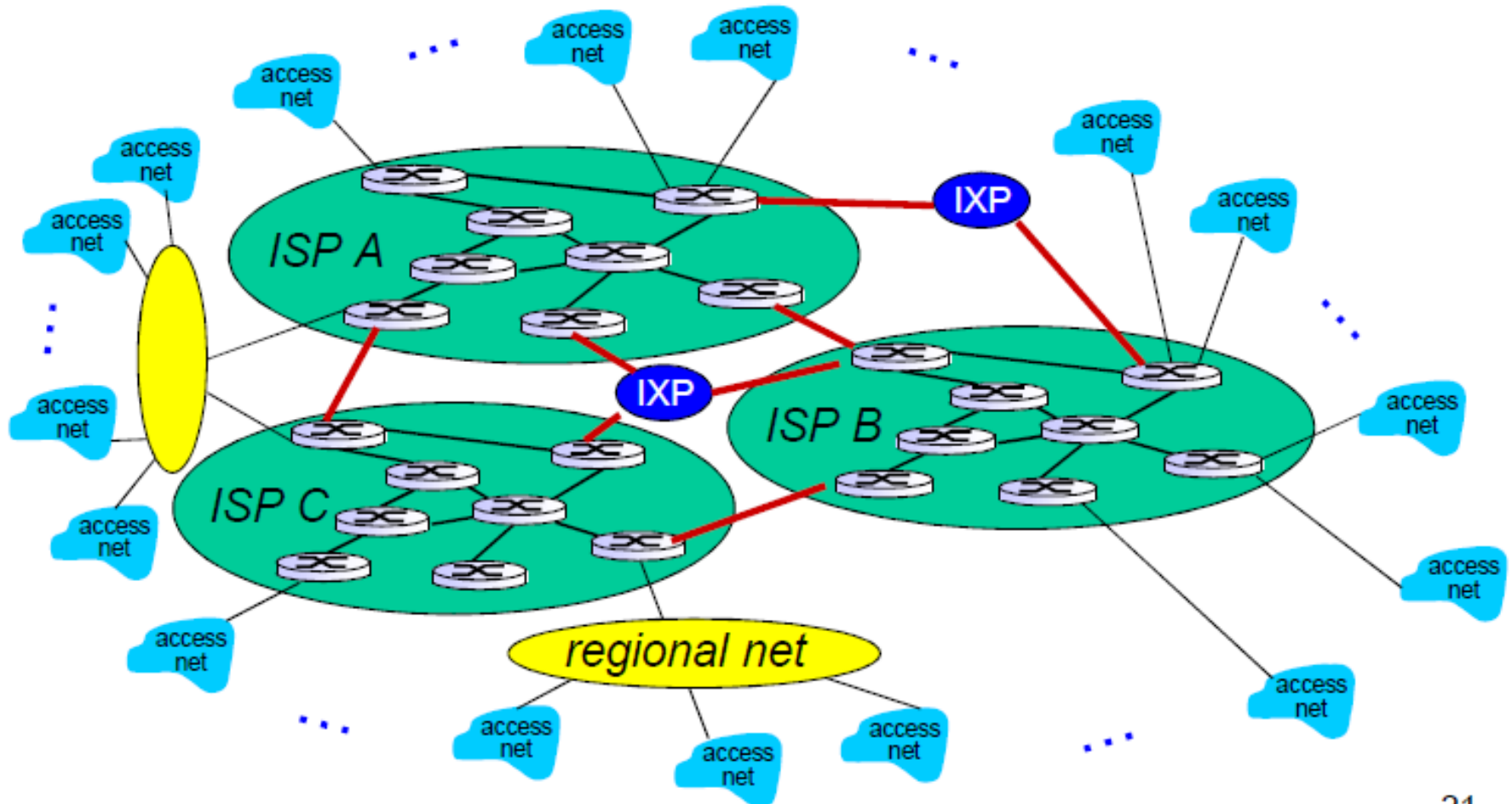


Làm thế nào để kết nối hàng triệu hệ thống mạng với nhau?

INTERNET – MẠNG CỦA CÁC MẠNG



INTERNET – MẠNG CỦA CÁC MẠNG



MÔ HÌNH MẠNG PHÂN CẤP

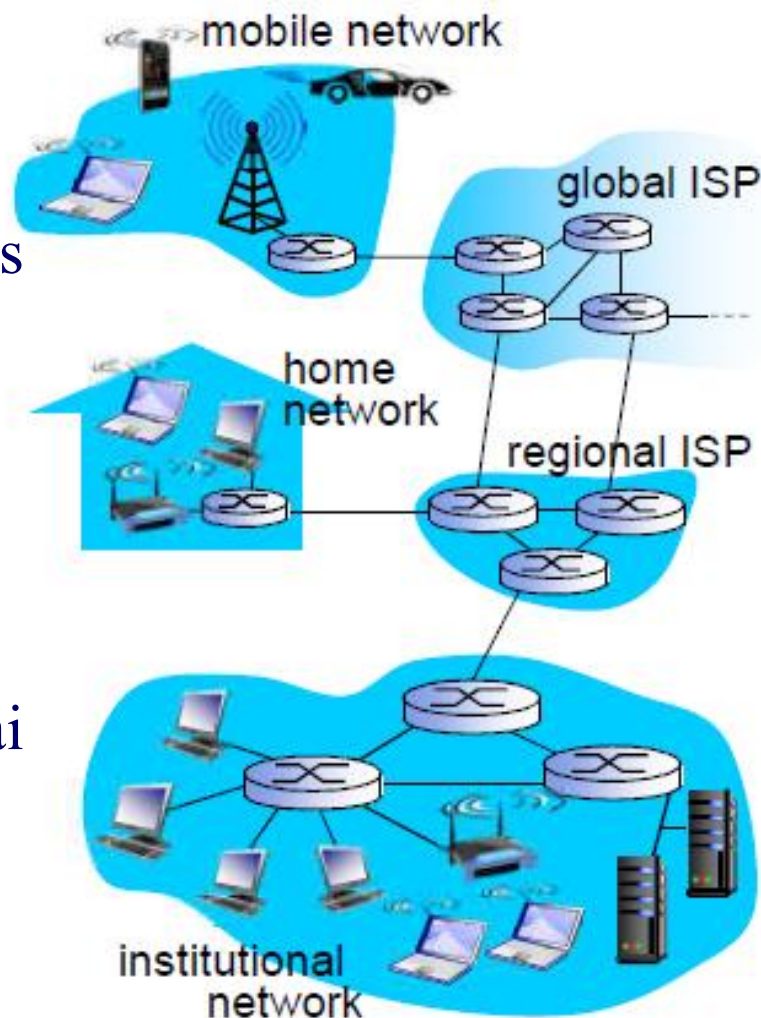
❖ Mạng biên (Network edge)

- Nút đầu cuối mạng (end-system, hosts: Clients, PC, điện thoại, Servers

...

- Mạng truy nhập (Access Networks):
Đường truyền, thiết bị kết nối đến

...



MẠNG TRUY NHẬP (ACCESS NETWORKS)

- ❖ Truy nhập gia đình (Home Access):

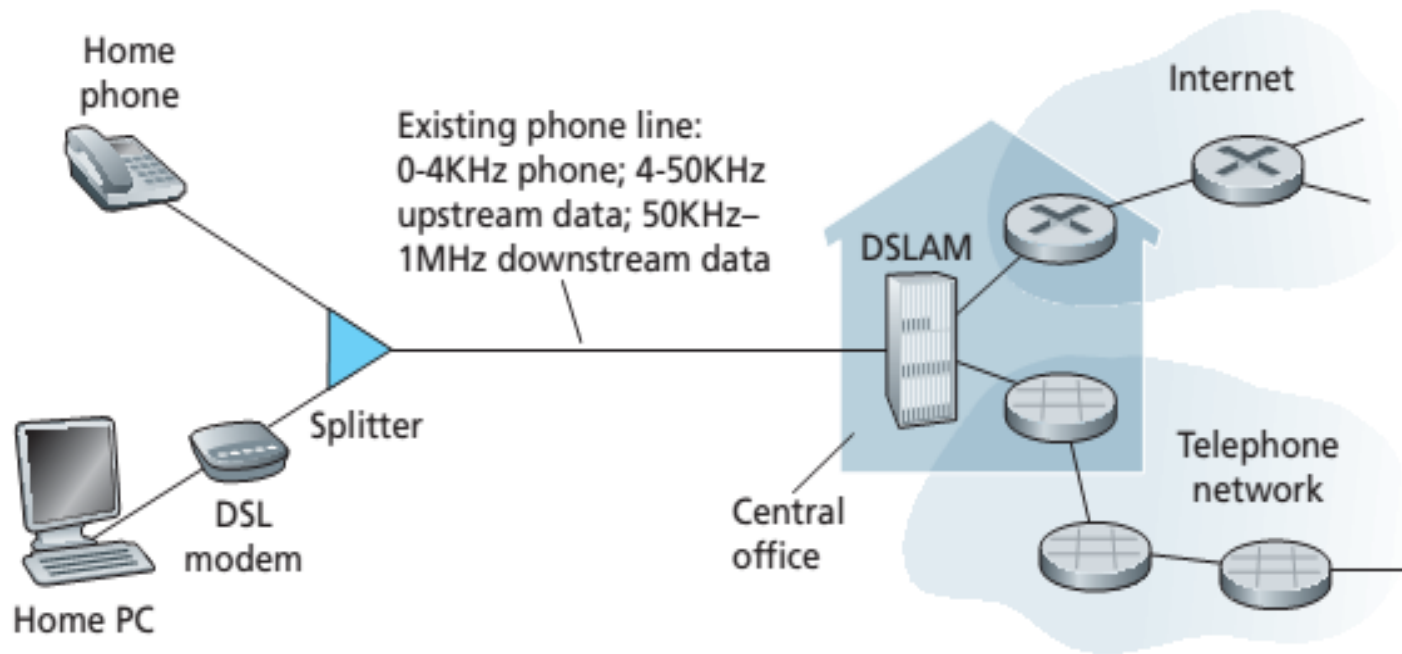
- DSL, Cable, FTTH, Dial-Up, Ethernet, Wifi và Satellite

- ❖ Mạng truy cập trong các tổ chức (Enterprise Access):

- Ethernet và WiFi

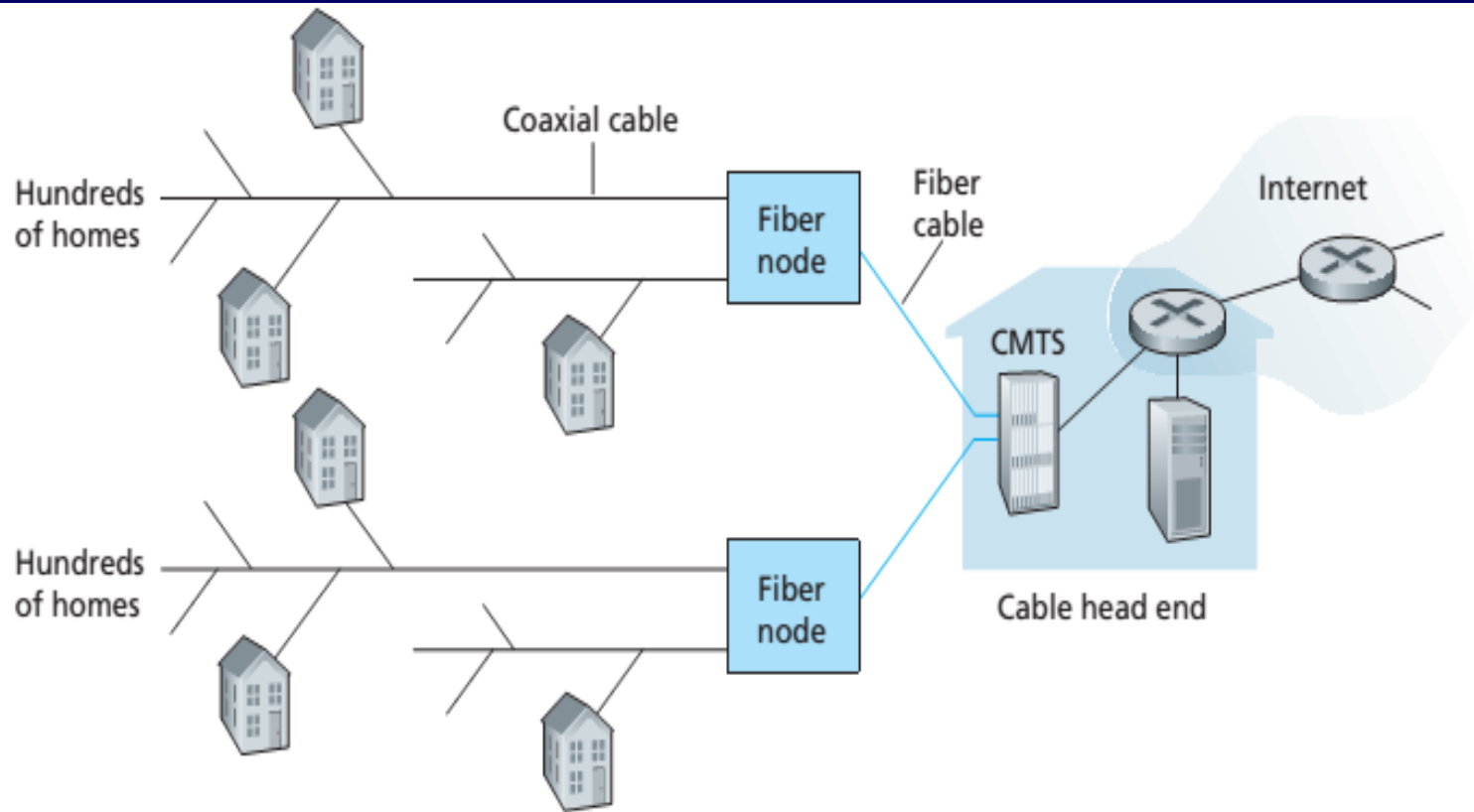
- ❖ Truy cập không dây diện rộng (Wide-Area Wireless Access): 3G và LTE

TRUY NHẬP INTERNET DÙNG DSL



- ❖ DSL- Digital Subscriber Line
- ❖ DSLAM - Digital Subscriber Line Access Multiplexer
- ❖ Dùng đường dây điện thoại
- ❖ Tốc độ truyền đường lên < 2.5 Mbps
- ❖ Tốc độ truyền đường xuống < 24 Mbps

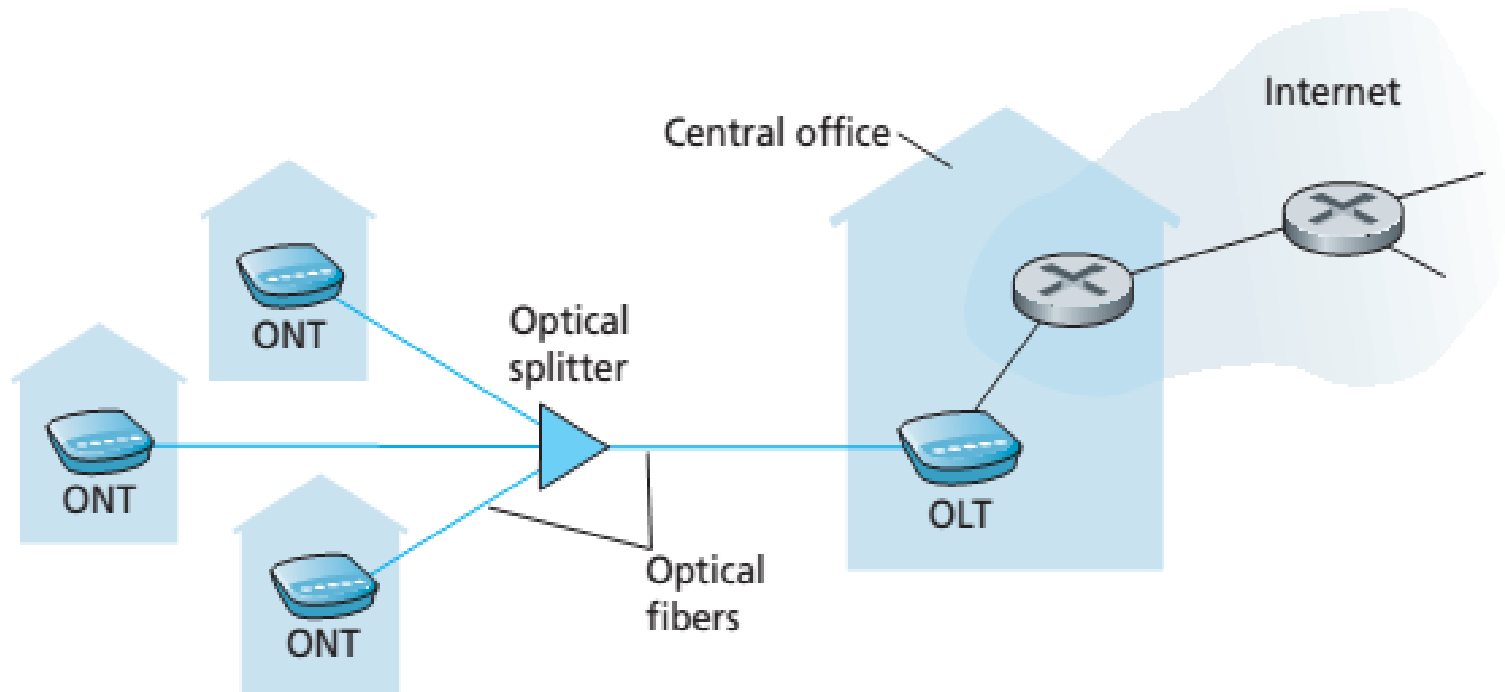
TRUY NHẬP INTERNET DÙNG CABLE



- ❖ HFC-hybrid fiber coaxial
- ❖ CMTS - Cable Modem Termination System
- ❖ Tiêu chuẩn DOCSIS 2.0 : Tốc độ truyền đường lên < 30.7 Mbps; Tốc độ truyền đường xuống < 42,8 Mbps

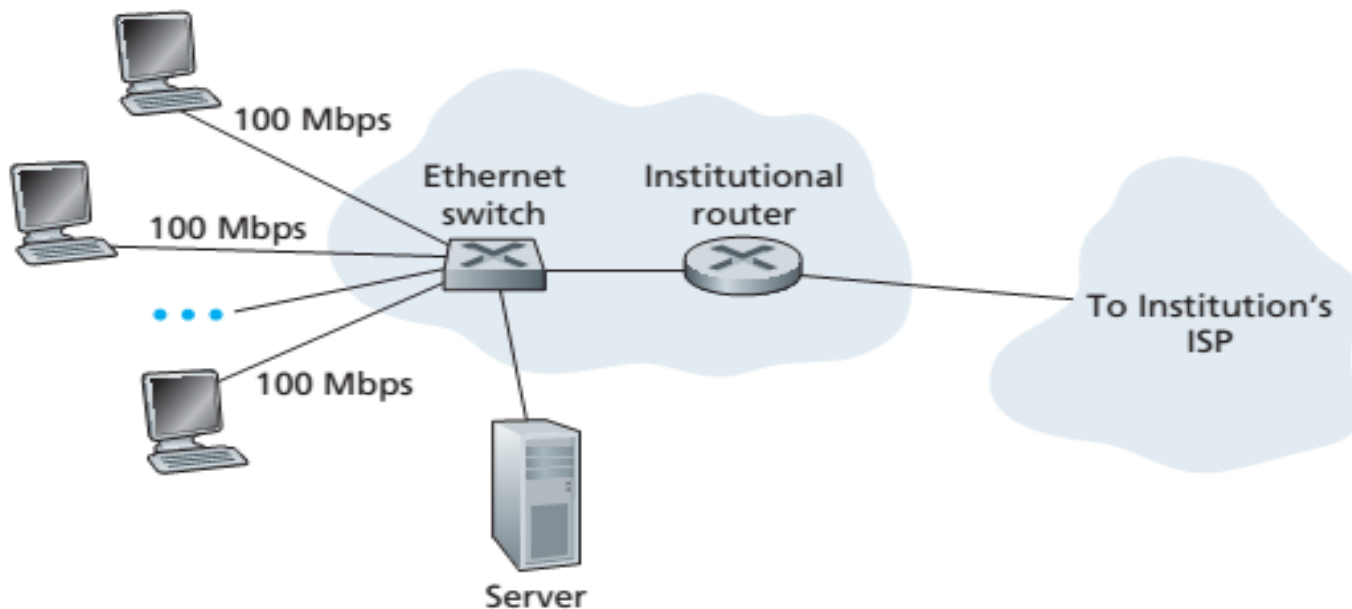
TRUY NHẬP INTERNET DÙNG FTTH

❖ FTTH (fiber to the home)



- ONT - Optical Network Terminator
- OLT - optical line terminator

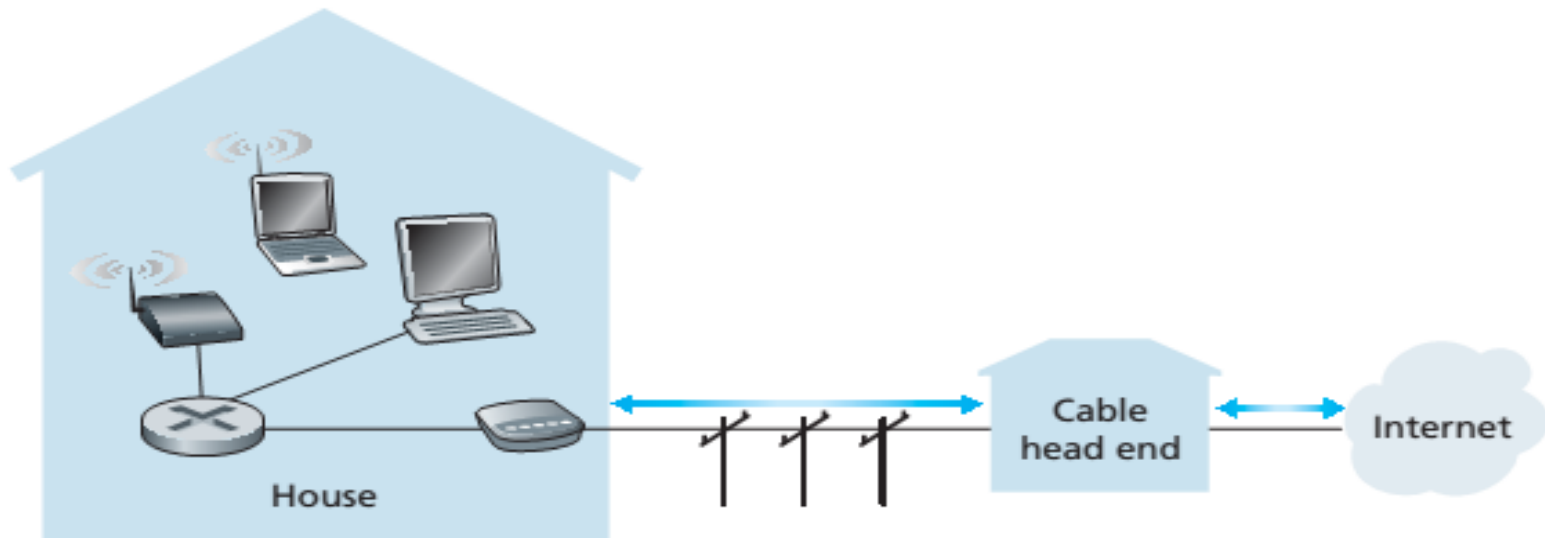
TRUY NHẬP INTERNET DÙNG ETHERNET



- ❖ Công nghệ LAN: phổ biến nhất là Ethernet
- ❖ Ethernet thường được dùng trong công ty, trường đại học, gia đình
- ❖ Tốc độ truy cập với người dùng lên tới 100 Mbps
- ❖ Tốc độ truy cập với Server lên tới 1 Gbps, thậm chí 10 Gbps

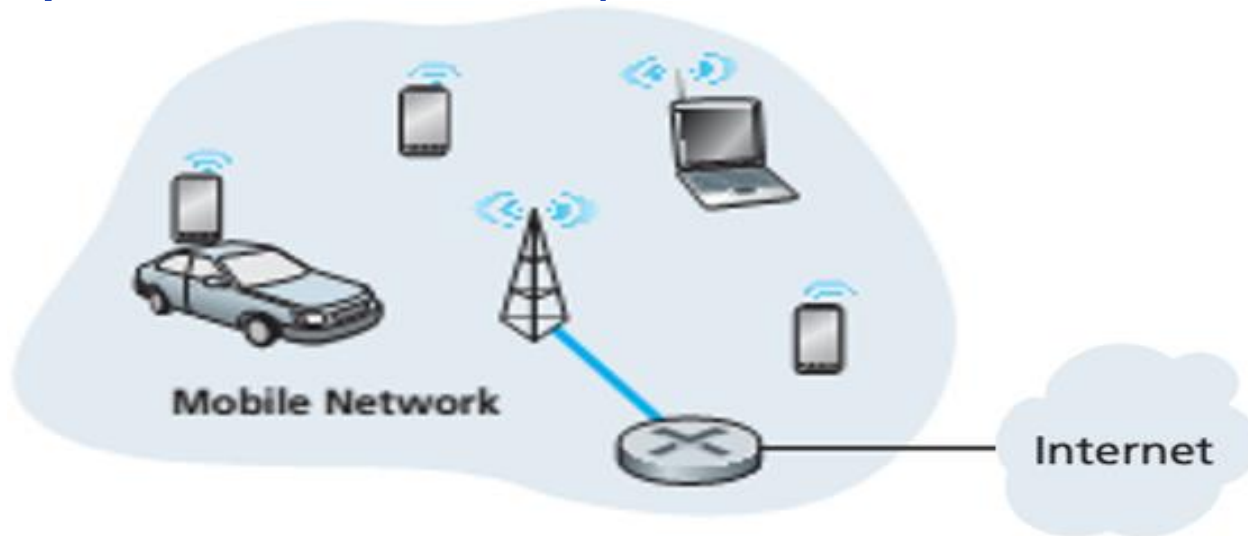
TRUY NHẬP INTERNET DÙNG WIFI

- ❖ Wireless LAN: công nghệ 802.11, còn gọi là Wifi
- ❖ Kết nối các hệ thống cuối không dây với Router thông qua Base Station (còn được gọi là Access Point)
- ❖ Phạm vi: vài chục mét
- ❖ Tốc độ truy cập lên đến 54 Mbps
- ❖ Ví dụ mạng trong hộ gia đình



TRUY NHẬP KHÔNG DÂY 3G VÀ LTE

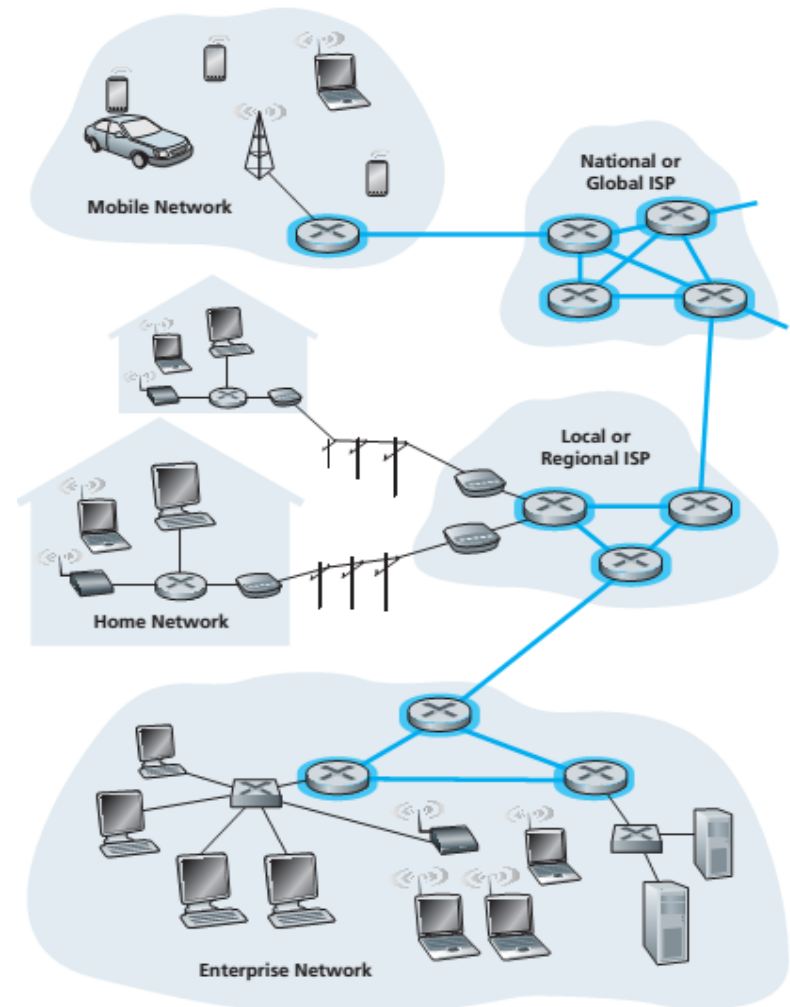
- ❖ Sử dụng hạ tầng không dây của mạng điện thoại tế bào, gửi và nhận dữ liệu thông qua Base Station
- ❖ Phạm vi: vài chục km
- ❖ 3G - The third generation: Tốc độ upload 6 Mbps và tốc độ download là 42 Mbps
- ❖ LTE – Long Term Evolution CAT 6: Tốc độ upload 50 Mbps và tốc độ download là 300Mbps



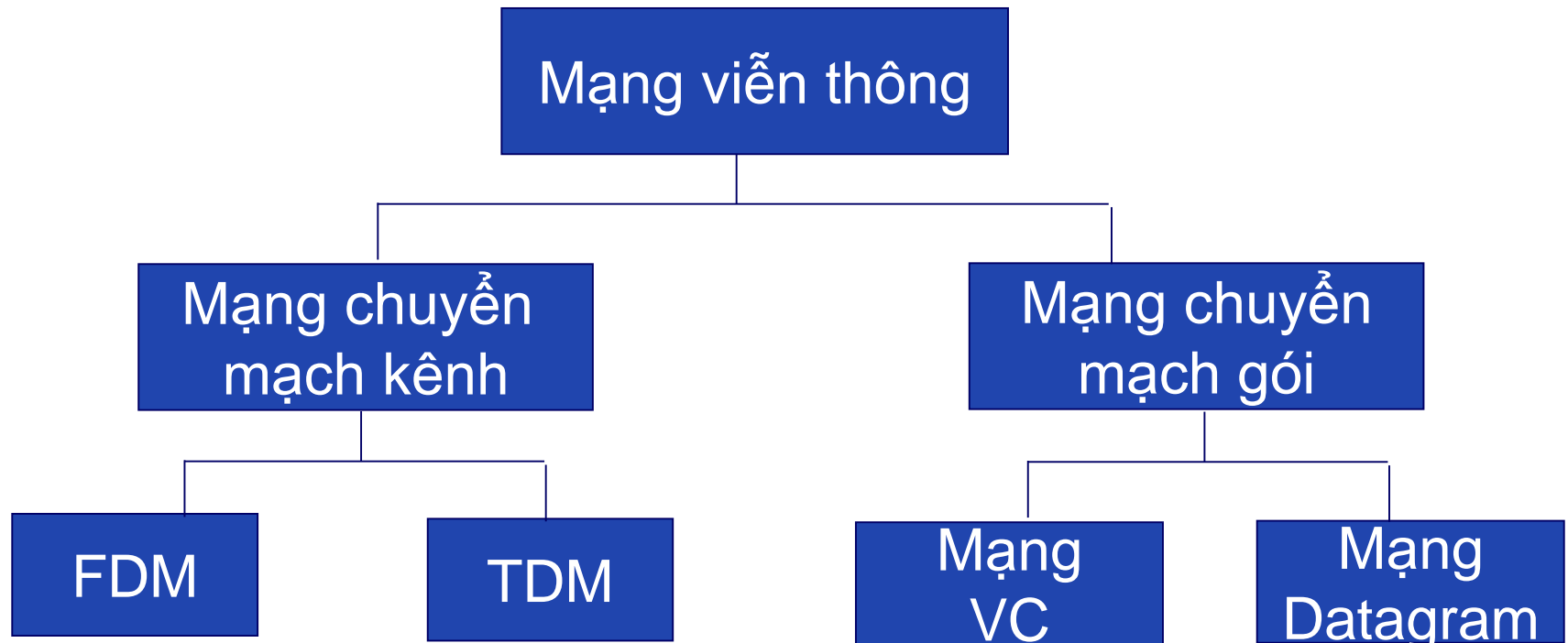
MẠNG LÕI (NETWORK CORE)

❖ Network Core:

- Thành phần: packet switches và links
- Chức năng: chuyển tiếp các gói tin (packets) từ bộ chuyển mạch này đến bộ chuyển mạch khác theo các link trên đường dẫn (path, route)



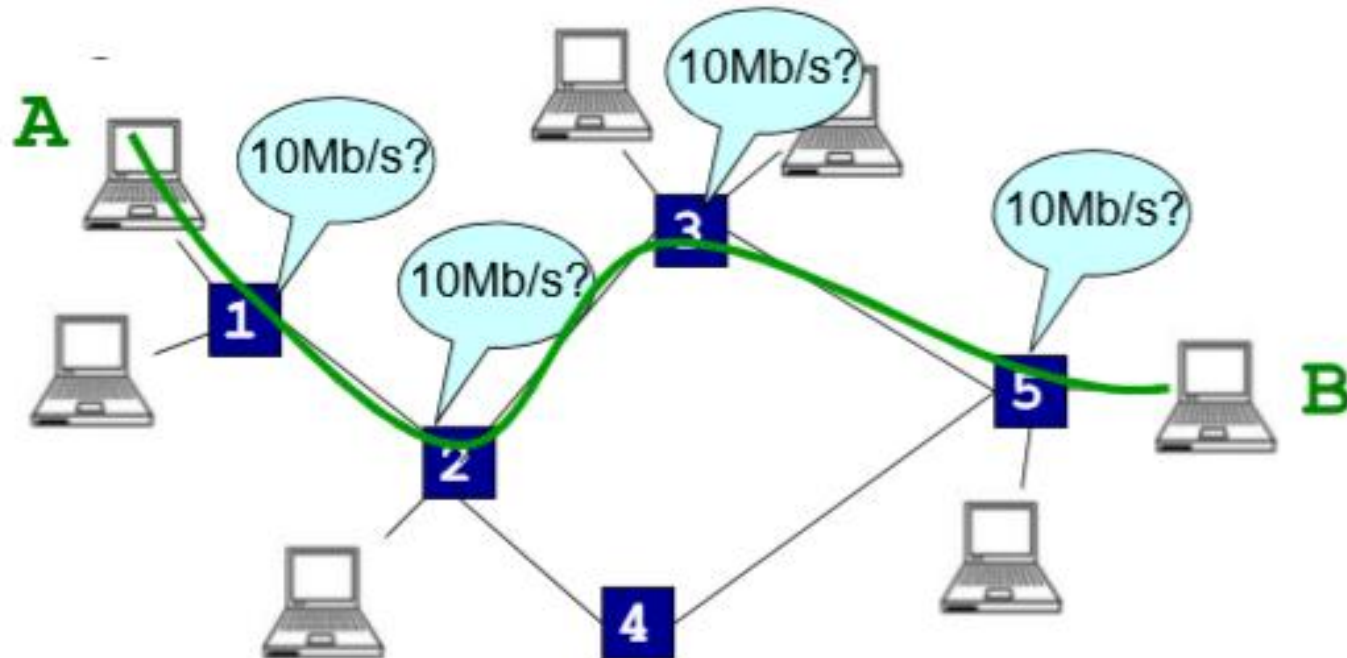
MẠNG CHUYỂN MẠCH



- ❖ Mạng Datagram là hướng kết nối hay không hướng kết nối?
- ❖ Internet cung cấp cả dịch vụ hướng kết nối (TCP) và dịch vụ không hướng kết nối (UDP) cho các ứng dụng.

CHUYỂN MẠCH KÊNH

- ❖ Circuit switching network: cấp phát tài nguyên đường truyền (kênh) dành riêng cho từng kết nối logic giữa 2 nút mạng



- ❖ (1) A phát yêu cầu xin thiết lập kênh, (2) Các thiết bị chuyển mạch thiết lập kênh, (3) A bắt đầu truyền dữ liệu, (4) A truyền xong: phát yêu cầu hủy kênh

CHUYỂN MẠCH KÊNH: FDM VÀ TDM

- ❖ Trước khi trao đổi thông tin, hệ thống sẽ thiết lập kết nối giữa 2 thực thể bằng một đường truyền vật lý. Thực thể đích nếu bận, kết nối này sẽ bị huỷ bỏ.
- ❖ Duy trì kết nối trong suốt quá trình 2 thực thể trao đổi thông tin.
- ❖ Giải phóng kết nối: Sau khi truyền xong dữ liệu, kết nối sẽ được huỷ bỏ, giải phóng các tài nguyên đã bị chiếm dụng để sẵn sàng phục vụ cho các yêu cầu kết nối khác.

GHÉP KÊNH/PHÂN KÊNH

- ❖ Ghép kênh(Multiplexing): gửi dữ liệu của nhiều kênh khác nhau trên cùng một liên kết vật lý
- ❖ Phân kênh(Demultiplexing): phân dữ liệu nhận được trên liên kết vật lý vào các kênh tương ứng và chuyển đến đúng đích.



GHÉP KÊNH: FDM VÀ TDM

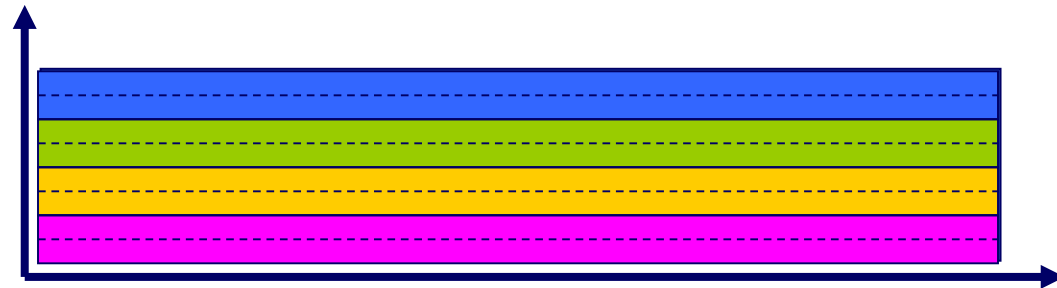
FDM

Ví dụ:

4 users



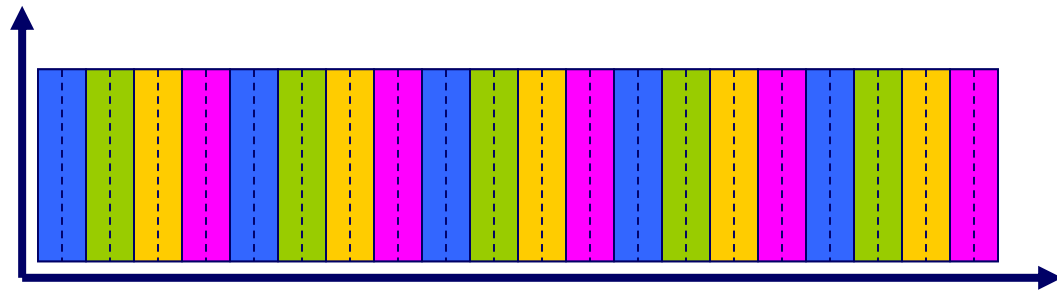
Tần số



Thời gian

TDM

Tần số



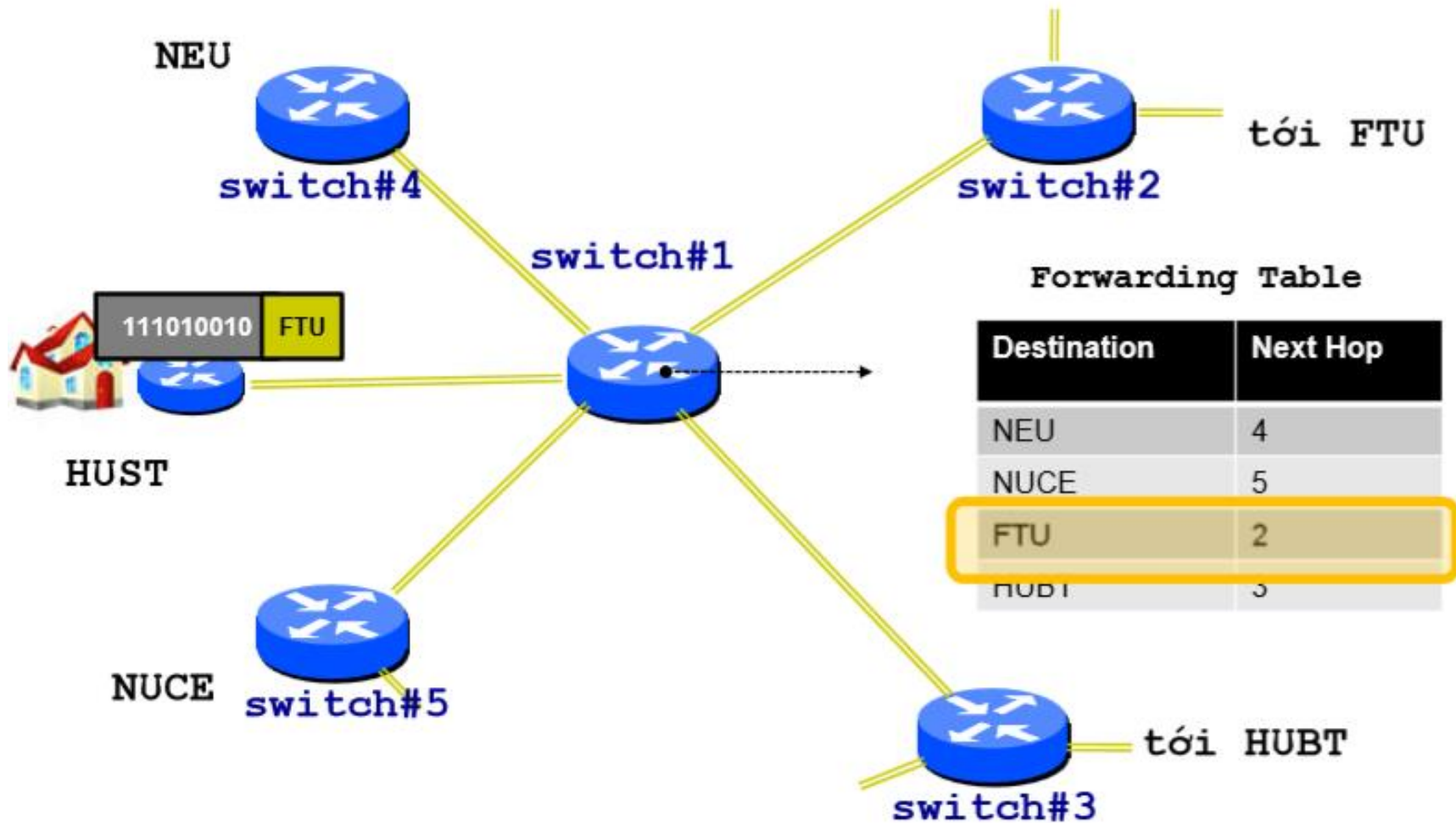
Thời gian

CHUYỂN MẠCH GÓI

Mỗi thông điệp (Message) end-end được chia thành các gói tin nhỏ (packet) có độ dài quy định.

- ❖ Gói tin của user A, B dùng chung tài nguyên mạng
- ❖ Mỗi gói tin sử dụng toàn bộ băng thông đường truyền và truyền trên các đường truyền khác nhau từ nguồn tới đích.
- ❖ Tại mỗi node, các gói tin được tiếp nhận, lưu trữ, xử lý tại bộ nhớ, và được chuyển tiếp đến node kế tiếp.
- ❖ Định tuyến các gói tin qua mạng nhanh hơn và hiệu quả hơn.

CHUYỂN TIẾP GÓI TIN

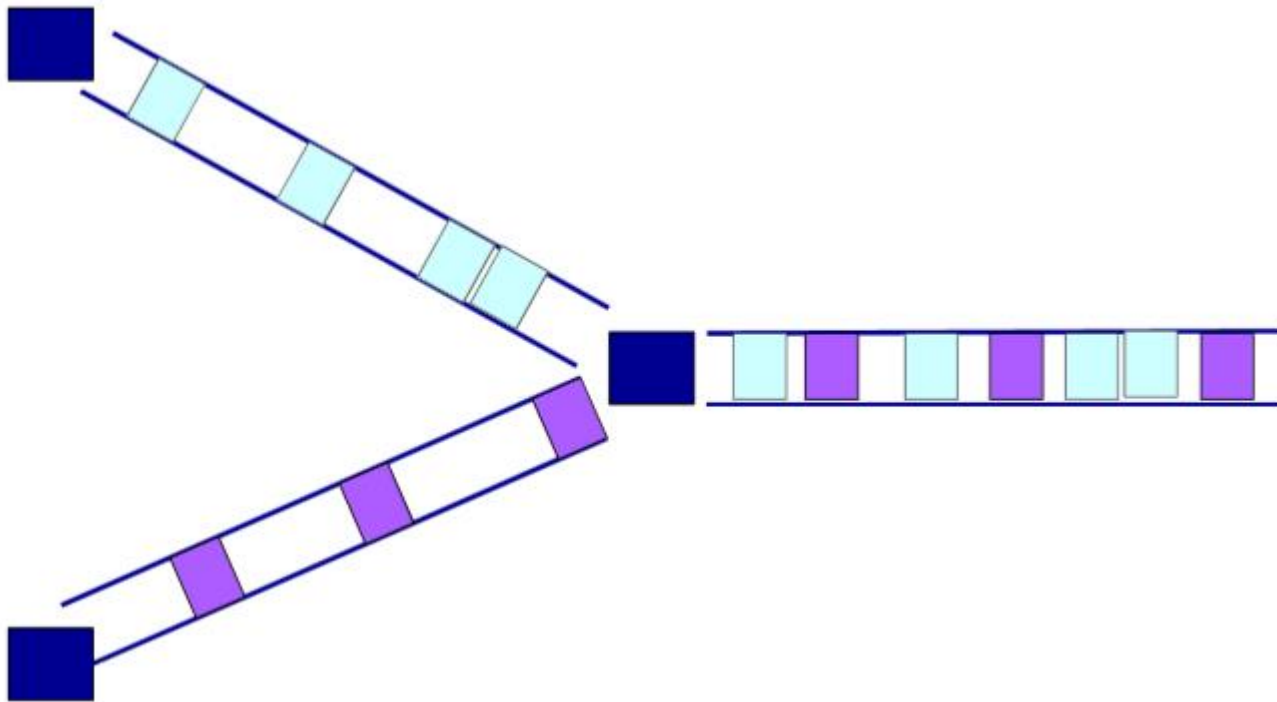


CÁCH THỨC CHUYỂN TIẾP GÓI TIN

- ❖ Unicast: chuyển tiếp gói tin tới 1 nút mạng
- ❖ Multicast: chuyển tiếp gói tin tới một nhóm các nút mạng
- ❖ Broadcast: chuyển tiếp gói tin tới tất cả các nút trong mạng.

CHUYỂN MẠCH GÓI

- ❖ Mỗi gói tin có thể được xử lý độc lập: Các gói tin có thể tới đích theo các đường khác nhau, không còn đúng thứ tự.
- ❖ Tài nguyên dùng chung cho tất cả các kết nối: Nếu còn tài nguyên, bất kỳ nút nào cũng có thể sử dụng



SO SÁNH KT CHUYỂN MẠCH

❖ Chuyển mạch kênh:

- Lãng phí nếu kênh rỗi
- Truyền dẫn tin cậy hơn
- Phù hợp cho ứng dụng thời gian thực

❖ Chuyển mạch gói:

- Chia sẻ dung lượng truyền dẫn tốt hơn
- Tốt cho các dạng dữ liệu đến ngẫu nhiên
- Tắc nghẽn làm trễ và mất gói tin \Rightarrow giảm độ tin cậy
- Internet sử dụng chuyển mạch gói

THEO KIẾN TRÚC ỨNG DỤNG

- ❖ Mạng Peer to Peer (mạng ngang hàng): Các thiết bị trong mạng có chức năng và khả năng của các thiết bị đó là như nhau. Mạng Adhoc là một công nghệ ứng dụng mạng ngang hàng.
- ❖ Mạng Client-Server: Trong mô hình này là máy con (máy khách) gửi một yêu cầu (request) cho máy chủ (cung cấp dịch vụ), máy chủ sẽ xử lý và trả kết quả về cho máy khách.
- ❖ Mạng Boot room: Là hệ thống mạng cho phép một số máy tính thành viên trong mạng không gắn đĩa cứng riêng mà vẫn có thể hoạt động như một máy tính thông thường.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG MÁY TÍNH

1

- Giới thiệu mạng máy tính

2

- Phân loại mạng

3

- Hiệu năng mạng

4

- Mô hình OSI

5

- Mô hình TCP/IP

6

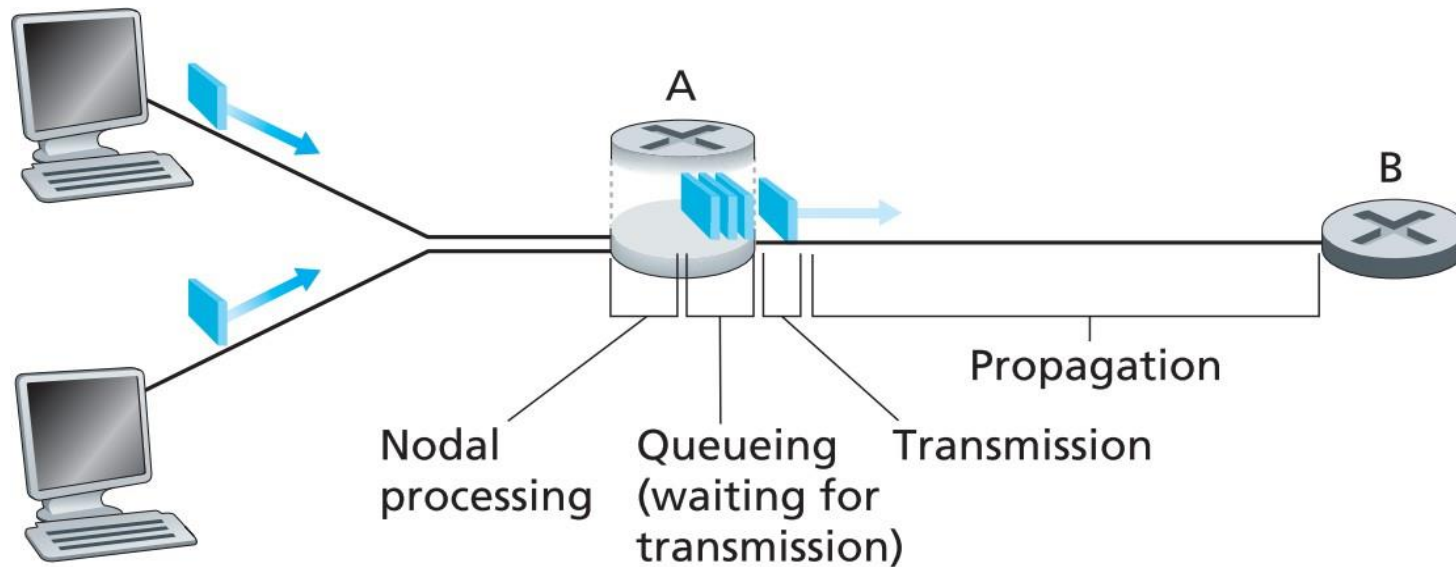
- Lịch sử phát triển mạng máy tính

HIỆU NĂNG CỦA MẠNG

❖ **Hiệu năng của mạng chuyển mạch gói phụ thuộc vào:**

- **Độ trễ (Delay)**
- **Độ mất gói (Packet Loss)**
- **Thông lượng (throughput)**

ĐỘ TRỄ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI



- Độ trễ xử lý (Processing Delay)
- Độ Trễ xếp hàng còn gọi là trễ trong hàng đợi (Queueing Delay)
- Độ trễ truyền (Transmission Delay)
- Độ trễ lan truyền (Propagation Delay)

ĐỘ TRỄ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI

❖ Độ trễ xử lý (Processing Delay)

- Thời gian cần thiết để kiểm tra tiêu đề gói dữ liệu và xác định nơi chuyển tiếp gói dữ liệu.
- Thời gian cần thiết để kiểm tra lỗi.
- Thông thường, độ trễ xử lý trong bộ định tuyến tốc độ cao thường mất vài micro giây. Sau khi xử lý nút này, bộ định tuyến sẽ hướng gói tin đến hàng đợi trước liên kết đến bộ định tuyến B.

ĐỘ TRỄ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI

❖ Độ trễ hàng đợi (Queuing Delay)

- Thời gian gói tin chờ trong hàng đợi để được truyền lên liên kết.
- Độ trễ hàng đợi của một gói cụ thể sẽ phụ thuộc vào số lượng gói đến trước được xếp hàng và chờ truyền vào liên kết.
- Nếu hàng đợi trống và không có gói nào khác đang được truyền đi, thì độ trễ hàng đợi gói sẽ bằng không.
- Ngược lại, nếu lưu lượng truy cập lớn và nhiều gói khác cũng đang chờ để truyền đi, độ trễ hàng đợi sẽ lớn.

ĐỘ TRỄ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI

❖ Độ trễ truyền (Transmission Delay)

- Nếu ký hiệu độ dài của gói tin tính bằng bit là L và tốc độ truyền của liên kết từ bộ định tuyến A đến bộ định tuyến B theo R bit/giây, thì độ trễ truyền là L/R .
- Ví dụ: Liên kết Ethernet 10 Mb/giây, tốc độ là $R = 10 \text{ Mb} / \text{giây}$; Liên kết Ethernet 100 Mbps, tốc độ là $R = 100 \text{ Mbps}$.
- Đây là lượng thời gian cần thiết để đẩy tất cả các bit của gói tin vào liên kết. Trong thực tế, độ trễ truyền thường là từ micro giây đến mili giây.

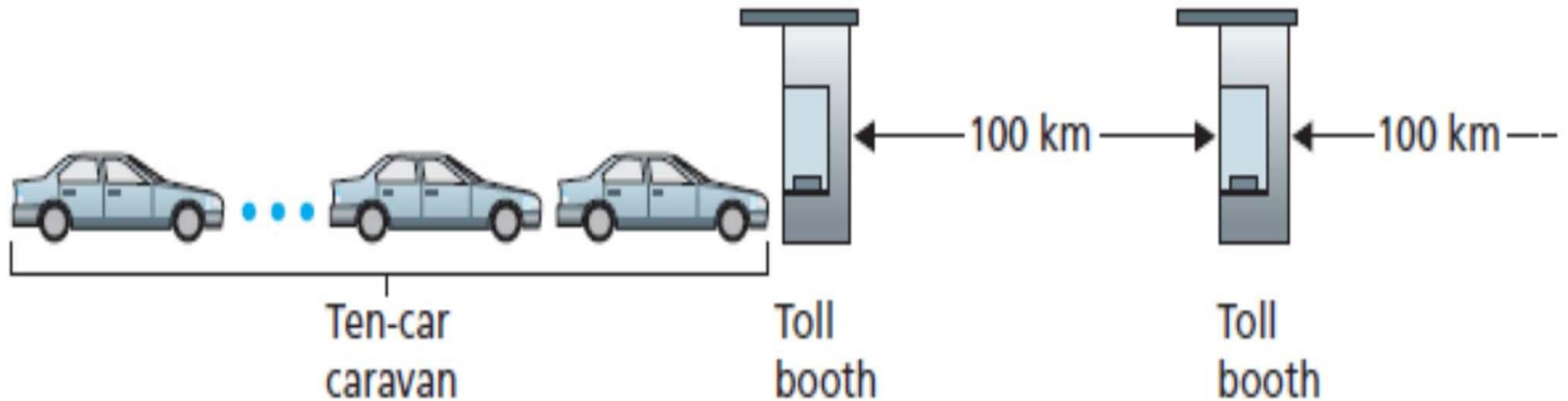
ĐỘ TRỄ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI

❖ Độ trễ lan truyền (Propagation Delay)

- Độ trễ lan truyền là thời gian cần thiết để truyền từ đầu liên kết A đến bộ định tuyến B. Tốc độ lan truyền phụ thuộc vào môi trường vật lý của liên kết (nghĩa là sợi quang, dây đồng xoắn đôi, v.v.) và nằm trong phạm vi từ 2×10^8 m/s đến 3×10^8 m/s.
- Độ trễ lan truyền là d/s , trong đó d là khoảng cách giữa bộ định tuyến A và bộ định tuyến B và s là tốc độ lan truyền của liên kết.

ĐỘ TRỄ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI

- So sánh Transmission Delay và Propagation Delay



ĐỘ TRỄ (DELAY)

Tổng độ trễ từ Router A đến Router B là:

$$d_{nodal} = d_{proc} + d_{queue} + d_{trans} + d_{prop}$$

❖ Trễ truyền tin:

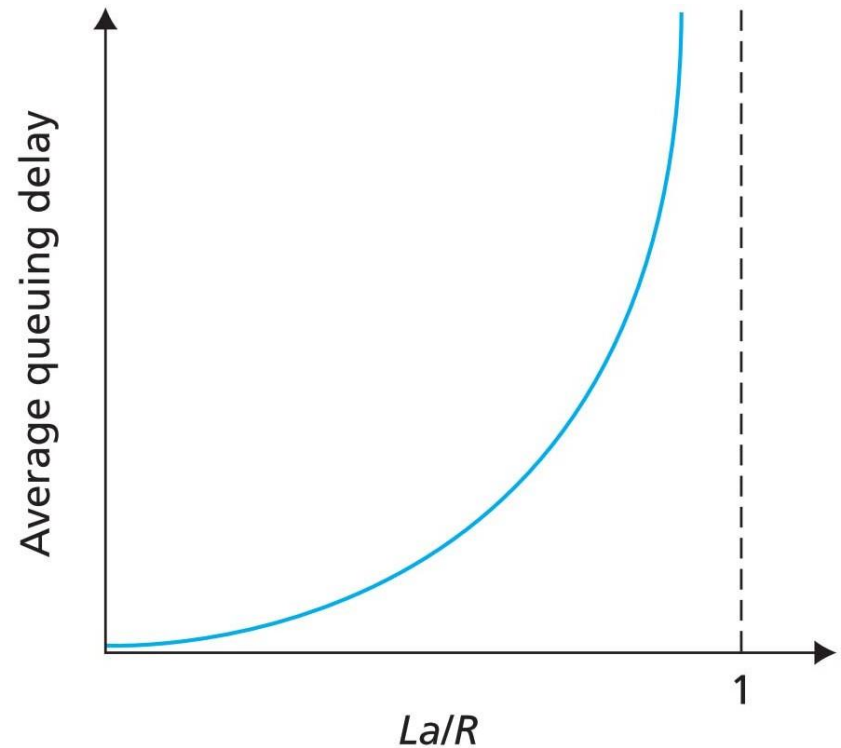
- L : kích thước gói (bits)
- R : tốc độ truyền (bits/s)
- $d_{trans} = L/R$ (s)

❖ Trễ lan truyền

- d : độ dài đường link vật lý (m)
- s : Tốc độ lan truyền của tín hiệu trong môi trường truyền (m/s) (từ $2 \cdot 10^8$ m/s đến $3 \cdot 10^8$ m/s)
- $d_{prop} = d/s$ (s)

TRỄ HÀNG ĐỢI VÀ ĐỘ MẤT GÓI

- a : tốc độ trung bình của gói tin đến hàng đợi (packets/sec)
- L : là kích thước 1 gói tin (bits)
=> tốc độ trung bình đến hàng đợi tính theo bit là La bits/sec
- R là tốc độ truyền của link (bps)
- Tỷ lệ: La/R gọi là lưu lượng đến (Traffic intensity)



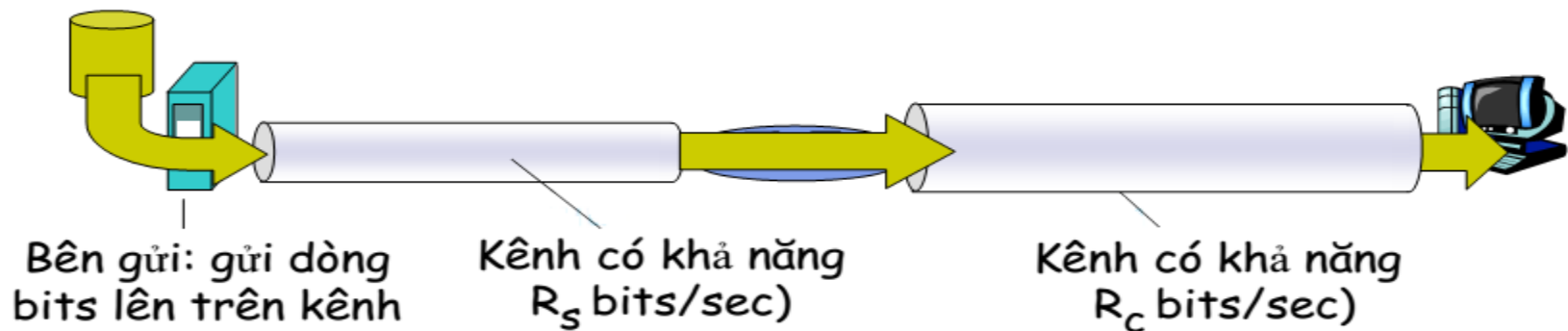
Thiết kế hệ thống để traffic intensity không lớn hơn 1

TRỄ ĐẦU CUỐI TỚI ĐẦU CUỐI

- Giả sử mạng không tắc nghẽn (vì vậy queuing delay là không đáng kể), có $N - 1$ router giữa nút nguồn và nút đích
- End-to-end delay
- $d_{\text{end-end}} = N (d_{\text{proc}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}})$
- $d_{\text{trans}} = L/R$, L là kích thước gói tin

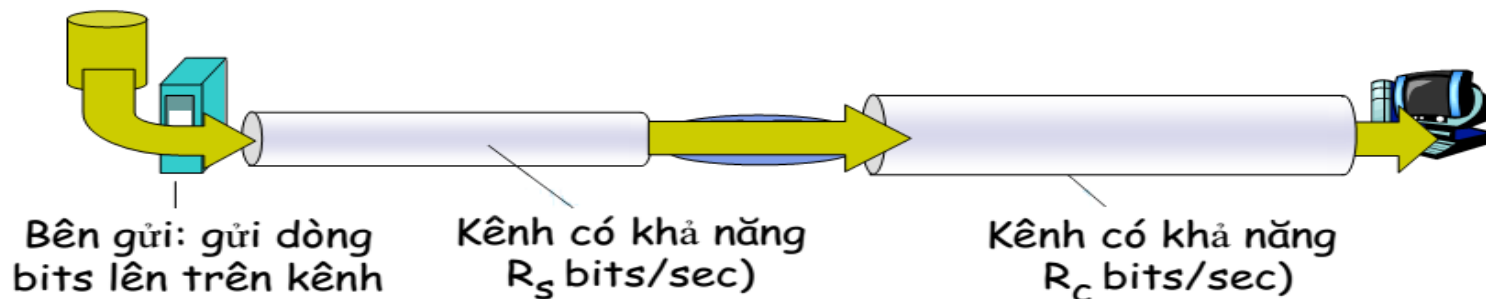
THÔNG LƯỢNG

- ❖ Thông lượng (Throughput):
- ❖ Thông lượng (Throughput) là tốc độ mà các bit được truyền giữa bên gửi và bên nhận
 - Thông lượng tức thời: tốc độ tại một thời điểm
 - Thông lượng trung bình: tốc độ tính trong một khoảng thời gian

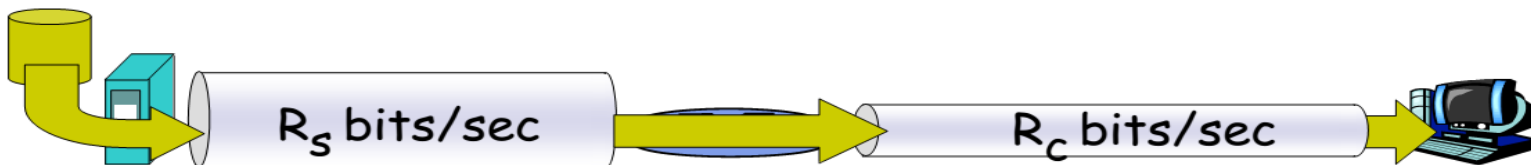


THÔNG LƯỢNG

❖ $R_s < R_c$: Thông lượng trung bình?



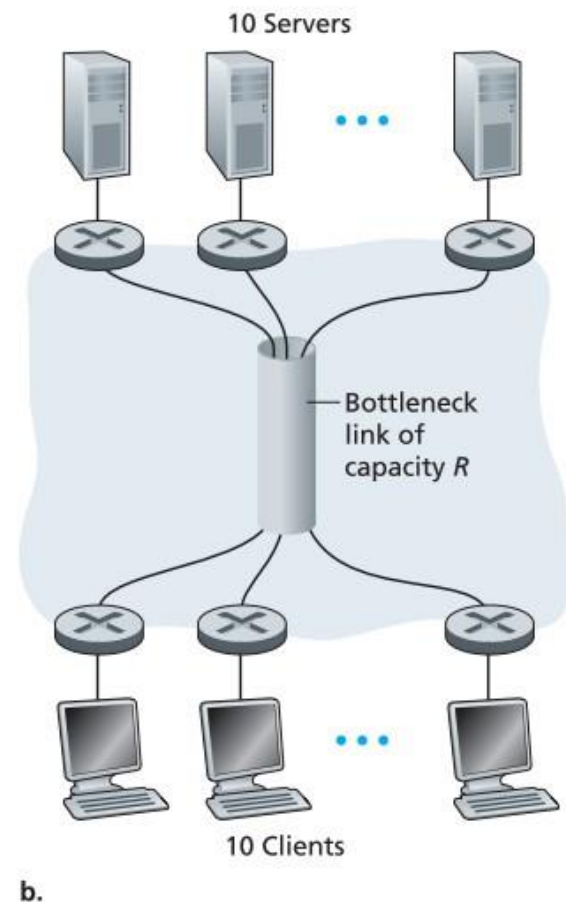
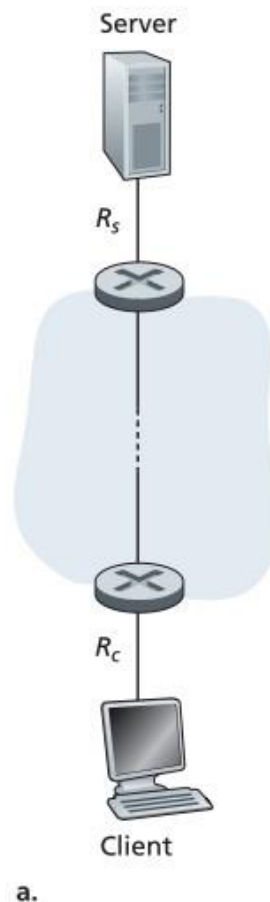
❖ $R_s > R_c$: Thông lượng trung bình?



- two-link network: throughput = $\min\{R_c, R_s\}$

THÔNG LƯỢNG – VÍ DỤ

- ❖ Thông lượng của mỗi kết nối
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- ❖ Thực tế R_c hoặc R_s thường xuyên bị thắt cổ chai



Bài tập 1

- ❖ Cho hai nút mạng A và B kết nối bởi một liên kết có tốc độ là 56 kbps. Hai nút mạng cách nhau 1000 mét và tốc độ lan truyền trên liên kết là 2.5×10^8 m/s. Nút mạng A gửi một gói tin kích thước 120 byte tới nút mạng B. Tính d_{prop} , d_{trans} , bỏ qua d_{proc} và d_{queuing} , tính $d_{\text{end-to-end}}$; Tìm khoảng cách giữa A và B để d_{prop} bằng d_{trans}

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG MÁY TÍNH

1

- Giới thiệu mạng máy tính

2

- Phân loại mạng

3

- Hiệu năng mạng

4

- Mô hình OSI

5

- Mô hình TCP/IP

6

- Lịch sử phát triển mạng máy tính

MÔ HÌNH OSI

Sự cần thiết của kiến trúc phân tầng?

Mạng là phức tạp! Gồm nhiều thành phần:

- Host
- Router
- Liên kết của các phương tiện truyền khác nhau
- Ứng dụng
- Giao thức
- Phần cứng, phần mềm

GỬI THƯ VIẾT TAY

Viết thư

Đọc thư

Đóng gói thư

Mở thư

Mang đi gửi BĐ

NVBĐ phát thư

Xử lý thư, địa chỉ

Xử lý thư, địa chỉ

Đóng gói thư

Mở gói thư

Vận chuyển thư

Layers: Mỗi lớp thực hiện một dịch vụ

- Hoạt động xử lý qua chính lớp nội bộ của nó
- Phụ thuộc vào các dịch vụ mà lớp dưới cung cấp

TẠI SAO LẠI PHÂN TẦNG?

- ❖ Để giảm độ phức tạp của việc thiết kế và cài đặt mạng
- ❖ Dễ tiêu chuẩn hóa các giao diện.
- ❖ Đảm bảo khả năng làm việc giữa các công nghệ khác nhau
- ❖ Tạo khả năng module hóa cao, dễ bảo trì, nâng cấp hệ thống: Thay đổi việc thực hiện dịch vụ ở tầng nào không ảnh hưởng tới tầng khác

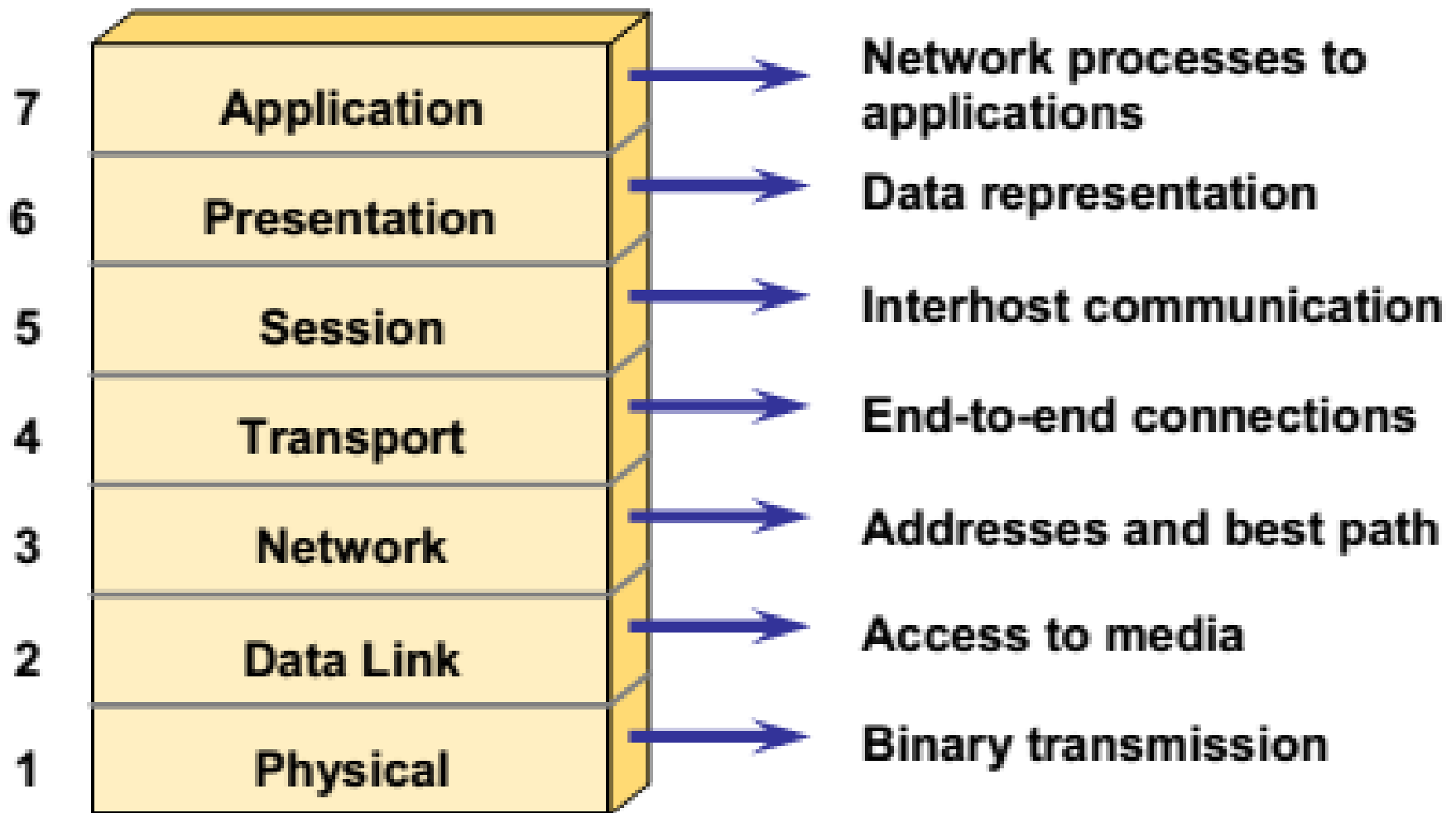
NGUYÊN TẮC PHÂN TẦNG

- ❖ Mỗi hệ thống trong mạng đều có cấu trúc phân tầng (số lượng tầng hạn chế, chức năng của mỗi tầng cùng cấp là như nhau)
- ❖ Các chức năng được định vị sao cho có thể thiết kế lại tầng mà không ảnh hưởng tới các tầng khác
- ❖ Mỗi tầng sử dụng dịch vụ của tầng dưới nó và cung cấp dịch vụ cho tầng trên nó
- ❖ Dữ liệu không được truyền trực tiếp từ tầng thứ i của hệ thống này sang hệ tầng thứ i của hệ thống khác (trừ đối với tầng thấp nhất sử dụng đường truyền vật lý để truyền trực tiếp)

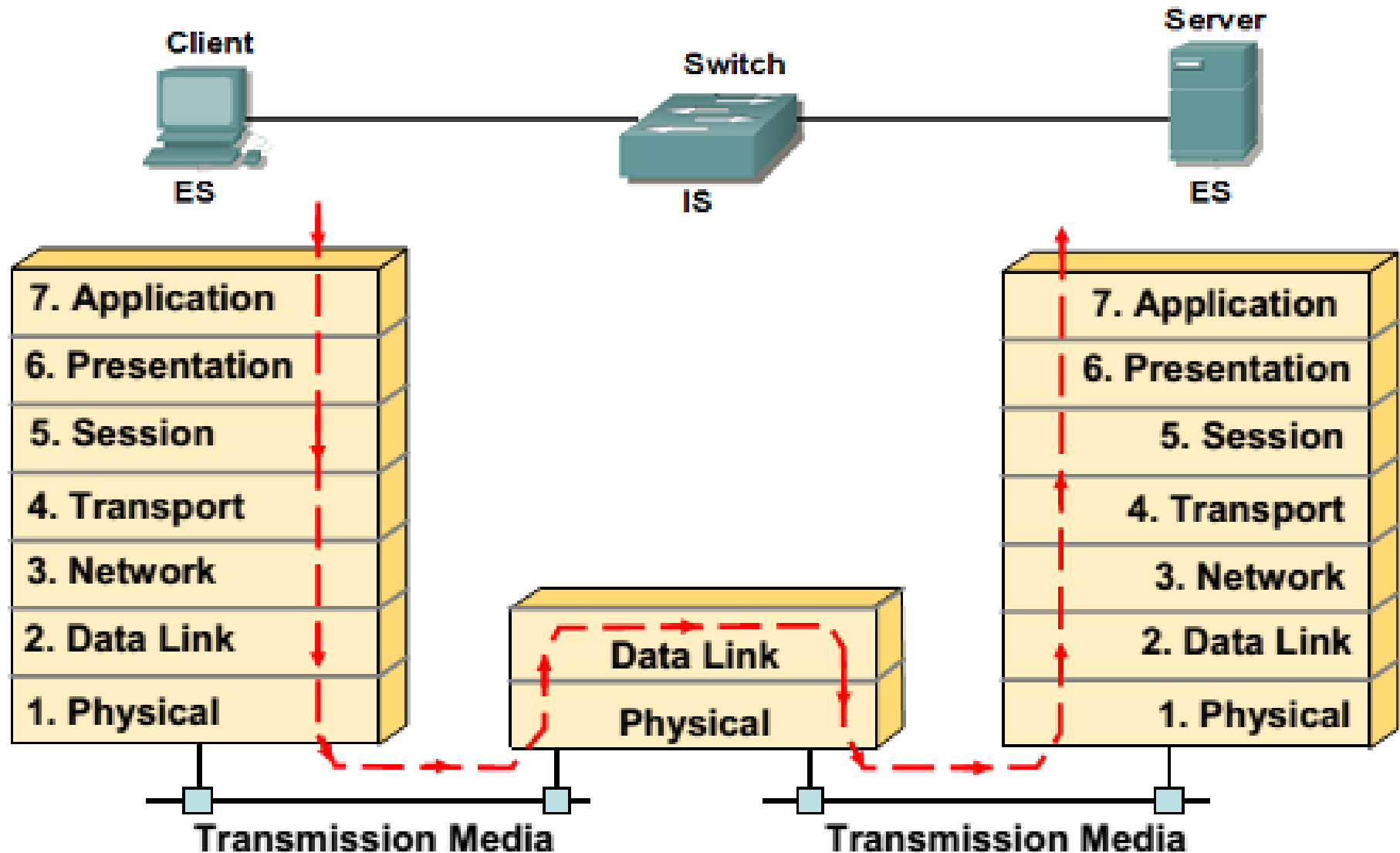
MÔ HÌNH OSI

- ❖ Mô hình kết nối các hệ thống mở OSI (Open System Interconnection) được tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế ISO (*International Organization for Standardization*) đưa ra năm 1970.
- ❖ Chia các giao thức truyền thông thành 7 tầng, mỗi một tầng giải quyết một phần hẹp của tiến trình truyền thông.
- ❖ Chia tiến trình truyền thông thành nhiều tầng và trong mỗi tầng có thể có nhiều giao thức khác nhau thực hiện các nhu cầu truyền thông cụ thể.

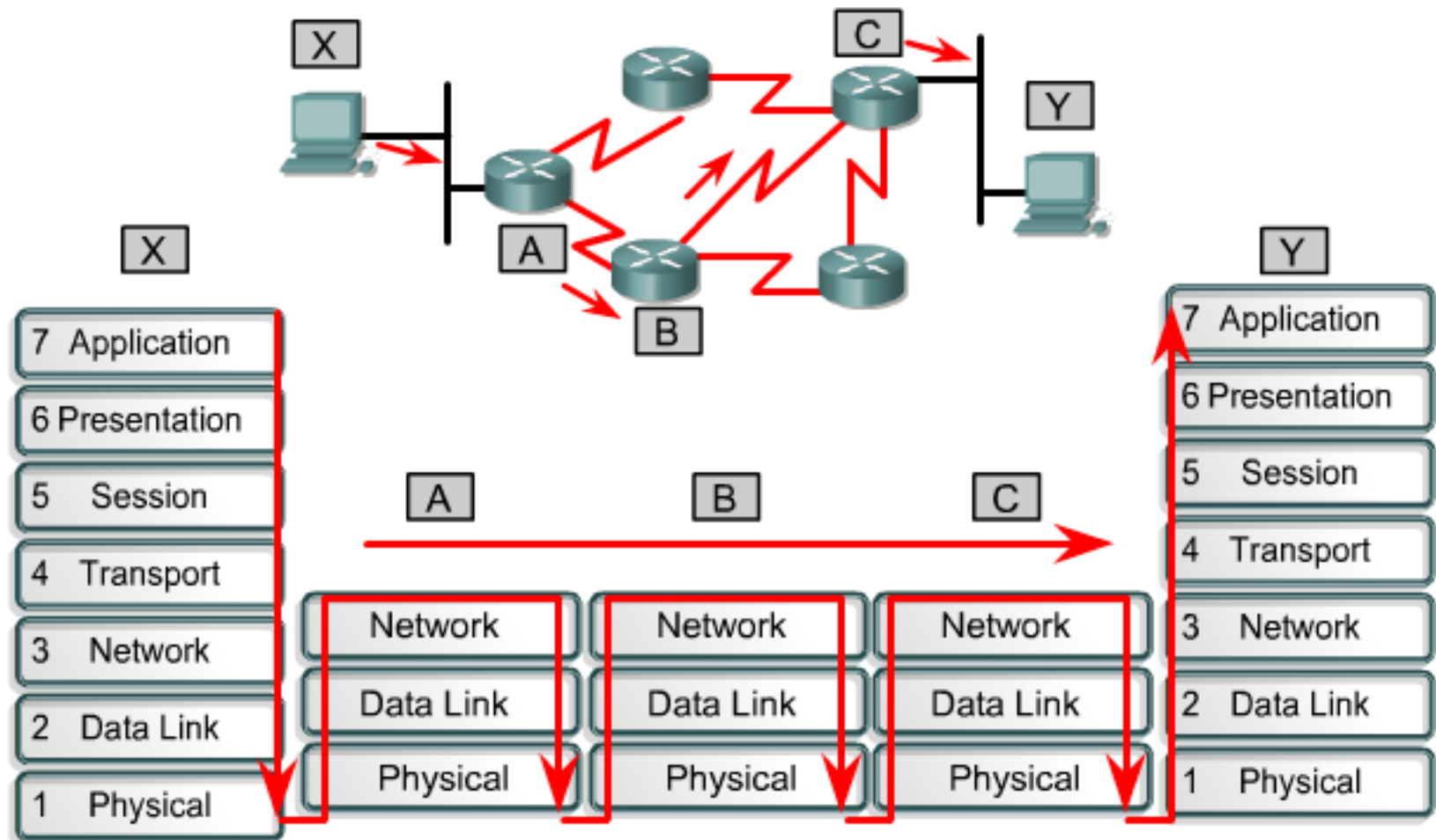
CHỨC NĂNG CÁC TẦNG OSI



DÒNG DỮ LIỆU TRÊN MẠNG



DÒNG DỮ LIỆU TRÊN MẠNG



Data flow in a network focuses on layers one, two and three of the OSI model. This is after being transmitted by the sending host and before arriving at the receiving host.

TẦNG VẬT LÝ - PHYSICAL

- ❖ Có chức năng truyền dòng bit nhị phân trên phương tiện truyền dẫn mà không quan tâm đến cấu trúc.
- ❖ Truy nhập đường truyền vật lý nhờ các quy định về cơ, điện....
- ❖ Liên quan đến tham số: Tốc độ truyền dữ liệu; Phương tiện truyền dẫn; Chế độ truyền dẫn (simplex, half-duplex, full-duplex)

TÀNG LIÊN KẾT DỮ LIỆU – DATA LINK

- ❖ Đóng khung dữ liệu (Frame), gửi các frame với các cơ chế đồng bộ hóa, kiểm soát lỗi truyền.
- ❖ Cung cấp phương thức để truyền khung thông tin qua liên kết vật lý đảm bảo tin cậy.
- ❖ Điều khiển phương thức truy nhập phương tiện truyền dẫn.
- ❖ Địa chỉ hóa cho các giao diện vật lý (MAC Address)

TÀNG MẠNG

- ❖ Địa chỉ hóa logic cho các nút trên liên mạng.
- ❖ Thực hiện việc chọn đường tốt nhất và chuyển tiếp thông tin với công nghệ chuyển mạch thích hợp.
- ❖ Cắt hợp dữ liệu khi cần thiết.
- ❖ Liên quan tới các vấn đề đo độ trễ đường truyền, quyết định chọn đường, cập nhật các thông tin sử dụng cho việc chọn đường.

Kết nối end-to-end

- ❖ Thực hiện truyền dữ liệu giữa hai đầu cuối (end-to-end)
- ❖ Thiết lập, duy trì, kết nối các mạch ảo
- ❖ Phát hiện lỗi, phục hồi thông tin, điều khiển luồng, điều khiển tắc nghẽn.
- ❖ Thực hiện ghép/phân kênh cho các luồng thông tin dịch vụ.

TÀNG PHIÊN - SESSION

- ❖ Cung cấp phương tiện quản lý truyền thông giữa các ứng dụng.
- ❖ Thiết lập, duy trì, đồng bộ hóa và hủy bỏ các phiên truyền thông giữa các ứng dụng.

TÀNG TRÌNH DIỄN - PRESENTATION

Trình bày dữ liệu

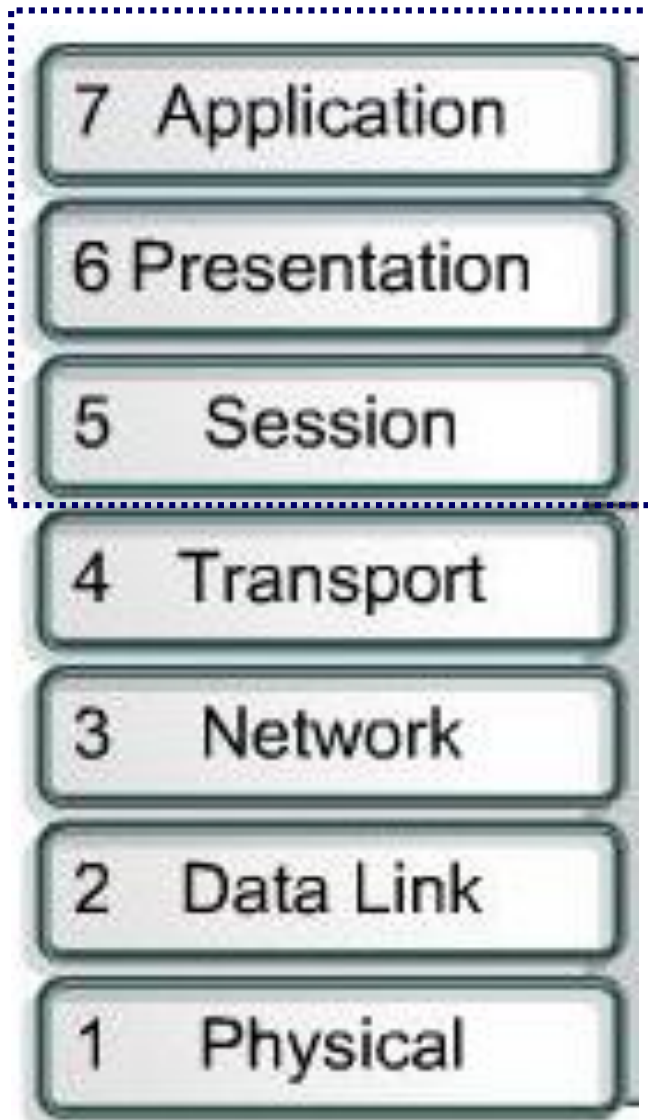
- Định dạng dữ liệu: Chuyển đổi cú pháp dữ liệu để đáp ứng yêu cầu truyền dữ liệu của các ứng dụng.
- Cung cấp cách biểu diễn thông tin dùng chung trong truyền thông (Mã hóa thông tin, nén dữ liệu, mã hóa bảo mật và xác thực)

TẦNG ỨNG DỤNG - APPLICATION

Các quá trình mạng của ứng dụng

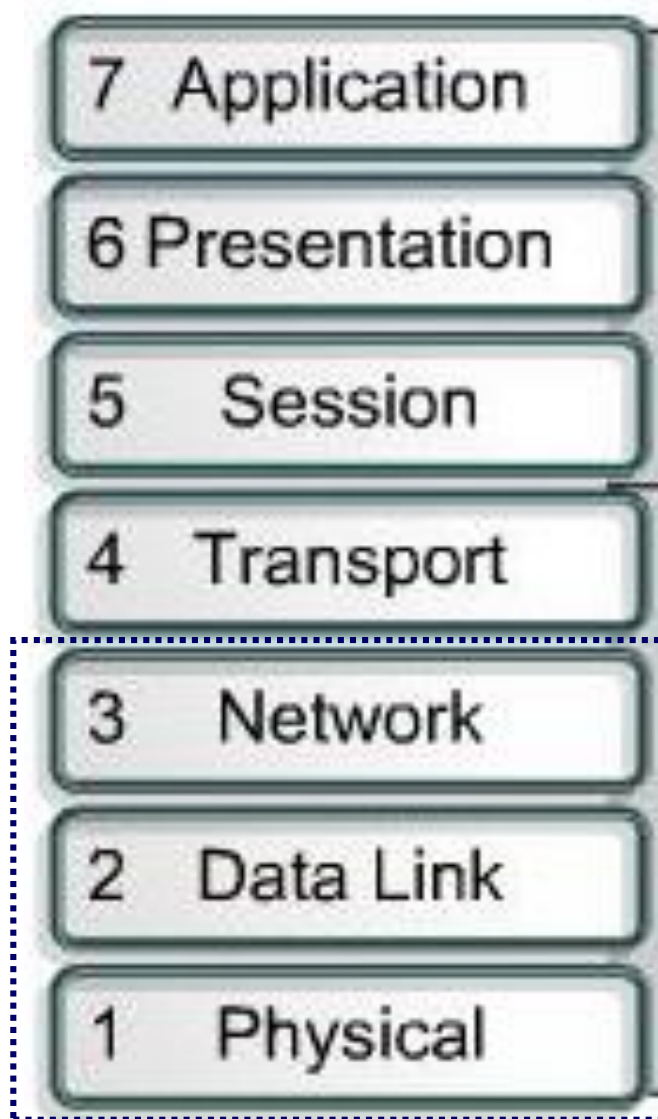
- ❖ Xác định giao diện giữa người sử dụng và môi trường OSI
- ❖ Cung cấp các dịch vụ mạng cho các ứng dụng như email, truyền file...
- ❖ Cung cấp các dịch vụ thông tin phân tán.
- ❖ Cung cấp giao diện lập trình ứng dụng (API)

RÚT GỌN CHỨC NĂNG CÁC TẦNG



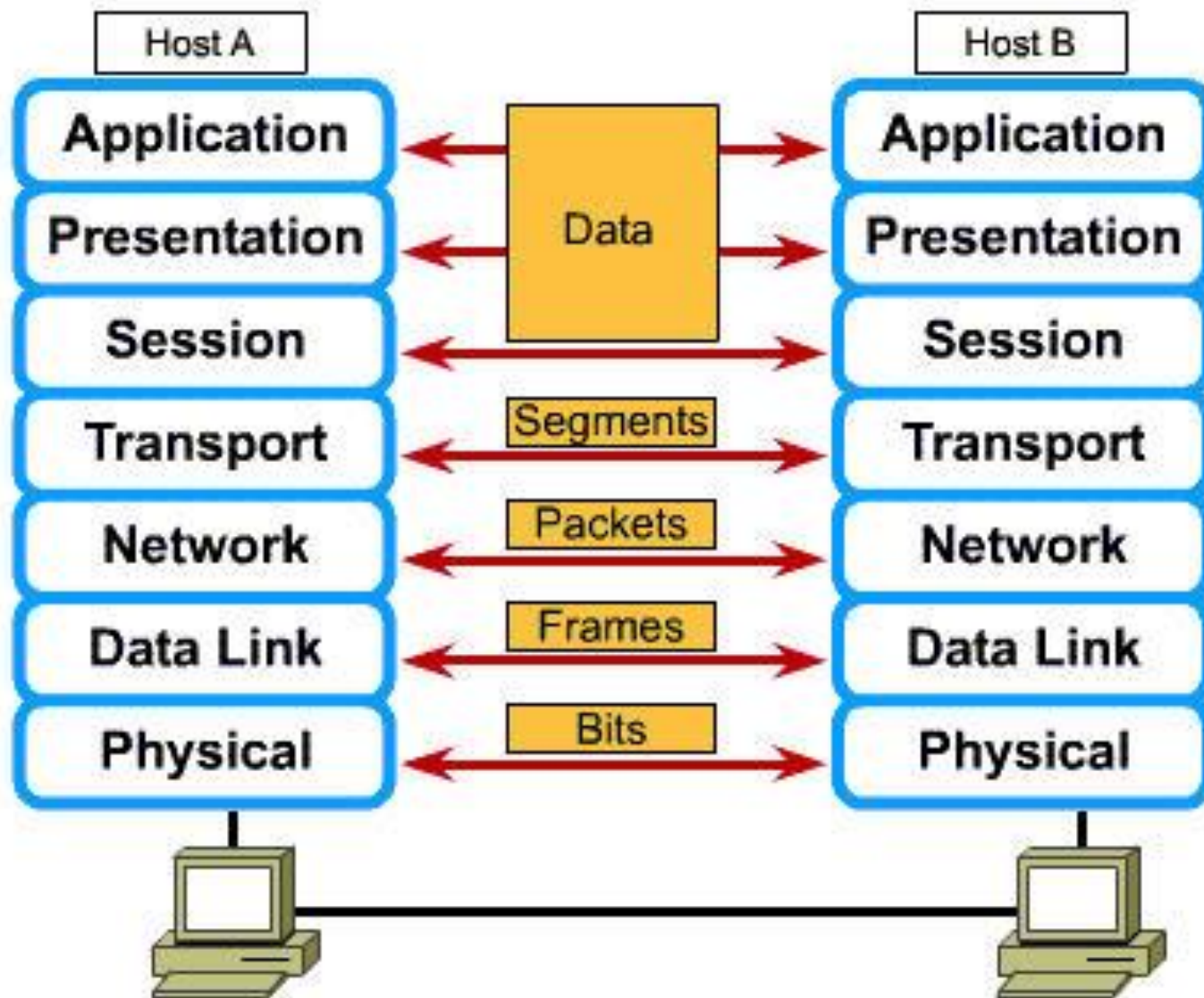
Những lớp này chỉ tồn tại trong máy tính nguồn và máy tính đích.

RÚT GỌN CHỨC NĂNG CÁC TẦNG

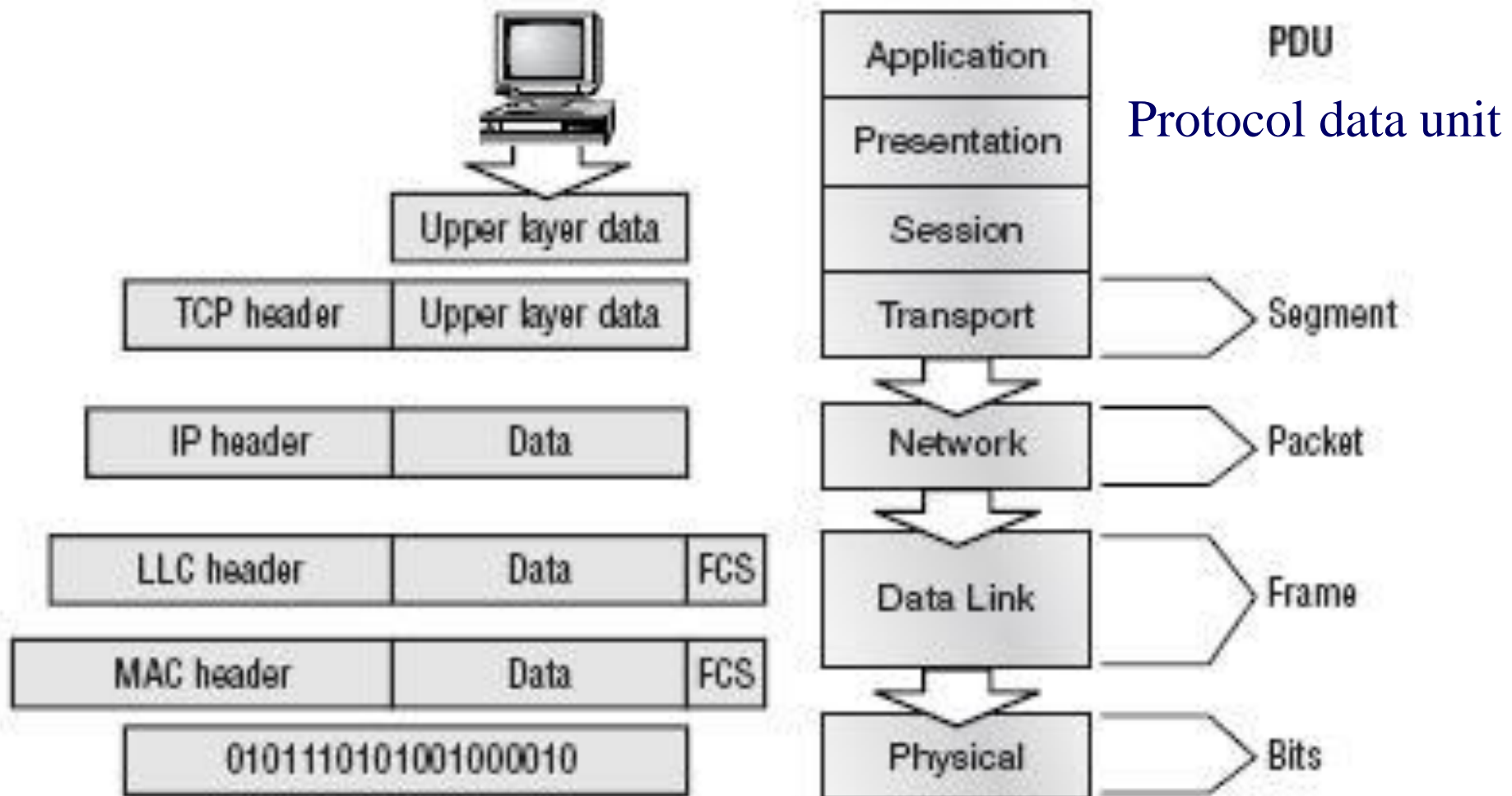


Những lớp này quản lý thông tin di chuyển trong mạng LAN hoặc WAN giữa máy tính nguồn và máy tính đích

MÔ HÌNH PEER-TO-PEER



ĐÓNG/MỞ GÓI TIN TRONG MÔ HÌNH OSI



Đóng gói dữ liệu trên mạng

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG MÁY TÍNH

1

- Giới thiệu mạng máy tính

2

- Phân loại mạng

3

- Hiệu năng mạng

4

- Mô hình OSI

5

- Mô hình TCP/IP

6

- Lịch sử phát triển mạng máy tính

MÔ HÌNH TCP/IP

- ❖ Mô hình TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) được phát triển bởi Bộ quốc phòng Mỹ.
- ❖ Đây là họ các giao thức mạng tính mở và được sử dụng phổ biến trên mạng Internet.

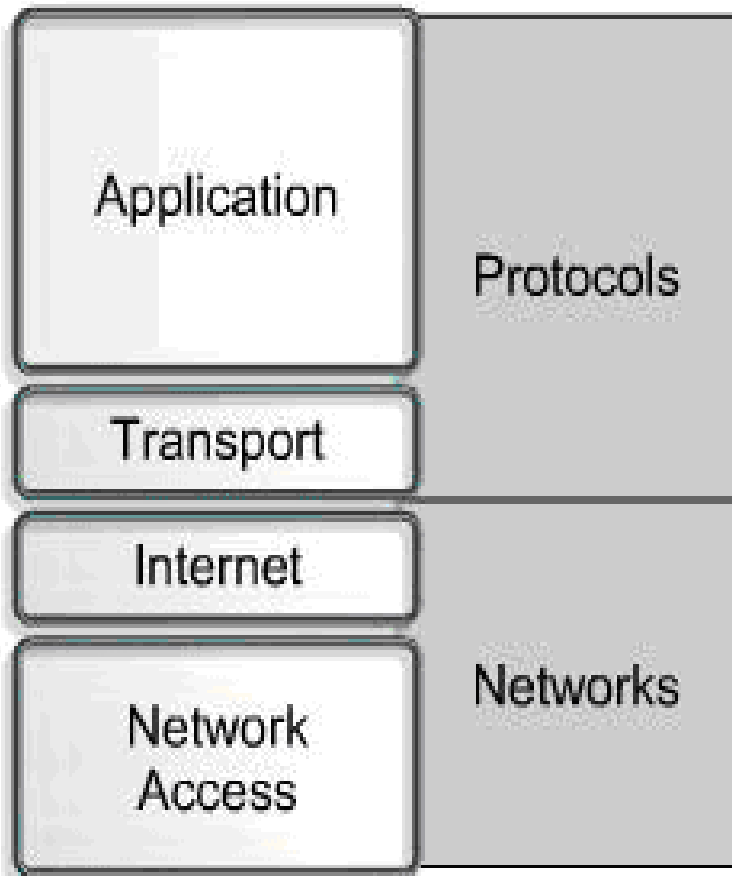
MÔ HÌNH TCP/IP

❖ Khái niệm về TCP và IP

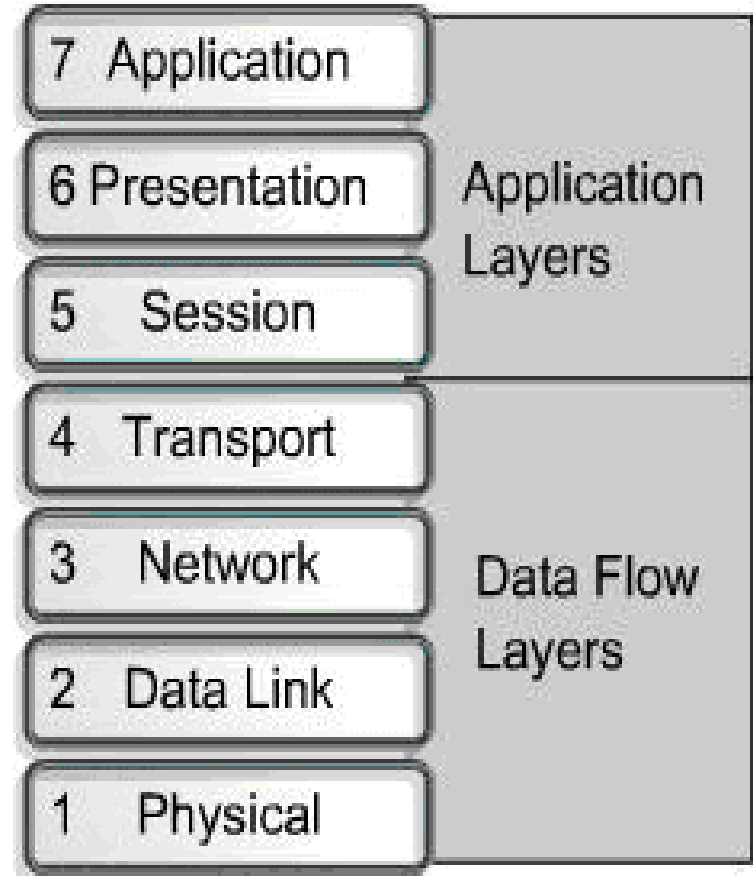
- TCP (Transmission Control Protocol) là giao thức thuộc tầng vận chuyển (Transport Layer) và là một giao thức hướng kết nối (connected-oriented).
- IP (Internet Protocol) là giao thức thuộc tầng mạng của mô hình OSI và là một giao thức không kết nối (connectionless).
- ❖ Mô hình tham chiếu TCP/IP gồm 4 lớp tương ứng với mô hình OSI 7 lớp.

MÔ HÌNH OSI VÀ TCP/IP

TCP/IP Model



OSI Model



SO SÁNH MÔ HÌNH OSI VÀ TCP/IP

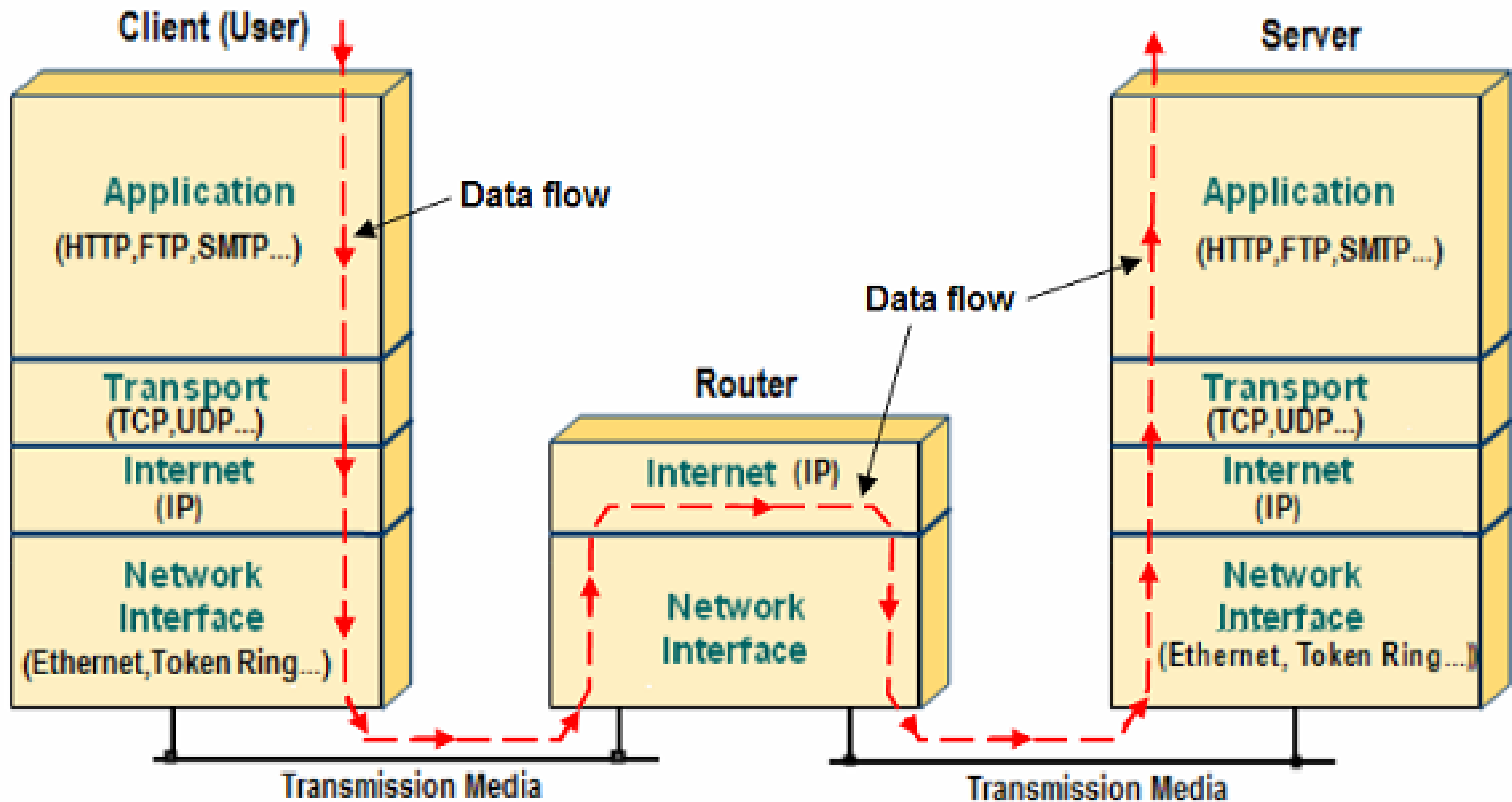
❖ Giống nhau

- Điều phân lớp chức năng
- Điều có lớp vận chuyển và lớp mạng.
- Chuyển gói là hiển nhiên.
- Điều có mối quan hệ trên dưới, ngang hàng.

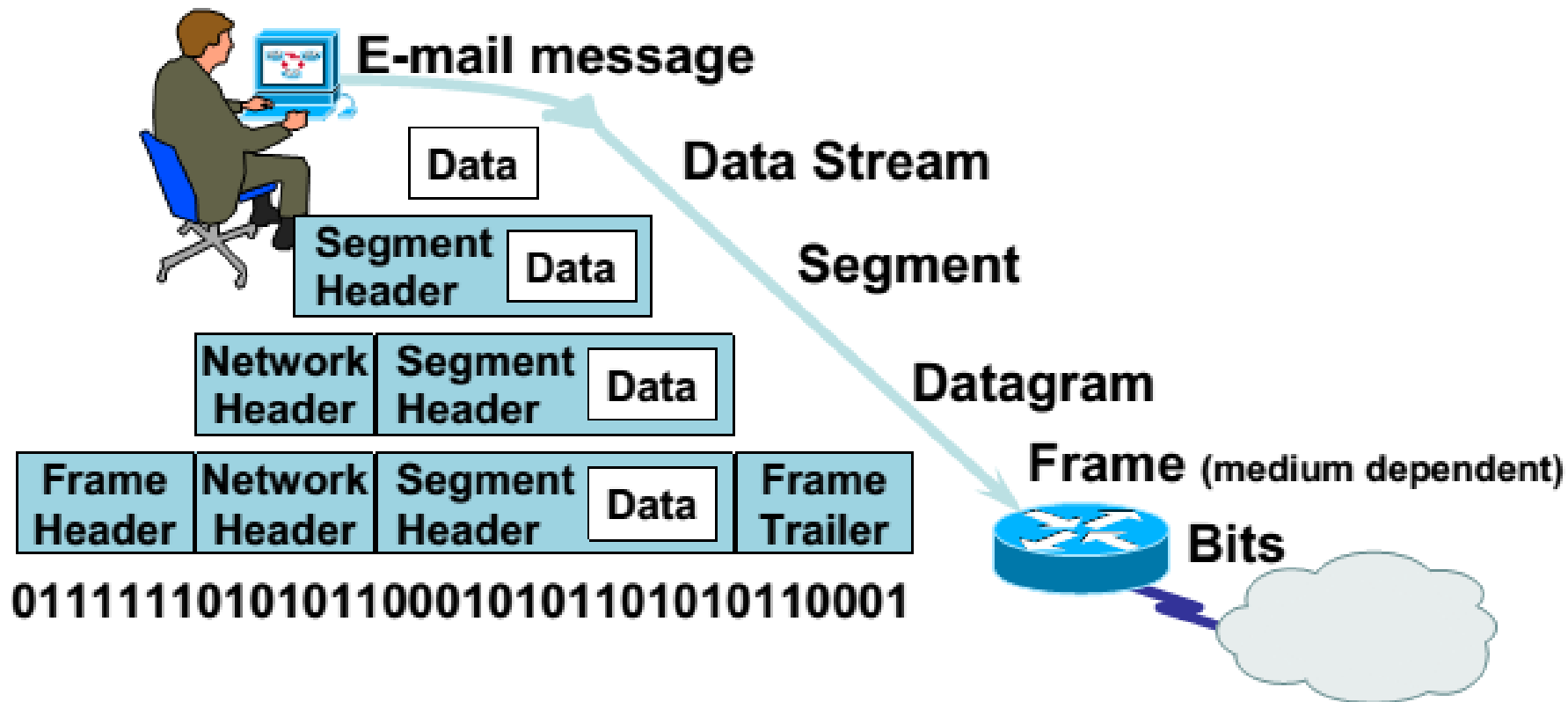
■ Khác nhau

- TCP/IP gộp lớp trình bày và lớp phiên vào lớp ứng dụng.
- TCP/IP gộp lớp vật lý và lớp liên kết dữ liệu vào lớp truy nhập mạng.
- TCP/IP đơn giản vì có ít lớp hơn.
- OSI không có khái niệm chuyển phát thiếu tin cậy ở lớp 4 như UDP của TCP/IP

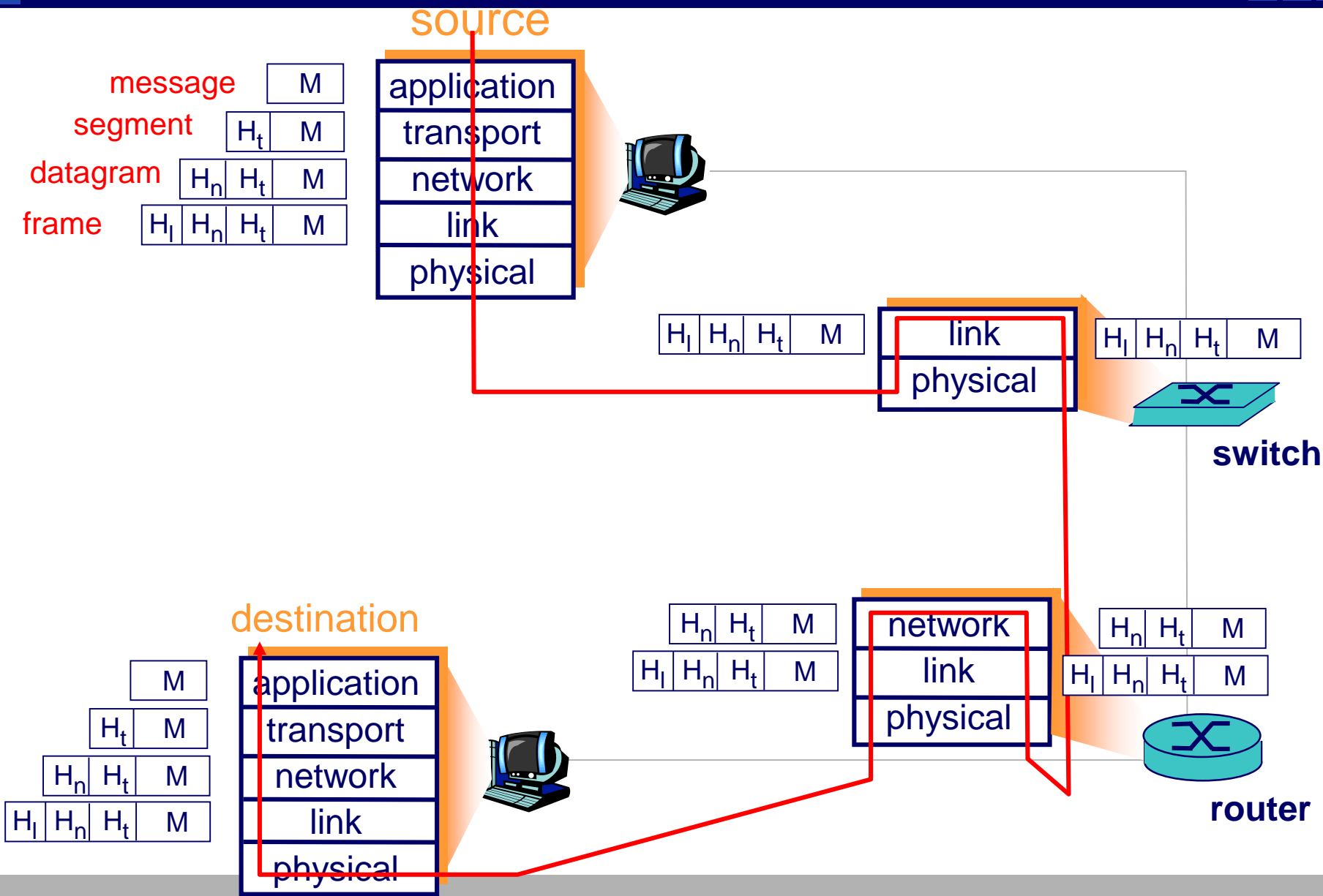
TRUYỀN TIN TRÊN MÔ HÌNH TCP/IP



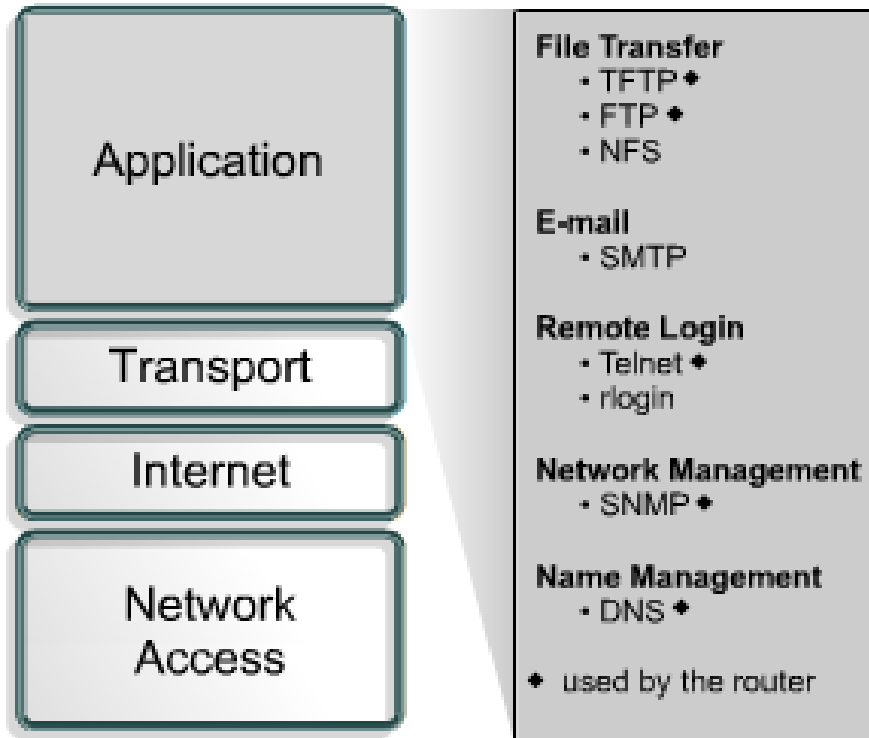
ĐÓNG GÓI GÓI TIN TRONG TCP/IP



ĐÓNG GÓI DỮ LIỆU



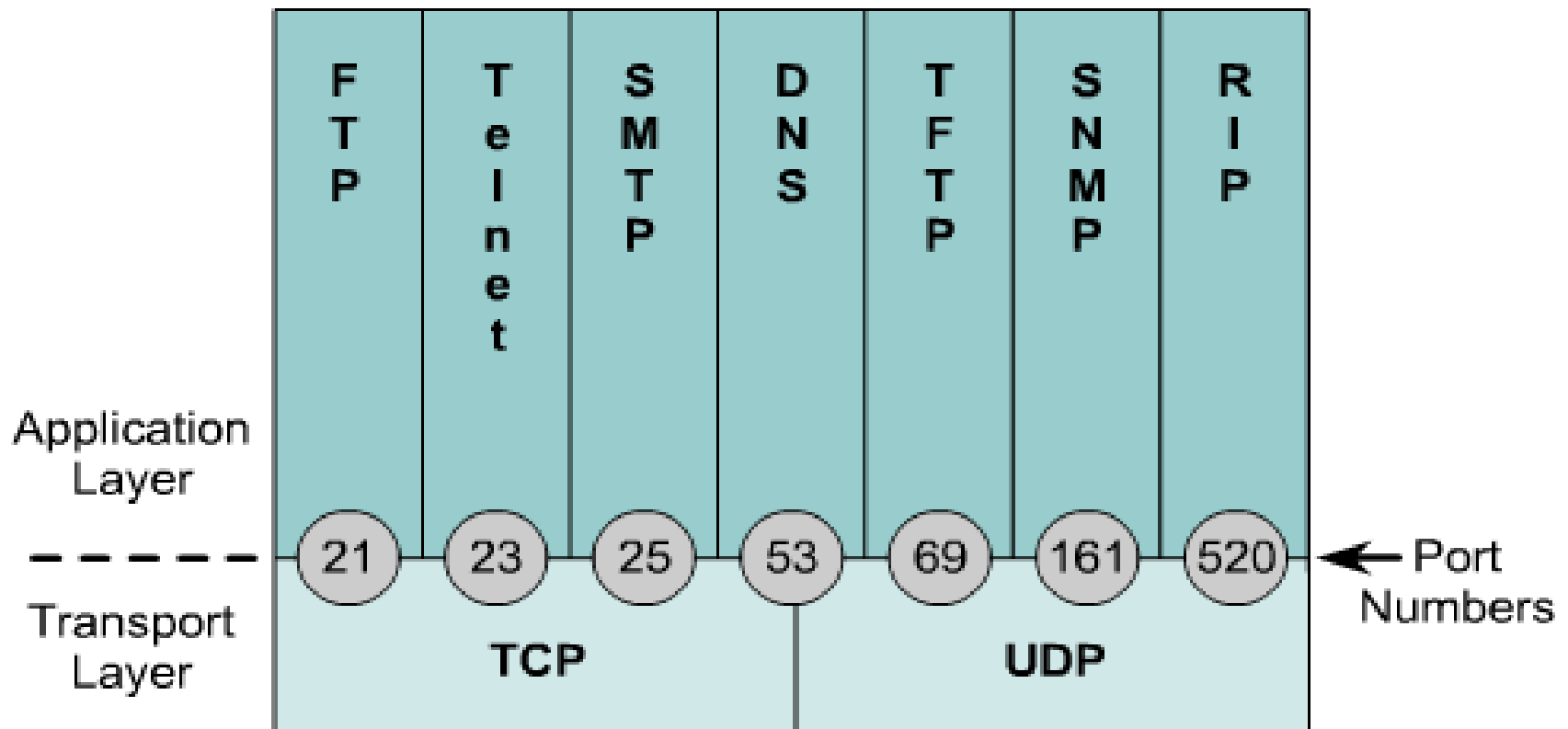
LỚP ỨNG DỤNG



❖ Là các ứng dụng mạng chạy các giao thức thực hiện các vấn đề về định dạng dữ liệu, biểu diễn thông tin, mã hóa và điều khiển hội thoại...

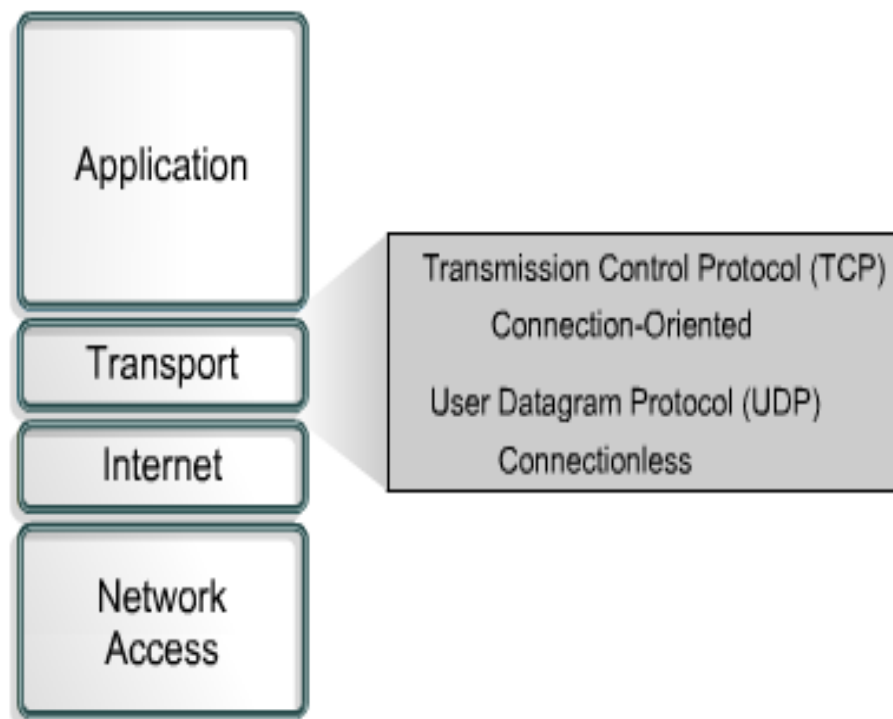
❖ Đơn vị dữ liệu trao đổi trong lớp này được gọi là bản tin/thông điệp (**data/message**).

CÁC CÔNG PHỒ BIẾN DÙNG CHO CÁC GIAO THỨC LỚP ỨNG DỤNG



LỚP VẬN CHUYỂN

- ❖ Thực hiện chức năng đảm bảo việc vận chuyển dữ liệu từ host nguồn đến host đích.
- ❖ Thiết lập một cầu nối luận lý giữa các đầu cuối của mạng, giữa host truyền và host nhận.



- ❖ TCP: Truyền tin cậy, chuyển đảm bảo thứ tự điều khiển tắc nghẽn, điều khiển luồng, thiết lập kết nối.
- ❖ UDP: Truyền không tin cậy, chuyển không đảm bảo thứ tự: các dịch vụ không cung cấp: đảm bảo độ trễ, đảm bảo băng thông

LỚP INTERNET

- ❖ Định địa chỉ Logic (Địa chỉ IP)
- ❖ Chọn đường đi tốt nhất để chuyển tiếp các gói dữ liệu tới đích.
- ❖ Đơn vị dữ liệu trao đổi trong lớp này được gọi là **datagram**.
- ❖ Thiết bị hoạt động ở lớp này là Router

Application

Transport

Internet

Network
Access

Internet Protocol (IP)

Internet Control Message Protocol (ICMP)

Address Resolution Protocol (ARP)

Reverse Address Resolution Protocol (RARP)

CÁC GIAO THỨC TẦNG INTERNET

- ❖ IP: không quan tâm đến nội dung của các gói nhưng tìm kiếm đường dẫn cho gói tới đích.
- ❖ ICMP (Internet Control Message Protocol): đem đến khả năng điều khiển và chuyển thông điệp trong lớp Internet.
- ❖ ARP (Address Resolution Protocol): xác định địa chỉ lớp liên kết số liệu (MAC address) khi đã biết trước địa chỉ IP.
- ❖ RARP (Reverse Address Resolution Protocol): xác định các địa chỉ IP khi biết trước địa chỉ MAC.

LỚP TRUY NHẬP MẠNG

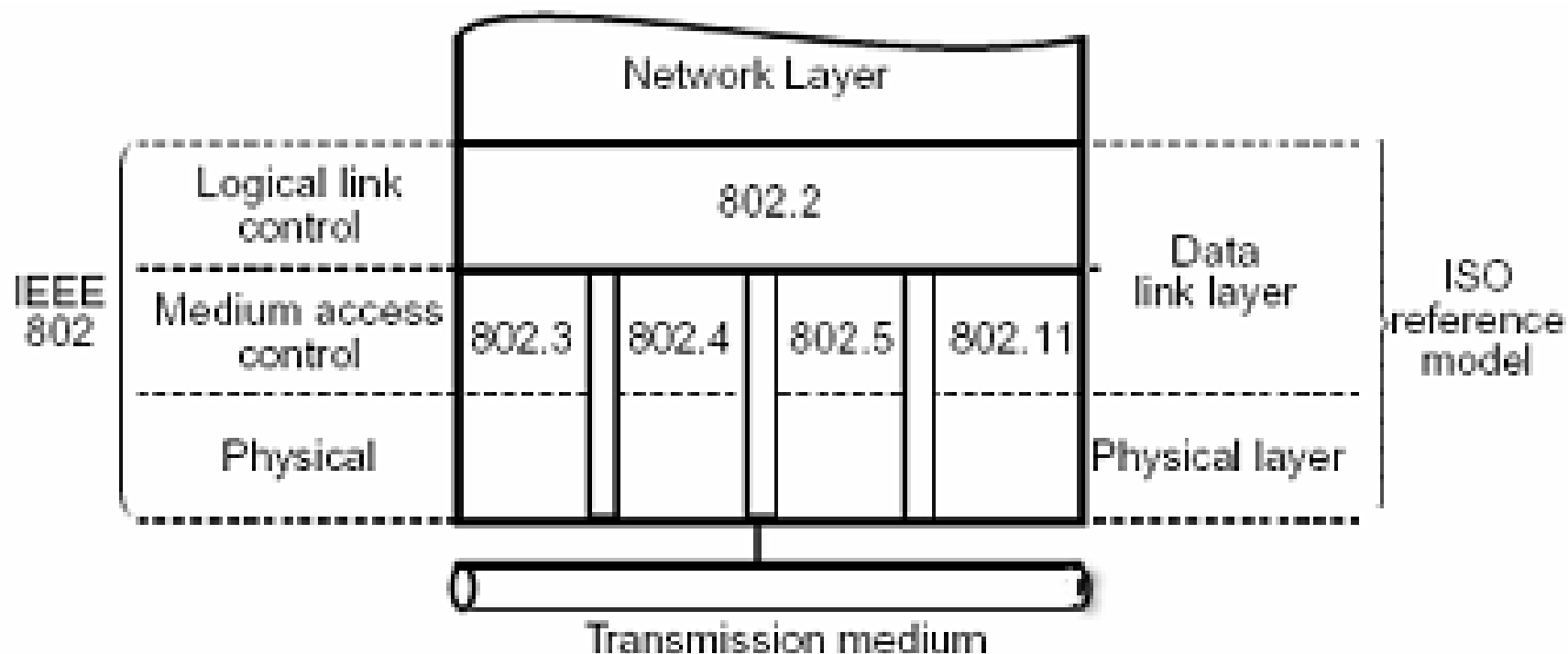
- ❖ Đóng gói dữ liệu thành các khung Frame, đồng bộ hóa
- ❖ Kiểm soát lỗi truyền
- ❖ Định địa chỉ vật lý (Địa chỉ MAC)



- Ethernet
- Fast Ethernet
- SLIP & PPP
- FDDI
- ATM, Frame Relay & SMDS
- ARP
- Proxy ARP
- RARP

- ❖ Quy định về giao tiếp với phần cứng mạng, chuyển dữ liệu thành tín hiệu điện dạng **bit** truyền trên các môi trường truyền khác nhau.
- ❖ Thiết bị hoạt động ở lớp này là HUB, SWITCH

GIAO THỨC LỚP TRUY NHẬP MẠNG



802.2 = Logical link control protocol

802.3 = CSMA/CD

802.4 = Token bus

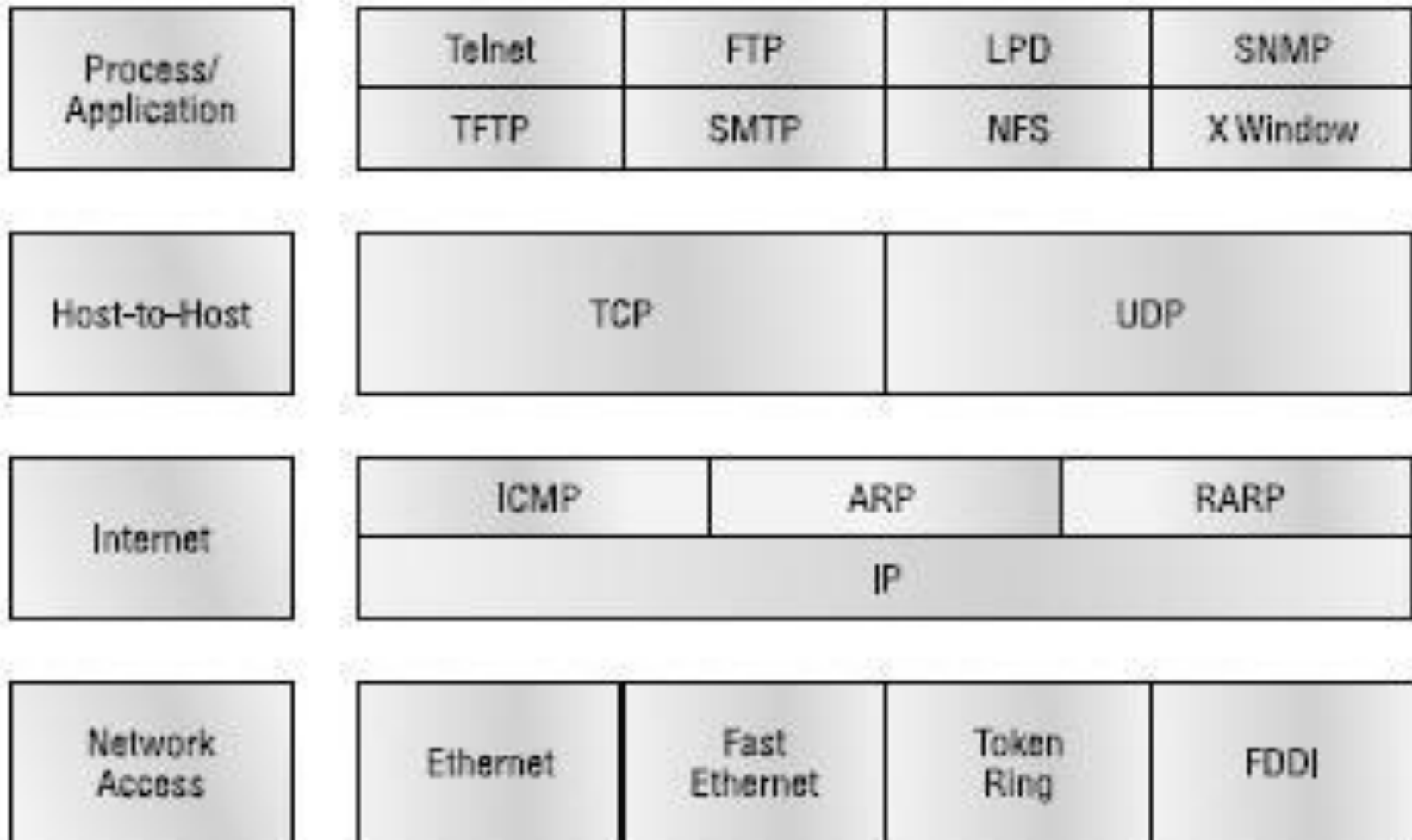
802.5 = Token ring

802.11 = Wireless

Medium access control protocols

CÁC GIAO THỨC TRONG MÔ HÌNH TCP/IP

DoD Model



CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG MÁY TÍNH

1

- Giới thiệu mạng máy tính

2

- Phân loại mạng

3

- Hiệu năng mạng

4

- Mô hình OSI

5

- Mô hình TCP/IP

6

- Lịch sử phát triển mạng máy tính

LỊCH SỬ INTERNET

1961-1972: Nguồn gốc của mạng chuyển mạch gói

- ❖ 1961: Kleinrock – Lý thuyết hàng đợi chứng minh hiệu quả của chuyển mạch gói
- ❖ 1964: Baran – chuyển mạch gói trong mạng dùng trong quân sự
- ❖ 1967: ARPAnet xây dựng bởi Advanced Research Projects Agency
- ❖ 1969: Nút ARPAnet đầu tiên hoạt động
- ❖ 1972: ARPAnet công bố rộng rãi
 - NCP (Network Control Protocol) là giao thức host-host đầu tiên,
 - Chương trình e-mail đầu tiên, ARPAnet có 15 nút

LỊCH SỬ INTERNET

1972-1980: Làm việc liên mạng, các mạng mới

- ❖ **1970: Mạng vệ tinh ALOHAnet satellite tại Hawaii**
- ❖ **1973: Luận văn tiến sỹ của Metcalfe đề xuất mạng Ethernet**
- ❖ **1974: Cerf và Kahn – kiến trúc cho kết nối các mạng**
- ❖ **Cuối những năm 70: kiến trúc mới: DECnet, SNA, XNA**
- ❖ **Cuối những năm 70: chuyển mạch các gói tin chiều dài cố định (tiền thân của ATM)**
- ❖ **1979: ARPAnet có 200 nút**

Quy tắc làm việc liên mạng của Cerf và Kahn:

- Tối thiểu, tự trị – không đòi hỏi có sự thay đổi bên trong để kết nối các mạng
- Mô hình dịch vụ best effort
- Stateless router
- Điều khiển không tập chung

Định nghĩa kiến trúc của Internet ngày nay

LỊCH SỬ INTERNET

1990, 2000's: thương mại hóa, Web, các ứng dụng mới

- ❖ Đầu những năm 90: ARPAnet dừng làm việc
- ❖ 1991: NSF hạn chế sử dụng thương mại NSFnet (dừng làm việc 1995)
- ❖ Đầu những năm 1990: Web
 - Siêu văn bản [Bush 1945, Nelson 1960]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic sau đó là Netscape
 - Cuối những năm 90: thương mại hóa Web
- Cuối 90 cho đến những năm 2000:
 - ❖ Instant messaging, chia sẻ file P2P
 - ❖ An toàn bảo mật mạng đặt lên hàng đầu
 - ❖ Khoảng 50 triệu host, hơn 100 triệu người sử dụng
 - ❖ Đường truyền backbone đạt tốc độ Gbps