

Mạng máy tính

TS. Phạm Tuấn Minh

Khoa Công nghệ Thông tin, Đại học Thủy lợi

minhpt@tlu.edu.vn

<http://netlab.tlu.edu.vn/~minhpt/>

Chương 1: Giới thiệu về mạng máy tính

- ❑ Giới thiệu môn học
- ❑ Giới thiệu về Internet
- ❑ Network edge
- ❑ Network core
- ❑ Hiệu năng: độ trễ, độ mất gói, thông lượng
- ❑ Mô hình phân tầng
- ❑ Lịch sử phát triển của mạng máy tính

Ví dụ mạng máy tính

- ❑ Internet ngày nay?
- ❑ Một số Youtube video về mạng máy tính ngày nay:
 - SAMSUNG RSG309AARS - The Smartest Refrigerator on the Planet
 - A day in the life of the Internet of Things
 - What is a Smart Home- Video Example of Smart Home Technology in Action

Một mạng máy tính đơn giản



Ví dụ khác về mạng máy tính

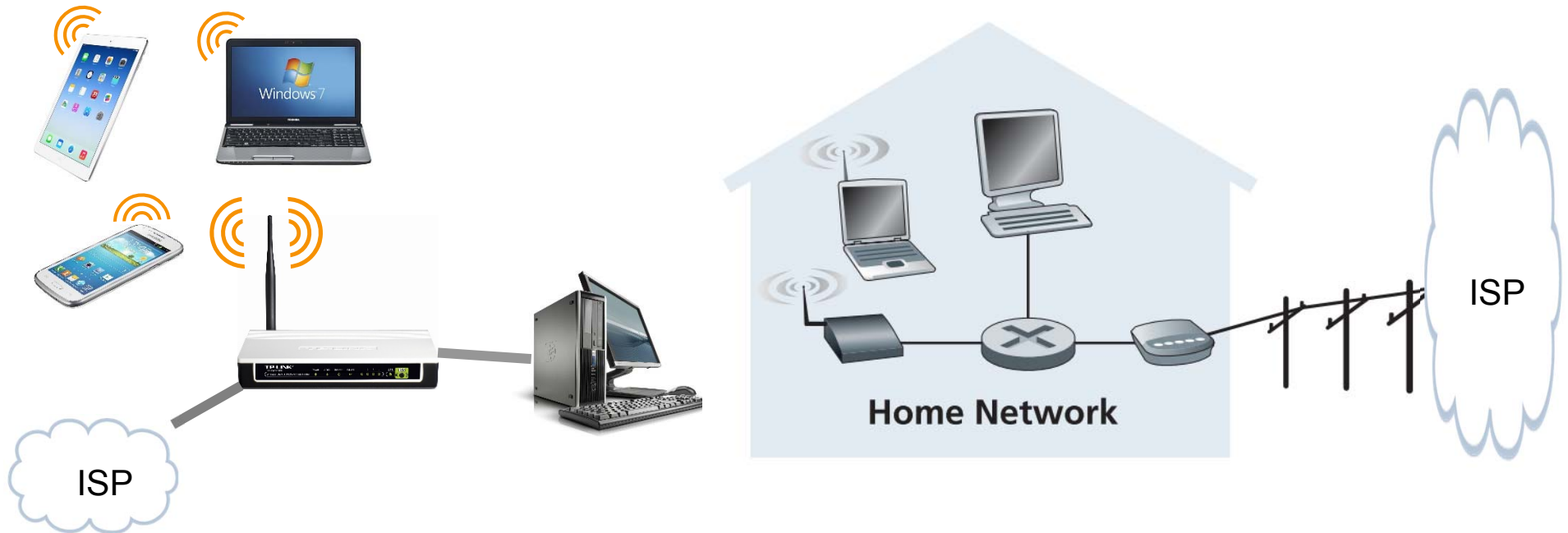


- Weather Forecasting Smart Toaster



- Internet refrigerator: kết nối Internet, qua đó mua bán, chia sẻ mạng xã hội

Một số khái niệm

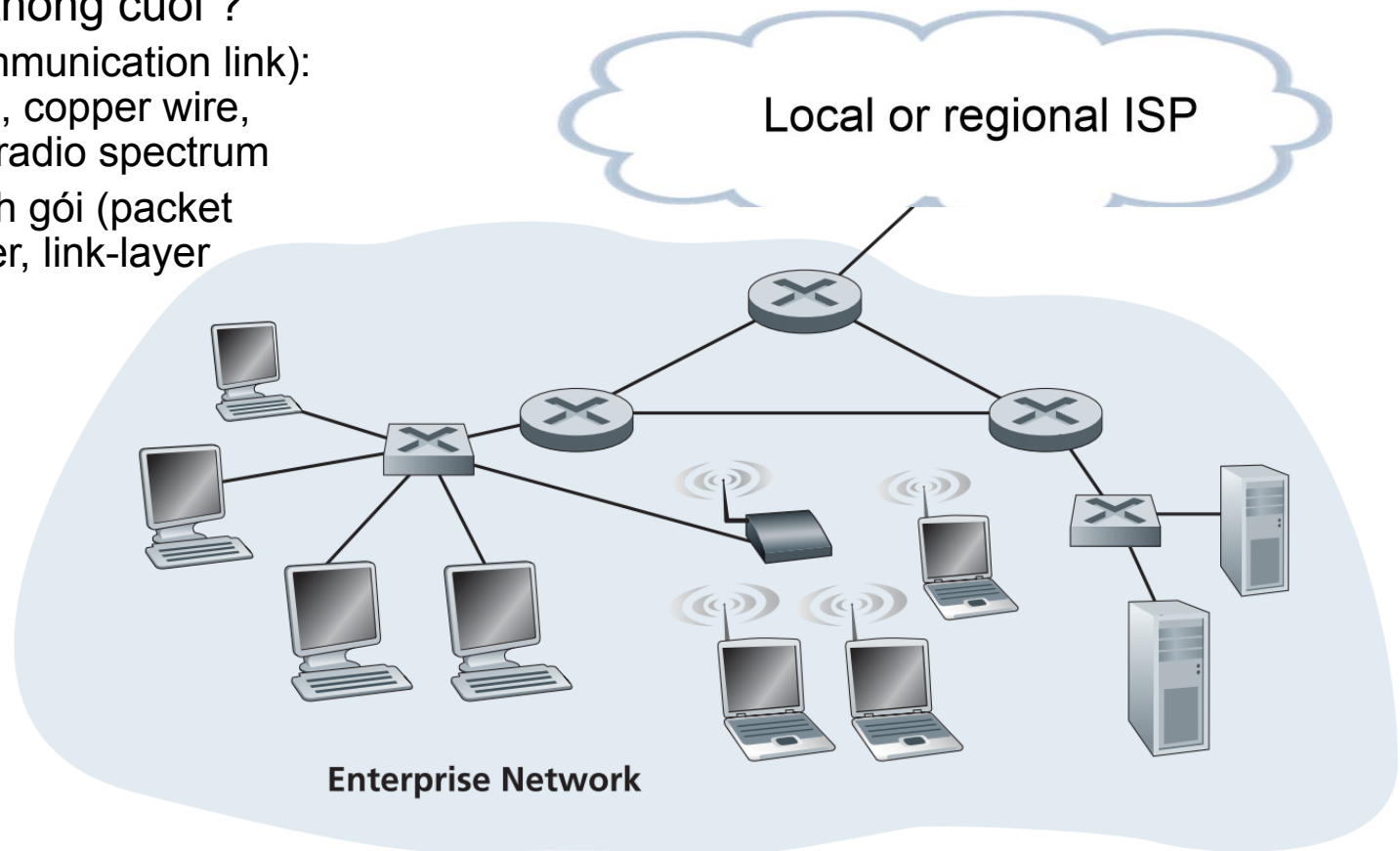


- hệ thống/thiết bị cuối (end systems / host):
- nhà cung cấp dịch vụ Internet (ISP)

Một số khái niệm

❑ Kết nối các hệ thống cuối ?

- Liên kết (communication link): coaxial cable, copper wire, optical fiber, radio spectrum
- Chuyển mạch gói (packet switch): router, link-layer switches



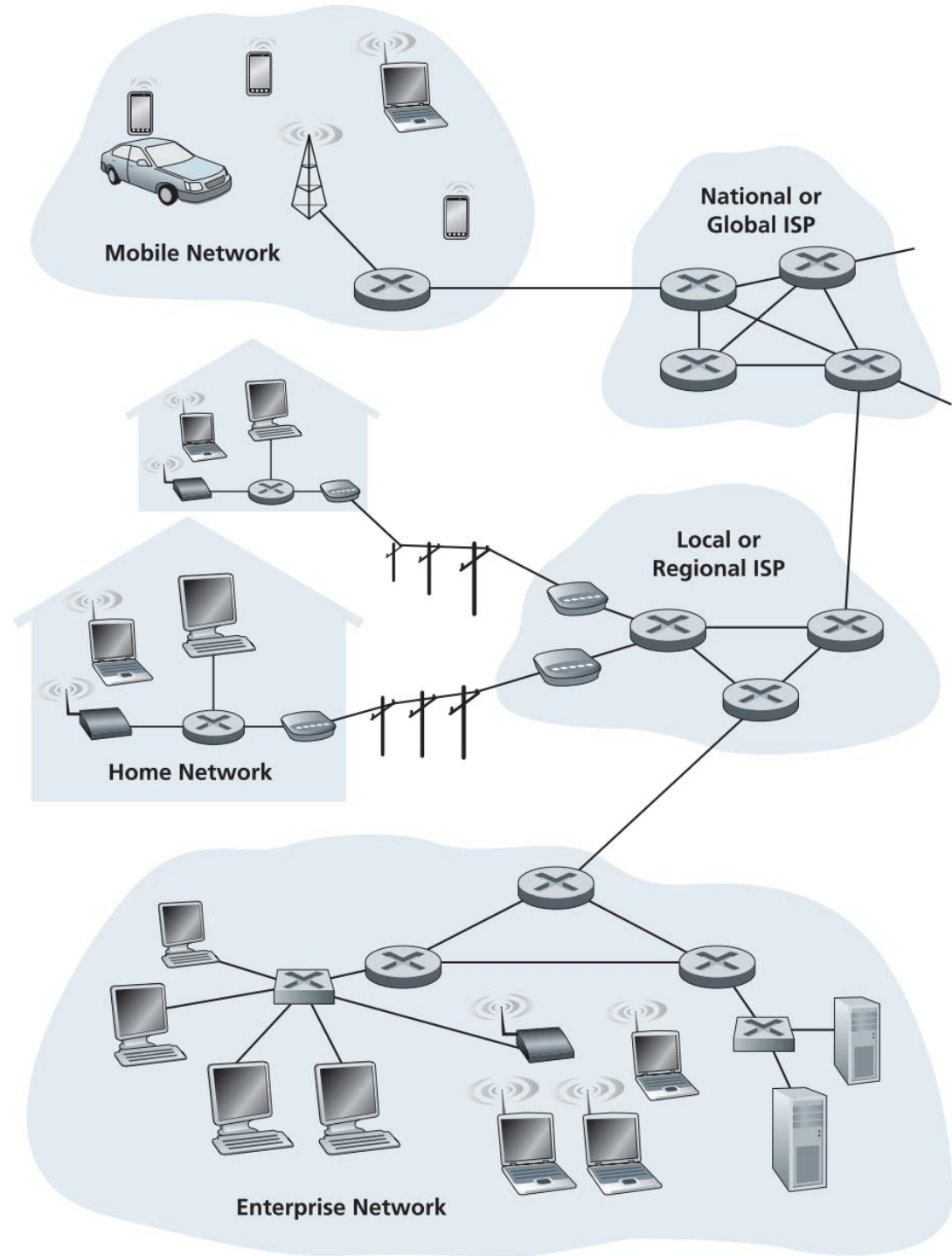
❑ Mạng chuyển mạch gói (packet-switched network): Liên hệ với mạng giao thông với đường cao tốc, đường trong phố và điểm giao

- ❑ transmission rate (tốc độ truyền)
- ❑ packet (gói tin)
- ❑ route / path (đường đi)

Network core

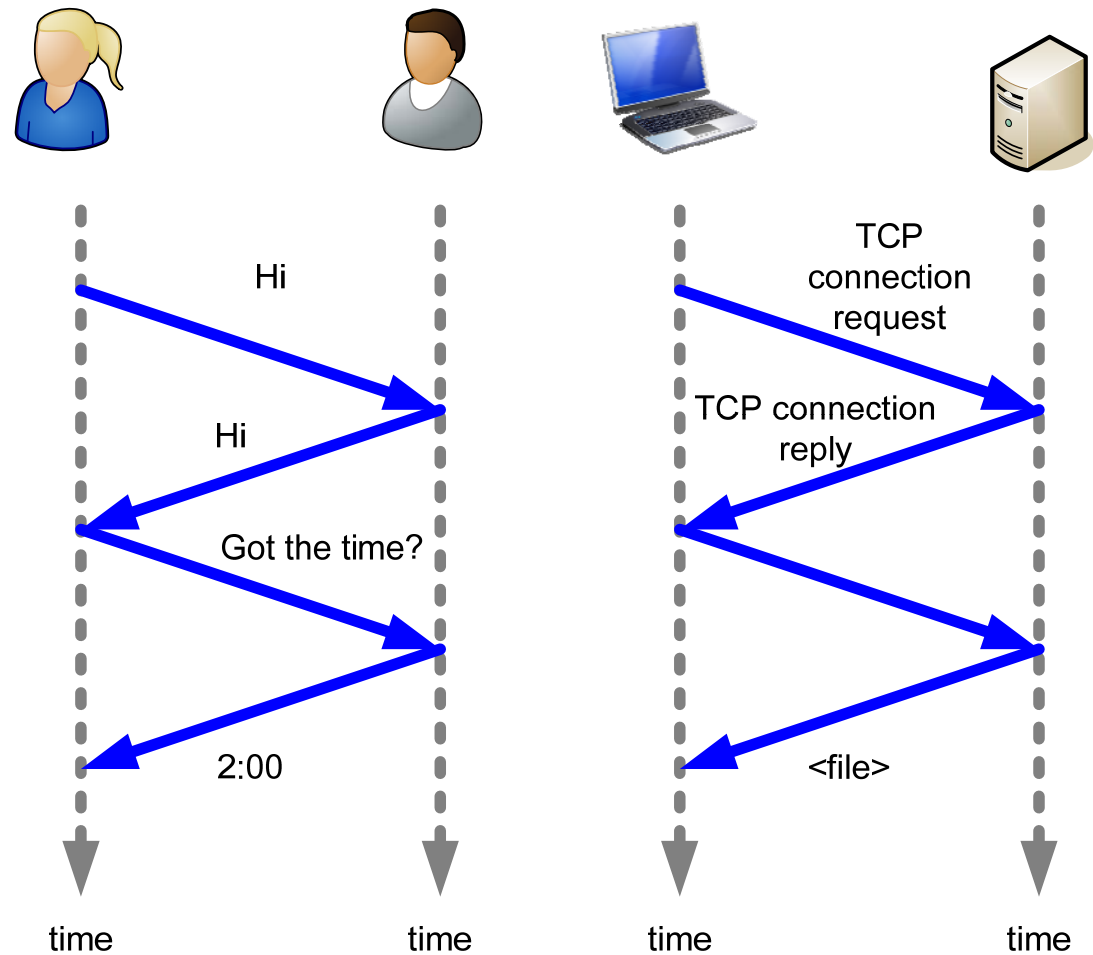
Network edge

- ❑ End systems kết nối vào mạng Internet thông qua ISP
- ❑ Lõi mạng (network core)
- ❑ Biên mạng (network edge)



Giao thức

- Giao thức (Protocol)
- Internet standards: Request for Comment (RFC), Internet Engineering Task Force (IETF)



Dịch vụ của mạng Internet

- Mạng Internet là hạ tầng cung cấp các dịch vụ cho ứng dụng



- Các ứng dụng Internet chạy ở đâu? packet switches trong network core? end system trong network edge?

Dịch vụ của mạng Internet

- ❑ Cách một chương trình chạy trên end system yêu cầu Internet chuyển dữ liệu tới chương trình khác chạy trên end system khác?
- ❑ Internet API, postal services

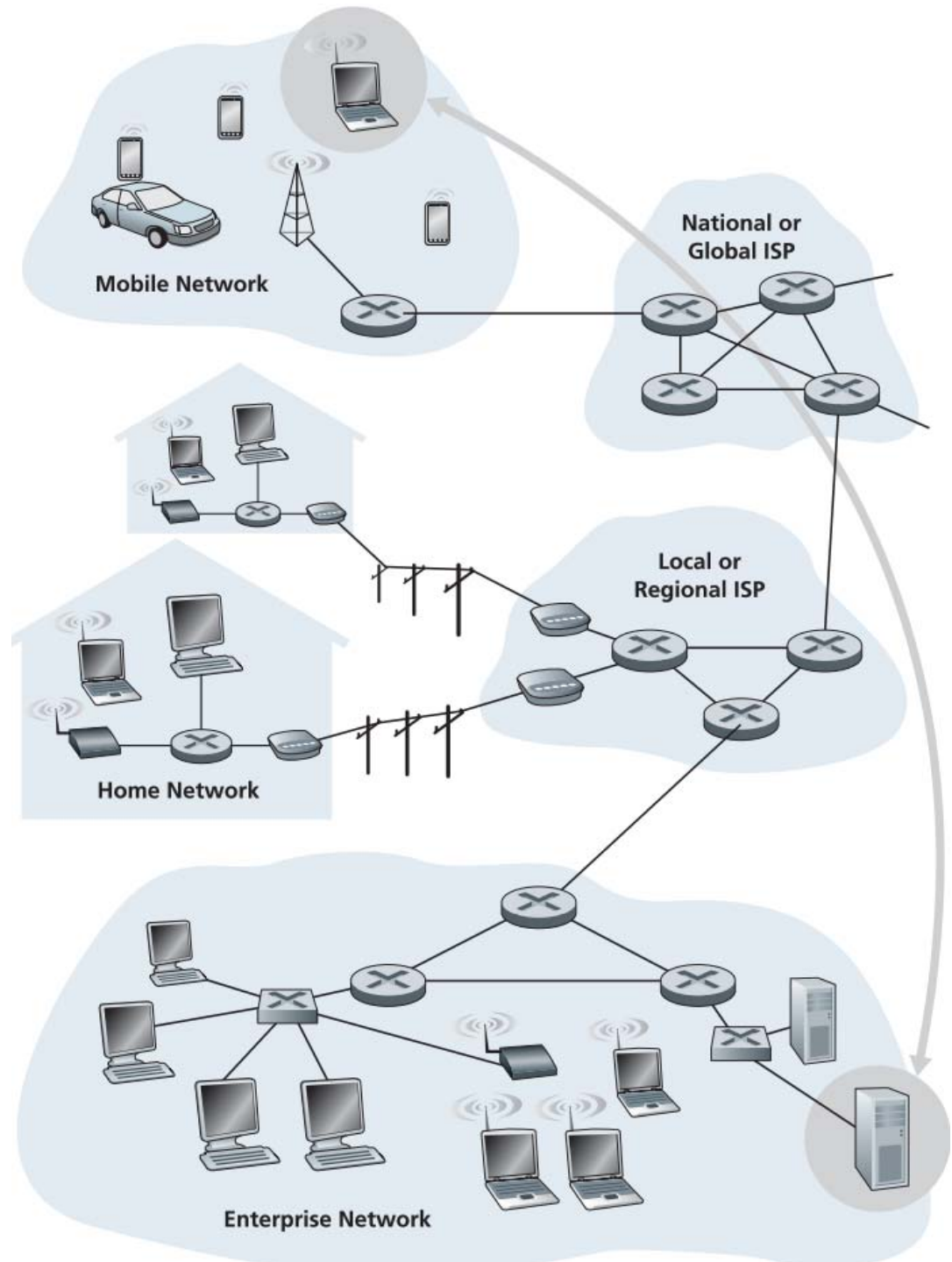


Chương 1: Giới thiệu về mạng máy tính

- ❑ Giới thiệu môn học
- ❑ Giới thiệu về Internet
- ❑ **Network edge**
- ❑ Network core
- ❑ Hiệu năng: độ trễ, độ mất gói, thông lượng
- ❑ Mô hình phân tầng
- ❑ Lịch sử phát triển của mạng máy tính

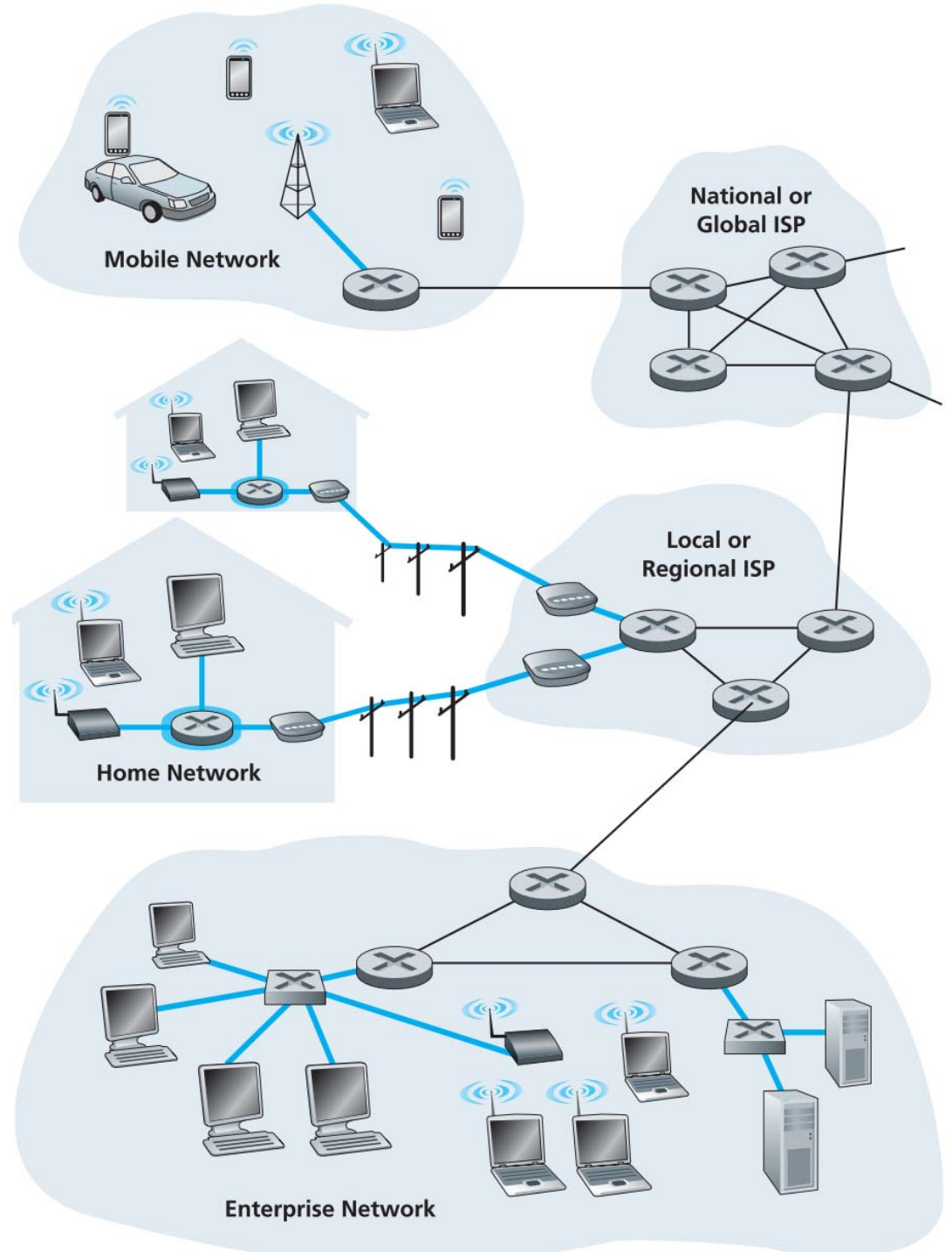
Network edge

- ❑ Network edge
- ❑ End system: tại sao?
- ❑ Host: tại sao?
- ❑ End system = Host
- ❑ Host
 - client
 - server



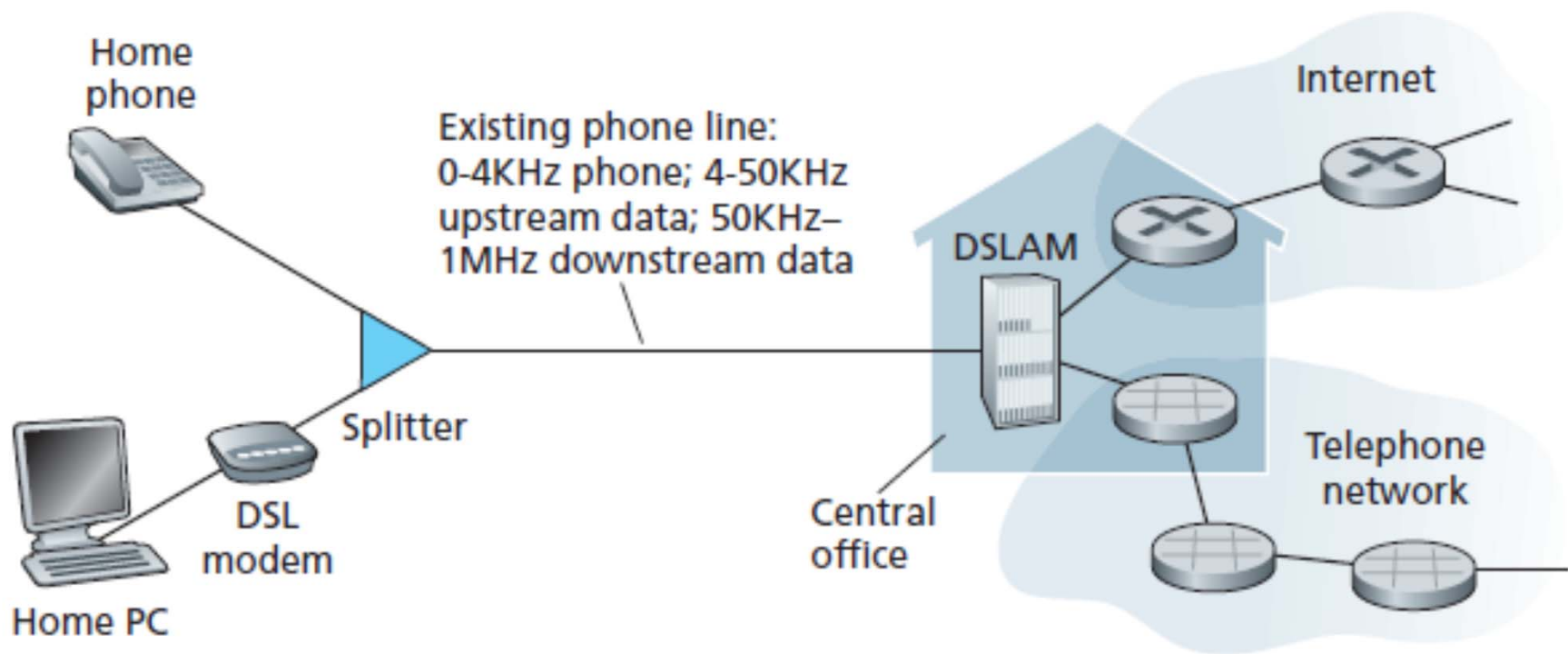
Mạng truy cập

- ❑ Mạng truy cập (Access network)
- ❑ Thiết bị định tuyến biên (Edge router)



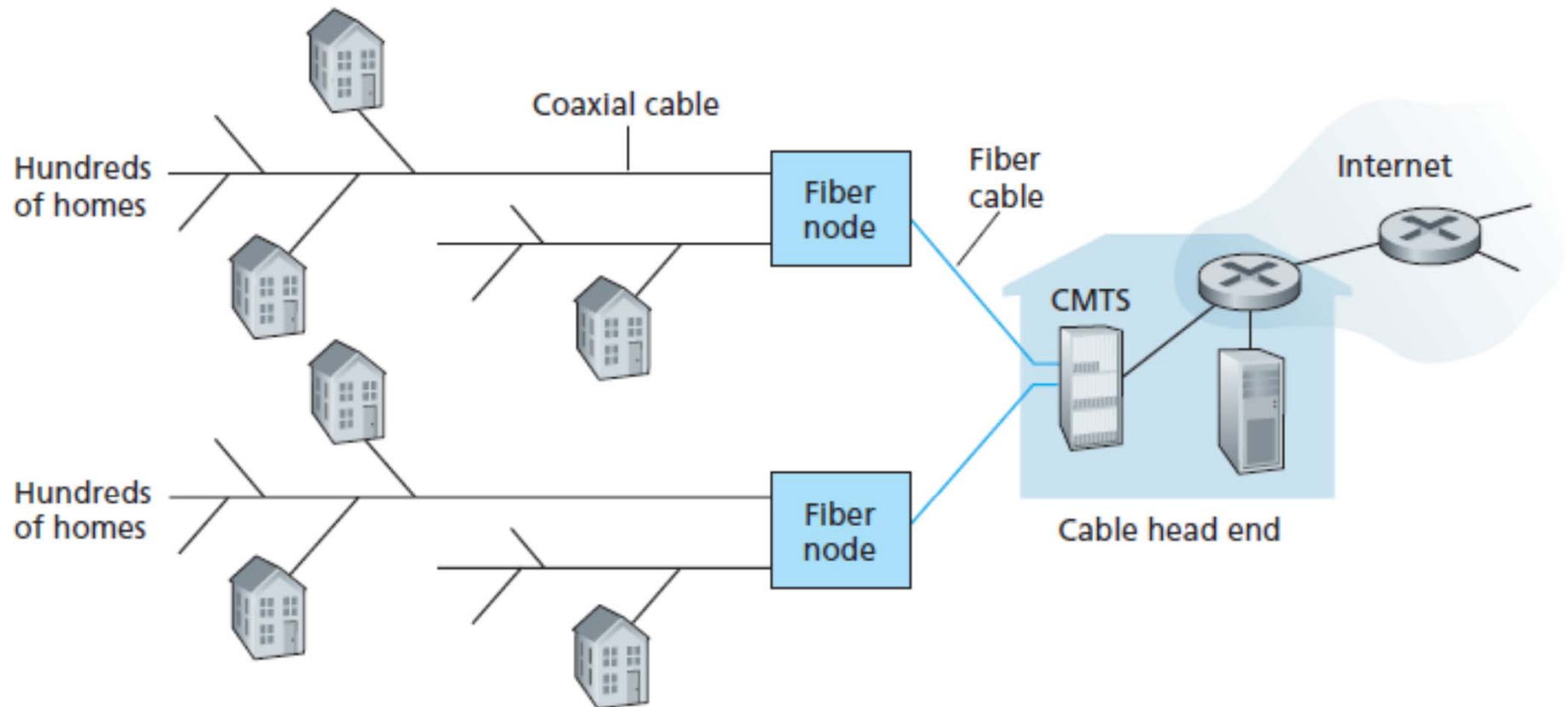
Home Access: DSL, Cable, FTTH, Dial-Up, và Satellite

- ❑ Truy cập Internet dùng DSL



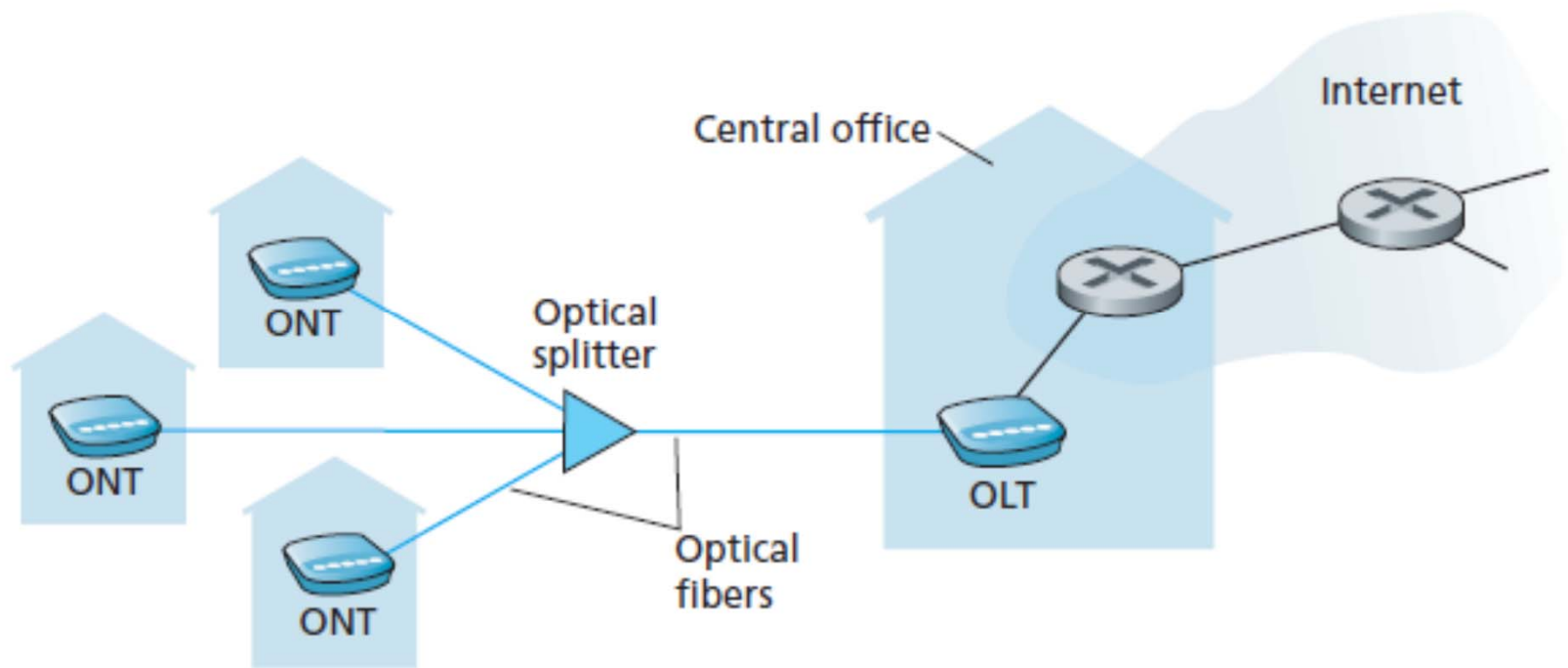
Home Access: DSL, Cable, FTTH, Dial-Up, và Satellite

- Hybrid fiber-coaxial access network



Home Access: DSL, Cable, FTTH, Dial-Up, và Satellite

- ❑ Truy cập Internet dùng FTTH (fiber to the home)

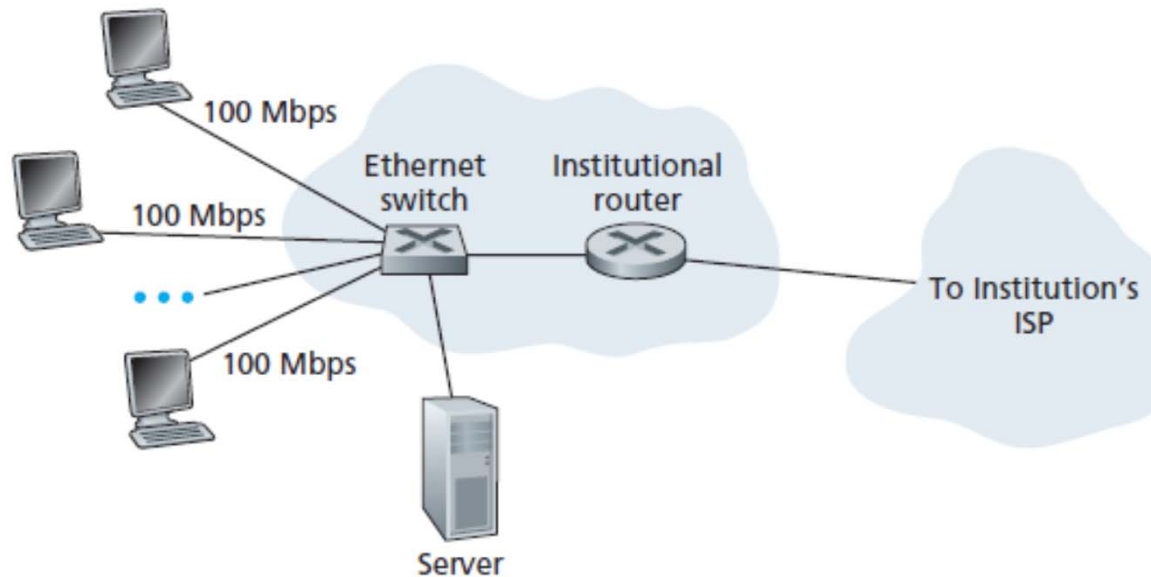


Home Access: DSL, Cable, FTTH, Dial-Up, và Satellite

- ☐ Satellite
- ☐ Dial-up

Ethernet và WiFi

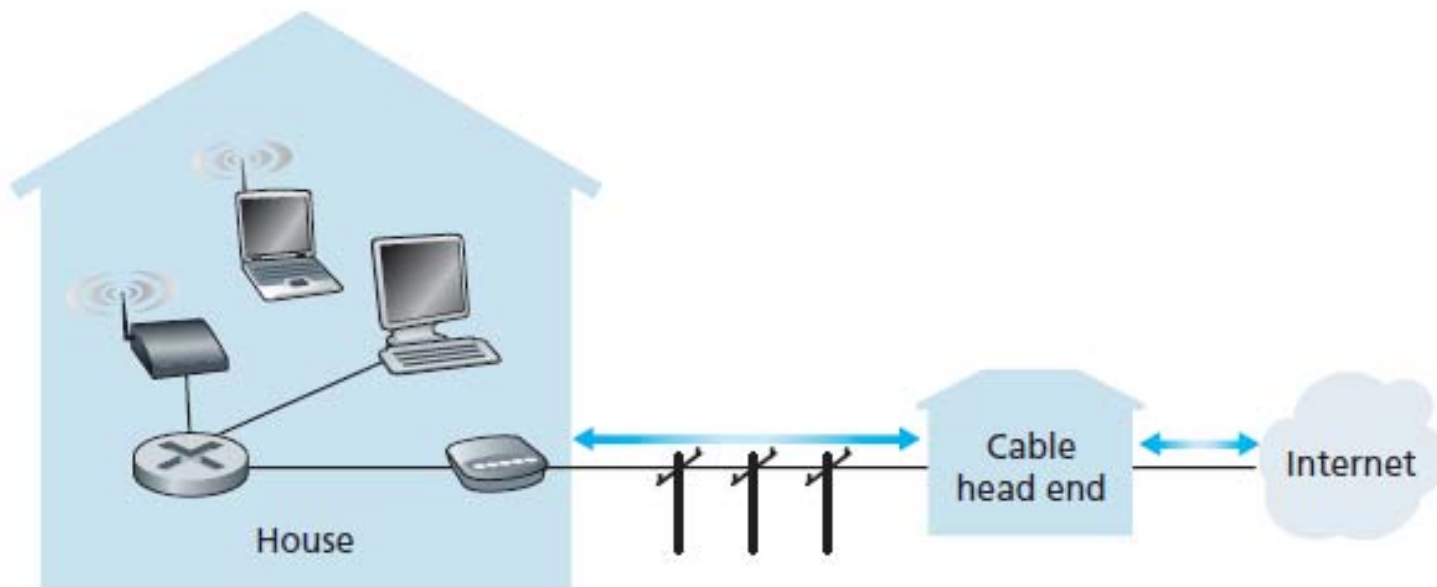
- ❑ Mạng LAN (local area network) dùng để kết nối end system tới edge router
- ❑ Ethernet Internet access



- ❑ Công nghệ LAN: phổ biến nhất là Ethernet

Ethernet và WiFi

- ❑ Wireless LAN: công nghệ IEEE 802.11, còn gọi là WiFi
- ❑ Ví dụ mạng trong hộ gia đình



Truy cập không dây diện rộng: 3G và LTE

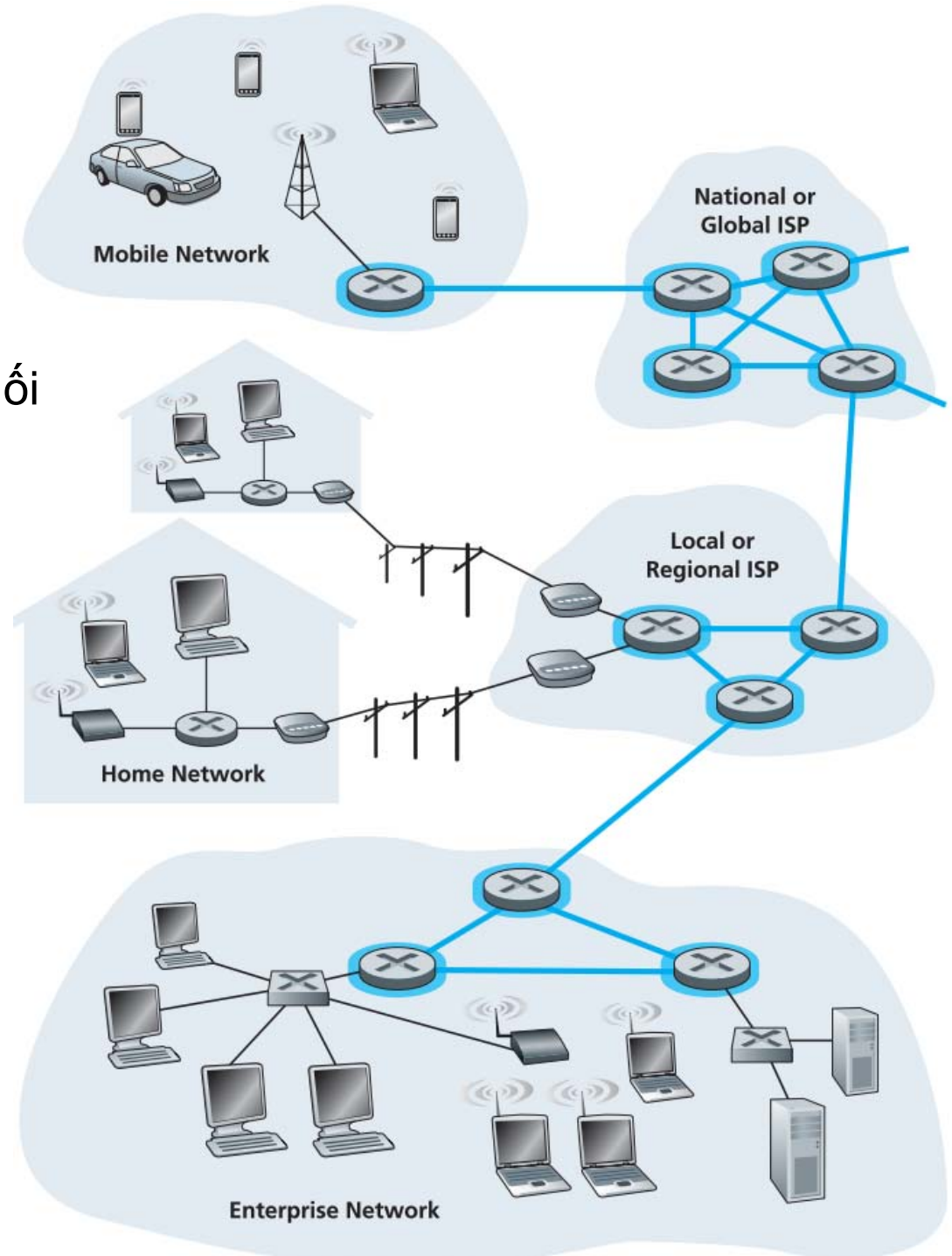
- ❑ WiFi: vài chục mét
- ❑ 3G, LTE: vài chục km tới base station, sử dụng hạ tầng không dây dùng cho mạng điện thoại tế bào, gửi nhận dữ liệu thông qua base station
- ❑ Third-generation (3G) wireless: cung cấp truy cập Internet không dây diện rộng chuyển mạch gói với tốc độ 1 Mbps
- ❑ Higher-speed wide-area access technologies (4G): LTE (Long-Term Evolution) có tốc độ trên 10 Mbps.

Chương 1: Giới thiệu về mạng máy tính

- ❑ Giới thiệu môn học
- ❑ Giới thiệu về Internet
- ❑ Network edge
- ❑ **Network core**
- ❑ Hiệu năng: độ trễ, độ mất gói, thông lượng
- ❑ Mô hình phân tầng
- ❑ Lịch sử phát triển của mạng máy tính

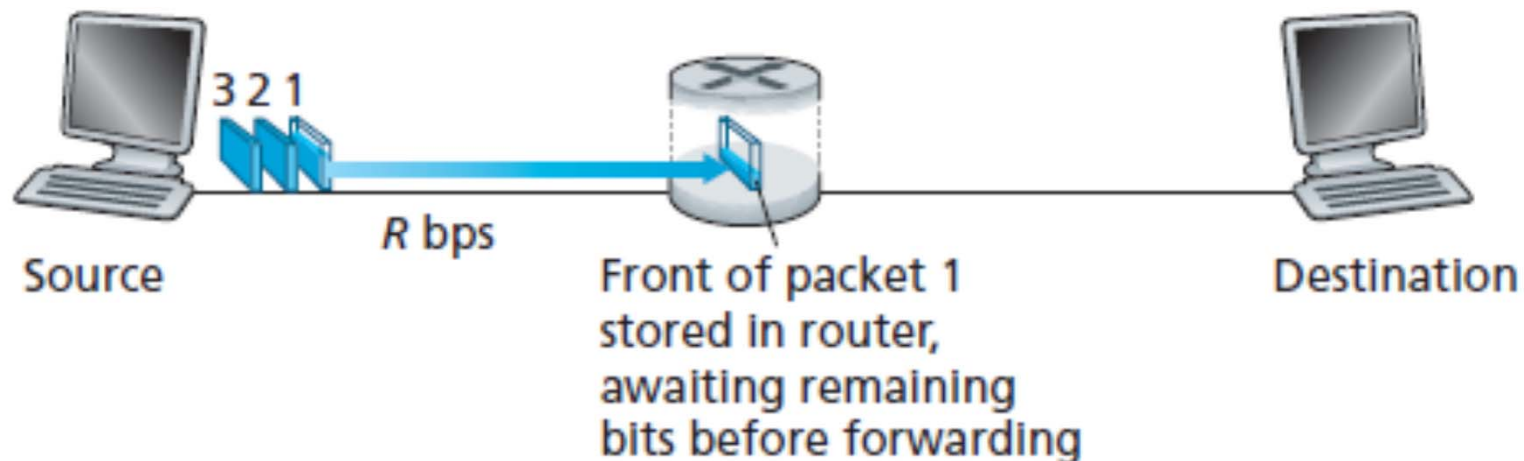
Network core

- Network core: gồm các packet switch và link, kết nối các end system với nhau



Chuyển mạch gói

- ❑ Chuyển mạch gói (Packet Switching)
- ❑ Message, packet
- ❑ Đường đi (Path, route), liên kết (communication link), thiết bị chuyển mạch gói (packet switch)
- ❑ Tốc độ truyền (Transmission rate): Gửi gói tin L bit qua một liên kết có tốc độ R bit / giây, thì thời gian truyền của gói tin là L / R giây
- ❑ Truyền kiểu lưu trữ và chuyển tiếp (Store-and-Forward Transmission)



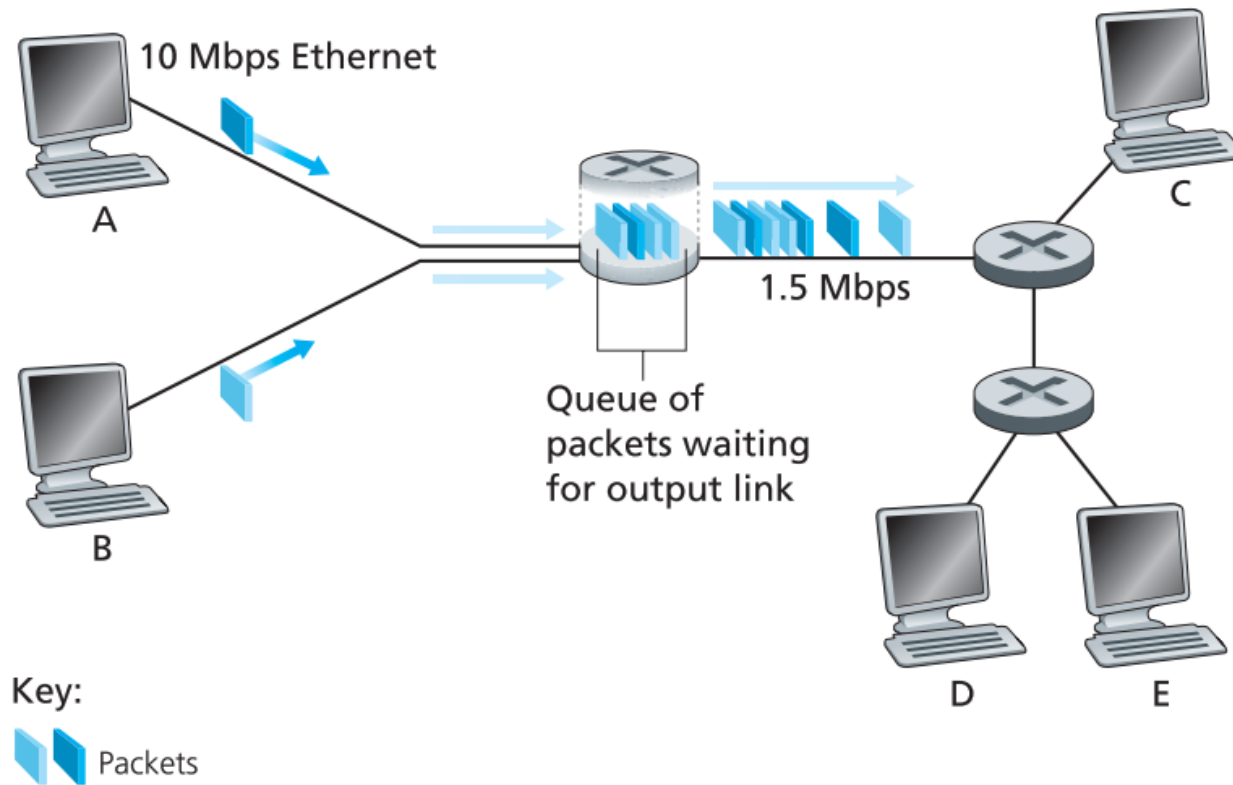
Chuyển mạch gói

□ Store-and-Forward Transmission

- thời gian từ lúc nút nguồn gửi gói tin tới khi nút đích nhận được toàn bộ gói tin là $2L/R$
- nếu switch gửi bit ngay khi nhận được (không chờ tới khi nhận được toàn bộ gói tin) thì độ trễ là L/R
- tại sao router cần nhận, lưu trữ và xử lý toàn bộ gói tin trước khi truyền?
- thời gian để nút nguồn gửi gói tin đầu tiên tới khi nút đích nhận được 3 gói tin là $4L/R$
- thời gian để gửi 1 gói tin từ nút nguồn tới nút đích qua đường đi có N liên kết (mỗi liên kết có tốc độ R): $N (L/R)$

Chuyển mạch gói

- Độ trễ hàng đợi (Queuing Delay) và độ mất gói (Packet Loss)



Chuyển mạch gói

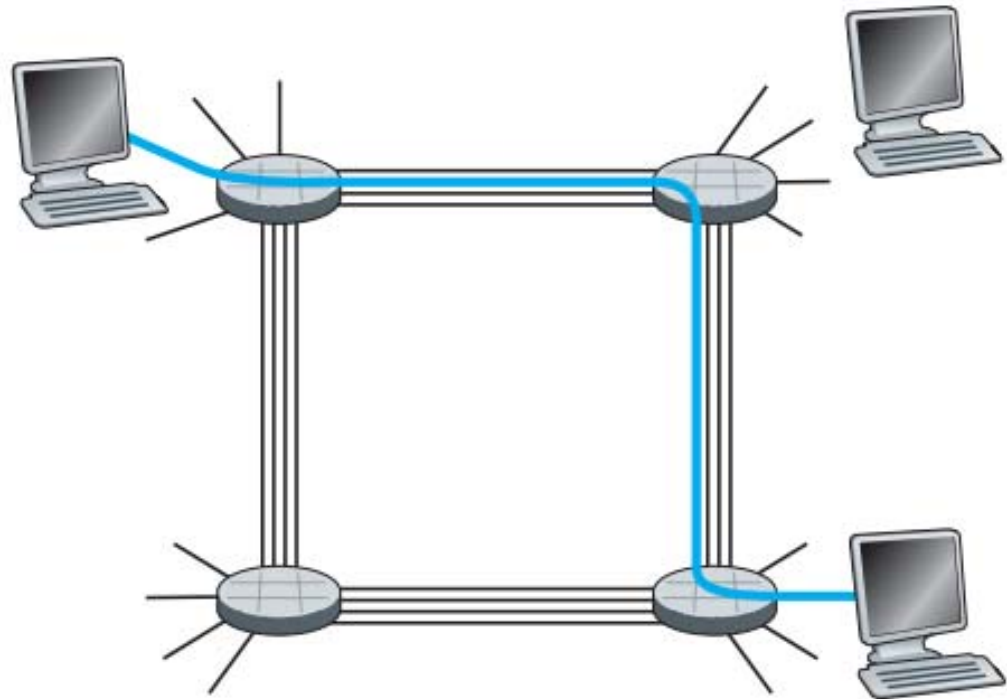
- ❑ Bảng chuyển tiếp (Forwarding Table) và giao thức định tuyến (Routing Protocol)
 - Router xác định liên kết mà nó sẽ chuyển gói tin như thế nào? Làm sao có thể thực hiện được trên Internet?

Chuyển mạch gói

- ❑ Bảng chuyển tiếp (Forwarding Table) và giao thức định tuyến (Routing Protocol)
 - Cách xây dựng forwarding table? Cấu hình thủ công cho từng router hay có một cách tự động thực hiện?
 - Quan sát đường đi của gói tin trên Internet?
www.traceroute.org

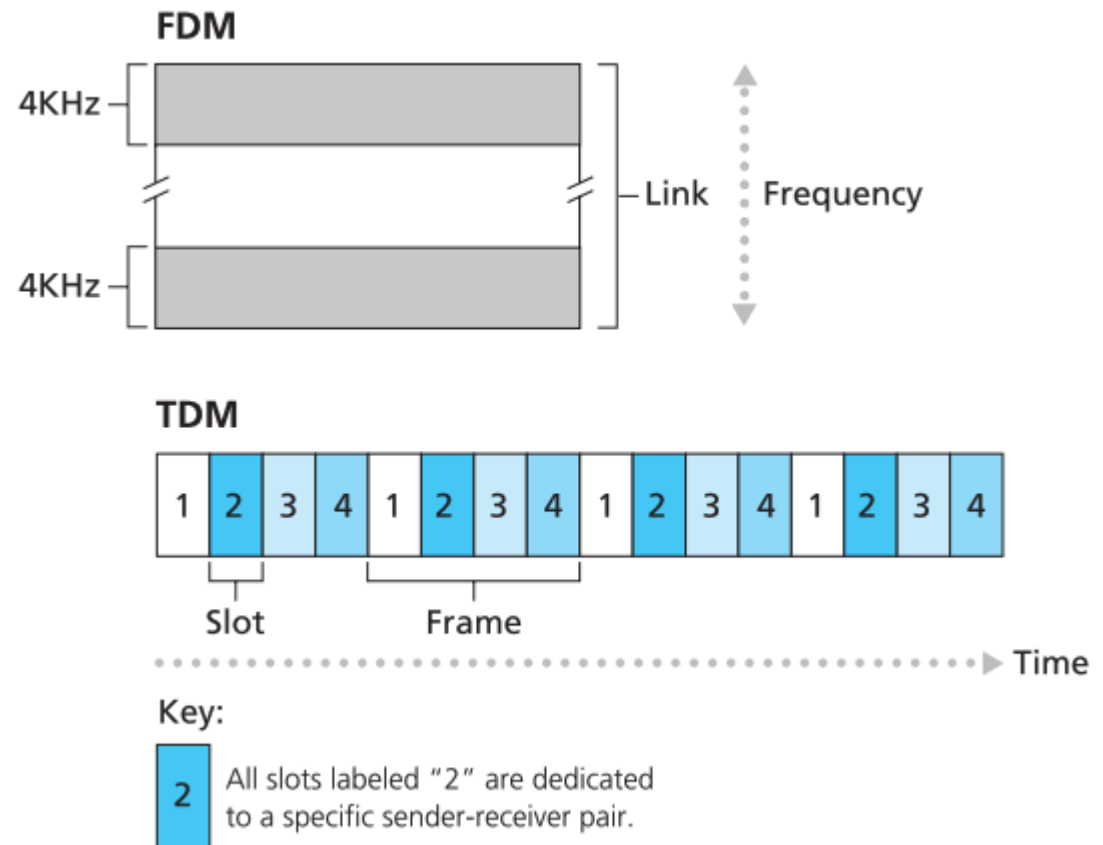
Chuyển mạch kênh

- ❑ Chuyển mạch kênh (Circuit switching) và chuyển mạch gói
- ❑ Mạng điện thoại truyền thống
- ❑ Đảm bảo tốc độ cố định
- ❑ Có kết nối cuối tới cuối dành riêng (end-to-end connection)

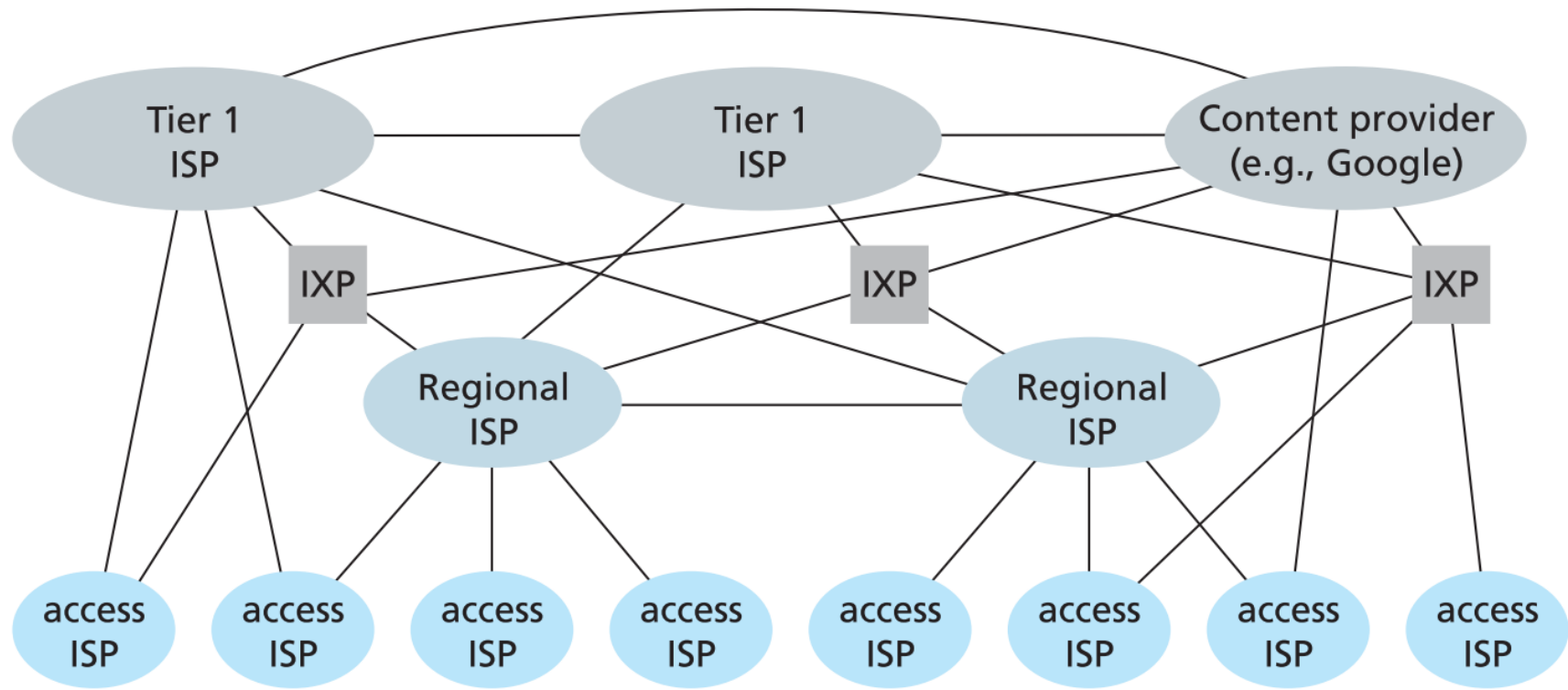


Chuyển mạch kênh

- ❑ Multiplexing trong chuyển mạch kênh
 - Một kênh trong 1 liên kết là frequency-division multiplexing (FDM) hoặc time-division multiplexing (TDM)



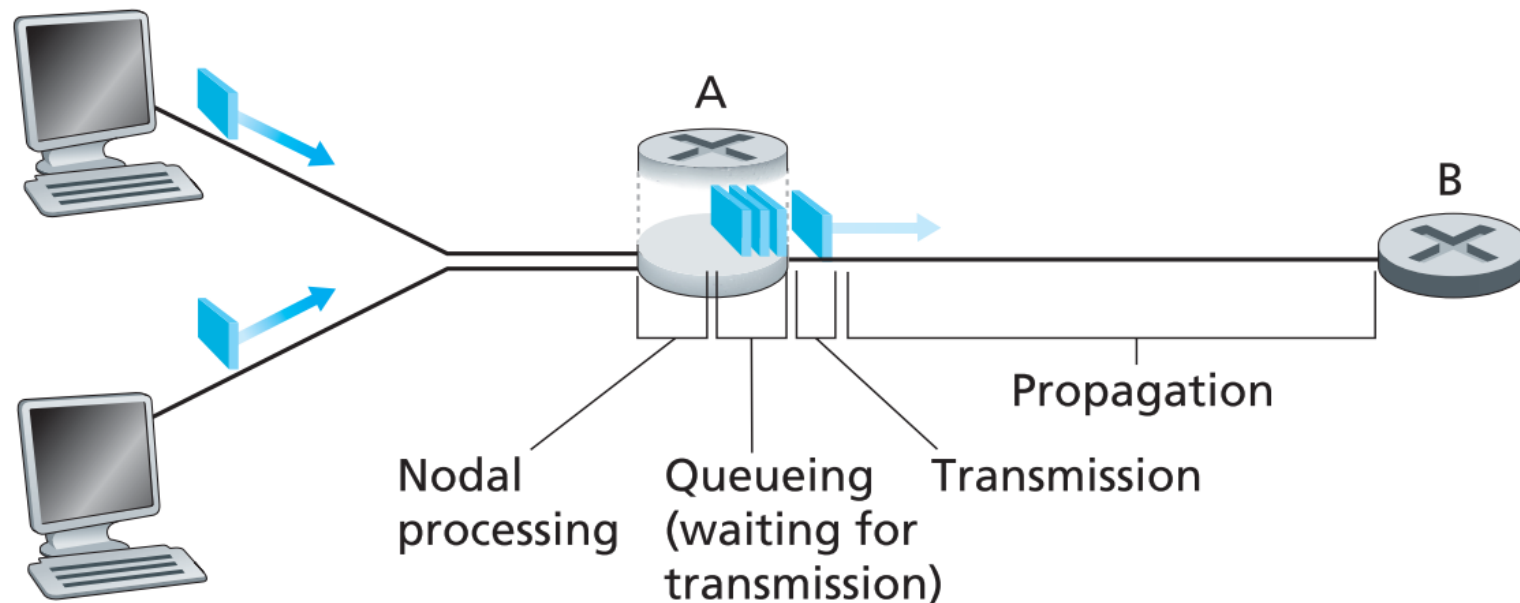
Mạng của các mạng



Chương 1: Giới thiệu về mạng máy tính

- ❑ Giới thiệu môn học
- ❑ Giới thiệu về Internet
- ❑ Network edge
- ❑ Network core
- ❑ **Hiệu năng: độ trễ, độ mất gói, thông lượng**
- ❑ Mô hình phân tầng
- ❑ Lịch sử phát triển của mạng máy tính

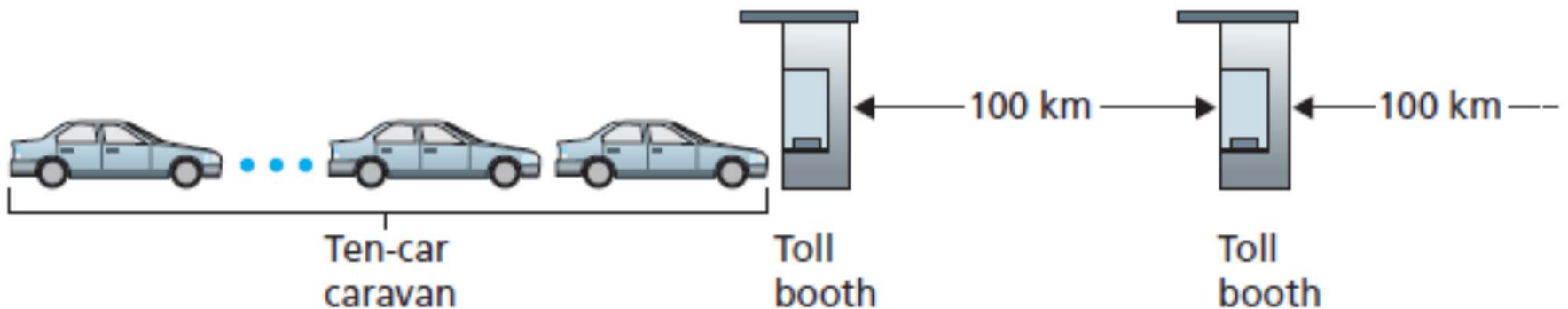
Tổng quan về độ trễ trong mạng chuyển mạch gói



- ❑ Độ trễ xử lý (Processing Delay)
- ❑ Độ trễ trong hàng đợi (Queueing Delay)
- ❑ Độ trễ truyền (Transmission Delay)
- ❑ Độ trễ lan truyền (Propagation Delay)

Tổng quan về độ trễ trong mạng chuyển mạch gói

- ❑ So sánh Transmission Delay và Propagation Delay



Tổng quan về độ trễ trong mạng chuyển mạch gói

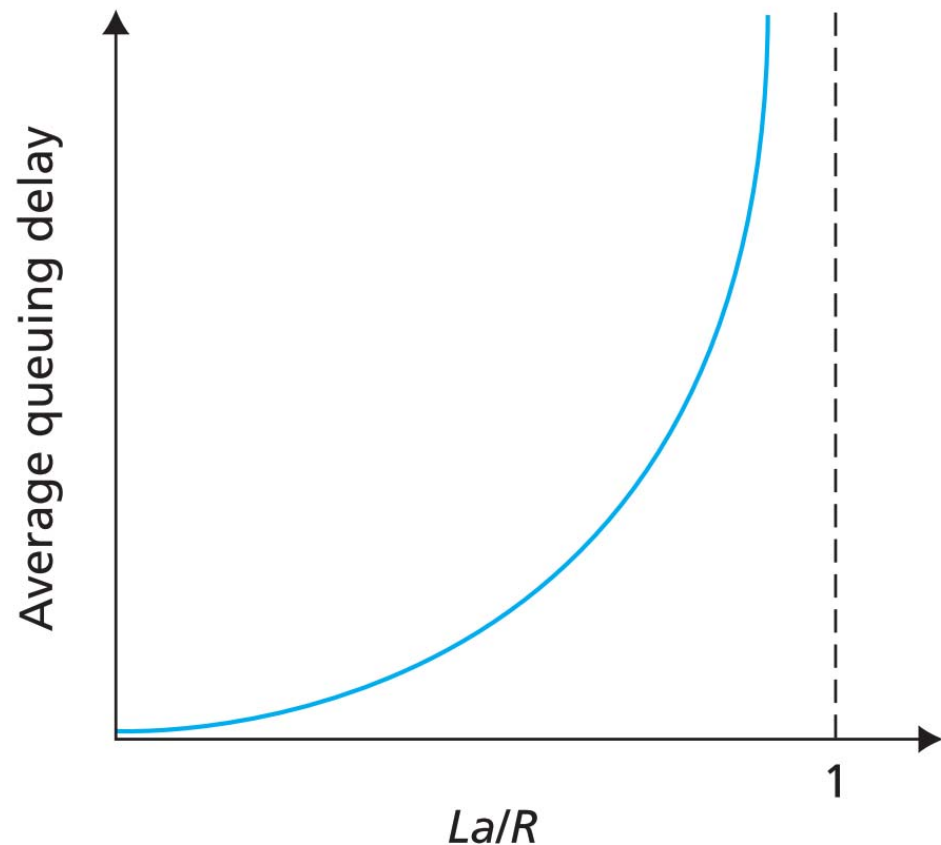
- d_{proc} , d_{queue} , d_{trans} , d_{prop} lần lượt là processing delay, queuing delay, transmission delay, propagation delays

- Tổng độ trễ là

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

Queuing Delay và Packet Loss

- ❑ a : tốc độ trung bình của gói tin đến hàng đợi (packets/sec)
- ❑ kích thước 1 gói tin là L bits \Rightarrow tốc độ trung bình đến hàng đợi tính theo bit là La bits/sec
- ❑ giả sử kích thước hàng đợi rất lớn
- ❑ Traffic intensity: La/R
- ❑ Packet loss



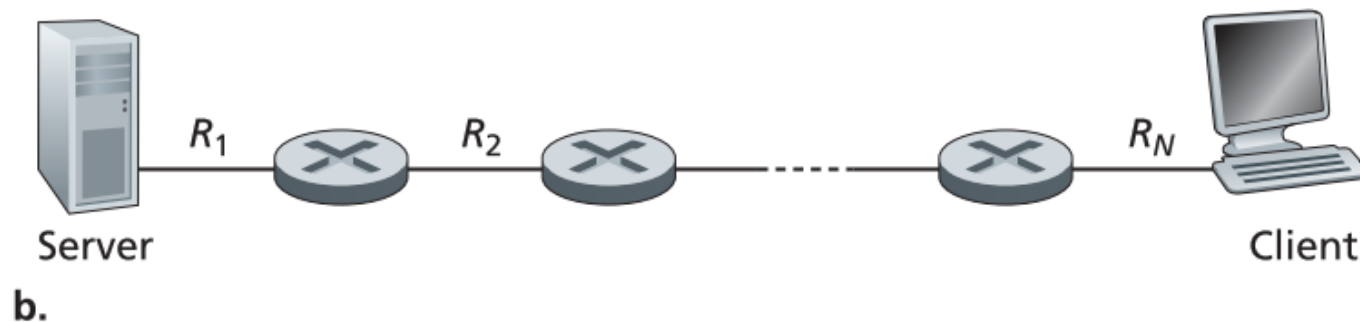
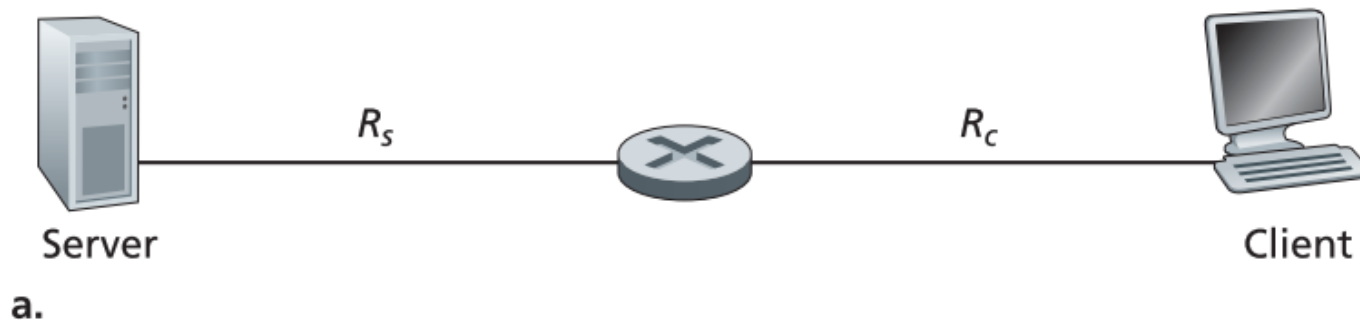
Thiết kế hệ thống để traffic intensity không lớn hơn 1

End-to-End Delay

- ❑ 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
- ❑ Bài tập thực hành: traceroute

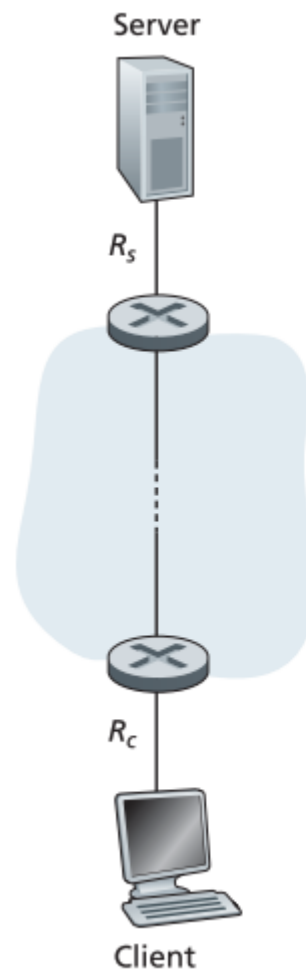
Throughput

- ❑ Thông lượng tại thời điểm (Instantaneous throughput)
- ❑ Thông lượng trung bình (Average throughput)
- ❑ Thông lượng để truyền một tập tin từ server tới client
 - two-link network: throughput = $\min\{R_c, R_s\}$

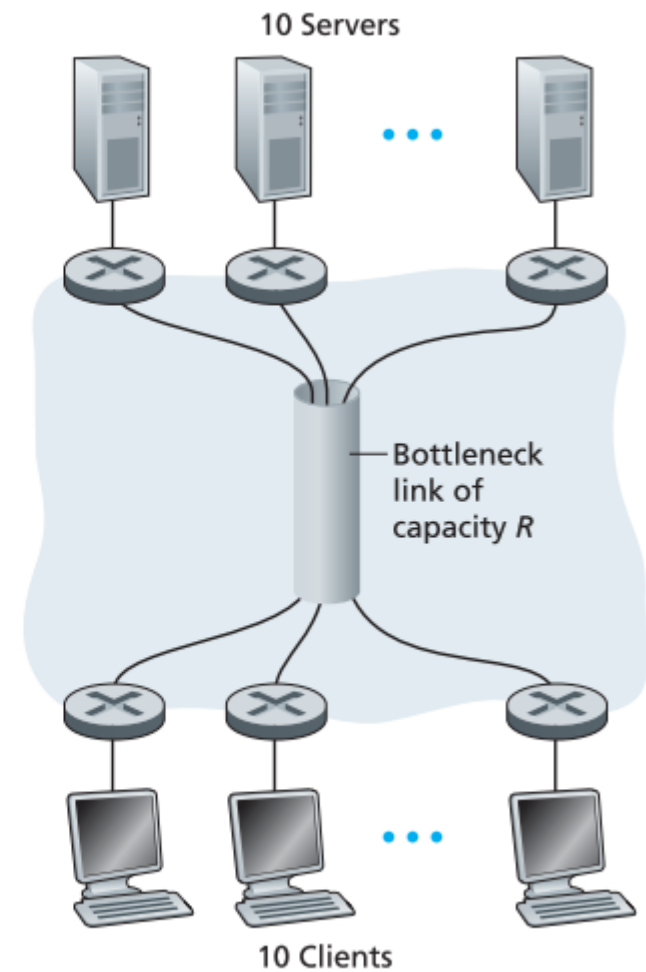


Throughput

- Liên kết nghẽn (bottleneck link)



a.



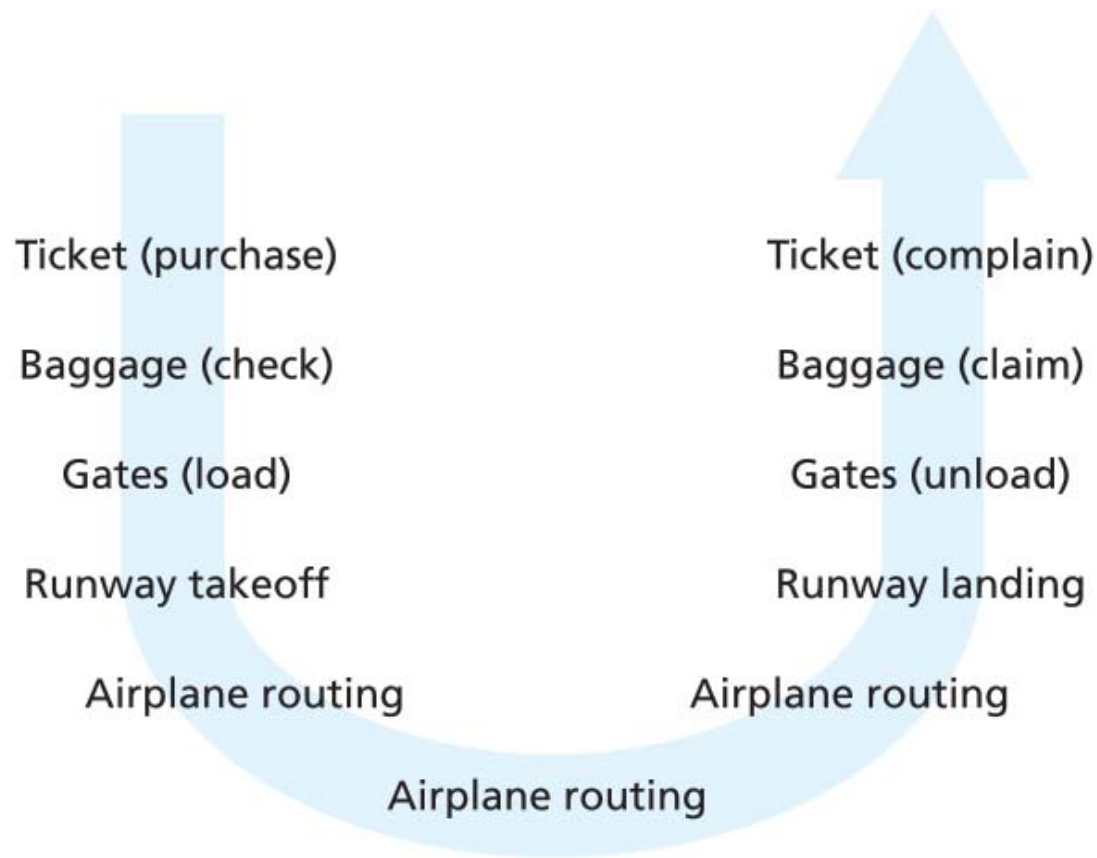
b.

Chương 1: Giới thiệu về mạng máy tính

- ❑ Giới thiệu môn học
- ❑ Giới thiệu về Internet
- ❑ Network edge
- ❑ Network core
- ❑ Hiệu năng: độ trễ, độ mất gói, thông lượng
- ❑ **Mô hình phân tầng**
- ❑ Lịch sử phát triển của mạng máy tính

Kiến trúc phân tầng

- Ví dụ các công việc của một chuyến bay



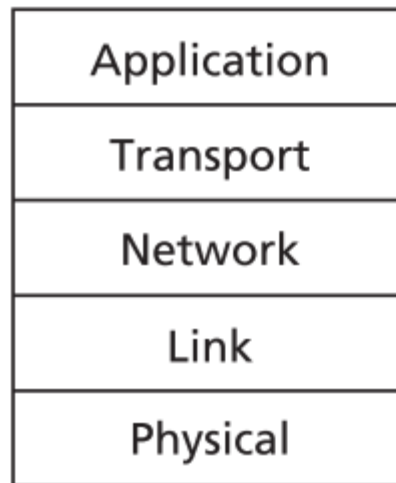
Kiến trúc phân tầng

□ Phân tầng giao thức

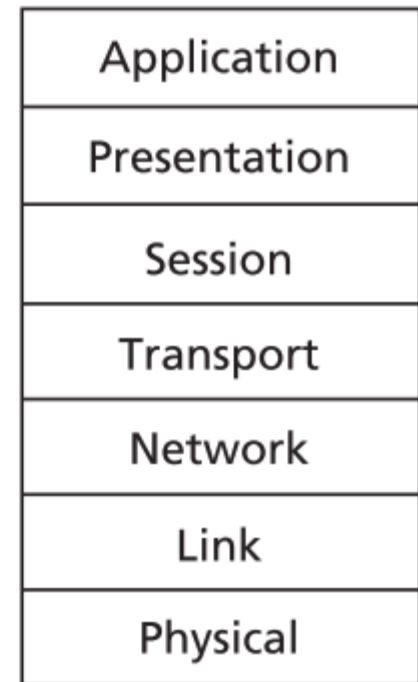
- Mô hình dịch vụ của một tầng: Dịch vụ mà tầng này cung cấp cho tầng phía trên
- Mỗi tầng cung cấp dịch vụ của nó: (1) xử lý các công việc của tầng này và (2) sử dụng các dịch vụ của tầng phía dưới
- Mỗi giao thức thuộc về một tầng
- Bộ giao thức / Ngăn xếp giao thức (protocol stack)

Kiến trúc phân tầng

- ❑ Ưu điểm?
- ❑ Nhược điểm?



**a. Five-layer
Internet
protocol stack**



**b. Seven-layer
ISO OSI
reference model**

Kiến trúc phân tầng

- ❑ Tầng ứng dụng (Application Layer)
 - Tại tầng ứng dụng là nơi các ứng dụng mạng và giao thức tầng ứng dụng thực hiện
 - Ví dụ: HTTP protocol, SMTP, FTP, DNS
 - Packet tại tầng ứng dụng thường gọi là bản tin (**message**)

Kiến trúc phân tầng

- ❑ Tầng giao vận (Transport layer)
 - Tầng giao vận của Internet chuyển message của tầng ứng dụng giữa các ứng dụng đầu cuối
 - Trong Internet có hai giao thức tầng giao vận: TCP, UDP
 - TCP cung cấp dịch vụ hướng kết nối (connection-oriented service) cho ứng dụng
 - dịch vụ truyền đảm bảo của message tầng ứng dụng tới đích
 - điều khiển luồng (flow control)
 - điều khiển tắc nghẽn (congestion-control)
 - UDP cung cấp dịch vụ không hướng kết nối (connectionless service) cho ứng dụng
 - không tin cậy
 - không điều khiển luồng
 - không điều khiển tắc nghẽn
 - Packet của tầng giao vận thường gọi là đoạn tin (**segment**)

Kiến trúc phân tầng

□ Tầng mạng (Network Layer)

- Tầng mạng của Internet có nhiệm vụ chuyển gói tin của tầng mạng từ host này tới host khác
- Gói tin của tầng mạng gọi là **datagram**
- Giao thức tầng giao vận của Internet trong nút nguồn chuyển segment và địa chỉ đích tới tầng mạng
- Tầng mạng cung cấp dịch vụ chuyển segment tới tầng giao vận của nút đích
- Một giao thức IP và nhiều giao thức định tuyến
- Tầng mạng thường gọi là tầng IP

Kiến trúc phân tầng

□ Tầng liên kết (Link Layer)

- Chuyển gói tin từ một nút (**host or router**) tới **nút tiếp theo** trên đường đi, tầng mạng dùng dịch vụ của tầng liên kết
- Ví dụ các giao thức của tầng liên kết: Ethernet, WiFi, DOCSIS protocol của cable access network, ...
- Datagram có thể được xử lý bởi các giao thức tầng liên kết khác nhau do datagram thường đi qua nhiều liên kết khi đi từ nút nguồn tới nút đích
- Tầng mạng sẽ nhận dịch vụ khác nhau của các tầng liên kết khác nhau. Ví dụ, một số tầng liên kết cung cấp dịch vụ truyền tin cậy từ nút gửi qua 1 liên kết tới nút nhận. Sự khác biệt giữa dịch vụ truyền tin cậy của tầng liên kết và truyền tin cậy của TCP?
- Gói tin của tầng liên kết gọi là **frame**

Kiến trúc phân tầng

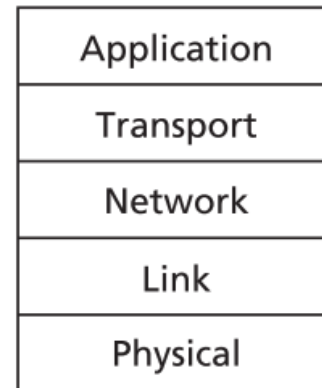
□ Tầng vật lý (Physical Layer)

- Công việc của tầng vật lý là chuyển **từng bit trong frame từ một nút tới nút liền kề**. Khác biệt gì với công việc của tầng liên kết?
- Các giao thức trong tầng vật lý phụ thuộc vào phương tiện truyền của liên kết
- Ví dụ, Ethernet có nhiều giao thức tầng vật lý: giao thức cho twisted-pair copper wire, giao thức cho coaxial cable, giao thức cho fiber... Trong trường hợp khác nhau, một bit truyền trên liên kết theo các cách khác nhau.

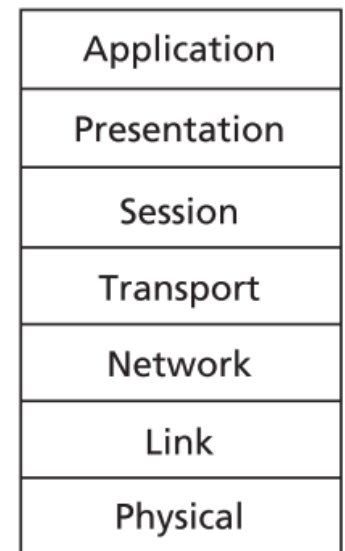
Kiến trúc phân tầng

❑ Mô hình OSI (Open Systems Interconnection)

- Do ISO (International Organization for Standardization) đưa ra vào cuối những năm 1970
- Tầng trình diễn (presentation layer) cung cấp dịch vụ cho phép các ứng dụng truyền thông diễn giải ý nghĩa của dữ liệu trao đổi
- Tầng phiên (session layer) cung cấp đồng bộ dữ liệu trao đổi
- Internet không có tầng trình diễn và tầng phiên trong mô hình tham chiếu OSI:
 - Có phải dịch vụ của 2 tầng này là không quan trọng?



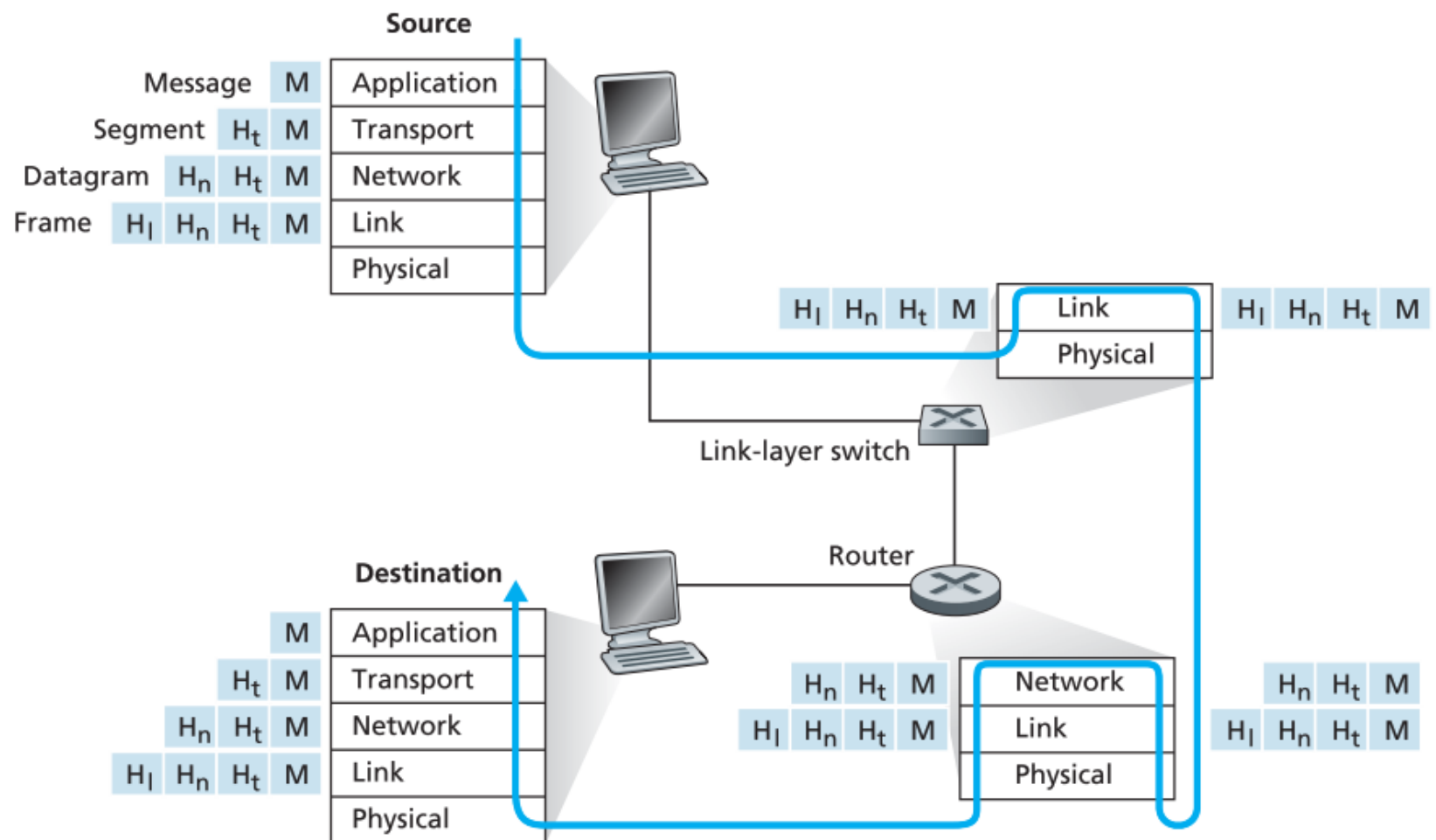
a. Five-layer Internet protocol stack



b. Seven-layer ISO OSI reference model

Đóng gói

- Đóng gói (Encapsulation): Host, router, và link-layer switch chứa các tầng khác nhau, do có nhiệm vụ khác nhau



Chương 1: Giới thiệu về mạng máy tính

- ❑ Giới thiệu môn học
- ❑ Giới thiệu về Internet
- ❑ Network edge
- ❑ Network core
- ❑ Hiệu năng: độ trễ, độ mất gói, thông lượng
- ❑ Mô hình phân tầng
- ❑ Lịch sử phát triển của mạng máy tính

Lịch sử Internet

1961-1972: nguyên tắc chuyển mạch gói

- ❑ 1961: Kleinrock - queueing theory chứng minh hiệu quả của chuyển mạch gói
- ❑ 1964: Baran - chuyển mạch gói trong mạng quân sự
- ❑ 1967: ARPAnet của Advanced Research Projects Agency
- ❑ 1969: nút ARPAnet đầu tiên hoạt động
- ❑ 1972:
 - công bố thử nghiệm ARPAnet
 - NCP (Network Control Protocol) host-host protocol đầu tiên
 - chương trình e-mail đầu tiên
 - ARPAnet có 15 nút

Lịch sử Internet

1972-1980: liên mạng, các mạng thương mại

- ❑ 1970: ALOHAnet satellite network ở Hawaii
- ❑ 1974: Cerf và Kahn - kiến trúc để kết nối các mạng
- ❑ 1976: Ethernet của Xerox PARC
- ❑ late70' s: kiến trúc thương mạng: DECnet, SNA, XNA
- ❑ late 70' s: switching fixed length packets (tiền thân của ATM)
- ❑ 1979: ARPAnet có 200 nút

Nguyên tắc liên mạng của Cerf và Kahn:

- tự trị - không yêu cầu thay đổi ở bên trong mạng để kết nối các mạng
- mô hình dịch vụ best effort
- stateless router
- decentralized control

xác định kiến trúc của mạng Internet ngày nay

Lịch sử Internet

1980-1990: các giao thức mới, sự phát triển của mạng

- ❑ 1983: triển khai TCP/IP
- ❑ 1982: smtp e-mail protocol
- ❑ 1983: DNS
- ❑ 1985: ftp protocol
- ❑ 1988: TCP congestion control
- ❑ các mạng quốc gia: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100,000 nút kết nối với nhau

Lịch sử Internet

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

□ đầu 1990s: Web

- hypertext [Bush 1945, Nelson 1960' s]
- HTML, HTTP: Berners-Lee
- 1994: Mosaic, sau đó thành Netscape
- cuối 1990' s: thương mại hóa của Web

cuối 1990' s – 2000' s:

- ứng dụng mới: instant messaging, P2P file sharing
- network security
- khoảng 50 triệu nút, hơn 100 triệu người dùng
- backbone link đạt Gbps

Lịch sử Internet

2005-nay

- ❑ ~750 triệu nút
 - Smartphones và tablet
- ❑ triển khai nhanh các truy cập băng thông rộng
- ❑ tăng sự tồn tại khắp nơi các truy cập không dây tốc độ cao
- ❑ nổi lên các mạng xã hội trực tuyến:
 - Facebook: hàng tỉ người dùng
- ❑ các nhà cung cấp dịch vụ (Google, Microsoft) xây dựng mạng riêng
- ❑ các dịch vụ trên cloud computing (ví dụ: Amazon EC2)

Tóm tắt

- ❑ Giới thiệu môn học
- ❑ Giới thiệu về Internet
- ❑ Network edge
- ❑ Network core
- ❑ Hiệu năng: độ trễ, độ mất gói, thông lượng
- ❑ Mô hình phân tầng
- ❑ Lịch sử phát triển của mạng máy tính
- ❑ cung cấp khái niệm và hình dung chung về mạng Internet
- ❑ nội dung sâu và chi tiết ở các chương tiếp sau

Wireshark lab

□ <http://www.wireshark.org>

Leonard Kleinrock

- ❑ Leonard Kleinrock is a professor of computer science at the University of California, Los Angeles. In 1969, his computer at UCLA became the first node of the Internet. His creation of packet-switching principles in 1961 became the technology behind the Internet. He received his B.E.E. from the City College of New York (CCNY) and his masters and PhD in electrical engineering from MIT.
- ❑ Do you have any advice for students entering the networking/Internet field?
 - The Internet and all that it enables is a vast new frontier, full of amazing challenges. There is room for great innovation. Don't be constrained by today's technology. Reach out and imagine what could be and then make it happen.

Mạng máy tính

- Hình ảnh và nội dung trong bài giảng này có tham khảo từ sách và bài giảng của TS. J.F. Kurose and GS. K.W. Ross