



Mạng Máy Tính (Computer Networking)

Chương 3:

Tầng Vật Lý (Physical Layer)

TS. Nguyễn Mạnh Cường
Khoa CNTT, ĐH Nha Trang



Nội dung

- Truyền dữ liệu và tín hiệu số
- Các phương tiện truyền dẫn
- Truy cập mạng và phương tiện truyền



Các chức năng chính của tầng vật lý (physical layer)

- Truyền dẫn dữ liệu dưới dạng tín hiệu điện từ (**electromagnetic signals**) qua các phương tiện truyền dẫn
- Dữ liệu người dùng cần truyền hoàn toàn khác với định dạng truyền dẫn qua mạng.
- Ví dụ: muốn truyền 1 ảnh số qua mạng, ta phải chuyển đổi thành dạng mà phương tiện truyền dẫn có thể chấp nhận được
- Để truyền dữ liệu, dữ liệu phải được chuyển đổi thành tín hiệu điện từ.
- Kích hoạt, duy trì và kết thúc các liên kết vật lý
- Bao gồm cả phần mềm điều khiển thiết bị cho các mạch giao tiếp truyền thông



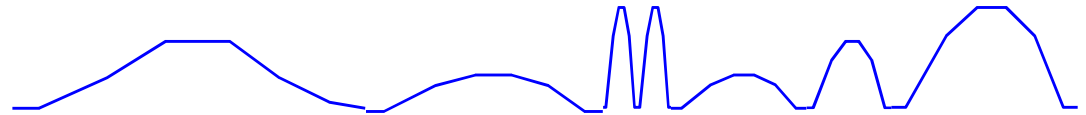
Truyền dữ liệu và Tín hiệu số

- Các loại tín hiệu truyền qua phương tiện truyền vật lý:
 - Tín hiệu số (digital)
 - Tín hiệu tương tự (analog)
- Dữ liệu có thể là digital hoặc analog
 - Một số dữ liệu vốn đã được trình bày dưới dạng tín hiệu số
 - Ký tự 'A' trong bảng mã ASCII: 01000001
 - Các dạng dữ liệu khác cần được chuyển đổi từ analog sang digital
 - Âm thanh, video,...
- Chúng ta quan tâm đến tín hiệu/dữ liệu số!

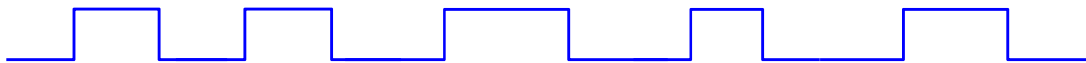


Từ tín hiệu tới gói tin

Analog Signal



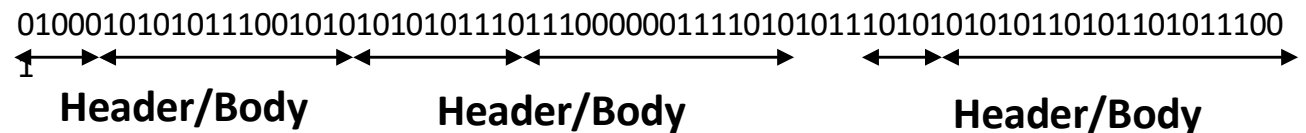
“Digital” Signal



Bit Stream

0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1

Packets



Packet
Transmission

Sender

Receiver



Tín hiệu số (**digital** signals) hay tương tự (**analog** signal)

- Tín hiệu số tốt hơn tín hiệu tương tự vì:
 - Khả năng chống nhiễu vượt trội
 - Lưu trữ và sao chép không suy giảm chất lượng
 - Nén dữ liệu hiệu quả
 - Bảo mật tốt hơn
 - Truyền dẫn đa dạng
 - Tiết kiệm năng lượng
- Ứng dụng thực tế:
 - Âm thanh: CD (digital) > cassette (analog)
 - Hình ảnh: Máy ảnh số > máy ảnh phim
 - Truyền hình: Digital TV > Analog TV
 - Viễn thông: 4G/5G (digital) > điện thoại cố định analog



Truyền số liệu

- Việc truyền số liệu phụ thuộc vào
 - Chất lượng của tín hiệu
 - Các đặc điểm của phương tiện truyền
- Cần phải thực hiện xử lý tín hiệu
- Cần phải đo lường chất lượng của tín hiệu nhận được
 - **Analog**: tỷ lệ tín hiệu/tạp nhiễu
 - **Digital**: Xác suất của các bit lỗi
- Để truyền các dòng bits (0's or 1's) ta cần ánh xạ chúng sang các sóng điện từ => các kỹ thuật điều chế



Truyền số liệu (tt1.)

- Tín hiệu được truyền đi có thể bị
 - suy giảm
 - bóp méo
 - sai lệch bởi tạp âm
- Sự suy giảm và bóp méo tín hiệu phụ thuộc:
 - Loại phương tiện truyền
 - Tốc độ bit
 - Khoảng cách
- Phương tiện truyền xác định
 - Tốc độ dữ liệu
 - Dải thông của kênh truyền



Truyền số liệu (tt2.)

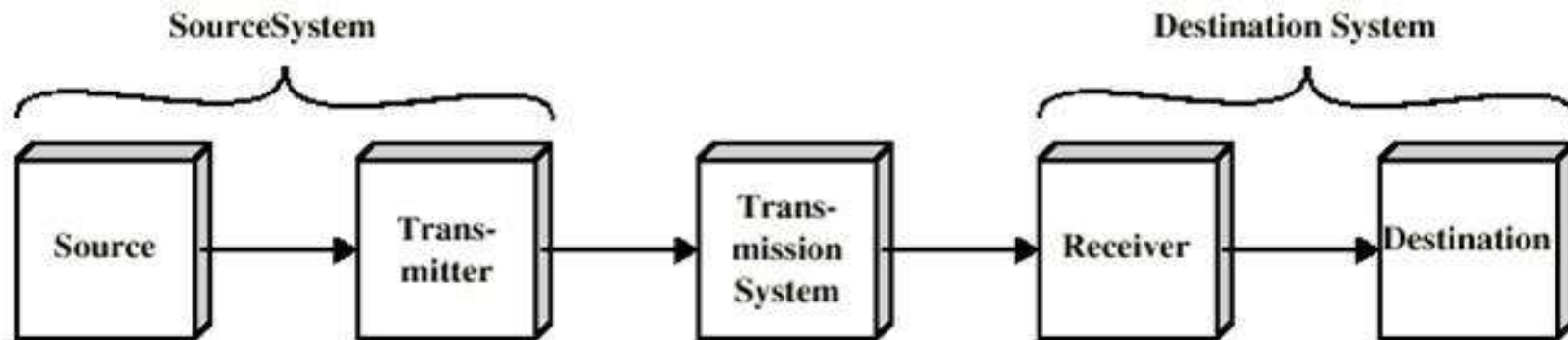
- Phương tiện truyền:
 - Hữu tuyến: cáp đôi dây xoắn, cáp đồng trục, cáp quang
 - Vô tuyến: radio, vệ tinh, tia hồng ngoại, sóng cực ngắn (viba)
- Liên kết trực tiếp: điểm – điểm
 - Hai thiết bị chia sẻ phương tiện truyền (các bộ chuyển tiếp, bộ khuếch đại trung gian)
- Liên kết gián tiếp: nhiều điểm hoặc quảng bá
 - Nhiều hơn hai thiết bị chia sẻ phương tiện truyền
- Các phương thức truyền: đơn công, bán song công, song công
- Các khái niệm cần lưu ý: tần số, phổ, dải thông



Dải tần cơ sở và Dải tần rộng

- Dải tần cơ sở: Tín hiệu số được truyền trực tiếp qua phương tiện truyền.
- Dải tần rộng: Tín hiệu số không được đưa trực tiếp lên phương tiện truyền. Tín hiệu tương tự hay sóng mang được điều biến từ tín hiệu số và truyền đi qua phương tiện truyền.

Một mô hình truyền thông đơn giản



(a) General block diagram



(b) Example



Tốc độ truyền dữ liệu tối đa

- Tốc độ tín hiệu: số tín hiệu thay đổi trong một giây
 - Mỗi tín hiệu có thể được truyền theo nhiều tốc độ (M)
- Tốc độ truyền dữ liệu tối đa của kênh truyền là bao nhiêu với ngưỡng tần số là H?
- Định lý **Nyquist**:
 - Tốc độ dữ liệu tối đa = $2H \log_2 M$ bits/sec
 - Tín hiệu có thể được tái dựng lại chỉ với $2H$ mẫu/giây
- Trong khoa học máy tính, tốc độ dữ liệu có thể được xem như là dải thông
- Chúng ta có thể đạt được bất kỳ tốc độ truyền dữ liệu nào bằng cách làm cho M thật lớn?



Định lý Shannon

- **Kênh truyền tạp nhiễu**
 - Nhiễu nhiệt sinh ra do các electrons va chạm nhau
 - Tỷ lệ Tín hiệu/Nhiễu: Signal-to-Noise Ratio (SNR)
 - Tỷ lệ của công suất tín hiệu (S) và công suất nhiễu (N): S/N
 - Được đo bằng đơn vị dB hay decibels
 - $10 \log_{10} (S/N)$
 - $S/N = 10 \rightarrow 10 \text{ dB}$, $100 \rightarrow 20 \text{ dB}$
- Cho kênh truyền tạp nhiễu với tần số H và tỷ lệ tín hiệu/nhiễu là S/N
 - Tốc độ dữ liệu tối đa = $H \log_2(1+S/N)$
- \rightarrow Tốc độ dữ liệu tối đa = $\min(H \log_2(1+S/N), 2H \log_2 M)$



Ứng dụng định lý Shannon

- Hệ thống điện thoại quy ước
 - Được thiết kế để truyền tải giọng nói
 - Ngưỡng giới hạn là 3000 Hz
 - Tỷ lệ Signal-to-noise xấp xỉ bằng 1000
 - Khả năng truyền tối đa: $3000 * \log_2(1+1000) \approx 30000$ bps
- Kết luận: modems quay số khó vượt được tốc độ 28.8 Kbps



Phương tiện truyền

- Cáp đôi dây xoắn
- Cáp đồng trục dải tần cơ sở
- Cáp đồng trục dải tần rộng
- Cáp quang
- Vô tuyến

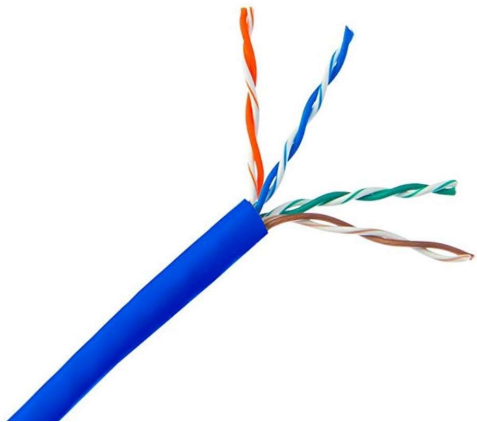
Phương tiện truyền: cáp xoắn đôi

- **Bit**: truyền giữa các đôi gửi và nhận
- **Liên kết vật lý**: là những gì nằm giữa nơi gửi và bên nhận
- **Đường truyền hữu tuyến**:
 - Tín hiệu truyền đi trong phương tiện truyền: cáp đôi dây xoắn, cáp đồng trục, cáp quang
- **Đường truyền vô tuyến**:
 - Tín hiệu được truyền đi trong môi trường không khí, vd: sóng vô tuyến
- **Cáp xoắn đôi (Twisted Pair)**
 - Hai sợi dây đồng có lớp cách điện xoắn lại với nhau, vd:
 - Loại 3 (CAT 3): dây điện thoại truyền thống, có thể dùng trong mạng Ethernet tốc độ 10 Mbps
 - CAT 5 UTP: 100Mbps Ethernet



The Physic Layer

Cáp xoắn đôi (Twisted Pair)



(a)



(b)

(a) Category 3 UTP.

(b) Category 5 UTP.

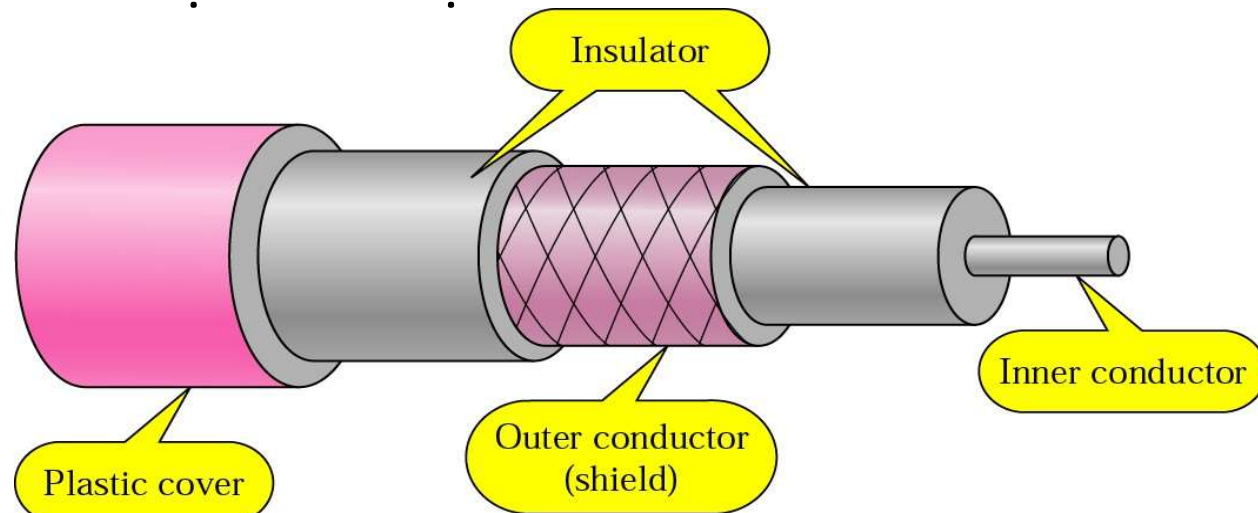


Cáp xoắn đôi-Đánh giá

- Đơn giản
- Rẻ tiền
- Được dùng rộng rãi
- Khả năng chống nhiễu kém (STP chống nhiễu tốt hơn UTP)
- Khoảng cách nhỏ
 - Khoảng cách hạn chế 100m khi triển khai mạng Ethernet
 - Giải thông hạn chế (x1MHz)
- Tốc độ hạn chế (100MHz)

Cáp đồng trục (Coaxial cable)

- Lõi dẫn điện được bọc bởi một lớp điện môi không dẫn điện
- Quấn thêm một lớp bên kim loại
- Ngoài cùng có vỏ bọc cách điện



Category	Impedance	Use
RG-59	75 Ω	Cable TV
RG-58	50 Ω	Thin Ethernet
RG-11	50 Ω	Thick Ethernet

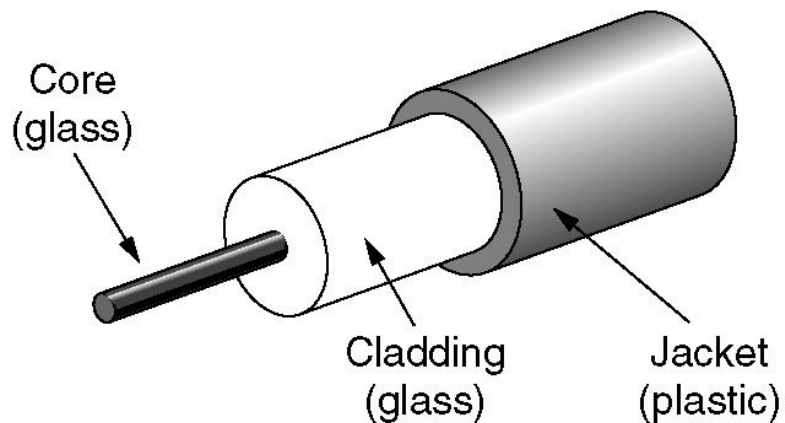


Ứng dụng cáp đồng trục

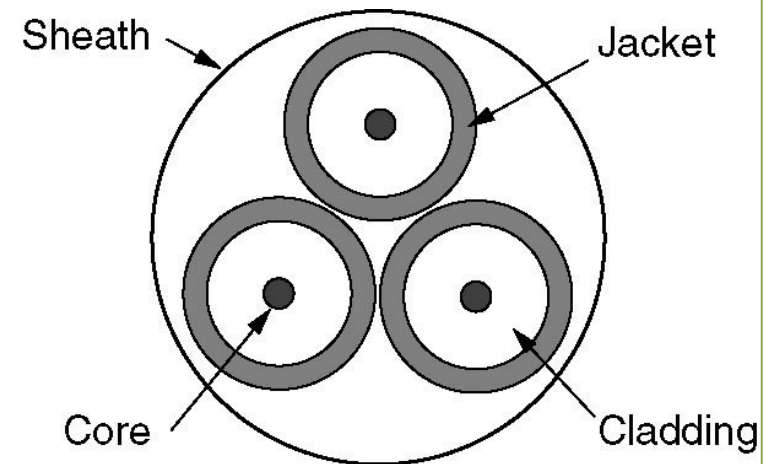
- Phát chương trình TV
- Truyền các cuộc gọi điện thoại đường dài
 - 10,000 cuộc gọi cùng lúc
 - Đang bị thay thế bởi cáp quang
- Liên kết các máy tính khoảng cách ngắn
- Mạng cục bộ 10BaseT, 100BaseT, ...
- Khoảng cách triển khai thực tế ~500m.

Cáp sợi quang (Optical fiber)

- (a) Một sợi cable
(b) Một đường cable với 3 lõi



(a)



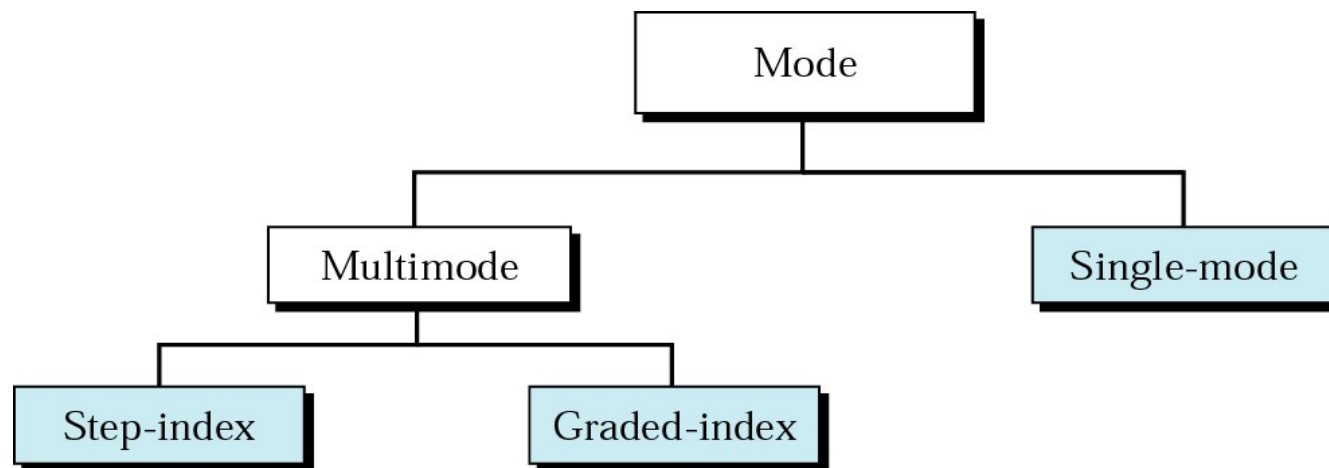
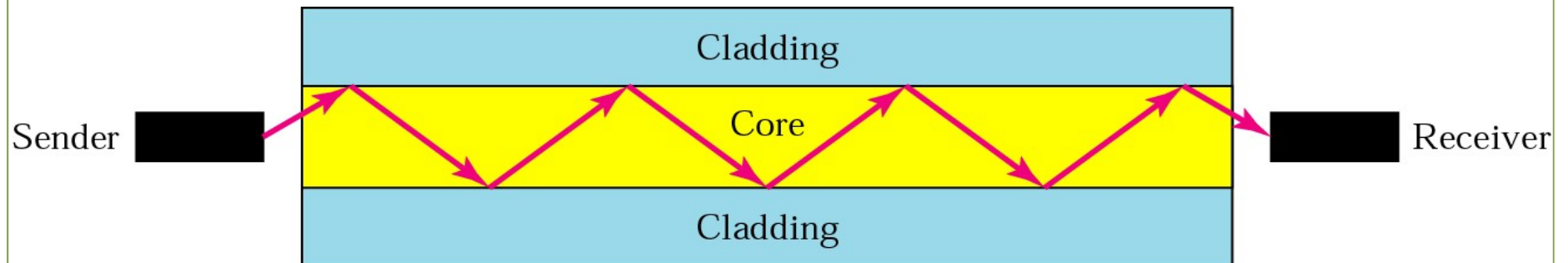
(b)



Cáp sợi quang

- Cấu tạo
 - **Core**: lớp lõi là sợi thủy tinh hoặc sợi plastic để truyền tín hiệu ánh sáng
 - **Cladding**: Vật chất quang bên ngoài bao bọc lõi mà phản xạ ánh sáng trở lại vào lõi.
 - **Jacket**: vỏ bọc bên ngoài
- Các sợi quang có thể được bó với nhau trong một đường cáp quang, có thêm sợi dây gia cường làm cứng cáp

Cáp sợi quang





Ứng dụng cáp quang

- Đường truyền khoảng cách xa
- Đường truyền trong thành phố
- Đường truyền giữa các router của C.ty viễn thông
- Xương sống của LAN
- Thông lượng cao hơn
- Nhỏ, nhẹ hơn
- Suy hao ít hơn
- Cách ly điện từ tốt
- Khoảng cách phải lắp tín hiệu lớn hơn :
 - 10km → multimode
 - 40 km → single mode



Sóng vô tuyến

- Truyền thông tin trên các dải tần khác nhau của sóng điện từ
 - không “dây” vật lý
 - Thông thường truyền broadcast, bán song công: tại một thời điểm chỉ hoặc gửi hoặc nhận
- Những ảnh hưởng của môi trường truyền:
 - phản xạ
 - Tán xạ do vật cản
 - sự nhiễu tín hiệu



Các loại liên kết dùng sóng vô tuyến

- Sóng radio:
 - Bước sóng: 1mm – 100.000km
 - Tần số: 3 Hz – 300 GHz
 - VD: [Bluetooth](#), [WIFI](#)
- Sóng vi ba ([microwave](#)):
 - Bước sóng: 1mm-1 m
 - tần số: 300 MHz-300 GHz
 - Vi ba mặt đất: Kết nối nội thị, hệ thống điện thoại di động
 - Vi ba vệ tinh: TV, điện thoại đường dài
- Hồng ngoại:
 - Bước sóng 700 nm- 1 mm
 - Tần số: 300 GHz-430 THz
 - Phạm vi nhỏ, không xuyên tường
 - VD: sóng dùng cho các bộ điều khiển từ xa
- Free Space Optics: Bước sóng dùng phổ biến: 850nm, 1300nm, 1550 nm.

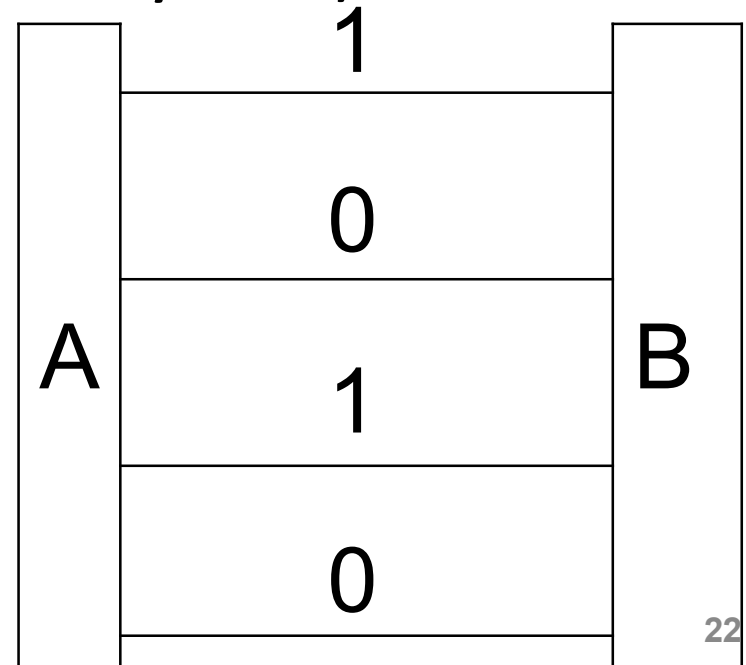
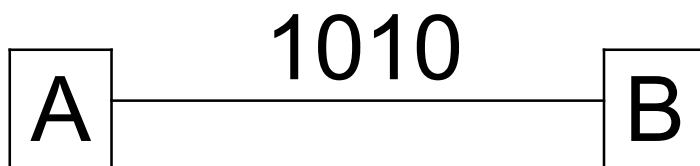


Phương thức truyền

- Đơn công – **Simplex**: Dữ liệu chỉ được truyền theo 1 chiều
- Song công – (**Full**) **Duplex**: Dữ liệu có thể được truyền theo cả 2 chiều tại cùng 1 thời điểm
- Bán song công – **Half duplex**: Dữ liệu có thể truyền theo cả 2 chiều nhưng tại 1 thời điểm thì chỉ có thể truyền theo 1 chiều

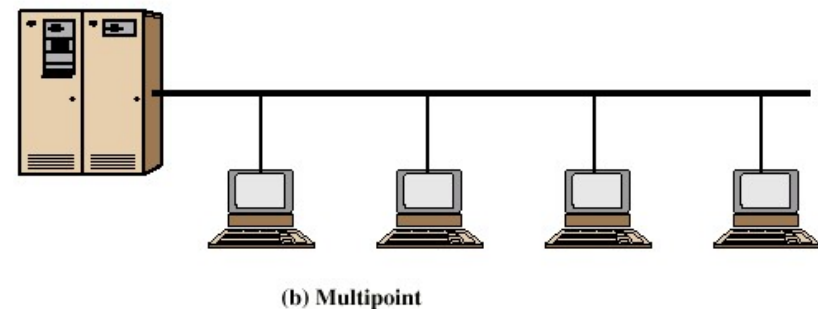
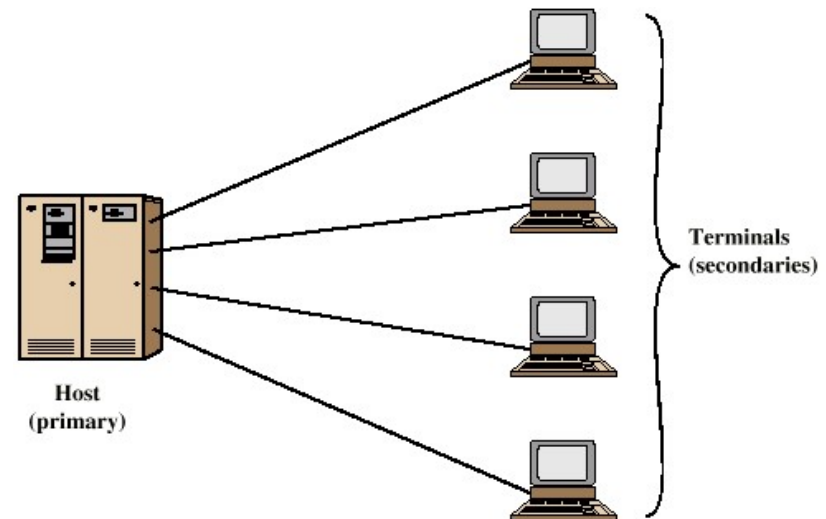
Hình thức truyền

- Truyền nối tiếp: Truyền 1 bit tại 1 thời điểm (trên 1 dây dẫn)
- Truyền song song: Truyền đồng thời nhiều bit tại cùng 1 thời điểm (trên nhiều dây dẫn)



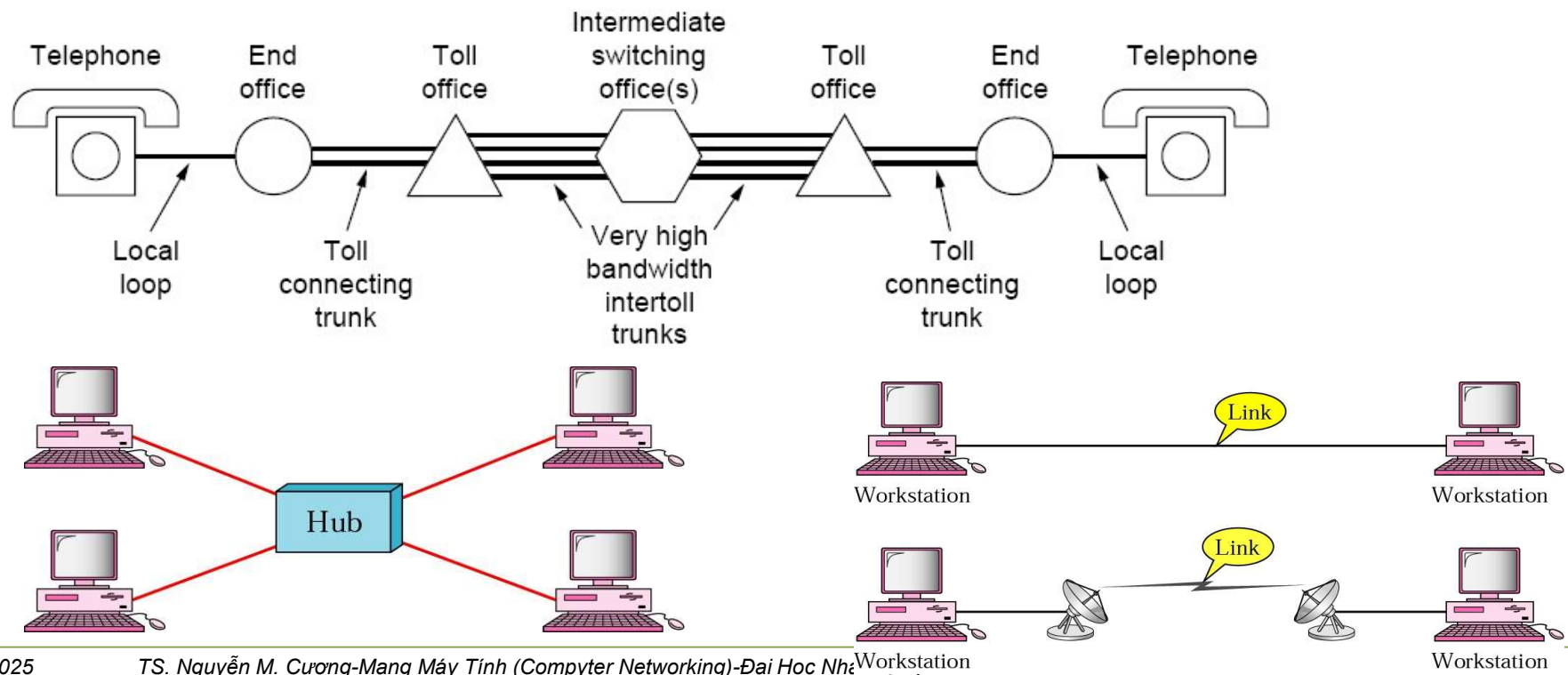
Topology

- Điểm điểm
 - Hình sao (star)
 - Vòng (ring)
 - Đồ thị (graph)
- Điểm nhiều điểm
 - Trục (Coaxial)
 - Vòng (ring)
 - Vệ tinh (satelite)

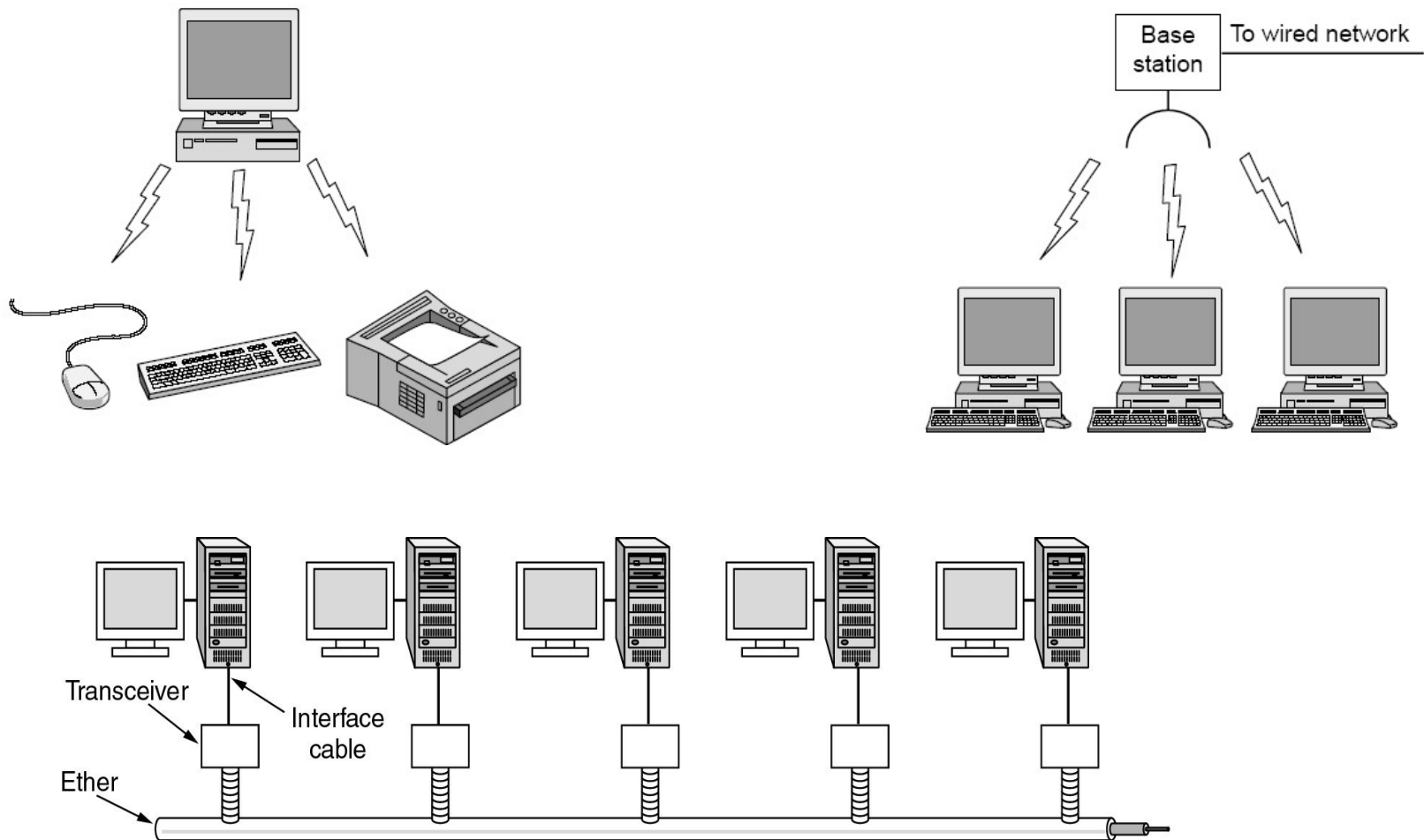


Điểm-điểm

- Một đường truyền chỉ kết nối 2 thiết bị
 - 1 đường truyền (bán song công) hoặc
 - 2 đường truyền (song công)
- Trường hợp bán song công có thể có xung đột xảy ra khi 2 thiết bị trên một liên kết cùng truyền dữ liệu



Điểm-nhiều điểm





Điểm-nhiều điểm

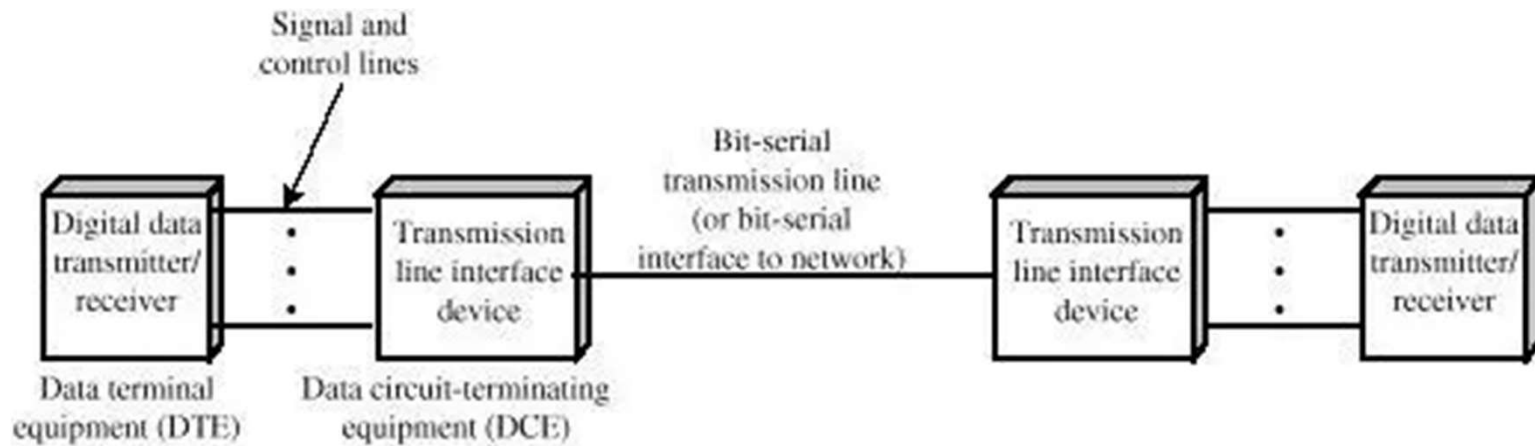
- Đặc trưng chung của topo điểm – nhiều điểm là một đường truyền duy nhất kết nối nhiều thiết bị đầu cuối với nhau
- Dữ liệu được quảng bá (broadcast)
- Xung đột khi hai trạm cùng phát tín hiệu
→ Hai tín hiệu ngược chiều nhau gặp nhau trên đường truyền
- Cần có các phương pháp điều khiển **đa truy cập (multiple access)** → sẽ xem ở tăng Liên kết dữ liệu.



Giao diện đường truyền

- Thiết bị đầu cuối dữ liệu (data terminal equipment, DTE)
 - Không có các tính năng truyền thông
 - Cần có các thiết bị bổ sung để truy cập đường truyền
- Thiết bị cuối kênh dữ liệu (data circuit terminating equipment, DCE)
 - Truyền các bit trên đường truyền
 - Trao đổi dữ liệu và các thông tin điều khiển với DTE qua các dây nối
- Cần các giao diện chuẩn, rõ ràng giữa DTE, DCE

DTE-DCE



(a) Generic interface to transmission medium



(b) Typical configuration



Giao diện đường truyền

- **Cơ**
 - Hình dạng giắc cắm, số lượng chân, đảm bảo cắm được lẫn nhau
- **Điện**
 - Mức điện áp sử dụng
 - Chiều dài xung (tần số xung nhịp)
 - Phương pháp mã hóa
- **Chức năng**
 - Dây dẫn nào dùng làm gì
 - Có 4 nhóm: dữ liệu, điều khiển, đồng bộ, nối đất
- **Thủ tục**
 - Các thủ tục, chuỗi các sự kiện để thực hiện việc truyền tin

Ví dụ: V.24 /EIA-232-E

■ Cơ:

- 25 chân hoặc 15 chân
- Khoảng cách 15m

■ Điện

- Tín hiệu số
- 1=-3v, 0=+3v (NRZ-L)
- Tốc độ truyền tin 20kbps
- Khoảng cách < 15m

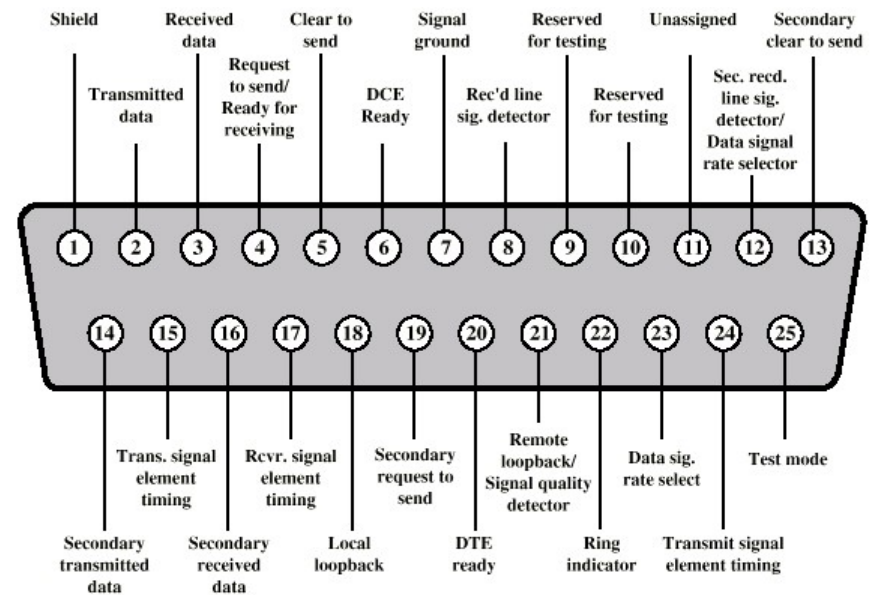
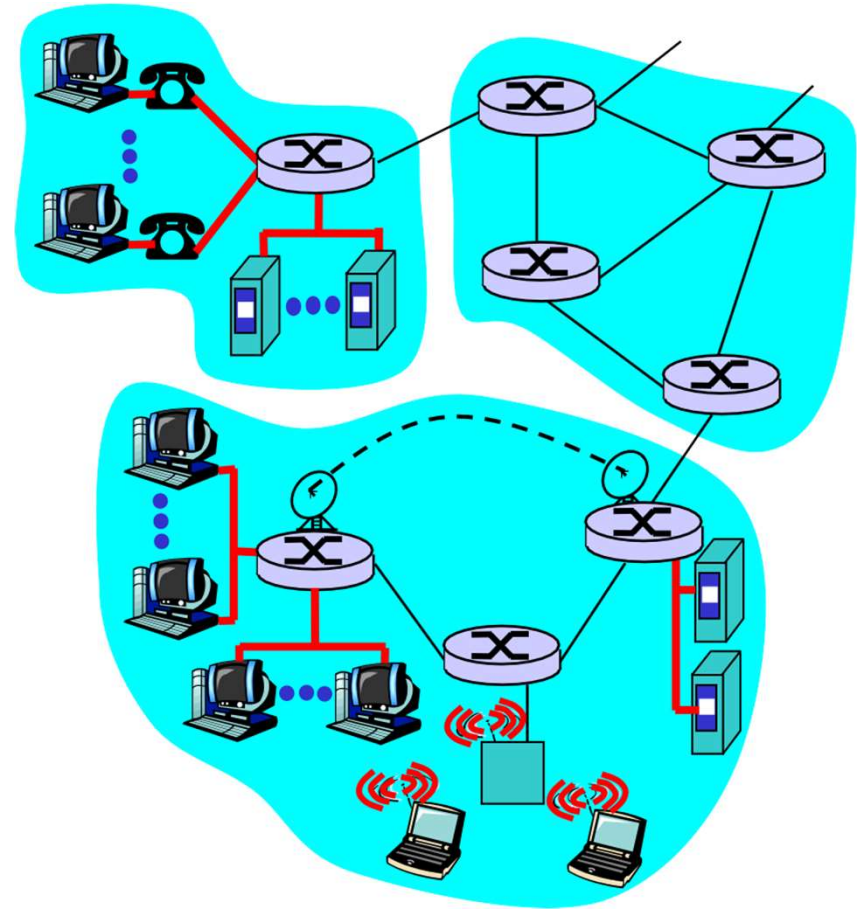


Figure 6.5 Pin Assignments for V.24/EIA-232 (DTE Connector Face)

Truy cập mạng và phương tiện truyền

- Các hệ thống đầu cuối kết nối đến router biên như thế nào?
- Các mạng truy cập tại nhà riêng
- Các mạng truy cập tại các công ty, trường, viện...
- Các mạng truy cập di động
- Cần lưu ý:
 - dải thông của mạng truy cập là bao nhiêu?
 - mạng truy cập chia sẻ hay dành riêng?



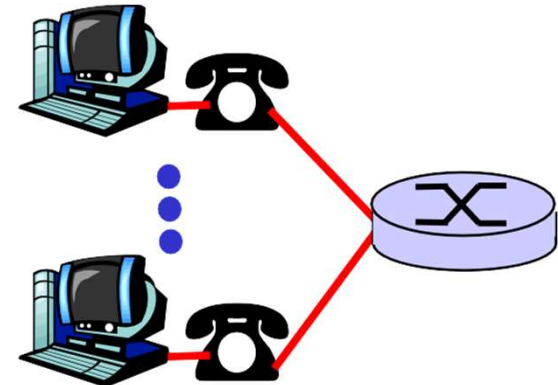
Truy cập tại nhà: truy cập điểm-điểm

■ Qua modem quay số

- tốc độ truy cập đến router của nhà cung cấp có thể đạt đến 56Kbps (thường thì thấp hơn)
- không thể “luôn trực tuyến”

■ Qua đường thuê bao số bất đối xứng (ADSL):

- Tốc độ upstream lên đến 1 Mbps (hiện nay thường thì < 256 kbps)
- Tốc độ downstream lên đến 8 Mbps (hiện nay thường thì < 1 Mbps)
- FDM: 50 kHz - 1 MHz cho downstream
 - 4 kHz - 50 kHz cho upstream



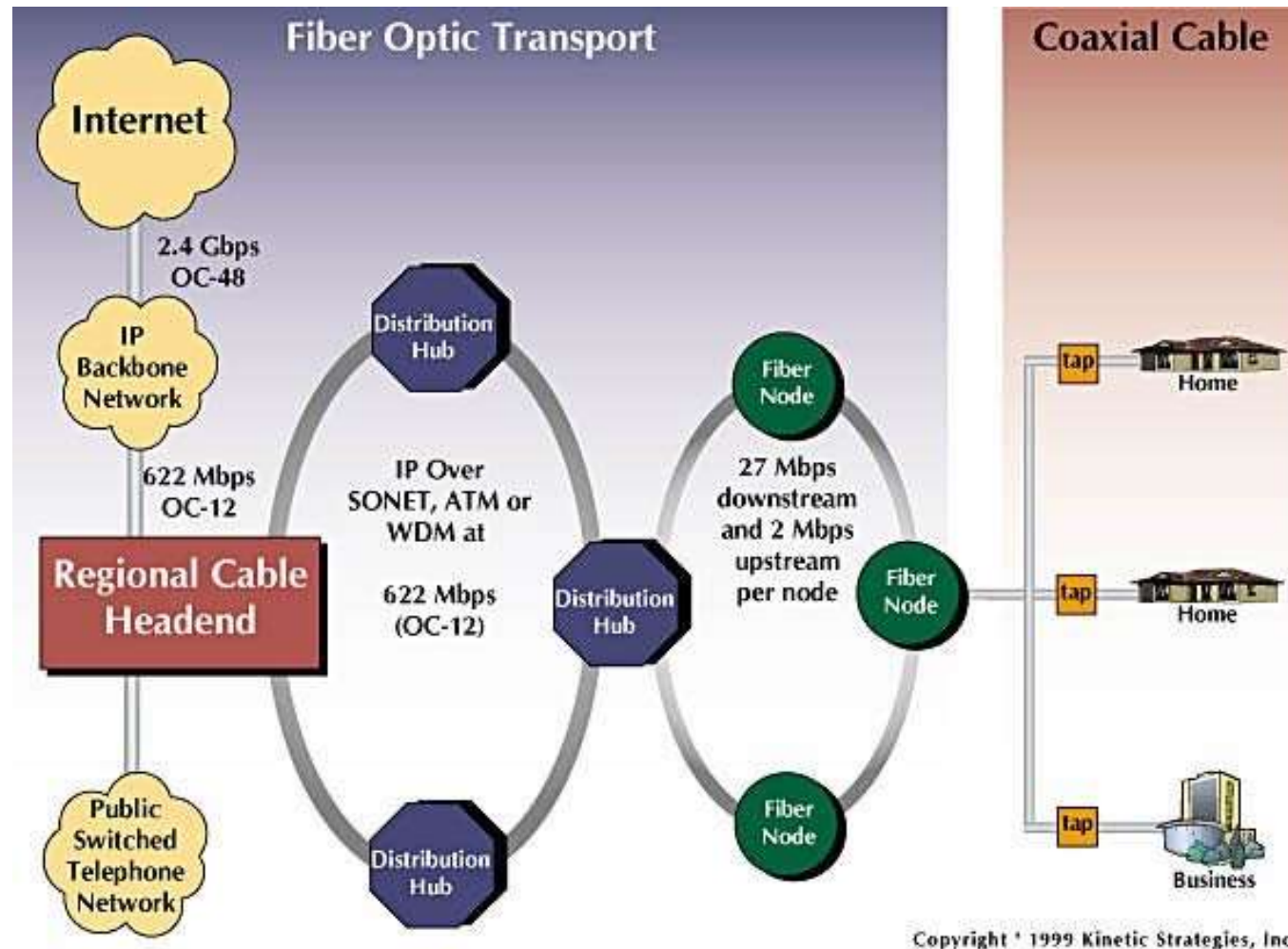
• 0 kHz - 4 kHz cho điện thoại truyền thống



Truy cập tại nhà qua cable modems

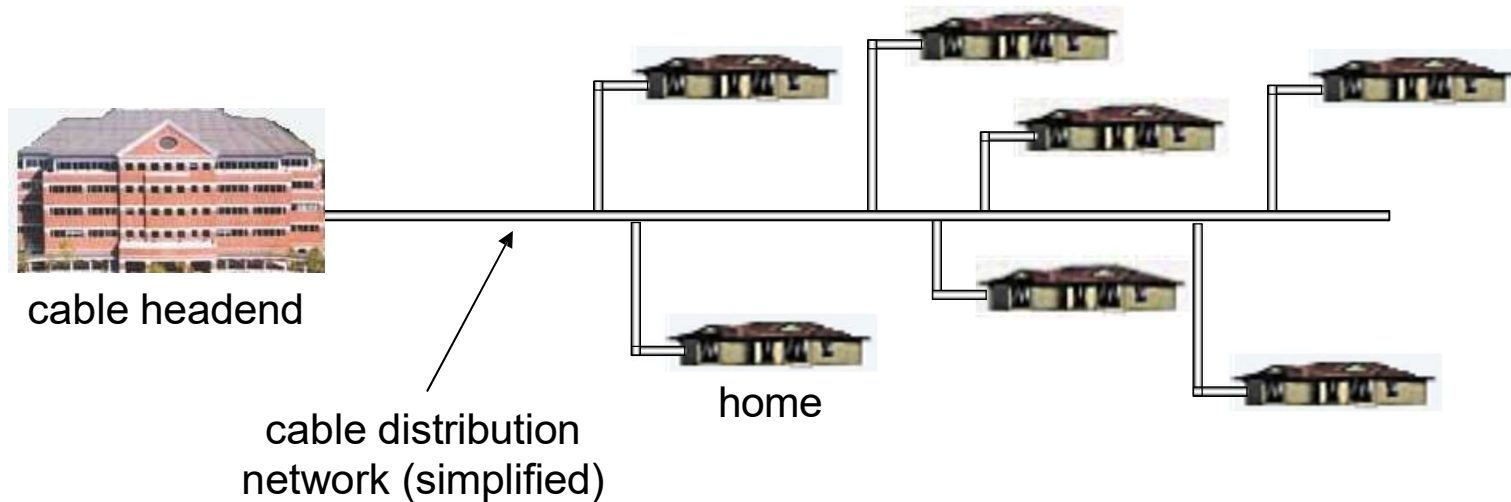
- Hệ thống cáp “lai” giữa đồng trục và quang (HFC: hybrid fiber coax)
 - không đối xứng: downstream có thể đạt đến 10Mbps, upstream có thể đạt đến 1Mbps
- Mạng lưới cáp đồng trục và cáp quang “gắn” các hộ gia đình đến router của ISP (Internet Service Provider)
 - chia sẻ truy cập đến router giữa các gia đình
 - các vấn đề: tắc nghẽn, “kích cỡ”
- Triển khai: qua các công ty “chạy” cáp, vd: MediaOne (USA), STCV (Vietnam)...

Minh họa về hệ thống cung cấp dịch vụ cable modem

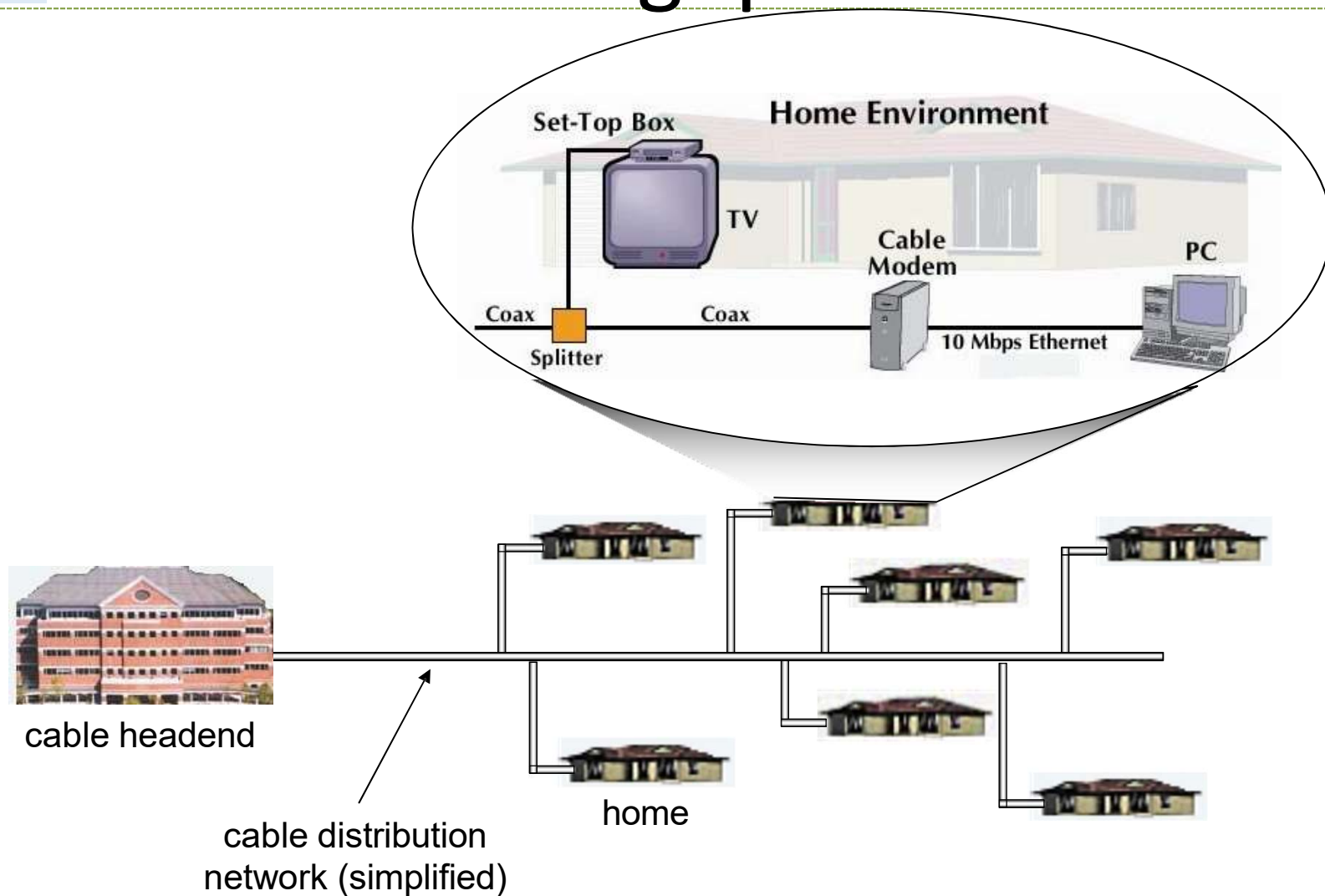


Kiến trúc mạng cable modem tổng quát

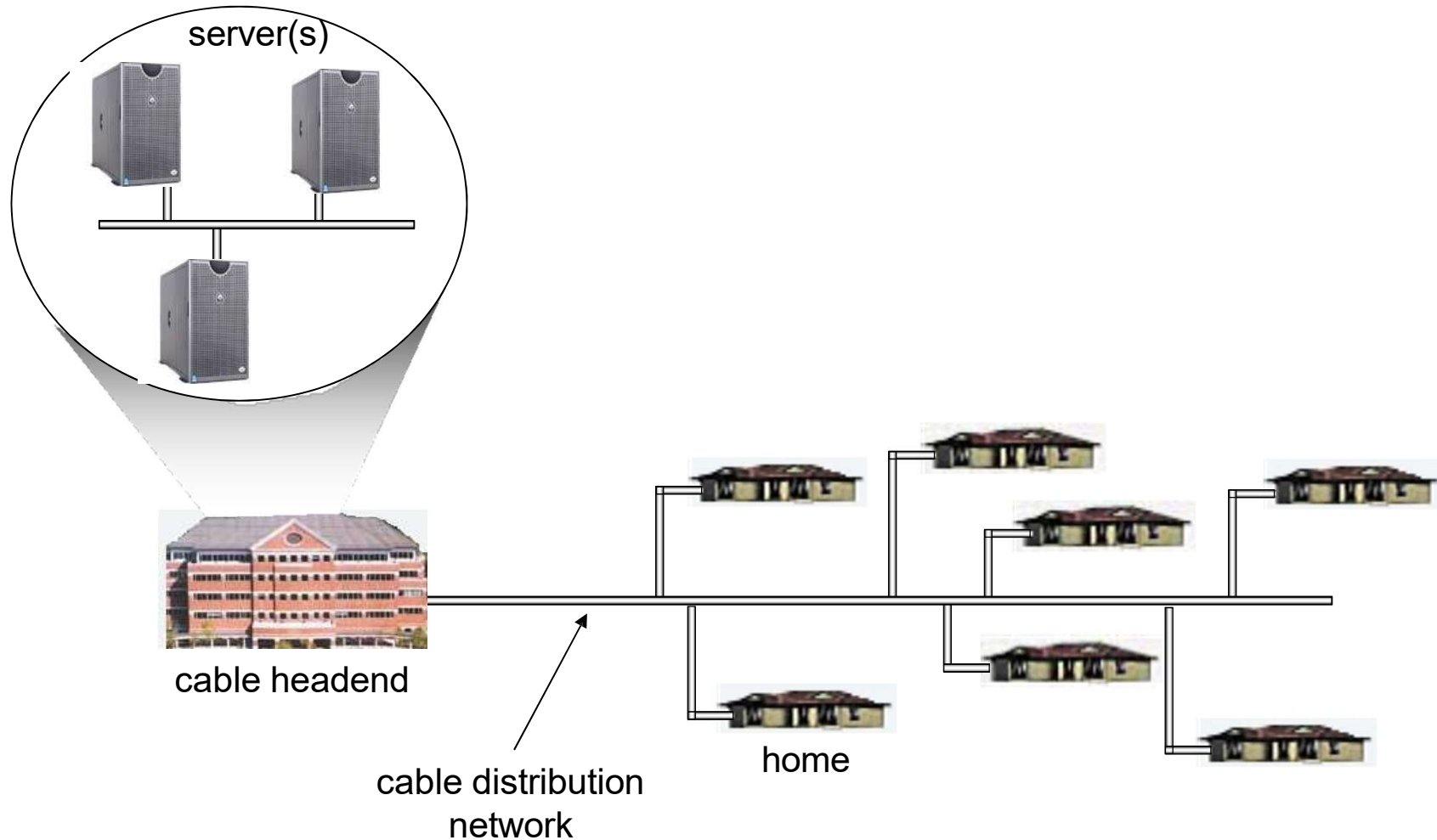
Typically 500 to 5,000 homes



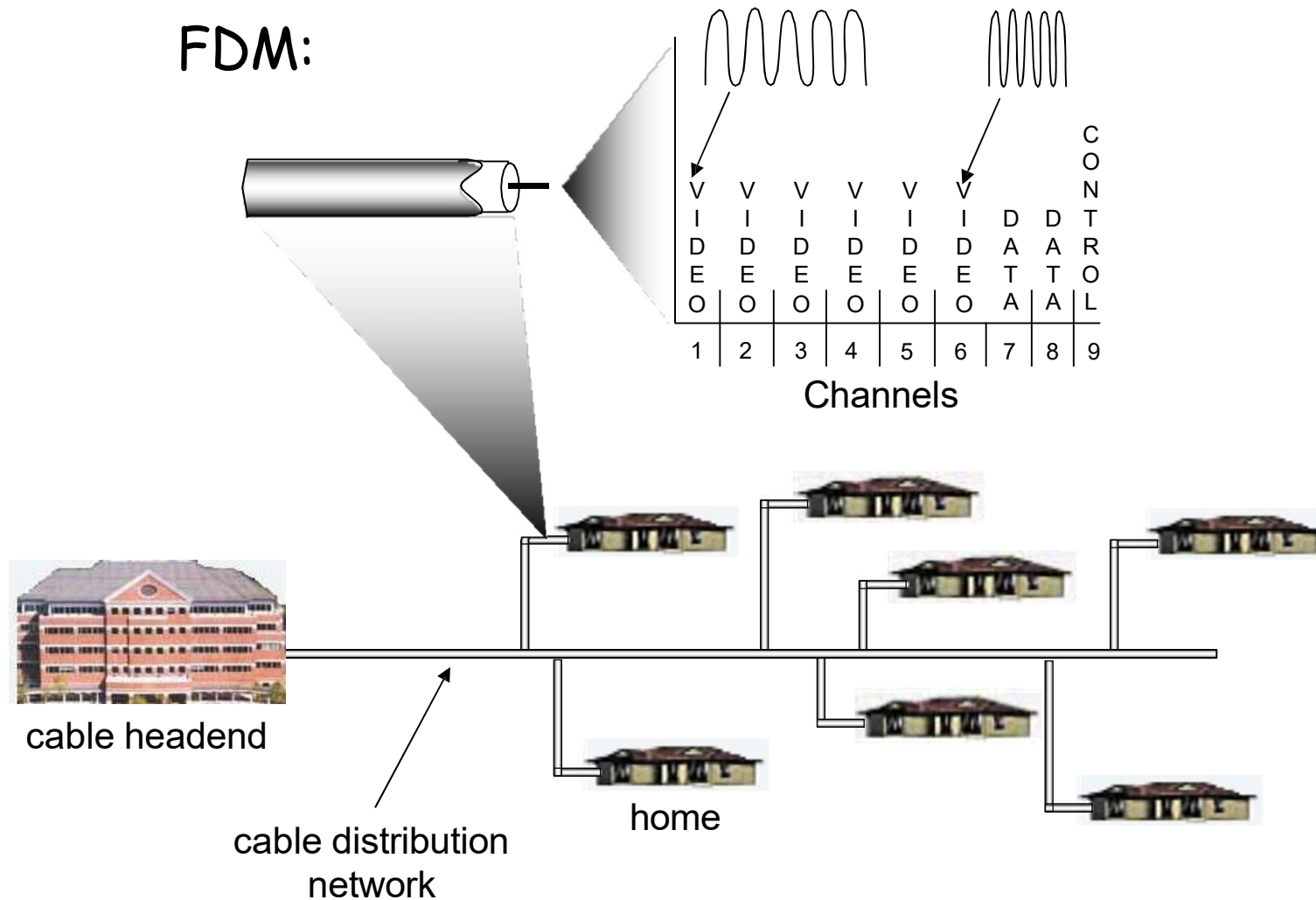
Kiến trúc mạng cable modem tổng quát



Kiến trúc mạng cable modem tổng quát

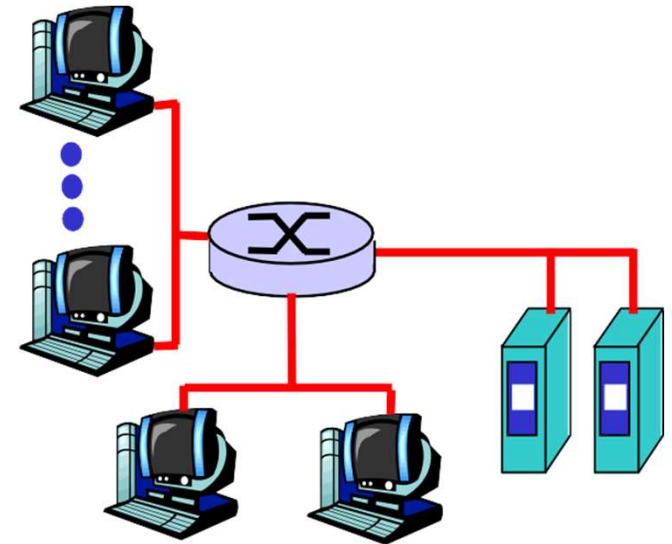


Kiến trúc mạng cable modem tổng quát



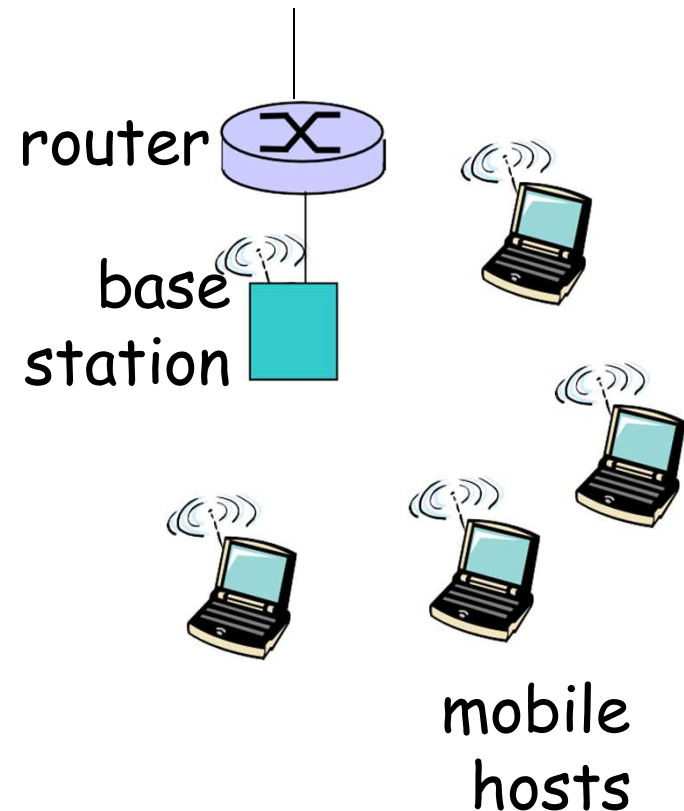
Truy cập tại cơ quan: mạng cục bộ

- **Mạng cục bộ (LAN)** kết nối các hệ thống đầu cuối đến router biên
- **Ethernet là công nghệ phổ biến hiện nay cho LANs:**
 - Liên kết chia sẻ hoặc dành riêng kết nối các hệ thống đầu cuối và routers
 - 10 Mbps, 100Mbps, Gigabit Ethernet
- **Triển khai:** các cơ quan, trường, viện; mạng cục bộ gia đình đang dần trở nên phổ biến hiện nay.



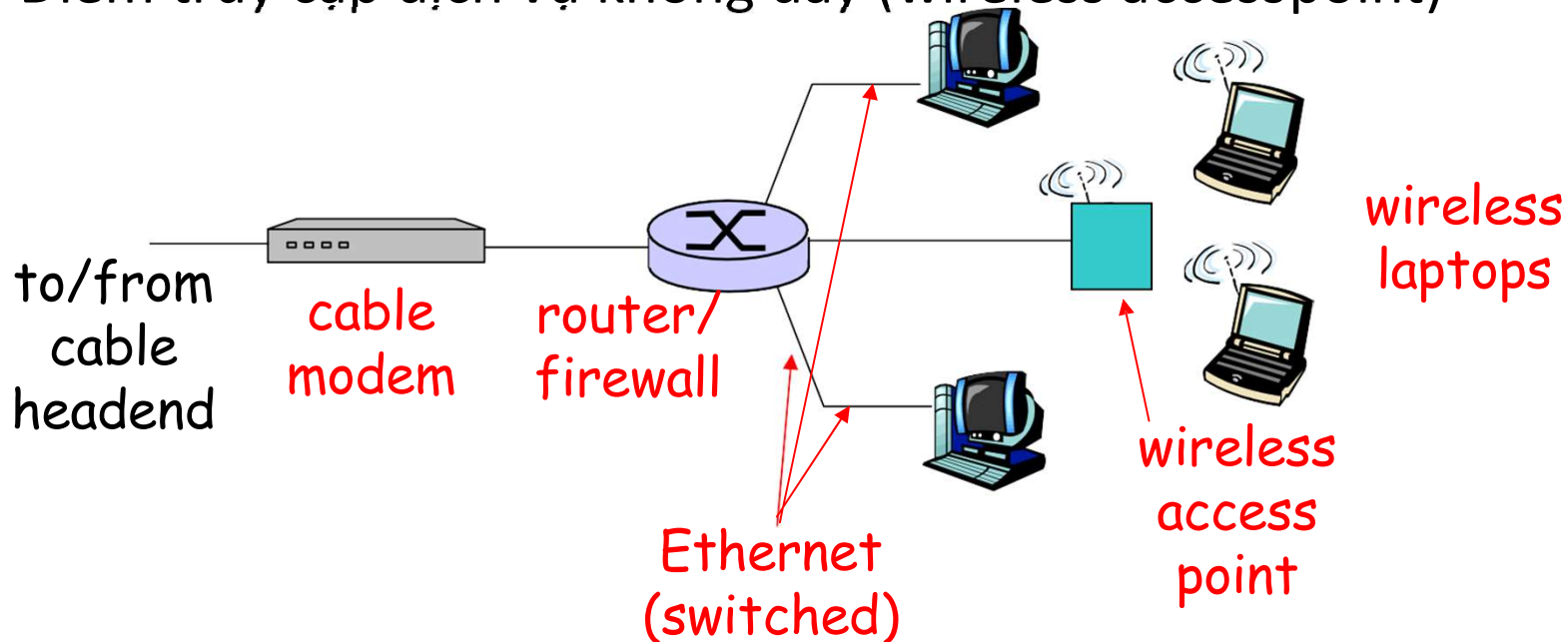
Mạng truy cập không dây

- Mạng truy cập không dây chia sẻ kết nối các hệ thống đầu cuối đến router
 - Thông qua các điểm truy cập dịch vụ không dây
- **wireless LANs:**
 - 802.11b (WiFi): 11 Mbps
 - Truy cập không dây diện rộng
 - Được cung cấp bởi các nhà điều hành viễn thông
 - 3G ~ 384 kbps
 - WAP/GPRS ở châu Âu



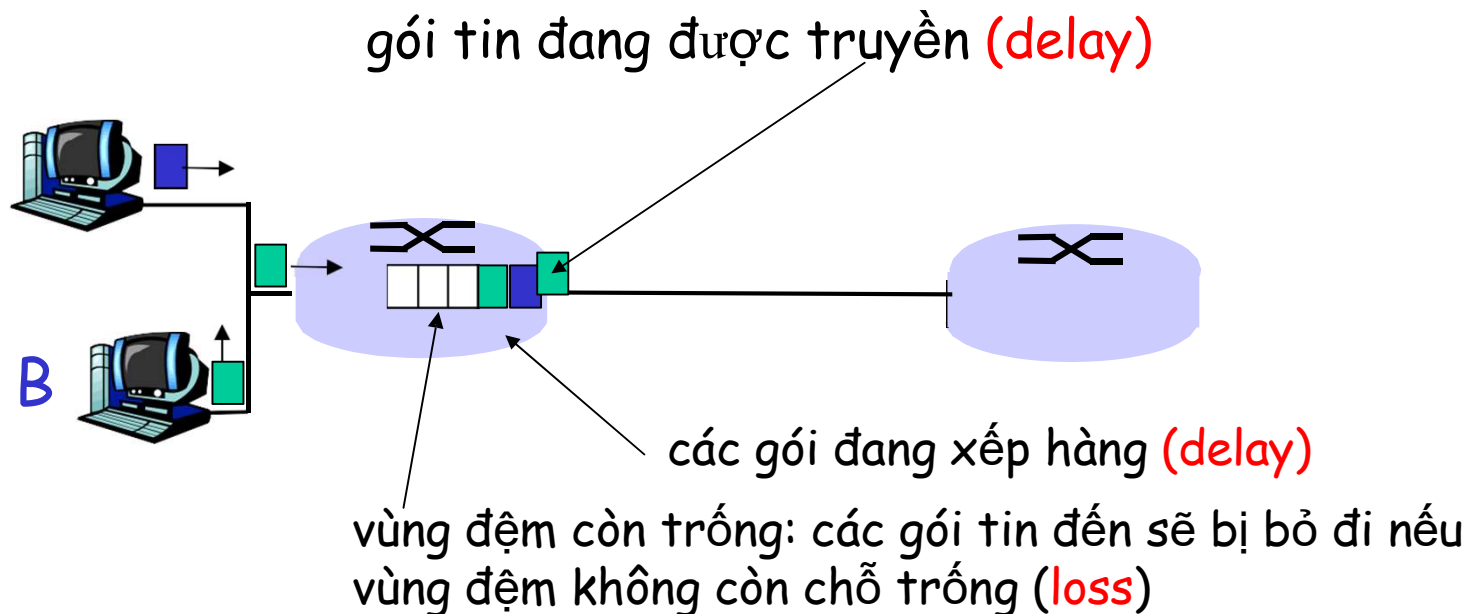
Mạng gia đình

- Các thành phần cơ bản của mạng gia đình:
- ADSL hoặc cable modem để kết nối đến ISP
- Thiết bị định tuyến/tường lửa/NAT
- Các thiết bị được nối kết theo chuẩn Ethernet
- Điểm truy cập dịch vụ không dây (wireless accesspoint)



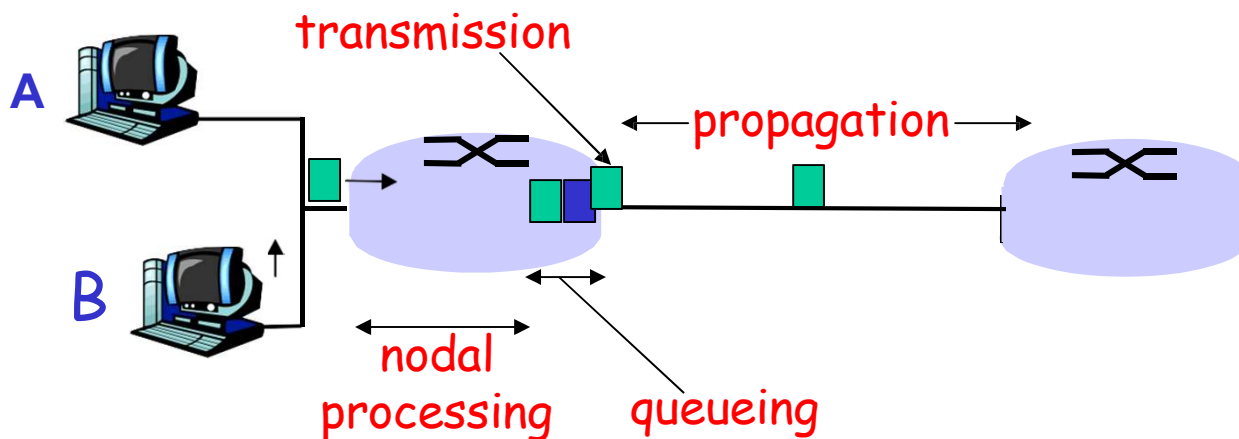
Độ trễ và mất mát xuất hiện như thế nào?

- Các gói tin xếp hàng tại vùng đệm của router
 - tốc độ các gói tin đến từ liên kết đi vào vượt quá khả năng của liên kết đi ra
 - các gói tin phải xếp hàng, đợi đến phiên được truyền



Bốn nguồn gây ra độ trễ

- 1. xử lý tại mỗi nút:
 - kiểm tra lỗi bit
 - xác định liên kết đầu ra
- 2. xếp hàng (queueing)
 - thời gian chờ đợi để được truyền đi tại các liên kết đầu ra
 - tùy thuộc vào mức độ tắc nghẽn của các router



Độ trễ trong mạng chuyển mạch gói

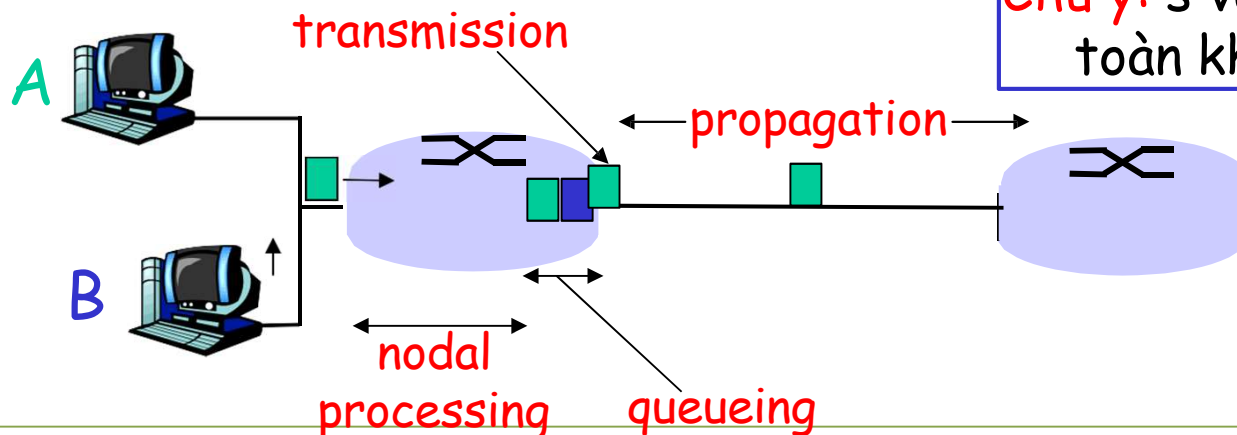
- Độ trễ chuyển giao (transmission delay):

- R = dải thông của liên kết (bps)
- L = độ dài gói tin (bits)
- Thời gian để chuyển các bits xuống link = L/R

- Độ trễ truyền tải (propagation delay):

- d = độ dài của liên kết vật lý
- s = tốc độ truyền tải trong phương tiện truyền ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- độ trễ truyền tải = d/s

Chú ý: s và R là hai đại lượng hoàn toàn khác nhau!





Sự mất gói tin

- Dung lượng vùng đệm của hàng đợi là giới hạn
- Khi các gói tin đến nhưng hàng đợi đầy, chúng sẽ bị bỏ (dropped)
- Các gói bị mất có thể được truyền lại bởi nút liền trước, bởi nguồn gửi, hoặc không được truyền lại gì cả.



Tham khảo

- Mạng Máy Tính-Trương Diệu Linh-Bách Khoa Hà Nội
- Mạng Máy Tính-Phan Văn Nam- ĐH Nha Trang