

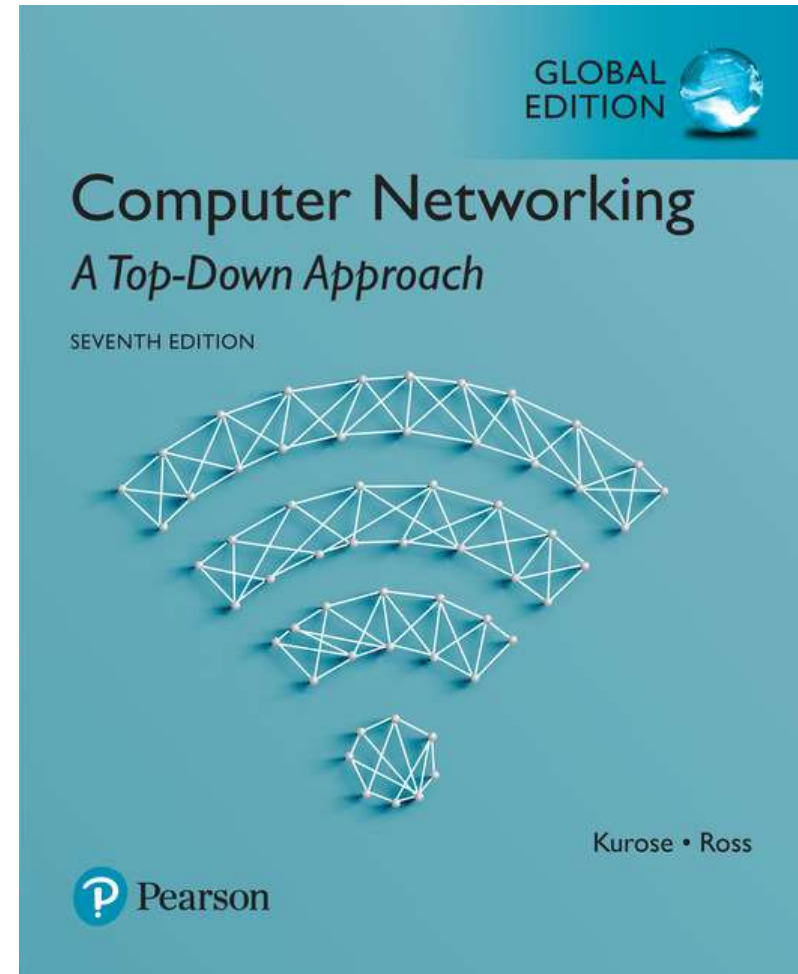
제4강 네트워크 코어

Computer Networking: A Top Down Approach

컴퓨터 네트워크
(2019년 1학기)

박승철교수

한국기술교육대학교
컴퓨터공학부



Chapter 1: roadmap

1.1 *what is the Internet?*

1.2 network edge

- end systems, access networks, links

1.3 network core

- packet switching, circuit switching, network structure

1.4 delay, loss, throughput in networks

1.5 protocol layers, service models

1.6 networks under attack: security

1.7 history

Pre-study Test :

1) 인터넷에서 스위치간에 전달되는 데이터 단위를 무엇이라 하는가?

- ① 비트(bit)
- ② 바이트(byte)
- ③ 패킷(packet)
- ④ 메시지(message)

2) 라우터에서 패킷을 통신 링크로 송신하는데 걸리는 지연시간(delay)은 어떻게 계산되는가?

- ① 패킷 길이 / 전송 속도(transmission speed)
- ② 패킷 길이 / 전달 속도(propagation speed)
- ③ 링크 길이 / 전송 속도
- ④ 링크 길이 / 전달 속도

3) N개의 라우터로 연결된 종단간 통신 경로(end-to-end communication path)를 통해 패킷을 전송하는데 걸리는 총 전송 지연시간은 어떻게 계산되는가? 각 링크의 전송속도는 R이고, 링크의 길이는 L이다.

- ① $(N-1)*(L/R)$
- ② $(N)*(L/R)$
- ③ $(N+1)*(L/R)$
- ④ $(N+2)*(L/R)$

4) 패킷이 라우터에서 처리를 위해 대기하는 지연시간을 무엇이라 하는가?

- ① 전송 지연시간(Transmission Delay)
- ② 처리 지연시간(Processing Delay)
- ③ 큐잉 지연시간(Queuing Delay)
- ④ 전달 지연시간(Propagation Delay)

5) 라우터의 패킷 전달 경로 정보를 저장하고 있는 전달 테이블에서 인덱스(index)로 사용되는 정보는 무엇인가?

- ① 출발지 주소(source address)
- ② 입력 링크(inbound link)
- ③ 출력 링크(outbound link)
- ④ 목적지 주소(destination address)

6) 라우터의 라우터의 패킷 전달 경로 정보를 저장하고 있는 전달 테이블을 자동으로 생성하기 위해 사용되는 프로토콜은 무엇인가 ?

- ① IP(Internet Protocol)
- ② TCP(Transmission Control Protocol)
- ③ Routing Protocol
- ④ ICMP(Internet Control Message Protocol)

7) 전화망은 어떤 교환 방식을 사용하는가?

- ① 패킷 교환(packet switching)
- ② 회선 교환(circuit switching)
- ③ 데이터그램 교환(datagram switching)
- ④ 메시지 교환(message switching)

8) 1Mbps 전송속도를 지원하는 통신 링크가 있다. 해당 링크 기반으로 10개의 회선을 지원하는 회선 교환망에서 1M 바이트의 파일을 전송하는데 걸리는 시간은 얼마인가?

현재 1명의 사용자만 인터넷을 사용하고 있다.

- ① 1초
- ② 10초
- ③ 8초
- ④ 80초

9) 1Mbps 전송속도를 지원하는 통신 링크가 있다. 해당 링크 기반으로 10명의 사용자를 지원하는 패킷 교환망에서 1M 바이트의 파일을 전송하는데 걸리는 시간은 얼마인가?

현재 1명의 사용자만 인터넷을 사용하고 있다.

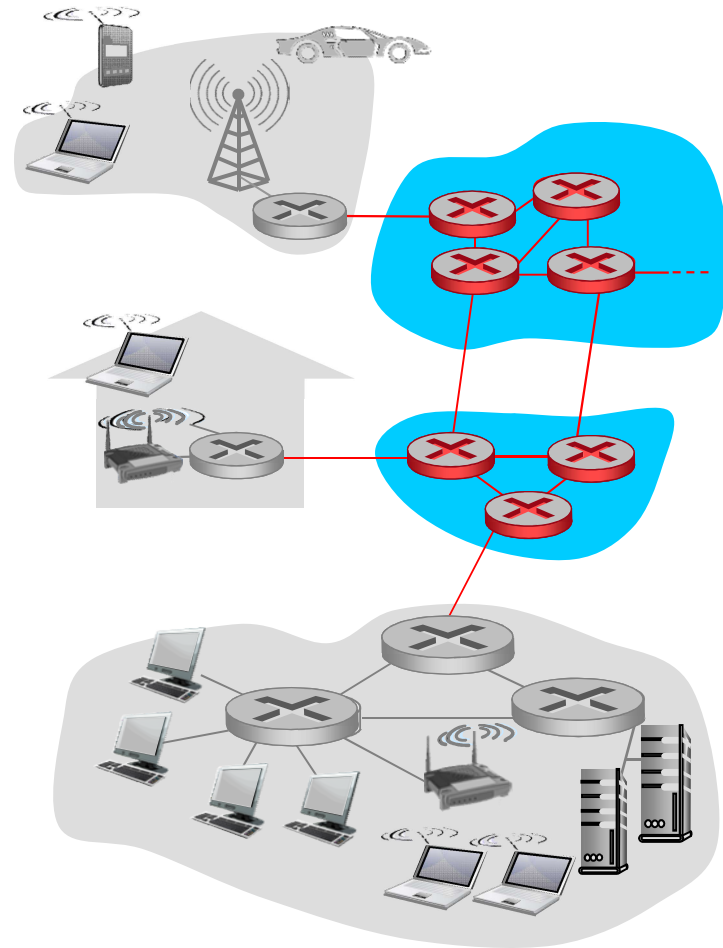
- ① 1초
- ② 10초
- ③ 8초
- ④ 80초

10) 다음 중 가장 상위의 ISP는 무엇인가?

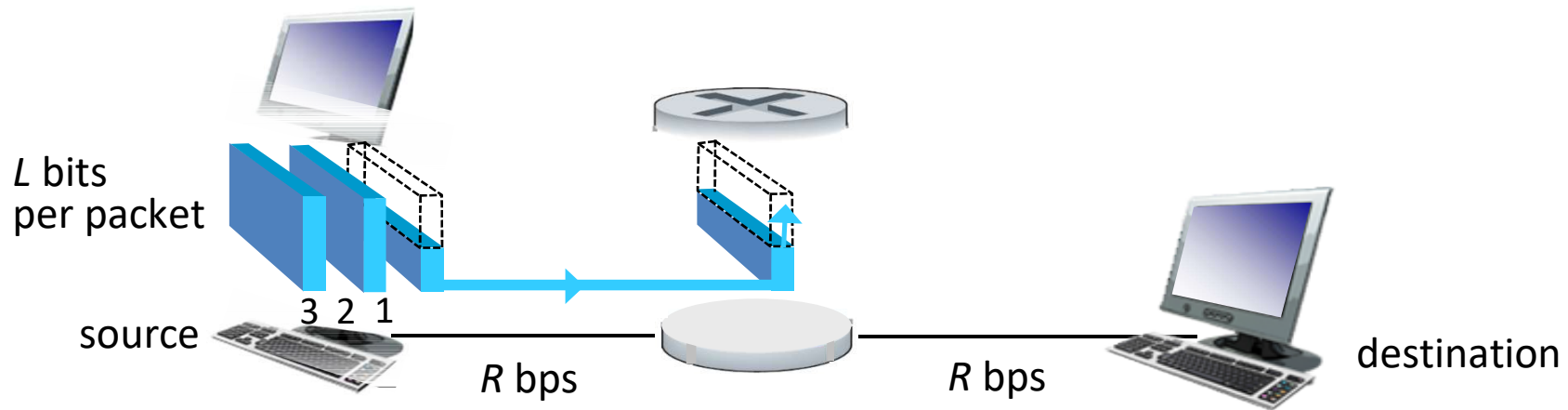
- ① 지역 ISP(local ISP)
- ② 접속 ISP(access ISP)
- ③ 국가 ISP(national ISP)
- ④ 계층-1 ISP(Tier-1 ISP)

The network core

- mesh of interconnected routers
- packet-switching: hosts break application-layer messages into *packets*
 - forward packets from one router to the next, across links on path from source to destination
 - each packet transmitted at full link capacity



Packet-switching: store-and-forward



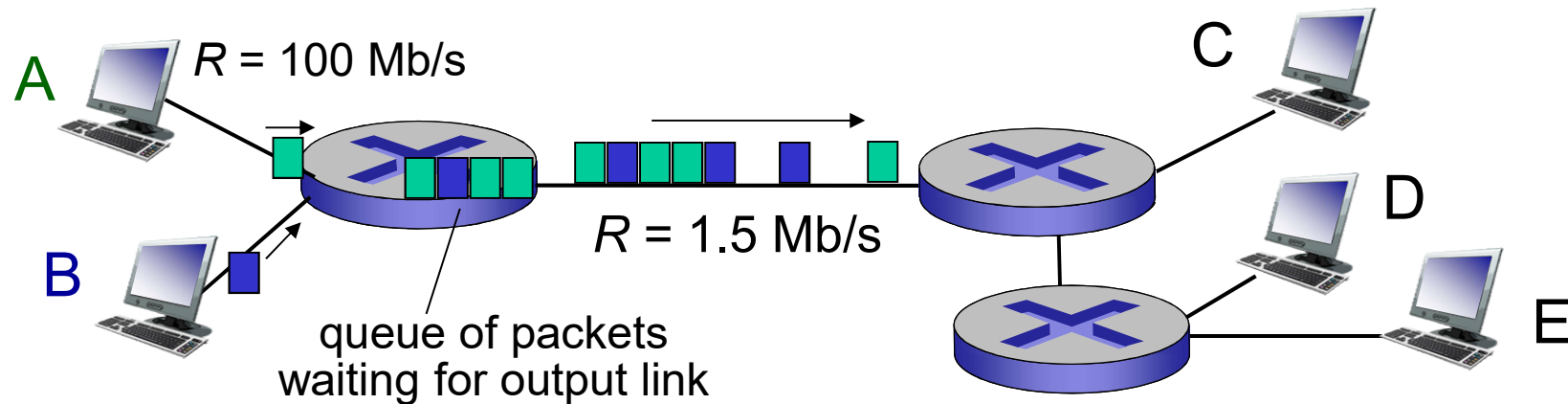
- takes L/R seconds to transmit (push out) L -bit packet into link at R bps
- *store and forward*: entire packet must arrive at router before it can be transmitted on next link
- end-end delay = $2L/R$ (assuming zero propagation delay)

one-hop numerical example:

- $L = 7.5$ Mbits
- $R = 1.5$ Mbps
- one-hop transmission delay = 5 sec

} more on delay shortly ...

Packet Switching: queueing delay, loss



queueing and loss:

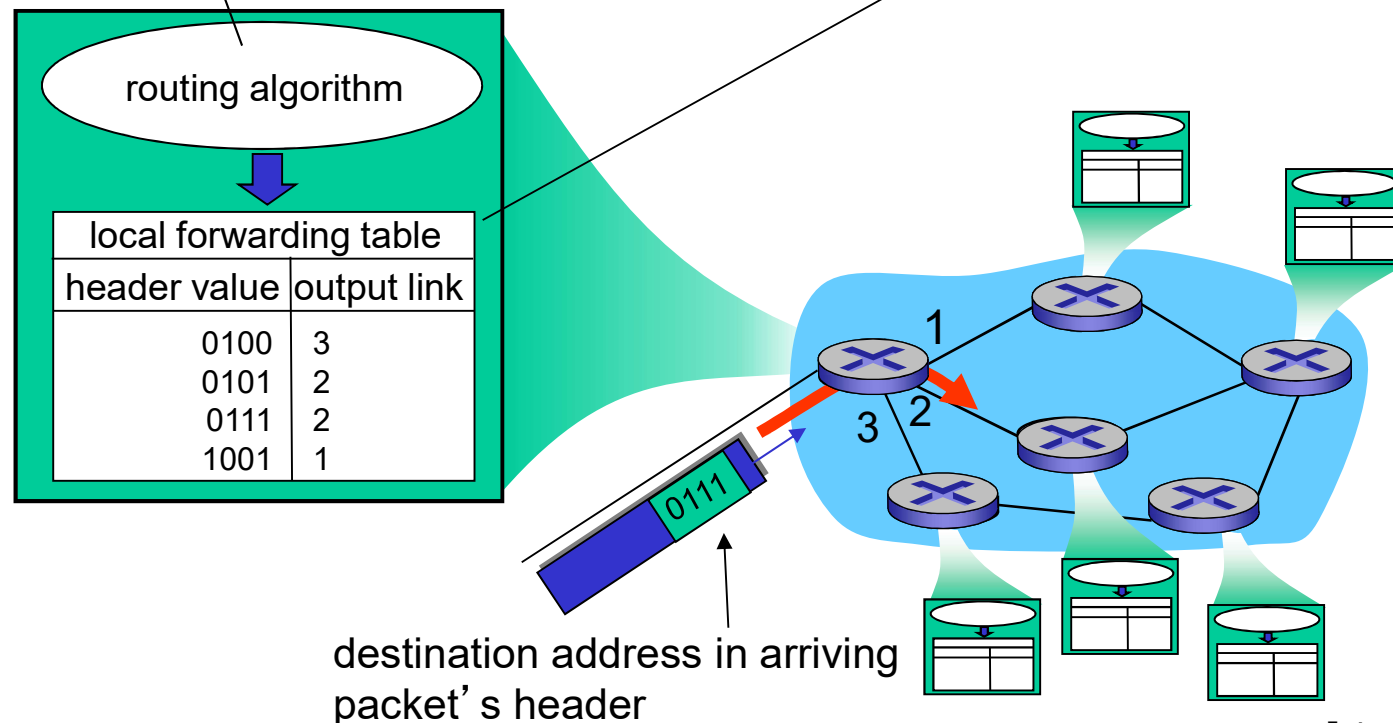
- if arrival rate (in bits) to link exceeds transmission rate of link for a period of time:
 - packets will queue, wait to be transmitted on link
 - packets can be dropped (lost) if memory (buffer) fills up

Two key network-core functions

① **routing**: determines source-destination route taken by packets

- *routing algorithms*

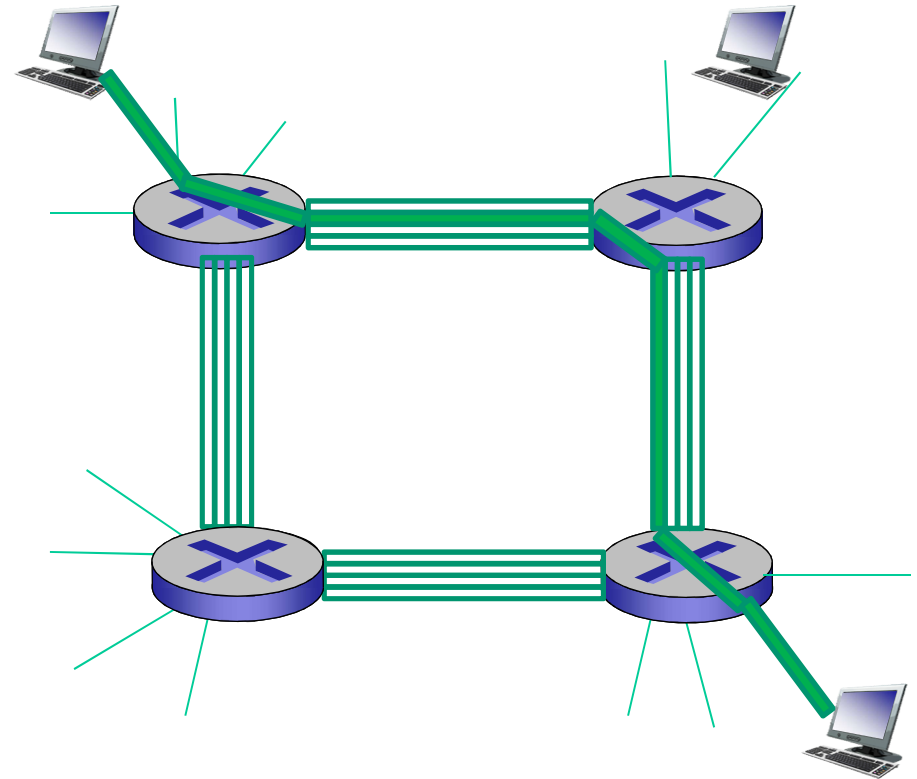
② **forwarding**: move packets from router's input to appropriate router output



Alternative core: circuit switching(전화)

end-end resources allocated to, reserved for “call” between source & dest:

- in diagram, each link has four circuits.
 - call gets 2nd circuit in top link and 1st circuit in right link.
- dedicated resources: no sharing
 - circuit-like (guaranteed) performance
- circuit segment idle if not used by call (*no sharing*)
- commonly used in traditional telephone networks

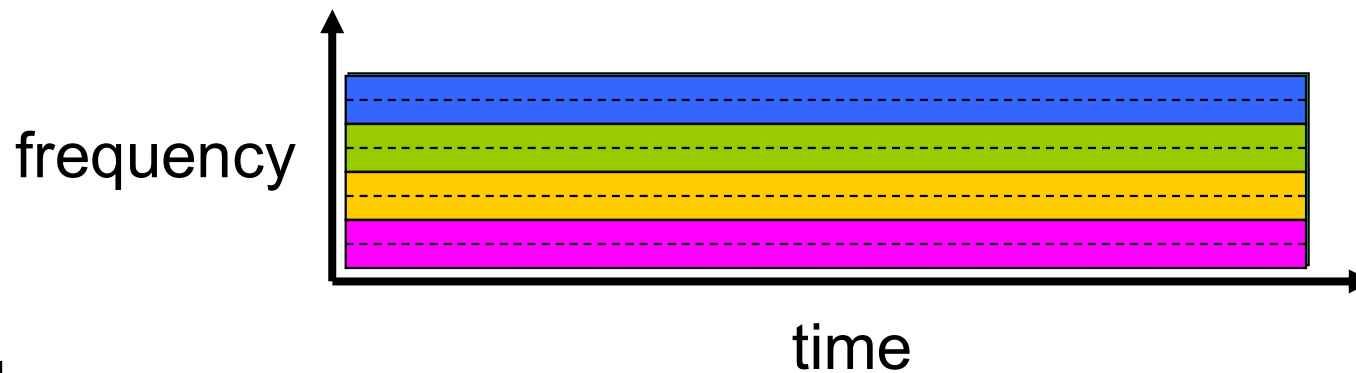


Circuit switching: FDM versus TDM

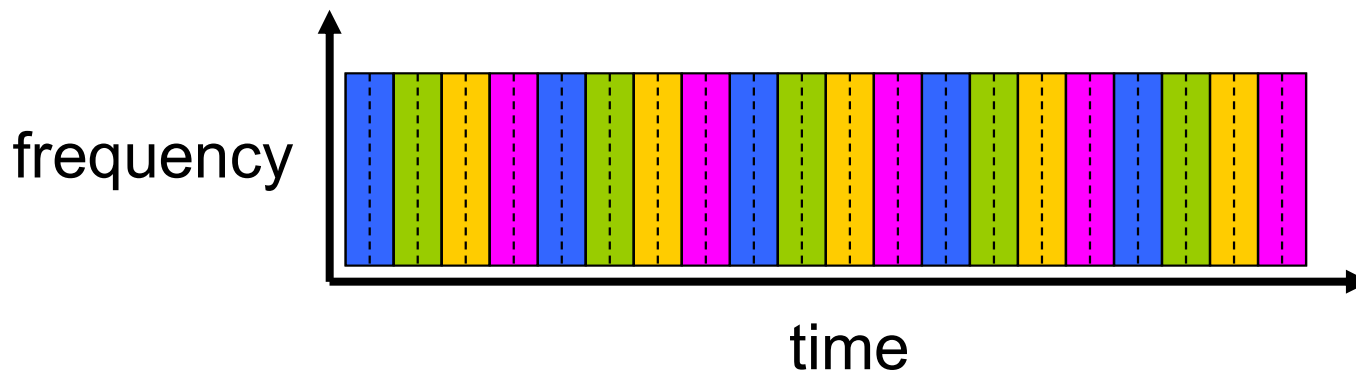
FDM

Example:

4 users



TDM

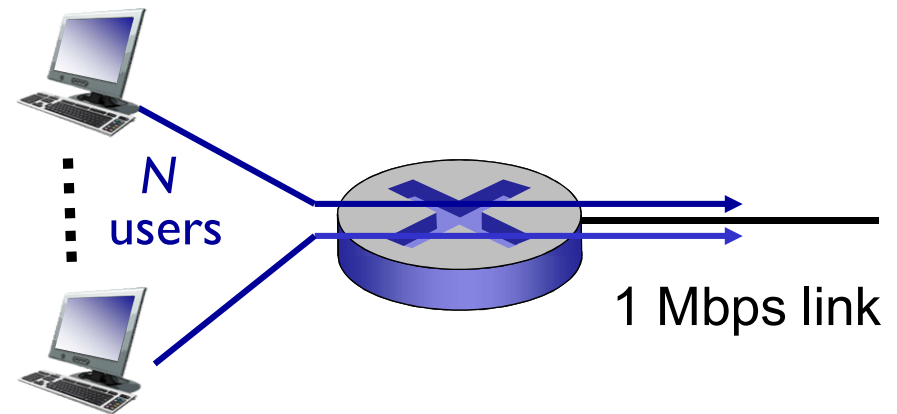


Packet switching versus circuit switching

packet switching allows more users to use network!

example:

- 1 Mb/s link
- each user:
 - 100 kb/s when “active”
 - active 10% of time
- *circuit-switching:*
 - 10 users
- *packet switching:*
 - with 35 users, probability > 10 active at same time is less than .0004(0.04%)
 - 거의 동일한 전송속도를 지원하면서 3배 이상의 사용자 수 지원



1명만 1M 파일을 전송하는 경우 :

- 1) 회선 교환 전송 시간 :
- 2) 패킷 교환 전송 시간 :

Packet switching versus circuit switching

is packet switching a “slam dunk winner?”

- great for bursty data
 - resource sharing
 - simpler, no call setup
- **excessive congestion possible:** packet delay and loss
 - protocols needed for reliable data transfer, congestion control
- **Q: How to provide circuit-like behavior?**
 - bandwidth guarantees needed for audio/video apps
 - still an unsolved problem (chapter 7)

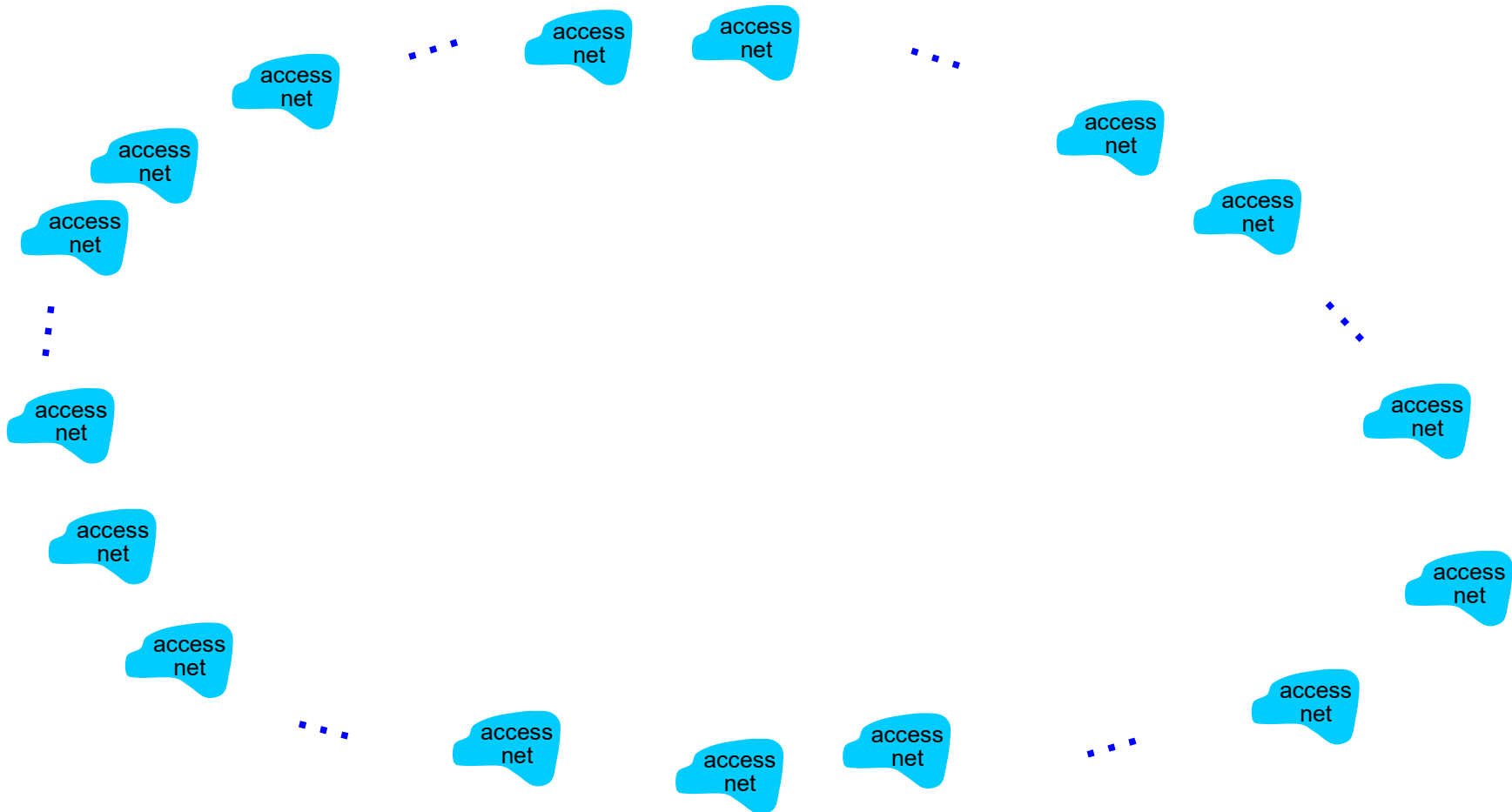
Q: human analogies of reserved resources (circuit switching) versus on-demand allocation (packet-switching)?

Internet structure: network of networks

- End systems connect to Internet via **access ISPs** (Internet Service Providers)
 - residential, company and university ISPs
- Access ISPs in turn must be interconnected.
 - so that any two hosts can send packets to each other
- Resulting network of networks is very complex
 - evolution was driven by **economics** and **national policies**
- Let's take a stepwise approach to describe current Internet structure

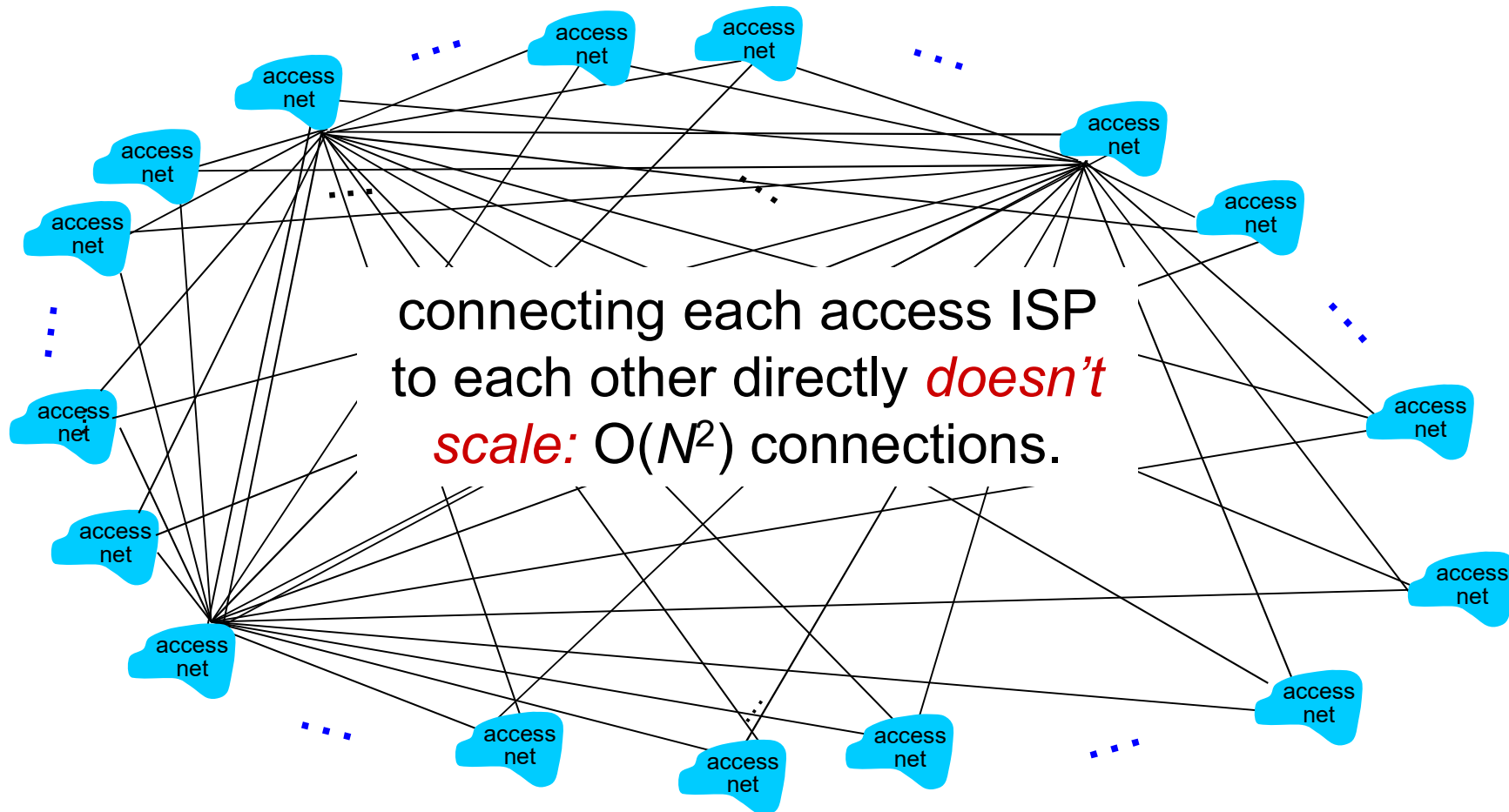
Internet structure: network of networks

Question: given *millions* of access ISPs, how to connect them together?



Internet structure: network of networks

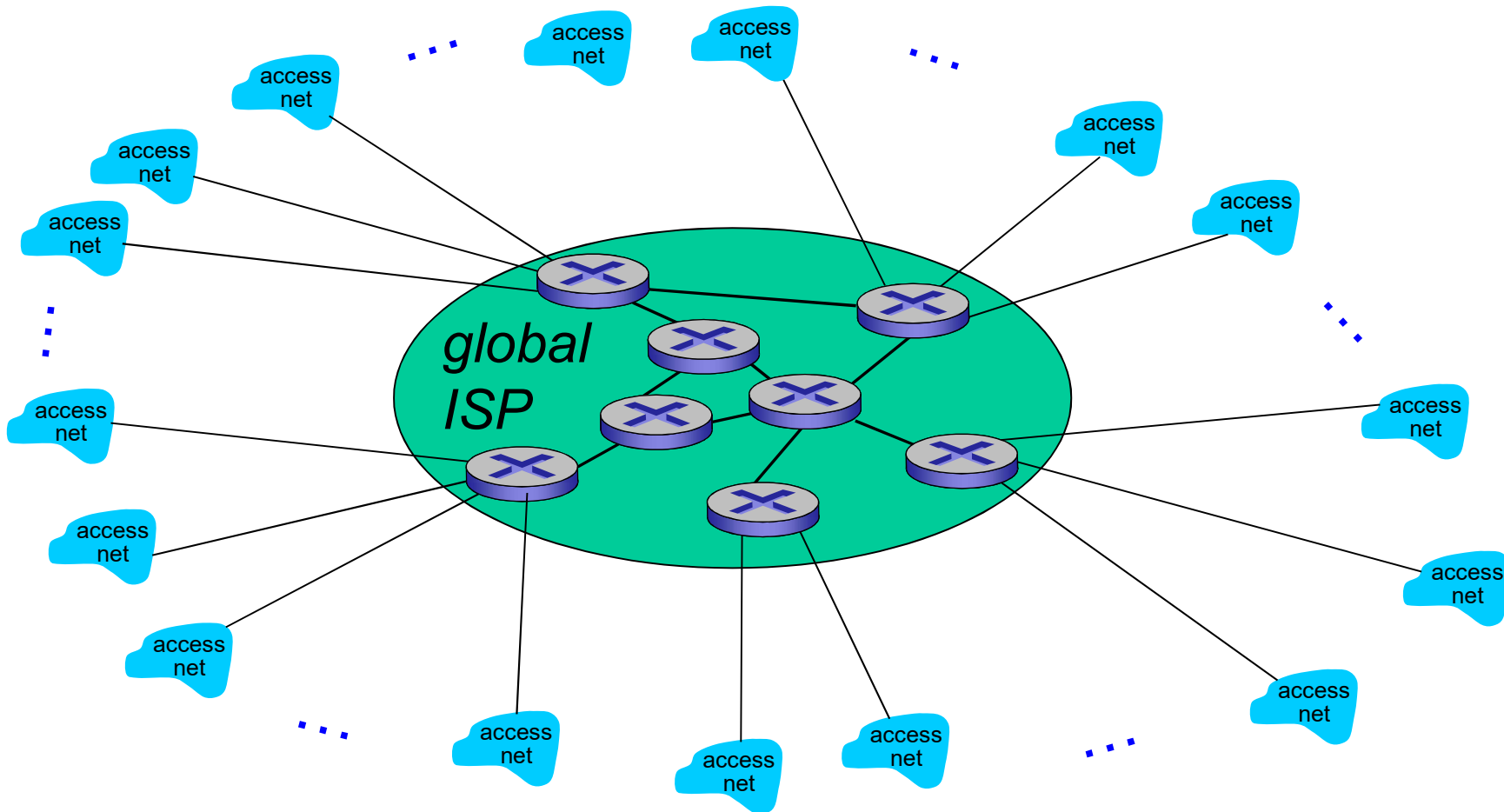
Option: connect each access ISP to every other access ISP?



Internet structure: network of networks

Option: connect each access ISP to one global transit ISP?

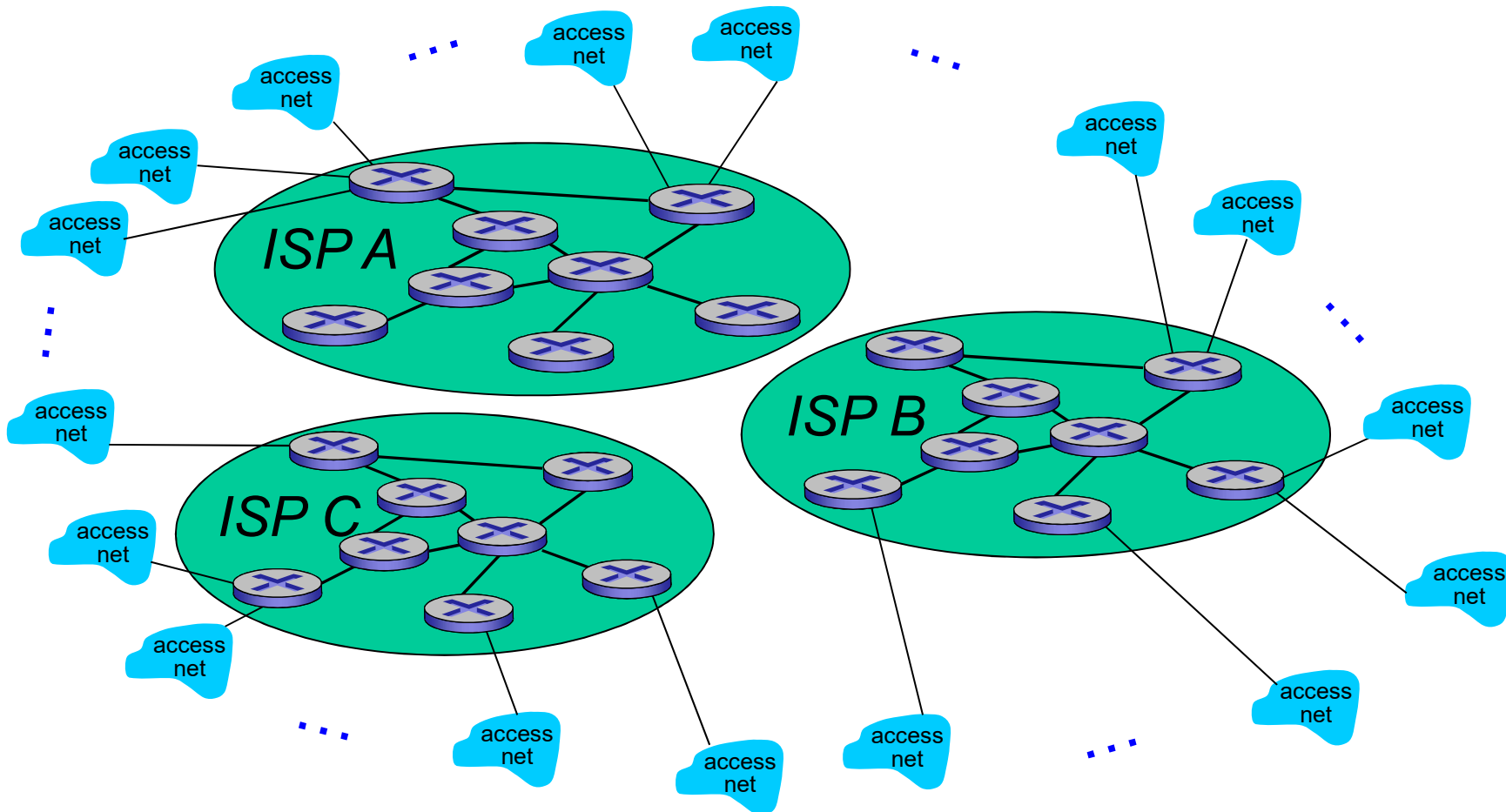
Customer and *provider* ISPs have economic agreement.



Internet structure: network of networks

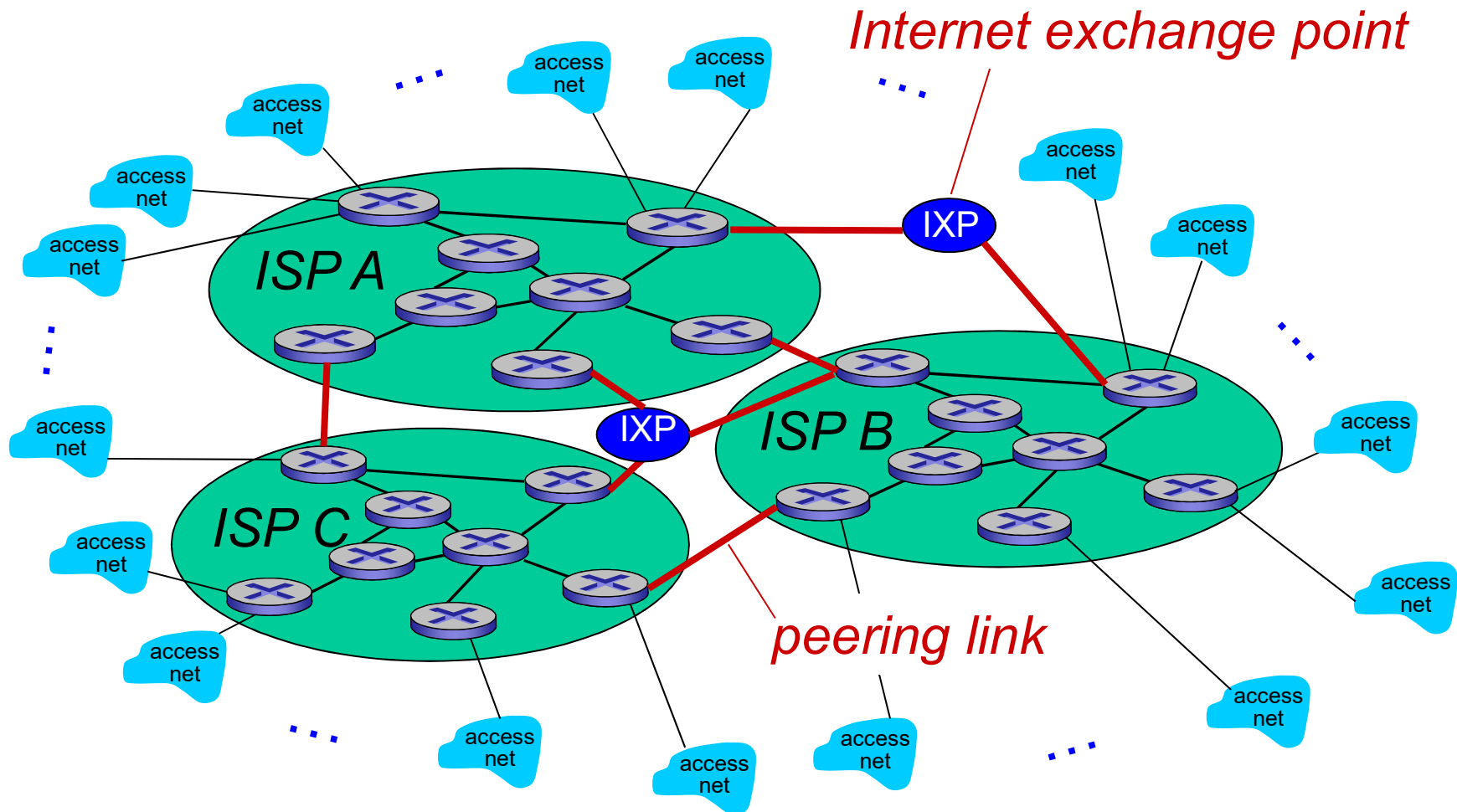
But if one global ISP is viable business, there will be competitors

....



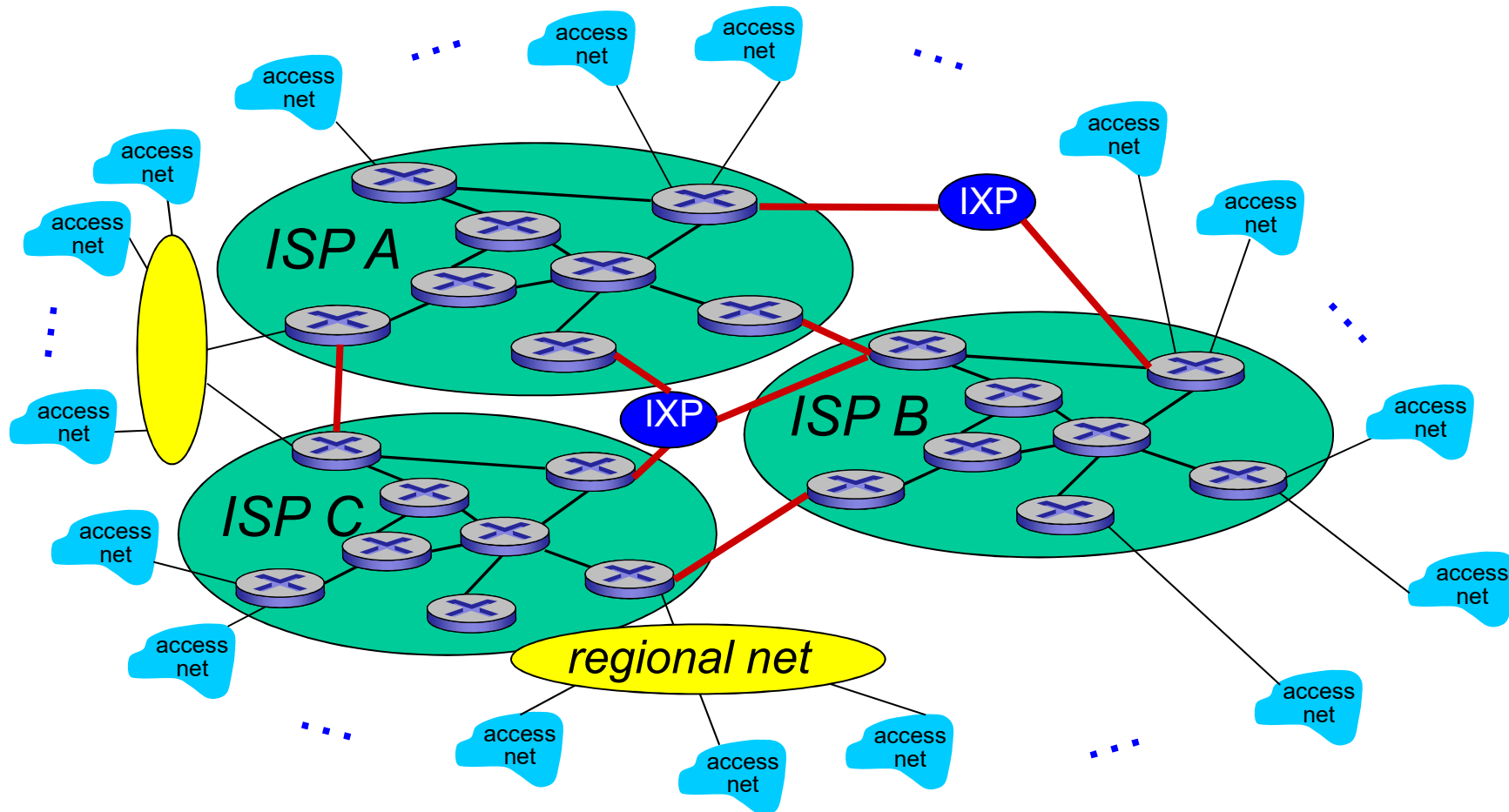
Internet structure: network of networks

But if one global ISP is viable business, there will be competitors
.... which must be interconnected



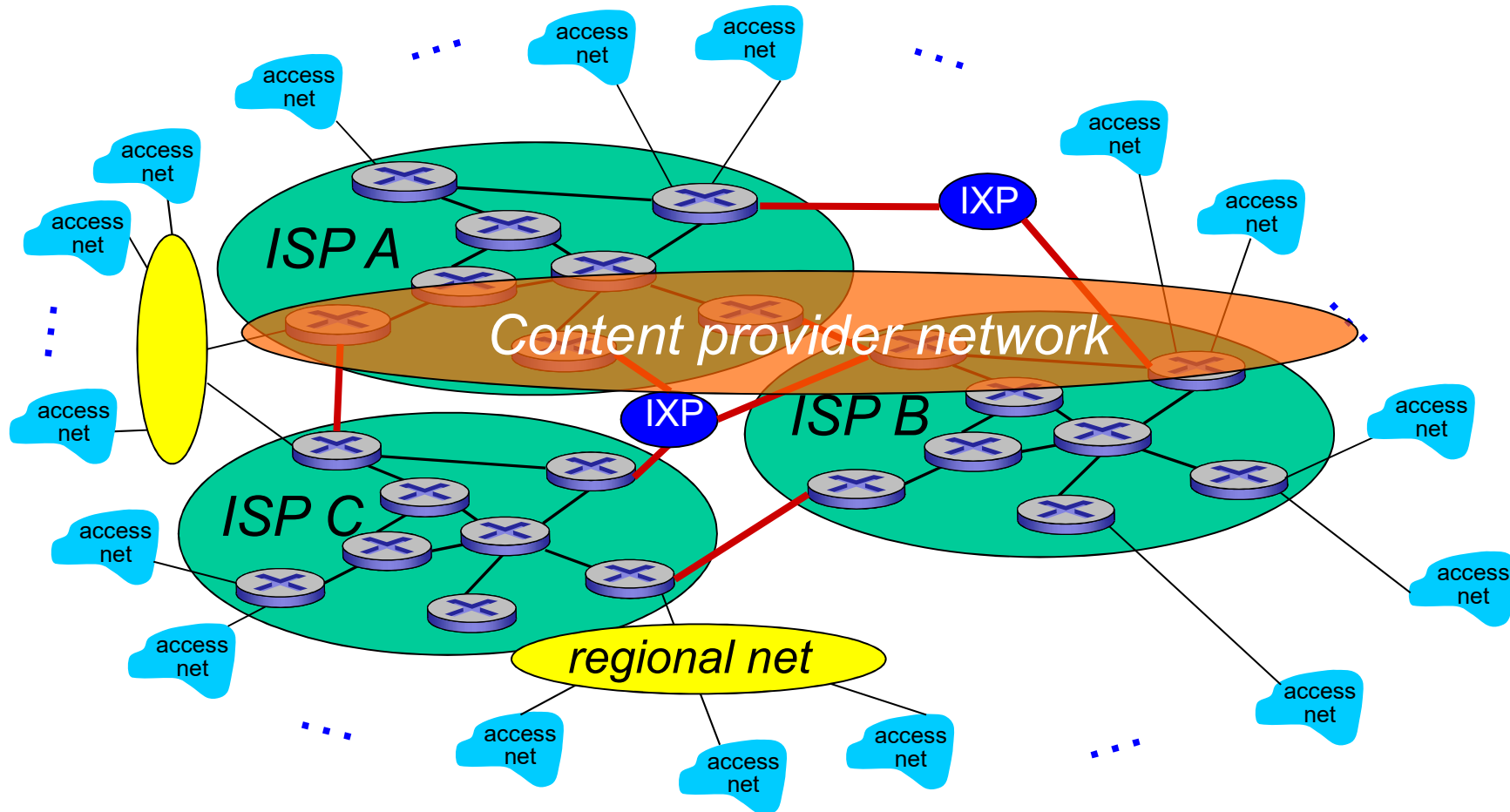
Internet structure: network of networks

... and regional networks may arise to connect access nets to ISPs

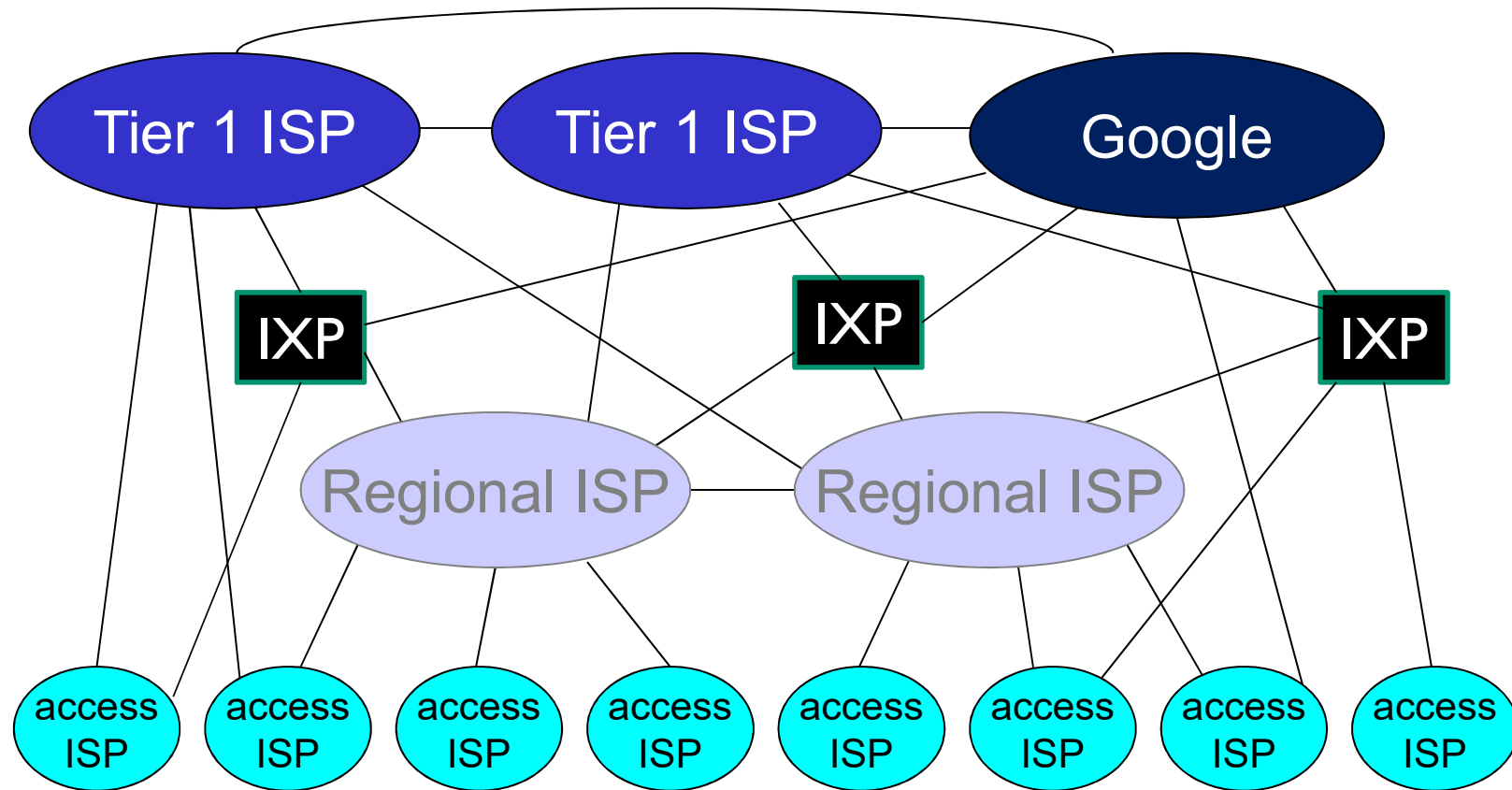


Internet structure: network of networks

... and content provider networks (e.g., Google, Microsoft, Akamai) may run their own network, to bring services, content close to end users

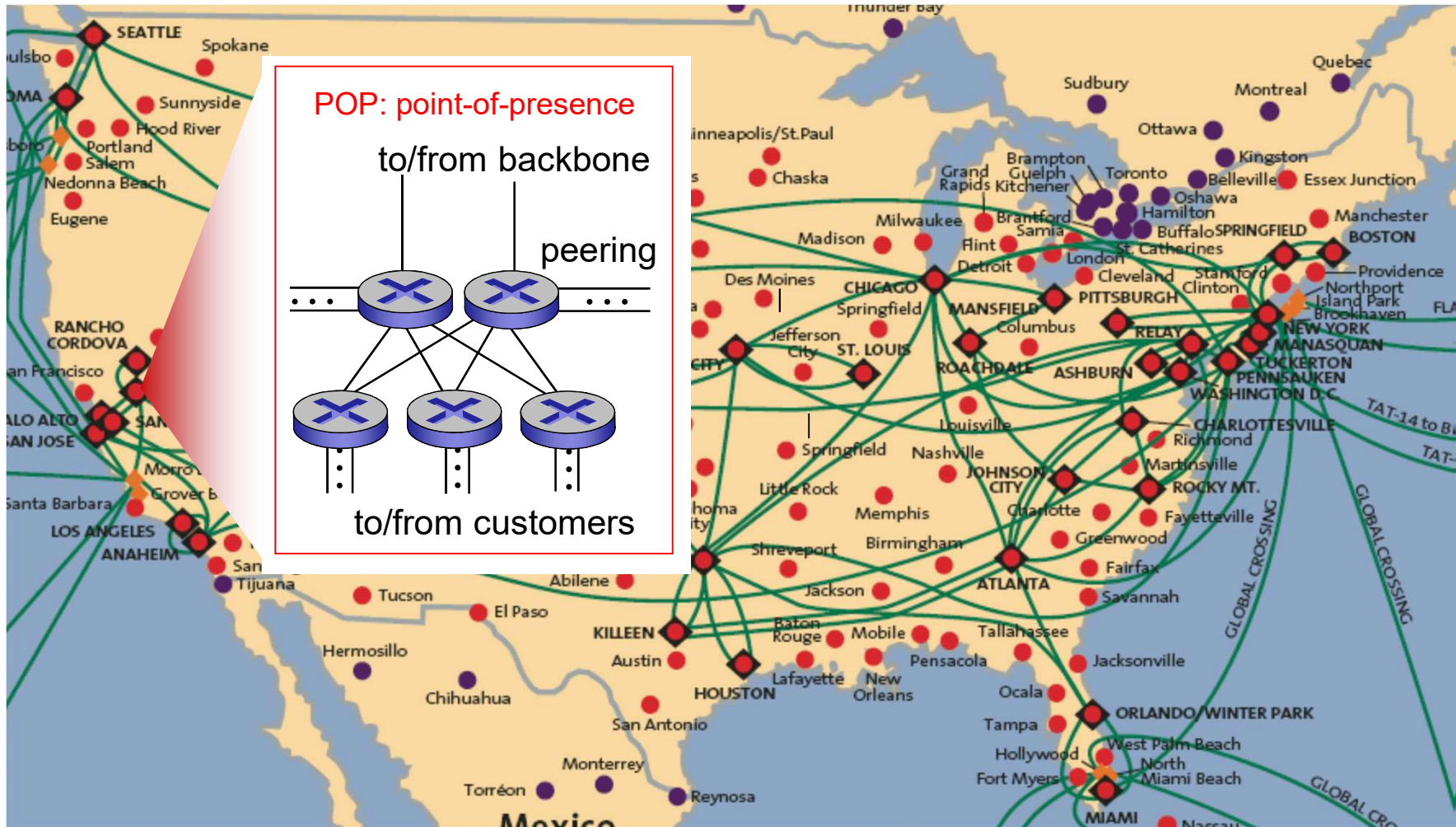


Internet structure: network of networks



- at center: small # of well-connected large networks
 - “**tier-1**” **commercial ISPs** (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), national & international coverage
 - **content provider network** (e.g., Google): private network that connects its data centers to Internet, often bypassing tier-1, regional ISPs

Tier-I ISP: e.g., Sprint



Pre-study Test :

1) 인터넷에서 스위치간에 전달되는 데이터 단위를 무엇이라 하는가?

- ① 비트(bit)
- ② 바이트(byte)
- ③ 패킷(packet)
- ④ 메시지(message)

2) 라우터에서 패킷을 통신 링크로 송신하는데 걸리는 지연시간(delay)은 어떻게 계산되는가?

- ① 패킷 길이 / 전송 속도(transmission speed)
- ② 패킷 길이 / 전달 속도(propagation speed)
- ③ 링크 길이 / 전송 속도
- ④ 링크 길이 / 전달 속도

3) N개의 라우터로 연결된 종단간 통신 경로(end-to-end communication path)를 통해 패킷을 전송하는데 걸리는 총 전송 지연시간은 어떻게 계산되는가? 각 링크의 전송속도는 R이고, 링크의 길이는 L이다.

- ① $(N-1) \cdot (L/R)$
- ② $(N) \cdot (L/R)$
- ③ $(N+1) \cdot (L/R)$
- ④ $(N+2) \cdot (L/R)$

4) 패킷이 라우터에서 처리를 위해 대기하는 지연시간을 무엇이라 하는가?

- ① 전송 지연시간(Transmission Delay)
- ② 처리 지연시간(Processing Delay)
- ③ 큐잉 지연시간(Queuing Delay)
- ④ 전달 지연시간(Propagation Delay)

5) 라우터의 패킷 전달 경로 정보를 저장하고 있는 전달 테이블에서 인덱스(index)로 사용되는 정보는 무엇인가?

- ① 출발지 주소(source address)
- ② 입력 링크(inbound link)
- ③ 출력 링크(outbound link)
- ④ 목적지 주소(destination address)

6) 라우터의 라우터의 패킷 전달 경로 정보를 저장하고 있는 전달 테이블을 자동으로 생성하기 위해 사용되는 프로토콜은 무엇인가 ?

- ① IP(Internet Protocol)
- ② TCP(Transmission Control Protocol)
- ③ Routing Protocol
- ④ ICMP(Internet Control Message Protocol)

7) 전화망은 어떤 교환 방식을 사용하는가?

- ① 패킷 교환(packet switching)
- ② 회선 교환(circuit switching)
- ③ 데이터그램 교환(datagram switching)
- ④ 메시지 교환(message switching)

8) 1Mbps 전송속도를 지원하는 통신 링크가 있다. 해당 링크 기반으로 10개의 회선을 지원하는 회선 교환망에서 1M 바이트의 파일을 전송하는데 걸리는 시간은 얼마인가?

현재 1명의 사용자만 인터넷을 사용하고 있다.

- ① 1초
- ② 10초
- ③ 8초
- ④ 80초

9) 1Mbps 전송속도를 지원하는 통신 링크가 있다. 해당 링크 기반으로 10명의 사용자를 지원하는 패킷 교환망에서 1M 바이트의 파일을 전송하는데 걸리는 시간은 얼마인가?

현재 1명의 사용자만 인터넷을 사용하고 있다.

- ① 1초
- ② 10초
- ③ 8초
- ④ 80초

10) 다음 중 가장 상위의 ISP는 무엇인가?

- ① 지역 ISP(local ISP)
- ② 접속 ISP(access ISP)
- ③ 국가 ISP(national ISP)
- ④ 계층-1 ISP(Tier-1 ISP)