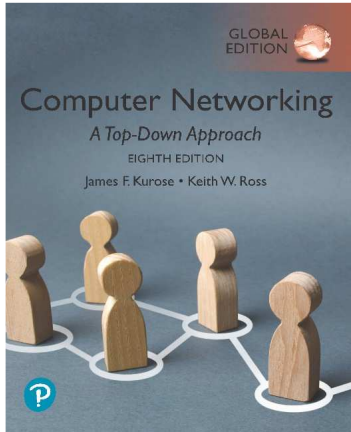


1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷 (Computer Networks and the Internet)



순천향대학교 컴퓨터공학과 이 상 정

컴퓨터 네트워크

강의 목표 및 내용

□ 목표

- 기본 용어(terminology)와 개념 소개
 - 이 후의 장에서 자세히 소개되는 개념

□ 내용

- 인터넷이란 무엇인가?
- 프로토콜이란 무엇인가?
- 네트워크의 가장자리
- 네트워크 코어
- 성능: 지연, 손실과 처리율
- 프로토콜 계층과 서비스 모델
- 보안
- 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷

1.1 인터넷이란 무엇인가?

1.2 네트워크의 가장자리

- 종단 시스템, 접속 네트워크, 링크

1.3 네트워크 코어

- 패킷 스위칭(교환), 회선 교환, 네트워크 구조

1.4 패킷 스위칭 네트워크에서의 지연, 손실과 처리율

1.5 프로토콜 계층과 서비스 모델

1.6 공격 받는 네트워크

1.7 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

인터넷: 구성 요소 관점 (1)

□ 컴퓨터 네트워크에 연결된 수많은 컴퓨팅 장치(device)



- **호스트(host)** = 종단 시스템(end system)
- **가장자리(edge)**에서 네트워크 응용들을 수행

□ 패킷 스위치(packet switch)



- **패킷(데이터의 덩어리)**을 전달 (forward)
- **라우터(router), 스위치(switch)**

□ 통신 링크(communication link)



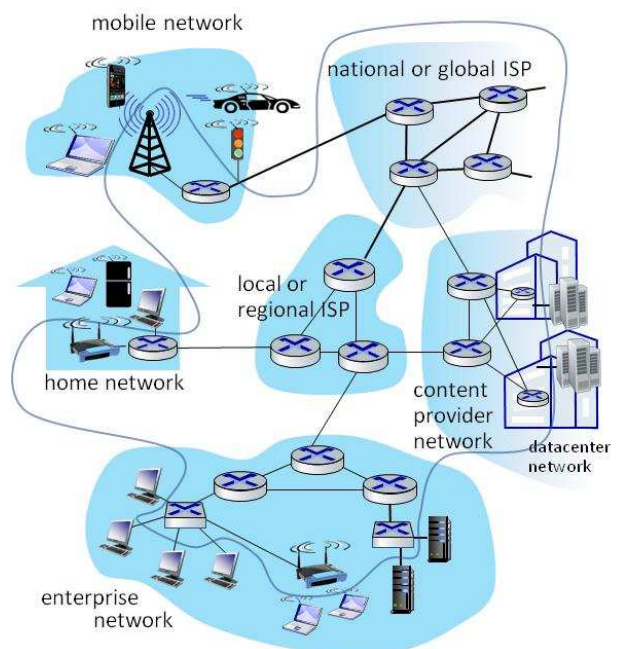
- 광섬유, 동축케이블, 전파, 위성
- 다양한 **전송속도(transmission rate, 또는 bandwidth)**로 데이터(패킷) 전송

□ 네트워크 (networks)



- 장치, 라우터, 링크들의 집합
- 기관 및 조직에서 관리

ISP(Internet Service Provider)
• 인터넷 서비스 제공자



인터넷-연결 디바이스 예



인터넷: 구성 요소 관점 (2)

인터넷(Internet)

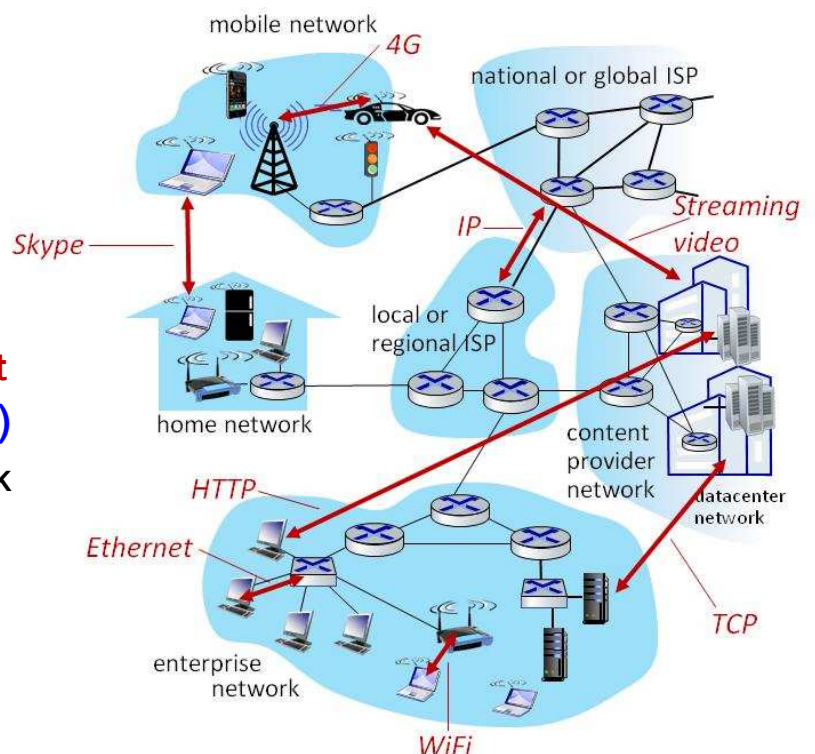
- 네트워크들의 네트워크 (**network of networks**)
- ISP 들의 상호연결

프로토콜(protocol)

- 정보(메시지)의 송수신을 제어
- HTTP(웹), 스트리밍 비디오, TCP, IP, WiFi, 4G/5G, Ethernet

인터넷 표준 (Internet standards)

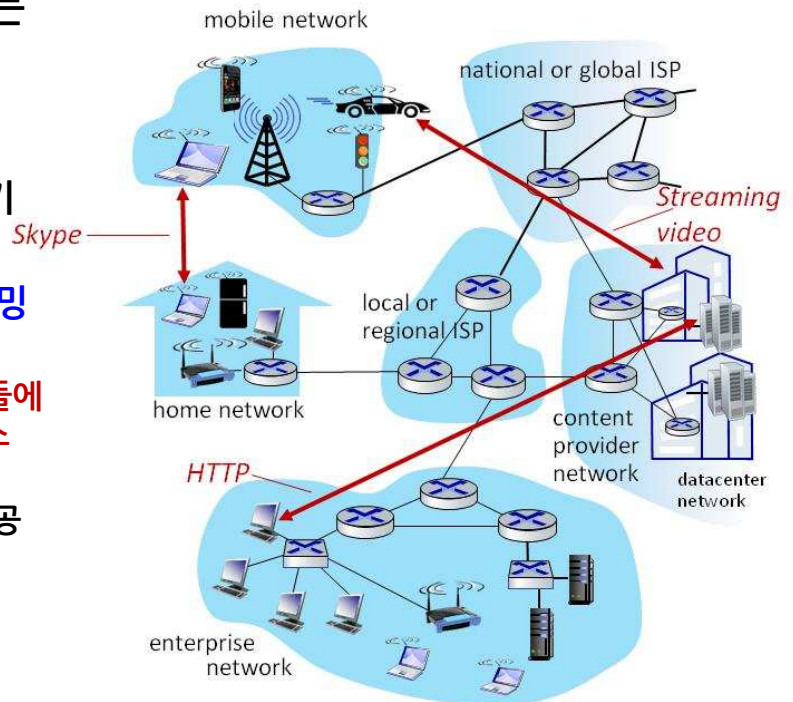
- IETF (Internet Engineering Task Force)
- RFC (Request For Comments)
 - IETF 표준문서



인터넷: 서비스 관점

□ 애플리케이션에 서비스를 제공하는 인프라구조(infrastructure)

- 웹, 스트리밍 비디오, 화상회의, 이메일, 게임, 전자상거래, 소셜미디어, 인터넷 연결 가전기기
- 분산된 애플리케이션에 프로그래밍 인터페이스를 제공
 - 인터넷에 접속하여 송수신 응용들에게 연결되고, 인터넷 전송 서비스 (TCP)를 사용
 - 우편 서비스와 유사한 서비스 제공



프로토콜(protocol)이란? (1)

□ 사람 프로토콜 (human protocol)

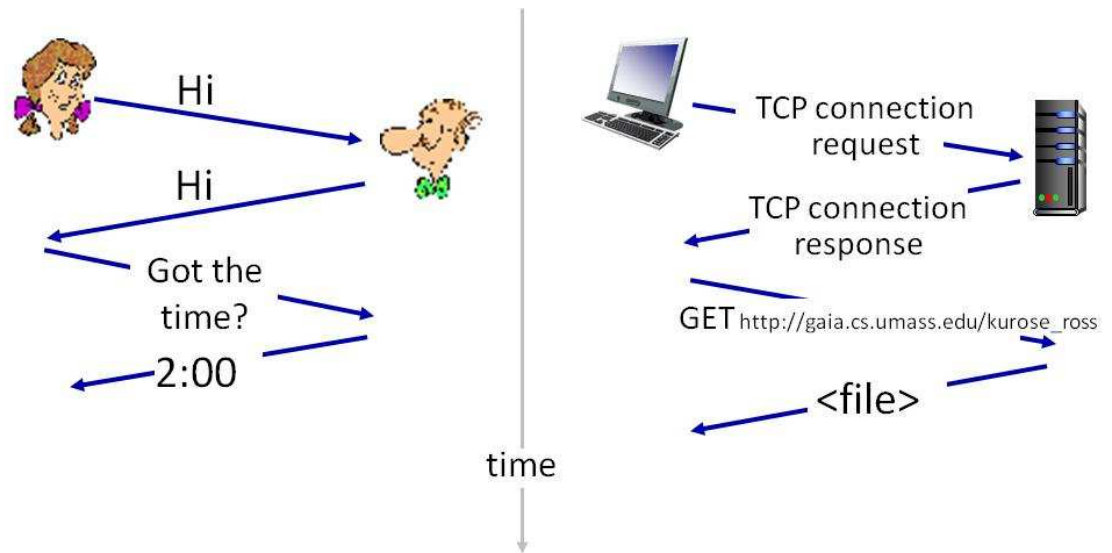
- 사람이 전달하고자 하는 특정 메시지
- 수신된 응답 메시지나 다른 상황에 반응하는 특정 행동

□ 네트워크 프로토콜

- 사람 대신 기계 장치들
- 인터넷 상의 모든 활동은 프로토콜이 제어
- 정의
 프로토콜은 통신 개체들 간에 교환되는 메시지 형식(format)과 순서뿐 아니라, 메시지의 송수신과 다른 이벤트에서 취하는 행동(동작)들을 정의

프로토콜(protocol)이란? (2)

A human protocol and a computer network protocol:



1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷

1.1 인터넷이란 무엇인가?

1.2 네트워크의 가장자리

- 종단 시스템, 접속 네트워크, 물리 매체

1.3 네트워크 코어

- 회선 교환, 패킷 스위칭(교환), 네트워크 구조

1.4 패킷 교환 네트워크에서의 지연, 손실과 처리율

1.5 프로토콜 계층과 서비스 모델

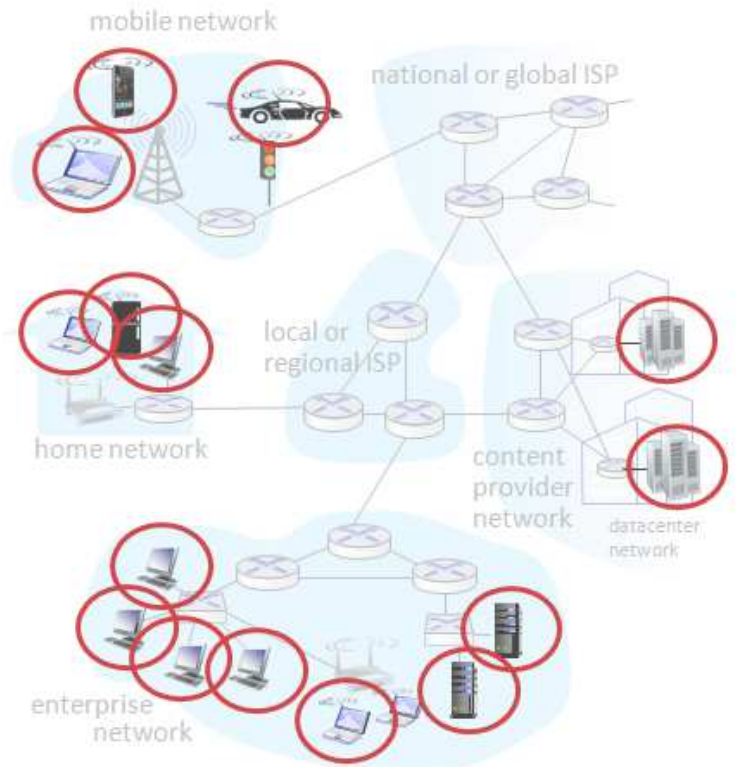
1.6 공격 받는 네트워크

1.7 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

인터넷 구성 요소 (1)

네트워크 가장자리(edge)

- 호스트: 클라이언트와 서버
- 데이터 센터 내의 서버들



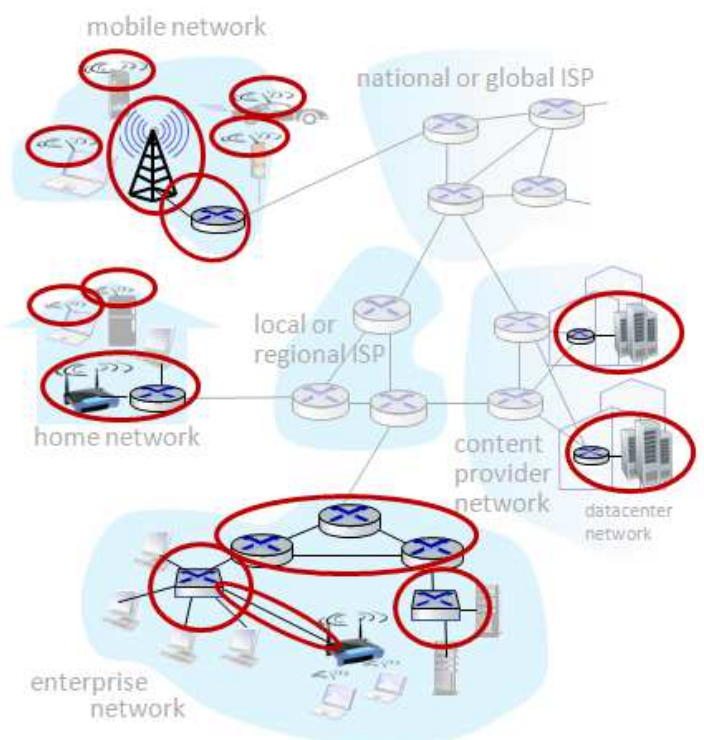
인터넷 구성 요소 (2)

네트워크 가장자리(edge)

- 호스트: 클라이언트와 서버
- 데이터 센터 내의 서버들

접속 네트워크(access network), 물리 매체(physical media)

- 유무선 통신 링크



인터넷 구성 요소 (3)

□ 네트워크 가장자리(edge)

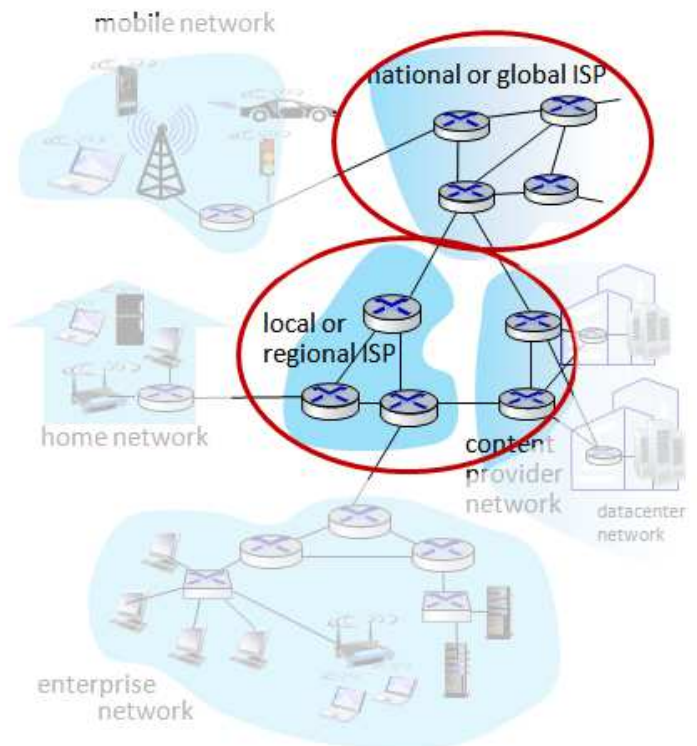
- 호스트: 클라이언트와 서버
- 데이터 센터 내의 서버들

□ 접속 네트워크(access network), 물리 매체(physical media)

- 유무선 통신 링크

□ 네트워크 코어(core)

- 상호 연결된 라우터
- 네트워크들의 네트워크

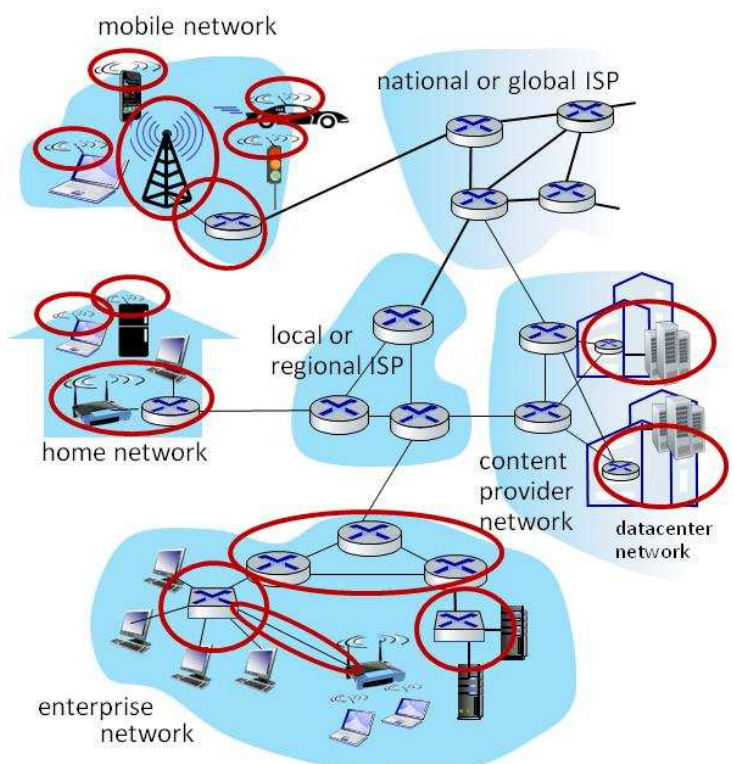


접속 네트워크와 물리 매체

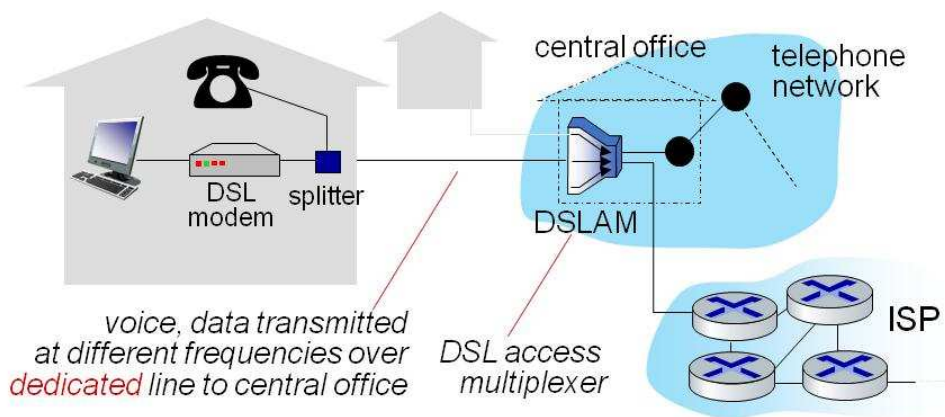
□ 종단 시스템과 가장자리 라우터 (edge router) 접속

□ 접속 네트워크 종류

- 가정 접속 (residential access)
- 기관 접속 (school, company access)
- 무선 접속 (WiFi, 4G/5G)



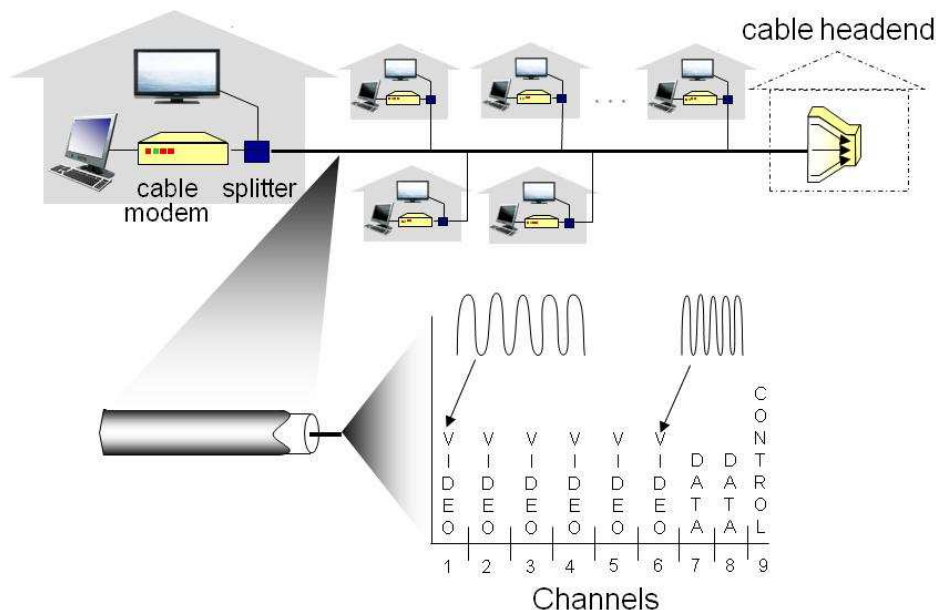
접속 네트워크: DSL(Digital Subscriber Line)



□ 지역 전화국의 DSLAM(DSL access multiplexer)까지는 기존 전화선 사용

- 데이터는 인터넷 망으로, 음성은 전화망으로 전송
- 다운스트림 전송속도는 24-52 Mbps
- 업스트림 전송속도 3.5-16 Mbps

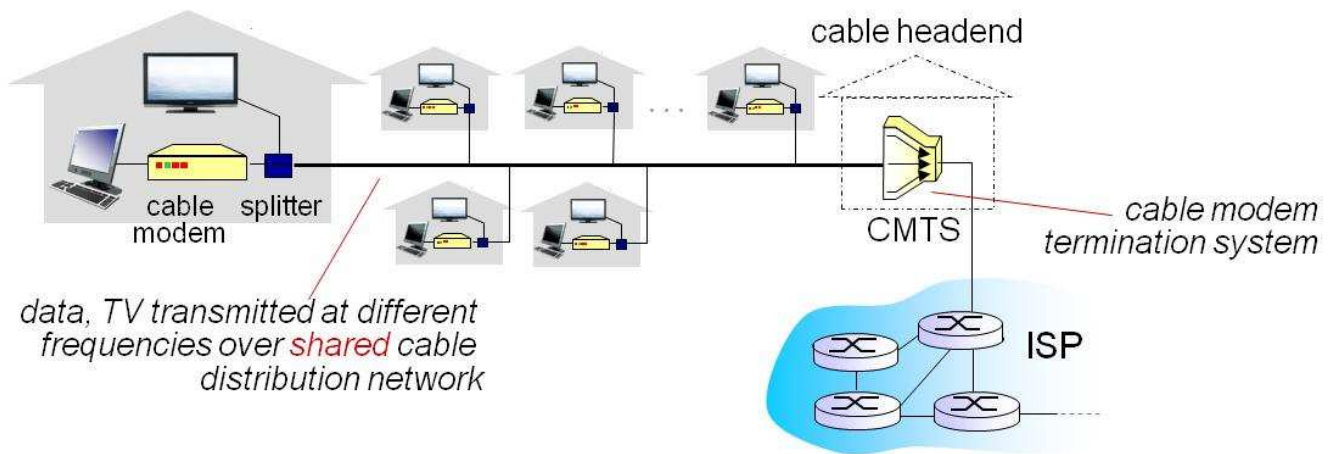
접속 네트워크: 케이블 네트워크 (1)



□ 주파수 분할 다중화 (frequency division multiplexing)

- 각 채널들이 서로 다른 주파수 밴드로 전송

접속 네트워크 - 케이블 네트워크 (2)



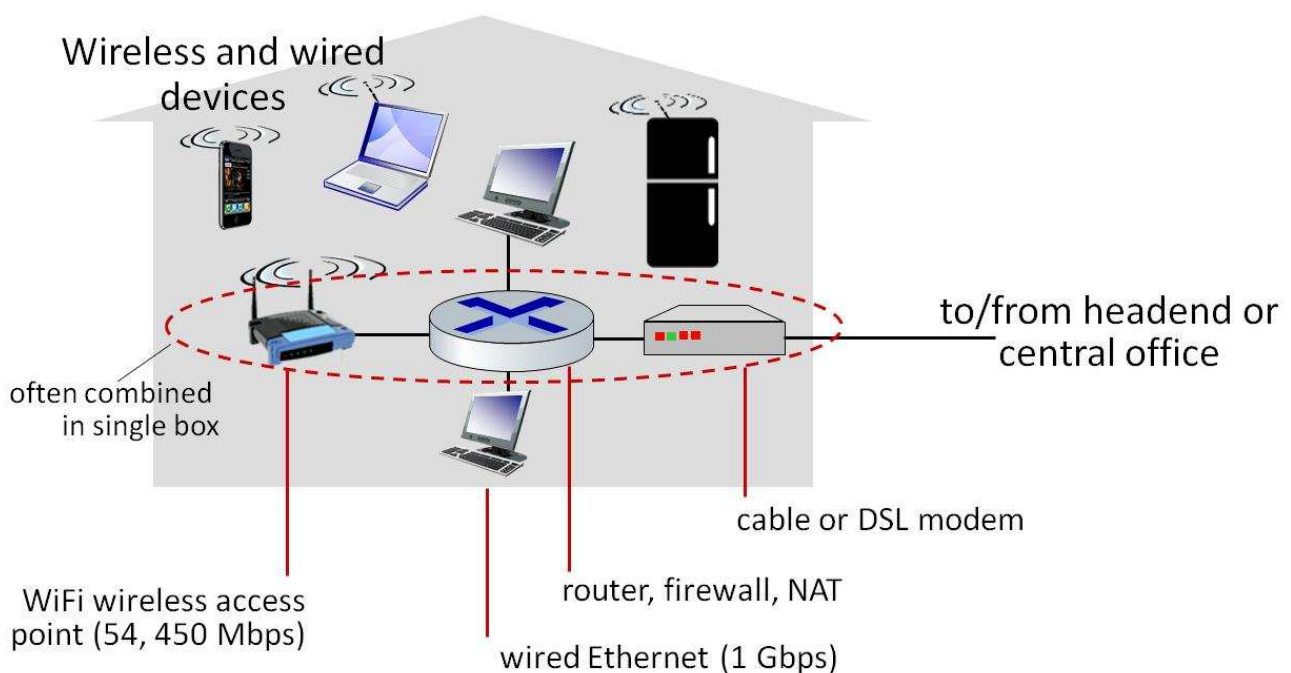
□ HFC(Hybrid Fiber Coax) 접속망

- 40 Mbps-1.2 Gbps 다운스트림, 30-100 Mbps 업스트림 전송 속도

□ 케이블과 광섬유 네트워크이 각 가정을 ISP 라우터에 연결

- 각 가정들이 케이블 헤드엔드까지는 접속 네트워크 공유

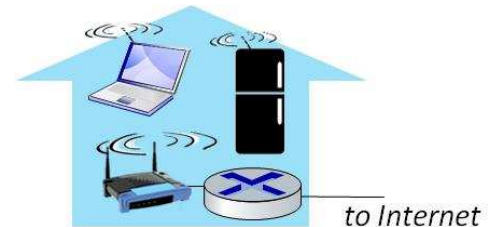
접속 네트워크: 홈 네트워크



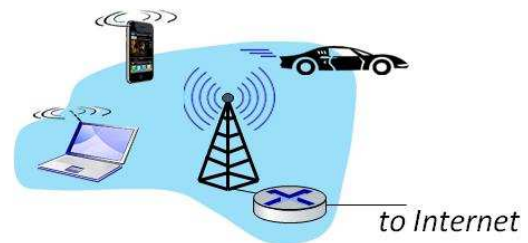
무선 접속 네트워크 (Wireless Access Network)

- 공유 무선 접속 네트워크이 종단 시스템을 라우터에 연결
 - 베이스 스테이션(base station)
또는 액세스 포인트(access point)를 경유

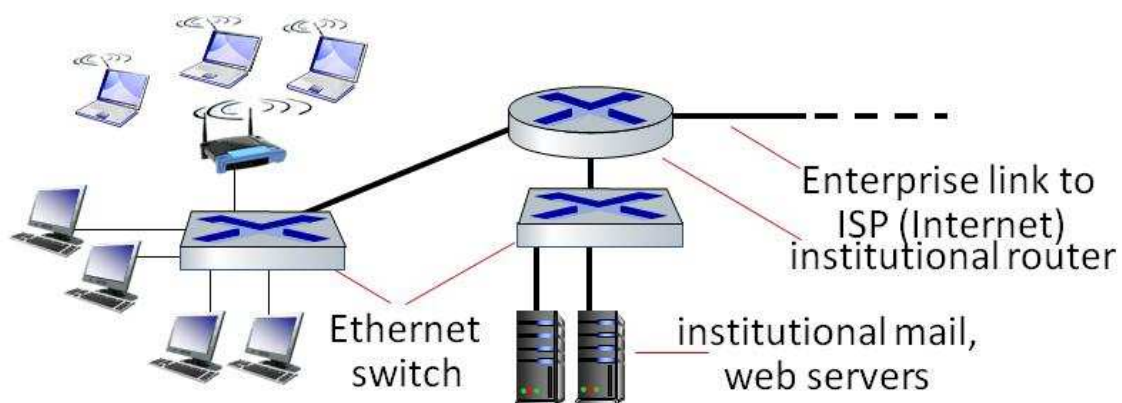
- 무선 LAN (wireless LAN)
 - 802.11b/g/n(WiFi): 11, 54, 450 Mbps



- 광역 무선 접속
(wider-area wireless access)
 - 이동 통신 사업자가 서비스
 - 수십 km 반경
 - 10 Mbps 이상
 - 4G/5G



접속 네트워크: 기관 네트워크



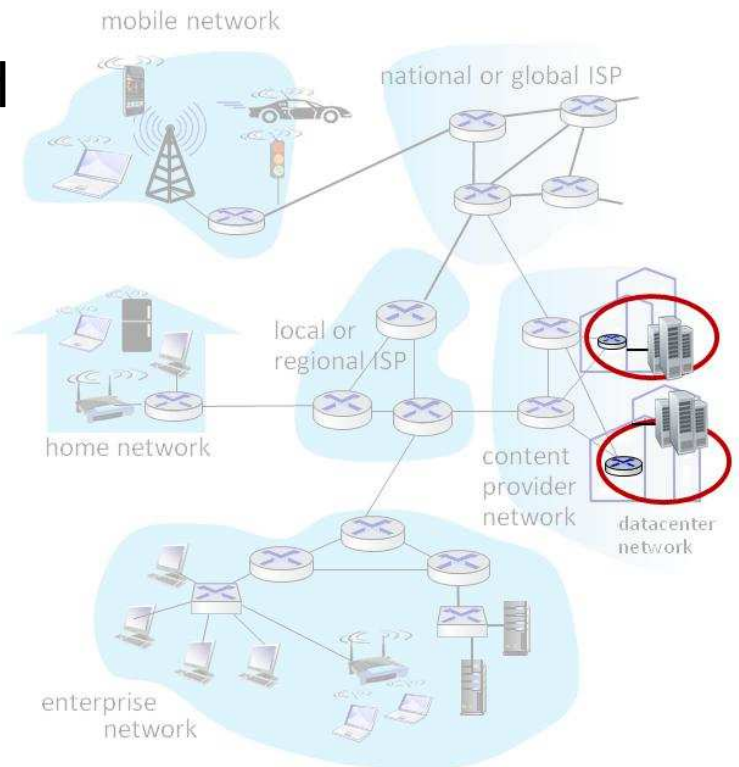
- 회사, 대학 등 기관의 접속 네트워크
- 유무선 링크로 다수의 스위치와 라우터에 연결
 - 이더넷: 유선 접속, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps
 - WiFi: 무선 접속, 11, 54, 450 Mbps

접속 네트워크: 데이터 센터 네트워크

- 고속(10s to 100s Gbps)으로 연결된 수천에서 수백대의 서버들이 인터넷에 접속



Courtesy: Massachusetts Green High Performance Computing Center (mghpcc.org)



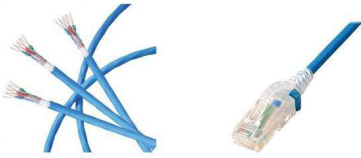
링크: 물리 매체 (Physical Media)

- 비트(bit)
 - 송신기(transmitter)와 수신기(receiver) 사이에 전달
- 물리링크(physical link)
 - 송신기와 수신기 사이를 연결
 - 물리 매체 상에 전자파나 광 펄스를 전파하여 전송
- 유도 매체(guided media)
 - 견고한 매체를 따라 신호를 유도
 - 광섬유, 꼬임쌍 선, 동축 케이블
- 비유도 매체(unguided media)
 - 무선 통신의 경우처럼 야외 공간으로 파형을 자유롭게 전파

링크: 유도 매체

□ 꼬임쌍선 (Twisted Pair, TP)

- 두 개의 절연 동선(insulated copper wire)이 나선형태로 배열
- UTP (unshielded twisted pair)
 - 카테고리 5 (Category 5)
 - 100 Mbps, 1 Gbps 이더넷
 - 카테고리 6 (Category 6)
 - 10 Gbps 이더넷



□ 동축 케이블(coaxial cable)

- 동심원 형태의 두 개의 구리선
- 브로드밴드(broadband)
 - 케이블 상에 다중 채널
 - 채널 당 100's Mbps



□ 광섬유 (Fiber Optics)

- 비트를 나타내는 빛의 파동을 전파
- 고속 동작: 10-100 Gbps
- 낮은 에러율



링크: 비유도 매체

□ 무선의 전자기 스펙트럼(electromagnetic spectrum)으로 신호를 전달

- 전파 환경 효과(propagation environment effect)
 - 신호 반사 (reflection), 물체 방해, 간섭 (interference)

□ 라디오 연결 유형

- 무선 LAN (WiFi)
 - 10-100's Mbps, 10's Km 거리
- 광역 (wide-area, 4G 셀룰러)
 - 4G 셀룰러: 10's Mbps, ~ 10 Km
- 블루투스 (Bluetooth)
 - 짧은 거리 (~30m)와 제한된 속도(~2 Mbps)
- 지상 마이크로파 (terrestrial microwave)
 - 점대점(point-to-point), 45 Mbps
- 위성 (satellite)
 - 정지(geostationary) 및 저궤도(low-earth orbiting, LEO) 위성
 - 270 ms의 긴 신호 전파 지연, 채널 당 최대 45 Mbps

1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷

1.1 인터넷이란 무엇인가?

1.2 네트워크의 가장자리

- 종단 시스템, 접속 네트워크, 물리 매체

1.3 네트워크 코어

- 패킷 스위칭(교환), 회선 교환, 네트워크 구조

1.4 패킷 스위칭 네트워크에서의 지연, 손실과 처리율

1.5 프로토콜 계층과 서비스 모델

1.6 공격 받는 네트워크

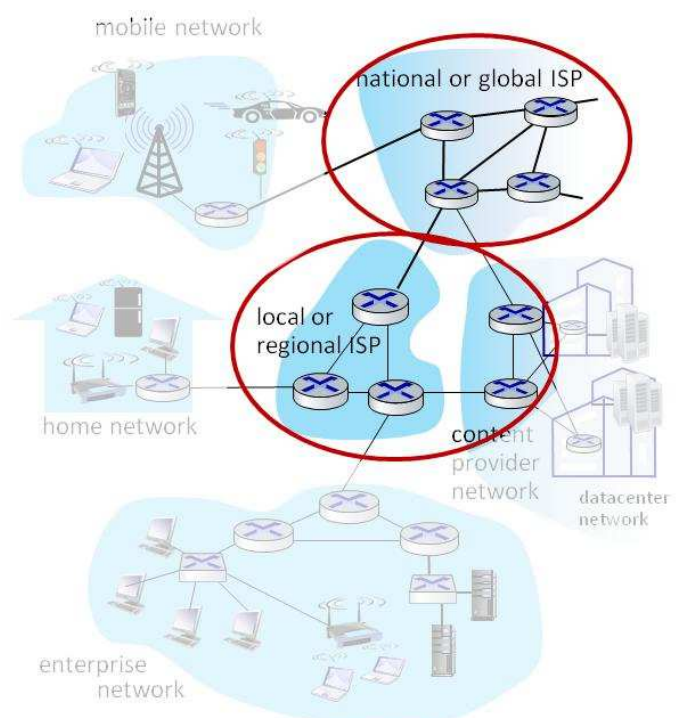
1.7 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

네트워크 코어 (Network Core)

□ 네트워크 코어는 상호 연결된 라우터들의 연결망(mesh)

□ 패킷 스위칭 (packet switching)

- 호스트는 애플리케이션 계층의 메시지를 패킷(packet)이라 알려진 작은 덩어리로 분할
- 패킷들은 송신 측과 수신 측의 경로상의 링크와 라우터를 거쳐 전송
 - 패킷들은 한 라우터에서 다른 라우터로 전달(forward)



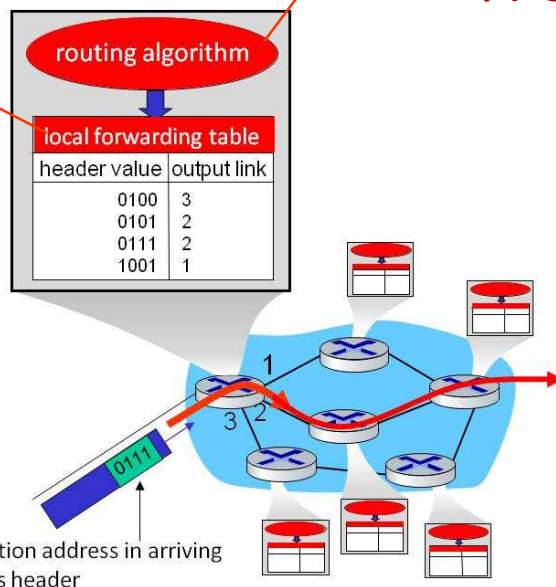
네트워크 코어의 2가지 주요 기능

포워딩 (forwarding)

- 스위칭이라고도 함
- 라우터의 입력에서 적절한 라우터 출력으로 패킷을 이동

라우팅 (routing)

- 소스에서 목적지까지의 패킷 경로를 결정
- 라우팅 알고리즘



라우팅: 자동차 여행 비유



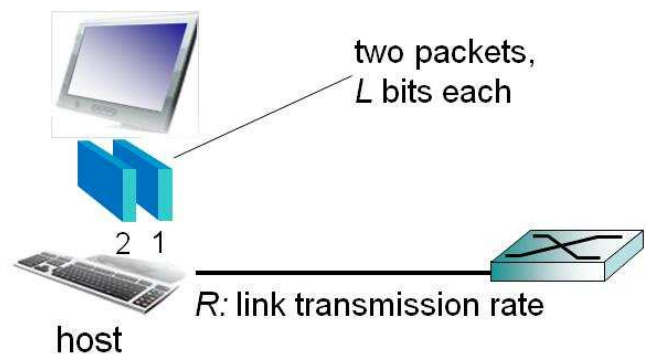
포워딩: 자동차 여행 비유



호스트의 패킷 전송

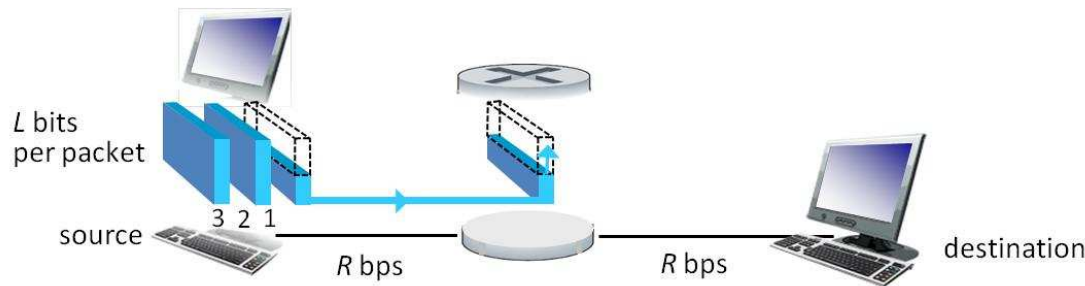
호스트의 송신 동작

- 애플리케이션의 메시지를 받음
- 메시지를 길이 **L 비트**의 더 작은 덩어리인 **패킷**으로 분할
- 패킷을 네트워크 **전송률/전송속도 (transmission rate) R**로 전송
 - 링크 전송속도는 **용량(capacity)**, **대역폭(bandwidth)**라고도 함



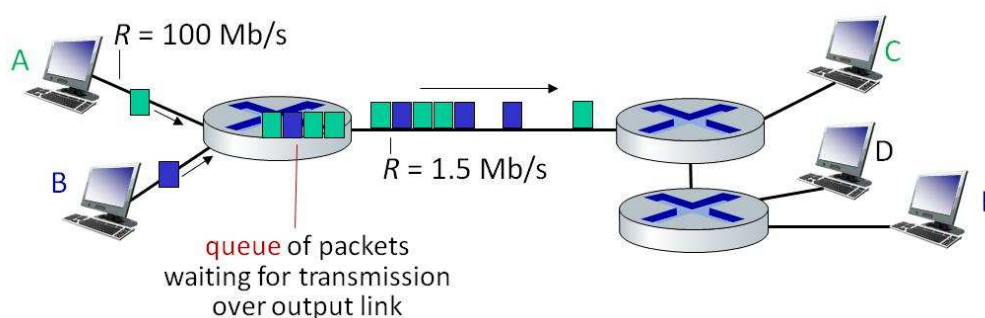
$$\begin{array}{l} \text{패킷 전송 지연} \\ \text{(packet transmission delay)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{링크 로 L 비트를} \\ \text{전송하는데 걸리는 시간} \end{array} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

패킷 스위칭(교환): 저장 후 전달 (store-and-forward transmission)



- ❑ L 비트의 패킷을 R bps 속도의 링크로 전송하는데 L/R 초 걸림
- ❑ 저장 후 전달 (store-and-forward transmission)
 - 다음 링크로 전송하기 전에 **패킷 전부(L 비트)가 라우터에 도착**해야 함
- ❑ 위 그림 지연 = $2L/R$ (전파 지연(propagation delay) 무시)
 - 예
 - $L = 10 \text{ Kbits}, R = 100 \text{ Mbps}$
 - 1 홉 전송 지연 = $L / R = (10 \times 10^3) / (100 \times 10^6) = 10^{-4} \text{ sec} = 0.1 \text{ msec}$
 - 전송 지연(transmission delay) = $2 \times 0.1 \text{ msec} = 0.2 \text{ msec}$

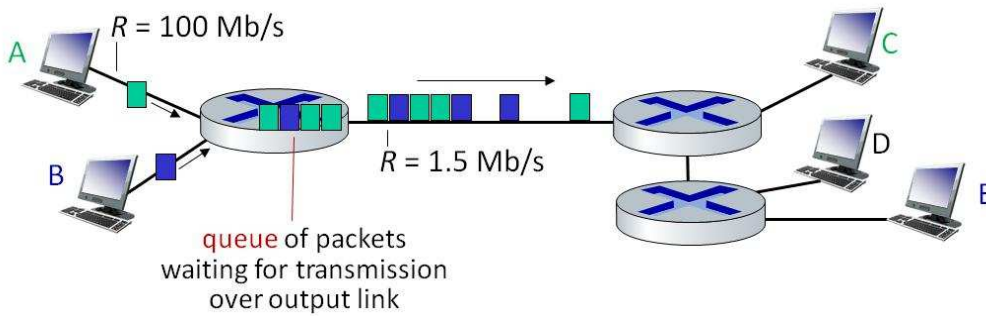
패킷 스위칭: 큐잉 (Queuing) (1)



- ❑ 입력 링크에 비트가 도착하는 속도가 내보내는 전송속도 보다 빠른 경우 **큐잉(queuing)** 발생
 - 패킷은 **큐**에 저장되고 출력 링크 상에서 전송 되기를 기다림



패킷 스위칭: 큐잉 (2)



□ 패킷 큐잉과 손실 (packet queuing and loss)

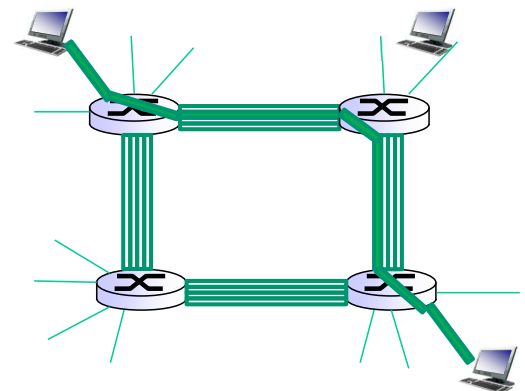
- 일정 시간 동안 라우터의 입력 링크에 비트가 도착하는 속도가 전송률보다 빠른 경우
 - 패킷은 큐에 저장되고 출력 링크 상에서 전송 되기를 기다림
 - 큐의 메모리가 꽉 차 있는 경우 패킷은 손실됨

회선 교환 (Circuit Switching)

□ 네트워크 코어 구성 방식은 회선 교환과 패킷 스위칭 두 가지 방식이 있음

□ 회선 교환 (circuit switching)

- 경로 상에 필요한 자원(버퍼, 링크 전송률)이 통신 세션 동안 예약
- 자원이 공유되지 않음
- 송신자와 수신자 간의 경로에 있는 스위치들이 연결 상태를 유지
- 송신자와 수신자 간의 전송률 보장
- 기존의 전화망



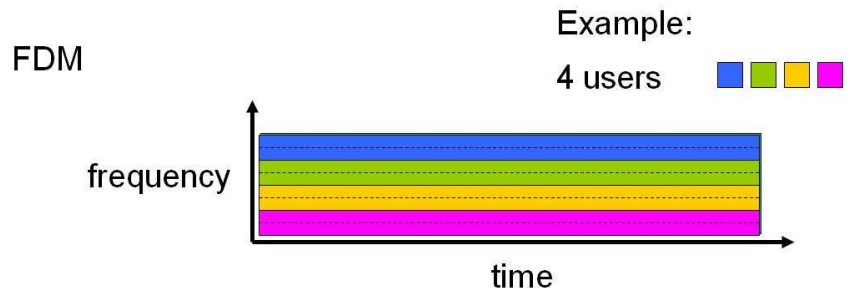
□ 회선 교환에서 한 링크는 n개의 회선(circuit)을 연결

- 네트워크 자원(e.g. 대역폭)을 분할(다중화, multiplexing)
 - 각 분할을 호(call)라고 함
- 자신의 호가 사용되지 않으면 분할된 자원은 쉼(idle)
 - 다른 호와 공유되지 않음

회선 교환 - FDM과 TDM

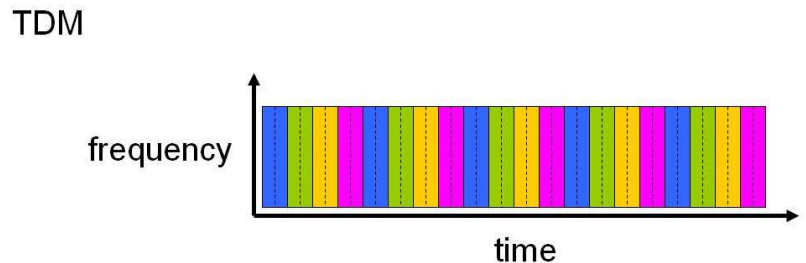
□ FDM (Frequency-Division Multiplexing)

- 설정된 연결은 링크의 주파수 스펙트럼을 공유
- 각 호(call)는 **고정된 주파수 대역**이 할당



□ TDM (Time-Division Multiplexing)

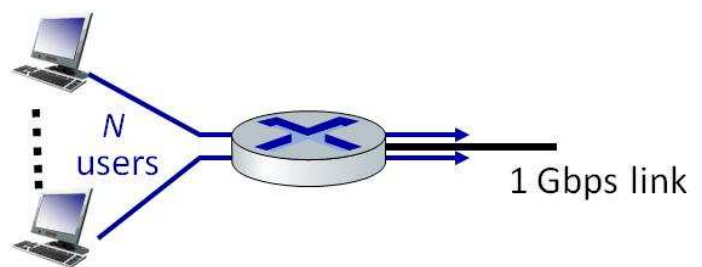
- 시간을 일정 주기의 프레임으로 구분하고, 각 **프레임은 고정된 수의 시간 슬롯으로 분할**
- 각 호는 하나의 시간 슬롯에 할당



패킷 스위칭 대 회선 교환

□ 비교 예

- 사용자들이 **1 Gbps 링크**를 공유
- 각 사용자
 - 활동 시 **100 Mbps**
 - 전체 시간에서 **10%**만 활동
- **회선 교환**
 - 100 Mbps가 각 사용자에게 예약
 - $1 \text{ Gbps} / 100 \text{ Mbps} = 10$ 명의 사용자만 동시에 지원
- **패킷 스위칭**
 - 특정 사용자가 활동하고 있을 확률은 0.1 (10%)
 - **35명의 사용자**가 있을 경우 11명 이상의 사용자가 동시에 활동할 확률은 0.0004
 - 따라서 **회선 교환과 대등한 지연 성능을 가지면서 3배 이상의 사용자 수를 허용**

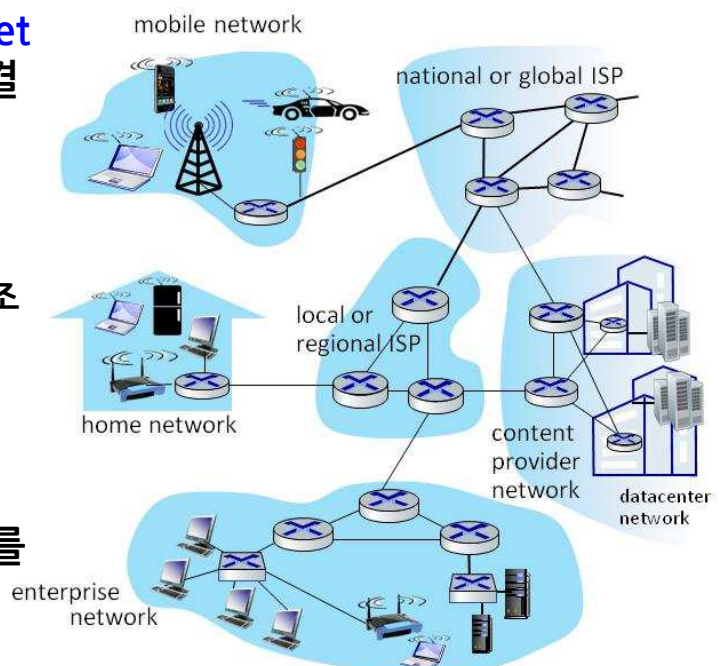


패킷 스위칭의 장단점

- ❑ 패킷 스위칭은 버스티 데이터(bursty data)에 적합
 - 데이터를 집중적으로 간격을 두고 송신
 - 자원을 공유
 - 호 설정(call setup)이 필요 없음
- ❑ 과도한 네트워크 혼잡(network congestion) 가능성
 - 라우터의 버퍼링 및 오버플로우로 인한 패킷 지연과 손실 발생
 - 신뢰적인 데이터 전송, 혼잡 제어를 위한 프로토콜 필요

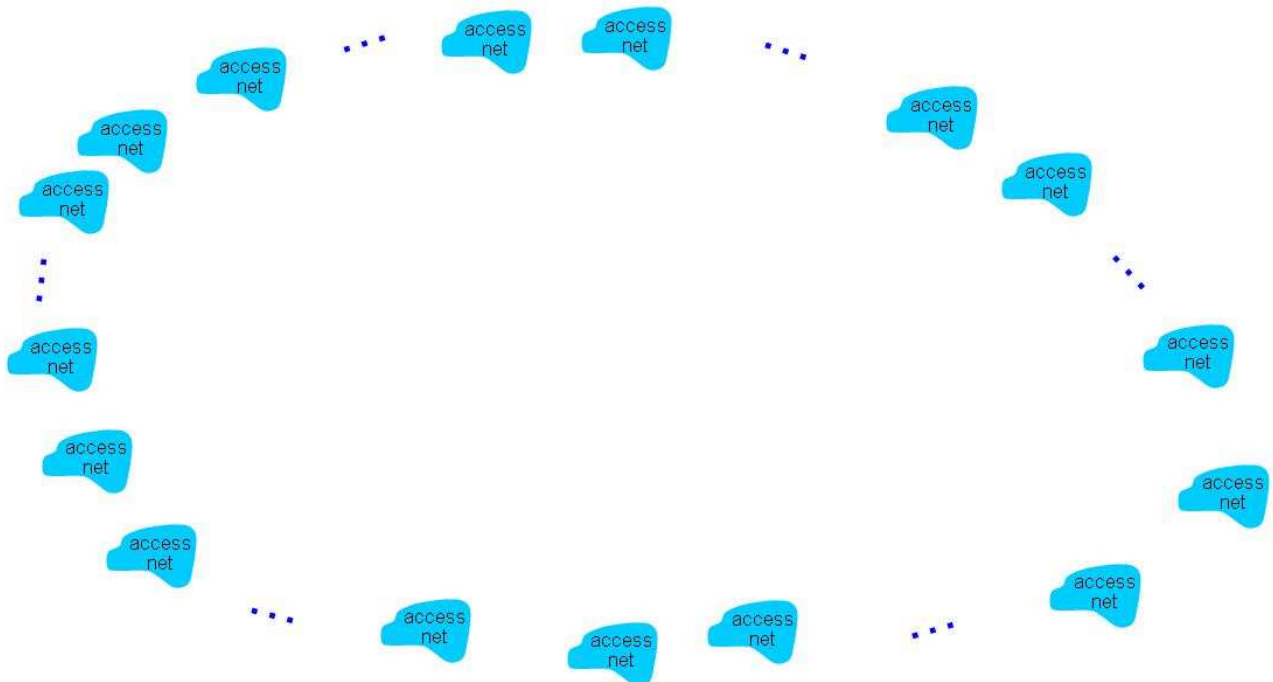
인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (1)

- ❑ 종단 시스템은 접속 ISP (access Internet Service Provider)를 통해 인터넷에 연결
 - 통신회사, 회사, 대학
- ❑ 접속 ISP들은 서로 상호 연결
 - 네트워크의 네트워크 형태의 복잡한 구조로 진화
 - 성능 보다는 경제적, 국가 정책에 의해 진화
- ❑ 지금부터 단계적으로 현재 인터넷 구조를 설명



인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (2)

❑ **질문:** 수 백만 개의 접속 ISP를 어떻게 연결하는가?

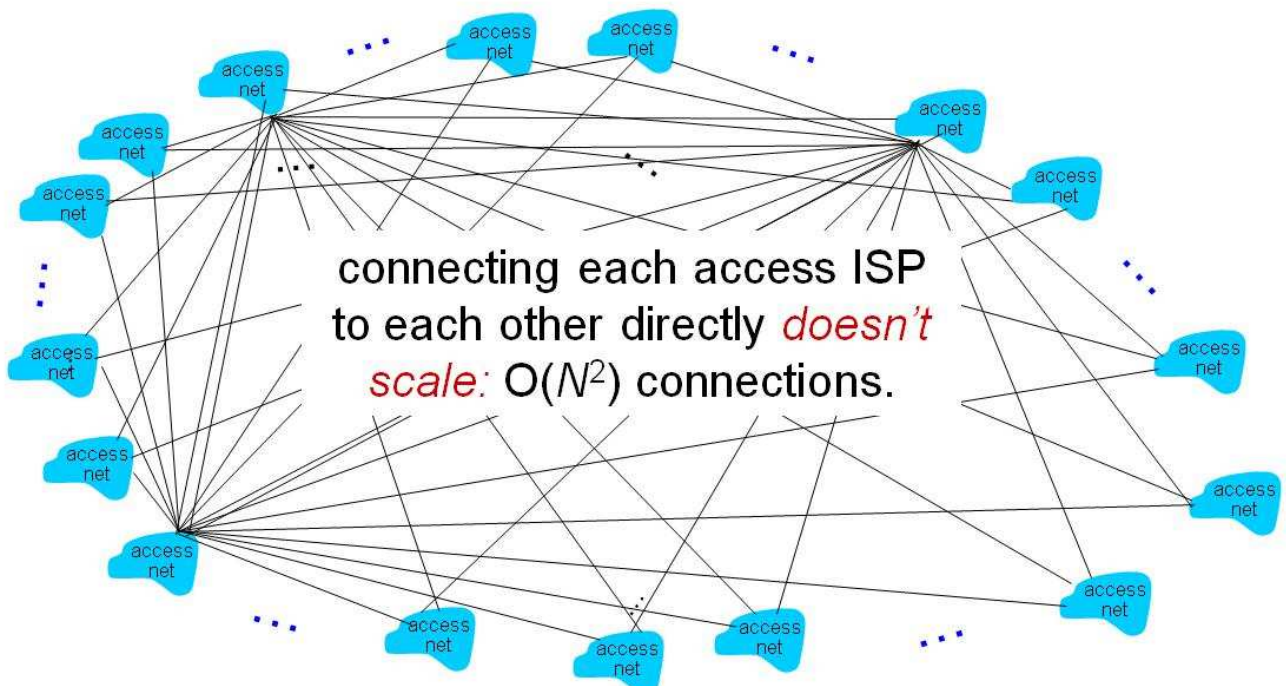


순천

천

인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (3)

❑ **옵션:** 각 접속 ISP들끼리 서로 연결?

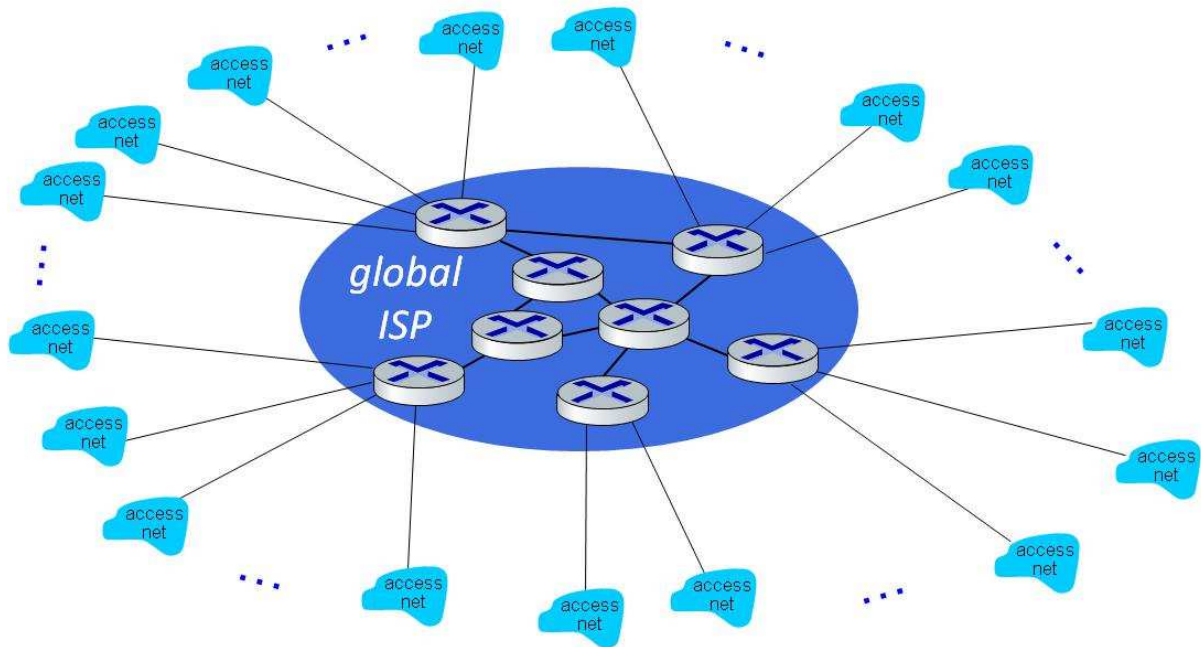


순천

천

인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (4)

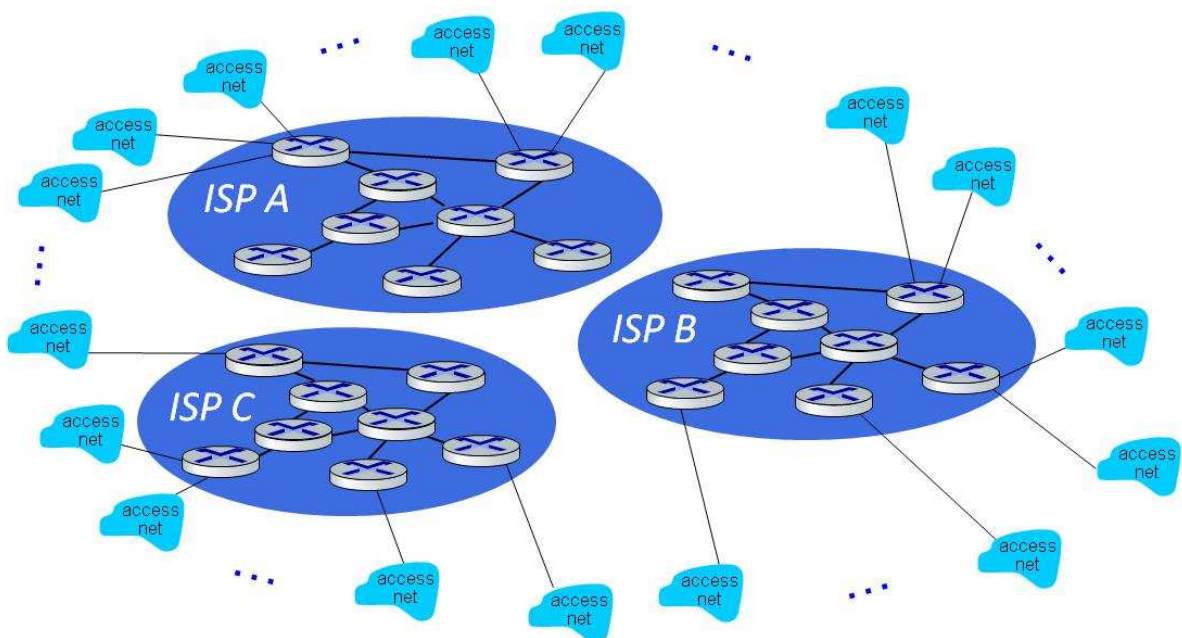
- 옵션: 각 접속 ISP들을 하나의 **글로벌 통과(transit) ISP**에 연결?
 - 고객(접속)과 **제공자(글로벌)** 사이에 요금 등의 합의가 있어야 함



순천향대

인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (5)

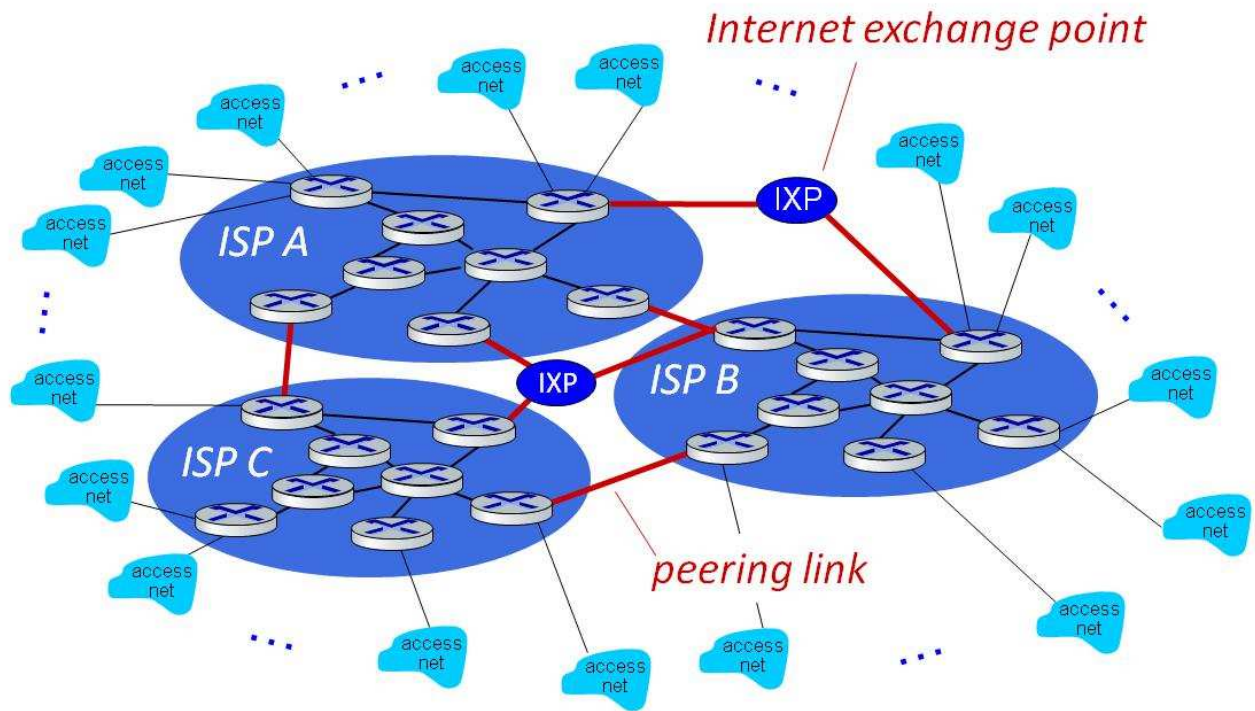
- 한 글로벌 ISP가 수익을 낸다면, 다른 새로운 글로벌 ISP도 만들어져 경쟁



순천향대

인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (6)

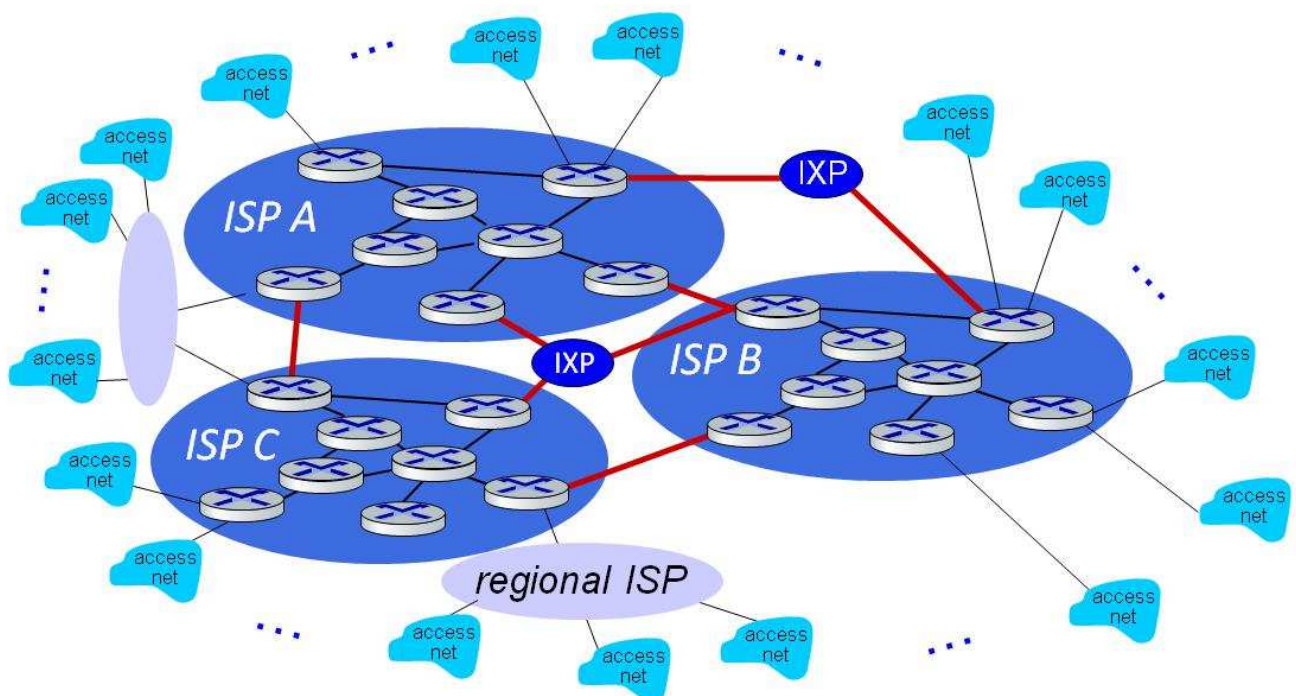
- 글로벌 ISP들 간에도 상호 연결 되어야 함



순천향

인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (7)

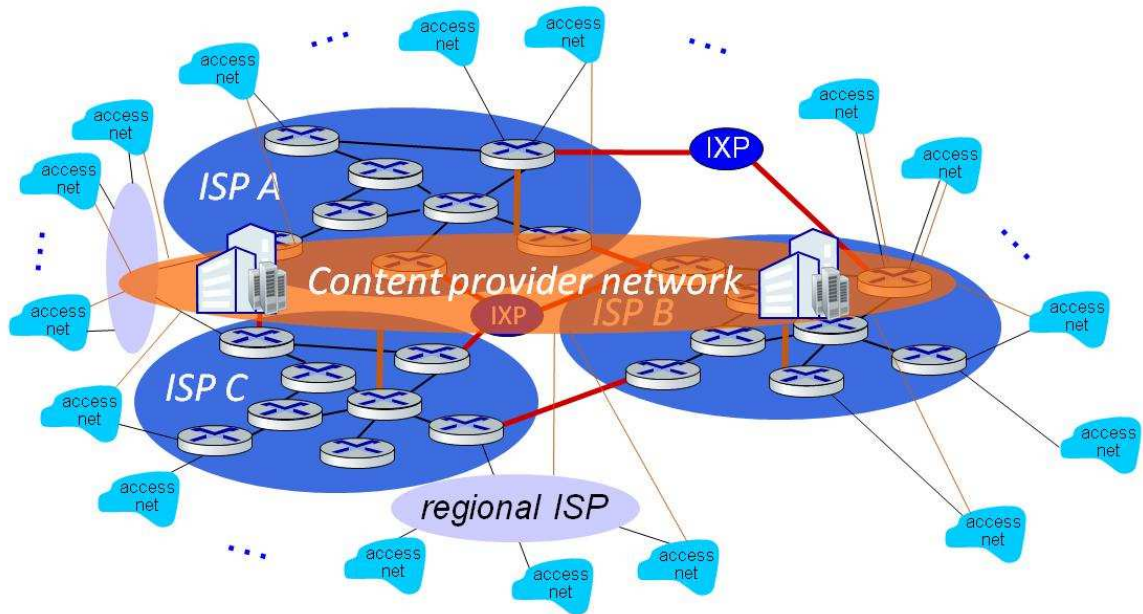
- 지역의 접속 ISP를 연결하는 지역 ISP (regional ISP)도 필요



순천향

인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (8)

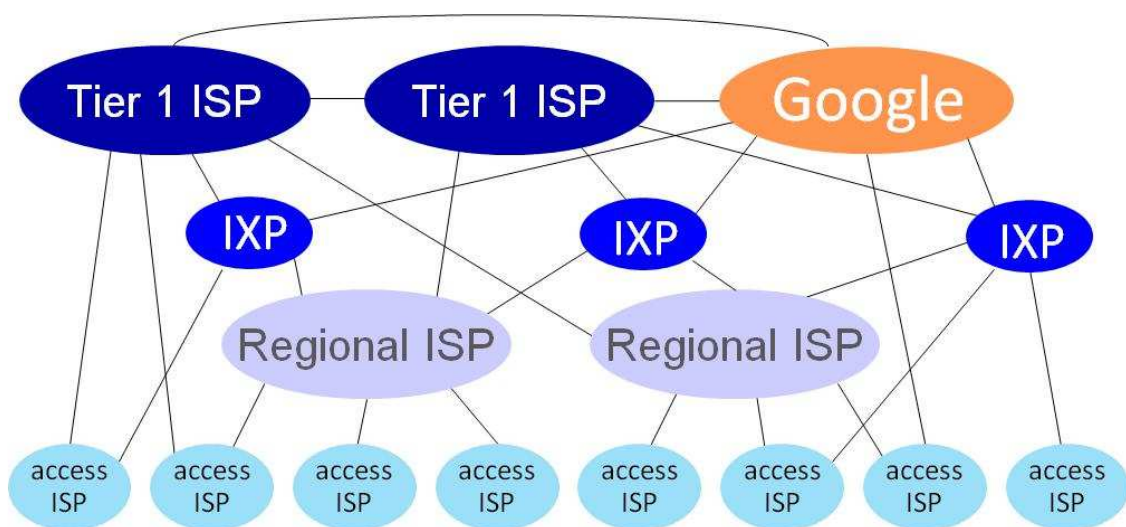
- 콘텐츠 제공자 네트워크(content provider network)은 서비스와 콘텐츠 제공을 위해 자신의 네트워크를 운영
 - 구글, 페이스북



순천향대학교 컴

넷

인터넷 구조: 네트워크의 네트워크 (9)



- 계층-1(tier-1) ISP (Sprint, AT&T, NTT)는 국가, 국가 간의 담당
- 콘텐츠 제공자 네트워크는 자신의 데이터 센터와 인터넷을 연결하는 사설 네트워크로 1-계층과 지역 ISP를 우회(bypass)하기도 함

1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷

1.1 인터넷이란 무엇인가?

1.2 네트워크의 가장자리

- 종단 시스템, 접속 네트워크, 물리 매체

1.3 네트워크 코어

- 패킷 스위칭(교환), 회선 교환, 네트워크 구조

1.4 패킷 스위칭 네트워크에서의 지연, 손실과 처리율

1.5 프로토콜 계층과 서비스 모델

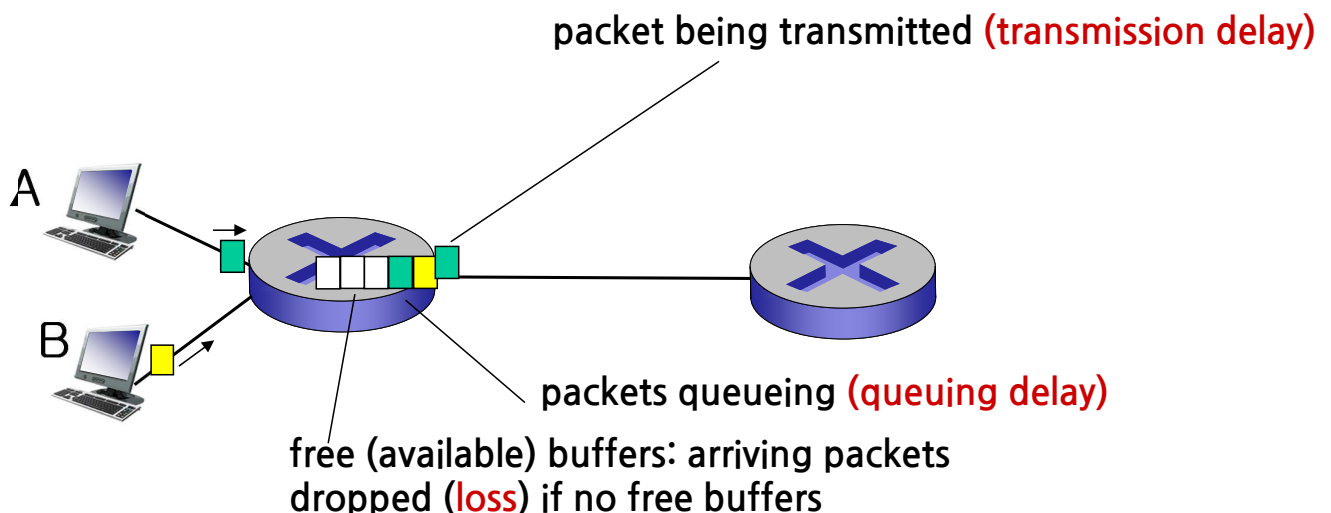
1.6 공격 받는 네트워크

1.7 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

패킷 지연과 손실 발생

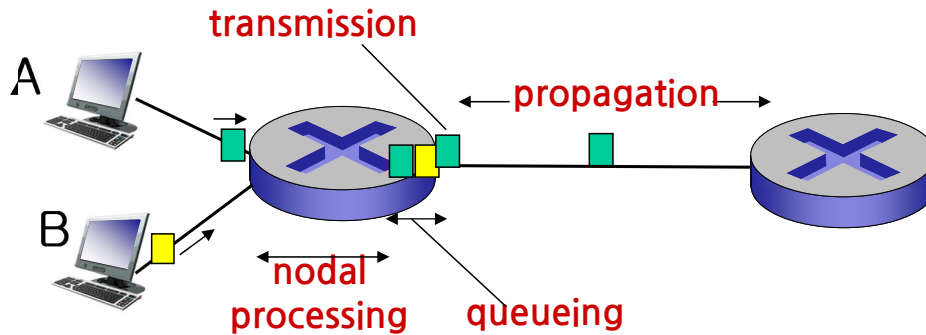
□ 패킷은 라우터의 큐(버퍼)에서 자신의 순서를 기다림

- 패킷 도착 속도가 출력 링크 용량을 초과한 경우 큐의 길이는 길어짐
- 패킷들이 큐의 용량을 초과하면 손실이 발생



□ 패킷 지연 유형

- 노드 처리 지연 (nodal processing delay)
- 큐잉 지연 (queuing delay)
- 전송 지연 (transmission delay)
- 전파 지연 (propagation delay)



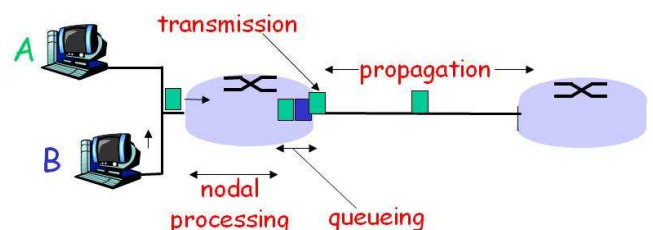
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

□ 노드 처리 지연 (nodal processing delay)

- 라우터에서의 처리 지연
- 패킷의 헤더를 조사하고 어느 출력 링크로 보낼 지 결정하는 시간
- 패킷의 비트 수준 오류를 조사하는데 필요한 시간
- 일반적으로 $< \mu\text{s}$

□ 큐잉 지연 (queuing delay)

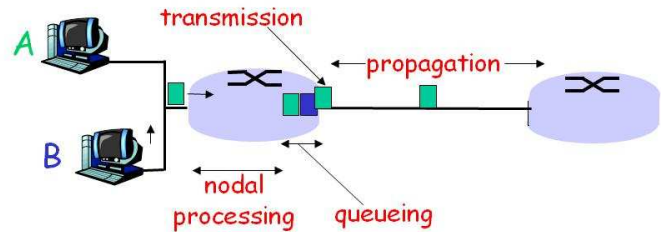
- 패킷이 큐에서 출력 링크로 전송되기를 기다리는 시간
- 라우터 혼잡 수준(congestion level)에 좌우
 - 이미 큐에 저장된 패킷들 수에 의해 결정



전송 지연과 전파 지연

□ 전송 지연 (transmission delay)

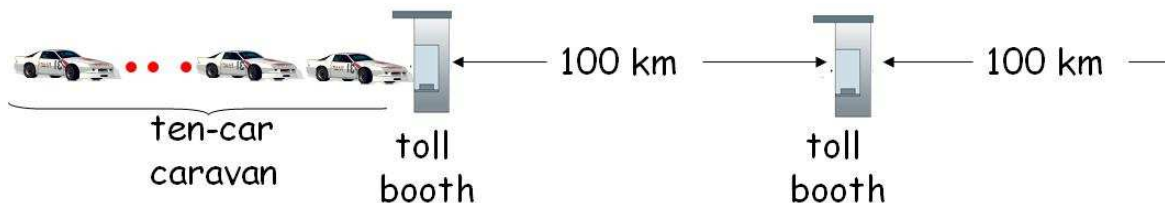
- 패킷의 모든 비트들을 링크로 밀어내는(전송)데 필요한 시간
- 저장 후 전달 지연
- 전송 지연 = L/R
 - R =link bandwidth (bps)
 - L =packet length (bits)



□ 전파 지연

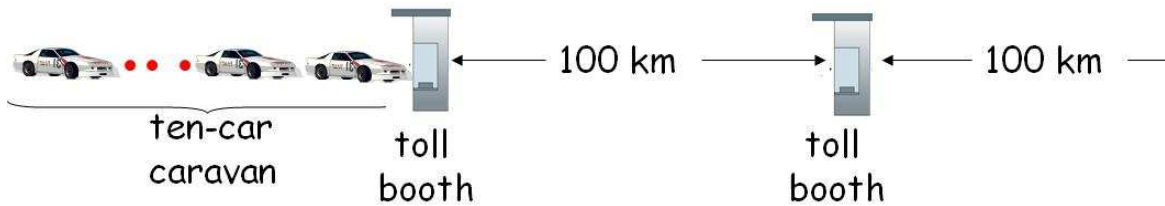
- 출력 링크에서 다음 라우터까지 전파하는데 필요한 시간
- 전파 속도는 링크의 물리 매체(광섬유, 꼬임쌍선 등)에 좌우
- 전파 지연 = d/s
 - d = 두 라우터 간의 거리
 - s = 매체의 전파 속도 ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)

전송 지연과 전파 지연 비교: 자동차 대열 비유 (1)



- 함께 여행하는 10대의 자동차 대열 (패킷), 1 대의 자동차 (비트)
- 100 km 마다 요금 계산소 (라우터)
- 각 요금 계산소는 한 대의 자동차 서비스(전송)에 12초 걸림
- 자동차는 시속 100 km 속도로 주행(전파)
- 전체 자동차를 고속도로로 내 보내는데 걸리는 시간
 $12\text{초} \times 10\text{대} = 120\text{초} = 2\text{분}$ (전송 지연)
- 한 자동차가 한 요금 계산소에서 다음 요금 계산소로 이동하는 시간
 $100\text{ km} / (100\text{ km/hour}) = 1\text{시간}$ (전파지연)
- 자동차 대열이 모두 두 번째 요금 계산소 도착하는데 걸리는 시간
전송 지연 + 전파 지연 = 62분

전송 지연과 전파 지연 비교: 자동차 대열 비유 (2)



- ❑ 자동차는 **시속 1000 km** 속도로 주행
- ❑ 요금 계산소는 **1분에 1대 서비스**
- ❑ 한 자동차가 한 요금 계산소에서 다음 요금 계산소로 이동하는 시간
 $100 \text{ km} / (1000 \text{ km/hour}) = 6\text{분}$ (**전파지연**)
- ❑ 7분 후에는 첫 번째 자동차가 두 번째 요금 계산소에 도착
=> 3대의 자동차는 여전히 첫 번째 요금 계산소에서 대기 중
- ❑ 모든 패킷이 첫 번째 라우터에서 전송되기 전에 패킷의 첫 번째 비트가 두 번째 라우터에 도착할 수 있음

패킷 지연 요약

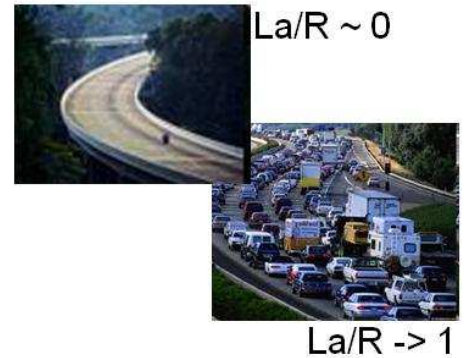
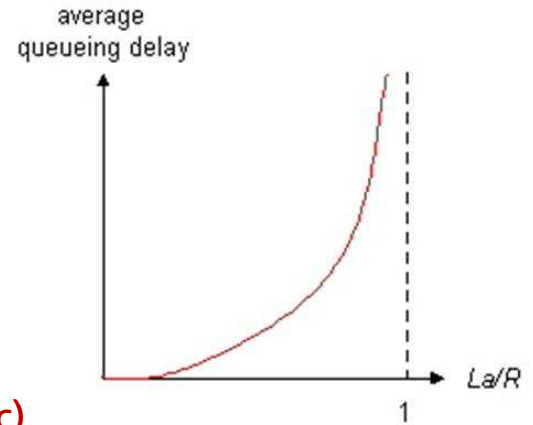
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- ❑ d_{proc} = **처리 지연 (processing delay)**
 - 일반적으로 수 마이크로 초 정도
- ❑ d_{queue} = **큐잉 지연 (queuing delay)**
 - **혼잡도(congestion)**에 좌우
- ❑ d_{trans} = **전송 지연 (transmission delay)**
 - = L/R , 저속의 링크에는 상당한 지연
- ❑ d_{prop} = **전파 지연 (propagation delay)**
 - 수 마이크로 초에서 수백 밀리 초(정지 위성)

큐잉 지연 (Queuing Delay)

□ 트래픽 강도 (traffic intensity)

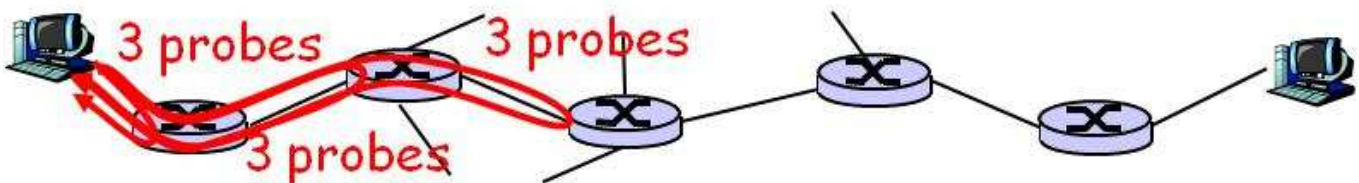
- 큐잉 지연의 정도를 측정
 - 큐가 아주 커서 무한대 비트를 저장한다고 가정
- La/R
 - R = 링크 전송률로 비트가 큐에서 나가는 비율(bits/sec)
 - L = 패킷 길이 (bits)
 - a = 패킷이 큐에 도착하는 평균율 (packets/sec)
 - La = 비트가 큐에 도착하는 평균율 (bits/sec)
- 0에 가까우면 평균 큐잉 지연은 작음
- 1에 접근하면 큐잉 지연은 아주 커짐
- 1보다 커지면 서비스 용량을 초과하여 평균 지연이 무한대로 커짐



실제 인터넷 상에서의 지연과 경로 (1)

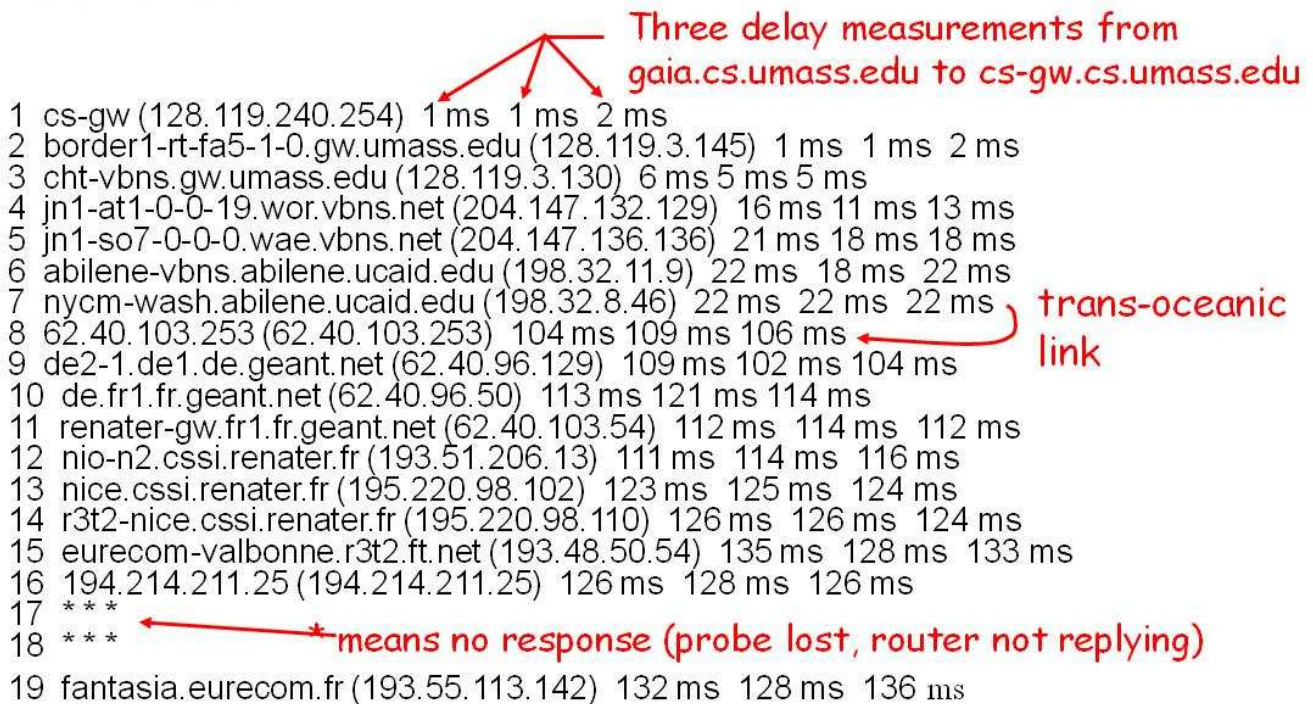
□ Traceroute 진단 프로그램

- 지정된 목적지 경로에 따라 출발지에서 라우터까지 지연을 측정
- 경로 상 모든 라우터 i 에 대해 다음을 수행
 - 경로 상의 라우터 i 에 대해 3개의 패킷을 송신
 - 라우터 i 는 송신자에게 패킷을 리턴
 - 송신자는 패킷 송신과 응답 사이 시간을 측정



실제 인터넷 상에서의 지연과 경로 (2)

traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr



실습과제 1-1: Traceroute 적용, 연습문제 P18.

P18. 윈도우(리눅스) Traceroute와 툴(임의 선택)을 사용하여 임의의 지정된 목적지 경로에 따라 출발지에서 라우터까지 지연을 측정하고 분석

- 아래의 2 종류 Traceroute 툴 사용하여 측정
- 하루 중 다른 세번의 시간에 측정하여 왕복 지연의 평균, 표준편차 계산
- 같은 대륙 및 다른 대륙의 출발지, 목적지 사이에서 측정

□ 윈도우 Traceroute 툴

- 프롬프트 창에서 윈도우 명령 **tracert** 사용
- Traceroute Tool (Top 10) 소개 사이트
<https://www.ittsystems.com/traceroute-alternatives/>
 - VisualRoute Lite 예
<http://www.visualroute.com/lite.html>

□ 리눅스

- **traeroute** 명령 사용
- 설치: **\$ sudo apt install traceroute**

실습과제 1-1: treacert 적용 예

D:\W>tracert gaia.cs.umass.edu

최대 30홉 이상의

gaia.cs.umass.edu [128.119.245.12](<은>로 가는 경로 추적:

```

1  <1 ms    <1 ms    1 ms    .
2  2 ms     1 ms     3 ms     .
3  7 ms     3 ms     3 ms     118.34.47.149
4  2 ms     2 ms     2 ms     61.78.45.119
5  2 ms     2 ms     2 ms     112.188.165.45
6  3 ms     4 ms     4 ms     203.251.43.117
7  8 ms     6 ms     6 ms     112.174.117.193
8  6 ms     5 ms     5 ms     112.174.48.154
9  5 ms     5 ms     5 ms     112.174.84.182
10 24 ms    23 ms    23 ms    210.132.124.9
11 24 ms    23 ms    24 ms    obpjbb205.int-gw.kddi.ne.jp [118.155.199.161]
12 136 ms   136 ms   136 ms   pajbb001.int-gw.kddi.ne.jp [203.181.100.194]
13 128 ms   128 ms   129 ms   ix-pa10.int-gw.kddi.ne.jp [111.87.3.126]
14 144 ms   145 ms   143 ms   124.215.192.78
15 *        *        *        요청 시간이 만료되었습니다.
16 209 ms   210 ms   209 ms   65.126.225.186
17 211 ms   210 ms   210 ms   core1-rt-xe-0-1-0.gw.umass.edu [192.80.83.109]
18 210 ms   210 ms   210 ms   lgrc-rt-106-8-po-10.gw.umass.edu [128.119.0.233]

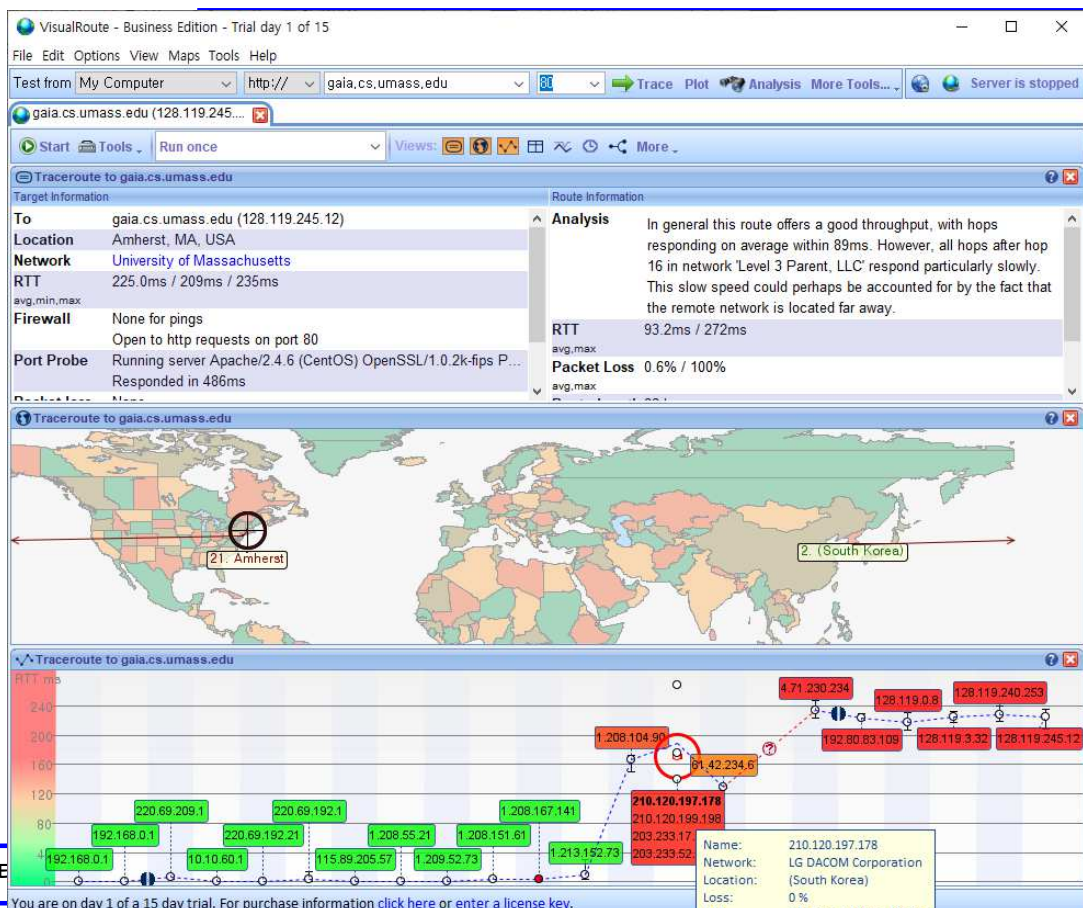
19 212 ms   212 ms   212 ms   128.119.3.32
20 210 ms   211 ms   210 ms   nscs1bbs1.cs.umass.edu [128.119.240.253]
21 212 ms   213 ms   211 ms   gaia.cs.umass.edu [128.119.245.12]
    
```

추적을 완료했습니다.

순천향대학교 컴퓨터공학과

D:\W>_

실습과제 1-1: VisualRoute 적용 예



순천향대학교 컴퓨터

인터넷

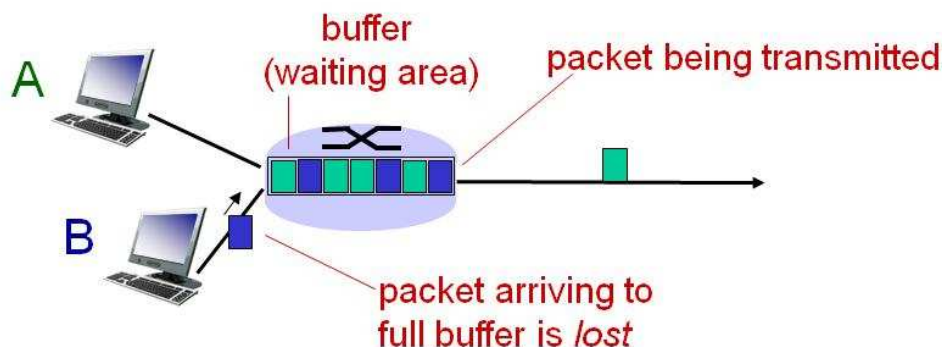
과제 제출 시 유의 사항

□ 과제 제출 시 유의 사항

- 과제는 PPT로 작성하여 학습 플랫폼 과제에 업로드
- 업로드 파일 이름: 학번-이름-과제이름.pptx
- 프로그램 소스 시작 코드에 아래와 같이 학과, 학년, 학번, 이름 작성
 ### 컴퓨터공학과 1학년
 ### 20191234 홍길동
- 타 학생과 복사본 발견 시 양 측 모두 감점
- 과제 내용 및 발표 등을 고려하여 평가
 - 제출 기한이 지나면 학습 플랫폼 업로드 안됨

패킷 손실 (packet loss)

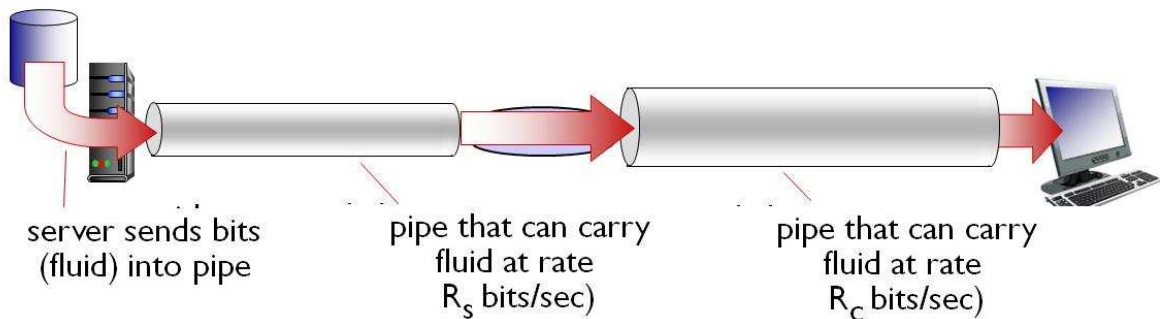
- 앞에서 큐(버퍼)가 무한대 패킷을 저장한다고 가정
- 실제로 라우터의 큐 용량이 유한하고, 큐가 차게 되어 도착한 패킷을 저장할 수 없으면 패킷을 버리게 되어 (drop), 패킷을 잃어 버림 (lost)
- 잃어 버린 패킷은 이전 노드나 출발지 종단에서 재전송 될 수 있음



처리율 (throughput) (1)

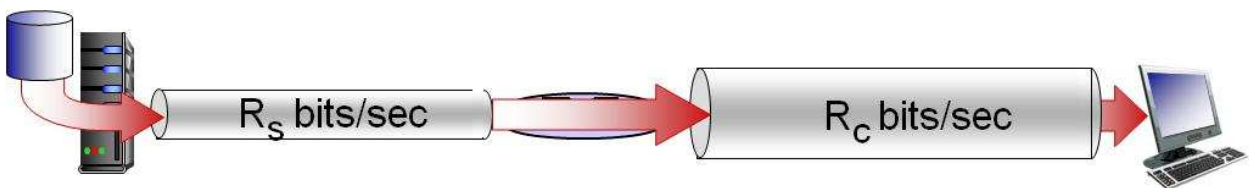
□ 처리율 (throughput)

- 중단 간에 비트가 전송되는 비율(속도, 비트/초)
- 순간적인 처리율 (instantaneous throughput)
 - 주어진 순간에 전송 비율
 - 파일 수신 시 파일을 수신하는 비율
- 평균 처리율 (average throughput)
 - 주어진 시간 동안의 전송 비율
 - 파일의 크기가 F이고 모두 수신하는데 T초 걸리면, F/T 비트/초가 평균 처리율

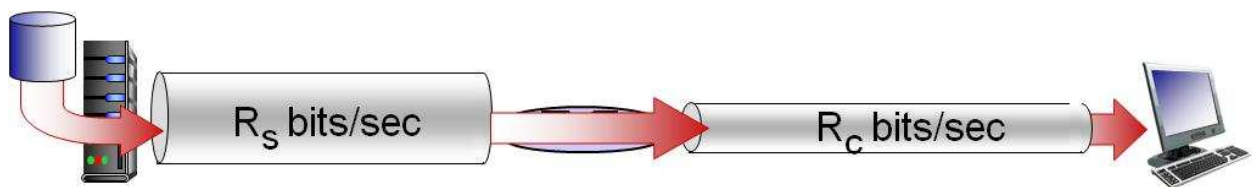


처리율 (2)

□ $R_s < R_c$ 중단 간 처리율은?



□ $R_s > R_c$ 중단 간 처리율은?

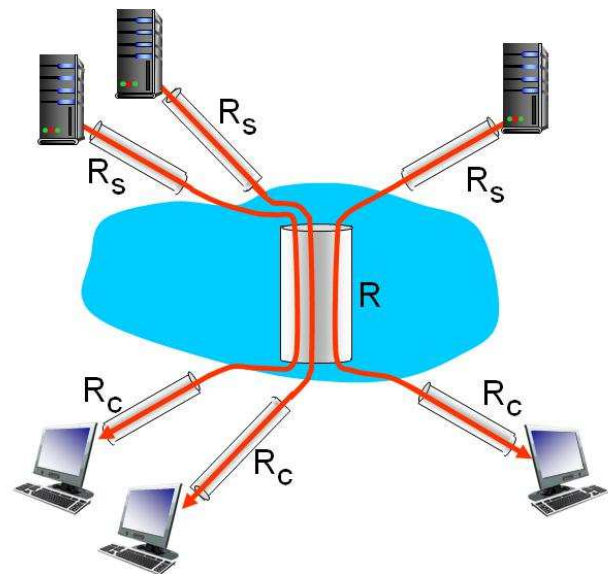


□ 병목 링크(bottle link)의 처리율이 중단 간 처리율

- 병목 링크는 중단 간 처리율을 제약하는 링크
- 처리율은 $\min(R_s, R_c)$

처리율: 인터넷 시나리오

- ❑ 10개의 클라이언트가 10개의 서버로부터 다운로드하는 예
 - 공통 링크(backbone)는 10개의 다운로드에 공평하게 전송 속도를 나눈다고 가정
- ❑ 종단 간 처리율 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- ❑ 실제 인터넷에서는 R_c 또는 R_s 가 병목 링크



10 connections (fairly) share backbone bottleneck link R bits/sec

1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷

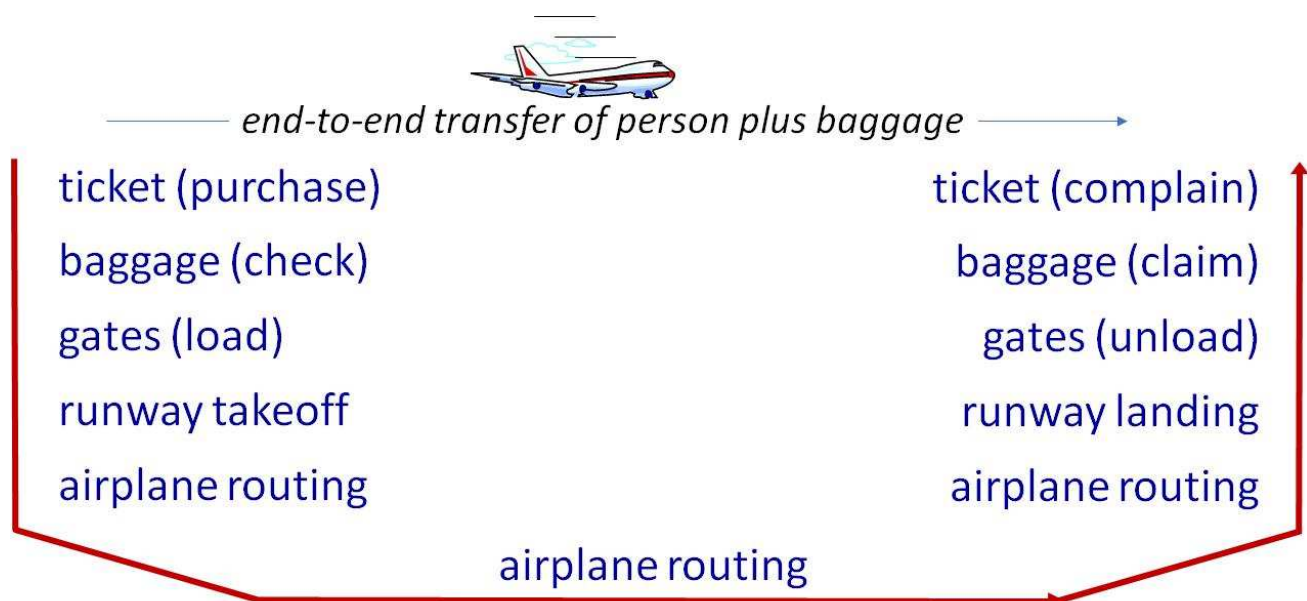
- 1.1 인터넷이란 무엇인가?
- 1.2 네트워크의 가장자리
 - 종단 시스템, 접속 네트워크, 물리 매체
- 1.3 네트워크 코어
 - 패킷 스위칭(교환), 회선 교환, 네트워크 구조
- 1.4 패킷 스위칭 네트워크에서의 지연, 손실과 처리율
- 1.5 프로토콜 계층과 서비스 모델
- 1.6 공격 받는 네트워크
- 1.7 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

프로토콜 계층 (Protocol Layers)

- ❑ 많은 요소로 구성된 인터넷은 매우 복잡한 시스템
- ❑ 많은 인터넷 구성 요소
 - 호스트, 라우터, 다양한 링크 수준의 매체
 - 다양한 애플리케이션
 - 프로토콜
 - 하드웨어, 소프트웨어
- ❑ 네트워크의 구조(structure)의 조직화(organizing)가 가능한가?

비행기 여행 과정 조직화

- ❑ 비행기 여행은 많은 서비스를 수반하는 일련의 여러 과정 수행



항공 시스템 기능의 계층화

□ 계층 (Layers): 각 계층은 서비스를 구현

- 자신의 계층 내부의 동작을 서비스로 구현
- 아래 계층에서 제공되는 서비스에 의존

ticket (purchase)	<i>ticketing service</i>	ticket (complain)
baggage (check)	<i>baggage service</i>	baggage (claim)
gates (load)	<i>gate service</i>	gates (unload)
runway takeoff	<i>runway service</i>	runway landing
airplane routing	<i>routing service</i>	airplane routing

계층화 이점

□ 계층화를 통해 크고 복잡한 시스템을 관리

□ 명확한 구조화를 통해 복잡한 시스템 요소를 구분하고, 요소 간의 관계 설정이 가능

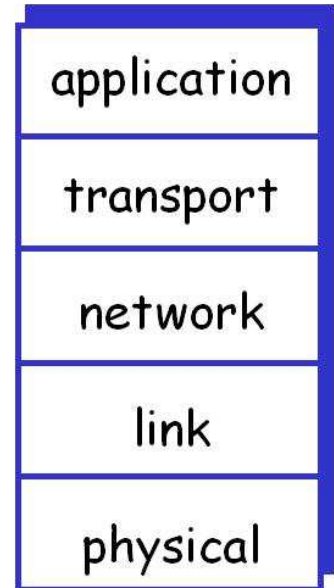
- 논의를 위한 계층화된 참조 모델 (layered reference model)
- 잘 정의된 특정 부분의 논의가 가능

□ 시스템의 유지보수와 변경이 용이

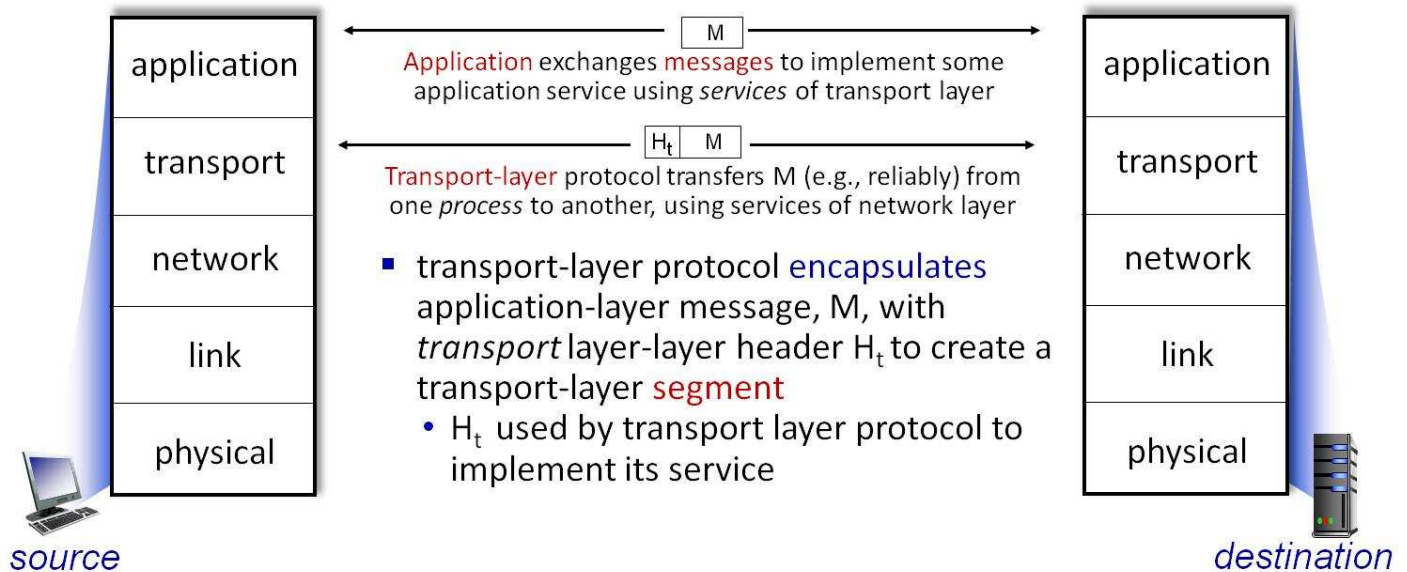
- 한 계층의 서비스 구현이 변경되어도 시스템의 나머지 부분에 영향 없음
- 예를 들어 탑승구의 기능 변화가 비행 시스템 나머지에 영향을 미치지 않음

계층화된 인터넷 프로토콜 스택 (Layered Internet Protocol Stack)

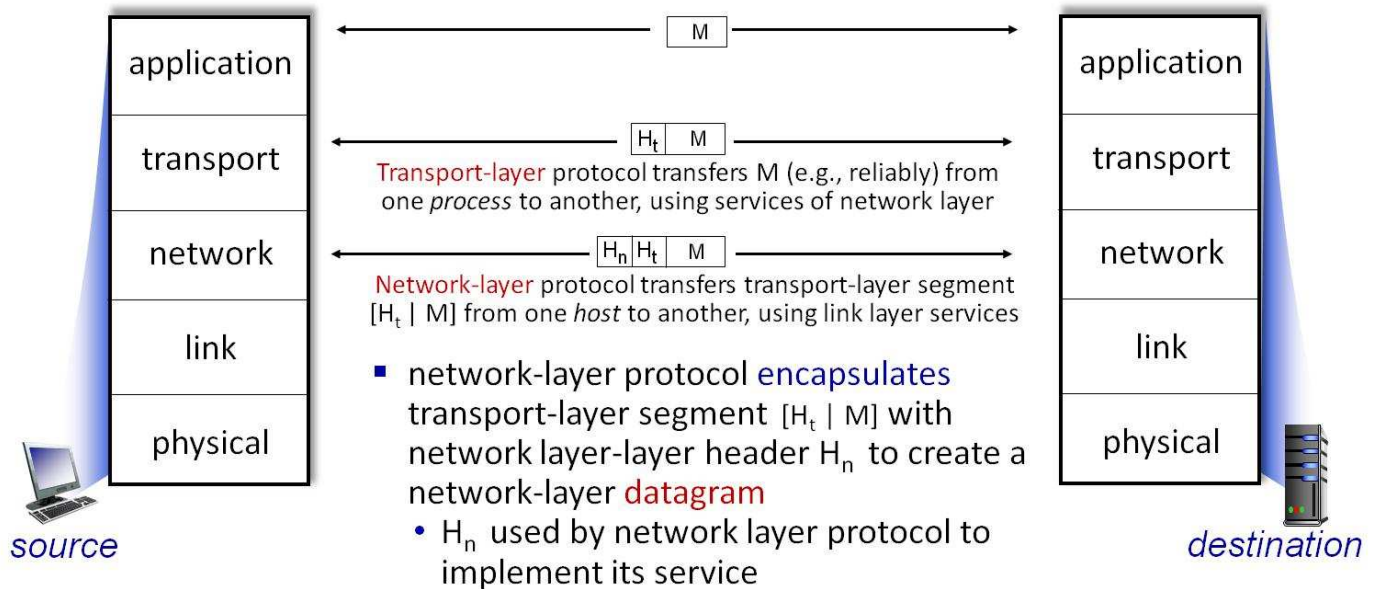
- 애플리케이션 (application)
 - 네트워크 응용을 지원
 - HTTP, SMTP, DNS
- 트랜스포트 (transport)
 - 프로세스-프로세스(process-process) 데이터 전송
 - TCP, UDP
- 네트워크 (network)
 - 한 호스트에서 다른 호스트로 데이터그램(datagram)을 라우팅
 - IP, 라우팅 프로토콜
- 링크 (link)
 - 경로 상의 인접 네트워크 노드 간의 데이터 전송
 - Ethernet, 802.11 (WiFi), PPP
- 물리 (physical)
 - 매체 상에 비트 전송



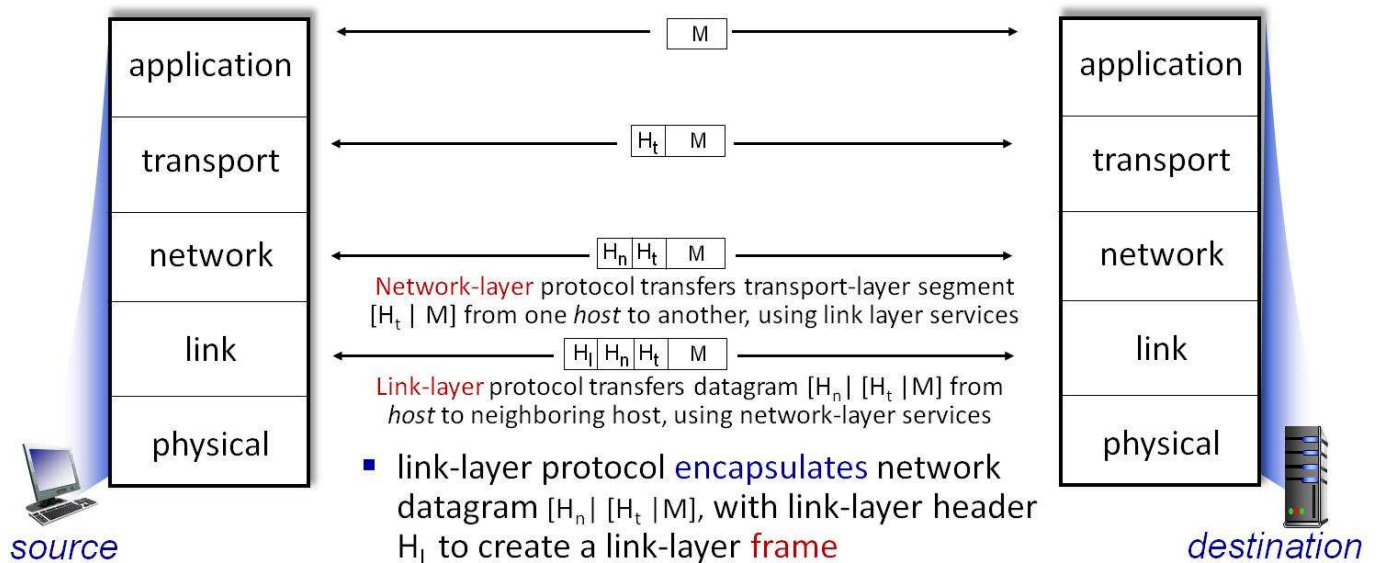
인터넷 계층의 서비스와 캡슐화 (1)



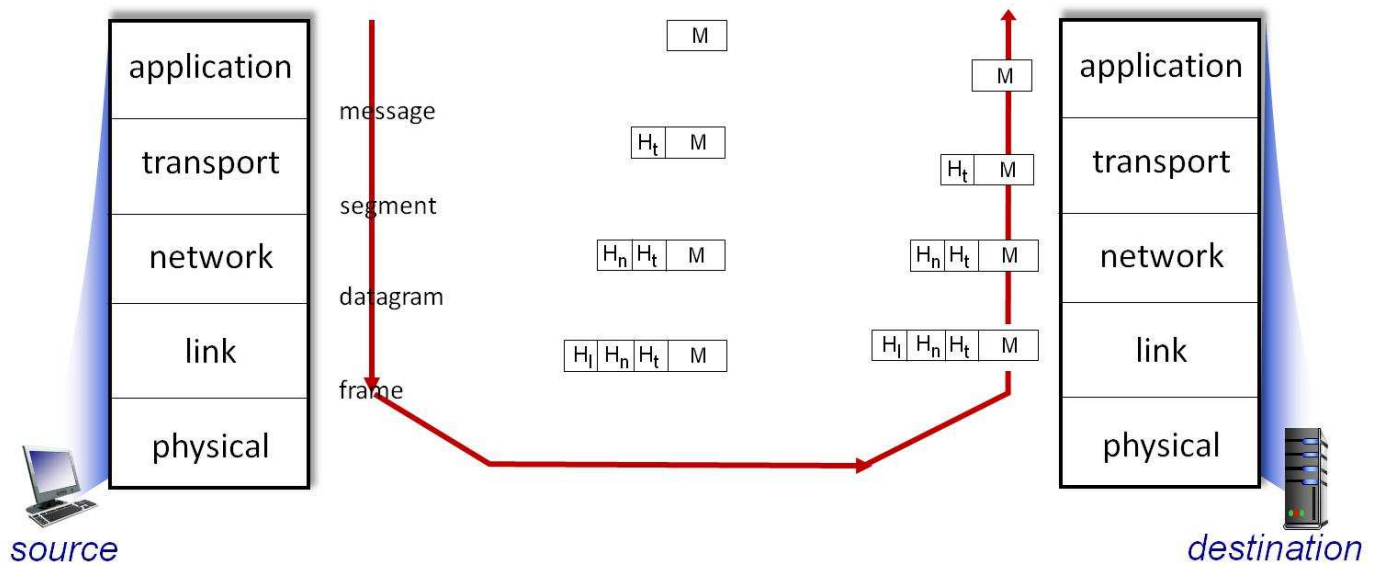
인터넷 계층의 서비스와 캡슐화 (2)



인터넷 계층의 서비스와 캡슐화 (3)

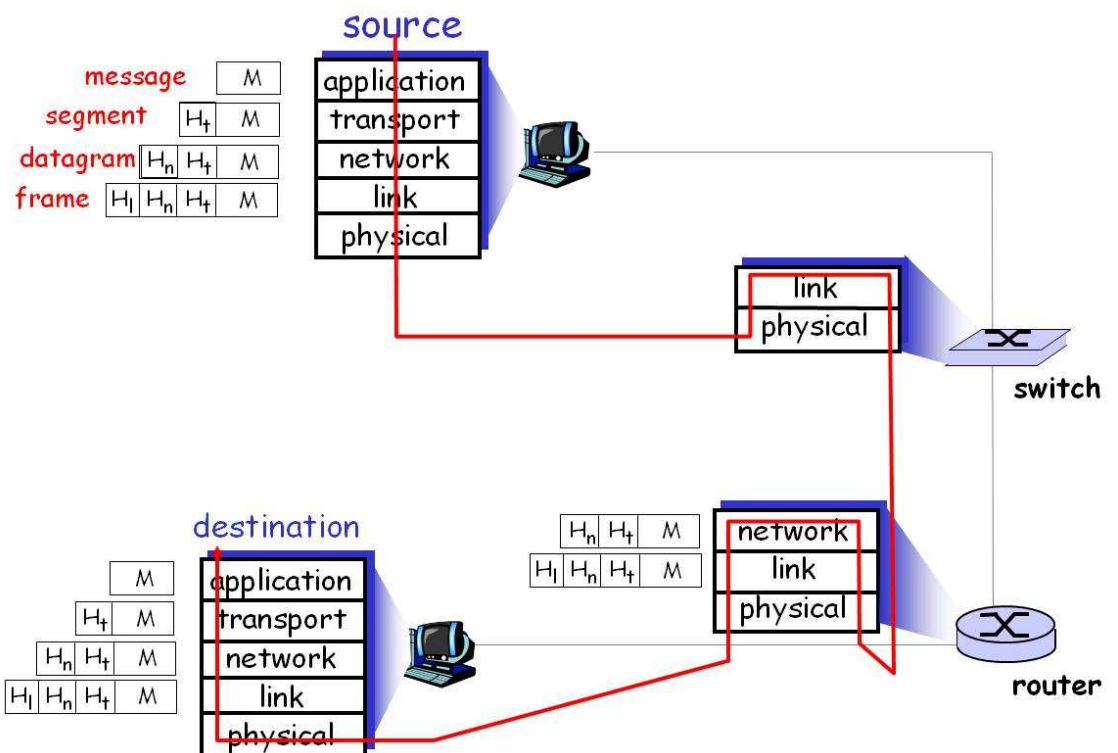


인터넷 계층의 서비스와 캡슐화 (4)



캡슐화 (Encapsulation)

□ 패킷 = 헤더(header) 필드 + 페이로드(payload) 필드



1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷

1.1 인터넷이란 무엇인가?

1.2 네트워크의 가장자리

- 종단 시스템, 접속 네트워크, 물리 매체

1.3 네트워크 코어

- 회선 교환, 패킷 스위칭(교환), 네트워크 구조

1.4 패킷 스위칭 네트워크에서의 지연, 손실과 처리율

1.5 프로토콜 계층과 서비스 모델

1.6 공격 받는 네트워크

1.7 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

네트워크 보안 (Network Security)

□ 초기 인터넷은 보안을 염두에 두고 설계되지 않았음

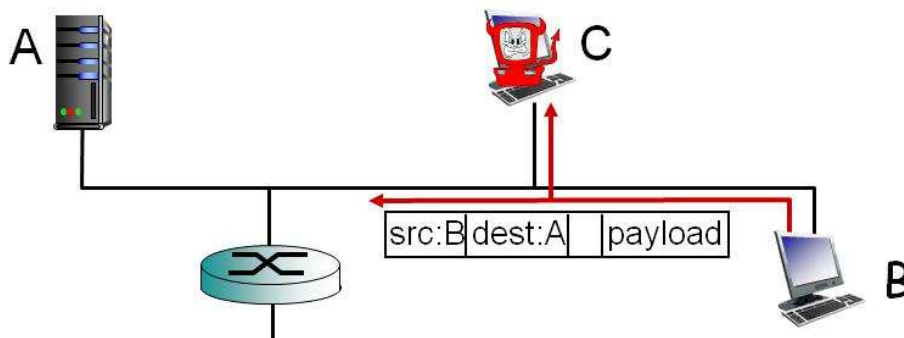
- 초기에는 서로 상호 신뢰할 수 있는 그룹들이 투명한 네트워크에 연결되었다고 가정
- 이 후 인터넷 프로토콜 설계자들이 보안을 고려하여 초기 가정의 취약점을 보완
- 모든 계층에서 보안을 고려해야 함

□ 네트워크 보안 분야가 다루는 주제

- 나쁜 친구들(bad guys)이 어떻게 컴퓨터 네트워크를 공격(attack)할 수 있는가?
- 어떻게 이러한 공격으로부터 네트워크를 방어(defend) 할 수 있는가?
- 어떻게 이러한 공격에 영향을 받지 않는 구조를 설계하는가?

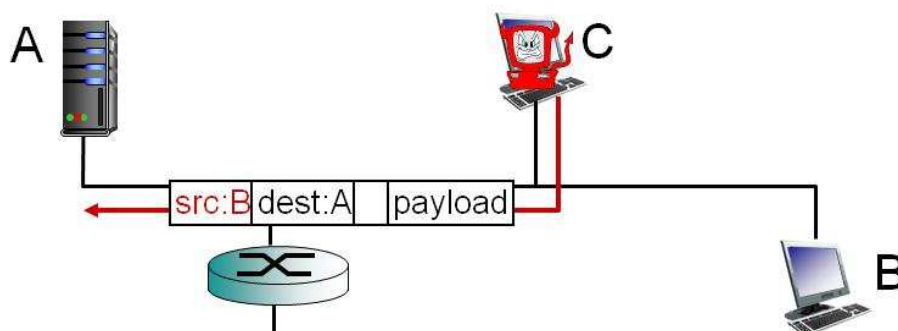
패킷을 탐지 (Packet Sniffing)

- ❑ 나쁜 친구들은 패킷을 탐지(packet sniffing)할 수 있음
 - 방송 매체 (broadcast media) 상에서 송수신되는 패킷의 사본을 탐지하여 읽고 기록
 - 공유 이더넷, WiFi 환경 등
 - 패킷 스니퍼 (packet sniffer)
 - 지나가는 모든 패킷 사본을 기록하는 수동적인 수신자
 - 본 수업에서 사용하는 Wireshark 소프트웨어도 패킷 스니퍼



위장 (masquerading)

- ❑ 나쁜 친구들은 신뢰하는 사람인 것처럼 위장(masquerading)할 수 있음
- ❑ IP 스푸핑 (IP spoofing)
 - 거짓의 출발지 주소를 가진 패킷을 전송
 - 한 사용자가 다른 사용자인 것 위장



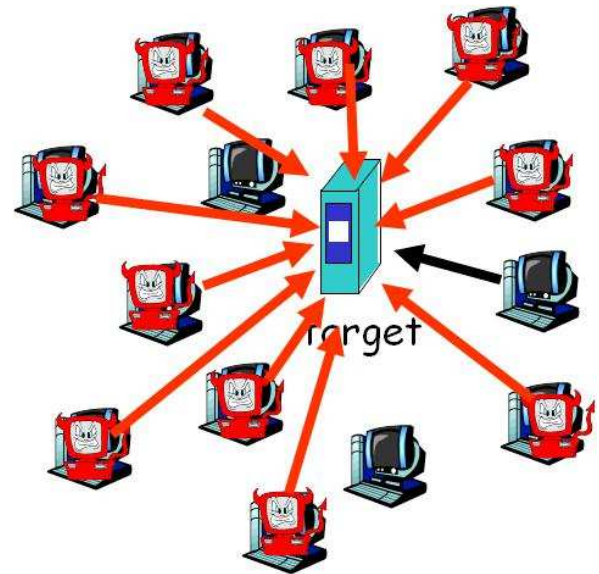
서버와 네트워크 기반구조 (Network Infrastructure) 공격

□ DOS (Denial Of Service) 공격

- 공격자가 가짜 트래픽을 발생하여 **자원(서버, 대역폭)** 등을 과점하여 정상적인 사용자가 사용할 수 없게 함

□ 분산 DOS (DDOS)

- 수 천 개의 호스트로 구성된 **봇넷(botnet)**을 이용
- 공격자는 다중의 소스를 제어하고 각 소스는 목표 대상에게 트래픽을 전송



방어 기법

□ 인증(authentication)

- 자신이 누구인가를 **확인** 받음
- 셀룰러 네트워크는 SIM 카드로 인증, 전통적인 인터넷은 이러한 하드웨어 지원이 없음

□ 기밀성(confidentiality)

- **암호화(encryption)**로 정보의 비밀을 유지

□ 무결성(integrity)

- **전자 서명** 등으로 정보의 변경을 방지

□ 접근 제한(access restriction)

- 패스워드로 보호되는 **VPN** (Virtual Private Network, 가상 사설망)

□ 방화벽(firewalls)

- 송신자, 수신자, 응용 접근을 제한하기 위해 수신되는 **패킷을 필터링**

□

1장. 컴퓨터 네트워크와 인터넷

1.1 인터넷이란 무엇인가?

1.2 네트워크의 가장자리

- 종단 시스템, 접속 네트워크, 물리 매체

1.3 네트워크 코어

- 회선 교환, 패킷 스위칭(교환), 네트워크 구조

1.4 패킷 스위칭 네트워크에서의 지연, 손실과 처리율

1.5 프로토콜 계층과 서비스 모델

1.6 공격 받는 네트워크

1.7 컴퓨터 네트워킹과 인터넷의 역사

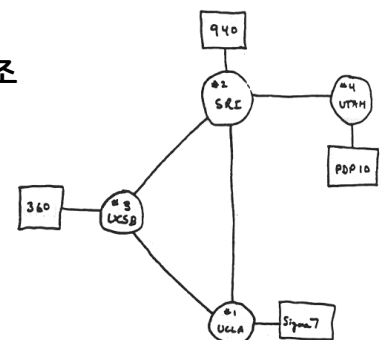
컴퓨터 네트워크



인터넷 역사 (1)

□ 1961-1972: 초기 패킷 교환 개발

- 1961: Kleinrock - 큐잉 이론을 사용하여 패킷 교환의 효율성을 보여줌
- 1964: Baran - 군사 네트워크에 패킷 교환 적용을 조사
- 1967: ARPA(Advanced Research Projects Agency)에서 ARPAnet 계획
- 1969: 첫번째 ARPAnet 노드 동작
 - 4개의 노드로 구성
 - 첫 번째 패킷 교환 컴퓨터 네트워크, 인터넷 직계 원조
- 1972:
 - ARPAnet 공개 시연
 - NCP(Network Control Protocol): 첫번째 호스트 간 프로토콜
 - 최초 전자메일 프로그램
 - ARPAnet은 15개 노드로 확장



THE ARPA NETWORK



빈트 서프

로버트 칸

인터넷 역사 (2)

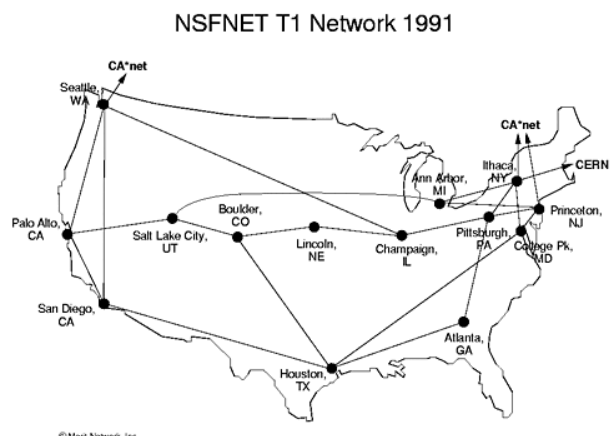
□ 1972-1980: 독점 네트워크와 인터넷워킹

- 1970: 하와이에서 ALOHAnet 위성 네트워크
- 1974: Cerf and Kahn - 상호연결 네트워크인 인터넷워킹 (internetworking) 네트워크 구조
 - 최소화, 자율(minimalism, autonomy) 네트워크
 - 네트워크를 상호 연결하기 위해 내부 변경이 요구되지 않음
 - 최선의 노력(best-effort) 서비스 모델
 - 비상태 라우팅(stateless routing)
 - 분산 제어 (decentralized control)
 - => 이 구조의 원리는 TCP 프로토콜로 구체화
- 1976: Xerox PARC에서 이더넷 프로토콜 개발
- 1970년대 후반: 독점 네트워크(proprietary network)
 - DECnet, SNA, XNA
- 1979: ARPAnet 이 200개 노드로 확장

인터넷 역사 (3)

□ 1980-1990: 새로운 프로토콜, 네트워크의 확산

- 1983: ARPAnet의 새로운 호스트 표준 프로토콜 TCP/IP가 공식 설치
- 1982: SMTP 전자메일 프로토콜 정의
- 1983: 이름-IP 주소 변환 DNS 정의
- 1985: FTP 프로토콜 정의
- 1988: TCP 혼잡 제어(congestion control)
- 새로운 네트워크들 등장
 - Csnnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 10만개의 호스트들이 네트워크들의 동맹으로 연결



인터넷 역사 (4)

□ 1990, 2000년대 : 인터넷 상업화, 웹, 새로운 애플리케이션

- 1990년대 초반: ARPAnet 종료
- 1991: NSFnet 상업화 제한 해제
 - 1995년 NSFnet 종료
- 1990년대 초반: 웹(WWW, World Wide Web) 출현
 - 하이퍼텍스트(hypertext) [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, Netscape
 - 1990년대 후반: 웹의 상업화
- 1990년대 후반-2000년대:
 - 더 많은 킬러 애플리케이션: 인스턴트 메시징, P2P 파일 공유
 - 네트워크 보안 전면 등장
 - 5천만개 호스트, 1억 이상의 사용자
 - 백본(backbone) 링크가 Gbps급에서 동작



인터넷 역사 (5)

□ 2005 ~ 현재: 확장, 이동성, 클라우드

- ~18B 디바이스가 인터넷에 연결 (2017)
 - 스마트폰의 등장 (iPhone: 2007)
 - 인터넷 상에서 고정된 디바이스 보다 더 많은 접속
- 고속 무선 접속을 활용한 유비쿼터스 접속: 4G/5G, WiFi
- 서비스 제공자(구글, 페이스북 등)가 자신들의 네트워크 구축
 - 상업용 인터넷을 우회하여 소셜 미디어, 검색, 비디오 콘텐츠로 즉시 접속 제공
- 클라우드 상에서 전자상거래, 대학, 기업 등이 자신의 서비스를 수행
 - 아마존 EC2, 구글 Application Engine, 마이크로소프트 Azure
- 스마트폰의 등장
 - 인터넷 상에서 고정된 디바이스 보다 더 많은 접속

□ 컴퓨터 네트워크 전 분야를 소개

- 인터넷 개요
- 프로토콜이란 무엇인가?
- 네트워크 가장자리, 코어, 접속 네트워크
 - 패킷교환 대 회선교환
 - 인터넷 구조
- 성능: 손실, 지연, 처리율
- 계층, 서비스 모델
- 보안
- 역사

과제 - 복습문제, 연습문제

- R10. 본인이 사용하는 서로 다른 무선 기술과 그들의 특성
- R12. 회선 교환과 패킷 교환, TDM과 FDM
- R16. 종단 간의 지연 요소, 고정 지연과 가변 지연
- P6. 전파 지연과 전송 지연
- R23. 인터넷 프로토콜 스택의 5개 계층
- R24. 캡슐화와 비캡슐화