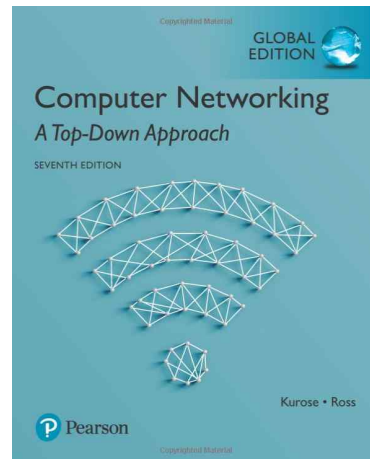


# Chapter 1

## Introduction

Seongwook Youn

Department of Software  
Korea National University of  
Transportation



*Computer Networking:  
A Top Down Approach*  
7<sup>th</sup> edition  
Jim Kurose, Keith Ross  
Addison-Wesley

Introduction 1-1

## Chapter 1: introduction

### *our goal:*

- ❖ get “feel” and terminology 전문 용어
- ❖ more depth, detail later in course
- ❖ approach:
  - use Internet as example

### *overview:*

- ❖ what's the Internet?
- ❖ what's a protocol?
- ❖ network edge; hosts, access net, physical media
- ❖ network core: packet/circuit switching, Internet structure
- ❖ performance: loss, delay, throughput
- ❖ security
- ❖ protocol layers, service models
- ❖ history

Introduction 1-2

# Chapter I: roadmap

## I.1 what is the Internet?

## I.2 network edge

- end systems, access networks, links

## I.3 network core

- packet switching, circuit switching, network structure

## I.4 delay, loss, throughput in networks

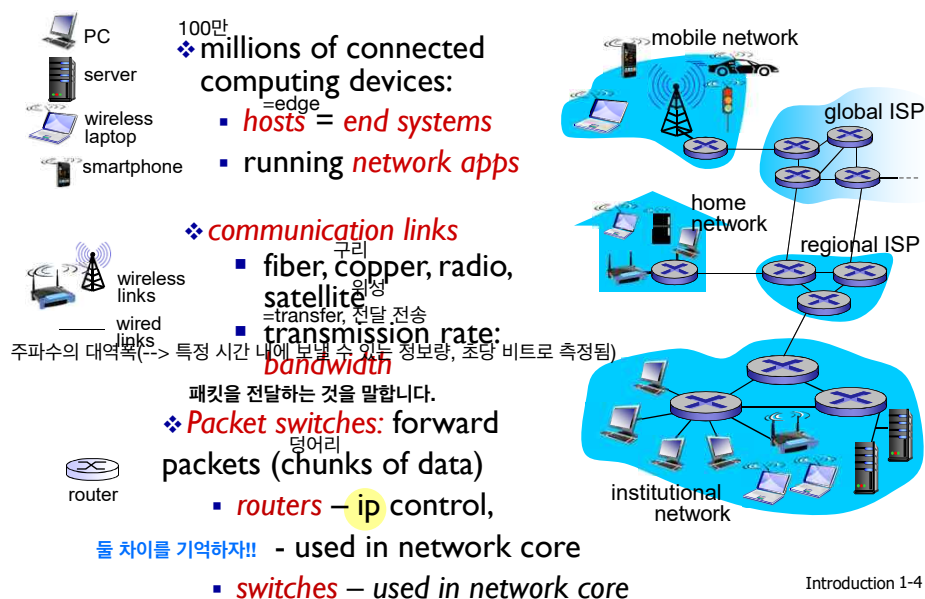
## I.5 protocol layers, service models

## I.6 networks under attack: security

## I.7 history

Introduction 1-3

# What's the Internet: "nuts and bolts" view



Introduction 1-4

## “Fun” internet appliances



IP picture frame  
<http://www.ceiva.com/>



Web-enabled toaster +  
weather forecaster



Tweet-a-watt:  
monitor energy use



Internet  
refrigerator



Slingbox: watch,  
control cable TV remotely



sensorized,  
bed  
mattress



Internet phones

Introduction 1-5

## What's the Internet: “nuts and bolts” view

### ❖ **Internet: “network of networks”**

■ Interconnected ISPs

### ❖ **protocols** control sending,

receiving of msgs

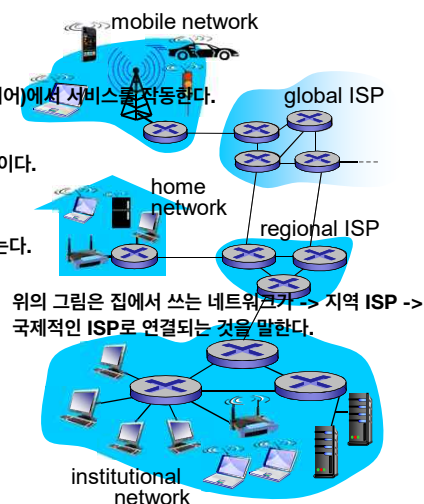
■ e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11

### ❖ **Internet standards**

■ 컴퓨터 네트워크의 특정 기술들은 RFC+번호가 붙는다.

■ RFC: Request for comments

■ IETF: Internet Engineering Task Force

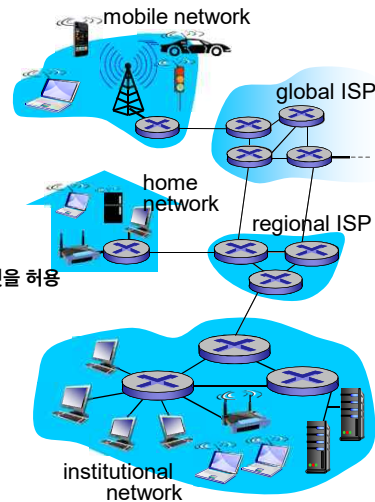


위의 그림은 집에서 쓰는 네트워크가 -> 지역 ISP -> 국제적인 ISP로 연결되는 것을 말한다.

Introduction 1-6

## 2 What's the Internet: a service view

- 사회 기반 시설
- ❖ *Infrastructure that provides services to applications:*
    - Web, VoIP, email, games, e-commerce, social nets, ...
  - ❖ *provides programming interface to apps*
    - hooks that allow <sup>app program에 연결되는 것을 허용</sup> sending and receiving app programs to "connect" to Internet
    - provides service options, <sup>우편의</sup> analogous to postal service



Introduction 1-7

네트워크 상에서 파일을 전송하는 규칙 = 통신규약

## What's a protocol?

### *human protocols:*

- ❖ "what's the time?"
- ❖ "I have a question"
- ❖ introductions

... specific msgs sent

... specific actions taken when msgs received, or other events

### *network protocols:*

- ❖ machines rather than humans
- ❖ all communication activity in Internet governed by <sup>관리</sup> protocols

**프로토콜의 개념을 알아두자!!**

프로토콜은 네트워크 entities와

송수신에 대한 구성과 메시지 순서를 정의한다.

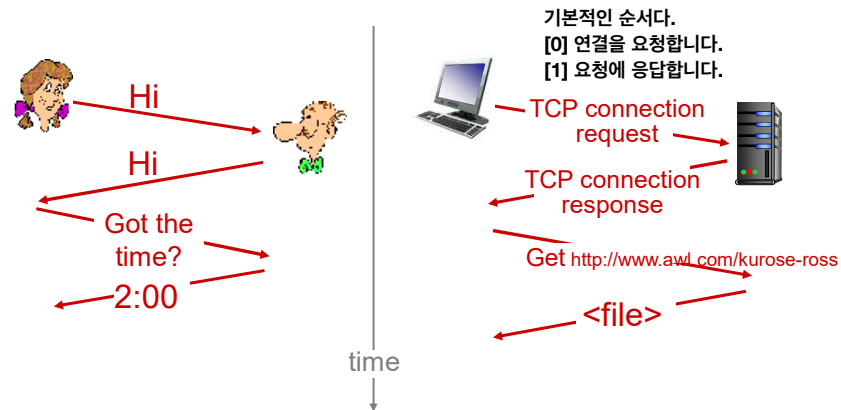
**protocols define format, order of msgs sent and received among network entities, and actions taken on msg transmission, receipt**

예를 들어 맨 처음에 보내지는 메시지는 어떤 것이고~~

Introduction 1-8

# What's a protocol?

a human protocol and a computer network protocol:



Introduction 1-9

## 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

Introduction 1-10

## A closer look at network structure:

--> outside of the network #mobile, home, 큰 회사의 컴퓨터 망

### ❖ network edge:

- hosts: clients and servers
- servers often in data centers

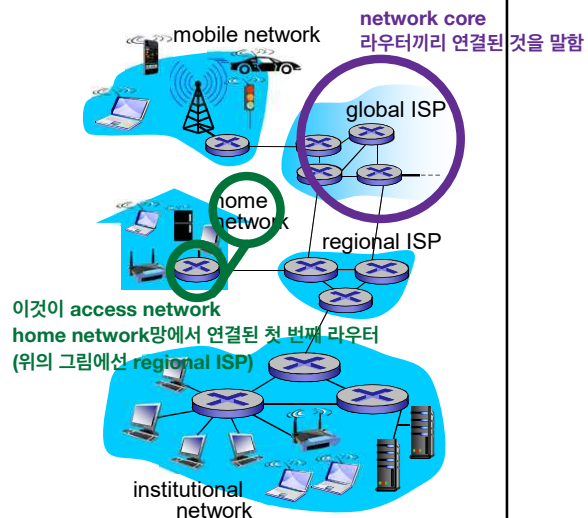
### ❖ access networks

- The network that physically connects and end system to the first router on a path from the end system to any other distant end system

### ❖ physical media: wired, wireless communication links

### ❖ network core:

- interconnected routers
  - network of networks
- 최근에는 라우터가 스위치 역할도 한다.



Introduction 1-11

## Access networks and physical media

### Q: How to connect end systems to edge router?

- ❖ residential access nets
- ❖ institutional access networks (school, company)
- ❖ mobile access networks

### keep in mind:

access network에서 속도 개념은 bandwidth라는 것을 기억해야한다.

- ❖ bandwidth (bits per second) of access network?

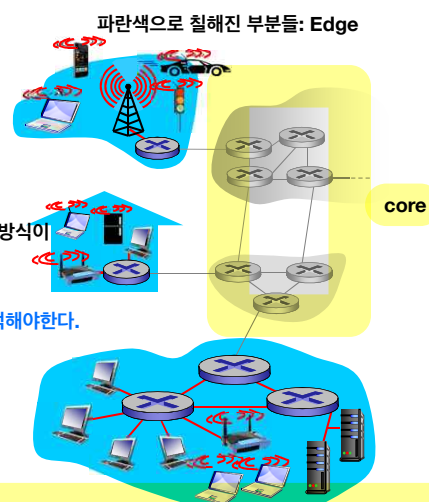
- ❖ shared or dedicated?

초당 비트로 계산된다.

<방식>

-shared: 공유

-dedicated: 특정 권한을 받은 한 명이 사용



학교나 회사 같은 경우는 이렇게 큰 access network 가 형성이 된다.  
\*\*이렇게 큰?? 1) 컴퓨터들이 연결되고 2) 그 위로 라우터들이 연결 된 것을 말한다.

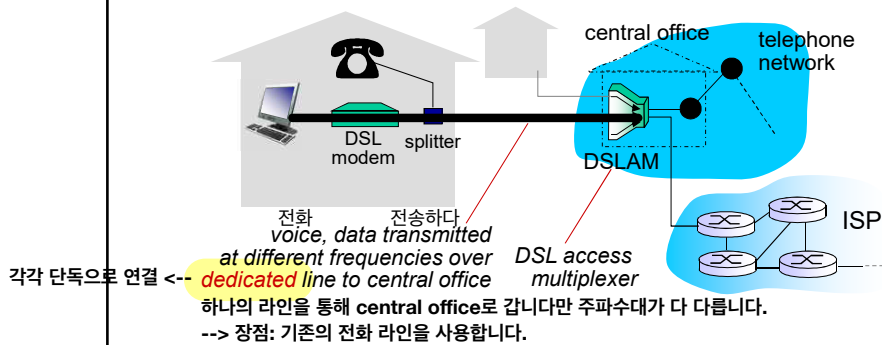
Introduction 1-12

DSL과 Cable 네트워크의 차이를 잘 알아둬야 합니다!!

1

구독자, 기부자, 이용자

## Access net: digital subscriber line (DSL)

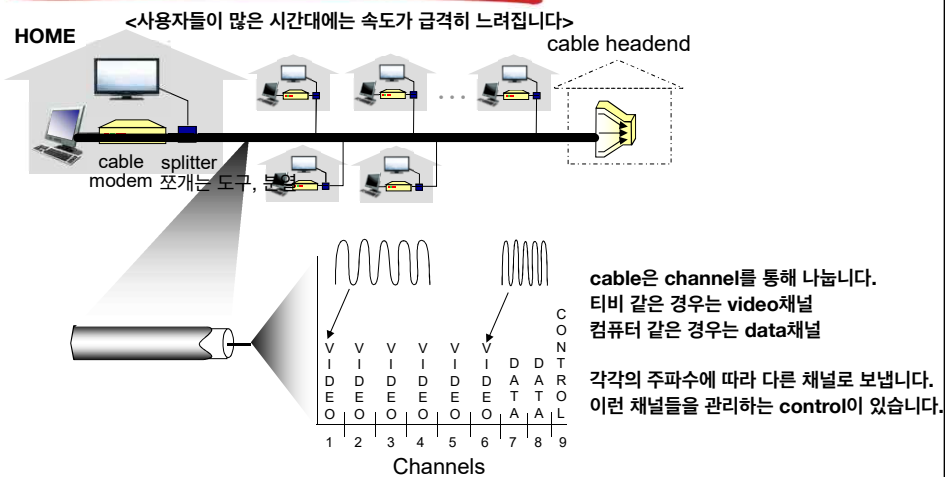


- ❖ use **existing** telephone line to central office DSLAM
  - data over DSL phone line goes to Internet
  - voice over DSL phone line goes to telephone net
- ❖ < 2.5 Mbps upstream transmission rate (typically < 1 Mbps)  
 이론적으로 봐도 매우 느립니다~~
- ❖ < 24 Mbps downstream transmission rate (typically < 10 Mbps)

Introduction 1-13

2

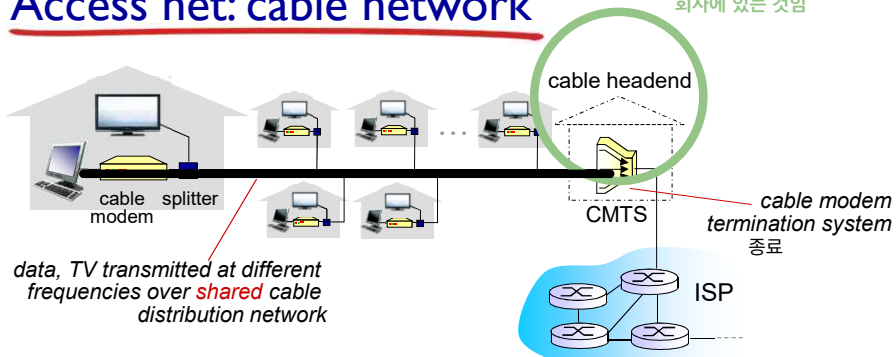
## Access net: cable network



Introduction 1-14

케이블 분산 네트워크

## Access net: cable network



[컴퓨터/통신] HFC 네트워크는 광섬유와 동축 케이블을 함께 사용하는 선로망 --> 광 무선 혼합망

### ❖ HFC: hybrid fiber coax

비대칭의 <-> symmetrical

- asymmetric: up to 30Mbps downstream transmission rate, 2 Mbps upstream transmission rate

### ❖ network of cable, fiber attaches homes to ISP router

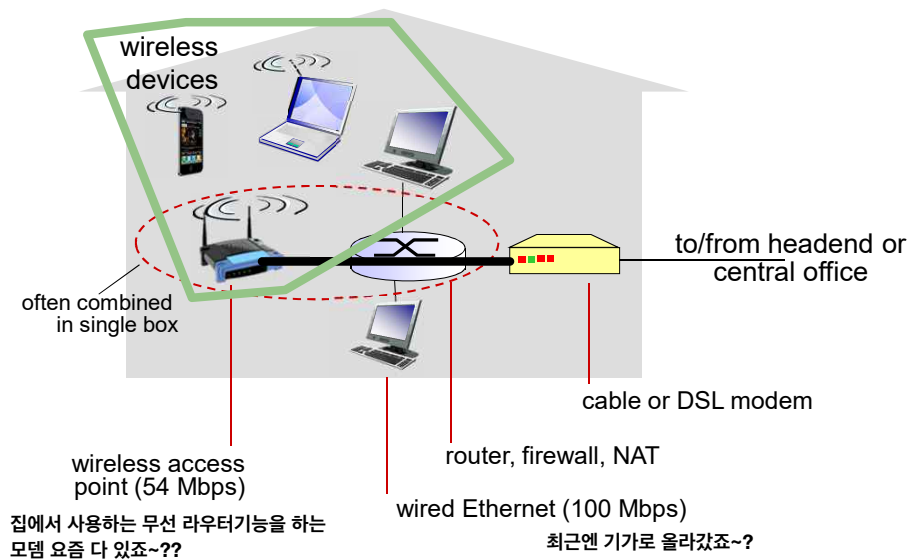
- homes share access network to cable headend
- unlike DSL, which has dedicated access to central office

DSL방식에 비하면 빠릅니다.

Introduction 1-15

## 3

## Access net: home network

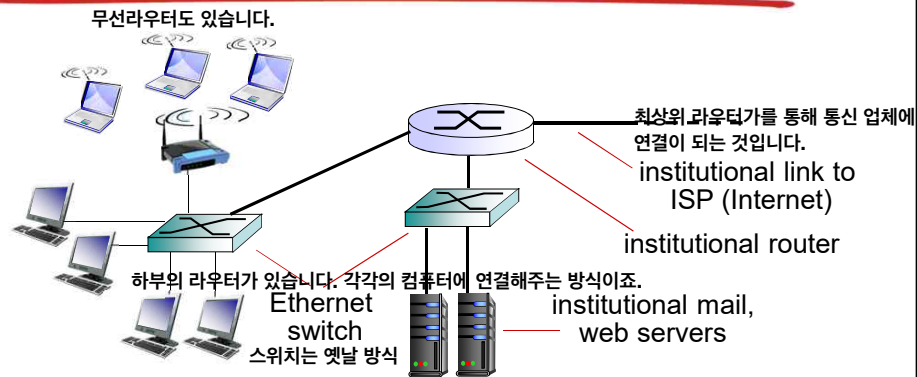


Introduction 1-16



#### 4

### Enterprise access networks (Ethernet)



- ❖ typically used in companies, universities, etc
- ❖ 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps transmission rates
- ❖ today, end systems typically connect into **Ethernet switch**

--> 이젠 이것도 올드한 개념임  
라우터 가격이 저렴해지면서  
라우터가 스위치의 기능까지 포함하고 있음  
스위치 -> 라우터로 바뀜!!!

#### 5

### Wireless access networks

end system과 router은 access point를 이용해서 연결되어있다.

- ❖ shared wireless access network connects end system to router
  - via base station aka "access point"

#### wireless LANs:

- within building (100 ft)
- 802.11b/g (WiFi): 11, 54 Mbps transmission rate

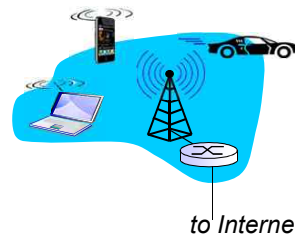
802.11  
네트워크 공부하는  
사람에겐 공부해 볼  
네트워크

>>자동차  
내부의 통신망



#### wide-area wireless access

- provided by telco (cellular) operator, 10' s km
- between 1 and 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE 5G



## Host: sends *packets* of data

host sending function:

- ❖ takes application message
- ❖ breaks into smaller chunks, known as *packets*, of length  $L$  bits
- ❖ transmits packet into access network at *transmission rate  $R$* 
  - link transmission rate, aka link *capacity*, aka *link bandwidth*

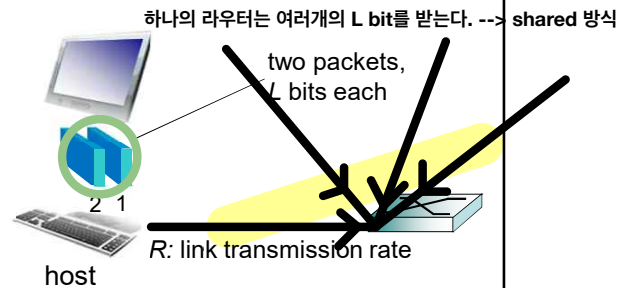
전혀 어려운 것 아니니깐 이해하라고 하셨음!!

$$\boxed{\text{packet transmission delay}} = \text{time needed to transmit } L\text{-bit packet into link} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

패킷 전송 단위  
패킷 전송 속도

[1] 하나의 선 안에서도 발생

[2] 여러개의 선의 것을 받느라 쌓여서 발생



break into

- 1) (건물예) 침입하다, (자동차) 억지로 열다
- 2) (갑자기) ~하기 시작하다
- 3) (갑자기) (더빨리) 달리기 시작하다



전자 통신 개념  
망어리

## Physical media

- ❖ **bit**: 전파하다 propagates between transmitter/receiver pairs
- ❖ **physical link**: 전송 수선 사이에는 link(유선, 무선)가 있다 what lies between transmitter & receiver
- ❖ **guided media**: 유선인 경우
  - signals propagate in solid media: copper, fiber, coax
- ❖ **unguided media**: 전파하다
  - signals propagate freely, e.g., radio

그냥 뿌려버리는 것인데, 다음 장에 더 자세한 설명이 있음

### twisted pair (TP)

- ❖ two insulated copper wires

절연 처리를 하다, ~을 보호하다

- > 카테고리에 따라 속도가 다 다를 수 있음
  - Category 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
  - Category 6: 10Gbps



## 1 guided media

### Physical media: coax, fiber

동축 케이블 # coaxial = 같은 축의, 같은 축을 가진

#### coaxial cable:

- ❖ two concentric copper conductors
  - 중심이 같은
  - 전도체
- ❖ bidirectional
  - 두 방향으로 작용하는, 양방향의
- ❖ broadband:
  - 광대역
  - multiple channels on cable
    - 광동축 혼합망
  - HFC



--> 송수신 길이가 길어질수록 신호가 약해지기 때문에 중간에 증폭기(리피터)가 필요하다.

광섬유 케이블

#### fiber optic cable:

- ❖ glass fiber carrying light pulses, each pulse a bit
  - 진동
- ❖ high-speed operation:
  - high-speed point-to-point transmission (e.g., 10's-100's Gbps transmission rate)
    - 차레차레로
- > 에러율이 낮기 때문에 송수신 길이가 길어져도 괜찮다.
- ❖ low error rate:
  - 반복기
  - repeaters spaced far apart
    - ~에 영향을 받지 않는
  - immune to electromagnetic noise
    - 전자기의

심지어 근처에 자기장을 일으키는 물질(전자레인지)이 있어도 괜찮다.(강하다)



Introduction 1-21

## 2 unguided media

### Physical media: radio

- ❖ signal carried in electromagnetic spectrum
- ❖ no physical "wire"
- ❖ bidirectional
- ❖ propagation environment effects:
  - 전달, 전파
  - reflextion
    - 반사, 반향 --> 굴절
  - obstruction by objects
    - 어떤 물체(콘크리트가 두꺼운벽)에 의해 굴절될 수 있다.(무산될 수 있다.)
  - interference
    - 방해, 차단

--> 간섭 받을 수도 있다.

=> 확실히 유선에 비해 방해 많이 받음

#### radio link types:

- ❖ terrestrial microwave
  - 지상파를 이용하는
  - 극초단파
  - e.g. up to 45 Mbps channels
- ❖ LAN (e.g., WiFi)
  - 11 Mbps, 54 Mbps
- ❖ wide-area (e.g., cellular)
  - 전화용 네트워크
  - 3G cellular: ~ few Mbps
- ❖ satellite
  - 전화
  - > 요즘은 군사용으로 많이 사용(잘 안 사용한다)
  - Kbps to 몇 Mbps channel (or multiple smaller channels)
  - 270 msec end-end delay
    - 지구정지궤도
  - geosynchronous versus low altitude
    - ~에 비해

Introduction 1-22

# Chapter 1: roadmap

## 1.1 what is the Internet?

network edge와 core의 분류를 알아두세요

## 1.2 network edge

- end systems, access networks, links

## 1.3 network core

네트워크 내부에 있는 아래의 3가지를 말합니다.

- 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

Introduction 1-23

# The network core

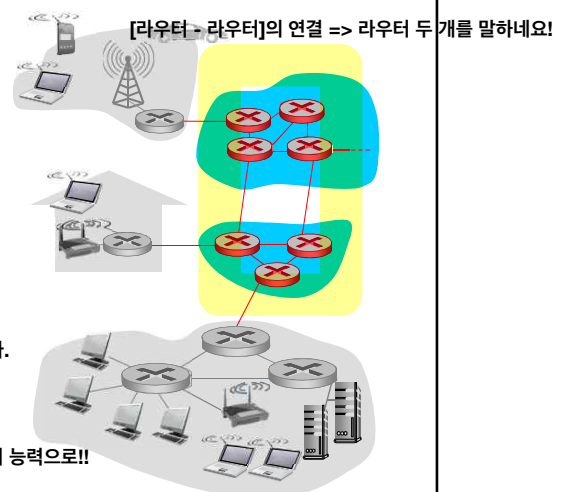
그물망

- ❖ 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 --> 링크를 통해서 보냅니다.
- each packet transmitted at full link capacity

--> link가 가지고 있는 최대의 능력으로!!



Introduction 1-24

1

## Packet-switching: store-and-forward

layer 1

application

$L$  bits per packet

Source - Router - Destination으로 구성됩니다.

source 3 2 1 하나가 다 받아지고 나서야 다음 목적지/라우터로 이동할 수 있다.

$R$  bps 속도로 전송!!  $L$  bit의 세를

destination

한 단계에서 발생하는 transmission delay는 5초라는 말임  
-> end-end delay는 10초임

one-hop numerical example:

- $L = 7.5$  Mbits
- $R = 1.5$  Mbps
- one-hop transmission delay = 5 sec
- > end to end delay: 10초입니다.

- ❖ 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)

이게 무슨말이냐면  
원래는 transmission delay외에도 매체 자체의 delay가 있다.  
propagation delay라고 하는데, 여기서는 가정 안 하는 걸로~

more on delay shortly ...

Introduction 1-25

이해하고 있어야 할 것 같습니다.

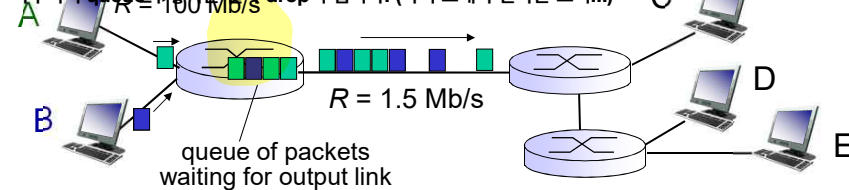
1) queueing delay: queue에 데이터가 쌓이는 것, 2) loss: queue에 더 이상의 공간이 없어 데이터가 drop되는 것

## Packet Switching: queueing delay, loss

data가 들어오는 속도(100Mb/s)에 비해 나가는 속도(1.5Mb/s)가 느립니다.

그러면 라우터에 쌓이게 됩니다. => queueing delay

라우터의 queue가 쌓이면 결국 drop이 됩니다. (다시 보내야 한다는 소리...)



대기행렬

**queueing and loss:** 데이터가 들어오는 속도 > 나가는 속도 일 때 발생합니다.

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

Introduction 1-26

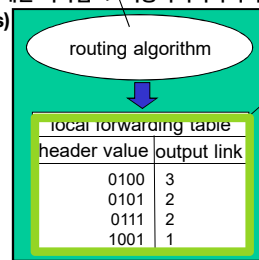
되게 중요한 개념이고 반드시 기억해 주세요  
라우터와 스위치의 차이도 알아보면 좋아요

## Two key network-core functions

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

### routing algorithms

전체 네트워크에서 보내는 시작점 -> 최종목적지까지의 길을 정합니다.  
(router algorithms)



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

forwarding은 훨씬 작은 개념입니다.  
각각의 라우터(현재 라우터)에서 일어납니다.

[0] 현재 라우터에 데이터가 들어옵니다.

[1] 현재 라우터에 나가는 방향이 1,2,3이 있는 걸 확인하고 나갈 문(output)을 정합니다.

dest address in arriving packet's header

header값을 보고 각각의 라우터들은 forwarding을 합니다.

Network Layer 4-27

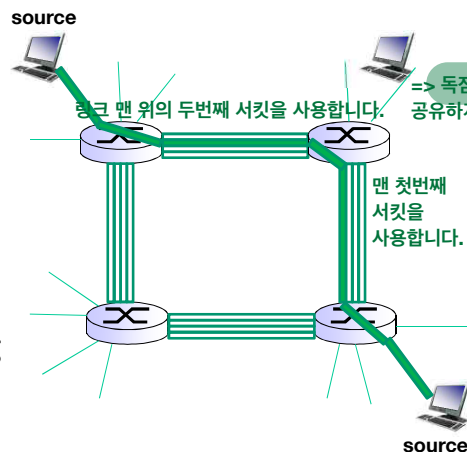
2

대안이 되는

## Alternative core: circuit switching

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

- ❖ In diagram, each link has four circuits.
  - call gets 2<sup>nd</sup> circuit in top link and 1<sup>st</sup> circuit in right link.
- ❖ dedicated resources: no sharing
  - circuit-like (guaranteed) performance
- ❖ circuit segment idle if not used by call (no sharing) --> 누구를 부르지 않음 = 다른 애들은 사용할 수 없음
- ❖ Commonly used in traditional telephone networks 전화망에서 많이 사용



=> 독립적으로 잡으며 누구와 공유하지 않습니다.

맨 첫번째 서킷을 사용합니다.

링크 맨 위의 두번째 서킷을 사용합니다.

Introduction 1-28

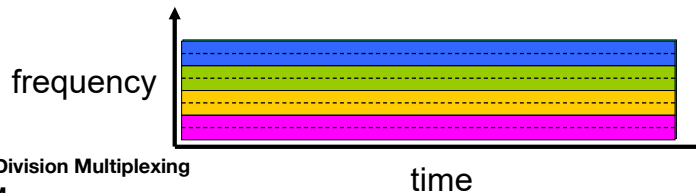
두 가지 타입이 있다.

## Circuit switching: FDM versus TDM

Frequency-Division Multiplexing  
FDM

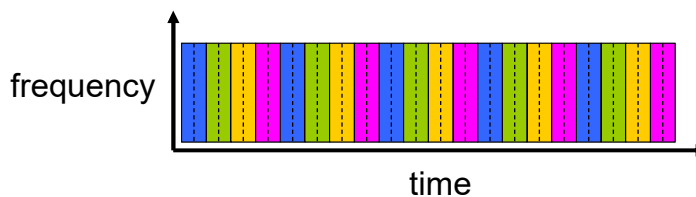
Example:

4 users



주파수를 다 다르게 사용합니다.

Time-Division Multiplexing  
TDM



시간을 다르게 사용합니다.

Introduction 1-29

## Packet switching versus circuit switching

~에 비해

*packet switching allows more users to use network!*

example:

- 1 Mb/s link
- each user:
  - 100 kb/s when “active”
  - active 10% of time

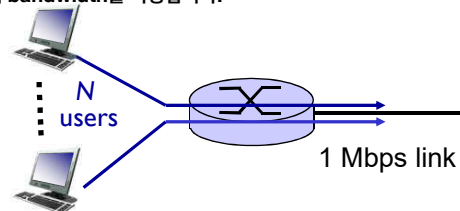
❖ *circuit-switching:*

- 10 users

❖ *packet switching:*

- A lot of users

10명의 user가 고정된 링크를 10분의 1씩 고정하여 사용합니다.  
이때 bandwidth를 사용합니다.



circuit switching은 고정되어 있어서 개런티를 제공할 때 유리하다.  
패킷 스위칭은 많은 사용자들이 이용할 때 유리하다.

Introduction 1-30

## Packet switching versus circuit switching

성공이 확실한  
is packet switching a “slam dunk winner?”

1) 데이터가 갑자기 집중적으로 한번씩 소규모로 발송됨을 가르킴, 2) 한 차례씩 발생하는

❖ great for bursty data

▪ resource sharing

▪ simpler, no call setup

지나친, 과도한 혼잡

❖ excessive congestion possible: packet delay and loss

▪ protocols needed for reliable data transfer, congestion control--> 단점

❖ Q: How to provide circuit-like behavior? 서킷 같은 행동을 어떻게 구사할 수 있습니까?

▪ bandwidth guarantees needed for audio/video apps

▪ still an unsolved problem

Packet switching은

(1) 많은 데이터들을 한꺼번에 보낼 때 유리합니다.

(2) 과도한 혼잡이 발생할 수 있습니다.

(3) 서킷 스위칭은 실시간 오디오/비디오를 보낼 때, 끊기지 않는 속도를 보낼 때 사용하면 좋습니다.

Introduction 1-31

## 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

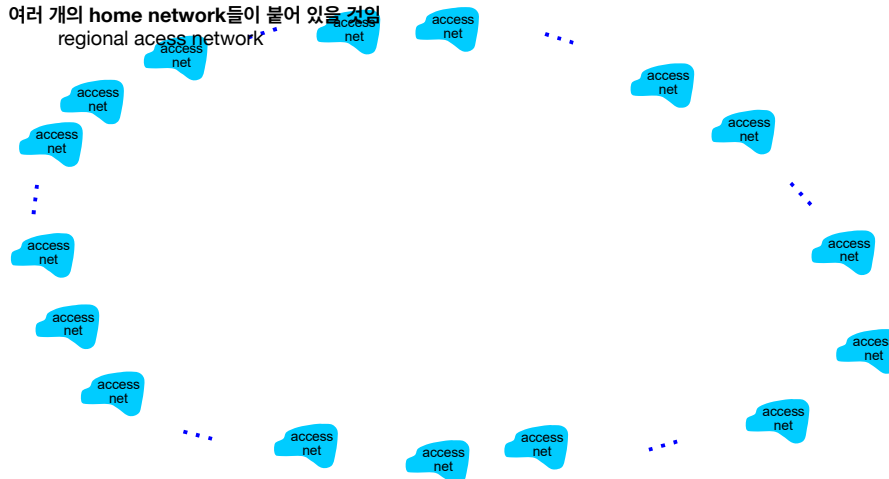
❖ Let's take a stepwise approach to describe current Internet structure



### 3 Internet structure: network of networks

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

여러 개의 home network들이 모여 있을 것임  
regional access network

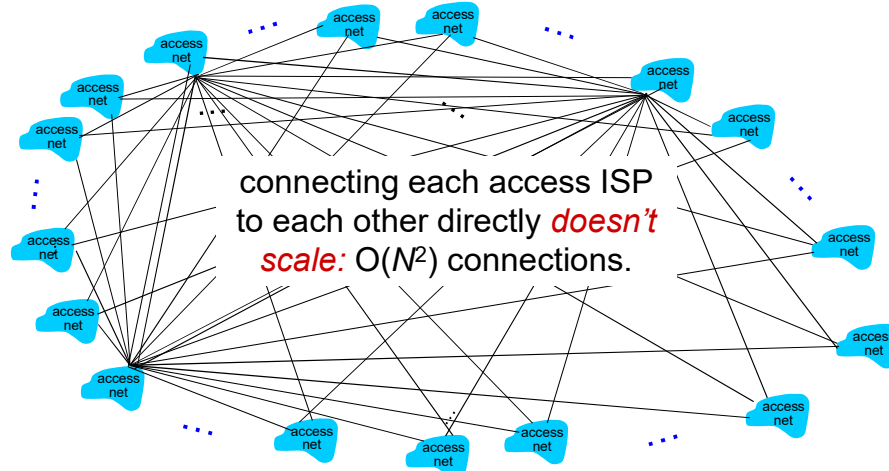


### Internet structure: network of networks

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

전세계에 있는 모든 홈 네트워크들을 일대일로 연결하는 것은 낭비가 될 것이다.

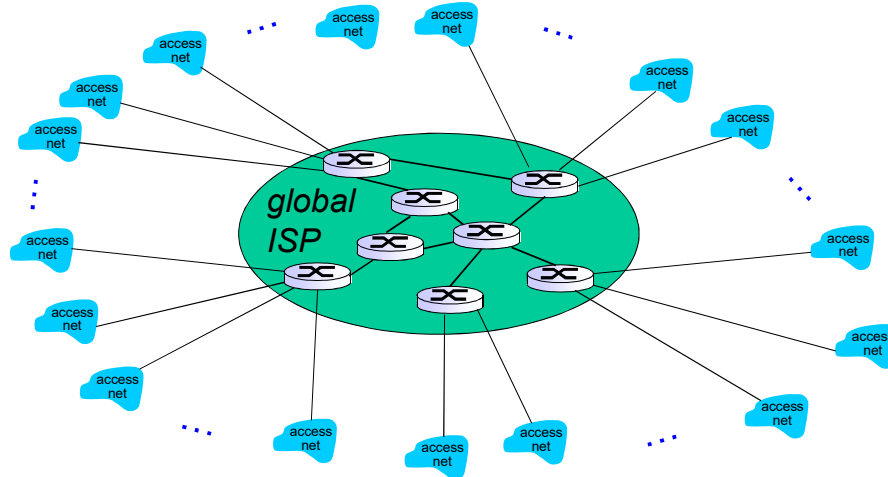
-> 중요한 기관들만 연결되는 것이 더 좋다. (자원의 낭비측면에서)



위의 것보다 조금 더 자원을 효율적으로 사용한 것인데,  
global network에 특정 지역의 네트워크(regional access network)들을 연결해 놓은 것이다.

## Internet structure: network of networks

*Option: connect each access ISP to a global transit ISP? Customer and provider ISPs have economic agreement.*

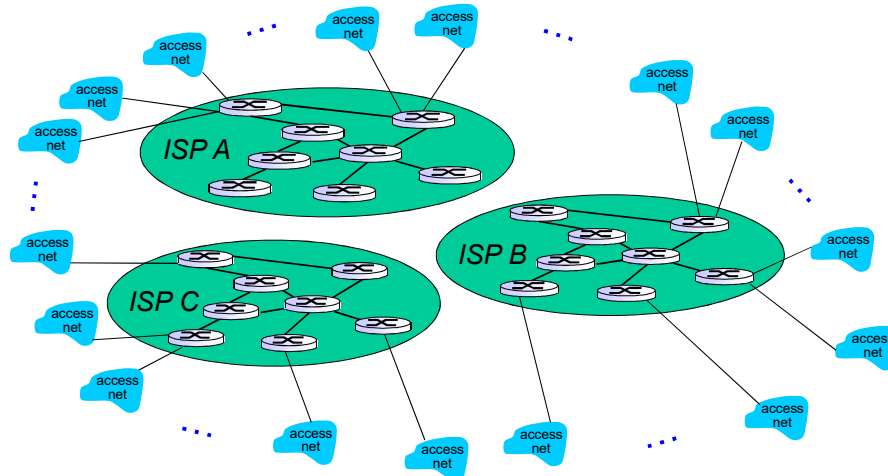


국가별로 만들어 놓은 것이다. 유럽,아시아,아메리카로!!  
몇 개의 global ISP를 넣는 것이 더 효율적이라는 것임을 나타낸다.  
-> 하나의 global network를 가진다면, 그거 하나 망가지면 큰일나요!!

## Internet structure: network of networks

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

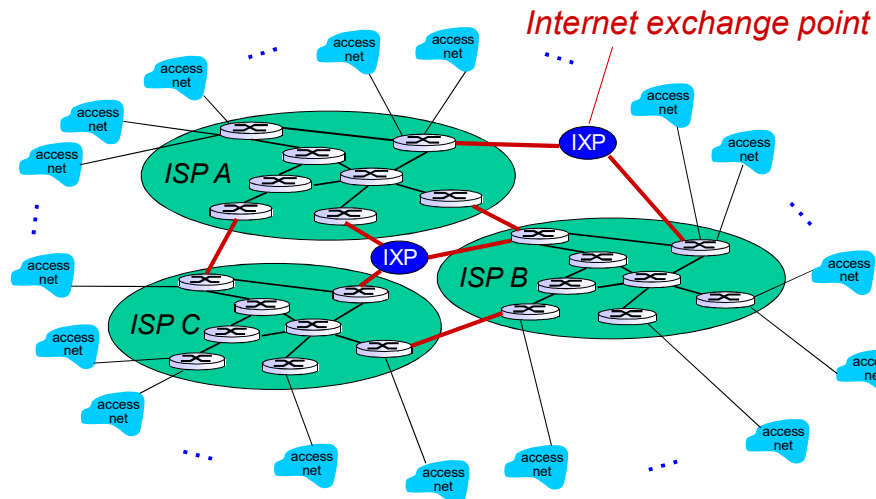
....



하나의 global ISP가 망가진다면?? 아래의 그림과 같이 IXP를 설정하면 해결됩니다.  
ISP A가 문제 생기면 -> ISP B를 사용하면 되니까요!!

## Internet structure: network of networks

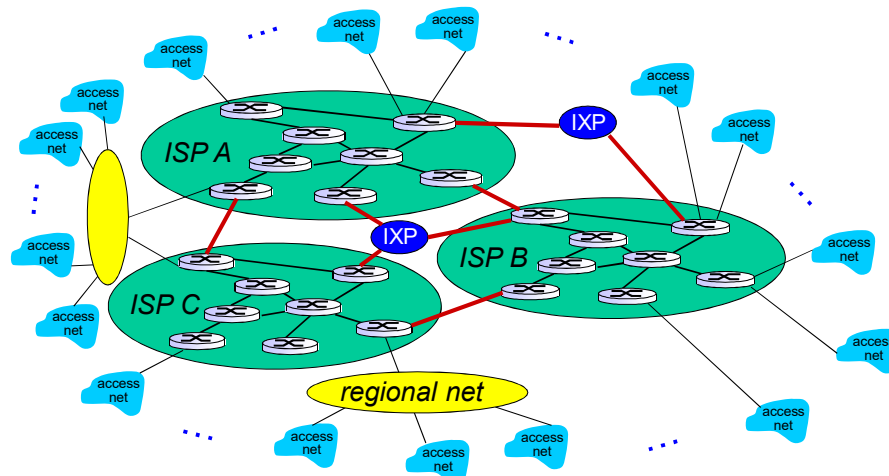
But if one global ISP is viable business, there will be competitors  
.... which must be interconnected



+ 네트워크 사용량이 많은 지역에는 regional network를 한 번 더 줍니다.  
예를 들어, 아프리카보다 아메리카에서 훨씬 더 많이 사용됩니다.

## Internet structure: network of networks

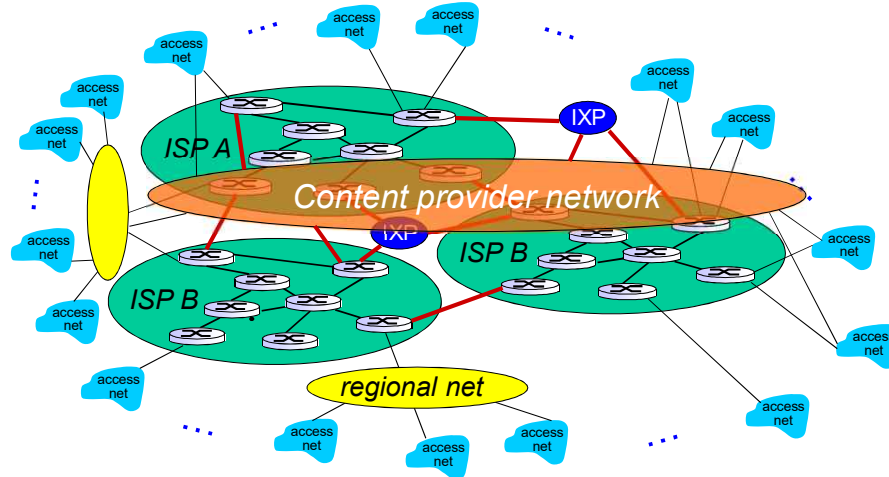
... and regional networks may arise to connect access nets to ISPs



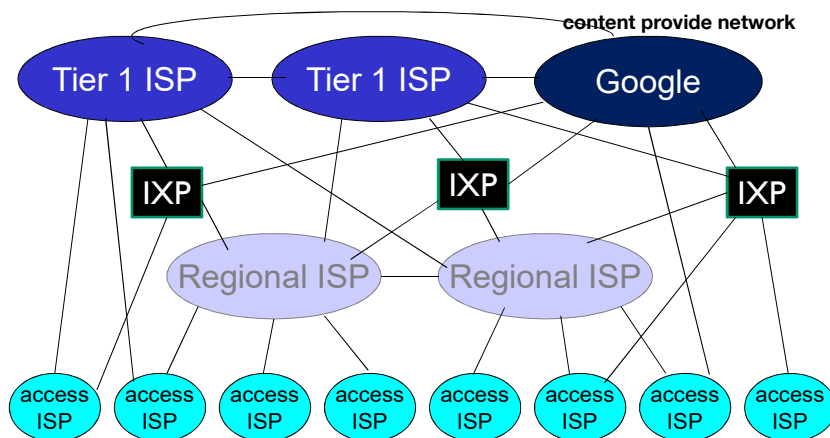
+ 거기에 content provider network를 만듭니다. 각각의 (기존의) regional networks들을 연결해 줍니다.

## 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



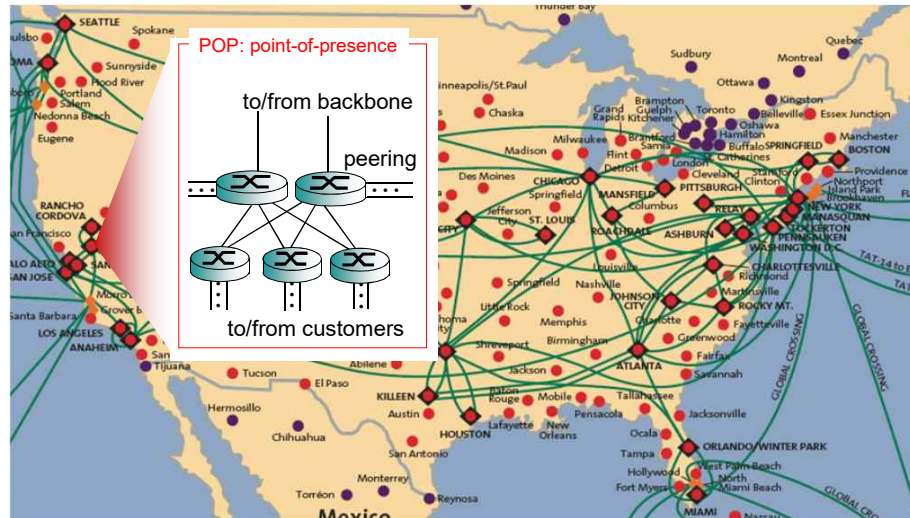
❖ at center: small # of well-connected large networks

- "tier-1" commercial ISPs (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), national & international coverage 우리나라로 보면 skt 이런 것들이 있는데, 그것들은 국제적인 건 아님 (우리나라 내에서만 사용)
- content provider network (e.g., Google): private network that connects it data centers to Internet, often bypassing tier-1, regional ISPs 회사의 이익을 극대화 할 수 있는 방향으로 회사 마다 다르게 사용할 것임

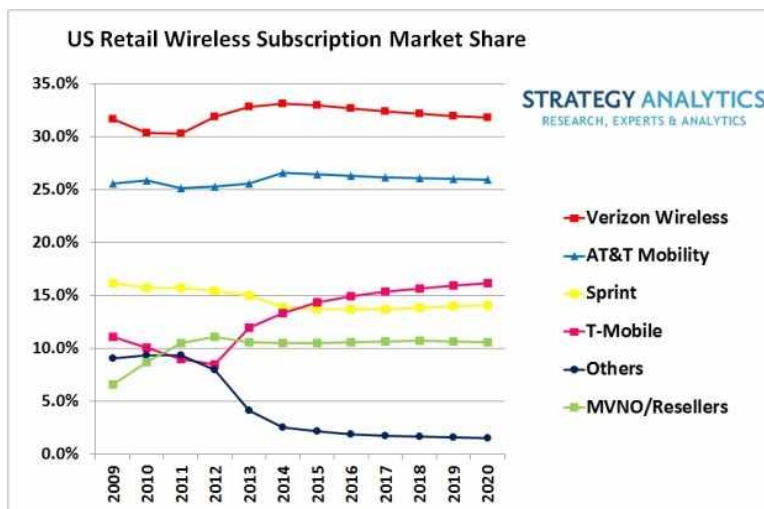
Introduction 1-40

어디에 많이 투자를 하나에 따라 특정 지역에서는 네트워크가 잘 안 터지는 경우가 발생함

## Tier-I ISP: e.g., Sprint



Introduction 1-41



Introduction 1-42