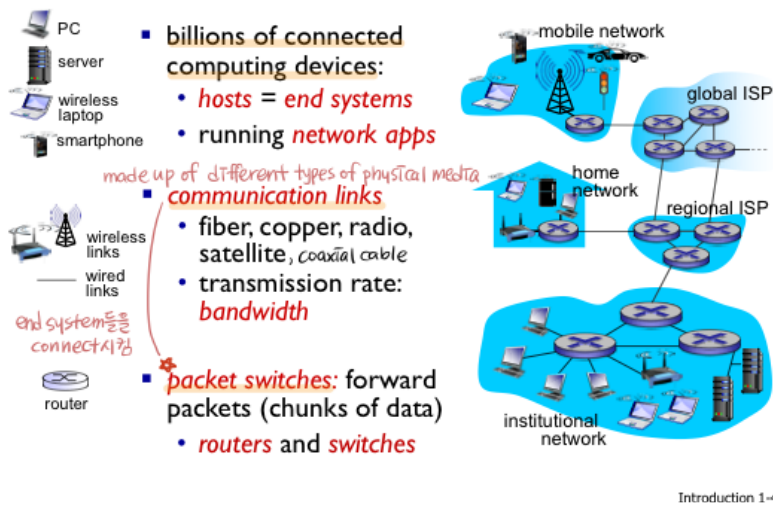


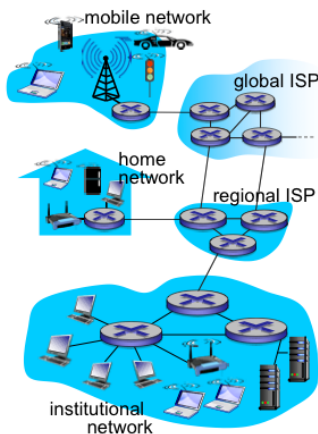
What's the Internet: "nuts and bolts" view



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

- **Internet: "network of networks"**
 - Interconnected ISPs (인터넷 서비스 제공자)
- **protocols** control sending, receiving of messages
 - e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- **Internet standards**
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force

RFC: IETF에서 인터넷에서 기술을 구현하는데 필요한 절차들을 제공하는 공문서 간행물



Internet의 구성 요소 - what is the Internet

- 1) Host = end system
인터넷 덩어리 가장자리 -> 서버, PC, 노트북 등
-> 호스트라고 함
- + **host**: 사용자 communication application을 실행하고 있어서, hosting 하고 있어서
- + **end system**: 네트워크의 가장자리에 있어
- 네트워크 중앙에 보면 router 혹은 switch라고 부르는 특수한 computer들이 있음
- 2) + **router**: 사용자의 메시지가 destination을 찾아가게 해주는 컴퓨터, 메시지를 다음 목적지까지 던져주는 역할
+ 실제로 source로부터 destination까지 가기 위해서는 여러 router를 거쳐야함
- 3) • **communication links**: router와 router, 혹은 router와 host끼리 연결시켜주는 것, 물리적인 실존 회로

- router와 switch는 flat 하게 연결된 것 x
왼쪽 그림처럼 덩어리끼리 모여있음
>> 그래서 인터넷을 network of network라함
- **Internet Protocol**: 이런 network of network인 인터넷에서 메시지를 보내고 받는 것을 제어하는 모든 일련의 규칙들
>> 표준화가 매우 중요함 >> 그래야 통신 가능
- IETF: 인터넷 프로토콜 표준화 기관
- RFC: IETF에서 발표하는 표준안들

What's a protocol?

human protocols:

- "what's the time?"
 - "I have a question"
 - introductions
- ... specific messages sent
- ... specific actions taken when messages received, or other events

network protocols:

- machines rather than humans
- all communication activity in Internet governed by protocols

★ **protocols define format, order of messages sent and received among network entities, and actions taken on message transmission, receipt**

Protocol은 무엇을 정의하는가 - what's a protocol

- 보내고 받는 메시지의 format과 순서, 메시지를 받은 뒤 취해야할 액션을 정의
- human protocol: 자유로운 형식, 이해가능
- network protocol:
 - 예) 웹 서버에게 웹 페이지를 request하는 메시지를 보낼 때는 프로토콜이 정의하는 '그' format으로 보내야 하지만 받은 message에 대한 parsing(이해)이 가능
 - 예) request 메시지를 보내면 그에 대한 reply 메시지가 와야함

“정리” 인터넷은 네트워크이고, **edge** host (end system) 와 **core** router (switch) 가 이를 구성하며, 이들을 **link**가 연결한다.
인터넷 상에서 메시지를 주고 받기 위해서는 **protocol**을 따라야 한다.
규칙들

A closer look at network structure:

- **network edge:**
 - hosts: clients and servers
 - servers often in data centers
- **access networks, physical media:** wired, wireless communication links
- **network core:**
 - interconnected routers
 - network of networks



Internet에 대하여 좀 더 자세히 알아보자 - network edge

- Network edge에는 유저, host, end system이라고 불리는 device들이 있음
- 이런 장비들을 internet에 연결 시켜주는 것이 **access network**

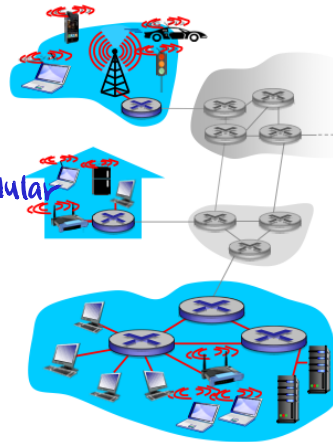
Access networks and physical media

Q: How to connect end systems to edge router?

- residential access nets 집
- institutional access *ethernet* networks (school, company)
- mobile access networks *wifi, cellular*

keep in mind:

- **bandwidth** (bits per second) of access network?
- **shared or dedicated?**



access network 의 특징

1) **bandwidth** : access network를 특징짓는 중요 요소

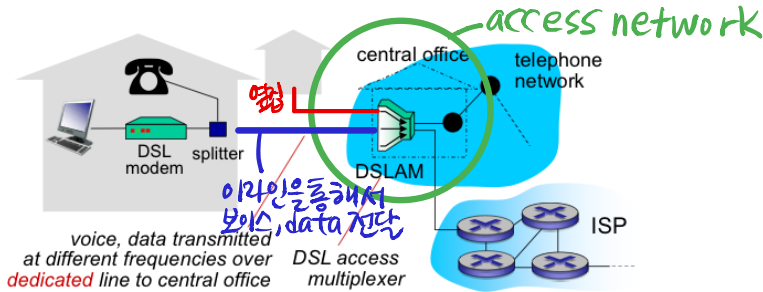
transmission rate 라고도 함
단위 시간 당 실어나를 수 있는 bit 수 를 의미,
Mbps, Gbps 등이 이 단위

2) access network가 **shared / dedicated**

shared : 여러 명이 공유 / dedicated : 단일 사용
ex) 똑같은 100Mbps 의 bandwidth를 지닌 네트워크여도, shared이면 내가 사용할 수 있는 양이 적음

- 가정의 pc >> 인터넷에 연결되어 있음 : 이 신청을 sk, kt 등의 **전화 회사** 혹은 **케이블 회사**에 함
>> 이런 회사들이 access network 제공 회사

Access network: digital subscriber line (DSL)

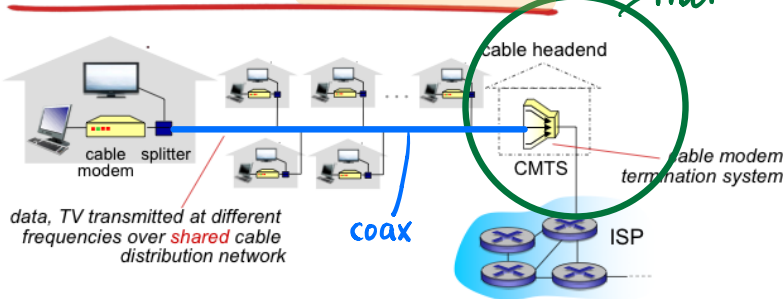


- use **existing** telephone line to central office DSLAM
 - data over DSL phone line goes to Internet
 - voice over DSL phone line goes to telephone net
 - < 2.5 Mbps upstream transmission rate (typically < 1 Mbps)
 - < 24 Mbps **downstream transmission rate** (typically < 10 Mbps)
- 우리는 인터넷의 data를 upload 하기도 하고 download 하기도 함
가정에서는 download 양이 훨씬 많음
 - DSL 에서 제공하는 bandwidth 는 upstream < downstream 임
(upstream 최대 1Mbps, downstream 최대 10Mbps 제공)

DSL : digital subscriber line (전화회사 제공)

- 10년 전에는 많이 사용
- 우리집 컴퓨터는 전화 회사의 central office에 연결
>> 이 라인을 옆집과 공유 x
>> dedicated
- 가정 내에 **DSL modem** 이 있음
>> pc는 여기에 연결
>> 전화기는 modem 에 연결된 splitter 와 연결
- 전화회사의 **central office**에 **DSLAM** 이라는 multiplexer가 있음
>> 보이스 : telephone network 로 연결
>> data : ISP 로 연결

Access network: cable network



- **HFC: hybrid fiber coax**
 - 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
- 그림은 간단하지만, 사실 cable headend 에는 CMTS 가 여러개 존재
>> 이 CMTS 들을 다시 multiplexing 해줌 >> hierarchical
>> 이 부분을 훨씬 큰 bandwidth를 지닌 fiber로 연결
 - 여러 가구를 연결해서 하나의 CMTS로 넣을 때는 coax cable로 연결 >> 합쳐서 hybrid fiber coax라고 부르는 이유
 - HFC도 DSL처럼 제공하는 bandwidth가 upstream < downstream 임
(upstream 최대 2Mbps, downstream 최대 30Mbps)

HFC : hybrid fiber coax (케이블회사 제공)

- 우리집 컴퓨터는 케이블 회사의 cable headend에 연결
- 가정 내에 **cable modem**이 있음
>> pc는 여기에 연결
>> TV 방송 data는 modem에 연결된 splitter와 연결

★ "HFC와 DSL의 차이"

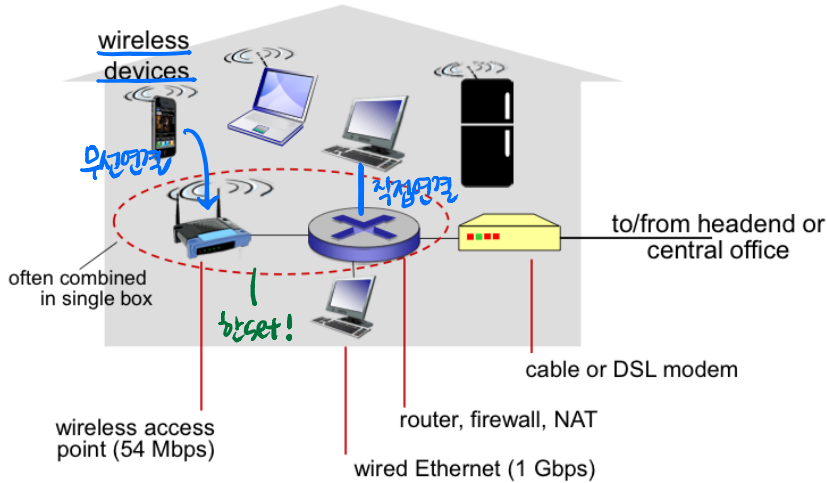
HFC : shared, DSL : dedicated

ex) 같은 아파트 동 내의 같은 케이블 회사 이용 가구는 한 회선을 공유한다. 따라서 bandwidth 가 아주 큰 회선 배정

- 케이블회사의 **cable headend**에 **CMTS**라는 multiplexing 장비가 있음
>> data : ISP 로 연결

주의 : 그렇다고 해서 HFC가 DSL보다 훨씬 큰 downstream을 배정 받는것 아님. 이유는 HFC 는 shared, DSL은 dedicated 라서

Access network: home network



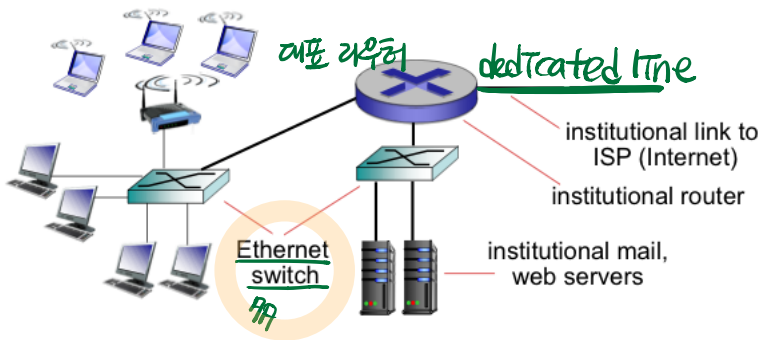
1) Home network

- 가정 내에서 우리가 컴퓨터 한 대만 사용하는 것 x
- IoT 제품과 스마트폰 등 장비가 많음
- 즉 집 내부에서 network를 구성
- PC - home network - modem - 회사 - ISP
- home network 중앙에는 router가 있음
- 집의 end system을 router가 묶어서 전화/케이블 회사에 연결 시킴
- 전화/케이블 회사에서 home network 를 구성해줄 때 router와 wifi access point를 한 세트로 줌

central office/
headend
(device)
access network

“정리” 크게 보면 우리집과 인터넷을 전화/케이블 회사가 연결, 집 내부를 보면 여러 host들이 router로 연결되어 home network를 이룬다

Enterprise access networks (Ethernet)



2) Ethernet

- 학교나 회사는 end system이 가정보다 훨씬 많음
- >> router 장비 하나만으로는 network 구성이 불가능
- 학교나 회사 내에 ethernet switch 들이 많이 있음
- >> 공과대학 내에 ethernet switch가 많이 있고, 거기에 그 공간의 컴퓨터 등이 연결되어 있음
- wifi point 는 ethernet switch에 직접 연결됨
- 이 많은 ethernet switch들은 학교 혹은 회사 전체를 연결해주는 router에 연결됨
- 그 router가 인터넷에 연결시켜주는 역할을 하는 ISP의 router에 연결됨

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

- 집과 달리 전화/케이블 회사가 ISP에 연결시켜 주지 않음.
- 회사나 학교, 그 기관을 대표하는 router가 자체적으로 지닌 dedicated line으로 Internet service provider (ISP)에 직접 연결

“정리” 주로 학교 내부의 네트워크는 ethernet으로 엮여 있다.

집 안에는 home network >> 구심점에는 router가 있음 (간혹 ethernet 있기도함) >> modem으로 연결되어 전화/케이블 회사로 연결 >> 이 회사들이 ISP에 연결 시켜줌

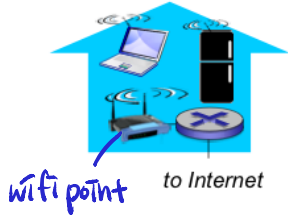
학교나 회사는 ethernet으로 연결되고, ethernet들을 엮어주는 전체 router가 있음 >> router가 직접 ISP에 물리게됨

Wireless access networks

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

wireless LANs: wifi

- within building (100 ft.)
- 802.11b/g/n (WiFi): 11, 54, 450 Mbps transmission rate



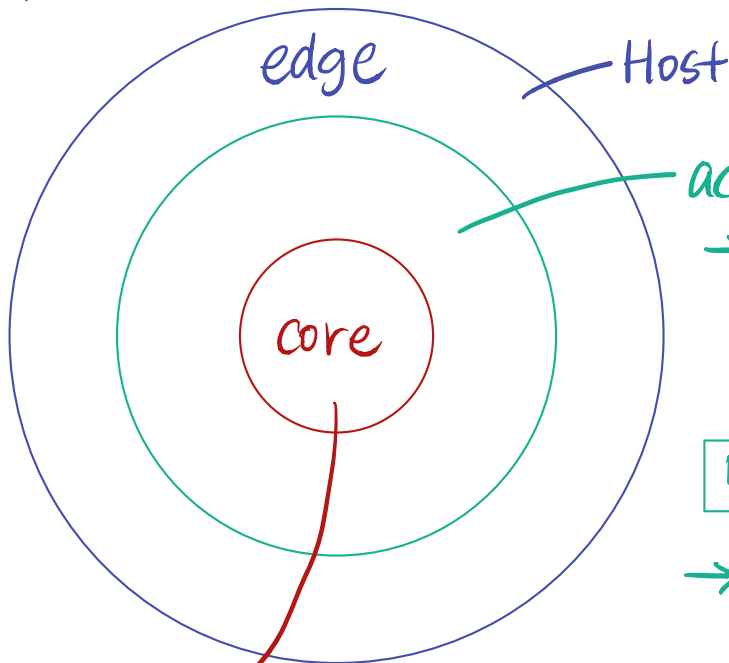
wide-area wireless access cellular

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

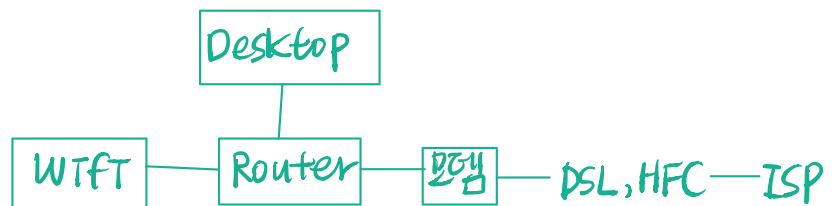


- 공통점 : 둘 다 wireless access network 이다, 둘 다 shared 이다.
- 차이점 : wifi - 주로 건물 안에서만 사용 가능
cellular - 외부에서는 이거 사용해야함 >> wide-area wireless area 라고도 부름
- = bandwidth
wifi - 대역 폭이 굉장히 넓음
cellular - 대역 폭이 상대적으로 좁음

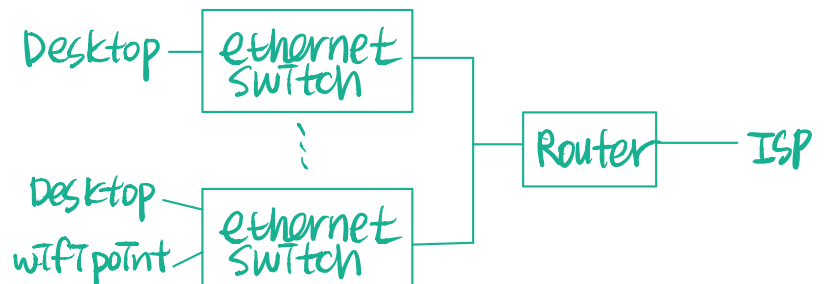
“정리”



access network (link)
→ 가정: home network



→ 학교: ethernet



3)

Wifi & cellular network

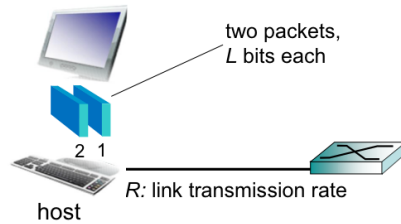
- wifi, cellular도 access network
- wifi나 LTE 통해서 인터넷에 연결
>> wireless access network
- Wifi : device가 직접 wifi point에 연결되고, wifi point는 ethernet switch에 연결되고, ethernet은 router로 연결됨. 집이라면 router는 모뎀에, 학교라면 바로 ISP에 연결됨
- Cellular network : 3G나 LTE 등 이걸 통해서 인터넷에 접근하기도 함

router & switch
(ISP 회사 등)

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**



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

- packet의 크기가 L bit & access network에 연결되는 link의 transmission rate 가 R
packet 하나를 host에서 link로 내보내는데 걸리는 시간 = $L(\text{bit})/R(\text{bit/sec})$

- ★ host에서의 주된 역할 : 메시지를 packet으로 잘라서 link로 내보내는 것 → **packet switching 과 연결 (network core)**

Host의 역할을 알아보시다

- host의 뜻 : communication application을 hosting 하고 있어서
- network communication application이 다른 application들과 다른 점 : 다른 컴퓨터에 있는 상대방에게 메시지를 보내거나 받을 수 있음
- packet : host에서는 사용자의 application message를 발생시키고, 이것을 access network로 내보냄. 내보내기 전에 packet이라고 불리는 chunk로 잘라줌.

Physical media

- **bit**: propagates between transmitter/receiver pairs
- **physical link**: what lies between transmitter & receiver
- **guided media**:
 - signals propagate in solid media: copper, fiber, coax
- **unguided media**:
 - signals propagate freely, e.g., radio

twisted pair (TP)

- two insulated copper wires
- Category 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
- Category 6: 10Gbps



(guided)

- twisted pair : copper cable의 다른 이름
 - + ethernet을 연결하는데 주로 사용
 - + 종류 두 가지 : category 5, category 6 >> 차이점 : 지원할 수 있는 대역폭의 차이 category 5 < category 6

link에 대해서 알아보시다

- link의 종류는 1) guided media 2) unguided media 로 나뉨
- 1) **guided media** : 물리적인 wire를 사용하는 링크
 - cooper, fiber, coax가 그 종류
 - 지금까지 살펴본 것들 중, cooper는 ethernet cable로, fiber(headend 연결) 란 coax (가구 공유) 는 HFC로 사용됨
 - fiber는 internet core를 연결할 때도 사용 (지원하는 transmission rate는 fiber가 가장 큼)
- 2) **unguided media** : 물리적인 wire 사용하지 않고 electronic magnetic spectrum을 써서 **공기중으로 전파** 예를 들어, wifi, cellular 가 radio를 사용하는 network

guided media

Physical media: coax, fiber

coaxial cable:

- two concentric copper conductors
- bidirectional
- broadband:
 - multiple channels on cable
 - HFC



fiber optic cable:

- glass fiber carrying light pulses, each pulse a bit
- high-speed operation:
 - high-speed point-to-point transmission (e.g., 10's-100's Gbps transmission rate)
- low error rate:
 - repeaters spaced far apart
 - immune to electromagnetic noise



전자기 노이즈 영향

Coaxial cable *cooper 두개 묶음*

- twisted pair 보다 안정적, 지원 bandwidth가 큼
- bandwidth가 넓어서 broadband라고도 부름
- HFC cabling 하는데 사용됨

Fiber optic cable

- coaxial, twisted 는 electronic signal을 전달하지만, Fiber optic cable은 light pulse를 signal로 전달
- >> 장점이 다 여기서 기인함

- glass fiber로 만들어짐
- 특징 1) transmission rate가 매우 높음 수십~수백 Gbps
- 특징 2) 주변의 eletornic noise 영향 거의
- >> 장거리를 신호가 약해지지 않은채로 이동 가능 (low error rate)

high speed

unguided media

Physical media: radio

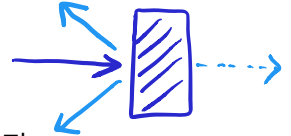
- signal carried in electromagnetic spectrum
- no physical "wire"
- bidirectional
- propagation environment effects:
 - reflection
 - obstruction by objects
 - interference

radio link types:

- terrestrial microwave
 - e.g. up to 45 Mbps channels
- LAN (e.g., WiFi)
 - 54 Mbps
- wide-area (e.g., cellular)
 - 4G cellular: ~ 10 Mbps
- satellite
 - Kbps to 45Mbps channel (or multiple smaller channels)
 - 270 msec end-end delay
 - geosynchronous versus low altitude

Radio

- 물리적인 wire 없이 전파가 가능



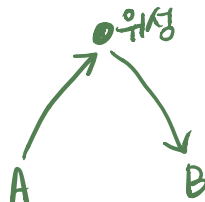
- Guided wire와 다르게 있는 세 가지 단점
- 1) reflection: 가다가 장애물에 signal이 부딪히면, 여러방향으로 signal이 될 수 있음. 목적지를 향해서 쭉욱 직진하는 것이 불가능. 따라서 signal이 약해지거나, 아예 전진 못함
- 2) obstruction by objects: 위의 내용과 유사
- 3) interference: 전기 신호나 빛 펄스를 타고 가는 것이 아니라 공기를 타고 신호가 전달되기 때문에 주변의 노이즈에 무척 민감. 그래서 방해할 매우 잘 받고, radio signal들끼리 interfere함

- Guided wire와 다르게 있는 장점
- + 물리적인 링크를 설치하지 않고도 통신 가능

- Radio 를 링크로 사용하는 network 종류 4 가지

- 1) terrestrial microwave : 45Mbps 까지 지원 가능
- 2) wifi = wireless lan : 802.11b 버전 사용 시, 11Mbps, 802.11g 버전 사용 시, 54Mbps 까지 지원 가능
- 3) cellular = wide area wireless network : bandwidth 가 낮음. 10Mbps 이상 가능 (LTE에 들어오면서 부터 가능해짐)
- (2)와 3)의 차이는 coverage area 크기의 차이
- 4) satellite : coverage area가 cellular 보다도 훨씬 큼.

두 종류가 있음 - geosynchronous 와 low orbiting >> 위성을 얼마나 높이 띄우는 가 차이. geosynchronous가 더 높음 coverage도 geosynchronous가 더 큼 (높을수록 커버 면적 커짐) 근데 geosynchronous 는 end-end delay가 매우 김



위성까지가 멀어서 travel에 시간대

“정리” 지금까지 network edge에 대해 살펴봄.

여기에는 end system들이 있음. 이들이 access network를 통해서 internet에 연결됨.

각종 link의 종류들에 대해서 살펴봄

home network (전화, cable 회사)
ethernet
wireless

guided media: cooper, fiber, coax
unguided media: radio