

collision <충돌> 동시에 두개 이상의 데스크탑이 시그널을 만들면서 리시버로 하여금 해석을 못하게하는 상황
데스크탑이 전송 매체에 접근하여 정보 전달

→ 매체 접근 제어 필요

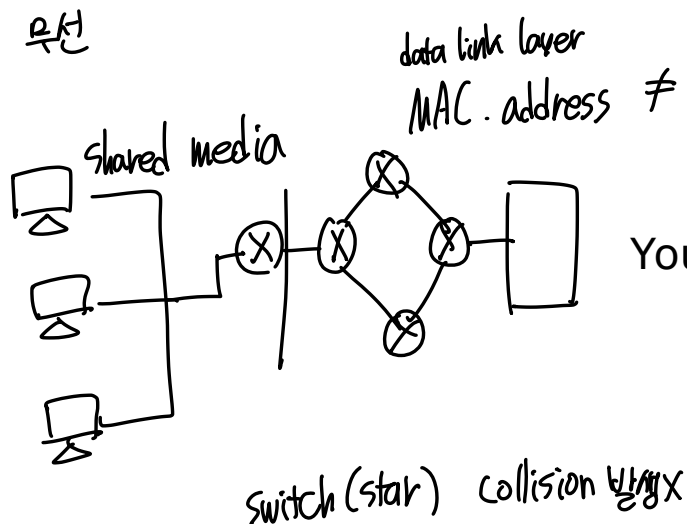
Data Communications

-Data Link Layer: Medium Access Control Protocol (MAC)-

매체 접근 제어

⇒ MAC address
48 bit

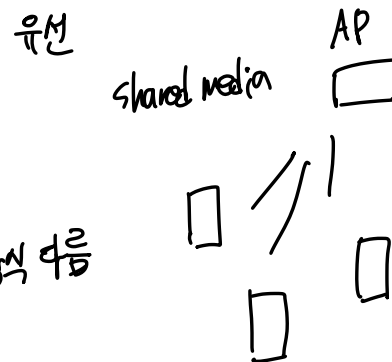
여러 노드들이 모여 문제 발생
Collision 충돌



2024. 11. 5

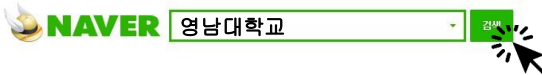
Young Deok Park (박영덕)

무선, 유선 MAC protocol 작동 방식 다름



Typical Communication Path

Sender
(Your PC)

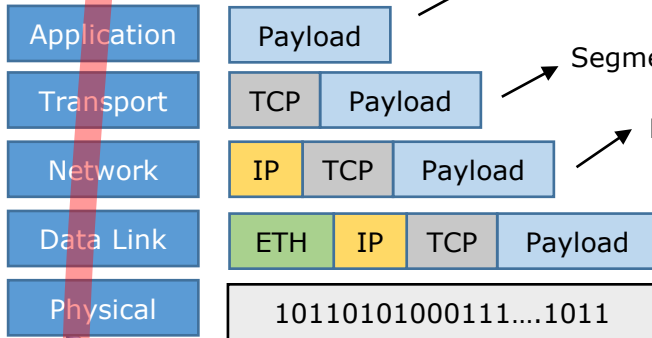


Message

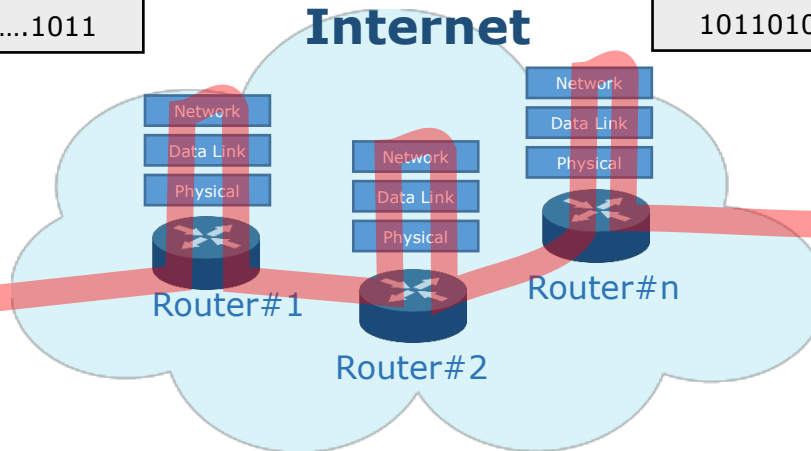
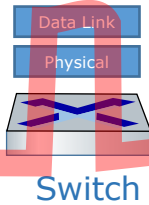
Segment

Datagram (Packet)

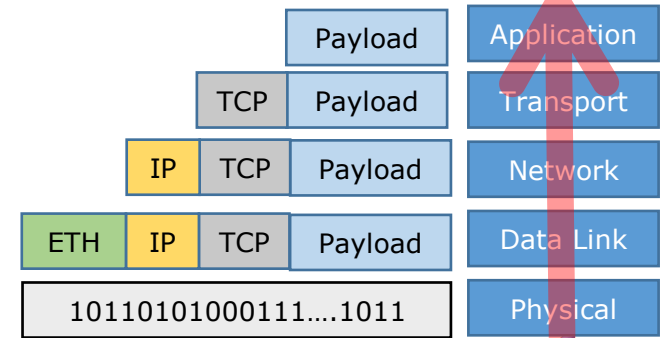
Frame



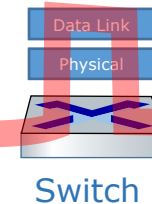
Digital signal



Receiver
(NAVER server)



Digital signal



= MAC layer

Link Layer: Introduction

장비간의 connection

Terminology

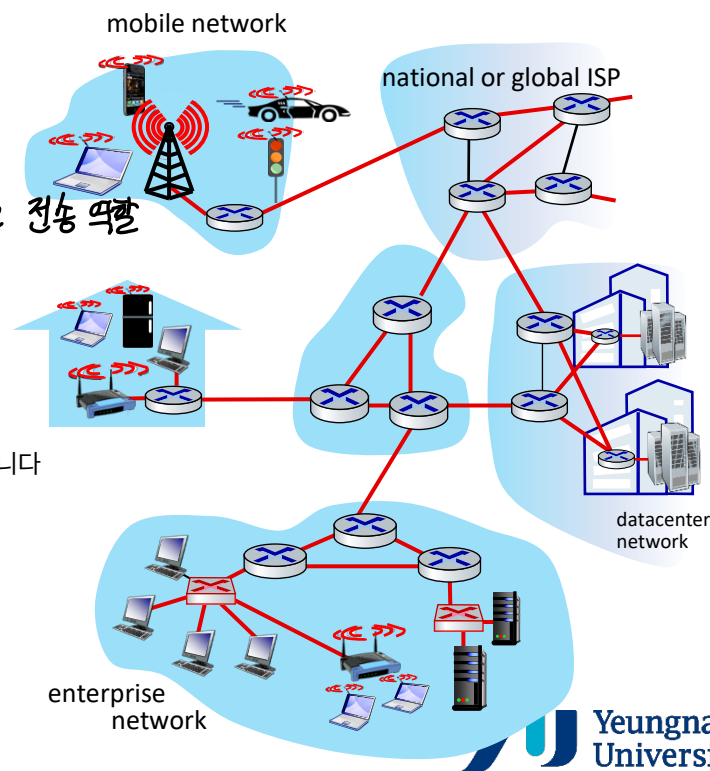
용어

- hosts and routers: nodes
- communication channels that connect adjacent nodes along communication path: links
통신 경로를 따라 인접한 노드를 연결하는 통신 채널
 - wired & wireless
- layer-2 packet: *frame*, encapsulates datagram
캡슐화 많이 사용X

link layer has responsibility of transferring datagram from one node to *physically adjacent* node over a link

물리적으로 인접한 노드

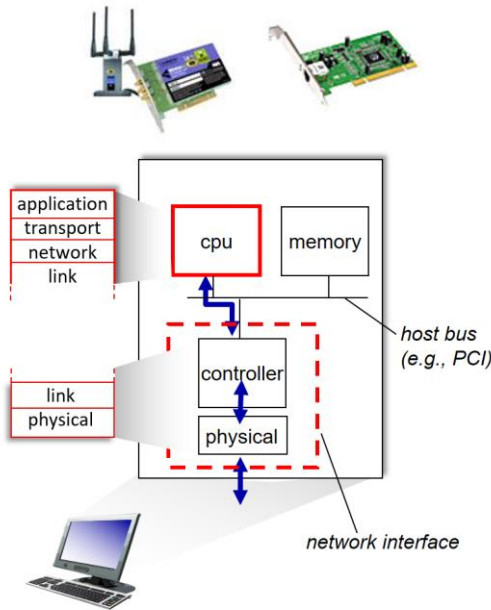
링크 계층은 링크를 통해 하나의 노드에서 물리적으로 인접한 노드로 데이터그램을 전송할 책임이 있습니다



Where Is the Link Layer Implemented?

1/8X

- In each-and-every host
- Link layer implemented in network interface card (NIC) or on a chip
 - 네트워크 인터페이스 카드
 - 칩
 - Ethernet, WiFi card or chip
 - implements link, physical layer
 - 링크, 물리 계층을 구현



Multiple Access Links

Two types of "links":

Point-to-point

- point-to-point link between Ethernet switch and host
star topology (switch 앞기 때문에) 이더넷 스위치와 호스트 간의 지점 간 링크

multicast "특정 그룹"

Broadcast (shared wire or wireless medium)

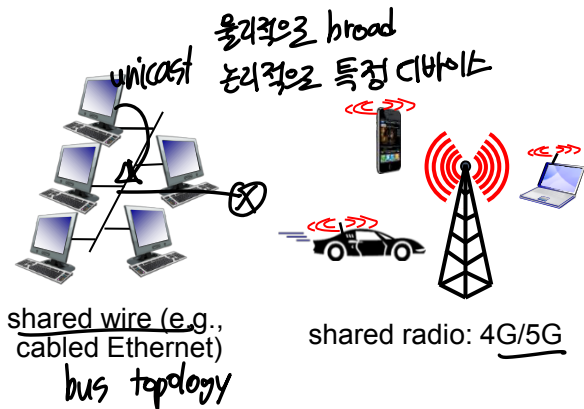
←→ unicast

- Old-fashioned Ethernet 구식 이더넷

무선- 802.11 wireless LAN, 4G/5G, satellite

물리적으로는 broad
논리적으로 broad
"여러분"

물리적으로는 broad
논리적으로는 특정
"특정 이름"



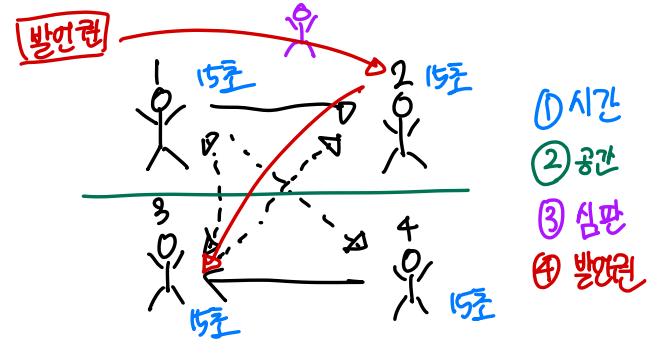
humans at a cocktail party
(shared air, acoustical)

Medium Access Control (MAC) Protocol

- Two or more simultaneous transmissions by nodes through shared medium 공유 매체를 통해 두 개 이상의 노드가 동시에 데이터를 전송
 - If node receives two or more signals at the same time
 - Collision 노드가 동시에 두 개 이상의 신호를 수신하는 경우

MAC Protocols: Taxonomy

분류



Three broad classes:

- **Channel partitioning** ① ② 셀룰러 네트워크
 - divide channel into smaller "pieces" (time slots, frequency, code)
 채널을 더 작은 조각으로 나눔
 - allocate piece to node for exclusive use
 노드에 조각을 할당하여 독점적으로 사용

collision 해결 (완전히 해결)

- **"Taking turns"** ③ ④ 순서로 사용 X
 차례대로
 - nodes take turns, but nodes with more to send can take longer turns
 노드는 차례대로 진행하지만 보낼 것이 더 많은 노드는 더 긴 차례를 거칠 수 있다

collision 발생 할수 있음 (발생 가능성, collision 완화)

- **Random access** 무선랜 (Wi-Fi) 자극 사용
 - channel not divided, allow collisions
 채널이 분할되지 않아 충돌 허용
 - "recover" from collisions
 충돌로부터 복구 receiver가 해석하지 못함
 → 재전송, Retx, 재송

못받으면
→ 재전송

유선랜 (Ethernet) 직배
 이중 star topology
 → shared media X

무선랜 (Wi-Fi)

Channel Partitioning MAC Protocols: TDMA

분할

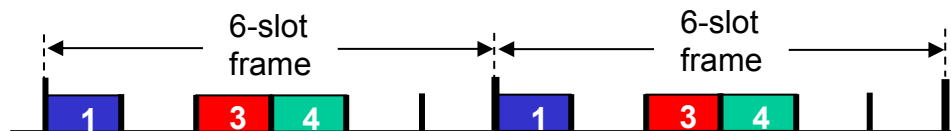
■ TDMA: time division multiple access

시분할 다중 접속

- Access to channel in "rounds"
- Each station gets fixed length slot (length = packet transmission time) in each round
고정된 길이의 슬롯 패킷 전송 시간
- Unused slots go idle
사용하지 않는 슬롯은 유휴 상태가 됨
2G 통신에 사용

- Example: 6-station LAN, 1,3,4 have packets to send, slots 2,5,6 idle

OFDMA
↳ orthogonal
직접
최신 wifi 적용
4G LTE
CDMA
↳ code



등일한 time slot으로 나뉨

불필요한 시간 낭비
resource 낭비
성능 저하

- FDMA: frequency division multiple access

- Channel spectrum divided into frequency bands

- Each station assigned fixed frequency band

- Unused transmission time in frequency bands go idle

$$4G/5G$$

- as 2,5,6 rule

큰 bandwidth를 작은 bandwidth로 나워서 사용가능

bandwidth ↑ → 통신속도 ↑

여러 채널로 나워서 사용
→ 통신속도 ↑

time

frequency bands

Channel 1 Channel 2 Channel 3 Channel 4 Channel 5 Channel 6

f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6

Frequency

Time

단점 : 넓은 bandwidth
원래 낭비

Random Access Protocols

- Two or more transmitting nodes: "collision"

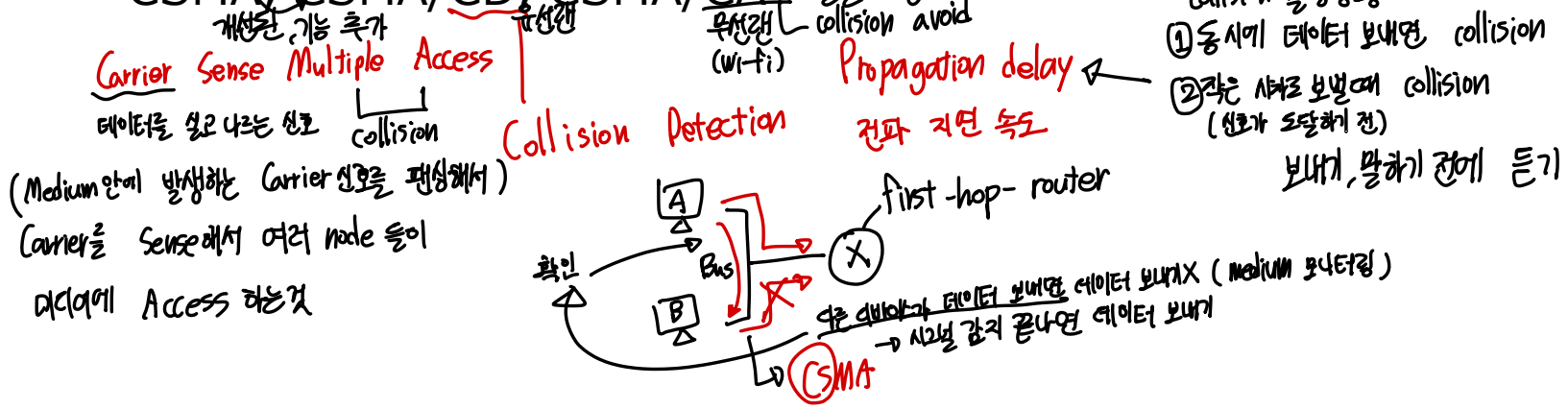
- Random access MAC protocol specifies:

- how to detect collisions
 - how to recover from collisions (e.g., via delayed retransmissions)
- 충돌을 감지하는 방법
충돌로부터 복구하는 방법
- (예 : 지연된 재전송을 통해)

- Examples of random access MAC protocols:

- ALOHA, slotted ALOHA 70년대 사용되던 topology, 오늘날 사용X

- CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA
- 오늘날 사용
collision avoid



Busy 상태 : 신호들이 보내지고 있으면
idle 상태 : " 안 보내지고 있으면

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

collision 일어난지 알수X (신호 보내면 끝까지 보냄 → 평상시 흐름X)

여러 노드가 하나의 공유된 통신 매체를 사용하여 데이터를 전송하기 위해 매체 상태를 확인하고 충돌을 줄이려고 하는 프로토콜

■ Simple CSMA: listen before transmit:

- If channel sensed idle: transmit entire frame
전송하기 전에 듣기 전체 (끝까지 보내야 함) } collision 발생 확률 0
- If channel sensed busy: defer transmission
전송을 연기
- Human analogy: don't interrupt others!
다른 사람의 말 방해 금지

말하기 전에 듣는 방식

< listen before transmission >

■ CSMA/CD: CSMA with collision detection

- Collisions detected within short time
짧은 시간안에 충돌 감지
- Colliding transmissions aborted, reducing channel wastage
충돌하는 전송이 중단되어 채널 낭비가 줄음
- Collision detection easy in wired, difficult with wireless
유선에서는 충돌 감지 쉽지만, 무선에서는 어려움
- Human analogy: the polite conversationalist

무선에서 collision 알아차리기 어려움

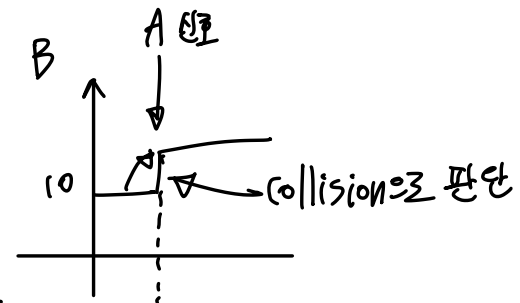
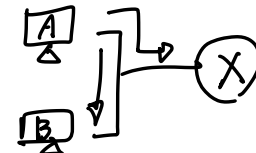
- ① 보내기 전에 듣고
- ② abort 중단
- ③ Re-trans (예의 바른 대화) (최대한 빨리 재전송)

+ back-off

↳ 서로 재전송

↻
재전송을 위해 random back-off
양보

↳ 신호가 적을 때 random back-off
환경에 따라 동적으로 범위 잡음



CSMA: Collisions

- Collisions *can* still occur with carrier sensing:

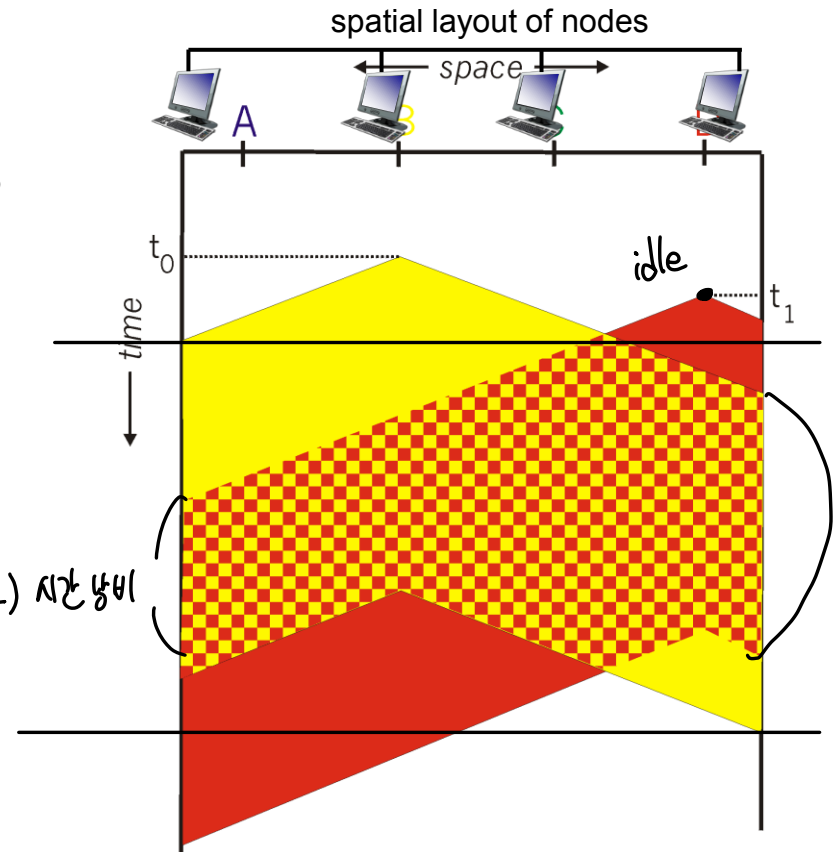
- Propagation delay means two nodes may not hear each other's just-started transmission

전파 지연은 두 노드가 서로 방금 시작된 전송을 듣지 못할 수 있음을 의미

- Collision:** entire packet transmission time wasted

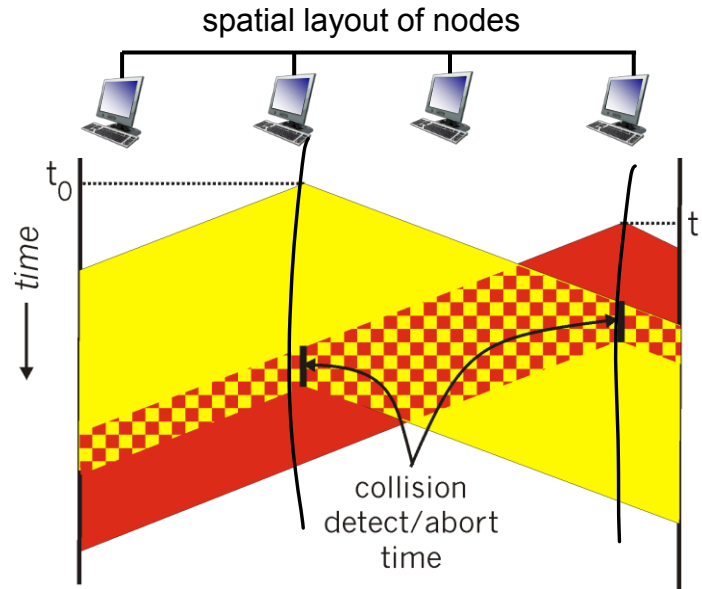
전체 패킷 전송 시간 낭비

(충돌한 시간에 보내드) 시간 낭비



CSMA/CD:

- CSMA/CD reduces the amount of time wasted in collisions
 - transmission aborted on collision detection
충돌로 인해 낭비되는 시간을 줄여줌
충돌 감지로 인해 전송이 중단



Ethernet CSMA/CD algorithm

CSMA/CD와 같은 프로토콜의 동작이 NIC에서 실제로 구현

Network Interface Card

1. NIC receives datagram from network layer, creates frame

데이터 링크 레이어

NIC는 네트워크 계층으로부터 데이터그램을 수신하고 프레임을 생성

Carrier Sensing

보낼 데이터 있으면

연속 collision

↓

$[0, 2^n - 1]$

즉 0 ~ 1 collision이 일어나면 $n+1$

0 ~ 3 표준 최대 10가지 ($0 \sim 2^n - 1$)

0 ~ 15 재전송 횟수 15번 → 2 이상 전송 X
4위 계층에서 전송

2. If NIC senses channel:

채널을 감지하는 경우
if **idle**: start frame transmission.

프레임 전송
if **busy**: wait until channel idle, then transmit

채널 유향 상태가 될 때까지, 기다린 후 전송

3. If NIC transmits entire frame without collision, transmission is done!

idle 일때 충돌 없이 전체 프레임을 전송하면 전송이 완료

전송 성공

4. If NIC detects another transmission while sending: abort, send jam signal

중단

noise

특정 bit 패턴 보냄

collision 난 것을 주변에 알림

5. After aborting, NIC enters **binary (exponential) backoff**:

collision 발생했을 때 중단 후 NIC가 들어감

- After m th collision, NIC chooses K at random from $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$. NIC waits $K \cdot 512$ bit times, returns to Step 2

전송 속도 (케이블 속도)

- More collisions: longer backoff interval

n 번 # of 연속 collision

$[0 \sim 2^n - 1]$

Channel Partitioning VS Random Access

채널 분할 vs 랜덤 액세스

■ Channel partitioning MAC protocols:

- Share channel *efficiently* and *fairly* at high load
많은 부하 시 효율적이고 공정하게 채널 공유
- Inefficient at low load: delay in channel access, $1/N$ bandwidth allocated even if only 1 active node!
부하가 낮을 때는 비효율적, channel access delay, channel 지연
활성화 노드가 1개만 있어도 $1/N$ 대역폭이 할당
collision avoidance 방식 4G, 5G

data traffic, network node 많을때 효율적

■ Random access MAC protocols

- Efficient at low load: single node can fully utilize channel
낮은 부하에서 효율적, 단일 노드가 채널을 최대한 활용
- High load: collision overhead
높은 하중, 충돌 오버헤드

collision 발생 → 확률 ↓ 유선랜, 무선랜
데이터 traffic 많을때, network node 낮을때

■ "Taking turns" protocols

차례대로 진행하기

→ look for best of both worlds!

둘의 장점을 다 갖고 있음

불필요한 시간 낭비

network node 높을때 → collision 발생 X

"Taking turns" MAC protocols

턴을 맞추는

polling:

투표

- Master node "invites" other nodes to transmit in turn

마스터 노드는 다른 노드를 차례대로 전송하도록 "초대"

- Typically used with "dumb" devices

일반적으로 간단한 기능만 수행하는 장치와 함께 사용

- Concerns:

우려 사항

- polling overhead

master가 모든 poll 프레임은 전송 노드만이

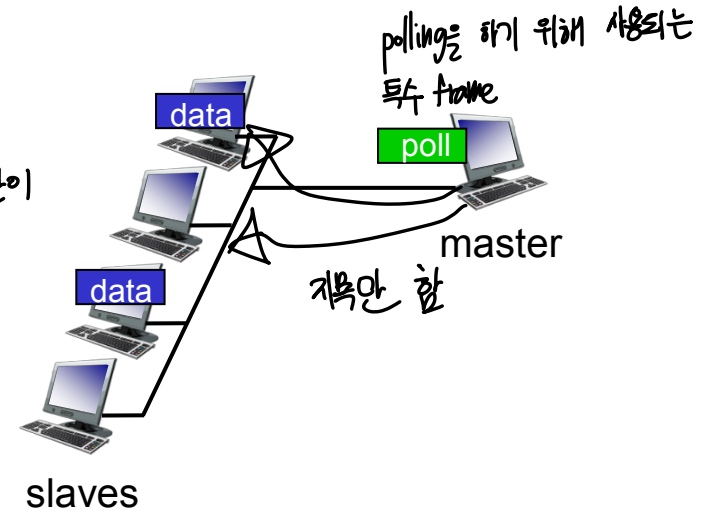
- latency

시간적 지연

데이터 프레임 보낼 수 있다

- single point of failure (master)

단일 장애 지점



장점 시간 낭비 X, 주파수 낭비 X

속도 빠름

단점 추가적인 hardware 필요
poll frame을 보낼때 시간 필요
(보내기 위한 특수 frame)

Polling의 특징

장점:

시간 낭비와 주파수 낭비가 적음: 모든 노드가 차례로 데이터를 전송하므로, 충돌이 발생하지 않아 네트워크 자원을 효율적으로 사용.

빠른 속도: 마스터 노드가 네트워크를 제어하므로 네트워크 전송 속도가 일정하게 유지될 수 있음.

단점:

추가적인 하드웨어 필요: 마스터 노드가 데이터를 관리하기 위한 추가 장비가 필요.

Polling Overhead: 데이터를 전송하기 전에 Poll 프레임을 보내는 시간이 소요됨.

Latency(지연): Polling 순서가 모든 노드에게 적용되므로 대기 시간이 발생.

Single Point of Failure(단일 장애점): 마스터 노드가 고장 나면 전체 네트워크 작동에 문제가 생김.

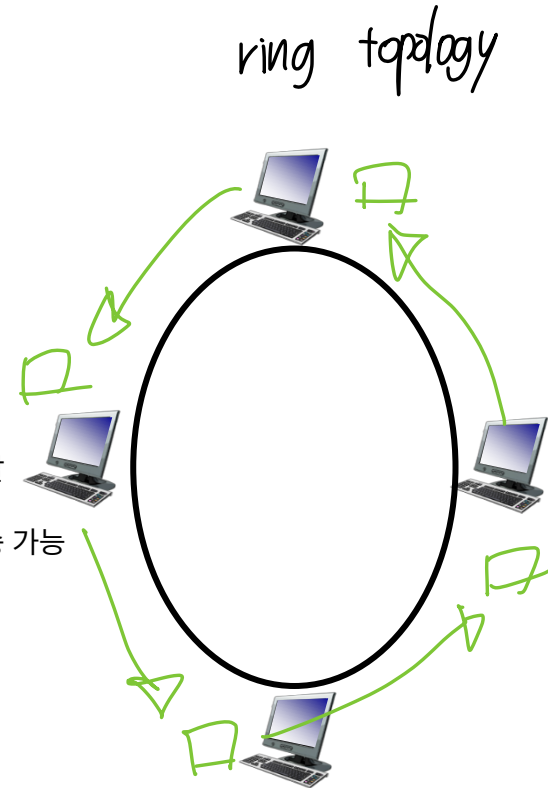
"Taking turns" MAC protocols

단점

1. **Token Overhead:** 토큰을 생성하고 전달하는 데 추가적인 네트워크 자원이 소모됩니다.
2. **Latency(지연):** 토큰이 순차적으로 전달되므로, 데이터 전송을 원하는 노드가 토큰을 받을 때까지 기다려야 하는 시간이 발생합니다.
3. **Single Point of Failure:**
 - 토큰 분실: 네트워크에서 토큰이 손실되면 데이터 전송이 중단될 수 있음.
 - 토큰 전송 지연: 네트워크의 노이즈나 에러로 인해 토큰 전달이 느려질 수 있음.
4. **Token Frame** 손실 가능성:
전송 과정에서 토큰 프레임이 손실되거나 손상될 경우, 네트워크 복구 작업이 필요함.

Token passing:

- Control **token** passed from one node to next sequentially. 제어 토큰을 다음 노드로 순차적으로 전달
- Token message 토큰을 사용하여 네트워크 상에서 자신이 전송할 데이터 패킷을 전달
- Concerns: 토큰을 받은 노드만 데이터를 전송 가능
 - token overhead
 - latency
 - single point of failure (token)



강점

master node 필요 X 단점 token 전달할 때 delay

- **Master Node** 불필요: 중앙에서 네트워크를 제어하는 마스터 노드가 필요하지 않으므로, Polling 방식보다 네트워크의 중앙 집중화 문제가 줄어들음.
- 충돌 없음: 한 번에 하나의 노드만 데이터를 전송을 할 수 있으므로, 데이터 충돌이 발생하지 않음

noise로 인해 frame 비결속 있음
마비 일어날 수 있다

Summary of MAC protocols

- **Channel partitioning**, by time, frequency or code
 - Time Division, Frequency Division
- **Random access**
 - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD
 - CSMA/CD used in Ethernet
 - CSMA/CA used in 802.11
- **Taking turns**
 - polling from central site, token passing