

Notebook

0.0 Section

Chapter

0.0.0 Subtitle Location: x-1.3, y-1.3

Keyword In English	Sameple Page

Chapter 2 네트워크

2.1 네트워크의 기초

Section 2.1 네트워크의 기초

2.1.1 처리량과 지연 시간

네트워크	컴퓨터 등의 장치들이 통신 기술을 이용해 구축하는 연결망
노드	서버, 라우터, 스위치 등의 네트워크 장치
링크 link	유선/무선 [좋은 네트워크란?] <ul style="list-style-type: none">- 많은 처리량 처리 가능- 지연 시간 ↓- 장애 빈도 ↓- 좋은 보안을 갖춤
처리량 throughput	링크를 통해 전달되는 단위 시간당 데이터양 단위: bps(bits per second)-초당 전송, 초당 수신되는 비트 수 [처리량에 영향을 주는 요소] <ul style="list-style-type: none">- 사용자들이 많이 접속할 때마다 커지는 트래픽- 네트워크 장치 간의 대역폭- 네트워크 중간에 발생하는 에러- 장치의 하드웨어 스펙
지연시간 latency	요청이 처리되는 시간 어떤 메세지가 두 장치 사이를 왕복하는데 걸린 시간 [지연시간에 영향을 주는 요소] <ul style="list-style-type: none">- 매체 타입(무/유선)- 패킷 크기- 라우터의 패킷 처리 시간  $\text{지연 시간} = 800\text{ms} + 900\text{ms} = 1.7\text{s}$

2.1.2 네트워크 토플로지와 병목 현상

네트워크 토플로지 network topology

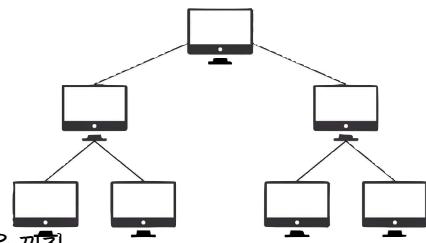
- 트리 토플로지 tree topology

노드와 링크가 배치되어 있는 방식, 연결 형태

계층형 토플로지
트리 형태

[장점] 노드의 추가 및 삭제 용이

[단점] 특정 노드에 트래픽 집중 시 하위 노드에 영향을 끼침



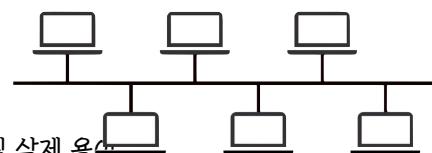
- 버스 토플로지 bus topology

중앙 통신 회선 하나에 여러 개의 노드가 연결되어 공유

[사용처] 근거리 통신망(LAN)

[장점] 설치 비용 ↓, 신뢰성 ↑, 통신 회선에 노드 추가 및 삭제 용이

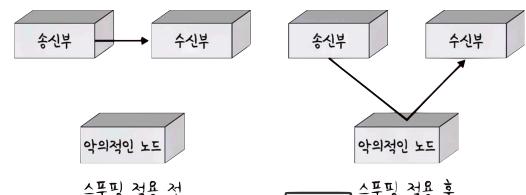
[단점] 스폰핑 가능



· 스폰핑 spoofing

LAN 상에서 송신부의 패킷을 송신과 관련 없는 다른 호스트에 가지 않도록 하는

스위칭 기능을 마비시키거나 속여서
특정 노드에 해당 패킷이 오도록 처리



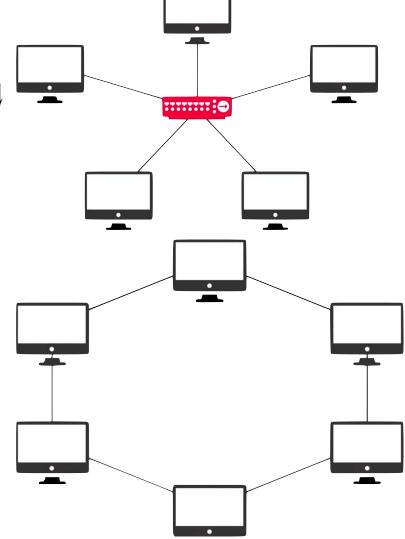
- 스타 토플로지 star topology

성형 토플로지

중앙에 있는 노드에 모두 연결

[장점] 노드 추가 및 에러 탐지 용이, 패킷 충돌 발생 가능성 ↓
노드에 장애가 발생해도 다른 노드에 영향 ↓

[단점] 중앙 노드에 장애 발생 시 전체 네트워크 사용 불가
설치 비용이 고가



- 링형 토플로지 ring topology

각각의 노드가 양 옆의 두 노드와 연결
전체적으로 고리처럼 하나의 연속된 길을 통해 통신

[장점] 노드 수가 증가되어도 네트워크상의 손실 거의 X
충돌 발생 가능성 ↓, 노드 고장 발견 용이

[단점] 네트워크 구성 변경 복잡
회선에 장애 발생 → 전체 네트워크에 영향 BIG

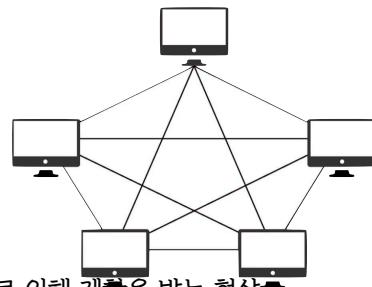
표로 토플로지 특징, 장
점, 단점 나열

- 메시 토플로지
mesh topology

망형 토플로지

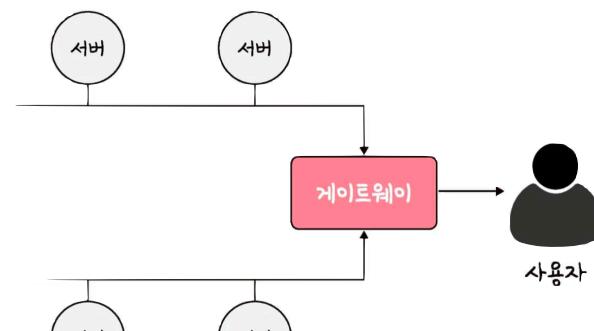
- [장점] 여러 개의 경로 존재
 → 한 단말 장치에 장애가 발생해도
 네트워크를 계속 사용 가능
 → 트래픽의 분산 처리 가능

[단점] 노드 추가 복잡, 구축 비용 & 운용 비용 ↑



병목 현상
bottleneck

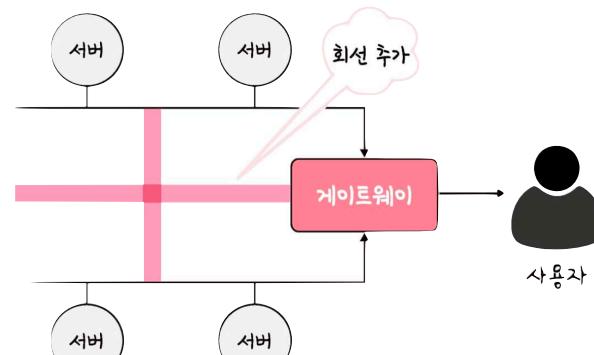
전체 시스템의 성능이나 용량이 하나의 구성요소로 인해 제한을 받는 현상
 Ex) 서비스에서 이벤트를 열었을 때 트래픽이 많이 생기고
 그 트래픽을 잘 관리하지 못해 병목 현상이 생겨 사용자가 웹 사이트로 들어가지 못함



병목현상이 일어나, 사용자가 서비스를 이용할 때 지연시간이 길게 발생하고 있다고 가정

관리자가 지연 시간을 줄이기 위해 대역폭을 크게 설정했음에서 성능이 개선되지 않았음

네트워크의 토플로지 확인 ↓



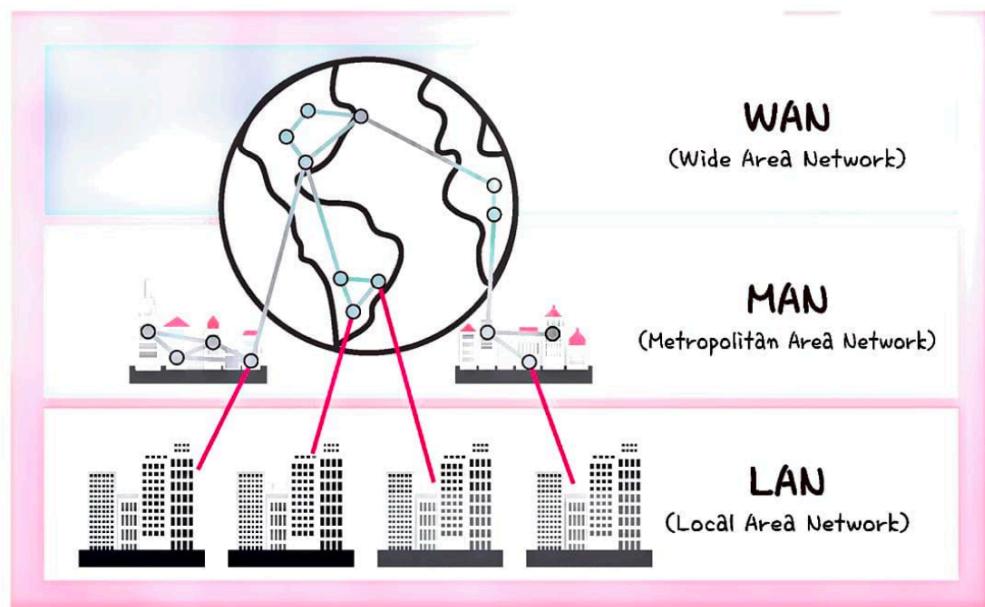
서버와 서버 간 · 게이트웨이로 이어지는 회선을 추가해 병목현상을 해결

↑ 어떤 경로로 이루어져 있는지 알아야 병목현상을 올바르게 해결 가능

.: 토플로지 → 병목 현상을 찾을 때의 중요한 기준

2.1.3 네트워크 분류

규모를 기반으로 분류



LAN
Local Area Network

근거리 통신망: 좁은 공간에서 운영
Ex) 같은 건물, 캠퍼스, 사무실 등

[전송 속도] 빠름
[혼잡도] 혼잡하지 않음

대도시 지역 네트워크: 서울 등 도시 같은 넓은 지역에서 운영

[전송속도] 보통
[혼잡도] LAN 보다는 더 많이 혼잡

광역 네트워크: 국가 또는 대륙 같은 더 넓은 지역에서 운영

[전송속도] 낮음
[혼잡도] MAN보다 더 혼잡

MAN
Metropolitan Area Network

WAN
Wide Area Network

2.1.4 네트워크 성능 분석 명령어

netstat	<p>코드상 문제가 없는데 사용자가 서비스로부터 데이터를 가져오지 못하는 상황 → 병목현상 가능성</p> <p>![병목현상의 주된 원인]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 대역폭 - 네트워크 토플로지 - 서버 CPU, 메모리 사용량 - 비효율적인 네트워크 구성
ping Packet INternet Groper	<p>네트워크로부터 발생한 문제점인지 확인하는 방법:</p> <p>네트워크 성능 분석 명령어를 통해 네트워크와 관련된 테스트 및 관련 없는 테스트 시행</p> <p>네트워크 상태를 확인하려는 대상 노드를 향해 일정 크기의 패킷을 전송하는 명령어</p>
ping nslookup	<p>[획득 정보]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해당 노드의 패킷 수신 상태 - 노드에 도달하기까지의 시간 - 노드의 네트워크 연결 상태 <p>[테스팅 불가능한 경우]</p> <ul style="list-style-type: none"> - ICMP 프로토콜을 지원하지 않는 기기(ping은 TCP/IP 프로토콜 중 ICMP 프로토콜을 통해 동작) - 네트워크 정책상 ICMP나 traceroute를 차단하는 대상

[실행 예시]]

```
C:\Users\jhc>netstat
```

활성 연결

프로토콜	로컬 주소	외부 주소	상태
TCP	121.165.224.223:6881	220.118.188.195:41519	TIME_WAIT
TCP	121.165.224.223:49245	211.115.106.72:http	CLOSE_WAIT
TCP	121.165.224.223:50124	nrt12s51-in-f19:https	ESTABLISHED
TCP	121.165.224.223:50278	118.223.101.233:56517	ESTABLISHED
TCP	121.165.224.223:52025	211.115.106.207:http	CLOSE_WAIT
TCP	121.165.224.223:52042	211.115.106.207:http	CLOSE_WAIT
TCP	121.165.224.223:52043	211.115.106.207:http	CLOSE_WAIT
TCP	121.165.224.223:52220	211.249.220.83:https	ESTABLISHED
TCP	121.165.224.223:52221	104.21.37.168:http	ESTABLISHED
TCP	121.165.224.223:52243	a104-74-192-17:http	TIME_WAIT

DNS에 관련된 내용 확인

특정 도메인에 매핑된 IP 확인

[실행 예시]]

```
C:\Users\jhc>nslookup
기본 서버:  kms.kornet.net
Address:  168.126.63.1

> google.com
서버:  kms.kornet.net
Address:  168.126.63.1

권한 없는 응답:
이름:  google.com
Addresses:  2404:6800:4004:820::200e
           172.217.31.174
```

tracert 리눅스의 traceroute	목적지 노드까지 네트워크 경로 확인: 어느 구간에서 응답 시간이 느려지는지 확인 가능 [실행 예시] C:\Users\jhc>tracert www.google.com 최대 30홉 이상의 www.google.com [142.250.199.100](으)로 가는 경로 추적: 1 1 ms * * 121.165.224.254 2 1 ms 1 ms 1 ms 61.78.42.172 3 2 ms 2 ms 1 ms 112.189.31.209 4 * * * 요청 시간이 만료되었습니다. 5 1 ms 2 ms 1 ms 112.174.47.102 6 41 ms 40 ms 41 ms 72.14.209.102 7 36 ms 36 ms 37 ms 108.170.241.80 8 43 ms 43 ms 41 ms 216.239.62.240 9 53 ms 53 ms 53 ms 172.253.50.221 10 56 ms 56 ms 56 ms 216.239.49.194
ftp	대형 파일을 전송해 테스팅
tcpdump	노드로 오고 가는 패킷 캡처
네트워크 분석 프로그램	wireshark, netmon

2.1.5 네트워크 프로토콜 표준화

네트워크 프로토콜

다른 장치들끼리 데이터를 교환하기 위해 설정된 공통 인터페이스

개인이나 기업이 아닌 표준화 단체(IEEE 또는 IETF)가 결정

- IEEE802.3



IEEE 802.3 ETHERNET WORKING GROUP

- The IEEE 802.3 Working Group develops standards for Ethernet networks. We have a number of active projects, study groups, and ad hoc as listed below:
 - IEEE P802.3ck 100 Gb/s, 200 Gb/s, and 400 Gb/s Electrical Interfaces Task Force.
 - IEEE P802.3cs Increased-reach Ethernet optical subscriber access (Super-PON) Task Force.
 - IEEE P802.3cw 400 Gb/s over DWDM systems Task Force.
 - IEEE P802.3cx Improved PTP Timestamping Accuracy Task Force.
 - IEEE P802.3cy Greater than 10 Gb/s Electrical Automotive Ethernet Task Force.
 - IEEE P802.3cz Multi-Gigabit Optical Automotive Ethernet Task Force.
 - IEEE P802.3da 10 Mb/s Single Pair Multidrop Segments Enhancement Task Force.
 - IEEE P802.3db 100 Gb/s, 200 Gb/s, and 400 Gb/s Short Reach Fiber Task Force.
 - IEEE P802.3 (IEEE 802.3dc) Revision to IEEE Std 802.3-2018 Maintenance #16 Task Force.

유선 LAN 프로토콜: 유선으로 LAN을 구축할 때 쓰이는 프로토콜

어떤 기업이 이것을 기반으로 만들면 다른 장치라도 서로 데이터 수신 가능

Ex) HTTP

웹 접속 시 사용

HTTP라는 프로토콜을 통해 노드들이 웹 서비스를 기반으로 데이터 교환 가능

2.2 TCP/IP 4계층 모델

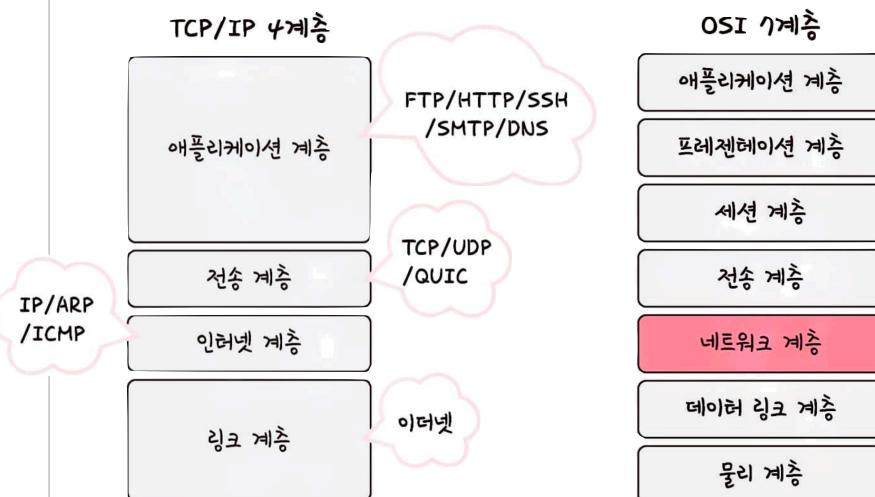
Section 2.2 TCP/IP 4계층 모델

2.2.1 계층 구조

인터넷 프로토콜 스위트 internet protocol suite

인터넷에서 컴퓨터들이 정보를 교환하는데 사용되는 프로토콜 집합

[TCP/IP 4계층 및 각 계층을 대표하는 스택과 OSI 7계층 비교]



TCP/IP 계층과 달리 OSI 계층은 애플리케이션 계층을 세 개로 쪼개고 링크 계층을 데이터 링크 계층, 물리 계층으로 나누어 표현

[계층] 특정 계층이 변경되었을 때 다른 계층이 영향을 받지 않도록 설계됨

Ex) 전송 계층에서 TCP를 UDP로 변경한다고 인터넷 웹 브라우저를 다시 설치하는 것은 아님

애플리케이션 계층 application

웹 서비스, 이메일 등 실질적으로 사람들에게 제공하는 층

[사용되는 응용프로그램]

- FTP: 장치 상호간 파일 전송 시 사용되는 표준 통신 프로토콜
- HTTP: World Wide Web을 위한 데이터 통신의 기초이자 웹 사이트 이용 시 사용되는 프로토콜
- SSH: 보안X 네트워크에서 네트워크 서비스를 안전하게 운영하기 위한 암호화 네트워크 프로토콜
- SMTP: 전자 메일 전송을 위한 인터넷 표준 통신 프로토콜
- DNS: 도메인 이름 및 IP 주소 매핑 서버

Ex) www.naver.com에 DNS 쿼리 발생

[Root DNS] → [.com DNS] → [.naver DNS] → [.www DNS] 과정으로

완벽한 주소를 찾아 IP 주소 매핑

→ IP 주소가 바뀌어도 사용자들에게 똑같은 도메인 주소로 서비스 가능

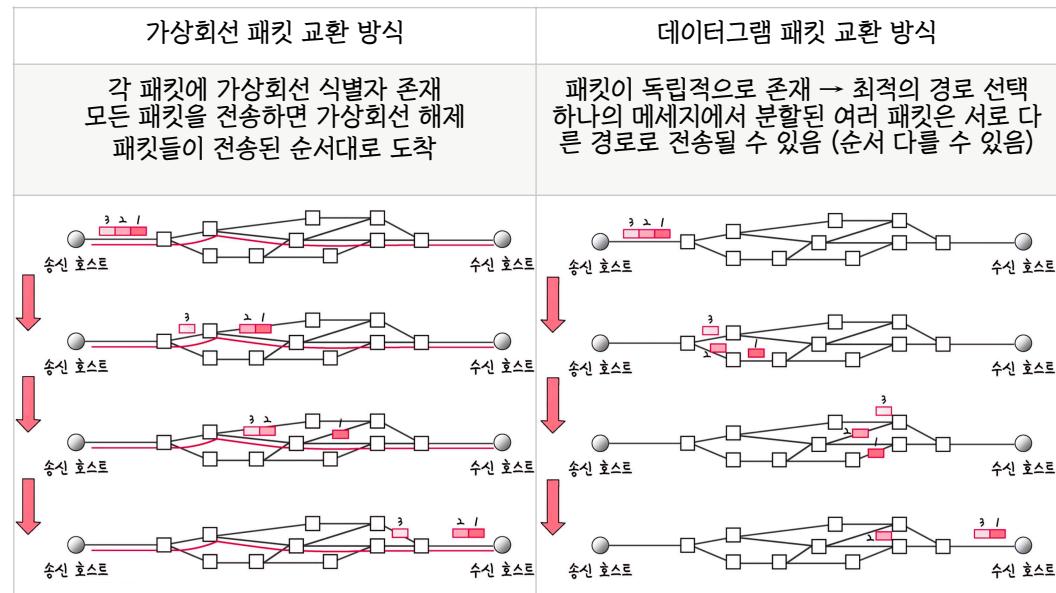
Ex) www.naver.com의 IP 주소가 222.111.222.111에서 222.111.222.122로 변경
되어도 똑같은 www.naver.com라는 주소로 서비스 가능

송신자와 수신자를 연결

연결 지향 데이터 스트림 지원
신뢰성, 흐름제어 제공

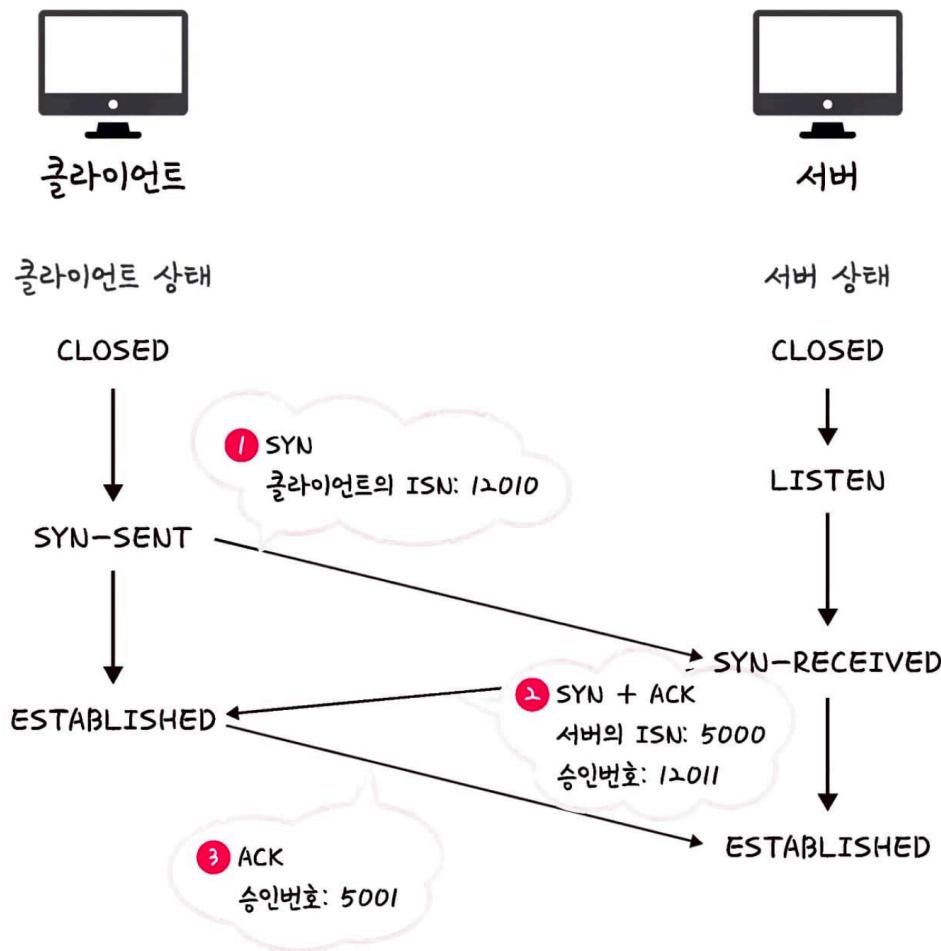
전송계층 transport

	패킷 사이의 순서 보장	수신 여부 확인	패킷 교환 방식
TCP	O	O → 연결지향 프로토콜 사용해 신뢰성 확보	가상 회선
UDP	X	X	데이터그램



- TCP 연결 성립 과정

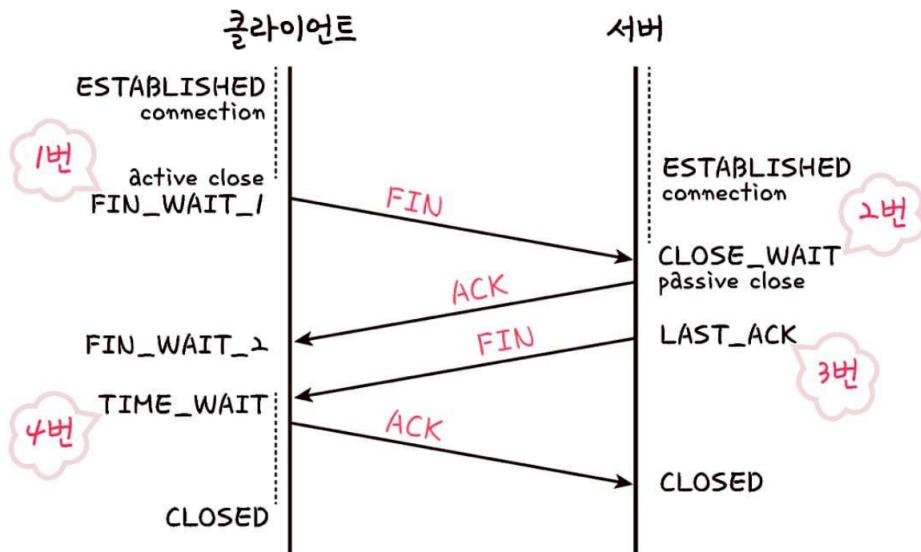
[신뢰성 확보 작업] 3-웨이 핸드셰이크 3-way handshake



1. SYN 단계: 클라이언트가 서버에 클라이언트의 ISN을 담아 SYN을 보냄
2. SYN + ACK 단계: 서버가 클라이언트의 SYN 수신 → 서버의 ISN을 보냄(승인번호로 클라이언트의 ISN + 1을 보냄)
3. ACK 단계: 클라이언트가 서버의 ISN + 1한 값인 승인번호를 담아 ACK를 서버에 보냄

- TCP 연결 해제 과정

4-웨이 핸드쉐이크 4-way handshake 과정 발생



1번: 클라이언트가 연결을 닫으려고 할 때 FIN으로 설정된 세그먼트 전송
클라이언트: FIN_WAIT_1 상태 (서버 응답 대기)

2번: 서버가 클라이언트로 ACK라는 승인 세그먼트 전송
서버: CLOSE_WAIT 상태
클라이언트: 세그먼트를 받으면 FIN_WAIT_2 상태

3번: 서버가 ACK 전송 → 클라이언트에 FIN이라는 세그먼트 전송

4번: 클라이언트: TIME_WAIT 상태, 서버로 ACK 전송
서버: CLOSED 상태
클라이언트가 일정 시간 대기 후 연결이 닫히고 클라이언트-서버의 모든 자원 연결 해제

[TIME_WAIT의 의의] 일정 시간을 두고 연결을 닫는 이유

1. 지연 패킷의 가능성에 대비: 패킷이 뒤늦게 도달하고 처리하지 못하면 데이터 무결성 문제 발생
2. 두 장치의 연결이 닫혔는지 확인: LAST_ACK 상태에서 닫히면 새로운 연결을 시도 할때도 장치는 여전히 LAST_ACK 상태가 되어 접속오류 발생

인터넷 계층 internet

장치로부터 받은 네트워크 패킷을 IP 주소로 지정된 목적지로 전송하기 위해 사용되는 계층

패킷을 수신할 상대의 주소를 지정해 데이터 전달

비연결형적 특징: 상대방이 제대로 받았는지에 대해 보장하지 않음

[종류] IP, ARP, ICMP

전선, 광섬유, 무선 등으로 실질적으로 데이터를 전달 및 장치 간 신호 교환 규칙을 정하는 계층

링크 계층 = 네트워크 접근 계층

물리 계층: 무선 LAN과 유선 LAN을 통해 0과 1로 이루어진 데이터를 보내는 계층

데이터 링크 계층: 이더넷 프레임을 통해 에러 확인, 흐름 제어, 접근 제어 담당 계층

유선 LAN을 이루는 이더넷은 IEEE802.3이라는 프로토콜을 따름
전이중화 통신 사용

- 유선 LAN(IEEE802.3)

[전이중화 통신full duplex]

양쪽 장치가 동시에 송수신 가능

송신로와 수신로로 나눠서 데이터 교환

현대의 고속 이더넷이 통신하는 방식

[CSMA/CDCarrier Sense Multiple Access with Collision Detection]

유선 LAN 반이중화 통신 방법 중 하나

데이터를 보낸 이후에 충돌 발생 시 일정 시간 이후 재전송

수신로와 송신로가 나뉘어져 있는 것이 아니기 때문에 충돌 발생 시 처리할 수 있어야 함

[TP 케이블twisted pair cable]

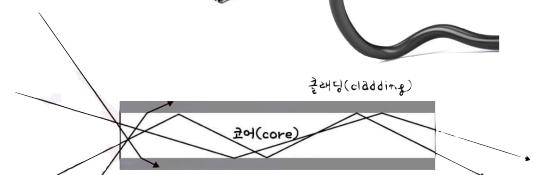
하나의 케이블처럼 보이지만

실제로는 여덟 개의 구리선을 두 개씩 꼬아서 묶은 케이블



구리선의 실드처리 O - UTP; LAN 케이블

구리선의 실드처리 X - STP



[광섬유 케이블]

레이저를 이용해 통신 →

구리선과 비교도 되지 않는 장거리 및 고속 통신 가능

외부와 내부가 다른 밀도를 가지고 제작(유리·플라스틱)

한 번 들어간 빛이 계속적으로 반사하며 전진하여 끝까지 도달

- 무선 LAN(IEEE802.11)
WLAN

수신과 송신에 같은 채널 사용 - 반이중화 통신

[반이중화 통신 half duplex]

- 양쪽 장치가 동시에 송수신 불가능; 한 번에 한 방향만 통신 가능
- 장치가 신호를 수신하기 시작하면 응답하기 전에 전송이 완료될 때까지 대기
- 둘 이상의 장치가 동시에 전송 → 충돌 → 메세지 손실·왜곡: 충돌방지 시스템 필요

[CSMA/CA]

무선 LAN 반이중화 통신 방법 중 하나

데이터 송신 전에 캐리어 감지 등으로 충돌 방지

〈과정〉

1. 데이터 송신 전, 무선 매체를 살핌
2. 캐리어 감지: 회선이 비어있는지 판단
3. IFS Inter Frame Space: 랜덤 값을 기반으로 일정 시간 대기
무선 매체 사용 중 → 대기 시간을 늘려가며 대기
4. 데이터 송신

- 무선 LAN을 이루는 주파수

무선 LAN은 무선 신호 전달 방식을 이용해 2대 이상의 장치를 연결하는 기술
비유도 매체인 공기에 주파수를 쏘아 무선 통신망 구축

〈주파수 대역〉

- 2.4GHz: 장애물에 강하지만 전자레인지 등 전파 간섭 ↑
- 5GHz: 이용 가능한 채널 수 ↑, 동시에 사용 가능 → 상대적으로 깨끗한 전파 환경 구축 가능

[와이파이 WiFi]

전자기기들이 무선 LAN 신호에 연결할 수 있게 하는 기술

무선 접속 장치(AP Access Point) 필요; 공유기

유선 LAN에 흐르는 신호 → 무선 LAN 신호; 신호가 닿는 범위 내에서 무선 인터넷 사용 가능
이 외에도 지그비, 블루투스가 있음

[BSS Basic Service Set] 기본 서비스 집합

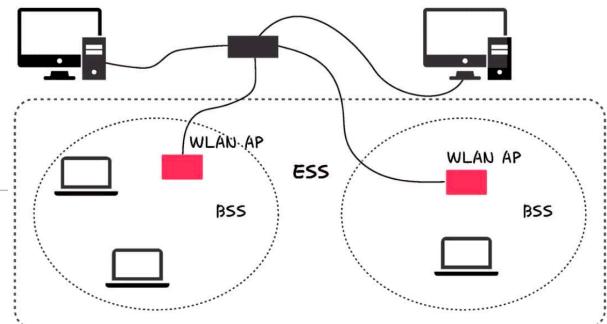
공유기를 통해 네트워크에 접속 + 근거리 무선 통신 제공

하나의 AP 기반: 사용자가 한 곳에서 다른 곳으로 자유롭게 이동하며 네트워크 접속 불가

[ESS Extended Service Set] 하나 이상의 연결된 BSS 그룹

공유기를 통해 네트워크에 접속 + 장거리 무선 통신 제공

BSS보다 더 많은 가용성과 이동성 제공: 사용자가 장소를 이동하며 중단 없이 네트워크에 연결



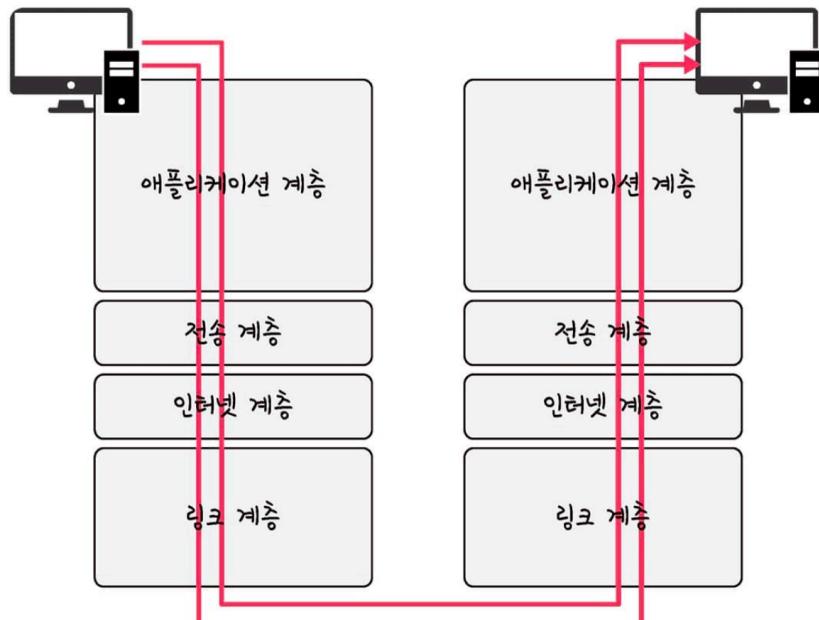
- 이더넷 프레임 데이터 링크 계층은 이더넷 프레임을 통해 전달받은 데이터의 에러 검출 및 캡슐화

[구조]



- Preamble: 이더넷 프레임 시작 알림
- SFD Start Frame Delimiter: 다음 바이트부터 MAC 주소 필드 시작임을 알림
- DMAC, SMAC: 수신, 송신 MAC 주소
- EtherType: 데이터 계층 위의 계층인 IP 프로토콜 정의 (Ex) IPv4·IPv6)
- Payload: 전달받은 데이터
- CRC: 에러 확인 비트

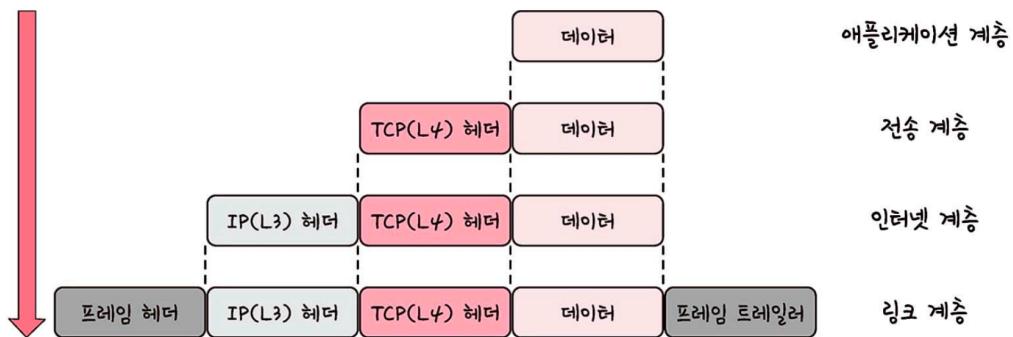
데이터 송수신 과정



한 컴퓨터에서 캡슐화 과정을 거쳐 다른 컴퓨터로 통신을 하고 해당 컴퓨터에서 비캡슐화를 거쳐 데이터를 전송받음

캡슐화 과정

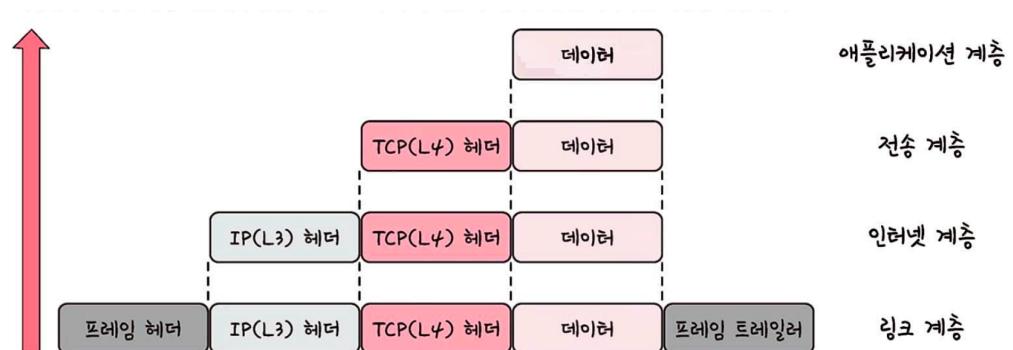
상위 계층의 헤더와 데이터를 하위 계층의 데이터 부분에 포함시키고 해당 계층의 헤더 삽입



애플리케이션 계층 → 전송 계층: '세그먼트' 또는 '데이터그램'화 + TCP(L4) 헤더 추가
전송 계층 → 인터넷 계층: IP(L3) 헤더 추가 → '패킷'화

인터넷 계층 → 링크 계층: 프레임 헤더 + 프레임 트레일러 추가 → '프레임'화

비캡슐화 과정



캡슐화된 데이터를 받아 프레임화된 데이터 → 패킷화 → 세그먼트, 데이터그램화 → 메세지화
최종적으로 사용자에게 애플리케이션의 PDU인 메세지로 전달

2.2.2 PDU Protocol Data Unit

네트워크의 어떠한 계층에서 데이터가 전달될 때 한 덩어리의 단위

[구성]

- 헤더: 제어 관련 정보를 포함
- 페이로드: 데이터

[계층마다 부르는 명칭]

- 애플리케이션 계층: 메세지
- 전송 계층: 세그먼트(TCP), 데이터그램(UDP)
- 인터넷 계층: 패킷
- 링크 계층: 프레임(데이터 링크 계층), 비트(물리 계층)

cf. 비트로 송수신하는 것이 모든 PDU 중 가장 속도와 효율 ↑

but 애플리케이션 계층에서는 문자열 기반으로 송수신
; 헤더에 authorization 값 등 다른 값들을 넣는 확장이 쉽기 때문

2.3 네트워크 기기

Section 2.3 네트워크 기기

2.3.1 네트워크 기기의 처리 범위

계층별 처리 기기

네트워크 기기는 계층별로 처리 범위가 나누어져 있음

- 애플리케이션 계층: L7 스위치
- 인터넷 계층: 라우터, L3 스위치
- 데이터 링크 계층: L2 스위치, 브리지
- 물리 계층: NIC, 리피터, AP

상위 계층을 처리하는 기기는 하위 계층 처리 가능 (반대는 불가능)

Ex. L7 스위치는 모든 계층의 프로토콜을 처리할 수 있지만, AP는 물리 계층만 처리 가능

2.3.2 애플리케이션 계층을 처리하는 기기

L7 스위치
= 로드밸런서

[스위치란?]
네트워크 장비
여러 장비를 연결 및 데이터 통신 중재
목적지가 연결된 포트로만 전기 신호를 보내 데이터 전송

서버의 부하를 분산하는 기기: 클라이언트로부터 오는 요청들을 뒤쪽의 여러 서버로 분배

[목표] 시스템이 처리할 수 있는 트래픽 증가

[기능] URL, 서버, 캐시 쿠키를 기반으로 트래픽 분산
바이러스 및 불필요한 외부 데이터 필터링
응용 프로그램 수준의 트래픽 모니터링
정기적인 헬스 체크^{health check}
: 장애 서버 발생 시 해당 서버를 트래픽 분산 대상에서 제외

[L4 스위치와 L7 스위치의 차이점]

스위치 종류	특이사항	트래피 분산 기반	클라우드서비스에서의 로드밸런싱
L7	상단 참조	IP, 포트, URL, HTTP 헤더, 쿠키	ALB 컴포넌트
L4	전송 계층 처리 기기 스트리밍 관련 서비스 에서는 사용 불가	IP와 포트 메세지 기반 인식 X	NLB 컴포넌트

[헬스 체크] 정상적인 서버 또는 비정상적인 서버 판별
전송 주기 및 재전송 횟수 설정 후 반복적으로 서버에 요청을 보냄
요청 횟수: 서버에 부하가 되지 않을 만큼 적절히
요청 방법: TCP, HTTP
판별 방법: 요청이 정상적으로 이루어졌을 경우 정상 서버로 판단
Ex. TCP 요청 → 3-웨이 핸드셰이크가 정상적으로 시행됨 → 정상 서버

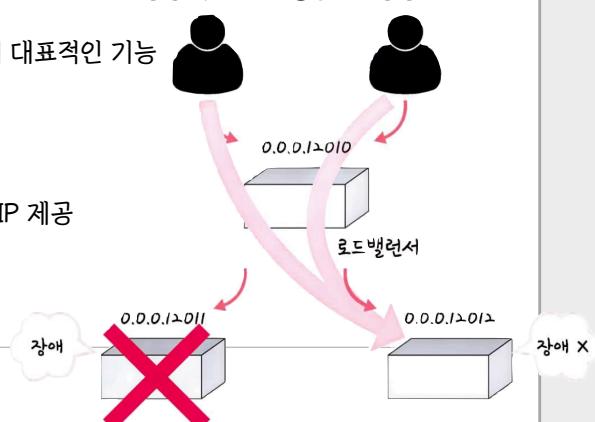
[로드밸런서를 이용한 서버 이중화] 로드밸런서의 대표적인 기능
안정적인 서버 운용을 위해

2대 이상의 서버 구비 필수

: 1대의 서버의 에러 발생 시에도
서비스를 안정적으로 운영하기 위함

로드밸런서 → 2대 이상의 서버 기반으로 가상 IP 제공
→ 안정적인 서비스 제공

0.0.0.12010: 가상 IP



2.3.3 인터넷 계층을 처리하는 기기

라우터 router	여러 개의 네트워크를 연결·분할·구분 [라우팅] 다른 네트워크에 존재하는 장치끼리 서로 데이터를 주고받을 때 패킷 소모 최소화 및 경로 최적화 → 최소 경로로 패킷을 포워딩	
L3 스위치	L2 스위치 기능 + 라우터 기능 라우터라고 칭해도 무방 <ul style="list-style-type: none">라우터 → 소프트웨어 및 하드웨어 기반 라우팅L3 스위치 → 하드웨어 기반 라우팅	

2.3.4 데이터 링크 계층을 처리하는 기기

L2 스위치

장치들의 MAC 주소를 MAC 주소 테이블을 통해 관리
연결된 장치로부터 패킷이 왔을 때 패킷 전송

IP 주소 이해 불가 → 패킷의 MAC 주소를 읽어 스위칭
목적지가 MAC 주소 테이블에 없으면 전체 포트에 전달
MAC 주소 테이블의 주소 → 일정 시간 이후 삭제 가능 O

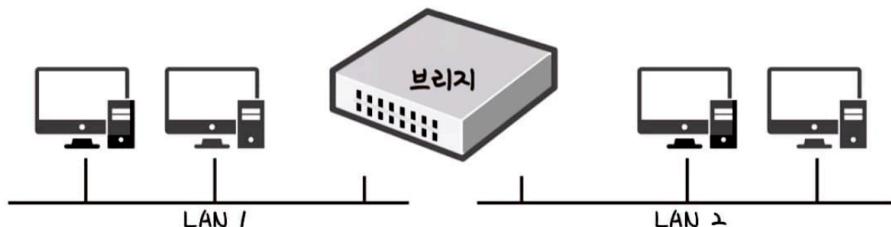
구분	L2 스위치	L3 스위치
참조 테이블	MAC 주소 테이블	라우팅 테이블
참조 PDU	이더넷 프레임	IP 패킷
참조 주소	MAC 주소	IP 주소

브리지 bridge

두 개의 근거리 통신망(LAN)을 상호 접속시키는 통신망 연결 장치
각 포트 사이의 다리 역할

장치에서 받아온 MAC 주소를 MAC 주소 테이블로 관리

[용도] 통신망 범위 확장
서로 다른 LAN 등으로 이루어진 하나의 통신망 구축



2.3.5 물리 계층을 처리하는 기기

NIC
Network Interface Card

= LAN 카드
컴퓨터 내에 설치하는 확장 카드



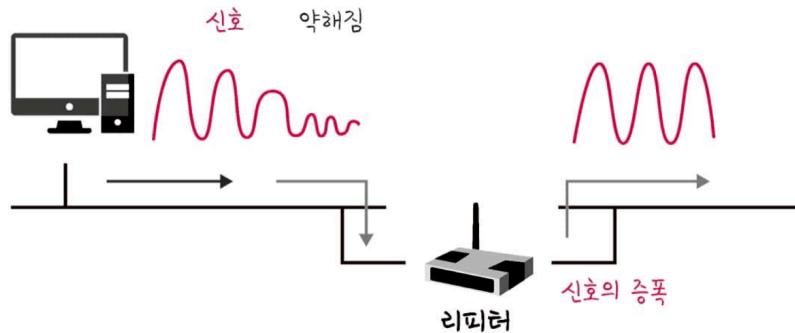
[용도] 2대 이상의 컴퓨터 네트워크 구성
네트워크와 빠른 속도로 데이터 송수신

각 LAN 카드에는 고유의 식별번호인 MAC 주소가 있음

리피터
repeater

들어오는 약해진 신호를 증폭시켜 패킷이 더 멀리 갈 수 있도록 만들어 전달하는 장치

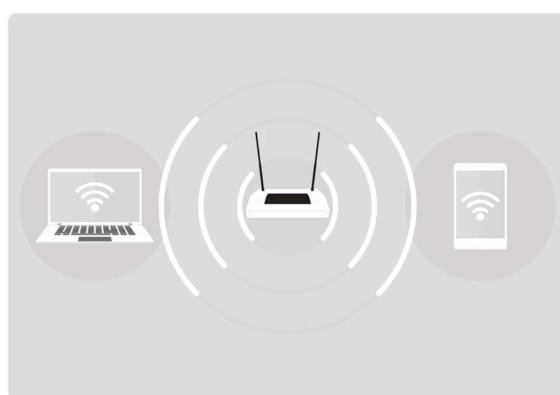
광케이블 보급에 따라 현재는 잘 쓰이지 않음



AP
Access Point

패킷 복사 기기

AP에 유선 LAN 연결 → 다른 장치에서 무선 LAN 기술(wifi 등)을 사용해 무선 네트워크 연결



2.4 IP 주소

Section 2.4 IP 주소

2.4.1 ARPAddress Resolution Protocol

[컴퓨터와 컴퓨터 간의 통신]

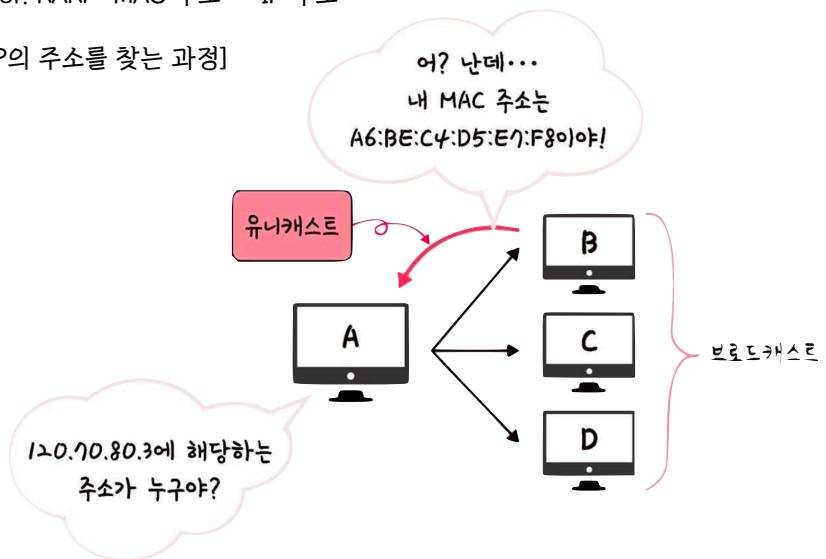
흔히 IP 주소기반 통신이라고 알려져있으나

정확히 이야기 하자면 IP 주소에서 ARP를 통해 MAC 주소를 찾아 MAC 주소를 기반으로 통신

[ARP] IP 주소로부터 MAC 주소를 구하는 다리역할 프로토콜

cf. RARP: MAC 주소 → IP 주소

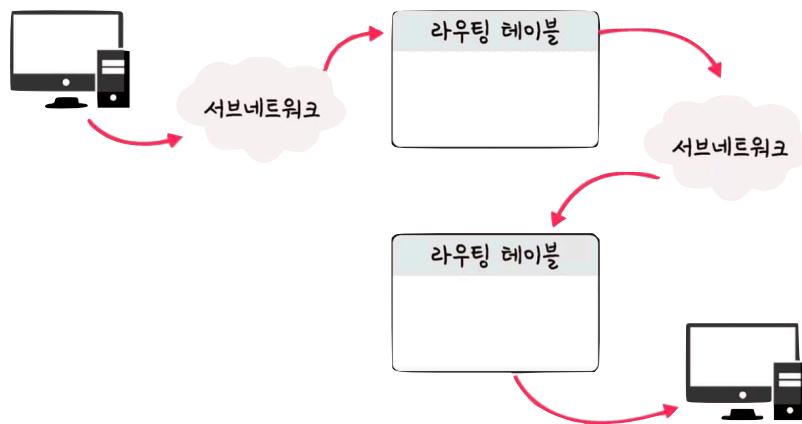
[ARP의 주소를 찾는 과정]



1. 장치 A가 ARP Request 브로드캐스트를 보내 IP 주소인 120.70.80.3를 통해 MAC 주소를 찾음
2. 해당 주소를 갖는 장치 B가 ARP reply 유니캐스트를 통해 MAC 주소 반환

2.4.2 홉바이홉 hop by hop 통신

IP 주소를 통해 통신하는 과정



수많은 서브네트워크 안에 있는 라우터의 라우팅 테이블 IP를 기반
패킷 전달을 여러번 거쳐 라우팅을 수행하며 최종 목적지에 전달

라우팅 테이블
routing table

송신지에서 수신지까지 도달하기 위해 사용

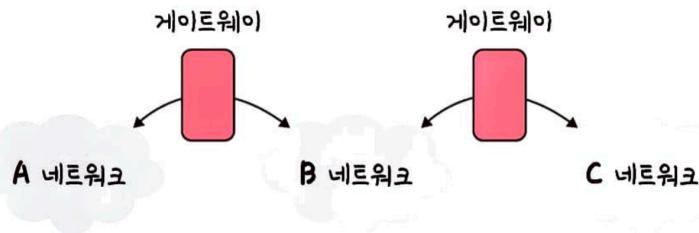
[알 수 있는 정보]

라우터에 들어가 있는 목적지 정보 & 목적지로 가기 위한 방법

게이트웨이 & 모든 목적지에 대해 해당 목적지에 도달하기 위해 거쳐야 할 다음 라우터 정보

게이트웨이
gateway

서로 다른 통신망 및 프로토콜을 사용하는 네트워크 간의 통신을 가능하게 하는 컴퓨터 및 SW



[역할] 인터넷에 접속하기 위해 거치는 수많은 툴게이트와 같음
서로 다른 네트워크 상의 통신 프로토콜 변환

[게이트웨이 확인 방법] → 라우팅 테이블을 통해 확인 가능 (윈도우 cmd: netstat -r)

2.4.3 IP 주소 체계

		IPv4	IPv6														
클래스 기반 할당 방식 classful network addressing	IP 주소 표현 방법	32비트를 8비트 단위로 점을 찍어 표기 (ex. 123.45.67.89)	64비트를 16비트 단위로 점을 찍어 표기 (ex. 2001:db8:100:42:8329)														
	사용 추세	현재 가장 많이 사용	점점 늘어나는 중														
	<p>첫 번째 바이트 두 번째 바이트 세 번째 바이트 네 번째 바이트</p> <table border="1"> <tr> <td>클래스 A</td> <td>네트워크 주소</td> <td>호스트 주소</td> </tr> <tr> <td>클래스 B</td> <td>네트워크 주소</td> <td>호스트 주소</td> </tr> <tr> <td>클래스 C</td> <td>네트워크 주소</td> <td>호스트 주소</td> </tr> <tr> <td>클래스 D</td> <td>브로드캐스트용 주소</td> <td></td> </tr> <tr> <td>클래스 E</td> <td>예비용 주소</td> <td></td> </tr> </table>	클래스 A	네트워크 주소	호스트 주소	클래스 B	네트워크 주소	호스트 주소	클래스 C	네트워크 주소	호스트 주소	클래스 D	브로드캐스트용 주소		클래스 E	예비용 주소		
클래스 A	네트워크 주소	호스트 주소															
클래스 B	네트워크 주소	호스트 주소															
클래스 C	네트워크 주소	호스트 주소															
클래스 D	브로드캐스트용 주소																
클래스 E	예비용 주소																

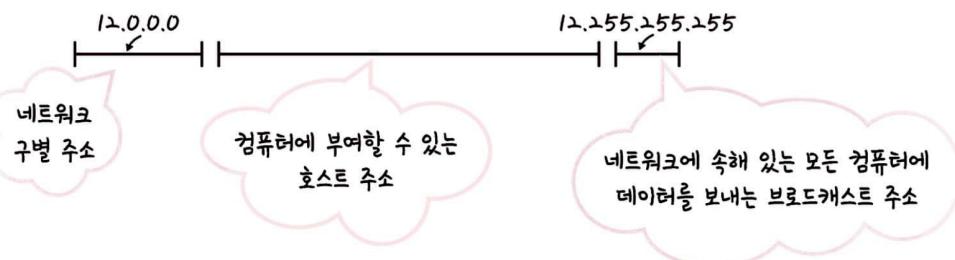
[클래스 기반 할당 방식 상세 내역]



- 구분 비트: 가장 왼쪽에 있는 비트

ex) 클래스 A - 0, 클래스 B - 10, 클래스 C - 110

클래스 A에서 가질 수 있는 IP 범위: 00000000.00000000.00000000.00000000
~01111111.11111111.11111111.11111111



- 네트워크의 첫 번째 주소: 네트워크 구별 주소

- 네트워크의 마지막 주소: 브로드캐스트용 주소; 네트워크에 속해 있는 모든 컴퓨터에 데이터 전송

〈예시〉

클래스 A로 12.0.0.0이라는 네트워크를 부여받음

12.0.0은 네트워크 구별주소, 12.255.255.255는 브로드캐스트 주소이므로
12.0.0.1~12.255.255.254의 호스트 주소를 부여받음

[단점] 사용하는 주소보다 버리는 주소가 많음 → DHCP, IPv6, NAT 등장

DHCP
Dynamic Host Configuration Protocol

IP 주소 및 기타 통신 매개변수를 자동 할당하기 위한 네트워크 관리 프로토콜
네트워크 장치의 IP 주소를 수동으로 설정할 필요 X
→ 인터넷에 접속할 때마다 자동으로 IP 주소 할당

[탑재된 장비] 라우터 및 게이트웨이

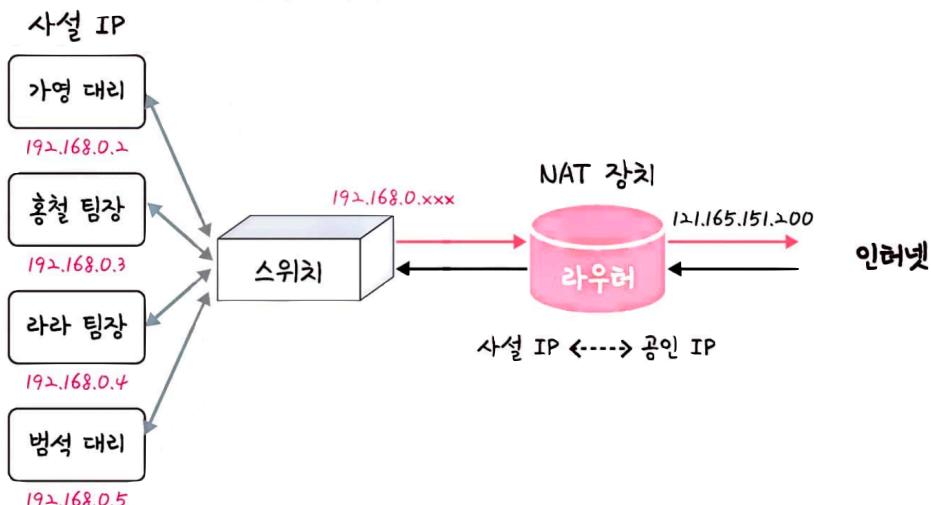
대부분의 가정용 네트워크에서 IP 주소 할당

NAT
Network Address Translation

패킷이 라우팅 장치를 통해 전송되는 동안 패킷의 IP 주소 정보를 수정해 다른 주소로 매플
IPv4 주소 체계만으로 많은 주소들을 모두 감당하지 못하는 단점 존재
→ NAT로 공인 IP와 사설 IP를 나눠서 주소 처리: 사설 IP ←→ 공인 IP

[NAT 가능한 SW] ICS, RRAS, Netfilter

서비스 회사



[공유기와 NAT]

- NAT 사용하는 이유: 여러 대의 호스트가 하나의 공인 IP 주소를 사용해 인터넷에 접속하기 위함
ex) 인터넷 회선 하나를 개통 후 인터넷 공유기를 달아 여러 PC를 연결하여 사용
→ 인터넷 공유기에 NAT가 탑재되어 있어 가능한 일

[NAT를 이용한 보안]

NAT 이용 시 내부 네트워크에서 사용하는 IP 주소와 외부에 드러나는 IP 주소를 다르게 유지 가능
→ 네트워크에 대한 보안 가능

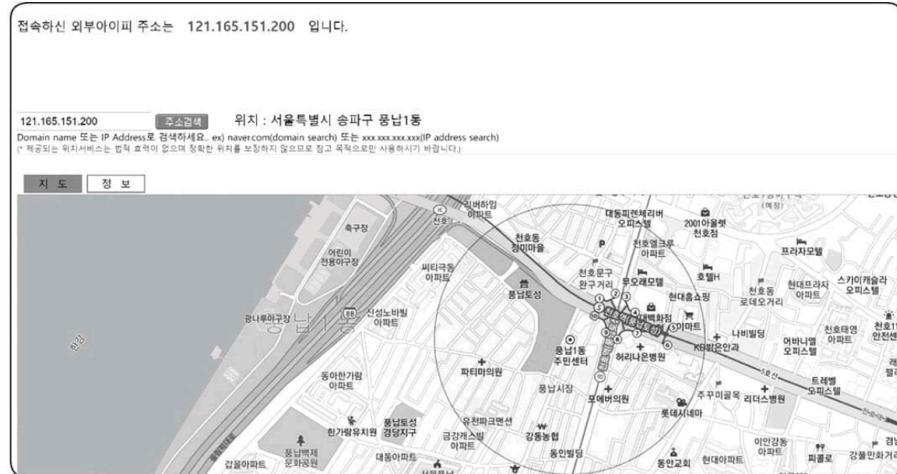
[NAT의 단점]

여러 명이 동시에 인터넷 접속 → 접속하는 호스트 수에 따라 속도 저하

2.4.4 IP 주소를 이용한 위치 정보

IP 주소 = 인터넷에서 사용하는 네트워크 주소 → 동 또는 구까지 위치 추적 가능

IP 주소를 기반으로 위치를 찾는 사이트: <https://mylocation.co.kr/>



Chapter 3 운영체제

3.1 운영체제와 컴퓨터

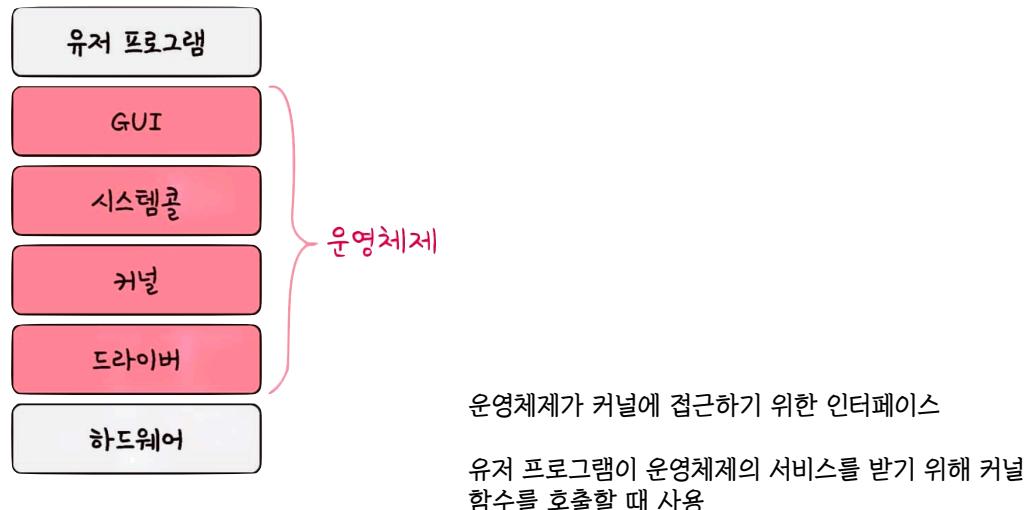
3.1 운영체제와 컴퓨터

3.1.1 운영체제의 역할과 구조

운영체제의 역할

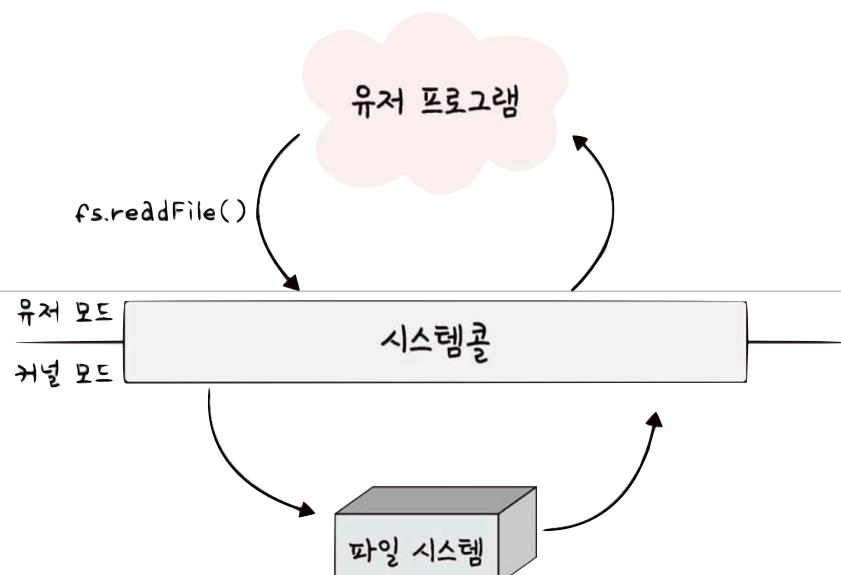
- CPU 스케줄링과 프로세스 관리
CPU 소유권을 어떤 프로세스에 할당할지, 프로세스의 생성 및 삭제, 자원 할당 및 반환 관리
 - 메모리 관리: 한정된 메모리를 어떤 프로세스에 얼마나 할당해야 하는지 관리
 - 디스크 파일 관리: 디스크 파일 보관 방법 관리
 - I/O 디바이스 관리: 마우스, 키보드와 컴퓨터 간 데이터 교환 관리
- * GUI가 없고 CUI만 있는 리눅스 서버도 존재

운영체제의 구조

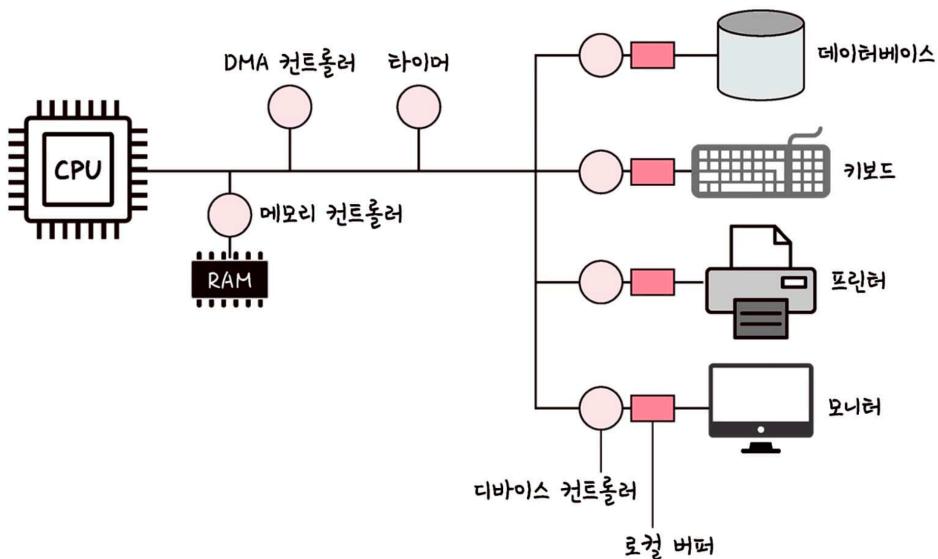


시스템콜

- 유저 프로그램이 I/O 요청으로 트랩^{trap} 발생 시
올바른 I/O 요청인지 확인 후
시스템콜을 통해 유저 모드가 커널 모드로 변환되어 실행
→ 컴퓨터 자원에 대한 직접 접근 차단
프로그램을 다른 프로그램으로부터 보호



3.1.2 컴퓨터의 요소



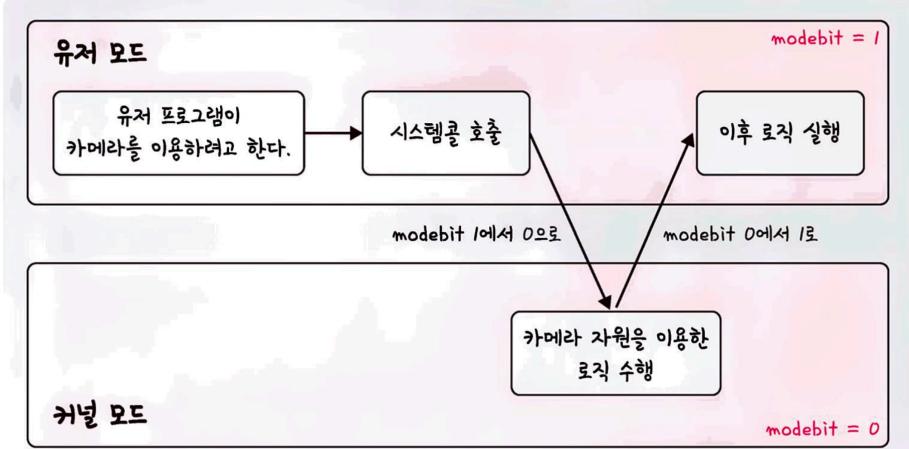
[시스템콜과 커널, 운영체제]

CPU
Central Processing Unit

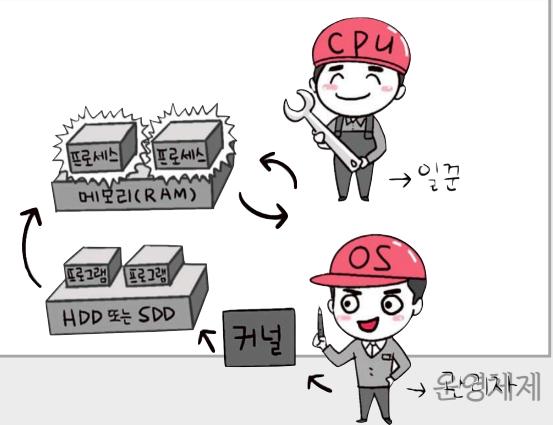
modebit
- 레지스터
Register

- 제어장치
CU: Control Unit

- 산술논리연산장치
ALU
; Arithmetic Logic Unit



[장점] 낮은 단계의 영역 처리에 대한 부분을 신경쓰지 않고 프로그램 구현할 수 있음



유저 모드 기반으로 디바이스가 커지게 된다면 공격자가 디바이스 작동에 접근하기 쉬워지므로
I/O 디바이스는 운영체제를 통해서만 작동
(커널 모드를 거쳐 운영체제를 통해 작동하게 해야 막기 쉬움)

↓ 이를 위한 장치

시스템 콜 작동 시 유저 모드와 커널 모드를 구분할 때 참고하는 플래그 변수

인터럽트에 의해 단순히 메모리에 존재하는
명령어를 해석해 실행하는 장치

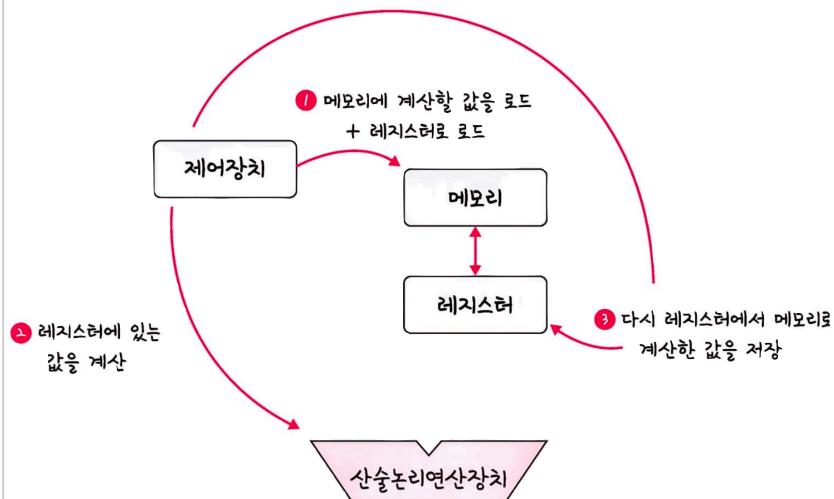
운영체제의 커널이 프로그램을 메모리에 옮겨
프로세스로 만들면 그것을 CPU가 처리

프로세스 조작 지시
입출력 간 통신 제어
명령어 읽고 해석
데이터 처리 순서 결정

매우 빠른 임시기억장치
연산 속도가 메모리보다 수십~수백배 빠름 ; CPU와 직접 연결되어 있기 때문
CPU는 자체적으로 데이터를 저장할 수 없기 때문에 레지스터를 거쳐 데이터 전달

산술 및 논리 연산을 계산하는 디지털 회로

[CPU의 연산처리]



1. 제어장치 → 메모리와 레지스터에 계

- 산할 값 로드
2. 제어장치 → 산술논리연산장치에게 레지스터에 있는 값을 계산하라고 명령
3. 제어장치 → 레지스터에 저장된 계산된 값을 메모리에 저장

- 인터럽트

어떤 신호가 들어왔을 때 CPU를 잠시 정지시킴

인터럽트 간에 우선순위 존재

[하드웨어 인터럽트]

I/O 디바이스에서 발생하는 인터럽트: 키보드 및 마우스 연결

인터럽트 라인 설계 이후 순차적인 인터럽트 실행 중지

→ 운영체제에 시스템콜 요청

→ 원하는 디바이스에 있는 작은 로컬 버퍼에 접근해 작업 수행

[소프트웨어 인터럽트] = 트랩 trap

프로세스 오류 등으로 프로세스가 시스템콜 호출 시 발생

[인터럽트 발생 시?] 인터럽트 벡터의 인터럽트 핸들러 함수 실행

인터럽트 핸들러 함수: 인터럽트 발생 시 핸들링하기 위한 함수

커널 내부의 IRQ를 통해 호출

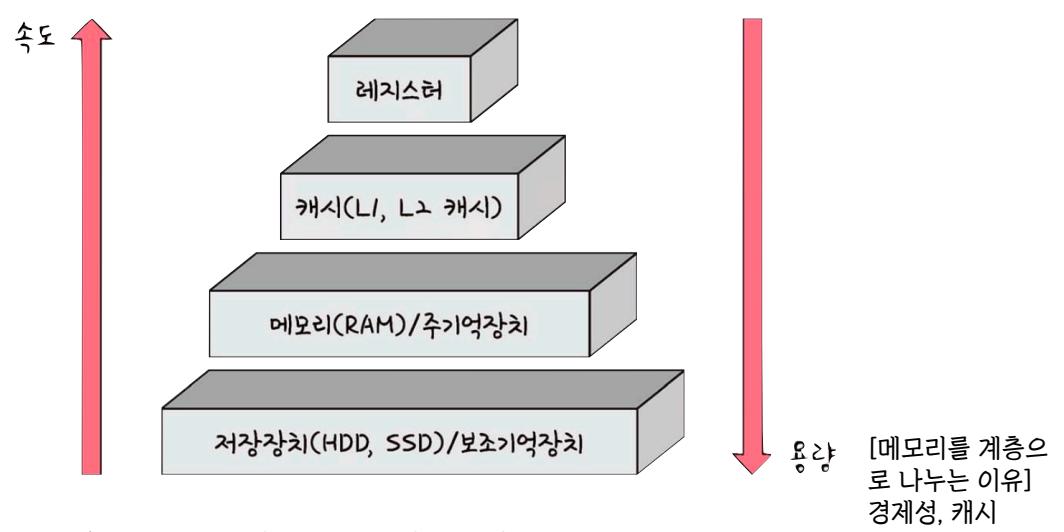
request_irq()를 통해 인터럽트 핸들러 함수 등록

DMA 컨트롤러 <small>device controller</small>	I/O 디바이스가 메모리에 직접 접근할 수 있도록 하는 하드웨어 장치 [존재 의의] CPU에만 너무 많은 인터럽트 요청이 들어옴 → 작업 분담을 통해 CPU 부하 방지
메모리 <small>memory</small>	= RAM Random Access Memory 전자회로에서의 데이터, 상태, 명령어 <u>기록 장치</u>
타이머	특정 프로그램에 작업 시간 제한
디바이스 컨트롤러 <small>device controller</small>	I/O 디바이스들의 작은 CPU

3.2 메모리

3.2 메모리

3.2.1 메모리 계층



Ex) 16GB RAM보다 16GB SSD가 훨씬 저렴함

[일상생활에서의 메모리 계층 경험] 로딩 중
→ HDD 또는 인터넷에서 데이터를 읽어 RAM으로 전송하는 과정

데이터를 미리 복사해 놓는 임시 저장소
병목 현상 완화시키는 메모리

→ 시간 절약: 데이터 접근 시간이 긴 경우를 해결하고 무언가를 다시 계산하는 시간 절약
Ex) 메모리와 CPU

프로세스 내의 명령어 및 데이터에 대한 참조가 군집화 경향을 띨

- 지역성의 원리

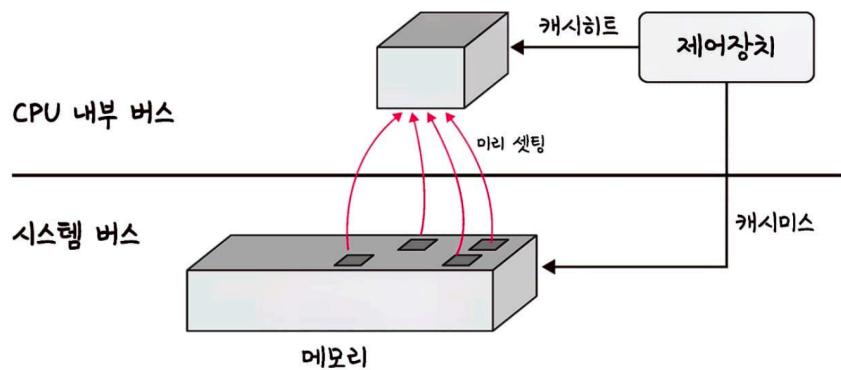
[시간 지역성 temporal locality]

최근 사용한 데이터에 다시 접근하는 특성

[공간 지역성 spatial locality]

최근 접근한 데이터를 이루고 있는 공간 및 가까운 공간에 접근하는 특성

캐시히트와 캐시미스



[캐시히트] 캐시에 찾는 데이터 O

→ 제어장치를 거쳐 가져옴: 빠름(CPU 내부 버스 기반)

[캐시미스] 캐시에 찾는 데이터 X → 주 메모리에서 데이터를 찾아옴: 느림(시스템버스 기반)

- 캐시매핑
cache mapping

[직접 매핑directed mapping]

- 다대일 방식: 메모리의 여러 주소가 캐시 메모리의 한 주소에 대응
Ex) 메모리: 1~100, 캐시: 1~10 → 1: 1~10, 2: 11~20, ...
- 처리가 빠르지만 충돌 발생↑

[연관 매핑associated mapping]

- 비어있는 캐시 메모리가 있으면 랜덤하게 주소 저장
- 저장 시에는 간단하지만 찾을 때는 모든 블록을 탐색해야 하므로 효율↓

[집합 연관 매핑set associated mapping]

- 직접 매핑 장점 + 연관 매핑 장점: 특정 행을 지정해 그 행 안의 어떤 열이든 비어있으면 저장
Ex) 메모리: 1~100, 캐시: 1~10 → 1~5: 1~50 무작위로 저장
- 검색과 저장 속도: 직접 매핑과 연관 매핑의 중간 속도

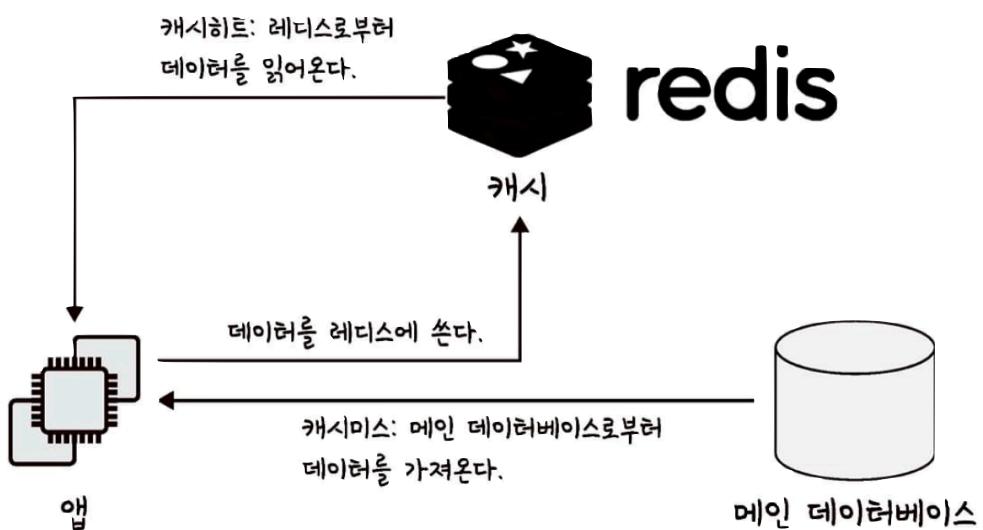
- 웹 브라우저의 캐시

사용자의 커스텀한 정보 및 인증 모듈 관련 사항 → 웹 브라우저에 저장: 추후 중복 요청 방지

	타입	만료기한	저장 용량	
쿠키	키-값	○	4KB	<ul style="list-style-type: none"> - 다른 도메인에서 요청했을 때 자동 전송: same site 옵션을 strict로 설정하지 않은 경우 - 설정 시 document.cookie로 httponly 옵션을 걸어 쿠키를 볼 수 없게 하는 것이 중요 - 서버 또는 클라이언트에서 만료기한 지정
로컬 스토리지	키-값	×	10MB	<ul style="list-style-type: none"> - 웹 브라우저를 닫아도 유지 - 도메인 단위로 저장·생성 - HTML5 지원 웹 브라우저에서만 사용 가능 - 클라이언트에서만 수정 가능
세션 스토리지	키-값	×	5MB	<ul style="list-style-type: none"> - 탭 단위로 저장·생성 - HTML5 지원 웹 브라우저에서만 사용 가능 - 클라이언트에서만 수정 가능

- 데이터베이스의 캐싱 계층

데이터베이스 시스템 구축 시 메인 데이터베이스 위에 레디스(redis) 데이터베이스 계층을 캐싱 계층으로 두고 성능 향상

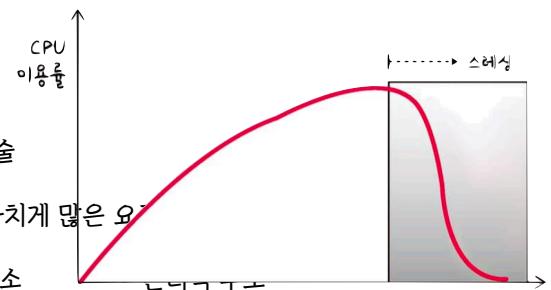


3.2.2 메모리 관리

스레싱 thrashing

운영체제의 대표적인 업무

한정된 메모리를 극한으로 활용



가상 메모리 virtual memory

메모리가 실제 메모리보다 많아 보이게 하는 기술

프로세스들이 존재하는 메모리가 여유 없이 지나치게 많은 요

[가상 주소logical address] 가상으로 주어진 주소

[실제 주소physical address] 실제 메모리상에 있는 주소 = 물리적 주소

메모리관리장치MMU: 가상 주소 → 실제 주소

가상 주소와 실제 주소가 매핑되어 있고, 페이지 테이블을 통해 관리

→ 속도 향상을 위해 TLB 사용

스와핑 swapping

당장 사용하지 않는 영역을 하드디스크로 옮기고
하드디스크의 일부분을 마치 메모리처럼 불러와 쓰는 것

[페이지 폴트page fault와 그로 인한 스와핑 과정]

1. CPU가 물리 메모리를 확인해 페이지 탐색 → 트랩 발생시켜 OS에 알림
2. OS가 CPU 동작 정지
3. OS가 페이지 테이블 확인해 가상 메모리에 페이지 존재 여부 확인
→ 현재 물리 메모리에 빈 프레임 존재하는지 확인 → 스와핑
4. 비어있는 프레임에 해당 페이지 로드 → 페이지 테이블 최신화
5. 중단 종이었던 CPU 다시 실행

페이지 폴트율이 높은 상태
컴퓨터의 심각한 성능 저하 초래

[발생 과정]

많은 프로세스가 동시에 메모리에 올라가 스와핑 ↑

→ 페이지 폴트 발생 → CPU 이용률 ↓

→ OS: CPU 가용성 ↑ 위해 더 많은 프로세스 적재

	<p>→ 반복 → 스레싱</p> <p>[해결 방법] 작업 세트, PFF</p> <p>지역성 <i>locality</i>를 통해 결정된 페이지 집합을 만들어 미리 메모리에 로드</p> <p>[장점] 탐색 비용·스와핑 ↓</p> <p>페이지 폴트 빈도 조절법 – 상한선, 하한선에 도달함에 따라 프레임을 늘리고 줄임</p>
- 작업 세트 working set - PFF Page Fault Frequency	

<p>메모리 할당</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연속 할당 <p>[할당 기준] 시작 메모리 위치, 메모리의 할당 크기</p> <p>메모리에 연속적으로 공간 할당</p> <p>[고정 분할 방식fixed partition allocation] 메모리를 미리 나누어 관리 용통성X, 내부 단편화internal fragmentation 발생</p> <p>[가변 분할 방식variable partition allocation] 매 시점 크기에 맞게 동적으로 메모리를 나눔 외부 단편화external fragmentation 발생</p> <ul style="list-style-type: none"> - 최초적합: 위쪽이나 아래쪽부터 시작해서 훌을 찾는 할당 - 최적적합: 프로세스의 크기 이상인 공간 중 가장 작은 훌부터 할당 - 최악적합: 프로세스의 크기 이상인 공간 중 가장 큰 훌부터 할당 <p>메모리를 연속적으로 할당하지 않음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 불연속 할당 <p>[페이지 paging 기법] 메모리를 동일한 크기의 페이지(보통 4KB)로 나누고 프로그램마다 페이지 테이블을 두어 이를 통해 메모리에 프로그램을 할당</p> <p>장점: 훌의 크기가 균일 단점: 주소 변환 복잡</p> <p>[세그멘테이션segmentation] 의미 단위인 세그먼트segment로 나누는 방식 : 프로세스의 코드와 데이터 등을 기반으로 또는 함수 단위로 나눔</p> <p>장점: 공유 및 보안 측면에서 좋음 단점: 훌 크기 불균일</p> <p>[페이지드 세그멘테이션paged segmentation] 공유나 보안 → 세그먼트 단위 물리적 메모리 → 페이지 단위</p>	
--	--

	<p>페이지 교체 알고리즘</p> <ul style="list-style-type: none"> - 오프라인 알고리즘 offline algorithm - FIFO First In First Out - LRU Least Recently Used - NUR Not Used Recently - LFU Least Frequently Used <p>스와핑이 많이 발생하지 않도록 설계하는 알고리즘</p> <p>먼 미래에 참조되는 페이지와 현재 할당하는 페이지를 바꾸는 알고리즘</p> <p>가장 좋은 방법이지만, 미래에 사용되는 프로세스를 알 수 없기 때문에 사용 불가</p> <p>[존재 의의] 다른 알고리즘과의 성능 비교에 대한 기준 제공</p> <p>가장 먼저 할당된 페이지를 가장 먼저 교체</p> <p>참조된지 가장 오래된 페이지를 먼저 교체 '오래됨'을 파악하기 위해 각 페이지마다 계수기, 스택을 둠</p> <p>[구현 자료 구조]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해시 테이블: 이중 연결 리스트에서 빠르게 찾도록 사용 - 이중 연결 리스트: 한정된 메모리 <p>LRU에서 발전한 알고리즘</p> <p>= clock 알고리즘 0과 1을 가지는 비트를 둠 (1: 최근에 참조됨, 0: 최근에 참조되지 않음) 시계방향으로 돌면서 0을 발견하면 해당 프로세스를 교체하고 비트를 1로 토글</p> <p>참조 빈도가 가장 낮은 페이지를 먼저 교체</p>
--	---

3.4 CPU 스케줄링 알고리즘

CPU 스케줄링 알고리즘

3.4.1 비선점형 방식 non-preemptive

CPU 스케줄러

CPU 스케줄링 알고리즘에 따라 프로세스에서 해야하는 일을 스레드 단위로 CPU에 할당

CPU 스케줄링 알고리즘

프로그램 실행 시 어떤 프로그램에 CPU 소유권을 줄지 결정

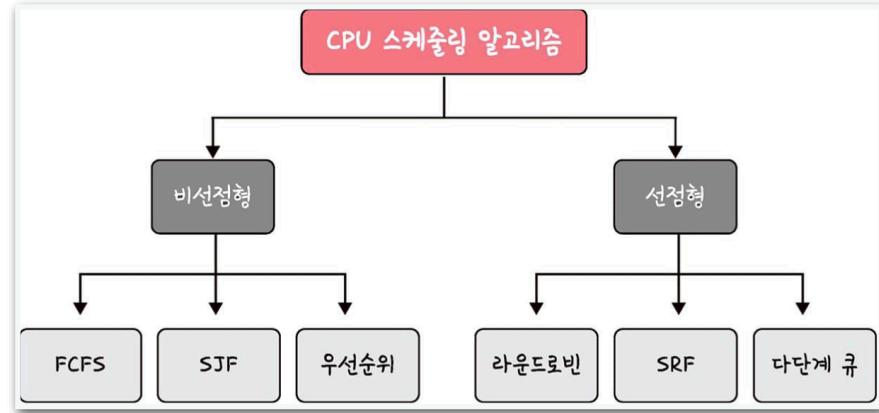
FCFS

First Come, First Served

SJF

Shortest Job First

우선순위



[목표]

CPU 이용률 높이기

주어진 시간에 많은 일 처리

준비 큐 ready queue에 있는 프로세스 수 ↓

응답 시간 ↓

프로세스가 스스로 CPU 소유권을 포기하는 방식

강제로 프로세스 중지X → 컨텍스트 스위칭으로 인한 부하 ↓

가장 먼저 온 것을 가장 먼저 처리

[단점] 길게 수행되는 프로세스로 인해 convoy effect(준비 큐에서 오래 기다리는 현상) 발생

실행 시간이 가장 짧은 프로세스를 가장 먼저 실행

실제로는 실행 시간을 알 수 없기 때문에 과거의 실행했던 시간을 토대로 추측해서 우선권 부여

[장점] 평균 대기 시간이 가장 짧음

[단점] starvation(긴 시간을 가진 프로세스가 실행되지 않는 현상) 발생

aging(오래된 작업일수록 우선순위를 높이는 작업)을 통해 SJF의 단점을 보완한 알고리즘

3.4.2 선점형 방식 preemptive

!라운드 로빈
RR
Round Robin

사용중인 프로세스를 알고리즘을 통해 중단시키고 강제로 다른 프로세스에 CPU 소유권 할당
현대 운영체계가 사용하는 방식

현대 컴퓨터가 사용하는 스케줄링인 우선순위 스케줄링 priority scheduling의 일종
각 프로세스가 동일한 할당시간을 부여받고,
그 시간 안에 끝나지 않으면 다시 준비 큐 ready queue 뒤로 가는 알고리즘
Ex) q만큼의 할당 시간이 부여되었고 N개의 프로세스 운영: $(N-1)*q$ 시간이 지나면 차례가 옴
할당 시간이 너무 크면 FCFS가 되고 너무 짧으면 컨텍스트 스위칭이 잦아져 오버헤드(비용) 증가

[장점] 평균 응답 시간 ↓
[단점] 전체 작업시간 ↑

로드밸런서에서 트래픽 분산 알고리즘으로도 사용

SJF + 중간에 더 짧은 작업이 들어오면 수행하던 프로세스를 중단하고 해당 프로세스 수행

SRF
Shortest
Remaining time First

다단계 큐

우선순위에 따른 준비 큐를 여러 개 사용
큐마다 라운드 로빈이나 FCFS 등 다른 스케줄링 알고리즘을 적용

큐 간의 이동 X
[장점] 스케줄링 부담 ↓
[단점] 유연성 ↓

