

IT 인프라 아키텍처 설계

네트워크 기초 OSI L1~L7 + 장비·토폴로지

Session 4 · Day 1 — TA가 알아야 할 네트워크 전 계층 한 권

본문 108 슬라이드 · 강의 시간 약 150분 · TA(Technical Architect) 양성 과정

강사 박수현 · 🚀 젠아이랩스(GenAI Labs)

데이터센터 · 서버·OS·DB·GPU · 가상화·컨테이너 · 네트워크 L1~L7 · 스토리지 · 백업·DR · 보안 6대 도메인 · HA · 용량·성능·관찰성 · 설계 워크숍 · RFP · 5종 실전 케이스

세션 4 — 회차 메타데이터

세션 정보

- 회차: 4 / 15 — Day 1 · 네트워크 기초
- 소속: Day 1 — IT 인프라 큰 그림 + 서버·NW 기초
- 카테고리: is-technical (인프라 기초)
- 예상 분량: 본문 108 슬라이드 + 이미지 18장
- 강의 시간: 약 150분
- 강사: 박수현 — 젠아이랩스(GenAI Labs) **CEO / CTO**

핵심 메시지

네트워크는 **7계층 · 100+ 프로토콜 · 수십 가지 장비**의 약속 집합. TA는 이 약속을 **다이어그램·표·결정 매트릭스**로 풀어낸다.

학습 목표 (Learning Objectives)

1. **OSI 7 / TCP/IP 4 계층** — 캡슐화·데이터 단위·장비 매핑
2. **L1 물리** — Cat 5e~8·SM/MM 광·SFP~OSFP 비교
3. **WiFi** — 802.11 a~be·2.4/5/6 GHz·WPA3·AP 설계
4. **L2** — Ethernet·MAC·ARP·STP·LACP·VLAN·L2 보안
5. **L3** — IP·CIDR·ICMP·라우팅(Static·OSPF·BGP·IS-IS)
6. **L4** — TCP/UDP/QUIC·3-Way·혼잡제어
7. **L5~L7** — DNS·DHCP·HTTP·TLS·SSH·SNMP·LDAP
8. **장비·토폴로지** — 3-Tier vs Spine-Leaf·ToR·OOB

강의 지도 — 세션 4 본문 10개 PART

A. OSI / TCP/IP 모델

- 7 / 4 계층 + 매핑
- 캡슐화·디캡슐화
- 데이터 단위 (Frame·Packet·Segment)
- 계층별 장비 매핑

B. L1 물리 계층

- Cat 5e~8 동선
- 광 SM/MM, 커넥터
- SFP~OSFP 모듈
- 거리·100G/400G/800G

C. WiFi

- 802.11 a/b/g/n/ac/ax/be
- 2.4·5·6 GHz · 채널 폭
- MIMO·OFDMA·Beamforming
- WPA3·EAP·AP 배치

D. L2 데이터링크

- Ethernet·MAC·ARP
- STP / RSTP / MSTP
- LACP·LLDP
- VLAN·L2 보안

E. L3 네트워크

- IP·CIDR·VLSM·ICMP
- 라우팅 기본
- OSPF·BGP·IS-IS·EIGRP
- ECMP·PBR

F. L4 전송

- TCP·UDP·SCTP·QUIC
- 3-Way / 4-Way
- 혼잡제어 (Reno·CUBIC·BBR)
- 포트 분류

G. L5~L7 응용

- DNS·DHCP·NTP·LDAP
- HTTP/1.1·2·3·TLS
- SMTP/POP3/IMAP·FTP/SFTP·SSH·SNMP

H. 장비 · I. 토폴로지 · J. 실전

- Hub~LB·WAF·FW
- 3-Tier vs Spine-Leaf
- 산출물·결정 10가지

PART A

OSI 7 Layer + TCP/IP — *모든 네트워크의 공통 어휘*

7개 계층의 약속이 모여 우리가 보는 모든 통신이 된다.

OSI 7 Layer — 7개 계층의 책임



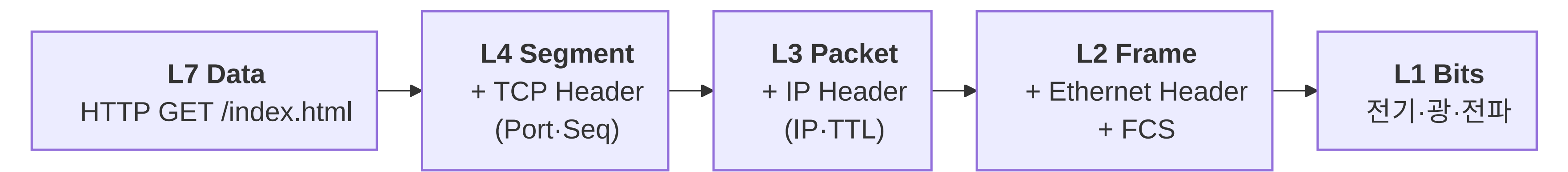
암기 트릭: "All People Seem To Need Data Processing" (위→아래) — **Please Do Not Touch Steve's Pet Alligator** (아래→위).

TCP/IP 4 Layer — 실제 구현 모델

TCP/IP 계층	OSI 매핑	대표 프로토콜	대표 장비
Application	L5+L6+L7	HTTP·HTTPS·DNS·DHCP·SMTP·SSH·FTP·LDAP·SNMP	LB(L7)·WAF·Proxy
Transport	L4	TCP·UDP·SCTP·QUIC	LB(L4)·Firewall
Internet	L3	IP·ICMP·ARP*·OSPF·BGP	Router·L3 Switch
Network Access	L1+L2	Ethernet·WiFi·PPP·VLAN(802.1Q)·MAC	L2 Switch·Hub·AP·케이블·SFP

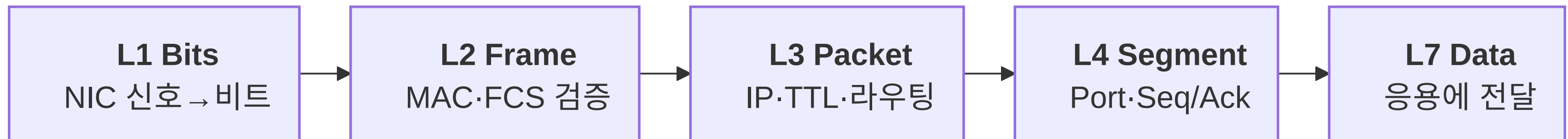
현장에서는 TCP/IP 4 계층이 실제 표준. OSI 7 계층은 개념·교육·트러블슈팅 용어. *ARP는 L2와 L3의 경계.*

패킷 캡슐화 (Encapsulation) — 송신 시 위→아래



계층	추가되는 헤더	데이터 단위
L7~L5	Application 헤더	Data
L4	TCP/UDP 헤더 (Src/Dst Port)	Segment (TCP) / Datagram (UDP)
L3	IP 헤더 (Src/Dst IP·TTL·Protocol)	Packet
L2	Ethernet 헤더 (Src/Dst MAC·EtherType) + FCS	Frame
L1	(헤더 없음)	Bit (전기·광·전파)

디캡슐화 (Decapsulation) — 수신 시 아래→위



각 계층 검증

- **L2:** 목적지 MAC == 내 MAC? FCS 무결성?
- **L3:** TTL > 0? IP Header Checksum?
- **L4:** Port가 LISTEN 중인가? Seq 정상?
- **L7:** 응용이 받을 수 있는 형식?

TA의 관점

- 장애 발생 시 **Bottom-up**: 케이블 → Link → IP → Port → 응용 순서로 격리
- **MTU 불일치** → **L3 Fragmentation** → 성능 폭락
- **L4 Reset(RST) 폭주** → 응용/방화벽 의심
- **L7 Slow Response** → **APM**으로 절단점 추적

계층별 장비 매핑 — 어느 계층에서 일하는가

OSI 계층	데이터 단위	주요 장비	핵심 결정
L7	Data	WAF · L7 LB · API Gateway · Reverse Proxy	URL/Header 라우팅·SSL Term
L6	Data	TLS Offloader · HSM	인증서·암호 스위트
L5	Data	(특수)	RPC·SMB 세션
L4	Segment	L4 LB · Firewall · NAT GW	5-Tuple·Connection Track
L3	Packet	Router · L3 Switch · IPS · VPN GW	라우팅 테이블·ACL
L2	Frame	L2 Switch · Bridge · Wireless AP	MAC 테이블·VLAN
L1	Bit	Hub · Repeater · Media Converter · 케이블·광 모듈	거리·속도·물리 표준

현장 단순화: L1 = 케이블/광, L2 = 스위치, L3 = 라우터, L4 = 방화벽/L4 LB, L7 = WAF/L7 LB. 장애 격리도 이 5개 축으로 나눠 본다.

PART B

L1 물리 계층 — *케이블·광·SFP의 세계*

물리 표준이 잘못되면 그 위의 모든 계층이 무너진다.

동선 표준 — Cat 5e · 6 · 6a · 7 · 8 비교

표준	최대 속도	최대 거리	주파수	차폐	주 용도
Cat 5e	1 Gbps	100m	100 MHz	UTP	일반 사무 (구식)
Cat 6	1 Gbps (100m) / 10 Gbps (55m)	100m / 55m	250 MHz	UTP/STP	표준 사무실
Cat 6a ★	10 Gbps	100m	500 MHz	F/UTP-STP	데이터센터 ToR 표준
Cat 7	10 Gbps	100m	600 MHz	S/FTP (개별·전체 차폐)	산업·고간섭 환경
Cat 7a	10 Gbps	100m	1000 MHz	S/FTP	특수 (드물게 사용)
Cat 8	25/40 Gbps	30m	2000 MHz	S/FTP	데이터센터 단거리 (Server↔ToR)

현장 표준 결정: 사무 = Cat 6, 데이터센터 ToR = Cat 6a, 단거리 25/40G = Cat 8 또는 DAC, 25G 이상 장거리 = 광 (Fiber).

차폐 구조 — *UTP · FTP · STP · S/FTP*

차폐 종류

- **UTP** (Unshielded Twisted Pair) — 차폐 없음, 가장 저렴, 일반 사무
- **FTP / F/UTP** (Foiled) — 전체 외부 알루미늄 호일, 중간 가격
- **STP / S/UTP** (Shielded, 편조망) — 외부 편조망 차폐
- **S/FTP / SF/FTP** — 페어 개별 호일 + 외부 편조망 (최고 등급)

차폐 도입 시 부담

- 가격 1.5~3배 ↑
- 케이블 굽기 ↑ (Bend Radius 큼)
- 반드시 양 끝 접지 — 안 하면 오히려 안테나
- 굽어서 트레이 점유율 증가

TA의 선택 기준

환경	추천
일반 사무실	UTP Cat 6
데이터센터 일반	F/UTP Cat 6a
산업·공장·송전소 인근	S/FTP Cat 6a/7
의료 영상·고감도 측정실	S/FTP Cat 7
데이터센터 25/40G 단거리	S/FTP Cat 8 또는 DAC

현장 메모: 한국 공공 사업은 화재·차폐 등급 (CMP·CMR·LSZH) 도 함께 명시되는 경우가 많음.

광 케이블 — *Single-Mode vs Multi-Mode*

구분	Single-Mode (SM)	Multi-Mode (MM)
코어 / 클래드	9 / 125 μm	50 / 125 μm (또는 62.5)
광원	Laser (1310/1550 nm)	LED/VCSEL (850/1300 nm)
최대 거리	10 km ~ 80 km+	100m ~ 550m
대역폭·속도	100G/400G/800G 장거리	10G/40G/100G 단거리
케이블 색상	노란색	OM3 아쿠아·OM4 아쿠아·OM5 라임그린
단가	광원 비싸지만 케이블 저렴	광원 저렴, 케이블 약간 비쌘
용도	DC 간·캠퍼스·WAN	데이터센터 내 단거리

MM 등급 — OM1 · OM2 · OM3 · OM4 · OM5

등급	색상	10G	40G	100G	비고
OM1 (62.5/125)	Orange	33m	—	—	구식
OM2 (50/125)	Orange	82m	—	—	구식
OM3	Aqua	300m	100m	70m	표준
OM4	Aqua	400m	150m	100m	DC 표준
OM5	Lime Green	550m	440m	150m	SWDM 지원 (신규)

광 모듈 — SFP · SFP+ · SFP28 · QSFP 계열 · OSFP

모듈	속도	폼팩터	커넥터	등장 시기	주 용도
SFP	1 Gbps	Small	LC	2001	1G 액세스
SFP+	10 Gbps	Small	LC	2009	현장 가장 흔함
SFP28	25 Gbps	Small	LC	2014	서버 NIC ↔ ToR
SFP56	50 Gbps	Small	LC	2018	신규·드물게
QSFP+	40 Gbps (4×10G)	Quad	MPO 또는 LC×4	2010	DC Aggregation
QSFP28	100 Gbps (4×25G)	Quad	MPO 또는 LC	2015	DC Spine 표준
QSFP56	200 Gbps	Quad	MPO	2018	고밀도 DC
QSFP-DD	400 Gbps (8×50G)	Double Density	MPO-16	2019	차세대 Spine
OSFP	800 Gbps	Octal SFP	MPO-16	2022	AI/GPU 클러스터
OSFP-XD	1.6 Tbps	XD	MPO	2025+	초대형 AI

모듈 = NIC와 스위치의 약속. 같은 SFP+ 슬롯이라도 벤더 정품/호환 코드가 다르면 작동 안 함 — BOM에 벤더 PN(Part Number) 정확히 명시.

광 거리 표준 — *SR · LR · ER · ZR*

약자	풀네임	거리	광 종류	파장	비고
SR	Short Reach	100m (OM4) / 70m (OM3)	MM	850 nm	DC 내부 표준
LR	Long Reach	10 km	SM	1310 nm	캠퍼스·DC 간
ER	Extended Reach	40 km	SM	1550 nm	WAN
ZR	Z Reach	80 km	SM	1550 nm	광역 WAN
ZR+	확장 ZR	120 km+	SM	Coherent	차세대 광역

100G/400G 표준 (IEEE 802.3) 예시

표준	속도	매체	거리
100GBASE-SR4	100G	MM (MPO)	100m
100GBASE-LR4	100G	SM (LC)	10km
100GBASE-ER4	100G	SM (LC)	40km
400GBASE-SR8	400G	MM (MPO-16)	100m
400GBASE-LR4	400G	SM (LC)	10km
400GBASE-ZR	400G	SM (Coherent)	80~120km

케이블 결정 매트릭스 — Cat 6a · Cat 8 · 광 SR·LR

시나리오	거리	속도	권고 매체	이유
사무실 ↔ 액세스 SW	<100m	1G	Cat 6	가성비, 1G가 충분
사무실 ↔ 액세스 SW (신규)	<100m	10G	Cat 6a	미래 대비
데이터센터 Server ↔ ToR	<3m	10/25G	DAC (Direct Attach Copper)	저전력·저지연·저비용
Server ↔ ToR (랙 내)	<5m	25G	Cat 8 또는 DAC	단거리 표준
ToR ↔ Spine (랙 간)	<100m	100G	OM4 MPO + SR4	데이터센터 표준
DC 동·층간	100m~10km	100G	SM LC + LR4	거리 확장
DC ↔ DC (50km)	10~80km	100G	SM + ER4	캠퍼스
WAN 광역 (서울↔부산)	80km+	100G/400G	SM + ZR 또는 통신사 회선	장거리
AP ↔ 단말 (무선)	실내	WiFi 6E/7	무선	모빌리티

PART C

WiFi — *802.11 표준의 진화*

무선은 유선의 보조가 아니라, 사무실·캠퍼스의 1차 액세스 매체다.

802.11 진화 — *a/b/g/n/ac/ax/be*

표준	브랜드	연도	주파수	최대 속도 (이론)	채널 폭
802.11a	(Wi-Fi 1/2 없음)	1999	5 GHz	54 Mbps	20 MHz
802.11b	(구식)	1999	2.4 GHz	11 Mbps	22 MHz
802.11g	(구식)	2003	2.4 GHz	54 Mbps	20 MHz
802.11n	Wi-Fi 4	2009	2.4 / 5 GHz	600 Mbps	20/40 MHz
802.11ac	Wi-Fi 5	2014	5 GHz	~3.5 Gbps	20/40/80/160 MHz
802.11ax	Wi-Fi 6	2019	2.4 / 5 GHz	~9.6 Gbps	20/40/80/160 MHz
802.11ax	Wi-Fi 6E	2021	+ 6 GHz	~9.6 Gbps	20~160 MHz
802.11be	Wi-Fi 7	2024	2.4/5/6 GHz	~46 Gbps	320 MHz, 4K-QAM, MLO

현재 기업 표준: 신규 = **Wi-Fi 6/6E**, 2026~ = **Wi-Fi 7**. 단말이 지원해야 의미 있음 (iPhone 16·Galaxy S24 부터 Wi-Fi 7).

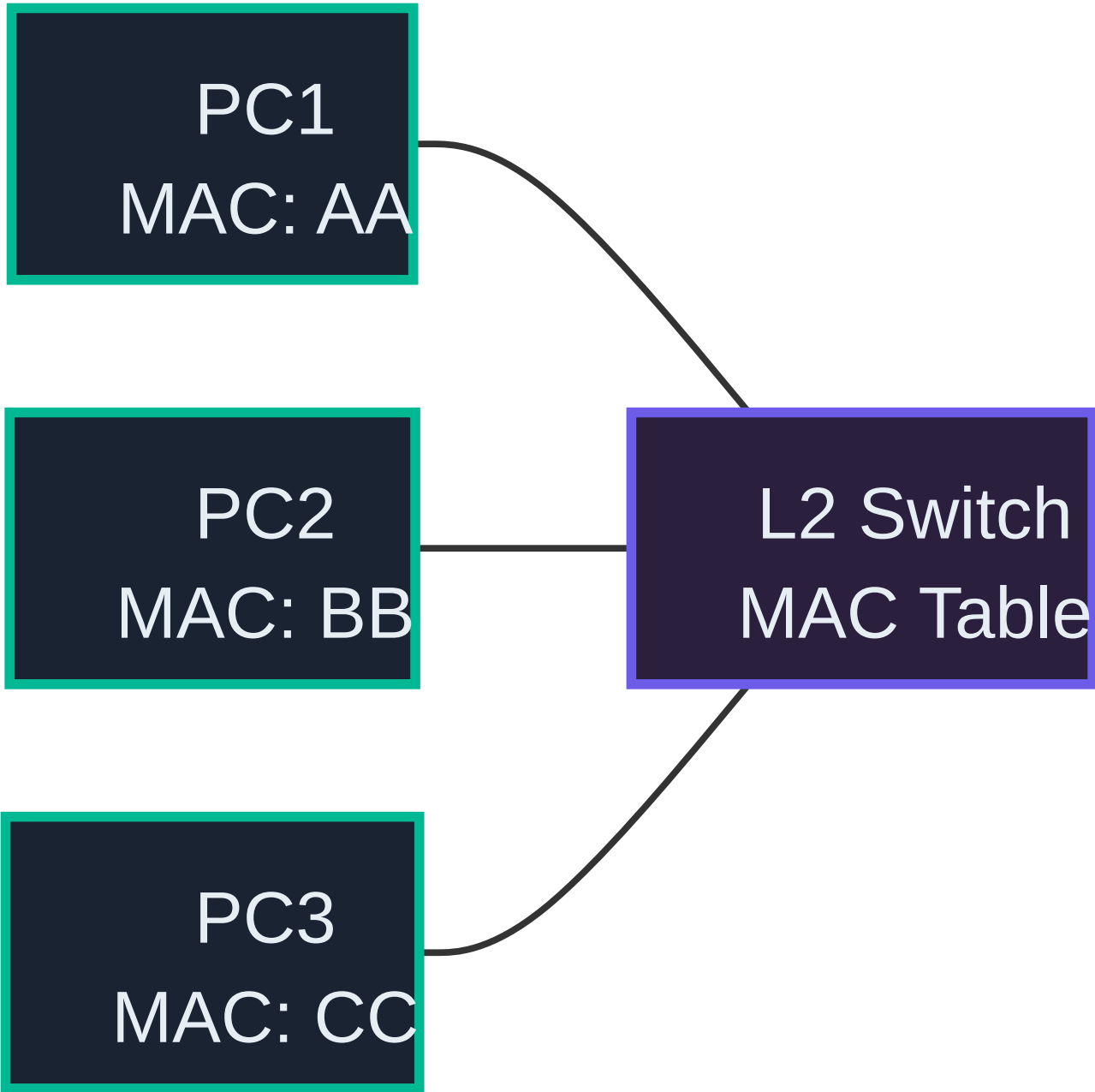
주파수 대역 — 2.4 · 5 · 6 GHz 비교

대역	채널 수	거리·관통성	간섭	속도	비고
2.4 GHz	3개 (1·6·11)	멀리·잘 통과	심함 (BT·전자레인지·이웃 AP)	낮음	IoT·구식 단말
5 GHz	25개+	중간	중간 (DFS 채널 일부)	높음	사무·기업 표준
6 GHz ★	59개 (20MHz)	짧음·관통 약함	거의 없음 (신규 대역)	최고	Wi-Fi 6E/7

채널 폭 — 20·40·80·160·320 MHz

채널 폭	처리량 (이론)	단점
20 MHz	기준	가장 안정, 좁음
40 MHz	2배	채널 절반 소모
80 MHz	4배	간섭 심해짐
160 MHz	8배	5/6 GHz 만 가능
320 MHz	16배	6 GHz Wi-Fi 7 전용

L2 스위치 토폴로지 — *MAC Table* 학습 흐름



MAC	학습 포트	Aging
AA	Port 1	300s
BB	Port 2	300s
CC	Port 3	300s

