

Wi-Fi 7 기술과 응용 서비스

(v1.1)

2023년 6월

안종석

james@jslab.kr



1. 개요
2. Wi-Fi 7 기술과 서비스
3. Wi-Fi 7 응용 서비스 개발과 KOREN

DAY 1: 5G 네트워크 개요

❖ Wi-Fi 7 (based on IEEE P802.11be)



Key Enhancements

320 MHz channels
4096-QAM
Multi-RU (puncturing)
Puncturing: 간섭이 차단되고
채널의 활용도를 개선

Multi-link operation
Deterministic low latency
P2P operation

Peak Data Rate
최고 속도

Cost Effective
비용 효율

Area Capacity
영역 용량

Low Latency
저지연

Source: https://www.ieee802.org/11/PARs/P802_11be_PAR_Detail.pdf



1. 개요

❖ IEEE 802.11 표준 개정 요약: 802.11be (Wi-Fi 7)

	Standard / Amendment	Release (Year)	Freq. Band (GHz)	Max. Data Rate	Channel Width (MHz)	Maximum Modulation	MIMO Capabilities
	802.11	1997	2.4	2 Mbps	20	QPSK	--
	802.11a	1999	5	54 Mbps	20	64-QAM	--
	802.11b	1999	2.4	11 Mbps	20	QPSK	--
	802.11g	2003	2.4	54 Mbps	20	64-QAM	--
	802.11n	2009	2.4/5	600 Mbps	20/40	64-QAM	SU-MIMO (4x4)
Wi-Fi 5	802.11ac	2013	5	6.93 Gbps	20/40/80/ 160	256-QAM	MU-MIMO (8x8) [†]
Wi-Fi 6 Wi-Fi 6E	802.11ax	2021	2.4/5/6	9.6 Gbps	20/40/80/ 160	1024-QAM	MU-MIMO (8x8) [‡]
Wi-Fi 7	802.11be	Exp. 2024	2.4/5/6	46.1 Gbps	20/40/80/ 160/ 320	4096-QAM	MU-MIMO (16x16)

[†] Up to four simultaneous users and downlink-only MU-MIMO

[‡] MU-MIMO in both uplink and downlink

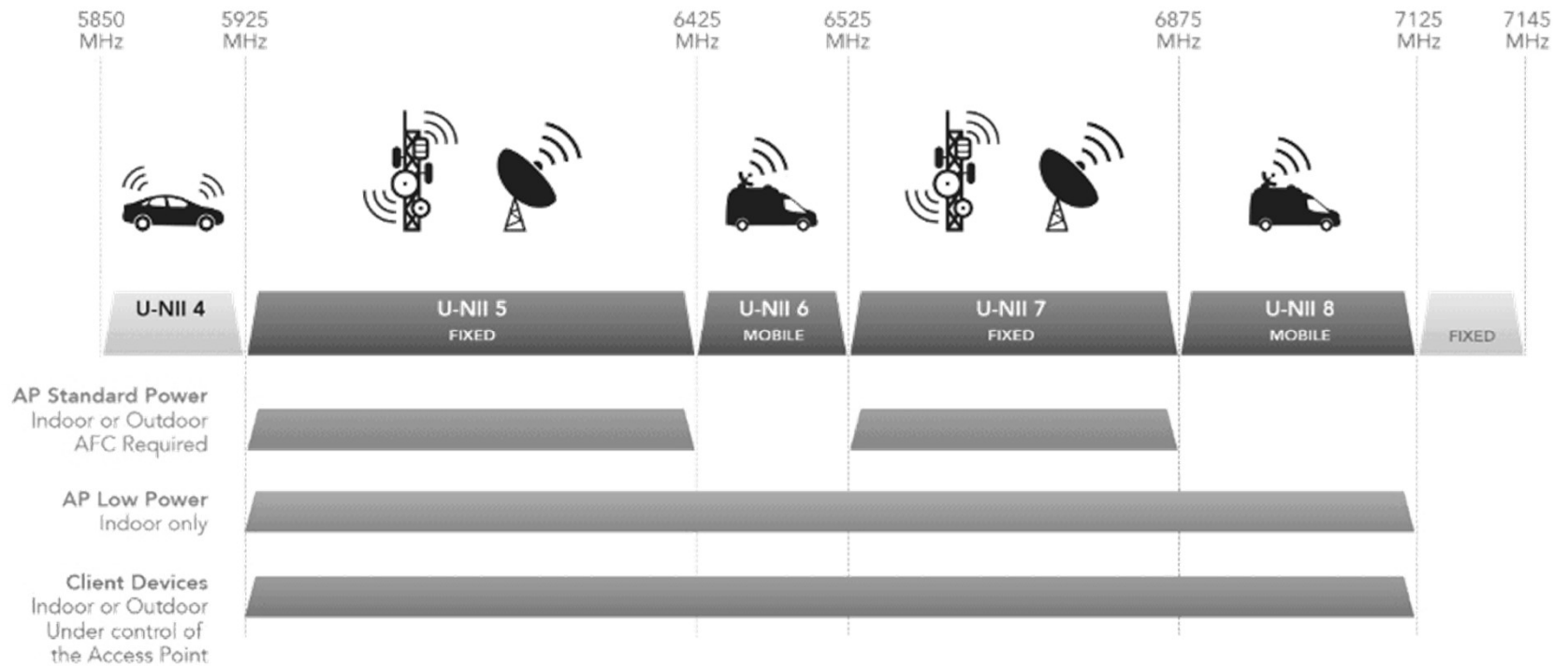
MU-MIMO: Multiple User – Multiple Input Multiple Output (다중 사용자 - 다중 입력 다중 송출)

Source: Bejarano, Oscar. Wireless: A Total Beginner's Guide to Modern Wireless Communication Technologies (p. 299). Bitflip Media. Kindle Edition.



1. 개요

❖ Incumbent Users of U-NII 5, U-NII 6, U-NII 7 and U-NII 8 Band



AFC = Automatic Frequency Coordination

Source: <https://www.litepoint.com/blog/an-introduction-to-wi-fi-6e-spectrum/>



1. 개요

- ❖ **Key Updates on Wi-Fi Standards:** IEEE는 Wi-Fi 7이라고도 하는 차세대 802.11be 초고속 처리(Extremely High Throughput, EHT)을 개발 중
 - **PHY layer:**
 - 320 MHz channels
 - 4096 QAM
 - 16 spatial streams
 - Multi Resource Unit (RU) puncturing to protect incumbents (기존 사용자 보호를 위한 Puncturing)
 - **On the MAC layer,**
 - 802.11az-2nd generation positioning
 - 802.11bb-Light Communications
 - 802.11bc-Enhanced Broadcast Service
 - 802.11bd-Enhancements for Next Generation V2X

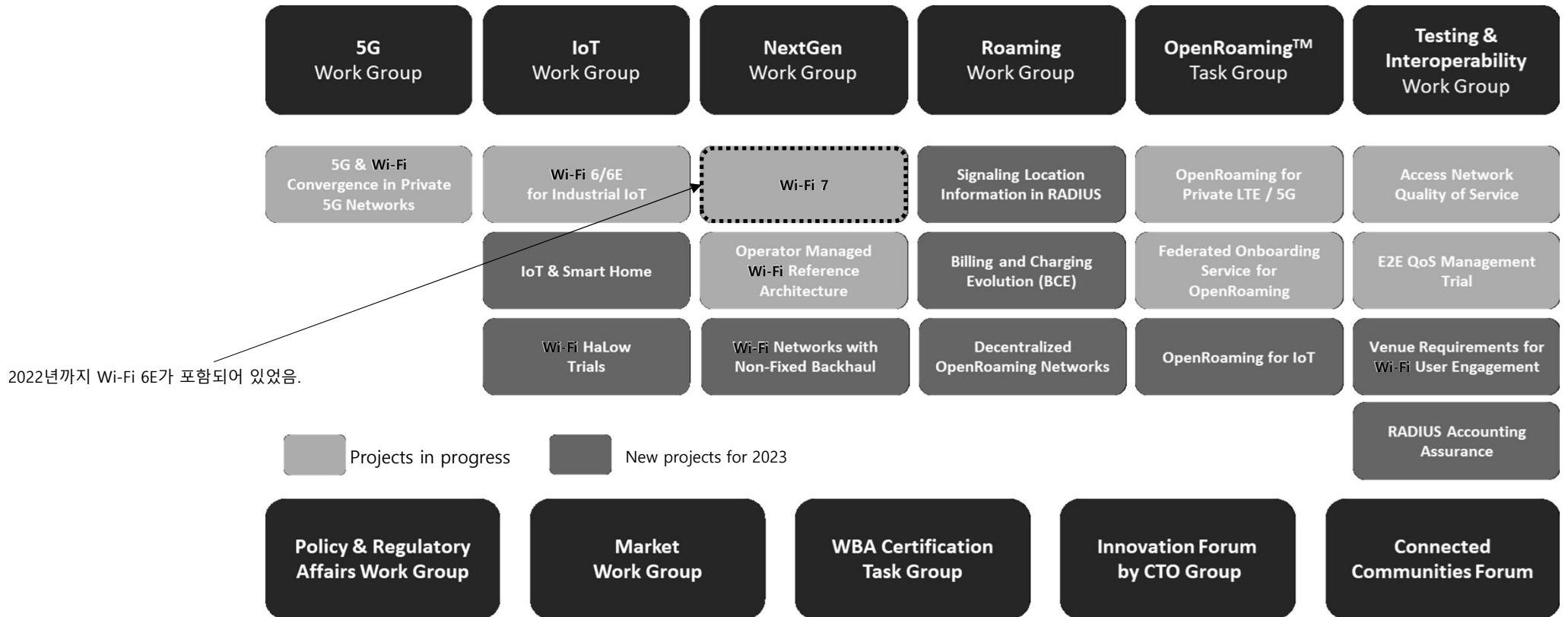
Puncturing: 간섭이 차단되고
채널의 활용도를 개선

Source: <https://grouper.ieee.org/groups/802/11/index.shtml>



1. 개요

❖ WBA의 Enterprise Wi-Fis, 2023 PROJECTS ROADMAP



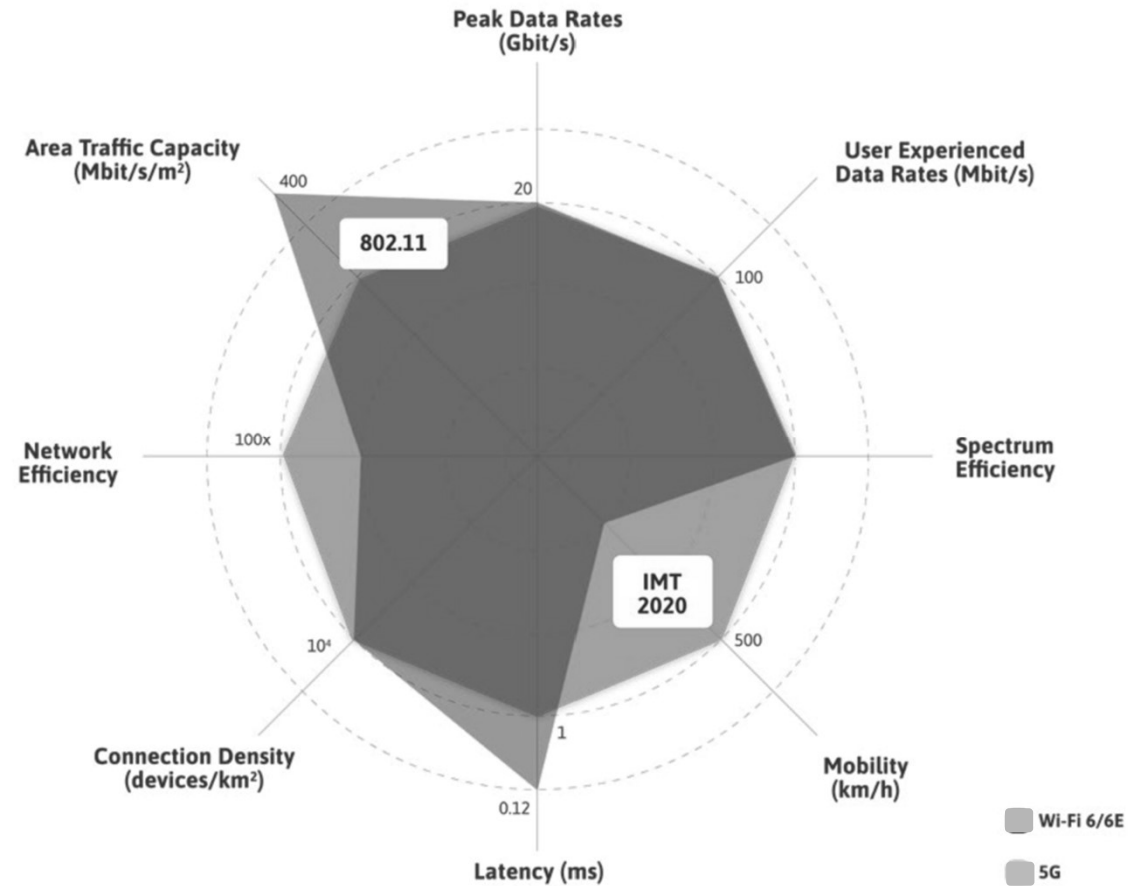
Source: Wireless Broadband Alliance (WBA) Connected Communities Forum (CCF) Meeting, March 16th 2023



1. 개요

❖ WBA의 Enterprise Wi-Fis

- Wi-Fi 7은 Wi-Fi 6/6E 이상
- IMT 2020 (5G)

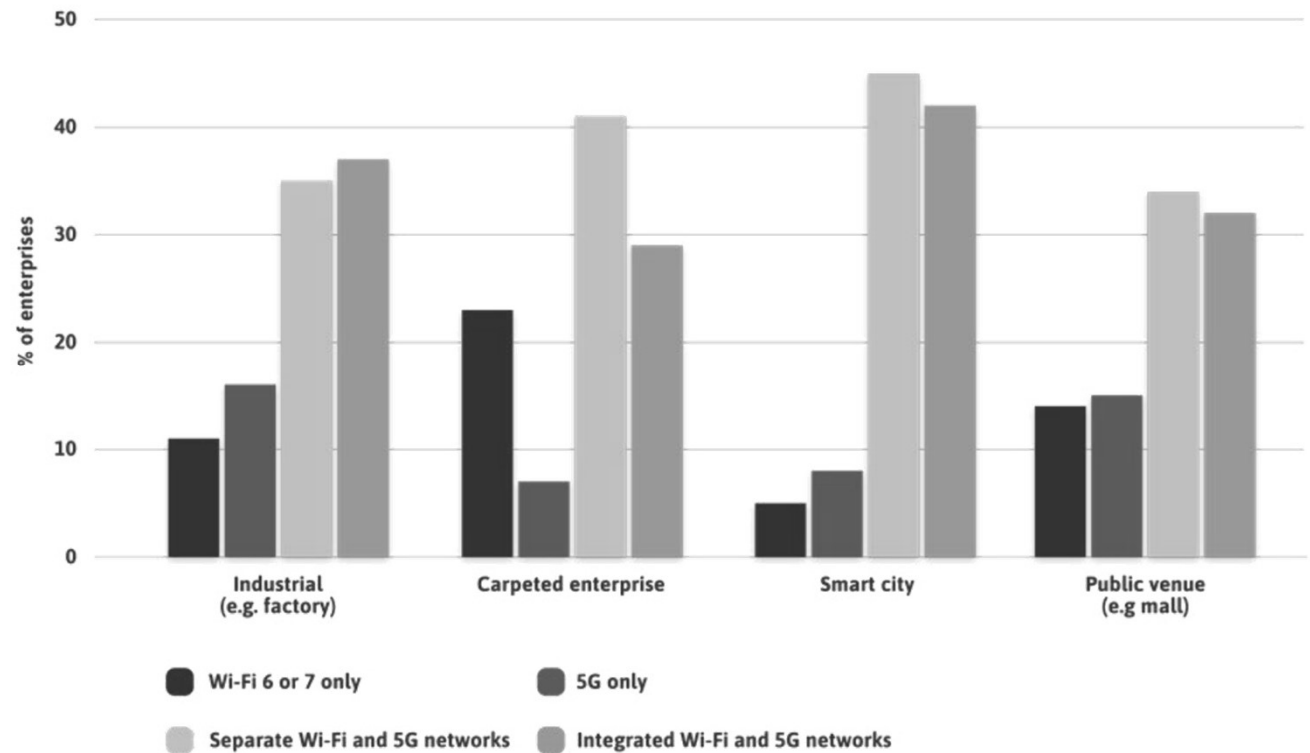


Source: Wireless Broadband Alliance



1. 개요

❖ 시장에서 선호하는 무선 연결 전략 (2022-2026)



415개 기업을 대상으로 한 Deloitte의 조사에 따르면 이들 기업 중 62%가 이미 5G와 Wi-Fi 6/6E를 이미 사용하고 있거나 1년 이내에 사용할 계획이라고 답했으며, 93%는 향후 3년 동안 두 기술을 동시에 채택할 것이라고 답했다.

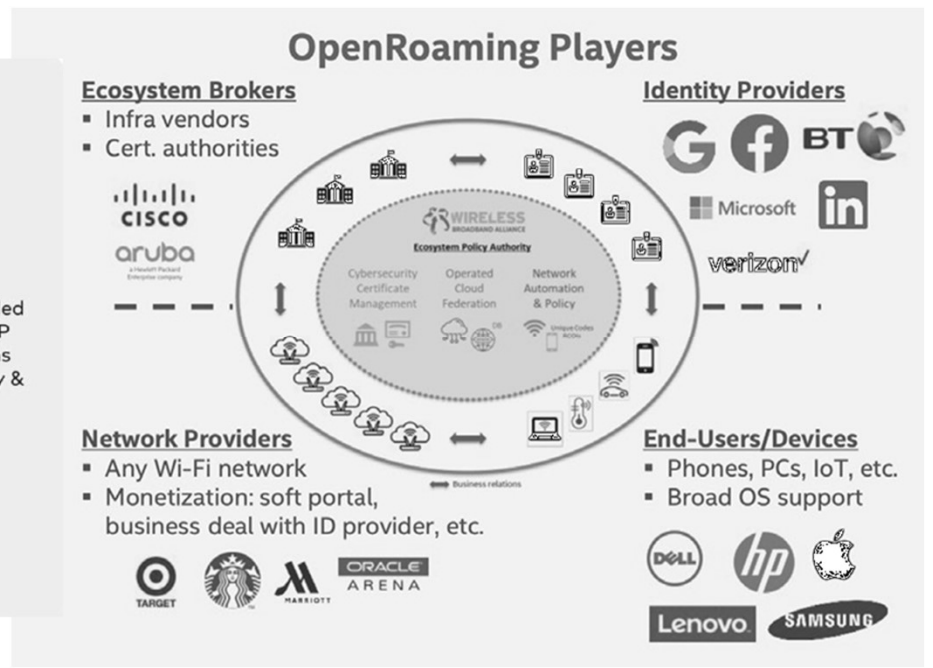
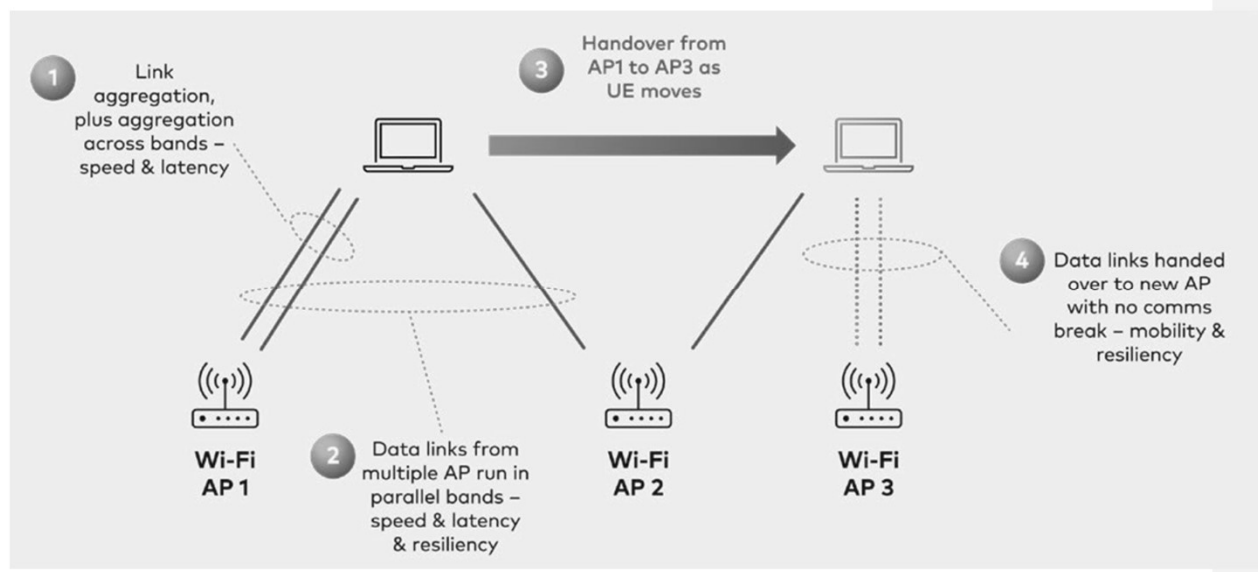
Source: https://wballiance.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2022/10/WBA_2023-Industry-Report_Final-Oct_01-3.pdf



1. 개요

❖ Wi-Fi 7's impact on mobile

- 모바일이 실내 엔터프라이즈 비즈니스 및 가정 소비자 시장에서 Wi-Fi를 대체할 가능성은 거의 없다.
- 소규모 공장, 소매점 및 소규모 실외 지역에서 Wi-Fi와 모바일 기반 솔루션 간의 경쟁이 치열해질 것으로 예상
- 더 넓은 야외 공간에서는 모바일이 지배적일 것으로 예상된다.



Source: Bejarano, Wi-Fi 7 – WHAT IS IT ALL ABOUT?, Whitepaper, Amdocs Networks



1. 개요

❖ 주요 시장 부문과 Wi-Fi의 영향

- 가정에 도입되는 새로운 애플리케이션에는 훨씬 낮은 수준의 지연 시간과 더 많은 처리량이 필요
- AR/VR을 위한 목표: 동등 화질 4K, 처리속도 1000~2350 Mbps, 지연 10 ms

APPLICATION	BANDWIDTH	MAX E2E LATENCY
OTT video HD	≈5 Mbps	Not critical for OTT video
OTT video 4K	≈25 Mbps	Not critical for OTT video
4K Gaming	≈25 Mbps	<20 ms
VR/AR HD, 360°	≈100 Mbps	<20 ms
VR/AR 4K, 360°	≈500 Mbps	<20 ms

	VR Resolution	FPS	Equivalent Resolution	Maximum Throughput (Mbps)	Maximum Streaming Latency (ms)	Maximum Interactive Latency
Early VR	1K X 1K	30	240p	25	40	10
Entry VR	2K X 2K	30	SD	100	30	10
Advanced VR	4K X 4K	60	HD	400	20	10
Extreme VR	8K X 8K	120	4K	1000-2350	10	10

목표

Source: Airties

Source: Mangiante

Source: https://wballiance.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2022/10/WBA_2023-Industry-Report_Final-Oct_01-3.pdf

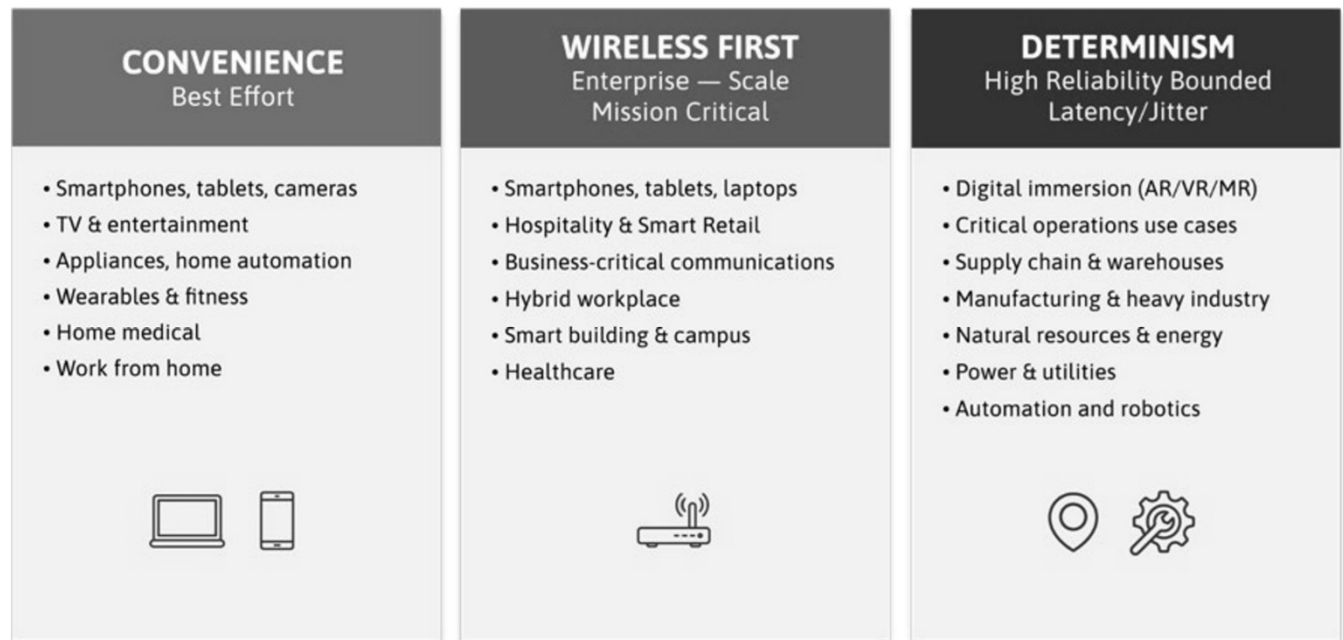


1. 개요

❖ Evolution to Deterministic Wi-Fi (Wi-Fi 7)

• The Path to Wireless Determinism

- ✓ 디지털 몰입감(AR/VR/MR)
- ✓ 중요 운영 사용 사례
- ✓ 공급망 및 물류창고
- ✓ 제조 및 증공업
- ✓ 천연 자원 및 에너지
- ✓ 전력 및 유틸리티
- ✓ 자동화 및 로봇 공학



Source: Cisco

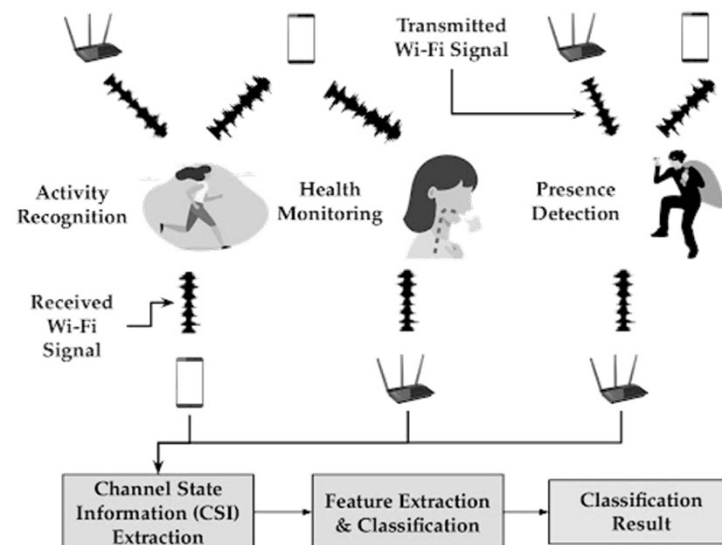
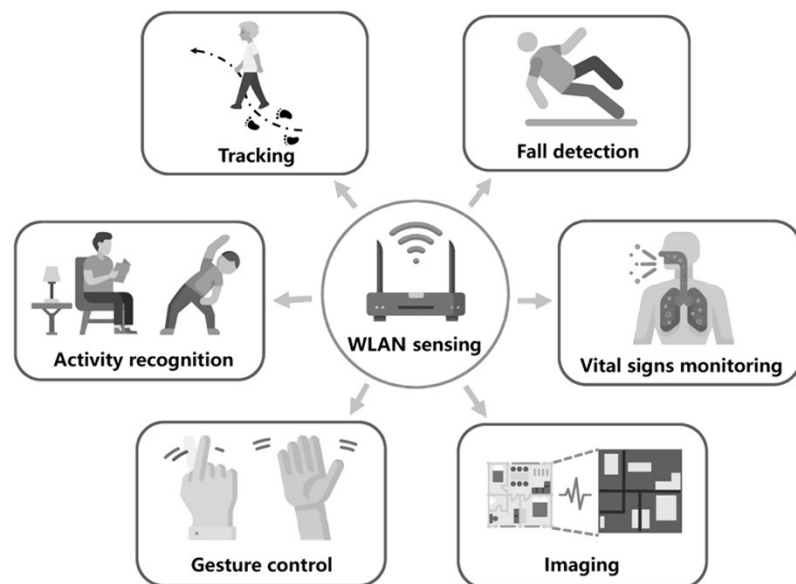
Source: https://wballiance.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2022/10/WBA_2023-Industry-Report_Final-Oct_01-3.pdf



1. 개요

❖ IEEE 802.11bf (Wi-Fi sensing)

- 근접 감지, 제스처 인식, 목표 카운팅, 상태 모니터링 등 다양한 사용 사례에서 효과가 입증
- IEEE 802.11 워킹 그룹은 새로운 작업 그룹인 802.11 bf를 구성하여 7GHz 이하 대역(2.4GHz, 5GHz 및 6GHz 대역)과 60GHz를 포함한 모든 스펙트럼 대역에서 Wi-Fi 감지를 지원하는 데 필요한 PHY 및 MAC 프로토콜을 정의하는 새로운 개정안을 개발



Source: <https://arxiv.org/pdf/2207.04859.pdf> , <https://b5g-mints.eu/blog36/>

1. 개요

❖ SDR 기술을 활용한 격리 기간 중 신체 활동의 비접촉 스마트 센싱

- 일반 웨어러블 센서는 사람의 신체 활동을 감지하고 인식할 수 있지만, Wi-Fi Sensing은 스마트폰 및 기타 무선 디바이스를 비접촉 방식으로 지원하는 스마트 센싱으로 신체 활동을 지속적으로 모니터링하고 심각한 건강 문제로 고통받는 환자를 지원하는 데 유망한 솔루션
- 소프트웨어 정의 무선(SDR) 기술을 사용하여 격리 기간 동안 사람의 신체 활동을 모니터링하기 위한 비접촉식 스마트 센싱 플랫폼을 개발하며, 지능적이고 유연하며 휴대가 가능
- 수신된 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 신호와 세분화된 64-부반송파 무선 채널 상태 정보(WCSI)는 머신러닝 알고리즘을 적용하여 다양한 활동을 분류하는 데 활용
- 세밀한 트리 알고리즘을 사용하여 99.7%의 정확도로 서기, 걷기, 달리기, 구부리기 등과 함께 낙상 활동을 별도로 분류
- 스마트 센싱은 코로나19 증상을 감지하고 비전염성 및 전염성 질병을 모니터링하는 연구 방향을 제시

Wi-Fi 7의 320 MHz channel width를 이용하여 사람들 외에 대상하는 주변 환경, 동물, 사물을 감지, 인식, 추정하는 등 다른 영역에 적용 가능

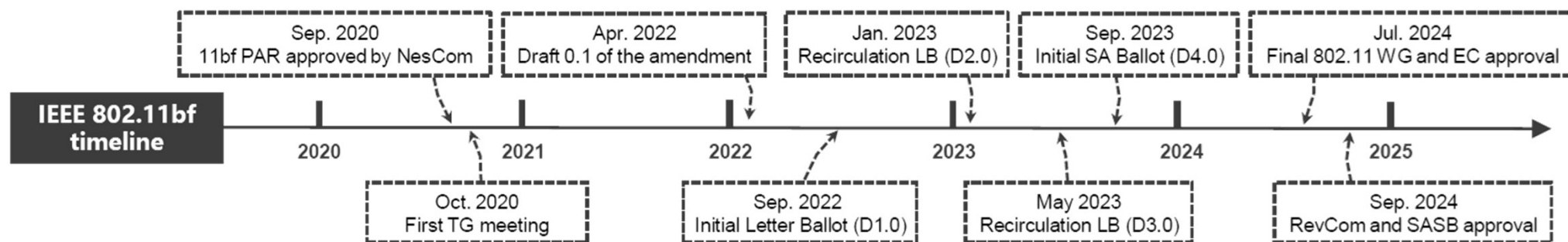
Source: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/4/1348> Non-Contact Smart Sensing of Physical Activities during Quarantine Period Using SDR Technology



1. 개요

❖ IEEE 802.11bf (Wi-Fi sensing) 표준화 활동의 타임라인

- **TGbf**(Task Group bf)의 주요 역할은 라이선스 면제 대역인 1GHz~7GHz 및 45GHz 이상(mmWave 주파수 대역)에서의 향상된 감지 작동을 위해 물리 계층(PHY)과 매체 액세스 제어(MAC) 모두에서 IEEE 802.11 표준(IEEE 802.11 ad/ay/n/ac/ax/be)의 수정을 정의하는 개정안을 개발하는 것이다.



Source: <https://b5g-mints.eu/blog36/>

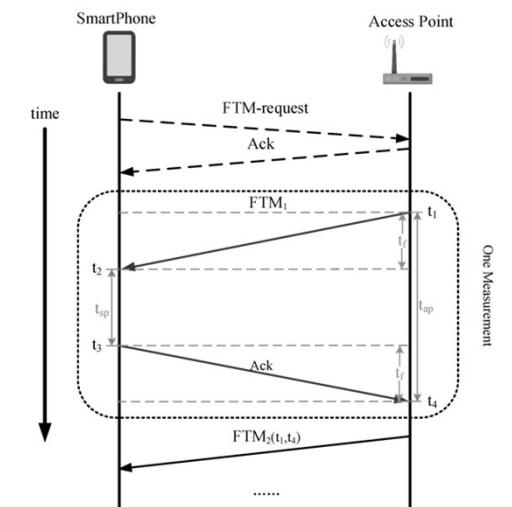


1. 개요

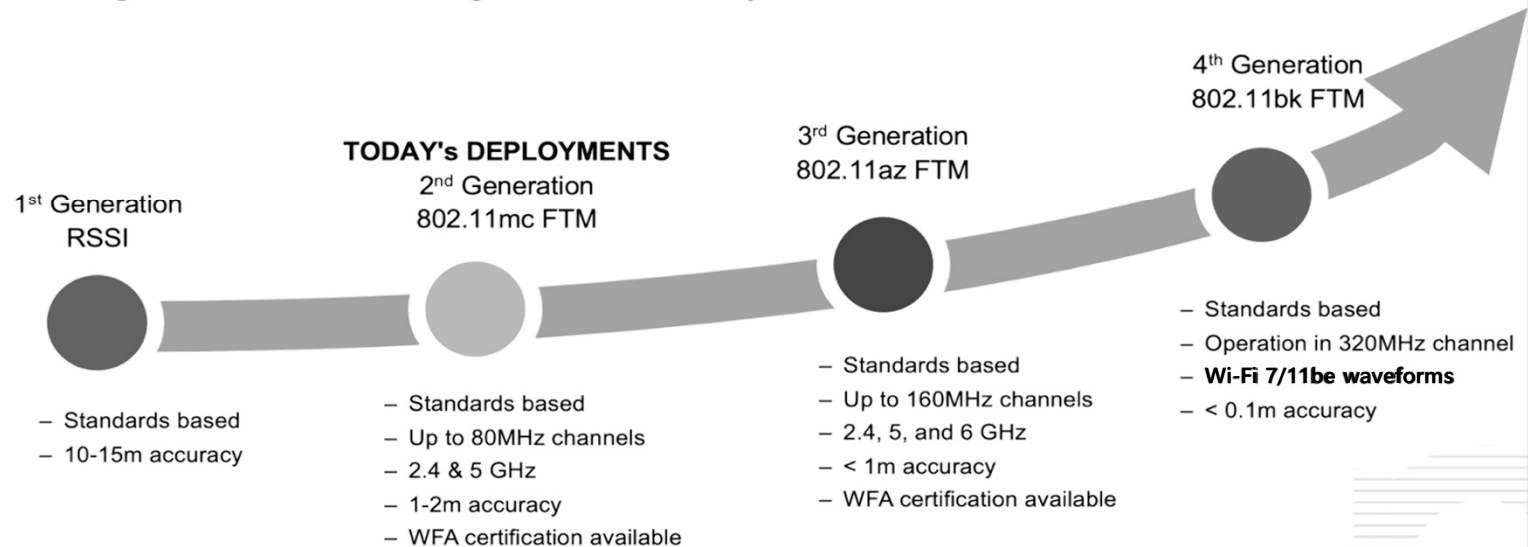
❖ IEEE 802.11bk: 320 MHz positioning project to expand the FTM

- 320MHz 포지셔닝을 사용하는 정보 기술 표준, 시스템 간 통신 및 정보 교환, 무선 LAN 매체 액세스 제어(MAC) 및 물리 계층(PHY) 사양 개정

The Evolution of Wi-Fi Location-based Services Each generation enables greater accuracy



Wi-Fi fine time measurement (FTM) protocol



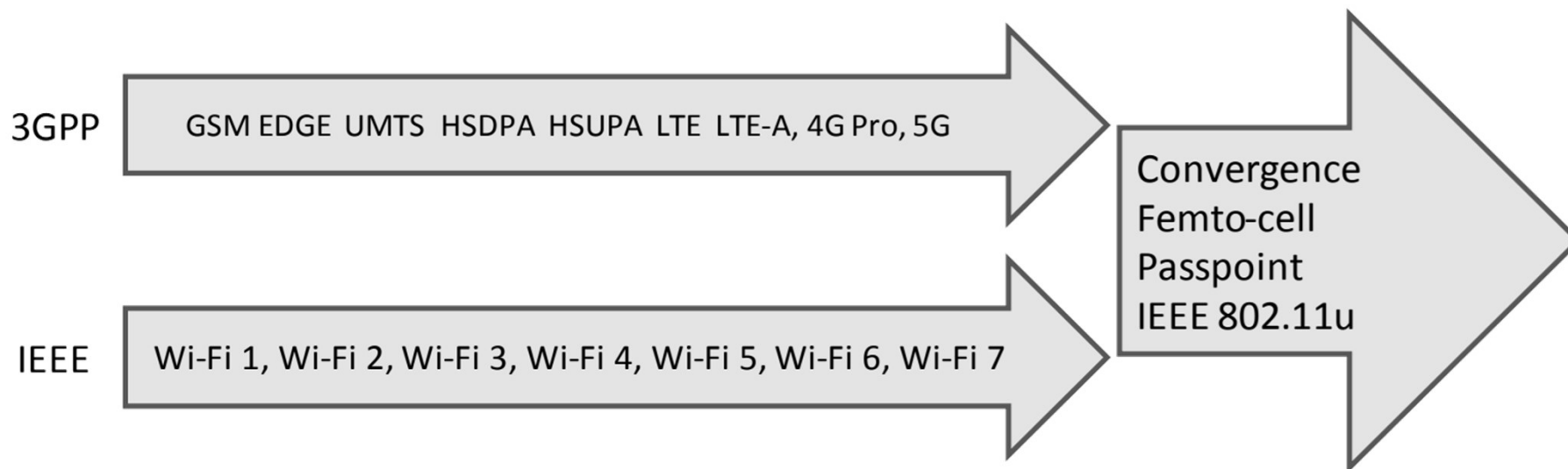
Source: IEEE SA - P802.11bk, <https://www.lumenci.com/>, <https://blogs.arubanetworks.com/solutions/wi-fi-location-based-services-how-did-we-get-here/>



1. 개요

❖ 무선 기술 융합 (Wi-Fi 와 5G)

- The two major wireless solutions and their convergence
- 이기종 네트워크간 심리스 핸드오버 기술 표준화
- 노트북이나 스마트폰 등 통신 기기들이 무선랜 등에 연결 할 수 있는 IEEE 802.11의 기술 표준



Source: Software Networks (Virtualization, SDN, 5G and Security), by ISTE Press Ltd and John Wiley & Sons, Inc. 2020



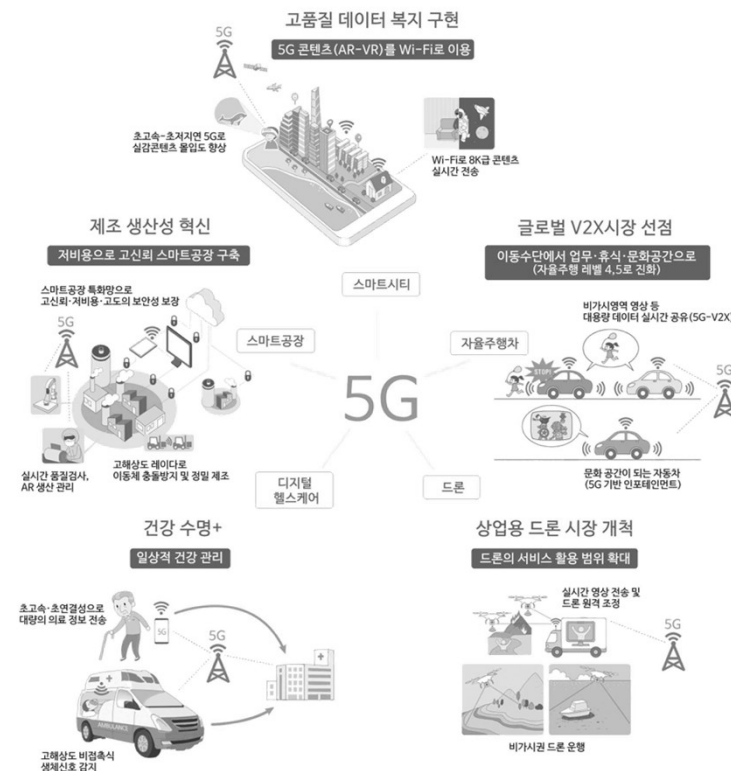
1. 개요

❖ 비면허 주파수 기술과 서비스 (NR-U)

❖ 5G와 결합·보조하는 비면허 기술(Wi-Fi, NR-U) 을 5G 성능으로 고도화 전략

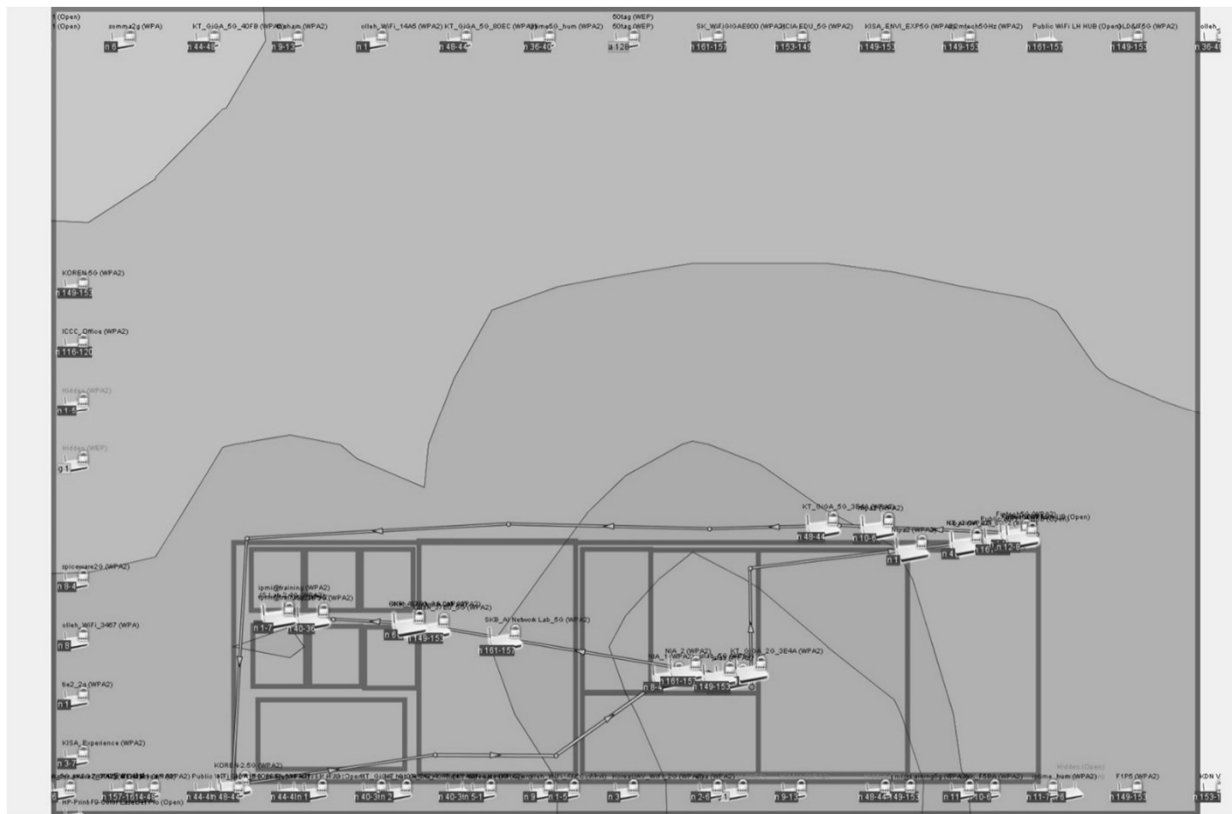


Source: 5G+ 스펙트럼 플랜, 과학기술정보통신부



1. 개요

❖ KOREN의 AI Network Lab Shield Room (차폐실) 과 와이파이 히트맵 (Wi-Fi Heatmap)

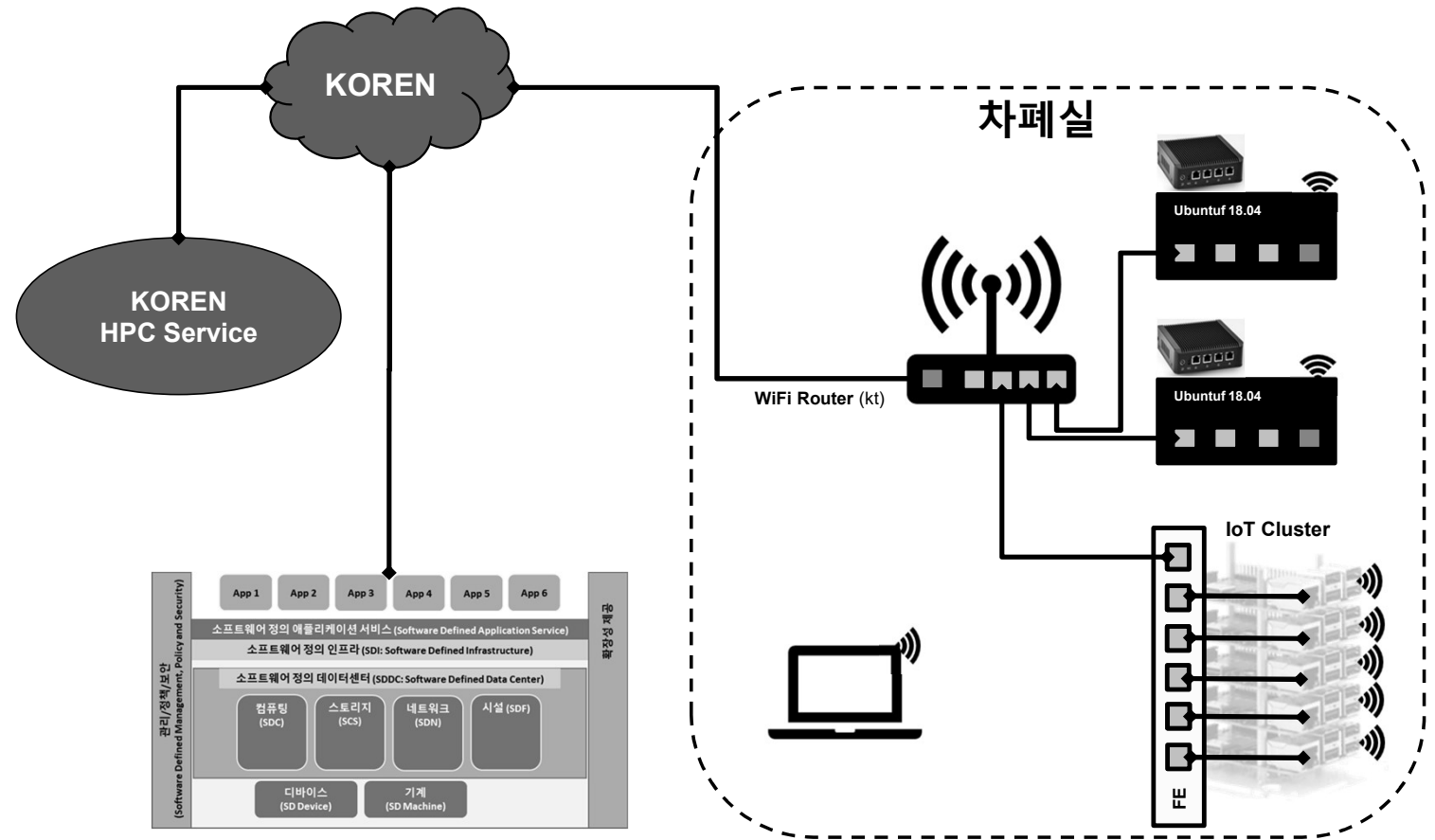


□ 벽에 대한 차폐 정도 등의 물리 정보 부족하여 탐지 위치 조정 필요



1. 개요

❖ KOREN의 AI Network Lab Shield Room (차폐실)이용 IoT를 위한 Wi-Fi 시험 구성



1. 개요
2. Wi-Fi 7 기술과 서비스
3. Wi-Fi 7 응용 서비스 개발과 KOREN

2. WI-FI 7 기술과 서비스

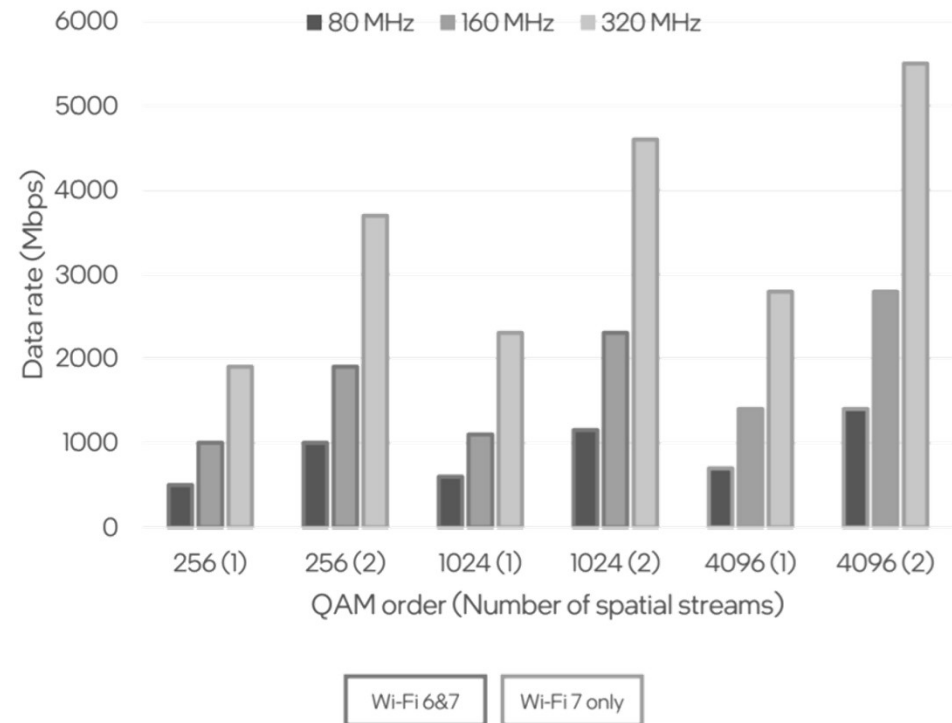
❖ 제조사의 Wi-Fi 7의 주요 PHY 개선 사항 (Intel)

- Forward compatible preamble design: U-SIG
- Wider bandwidth: 320 MHz support
- Higher peak rate: 4096-QAM support and 16 spatial streams
- Enhanced resource allocation: Multiple resource units (RUs) allocation

	Wi-Fi 6	Wi-Fi 7
Max channel bandwidth	160 MHz	320 MHz
Highest modulation order	1024-QAM	4096-QAM
Max no. of spatial streams	8	8
Max data rate	~9.6 Gbps	~23 Gbps
Resource allocation	Single RU	Multi-RU

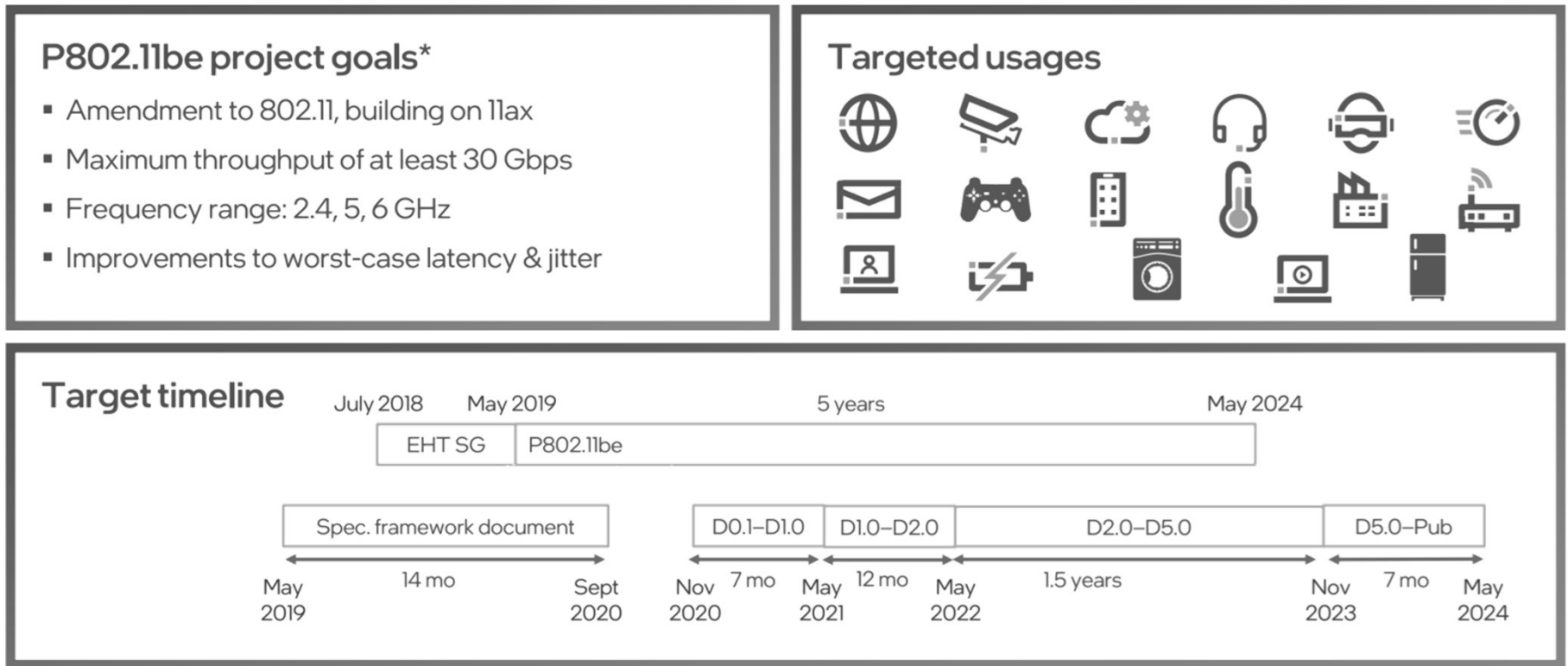
Source: Intel

Wi-Fi 7 vs. Wi-Fi 6 Data Rate Comparison



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ Wi-Fi 7 표준 로드맵 (based on IEEE P802.11be)



Source: https://www.ieee802.org/11/PARs/P802_11be_PAR_Detail.pdf



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ 주요국 6GHz 활용을 위한 기술조건 비교

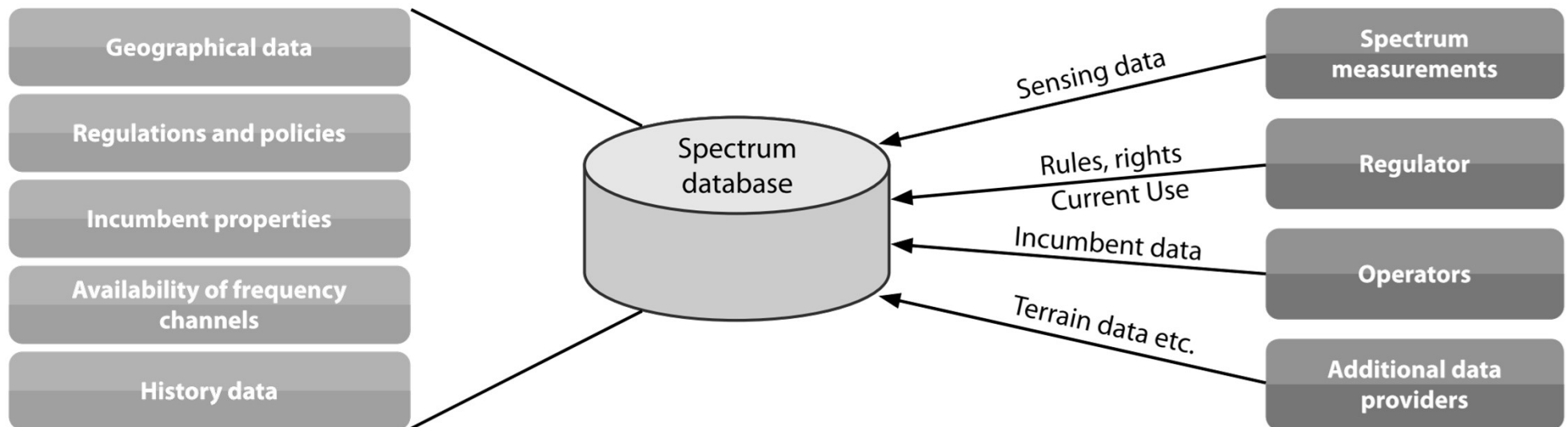
구분		대한민국		미국		유럽	
		주파수	출력	주파수	출력	주파수	출력
SP*	AP	-	-	5,925~6,425MHz 6,525~6,875MHz (AFC적용)	4,000mW (23dBm/MHz)	-	-
	Client				1,000mW (17dBm/MHz)		
LPI**	AP	5,925~7,125MHz	250mW (2dBm/MHz)	5,925~7,125MHz	1,000mW (5dBm/MHz)	5,925~6,425MHz	200mW
	Client				250mW (-1dBm/MHz)		
VLP***		5,925~6,425MHz	25mW (1dBm/MHz)	-	-	5,925~6,425MHz	25mW
비고		2020.10월 시행		2020.7월 시행		2021.1Q 시행 예정	

Source: 차세대 Wi-Fi의 개막과 활성화를 위한 논의 동향, 한국전파진흥협회 전파방송산업전략본부, 남원모



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ AFC(Automated Frequency Controller)를 위한 DB 기반의 주파수 관리 시스템

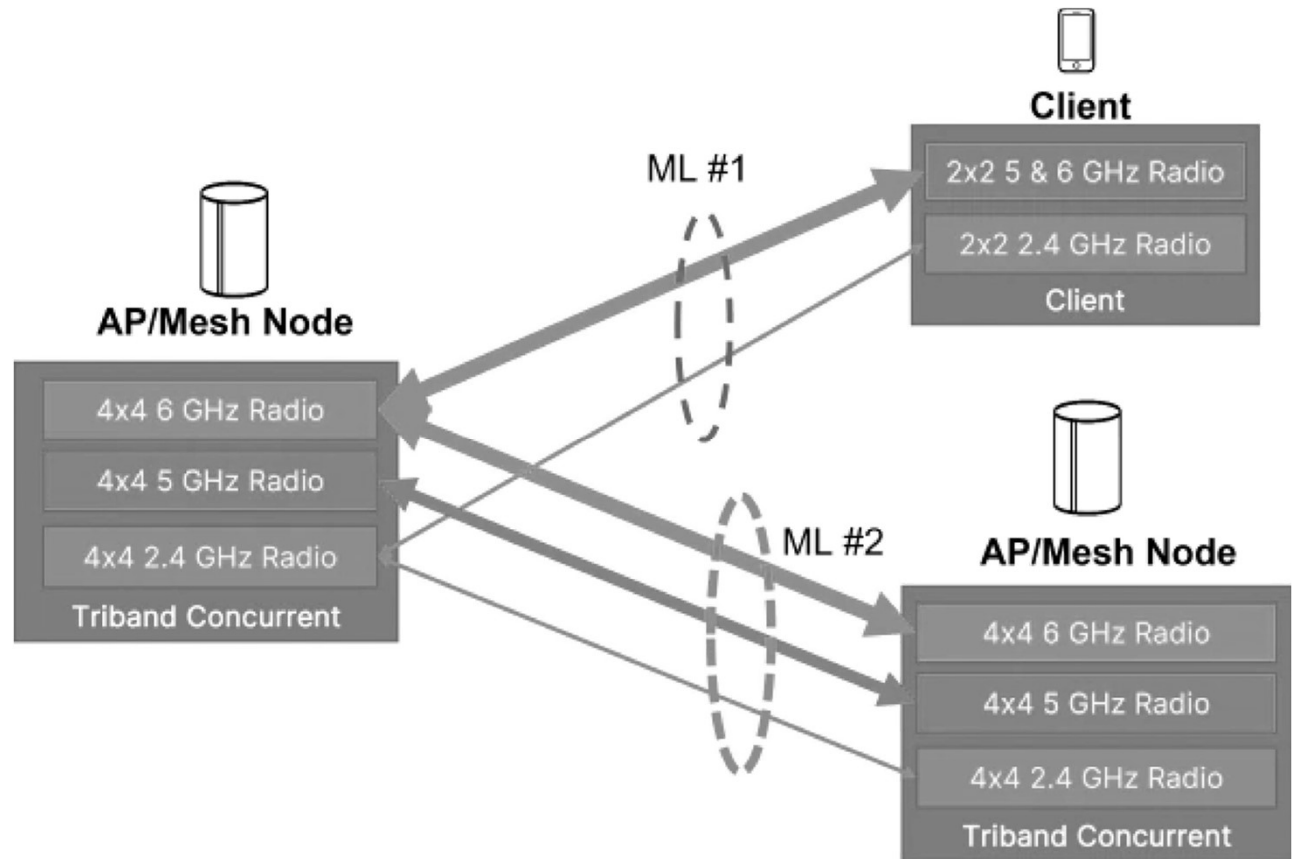


Source: http://weekly.tta.or.kr/weekly/files/20214807044820_weekly.pdf



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ Multi Link Operations



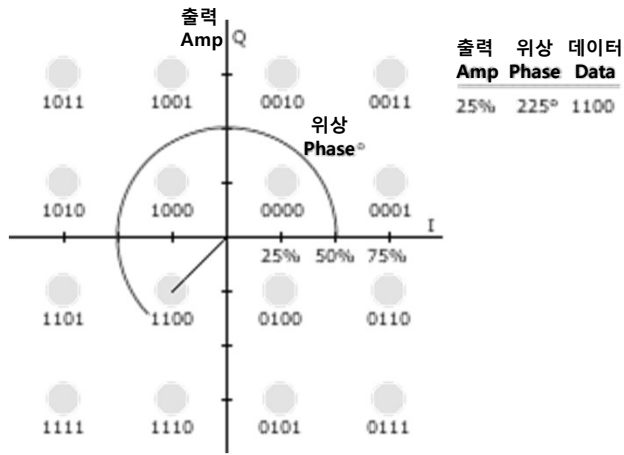
Source: Onsemi



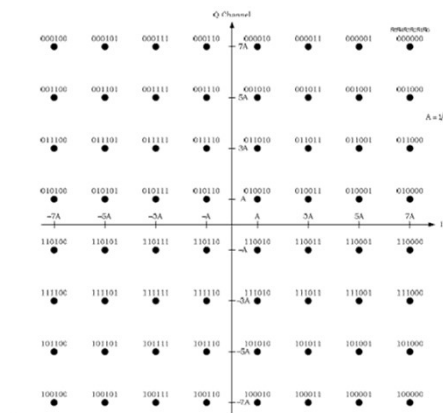
2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ QAM은 signal space(신호 공간) 개념과 복소평면을 사용하는 constellation(구성, 별자리) 표현

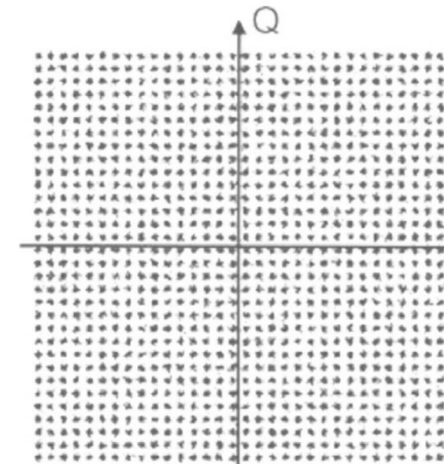
16-QAM의 constellation (예)



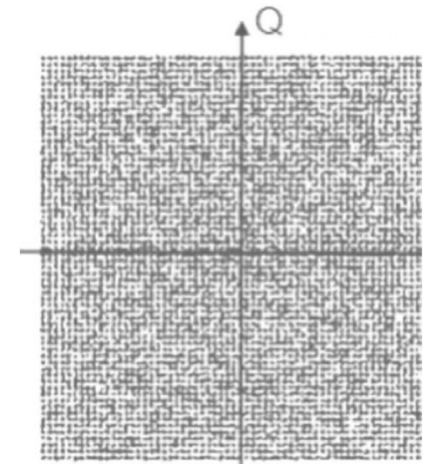
출력 위상 데이터
Amp Phase Data
25% 225° 1100



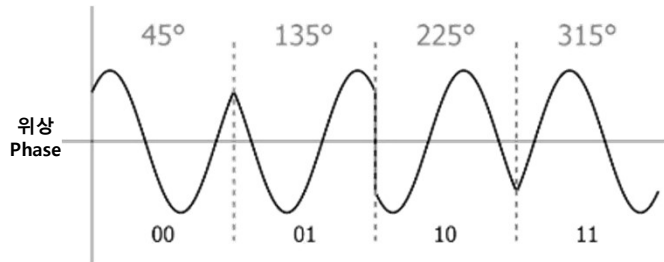
64-QAM (Wi-Fi 4)



1024-QAM (Wi-Fi 6)



4096-QAM (Wi-Fi 7)



256-QAM (Wi-Fi 5)

- BPSK (Binary Phase Shift Keying)
- Quadrature Phase Shift Keying, QPSK
- $\pi/4$ -QPSK (45°)

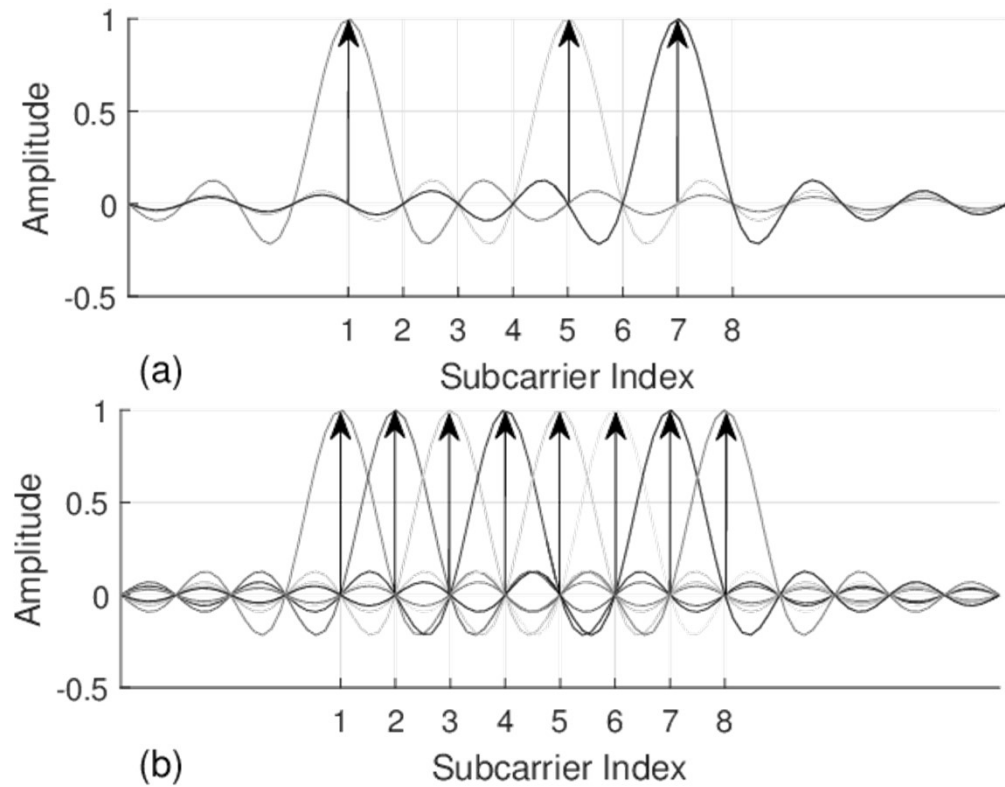
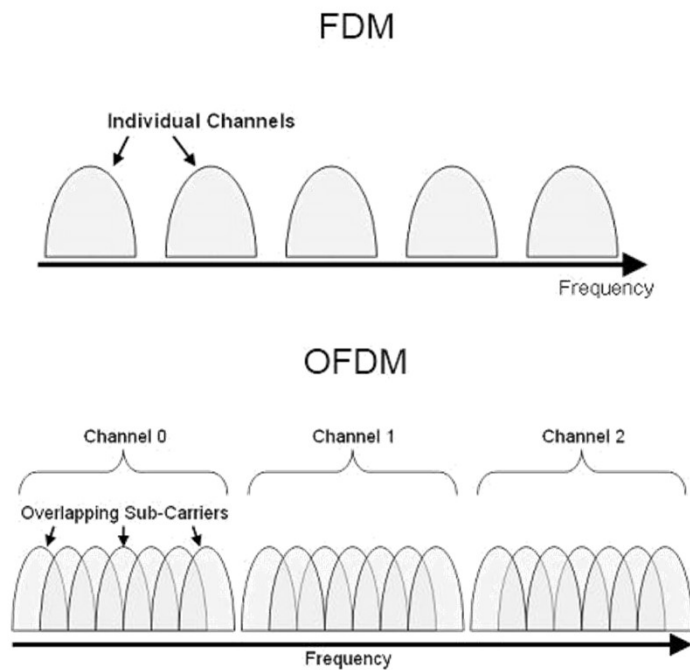
Source: [https://namu.wiki/w/%EB%B3%80%EC%A1%B0\(%ED%86%B5%EC%8B%A0\)](https://namu.wiki/w/%EB%B3%80%EC%A1%B0(%ED%86%B5%EC%8B%A0))



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ Waveforms and Mixed-Numerology

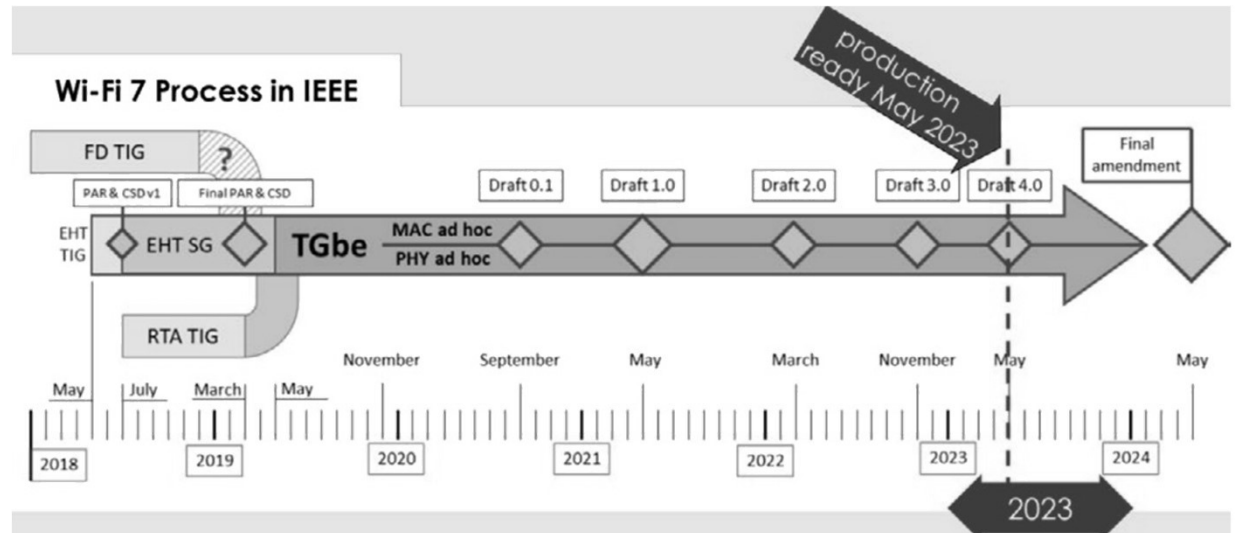
❖ OFDM 신호의 스펙트럼



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ Wi-Fi 7's key feature set

- **Multi-link aggregation** (다중 링크 집계)
- **Bigger channels** (더 큰 채널)
- **Multi-band congestion avoidance** (다중 대역 혼잡 회피)
- **Multi-AP data transfer** (다중 AP 데이터 전송)
- **Multi-AP mobility** (다중 AP 이동성)
- **Roaming compatibility** (로밍 호환성)
- **Enhanced sensing** (향상된 감지 기능)
- **Restricted Targeted Wait Time (rTWT)** (목표 대기 시간 제한)



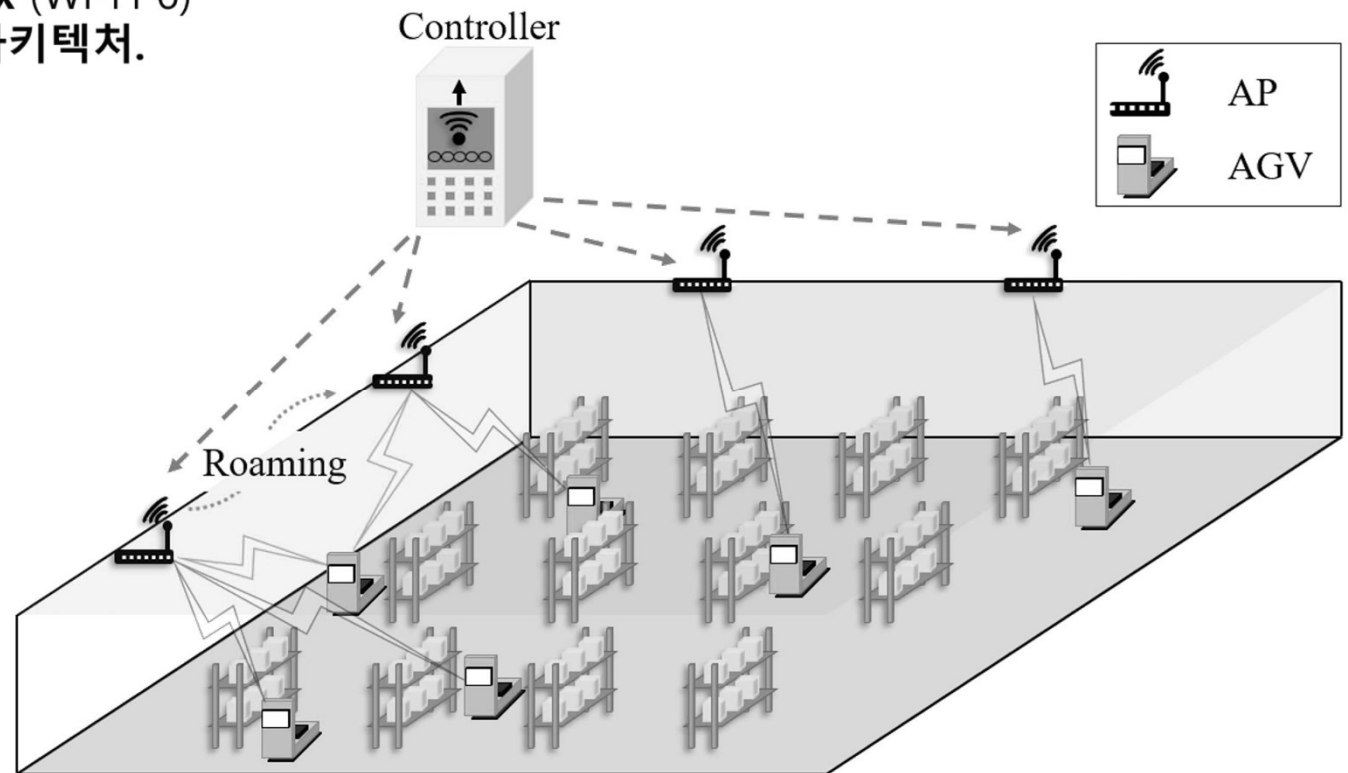
Source: Bejarano, Wi-Fi 7 – WHAT IS IT ALL ABOUT?, Whitepaper, Amdocs Networks



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ Wi-Fi 7의 로밍 호환성

- 스마트 웨어하우스에서 802.11ax (Wi-Fi 6) 기반 고속 로밍을 위한 시스템 아키텍처.



무인운반차량(AGV: Automated Guided Vehicle)

Source: Distributed Multi-Agent Deep Q-Learning for Fast Roaming in IEEE 802.11ax Wi-Fi Systems, Institute of Artificial Intelligence innovation, Industry Academia Innovation School



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ Wi-Fi 7의 320 MHz 대역폭

Wi-Fi 4 (802.11n)
40 MHz Channel Bandwidth



Wi-Fi 5/6(6E) (802.11ac/ax)
160 MHz Channel Bandwidth



Wi-Fi 7 (802.11be)
320 MHz Channel Bandwidth



IEEE 802.11bk: 320 MHz positioning project

320 MHz channel width Wi-Fi Sensing

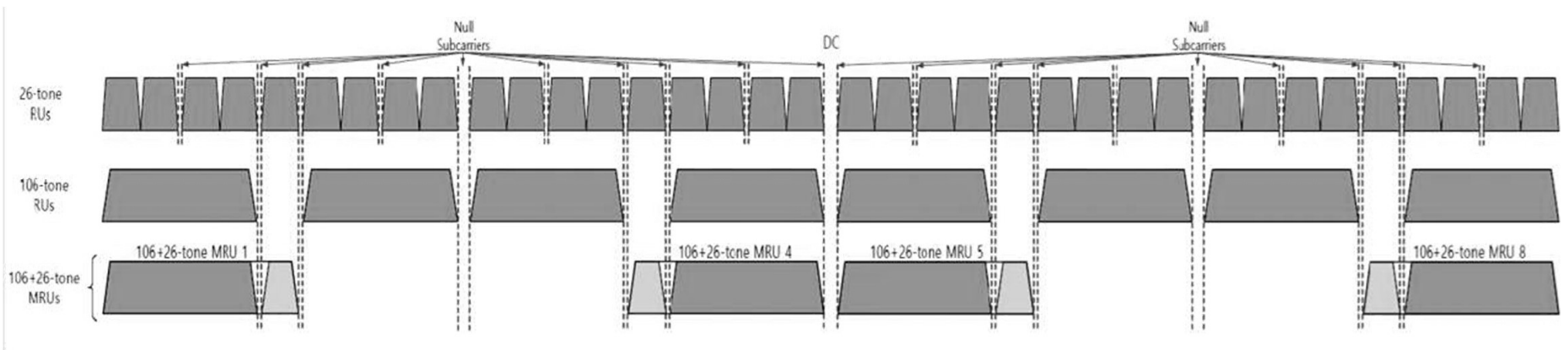
Source: Onsemi



2. WI-FI 7 기술과 서비스

❖ RU & MRU of 320 MHz OFDMA PPDU

- MRU(다중 리소스 유닛)는 Wi-Fi 6에 처음 도입된 또 다른 기능인 직교 주파수 분할 다중 액세스(OFDMA)를 기반으로 하는 Wi-Fi 7의 새로운 기능
- OFDMA는 주파수 내에서 독립적으로 변조되는 서브캐리어를 설정하여 여러 클라이언트와 동시에 전송할 수 있으므로 처리량은 증가하고 지연 시간은 줄어든다.
- MRU는 향상된 간섭 완화 및 OFDMA 효율성을 제공하여 다중 사용자 지연 시간을 25% 더 줄일 수 있다.



Source: Onsemi



1. 개요
2. Wi-Fi 7 기술과 서비스
3. Wi-Fi 7 응용 서비스 개발과 KOREN

3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ 차폐실 (shield room)

- 인증이나 개발 시 원하는 브로드캐스트 무선 데이터만 캡처 가능



The screenshot shows a Wireshark capture of network traffic. The main pane displays a list of frames, with frame 3 selected. The details pane shows the structure of the selected frame:

- Frame 3 (129 bytes on wire, 129 bytes captured)
- Radiotap Header v0, Length 32
- IEEE 802.11
 - Type/Subtype: Beacon frame (0x08)
 - Frame Control: 0x0080 (Normal)
 - Version: 0
 - Type: Management frame (0)
 - Subtype: 8
 - Flags: 0x0
 - Duration: 0
 - Destination address: broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 - Source address: 00:1d:7e:2a:db:8f (00:1d:7e:2a:db:8f)
 - BSS Id: 00:1d:7e:2a:db:8f (00:1d:7e:2a:db:8f)
 - Fragment number: 0
 - Sequence number: 3456
 - Frame check sequence: 0x7182581b [correct]
- IEEE 802.11 wireless LAN management frame

The packet bytes pane shows the raw data in hexadecimal and ASCII format.

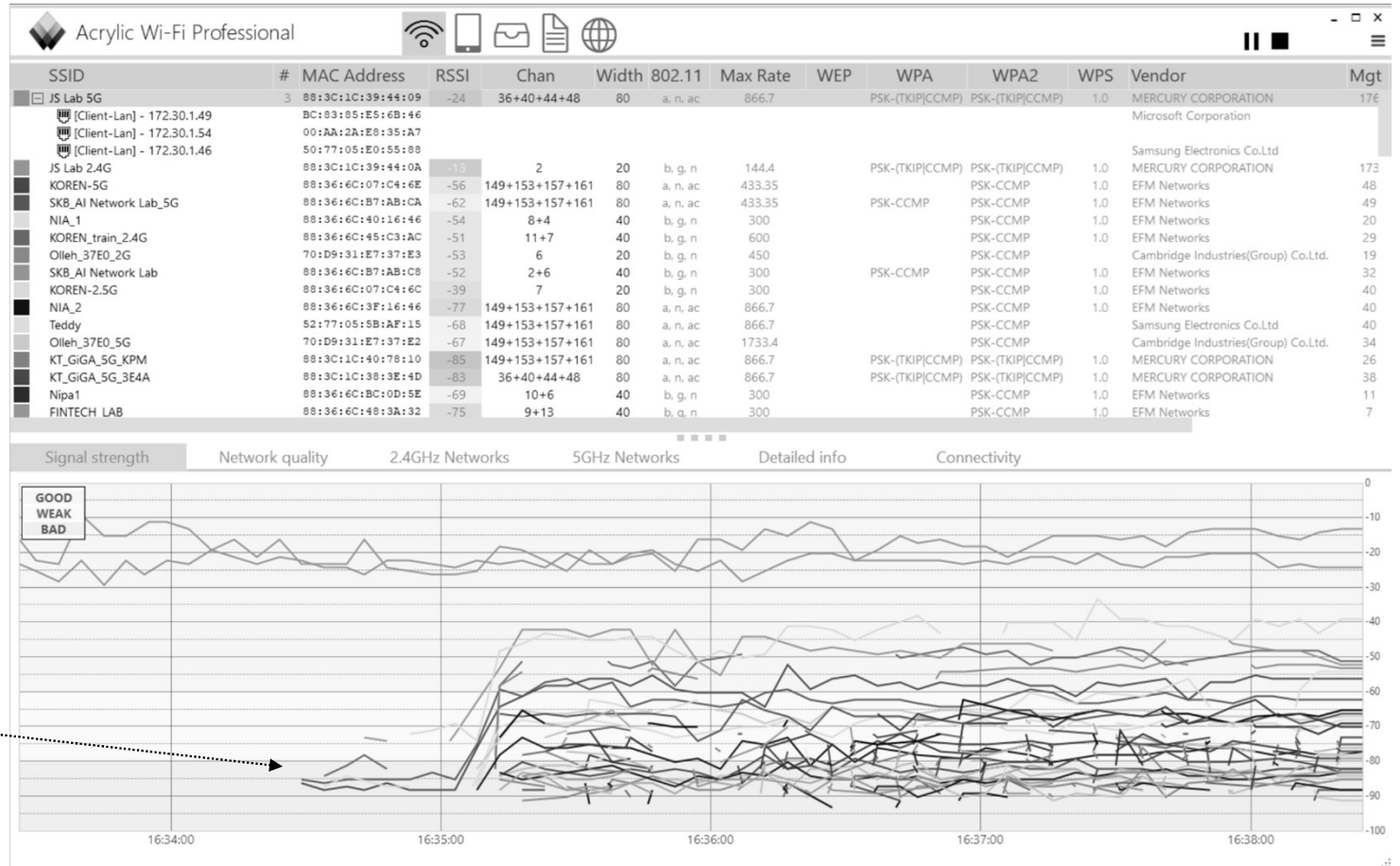


3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ KOREN 차폐실

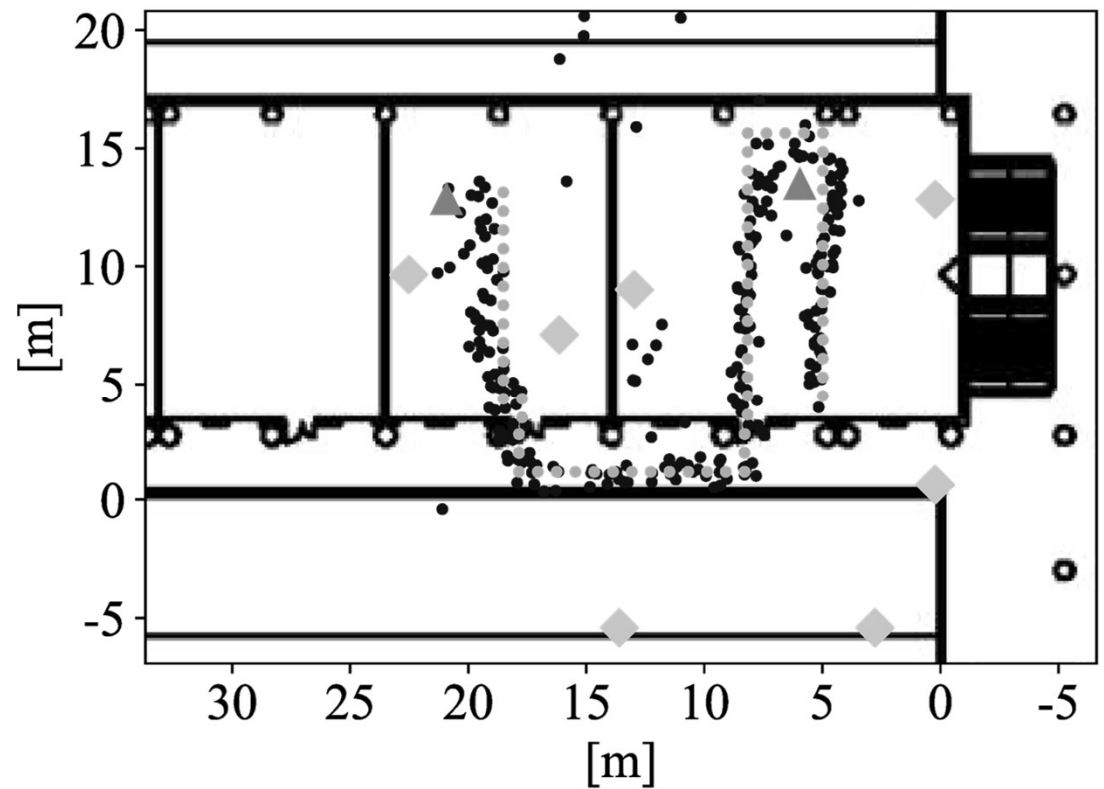
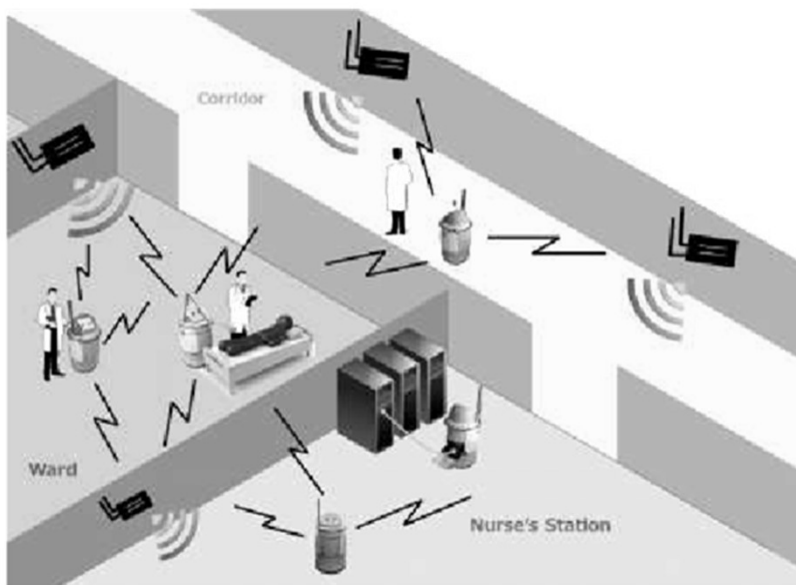


차폐실 Door Lock을 Open시 문을 열지 않더라도 외부 주파수 감지



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ 실내 위치 추적 (Indoor Positioning)



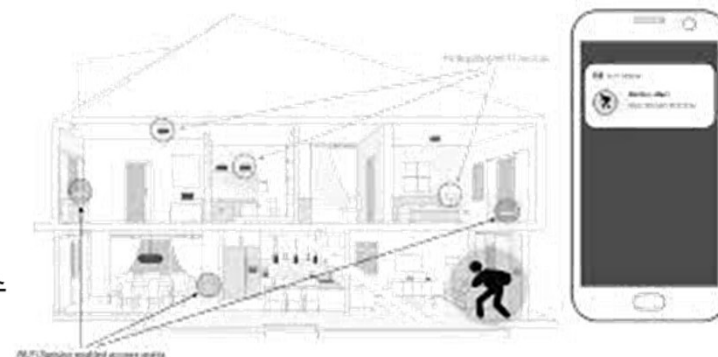
Source: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/21/7020>



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Wi-Fi 센싱의 미래의 도전 과제

- 기존 Wi-Fi 센싱은 주로 사람에 초점
- 향후 Wi-Fi 센싱은 주변 환경, 동물, 사물을 감지, 인식, 추정하는 등 다른 영역에 적용될 수 있다.
- 기존 Wi-Fi 감지 기술의 주요 과제는 다음과 같다:
 - ✓ 견고성(Robustness): Wi-Fi 신호는 네트워크 설정, 환경, 사물, 사람, 지형 및 이동성 상황 등에 영향을 받기 쉬우므로 Wi-Fi 감지가 다양한 실제 환경에서 견고하게 작동하는 것이 매우 중요하고 어렵다.
 - ✓ 개인 정보 보호 및 보안: Wi-Fi 센싱의 장점 중 하나는 비침입적이고 방해가 되지 않는다는 것인데, 이로 인해 많은 개인정보 보호 및 보안 문제가 발생할 수 있다.
 - ✓ Wi-Fi 센싱과 네트워킹의 공존: Wi-Fi는 무선 통신을 위해 설계되었지만 감지 애플리케이션을 위해 설계되지는 않았다. Wi-Fi 디바이스를 센싱에 사용하면 네트워크 성능에 영향을 미치고 네트워크 설정의 영향을 받을 수 있다.



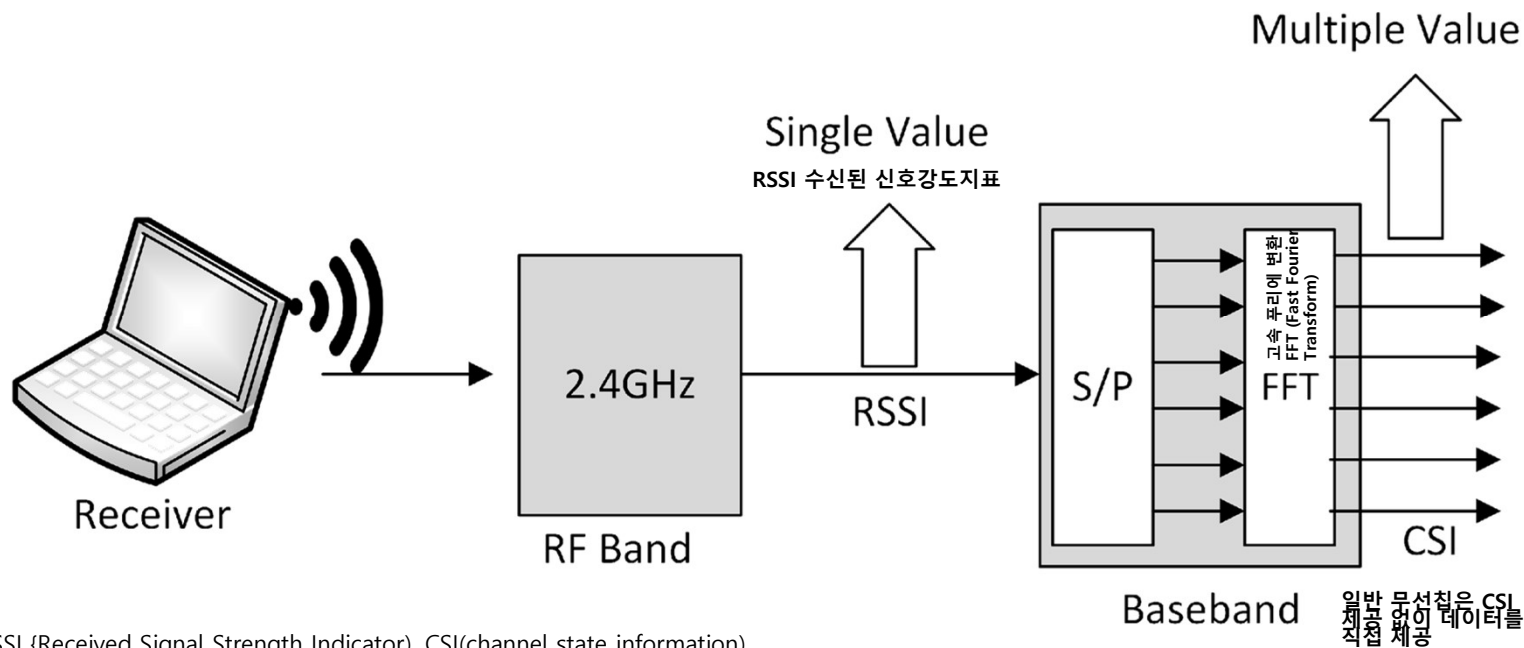
Source: <https://www.lumenci.com/post/wi-fi-sensing-applications-and-standards-development?fbclid=IwAR3VIBcUSRc8t0-UPUMsb4YpLapLai3YDUeAiloVf3hf-LjBx62jEr2s9sY>



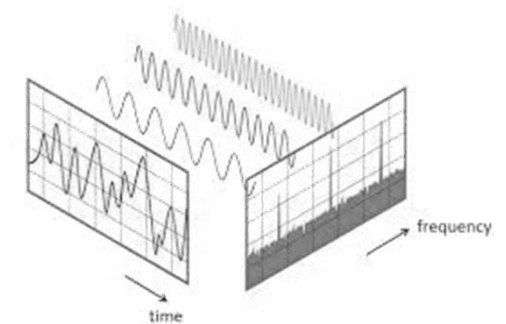
3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ 시간-주파수 다이어그램 CNN 방식을 사용한 Wi-Fi 기반 인간 활동 분류 시스템

- 채널 상태 정보(CSI)를 사용하여 컨볼루션 신경망(CNN)을 학습
- Wi-Fi 기반의 낙상 감지 시스템
- 시뮬레이션 결과, 같은 장소와 다른 장소의 평균 정확도는 각각 93.2%와 90.3%



- FFT 고속 푸리에 변환은 이산 푸리에 변환과 그 역변환을 빠르게 수행하는 효율적인 알고리즘이다.
- FFT는 디지털 신호 처리에서 편미분 방정식의 근을 구하는 알고리즘에 이르기까지 많은 분야에서 사용



$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i2\pi kn/N} \quad k = 0, \dots, N-1,$$

RSSI (Received Signal Strength Indicator), CSI(channel state information)

Source: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3797?fbclid=IwAR1jQSnWhrKvVKeaO4_xs9D1vPVAQmauDIRjtj9ScAhYsvWAexFNIYQnYhU

3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Experimental Setup 개요 (예)

- 수술 후 활동 감지를 위한 실험 설정
- 25~35세 사이의 남성 4명과 25세에서 35세 사이의 신체 구조, 키, 몸무게가 다른 4명의 남성과 1명의 여성
- 제시된 올바른 자세와 잘못된 자세 활동을 수행

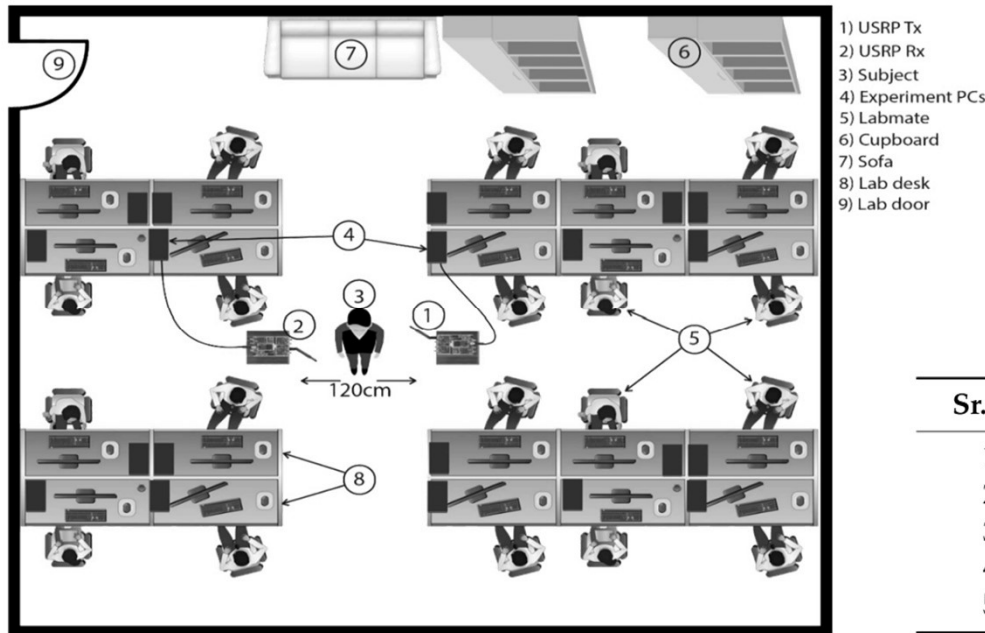


Figure 6. Expert prescribed posture: (a) wrong posture and (b) correct posture.

Sr.No	Subject	Body structure	Height (cm)	Weight (Kg)
1	Male	Ectomorph	168	55
2	Male	Endomorph	180	95
3	Female	Mesomorph	168	60
4	Male	Mesomorph	174	76
5	Male	Ectomorph	176	60

Source: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4886> , Non-Contact Sensing Testbed for Post-Surgery Monitoring by Exploiting Artificial-Intelligence



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Experimental 시나리오 Setup (예)

- 25~35세 사이의 남성 4명과 25세에서 35세 사이의 신체 구조, 키, 몸무게가 다른 4명의 남성과 1명의 여성
- 제시된 올바른 자세와 잘못된 자세 활동을 수행하도록 한다.
- 올바른 자세와 잘못된 자세 웨이트 리프팅 활동 문헌 및 비디오를 사용하여 참가자를 교육
- 참가자는 올바른 자세와 잘못된 자세 활동을 모두 수행하며, 각 활동은 다음과 같은 목적으로 10회 반복
- 규정된 대로 무거움 짐을 드는 활동을 위한 척수 환자의 위치
- 모든 참가자 모든 환경적 영향과 함께 실험실의 정상적인 일상에서 두 가지 활동을 모두 수행했으며, 예를 들어 반사, 산란, 회절, 그림자 등 실험을 수행
- 실험을 위해 테이블과 의자테이블, 의자, 찬장에 놓인 데스크톱 컴퓨터, 그리고 사람이 많은 환경을 설정
- 시스템의 효과를 검증하기 위해 다중 경로 효과를 고려

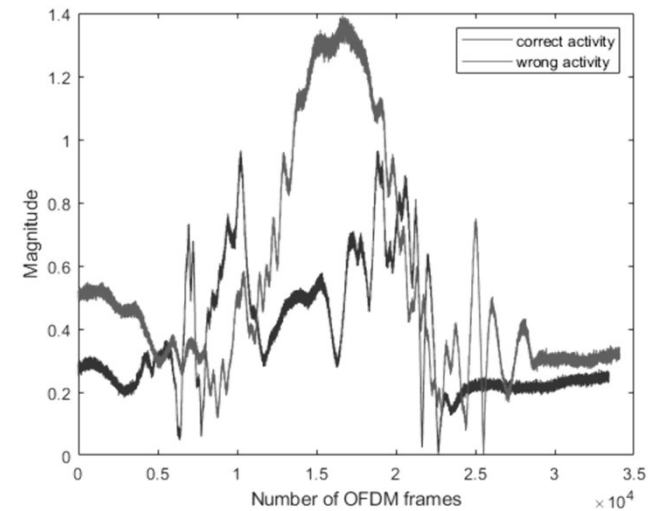
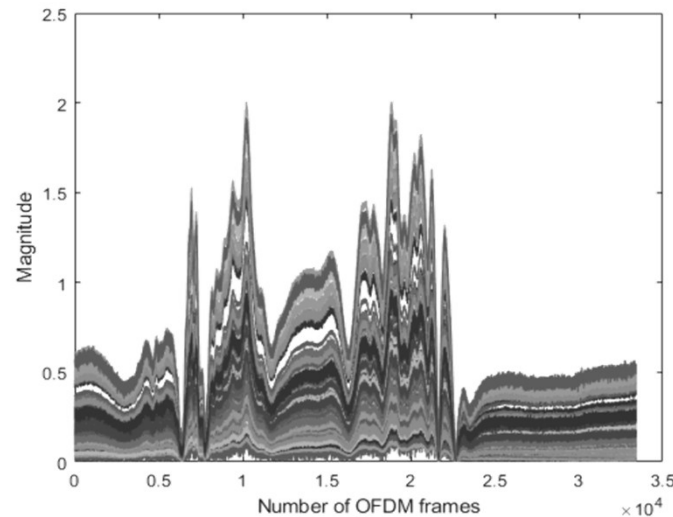
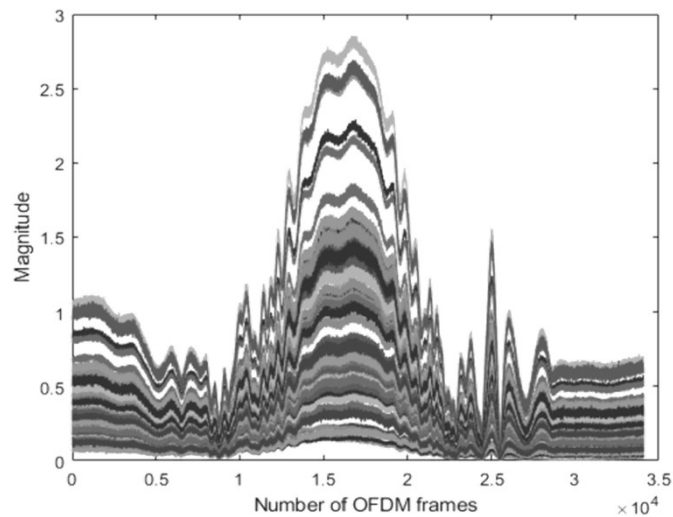
Source: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4886> , Non-Contact Sensing Testbed for Post-Surgery Monitoring by Exploiting Artificial-Intelligence



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Experimental Setup (예)

- 64 서브 캐리어를 사용한 올바른 활동의 결과
- 64 서브 캐리어를 사용한 잘못된 활동의 결과
- 올바른 활동과 잘못된 활동의 비교



Source: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4886> , Non-Contact Sensing Testbed for Post-Surgery Monitoring by Exploiting Artificial-Intelligence



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ 오픈 하드웨어 사용(예): Hardware parameters for Non-contact sensing testbed architecture



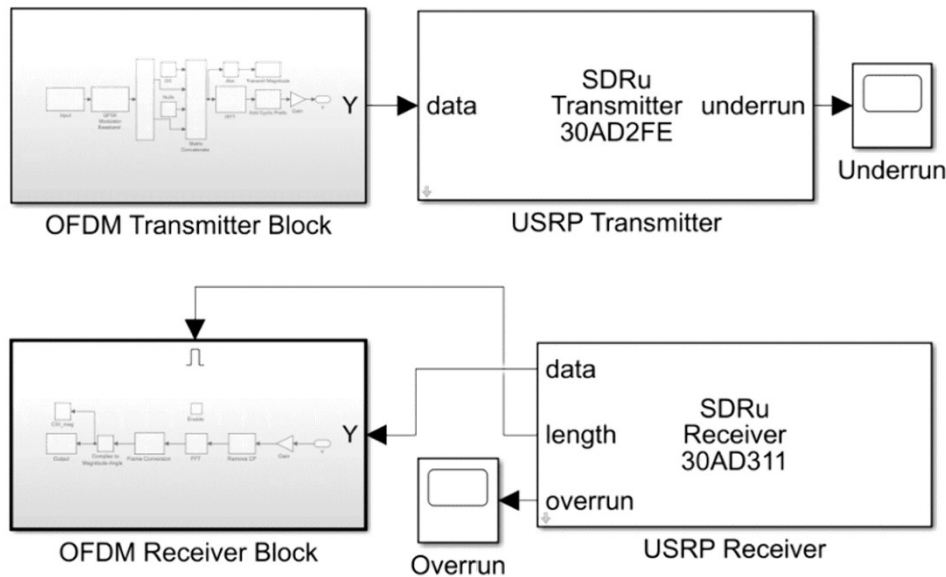
Testbed	USRP B210
Antenna	Omni-directional
Device Frequency Range	70 MHz–6 GHz
Channel Mapping Rx	1
Channel Mapping Tx	1
Center Frequency	5.32 GHz
Clock Source & PPS Source	Internal
Master Clock Rate	200 MHz
Interpolation Factor	250
Enable Burst mode	False
Transport data type	int16
Decimation Factor	250
Output data type	Same as transport data type
Transmitter serial number	30AD2FE
Receiver serial number	30AD311
Transmitter Gain	70
Receiver Gain	50
Samples per frames	80

Source: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4886> , Non-Contact Sensing Testbed for Post-Surgery Monitoring by Exploiting Artificial-Intelligence



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ 시뮬레이터 사용(예): Simulink model / Software parameters



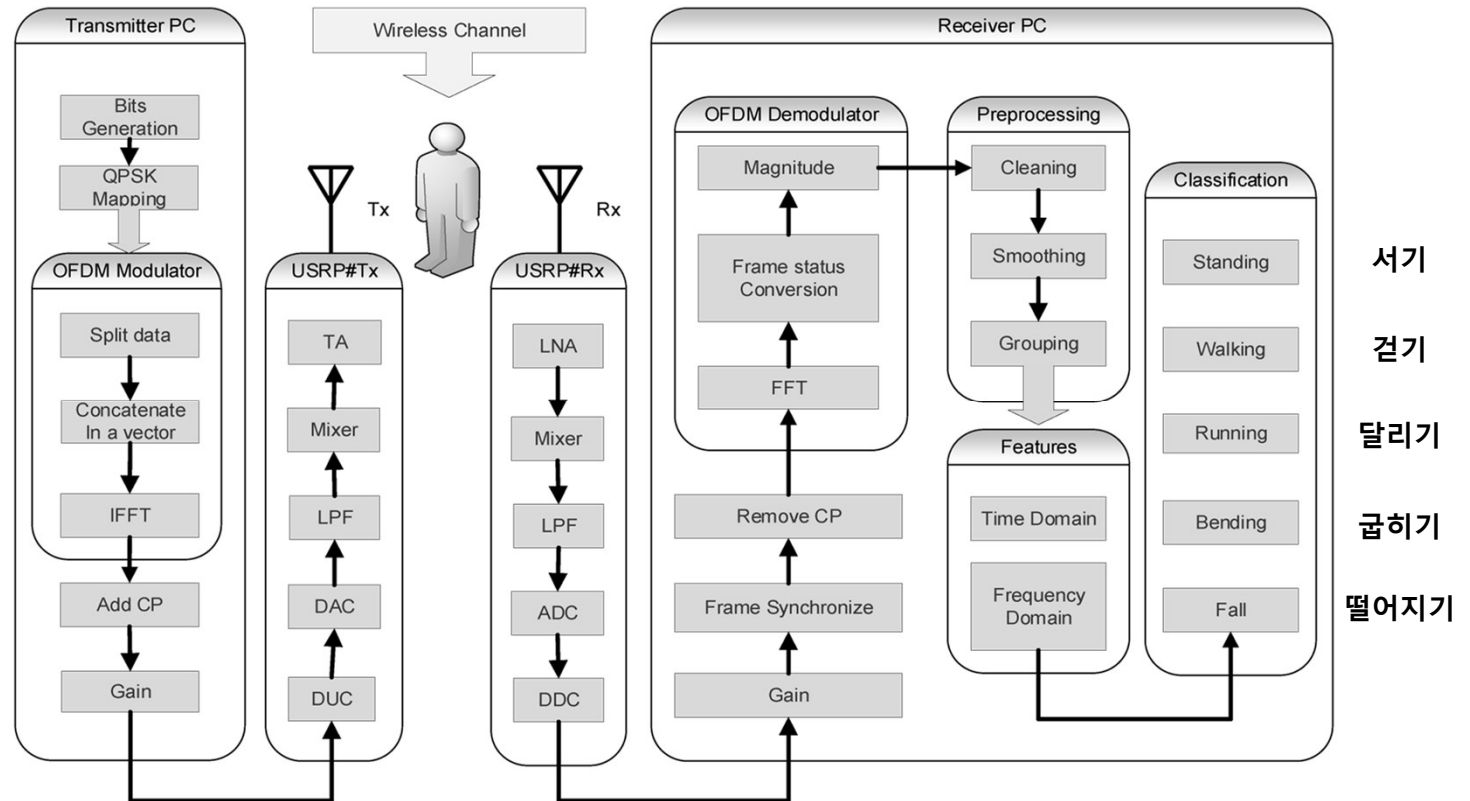
Parameter	Values/Type
Input Bits	104
Bits per Symbols (M)	2
Modulation type	QPSK
OFDM subcarriers	64
Data subcarriers	52
Null subcarriers	11
DC	1
Used subcarriers	52
NFFT	64
Cyclic prefix	NFFT - Data subcarriers
Sampling Frequency	80,000
Samples per frames	80

Source: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4886> , Non-Contact Sensing Testbed for Post-Surgery Monitoring by Exploiting Artificial-Intelligence



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Non-contact smart sensing system overview.

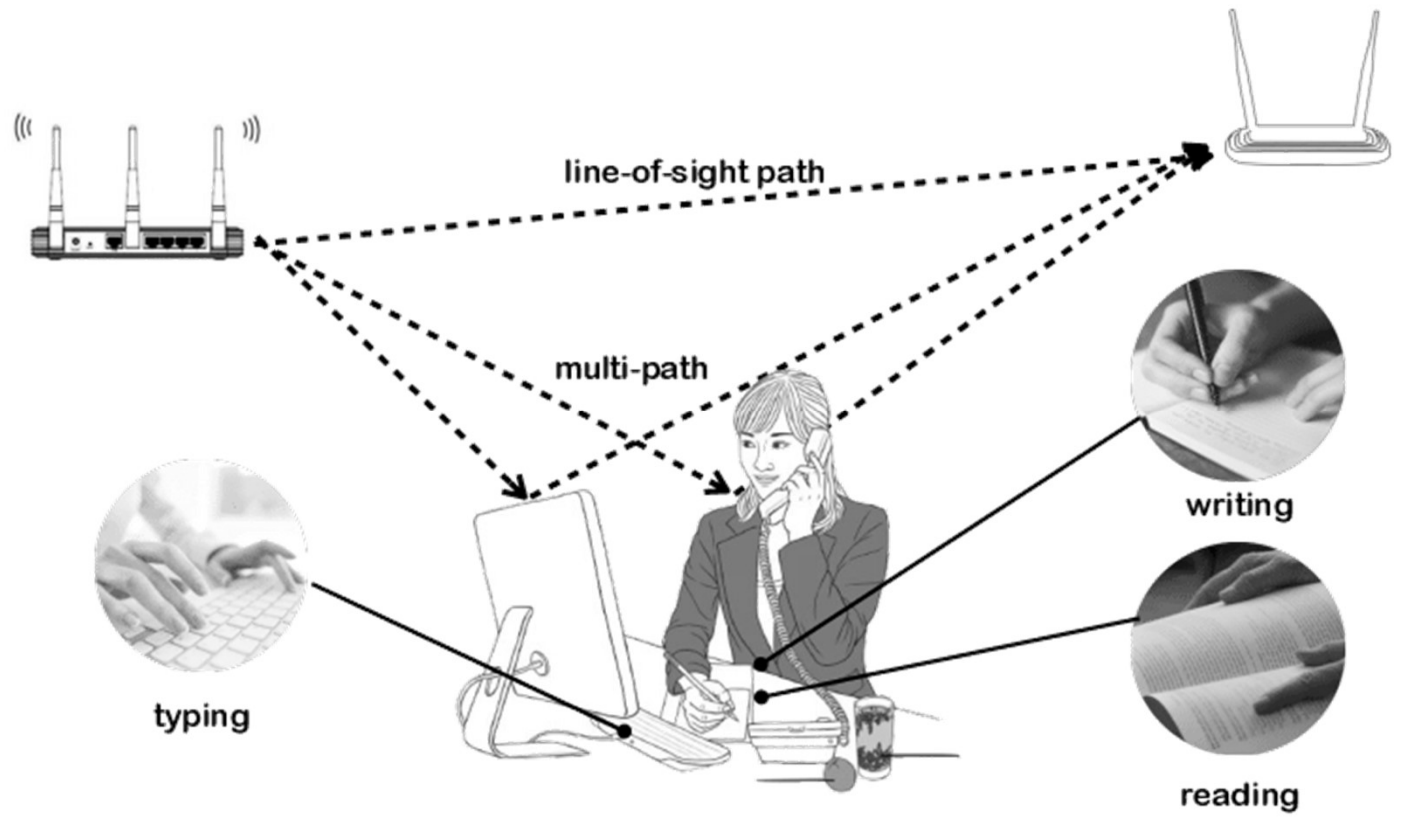


Source: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/4/1348> Non-Contact Smart Sensing of Physical Activities during Quarantine Period Using SDR Technology



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ 무선 신호 전파 및 앞서서 하는 다양한 일상 활동의 다중 경로 효과.



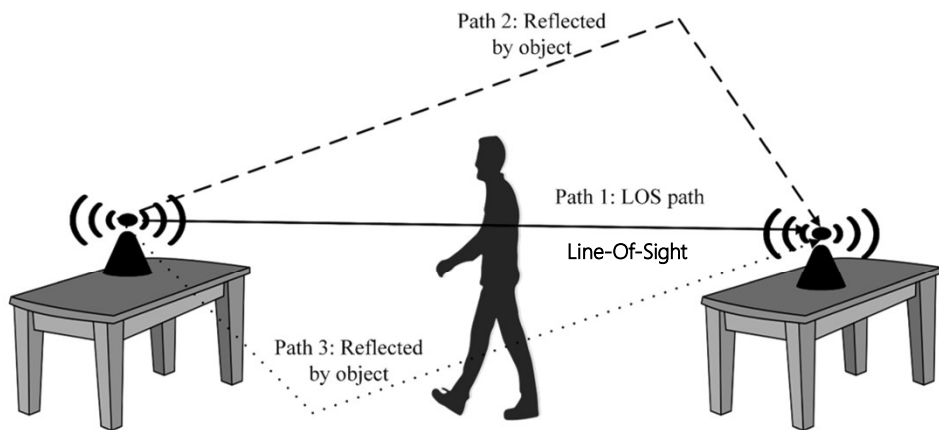
Source: Bejarano, Oscar. Wireless: A Total Beginner's Guide to Modern Wireless Communication Technologies (p. 183). Bitflip Media. Kindle Edition.



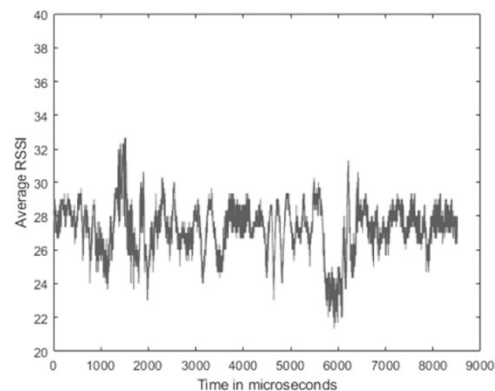
3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ 시간-주파수 다이어그램 CNN 방식을 사용한 Wi-Fi 기반 인간 활동 분류 시스템

- a) An environment with different paths modulated in the WiFi signals;
- b) average RSSI;
- c) CSI for 30 sub-carriers.

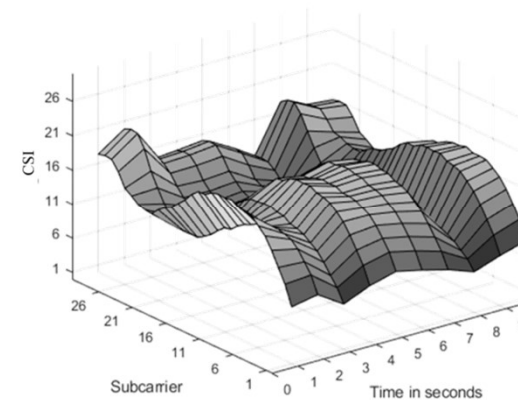


(a)



(b)

Received Signal Strength Indicator



(c)

Channel State Information

RSSI (Received Signal Strength Indicator), CSI(Channel State Information), LOS (Line-Of-Sight)

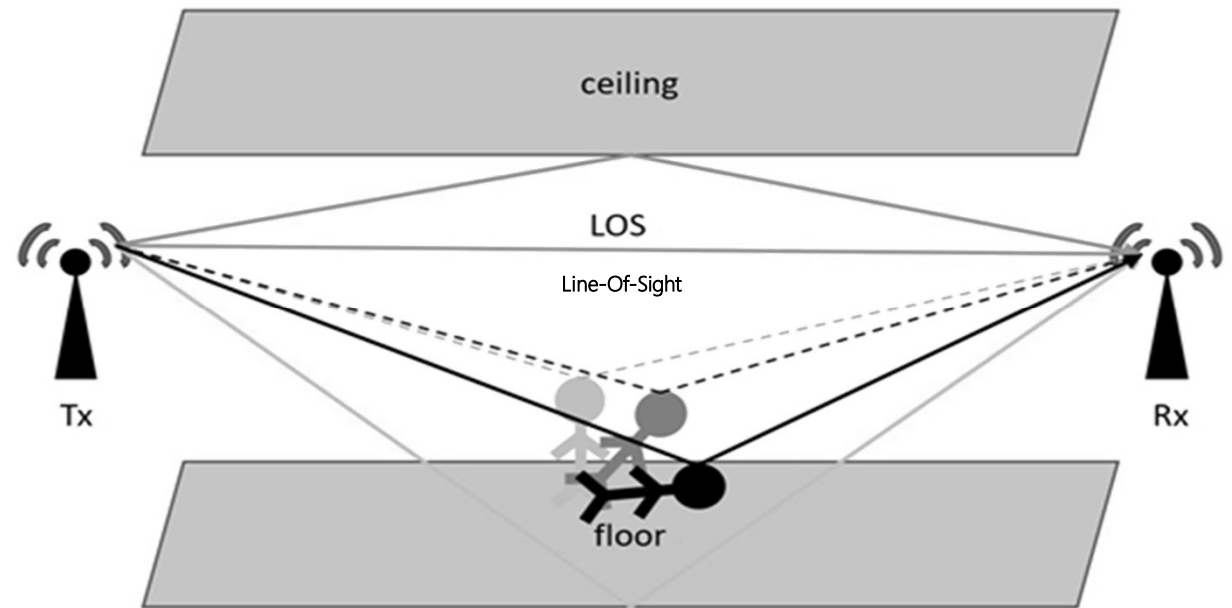
Source: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3797?fbclid=IwAR1jQSnWhrKvVKeaO4_xs9D1vPVAQmauDIRjtj9ScAhYsvWAexFNIYQnYhU



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Channel State Information (CSI)

- a) An environment with different paths modulated in the WiFi signals;
- b) average RSSI;
- c) CSI for 30 sub-carriers.



RSSI (Received Signal Strength Indicator), CSI(channel state information)

Source: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3797?fbclid=IwAR1jQSnWhrKvVKeaO4_xs9D1vPVAQmauDIRjtj9ScAhYsvWAexFNIYQnYhU



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Wi-Fi Routers Used to Detect Human Locations, Poses Within a Room

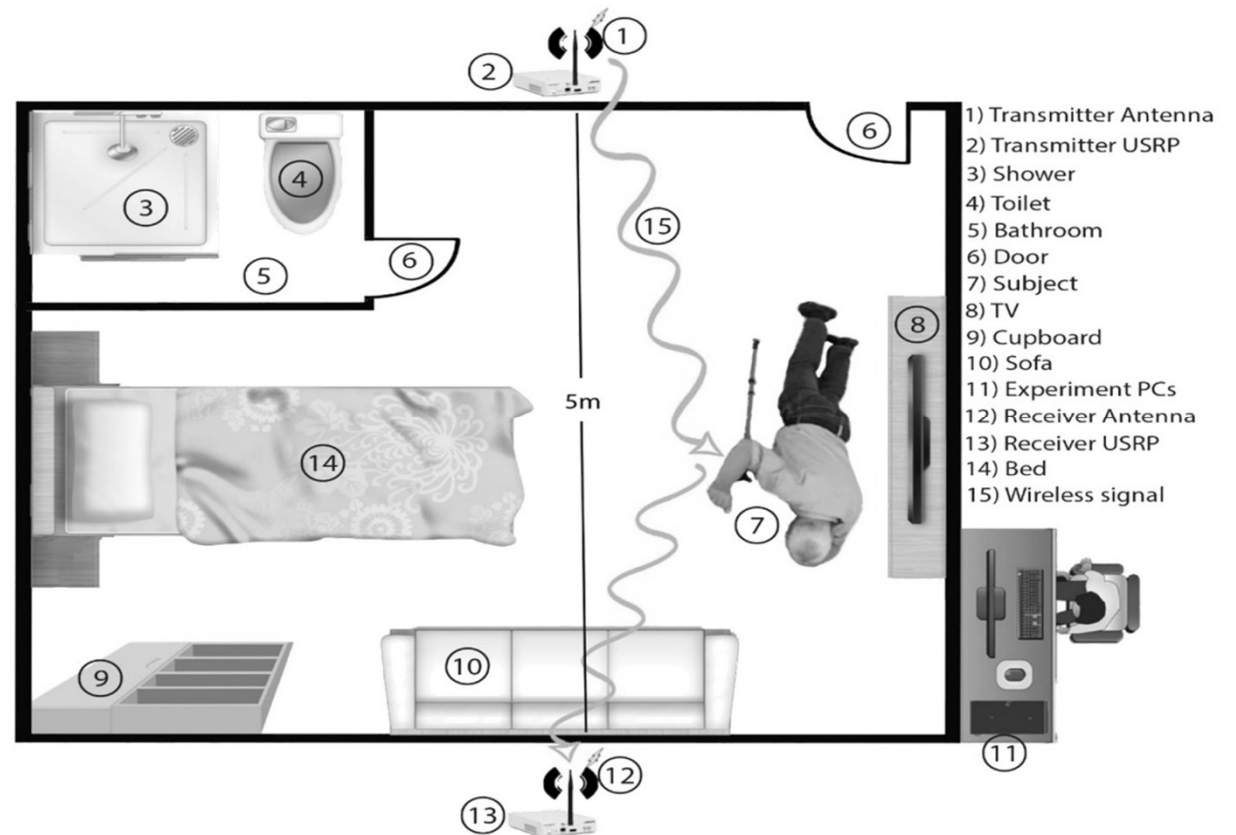


Source: <https://www.tomshardware.com/news/wi-fi-routers-used-to-detect-human-locations-poses-within-a-room>



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Experimental setup (예): collecting WCSI data using SDR technology.



Wireless channel state information (WCSI)

Source: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/4/1348> Non-Contact Smart Sensing of Physical Activities during Quarantine Period Using SDR Technology



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

- ❖ 무선 위치에서 신경망 원자 잡음 제거의 도착 시간 추정 (The Time-of-Arrival Offset Estimation in Neural Network Atomic Denoising in Wireless Location):
 - WiFi를 기반으로 한 실내 측위
 - 채널 상태 정보(CSI)는 수신 신호 강도 표시기(RSSI)에 비해 무선 전파 환경을 더 정확하게 포착
 - 정확한 CSI 기반 측위를 위해서는 신호 대역폭, 간섭, 잡음 등을 고려
 - 신경망의 직접 가중치 결정 방법을 사용하여 사전의 노이즈를 제거하고 압축 센싱(CS)을 사용하여 채널 임펄스 응답(CIR)을 추출하는 새로운 사전 필터링 방법
 - 피크 검색을 통해 고정밀 도착 시간(TOA)을 추정
 - 중앙값 필터링 알고리즘을 사용하여 도착 시간 차이(TDOA) 기술을 기반으로 대상 디바이스를 찾는다.
 - WiFi 측위 테스트베드에서 수집한 데이터를 사용
 - 지문 위치추적 방식에 비해 사전 현장 조사가 필요하지 않아 빠른 시스템 구축이 가능

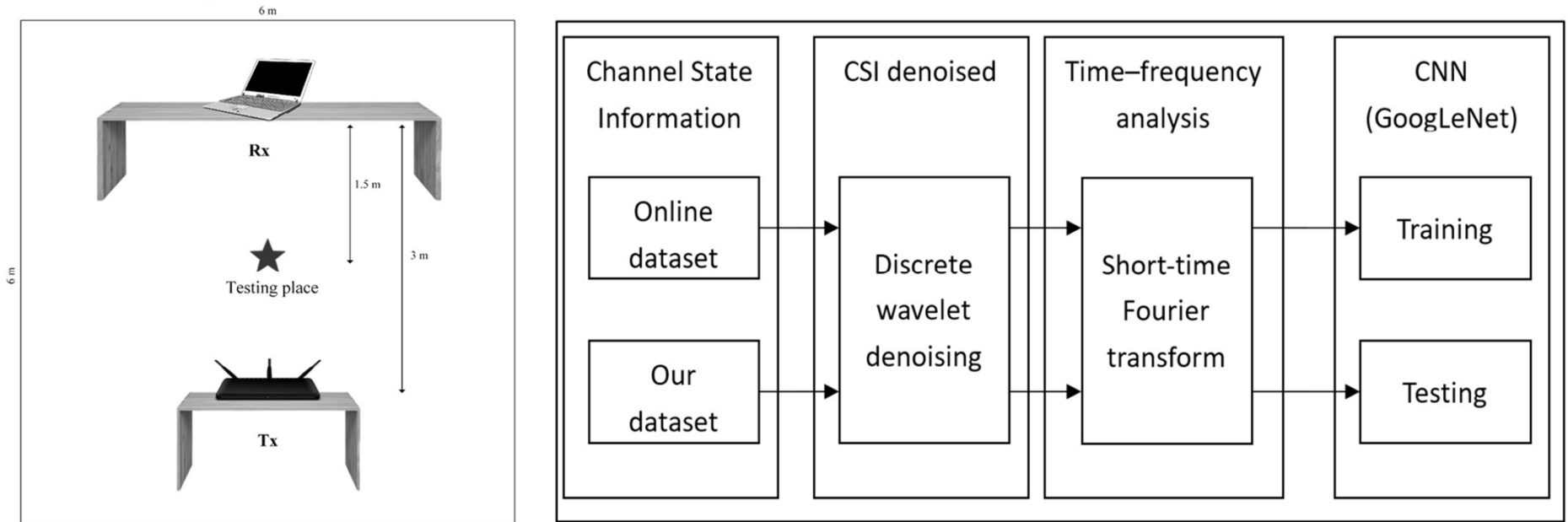
Source: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/14/5364> , The Time-of-Arrival Offset Estimation in Neural Network Atomic Denoising in Wireless Location



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ Convolutional neural network 'CNN'(GoogLeNet) 모델을 사용하는 4단계 시스템 아키텍처

- a) Stage Two: Denoising
- b) Stage Three: Short-Time Fourier Transform;
- c) Stage Four: GoogLeNet.

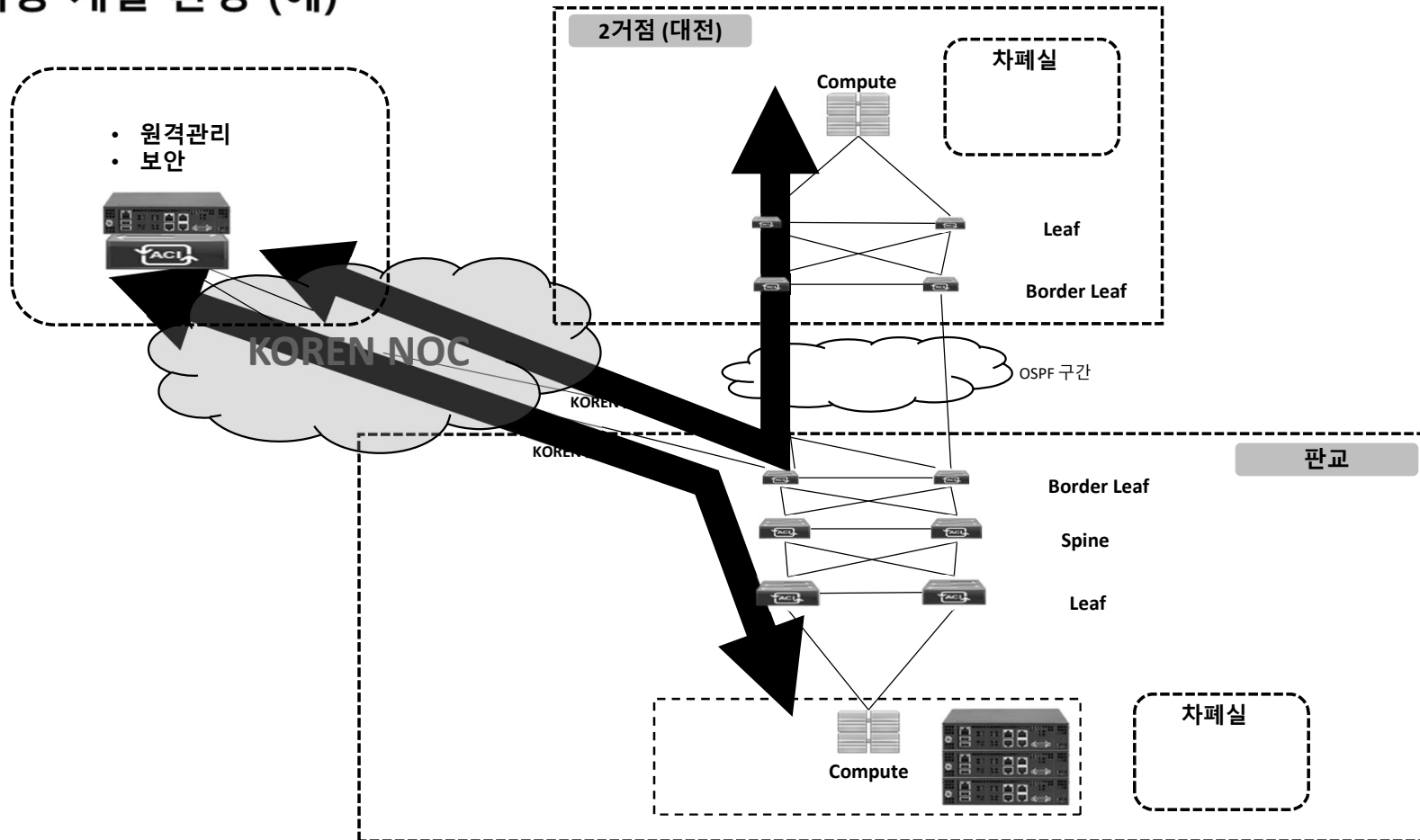


RSSI (Received Signal Strength Indicator), CSI(channel state information) GoogLeNet: 네트워크의 depth와 width를 늘리면서도 내부적으로 inception 모듈을 활용해 computational efficiency를 확보한 모델
Source: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3797?fbclid=IwAR1jQSnWhrKvVKeaO4_xs9D1vPVAQmauDIRjtj9ScAhYsvWAexFNIYQnYhU



3. WI-FI 7 응용 서비스 개발과 KOREN

❖ KOREN 이용 개발 환경 (예)





**THANK
YOU**