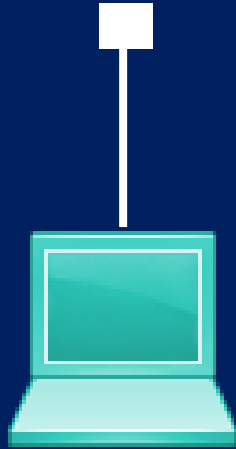
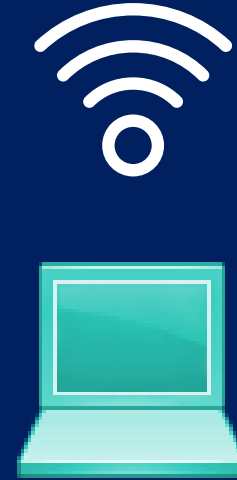


# 무선랜(WIFI) 기본기

# 유선랜과 무선랜 인프라 비교



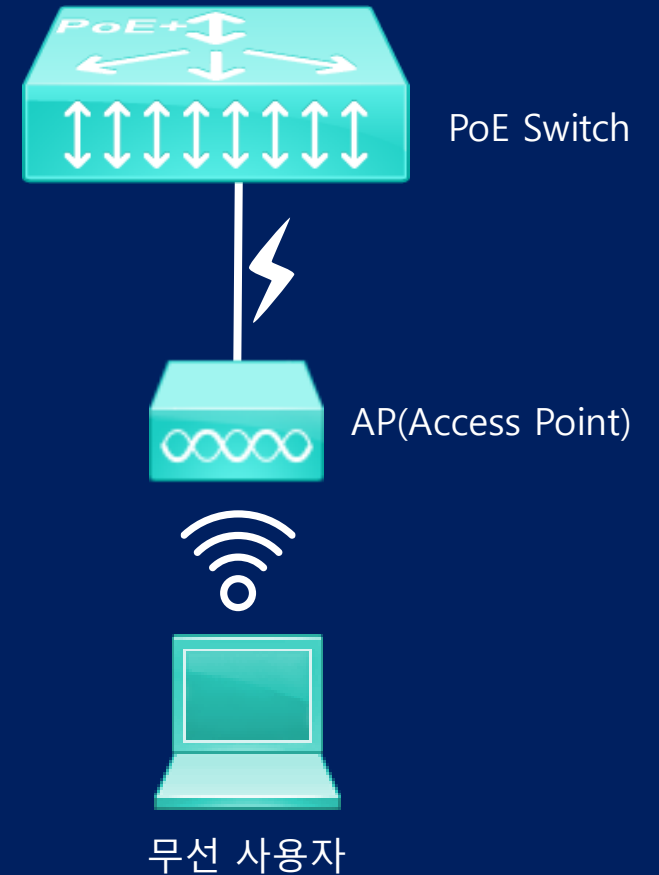
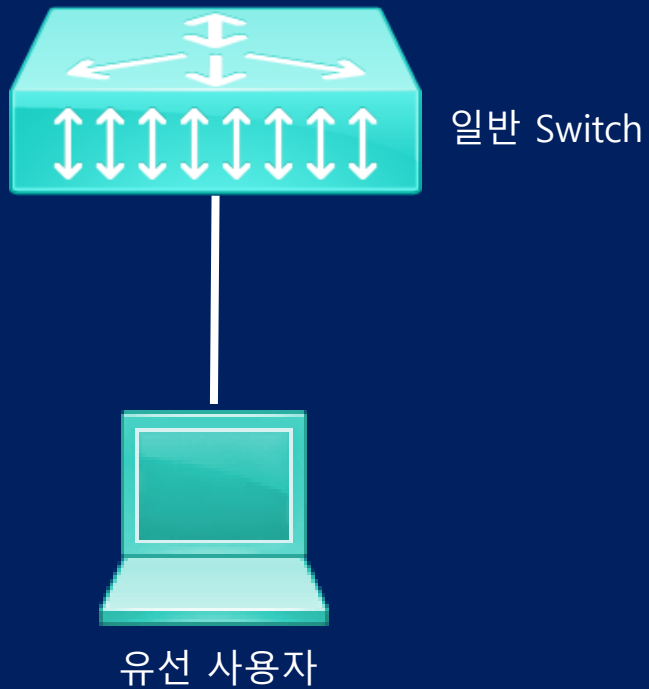
유선 사용자



무선 사용자

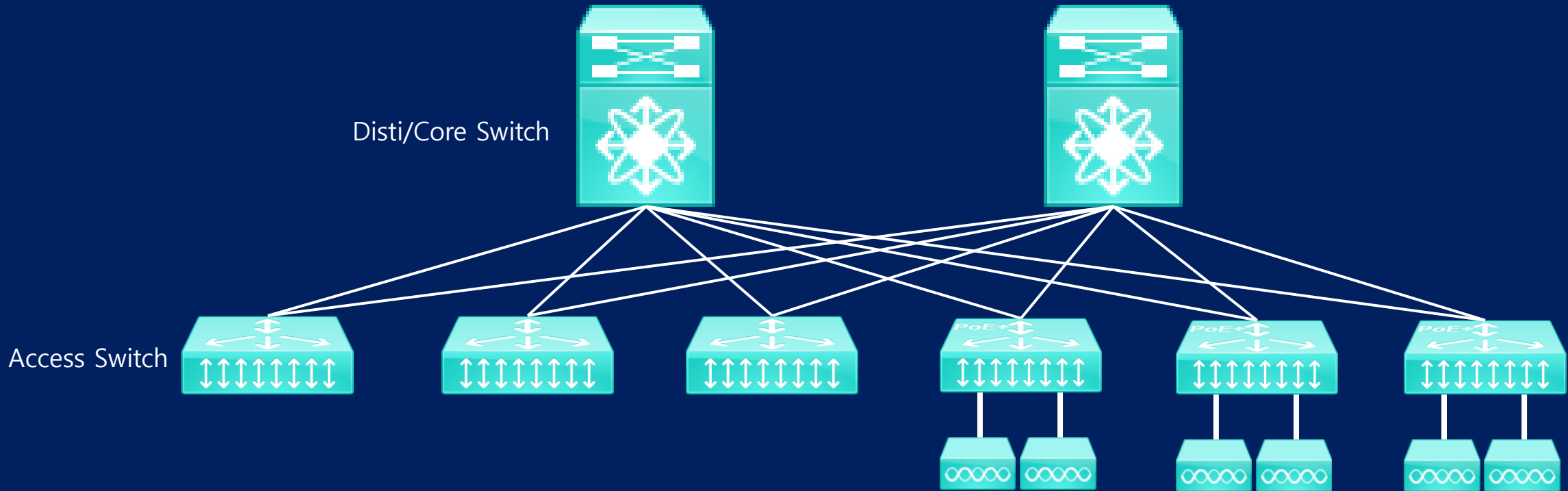
- 유선랜 인프라의 단말의 경우 UTP등 유선 케이블과 연결 됩니다.
- 무선랜 인프라의 단말의 경우 내장된 무선랜 카드를 통해 별도의 케이블 없이 WIFI를 이용하여 무선으로 연결 됩니다.

# 유선랜과 무선랜 인프라 비교



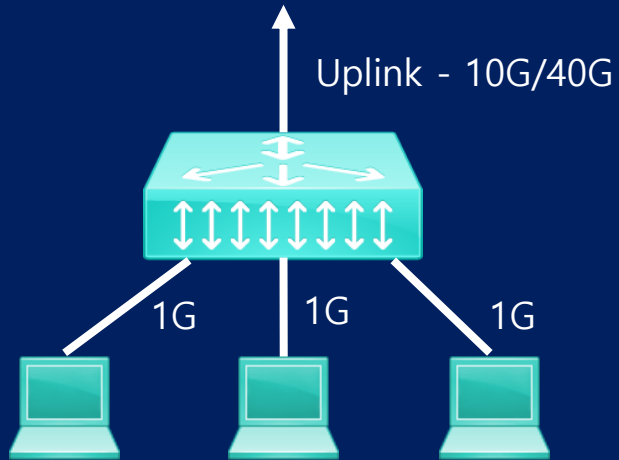
- 유선 사용자의 케이블은 상단의 Switch등 네트워크 장비와 연결 되어 네트워크에 연결 됩니다.
- 무선 사용자의 무선랜카드는 주변의 AP(Access Point)와 연결 되며, Access Point는 상단의 Switch에 연결 되어 네트워크에 연결 됩니다.
- 이때 Access Point는 동작을 위해 별도의 전원 공급 어댑터를 통해 전기를 공급 받을 수 있지만, 일반적으로 Switch를 통해 UTP 케이블로 전원을 공급 받는 Power over Ethernet 기능을 통해 전원을 공급 받습니다.

# 유선랜과 무선랜 인프라 비교

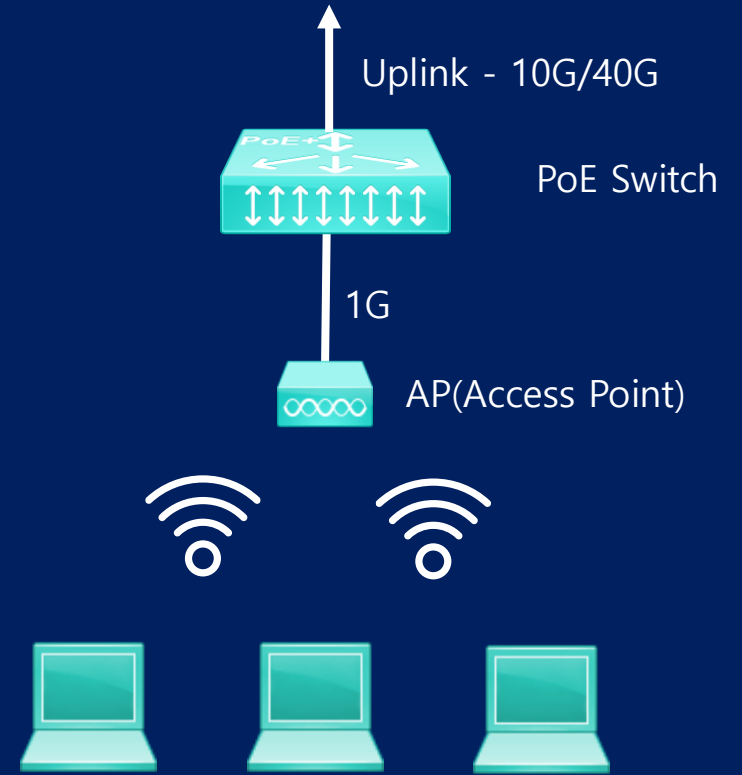


- 유선 사용자와 Access point가 연결 된 Switch는 상단의 Distri/Core등 집선 스위치를 통해서 다시 하나의 네트워크로 합쳐 집니다.
- 보안 목적/운영 안정성 등의 이유로 유선과 무선의 Distri/Core를 분리하는 구성도 존재 합니다.

# 유선랜과 무선랜 인프라 비교



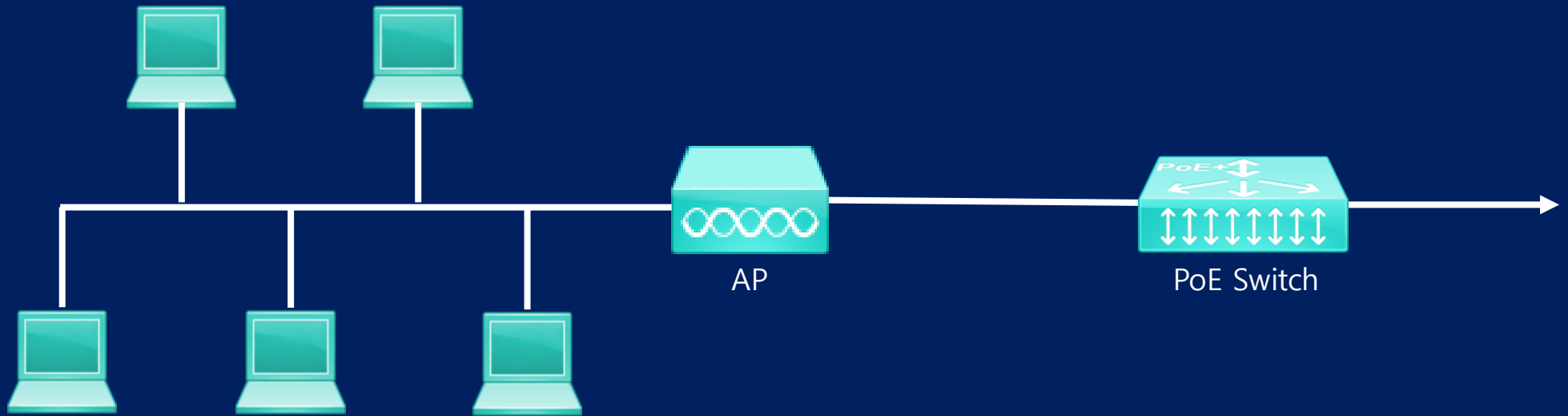
<유선 인프라>



<무선 인프라>

- 유선랜카드가 1Gbps의 속도를 지원 하는 경우 Switch 인터페이스 또한 1Gbps로 연결 되며 각 단말 별로 1Gbps의 개별적인 대역폭을 제공 받습니다.
- 하지만 무선의 경우 AP를 통해 연결 된 무선랜 카드는 무선 AP와 Switch가 연결 된 인터페이스의 대역폭을 활용 하게 됩니다.
- 따라서 무선의 경우 사용자가 늘어나면 동일한 대역폭을 나누어 사용하는 구조가 됩니다.

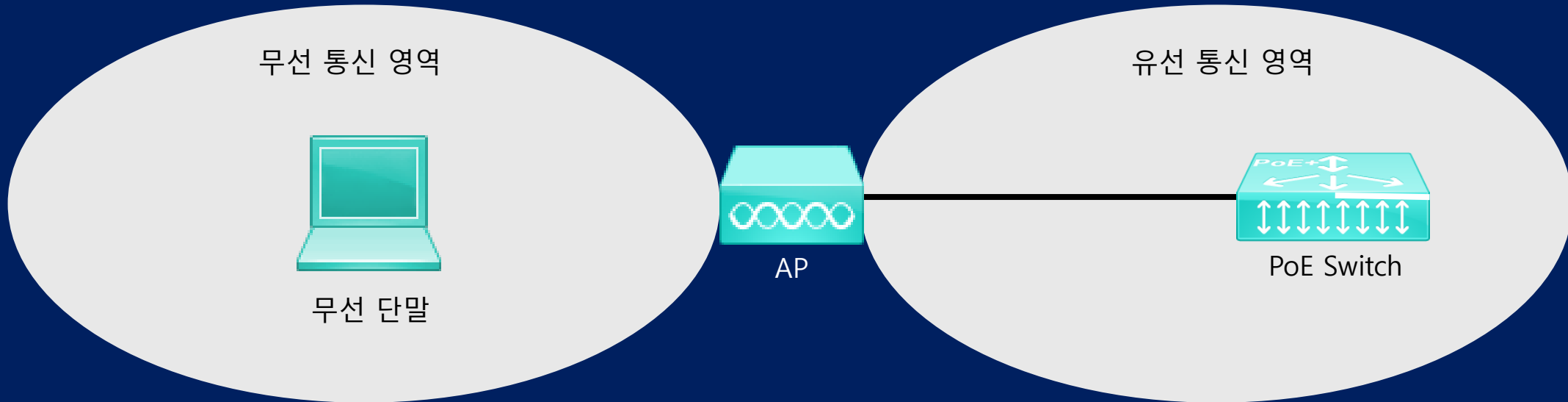
# 유선랜과 무선랜 인프라 비교



<무선 인프라의 논리적인 연결 구조>

- 동일한 성능을 제공하는 AP에 여러 단말이 연결 될 경우 AP 자체의 성능은 변화가 없지만, 개별 단말의 네트워크 성능은 떨어지게 됩니다.
- 안정적인 AP는 여러 사용자에게 자원을 효율적이고 공평하게 분배 하여야 하며, 하나의 단말이 사용하는 환경과 다수 단말이 사용하는 환경의 성능의 차이를 최대한 줄여야 합니다.
- 일반적으로 다수 단말이 연결 된 경우 단말의 자원 분배와 제어를 위해 AP의 전체 처리 용량 또한 떨어집니다.

# 유선랜과 무선랜 인프라 비교



- 따라서 무선랜 (WIFI)인프라에서 실제 무선 통신으로 이루어 지는 영역은 무선 단말과 AP 사이의 통신을 의미 합니다.

# 주파수 (Radio Frequency)



Name	Symbol	Frequency Range	Wavelength
Extremely Low Frequency	ELF	3 Hz - 30 Hz	10,000 km – 100,000 km
Super Low Frequency	SLF	30 Hz - 300 Hz	1,000 km – 10,000 km
Ultra Low Frequency	ULF	300 Hz - 3 kHz	100 km – 1,000 km
Very Low Frequency	VLF	3 kHz - 30 kHz	10 km – 100 km
Low Frequency	LF or LW	30 kHz - 300 kHz	1 km – 10 km
Medium Frequency	MF or MW	300 kHz – 3,000 kHz	100 m – 1 km
High Frequency	HF or SW	3 MHz – 30 MHz	10 m – 100 m
Very High Frequency	VHF	30 MHz – 300 MHz	1 m – 10 m
Ultra High Frequency	UHF	300 MHz – 3,000 MHz	10 cm – 100 cm
Super High Frequency	SHF	3 GHz – 30 GHz	1 cm – 10 cm
Extremely High Frequency	EHF	30 GHz – 300 GHz	1 mm – 10 mm

- AP와 무선 단말 등 무선 통신을 위해서는 상호간의 합의 된 주파수(RF)를 사용 합니다.
- 이 중 WIFI를 위해 국가에서 할당 된 주파수 대역이 존재 하며 대표적으로 2.4 GHZ/5 GHZ/ 6 GHZ 대역이 사용 됩니다.



# 주파수 (Radio Frequency)

<한국 WIFI 관련 행정 규칙>

신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준

[시행 2024. 3. 20.] [과학기술정보통신부고시 제2024-12호, 2024. 3. 20., 일부개정]

2.4

5

6

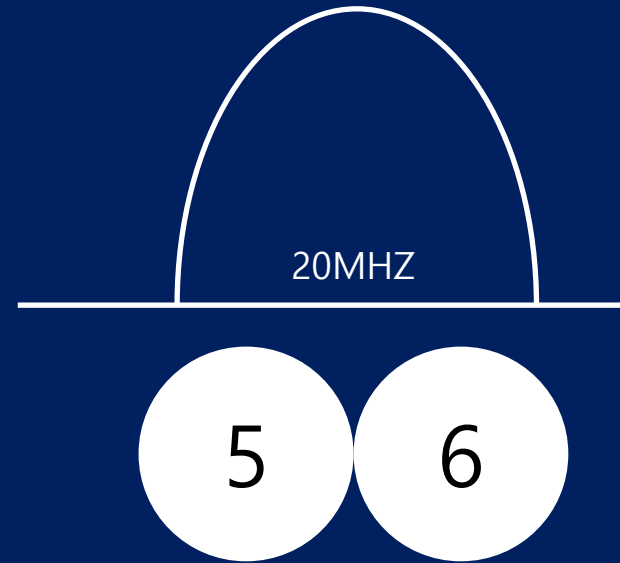
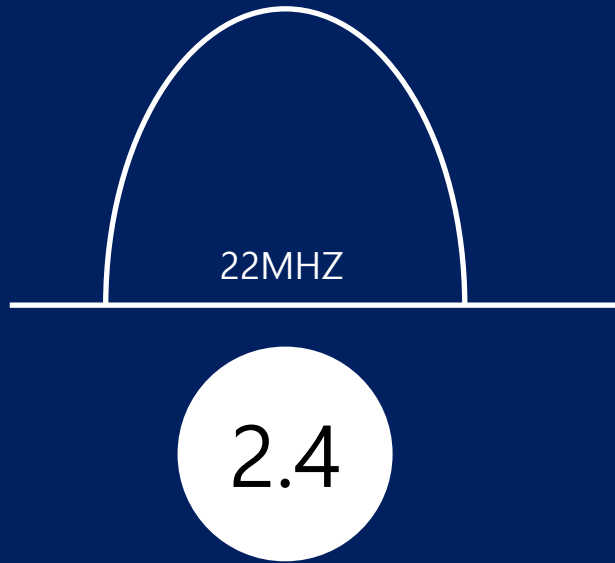
- 국가별로 2.4 GHZ/5 GHZ/6 GHZ의 세부 사용 가능한 주파수 크기와 출력 세기는 국가별로 차이가 있으며, 해당 국가에서 판매 되는 모든 무선 기기는 해당 규정을 준수 하였는지 전파인증을 통과 해야 합니다.
- 한국에서는 관련 하여 <신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준> 행정 규칙에서 자세한 내용을 확인 할 수 있습니다.

# 주파수 (Radio Frequency)



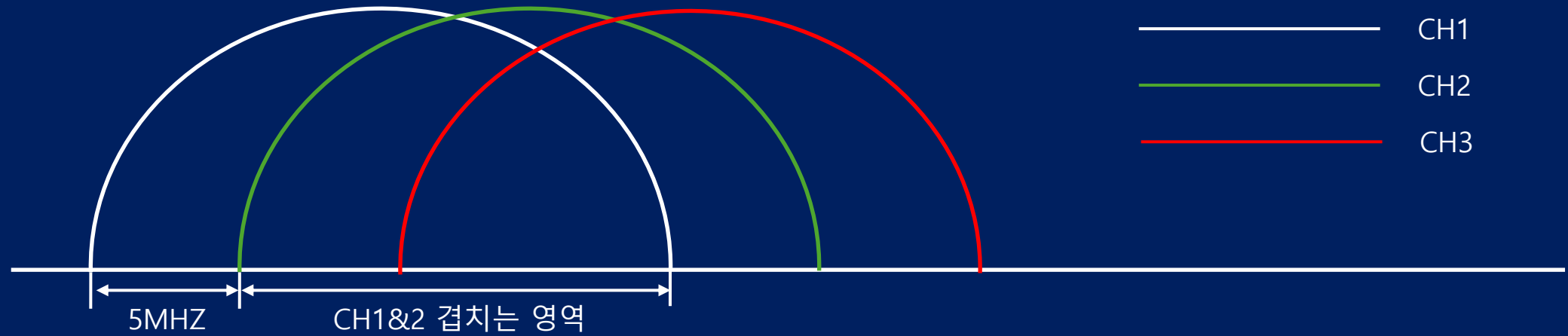
- 2.4/5/6 GHz는 하나의 주파수가 아니며 특정 대역을 의미 합니다.
- 2.4 GHz = 2.401 - 2.473 (총 72MHz)
- 5 GHz = 5.150-5.350, 5.470-5.850 (총 580 MHz)
- 6 GHz = 5.925 - 7125 (총 1200 MHz)

# 채널 (Channel)



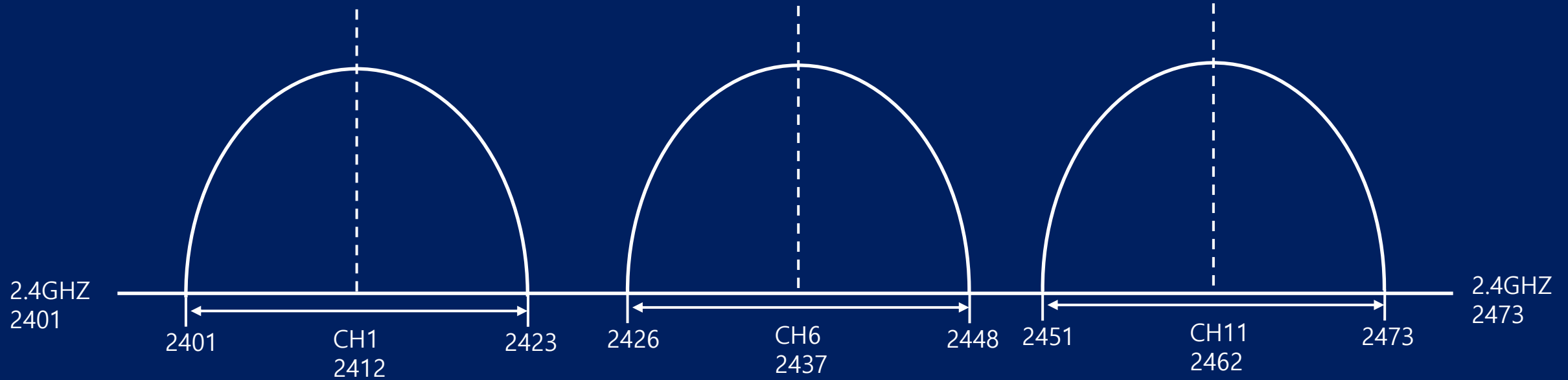
- WIFI 주파수는 전체 대역을 특정한 크기로 나누어 여러개의 채널로 사용 됩니다.
- 2.4 GHZ의 경우 22MHZ 단위, 5/6GHZ의 경우 20MHZ 단위로 채널을 구성 합니다.

# 채널 (Channel)



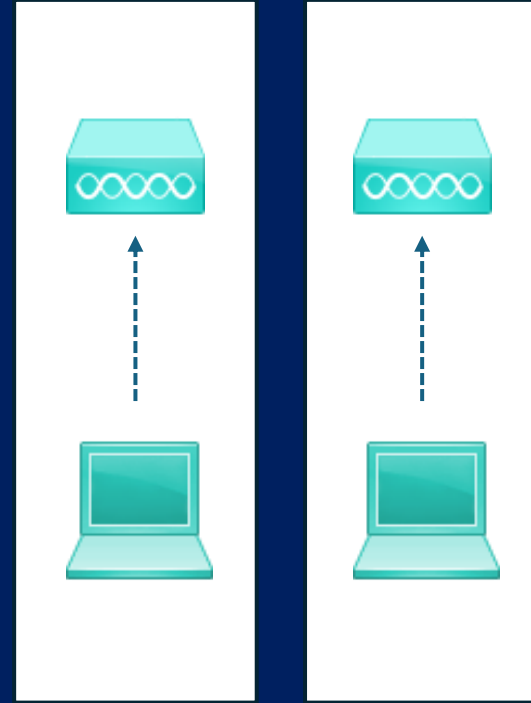
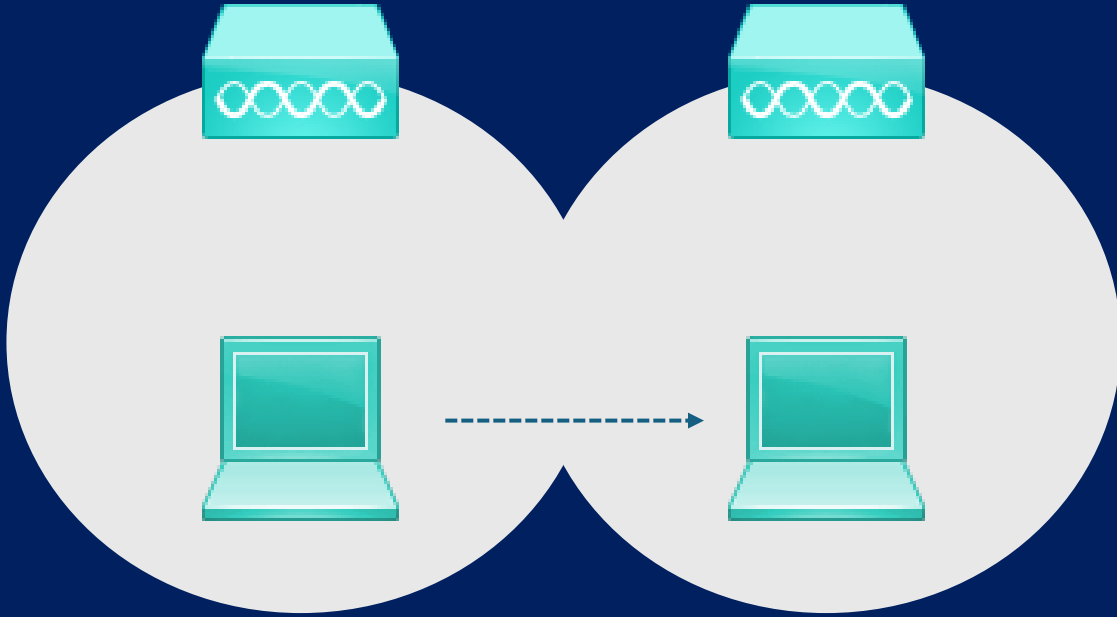
- 채널은 인접 채널과 5MHZ의 간격을 두고 배치 됩니다.
- 따라서 인접 채널을 동일 공간에서 사용시 서로 간섭이 발생 합니다.

# 채널 (Channel) - 비 간섭 구성

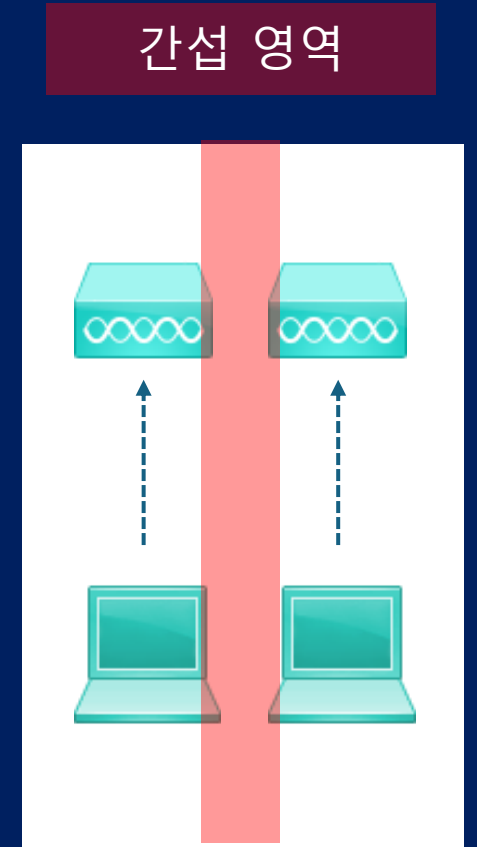


- 간섭 없는 무선 환경의 구성을 위해서는 서로 주파수가 겹치지 않는 채널들로 구성 되어야 합니다.
- 위의 예시 처럼 2.4 GHZ의 경우 전체 주파수를 3개 채널(1,6,11)로 사용 하거나, 약간의 중첩을 허용하는 4개 채널(1,5,9,13)을 주로 사용 합니다.

# 채널 (Channel) - 비 간섭 구성



<두개의 채널 비 간섭>



<두개의 채널 간섭>

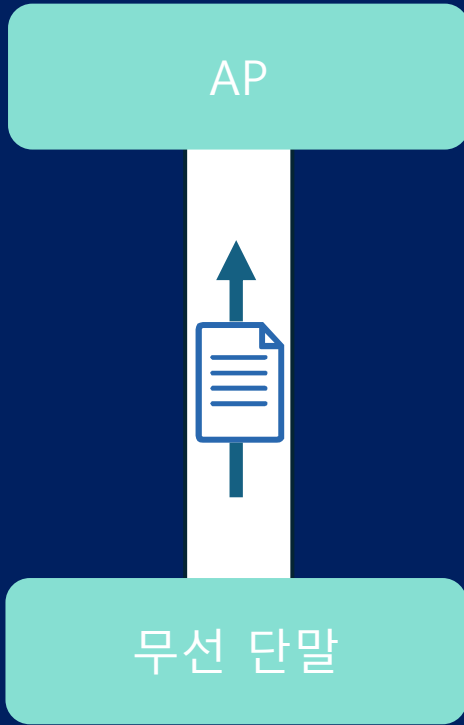
- 무선랜 설계 시 무선 단말의 무선랜 끊어짐 없는 이동을 위해, AP간의 서비스 영역이 겹치게 됩니다.
- 이때 인접 AP간 무선 채널 중첩시 서로 간의 간섭으로 무선 서비스 성능이 떨어 지게 됩니다.
- 따라서 인접 AP간 간섭 없는 채널의 사용이 중요합니다.

# 주파수별 비간섭 채널

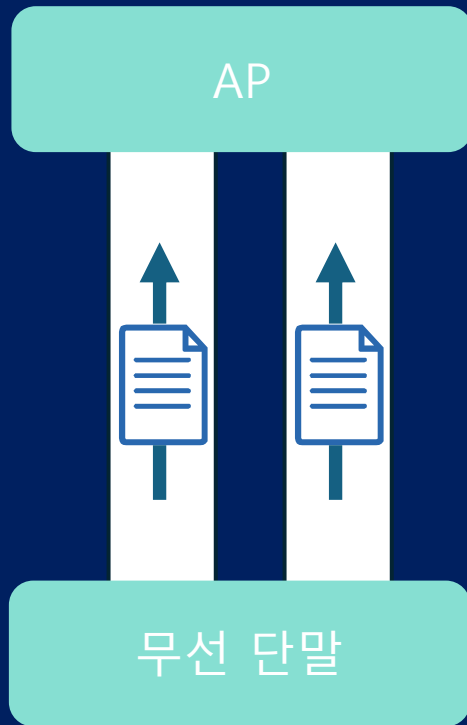
주파수	2.4GHZ	5GHZ	6GHZ
총대역폭	72MHZ	580MHZ	1200MHZ
채널당 대역폭	22MHZ	20MHZ	20MHZ
비간섭 채널	3개	29개	59개

- 기본 채널크기 기준 2.4GHZ의 경우 3개, 5GHZ의 경우 29개, 6GHZ의 경우 59개의 비중첩 채널을 제공 합니다.
- AP가 실내에 설치 되는 간격이 약 10M 내외 이므로, 3개의 비중첩 채널을 제공하는 2.4GHZ의 경우 상호간의 간섭 가능성이 더 높습니다.

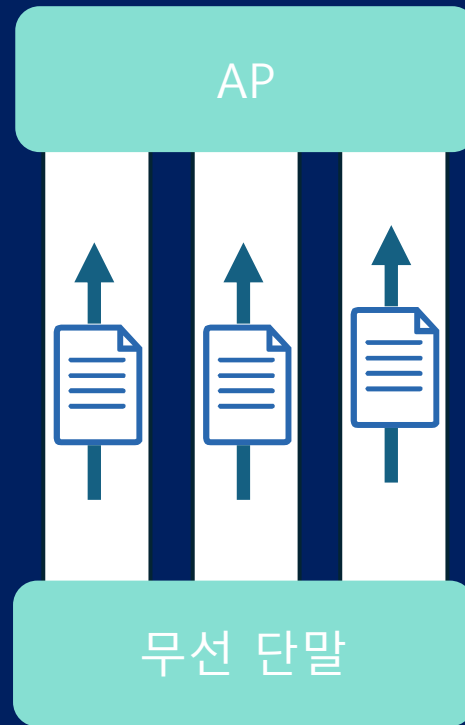
# 채널 본딩



<채널 하나 사용>



<채널 둘 사용>



<채널 셋 사용>

<채널 하나 전송량 = 100>  
<채널 둘 전송량 = 200>  
<채널 셋 전송량 = 300>

- 무선 단말과 AP간의 데이터 전송시 주파수의 종류(2.4/5/6)는 데이터 전송량의 차이가 없습니다.
- 하지만 동시에 여러개의 채널을 이용하여 전송 할 경우 전송량이 비례하여 증가 합니다.
- 따라서 많은 데이터의 전송을 위해 여러개의 채널을 하나로 묶어 전송하는 채널 본딩 기술을 사용합니다.

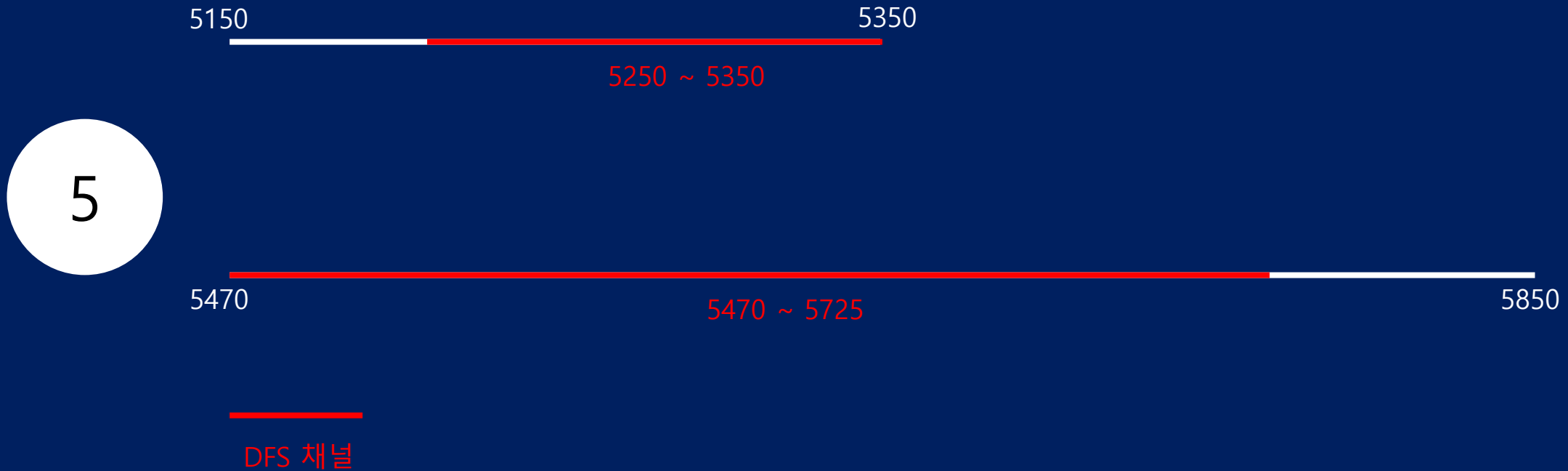


# 채널 본딩

주파수	2.4GHZ	5GHZ	6GHZ
총대역폭	72MHZ	580MHZ	1200MHZ
채널당 대역폭	22MHZ	20MHZ	20MHZ
비간섭 채널 (20MHZ)	3개	25개	59개
비간섭 채널 (40MHZ)	1개	12개	29개
비간섭 채널 (80MHZ)	-	6개	14개
비간섭 채널 (160MHZ)	-	2개	7개

- 2.4GHZ의 경우 20MHZ 사용시에도 채널이 부족 하므로, 채널 본딩은 사실상 불가능 합니다.
- 5GHZ의 경우 160MHZ 본딩을 사용 하는 경우 채널의 숫자가 부족합니다.
- 6GHZ의 경우 160MHZ 본딩을 사용 하더라도 7개의 채널을 제공 합니다.

# DFS - 5GHZ



- 5GHZ의 경우 전체 주파수 범위 중, 특정 영역의 경우 국가 시설이 사용우선권을 가지는 주파수를 공유 합니다.
- 이러한 주파수를 사용중인 AP가 국가 시설의 요청이 있을 경우 해당 주파수를 포기해야 합니다.
- 해당 주파수 대역을 DFS (Dynamic Frequency Selection) 대역이라 합니다.

# DFS - 5GHZ

주파수	5GHZ (DFS 채널 사용)	5GHZ (DFS 채널 미사용)
비간섭 채널 (20MHZ)	25개	10개
비간섭 채널 (40MHZ)	12개	4개
비간섭 채널 (80MHZ)	6개	2개
비간섭 채널 (160MHZ)	2개	-개

- 이런 DFS 채널의 안정성 이슈로 사용을 포기 한다면 5GHZ의 채널 본딩도 제약 사항이 추가 됩니다.

# AP 성능의 이해



C9164 AP  
최대 접속 속도 : 7.5Gbps



C9166 AP  
최대 접속 속도 : 7.9Gbps

## <AP 성능에 영향을 주는 값>

- 채널 본딩
- WIFI 세대
- 안테나 숫자 (Spatial Stream)
- 인코딩 & 모듈화 방식
- Guard Interval

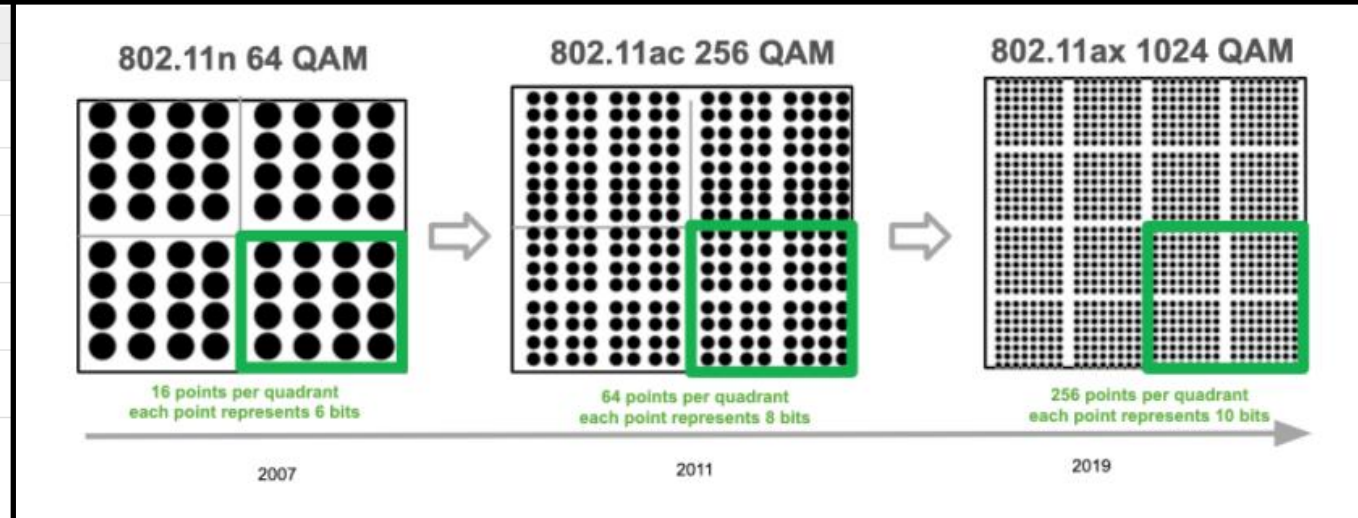
# WIFI 세대별 성능 차이

WIFI 세대	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
사용 주파수	2.4/5	5	2.4/5/6	2.4/5/6
최대 대역폭	40MHZ	160MHZ	160MHZ	320MHZ
Modulation	64QAM	256QAM	1024QAM	4096 QAM
채널 Arch	OFDM	OFDM	OFDMA	OFDMA. MRU
최고 성능	450Mbps	6.9Gbps	10Gbps 이상	40Gbps 이상

- 새로운 WIFI 기술이 출시 되며 두가지 측면에서의 성능 개선이 있습니다.
- 기존과 동일한 주파수를 사용하는 환경에서의 성능 개선 (Modulation, 채널 관리 기술)등의 발전
- 새로운 주파수의 도입을 통한 성능 개선 (6GHZ 등)
- 따라서 동일한 주파수를 사용 하는 환경에서도 최신 WIFI 기술을 사용하면 성능 개선 효과가 있습니다.

# WIFI 세대별 성능 차이

802.11b/g Encoding and Modulations (Cont.)		
Modulation with Subchannels	Encoding	Total Data Rate (Mbps)
QPSK	OFDM	12
QPSK	OFDM	18
16-QAM	OFDM	24
16-QAM	OFDM	36
64-QAM	OFDM	48
64-QAM	OFDM	54



- AP와 단말은 상호간에 사용 가능한 가장 좋은 Encoding과 Modulation 방식을 자동으로 선택하므로, 별도의 선택 혹은 지정이 필요 없습니다.

# WIFI 세대별 성능 차이

WIFI 세대	802.11n	802.11ac	802.11ax
최대 대역폭	40MHZ	160MHZ	160MHZ
최고 성능	150Mbps	866Mbps	1200Mbps

<WIFI 세대별 성능 비교>  
<안테나 한개 사용, 5GHZ 기준>

WIFI 세대	802.11n	802.11ac	802.11ax
최대 대역폭	20MHZ	미지원	20MHZ
최고 성능	150Mbps	미지원	286Mbps

<WIFI 세대별 성능 비교>  
<안테나 한개 사용, 2.4GHZ 기준>

# WIFI 성능 - 채널 본딩

WIFI 세대	802.11n	802.11ac	802.11ax
20MHZ	72.2Mbps	83Mbps	135Mbps
40MHZ	150Mbps	200Mbps	286Mbps
80MHZ	미지원	433Mbps	600Mbps
160MHZ	미지원	866Mbps	1200Mbps

<채널 본딩 별 성능 차이, 안테나 한개 기준, 5GHZ 기준>



# WIFI 성능 - 안테나

WIFI 세대	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
Spatial Streams 최대 지원	4	8	8	16
최대 전송 속도	600Mbps	6.9Gbps	9.6Gbps	40Gbps 이상

<세대별 Spatial streams 최대 지원>

- 다른 모든 조건이 동일 한 경우 AP와 단말간의 안테나의 수가 증가 하면 성능은 배로 증가 합니다.
- WIFI 세대별 최대 지원 가능 안테나의 개수가 다릅니다.
- 이때 여러개의 안테나를 이용하여 동시에 통신하는 기술을 Spatial streams라 합니다.

# WIFI 성능 - 안테나



C9164 AP  
최대 접속 속도 : 7.5Gbps

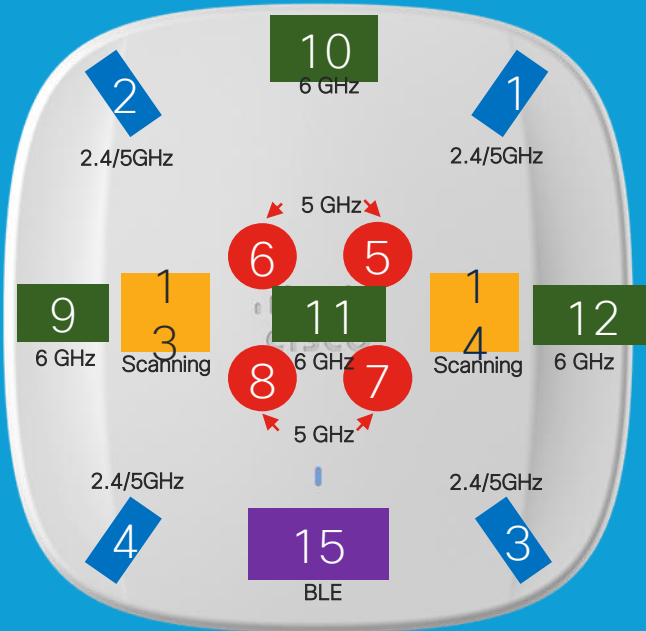
- 2.4GHZ x 2 Spatial Streams
- 5GHZ x 4 Spatial Streams
- 6GHZ x 4 Spatial Streams



C9166 AP  
최대 접속 속도 : 7.9Gbps

- 2.4GHZ x 4 Spatial Streams
- 5GHZ x 4 Spatial Streams
- 6GHZ x 4 Spatial Streams

# WIFI 성능 - 안테나



Antenna #	Frequency Combination		Antenna Type	Polarization
1 -4	Wi-Fi 2.4/5 GHz	2.4 ~2.5 GHz 5.15~5.85 GHz	PIFA	V-Pol
5-8	Wi-Fi 5 GHz	5.15~5.85 GHz	Dipole	H-Pol
9-12	Wi-Fi 6 GHz	5.93~7.12 GHz	PIFA	V-Pol
13-14	Scanning	2.4~2.5 GHz 5.15~7.12 GHz	PIFA	V-Pol
15	BLE	2.4~2.5 GHz	PIFA	V-Pol

PIFA – Planar Inverted “F” Antenna

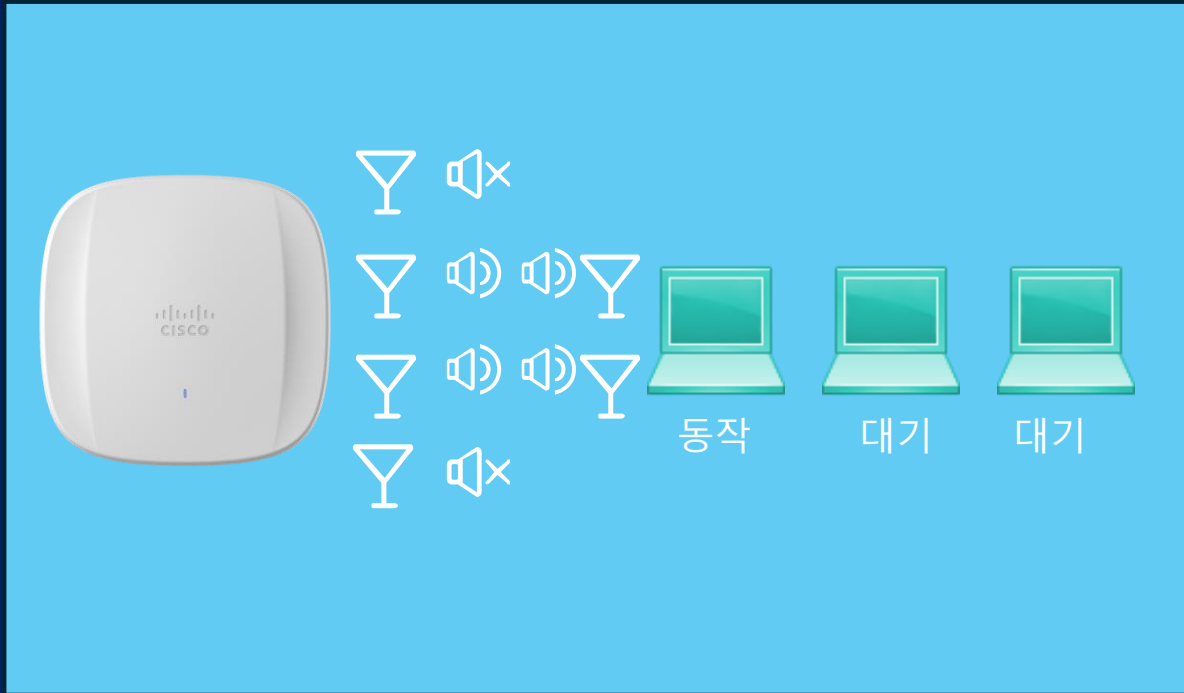
<Cisco 9166 AP 안테나 배치>

# WIFI 성능 - 단말 안테나

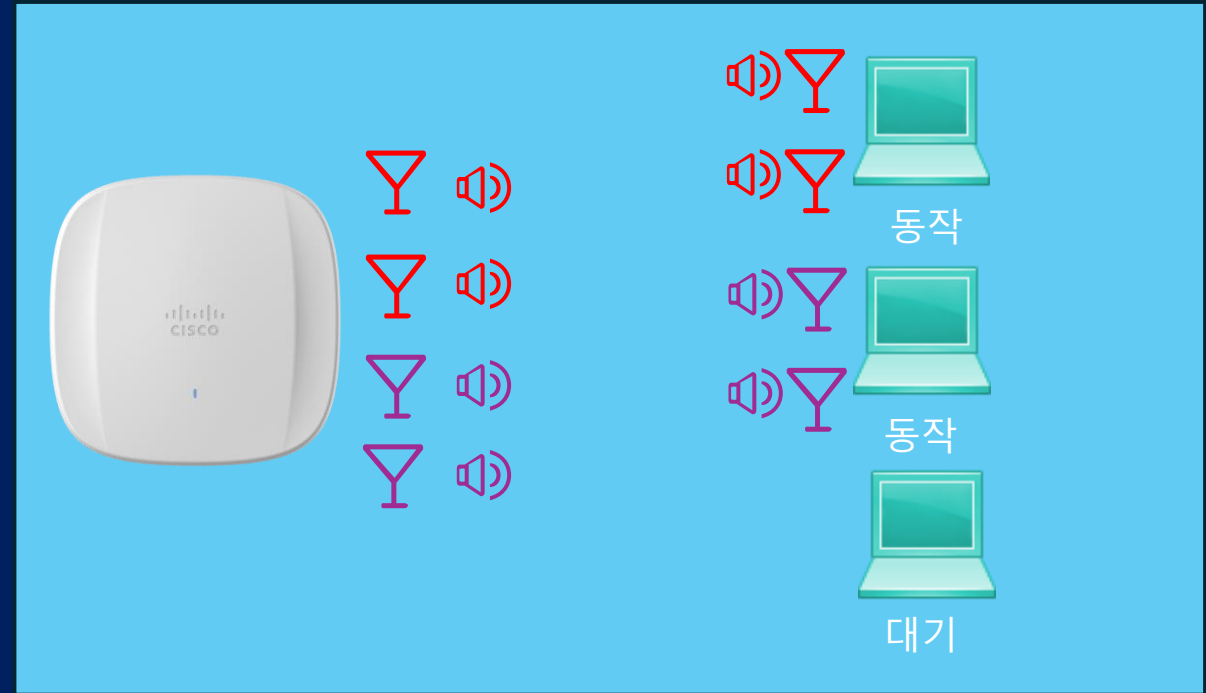
단말 종류	지원 주파수	안테나 수	최대 대역폭	MIMO
Galaxy 24	2.4/5/6GHZ	2	160MHZ	지원
iPhone 15 pro	2.4/5/6GHZ	2	160/80MHZ	지원
iPhone 15	2.4/5GHZ	2	80MHZ	지원
Lenovo X1	2.4/5/6GHZ	2	160/80MHZ	지원
MacBook Pro (2023)	2.4/5/6GHZ	2	160/80MHZ	지원

- AP의 경우 다수의 안테나를 사용 하며, PoE를 통해 안정적인 전원을 지속적으로 공급 받습니다.
- 무선 단말의 경우 대부분 2개의 안테나를 사용 하며, 자체 배터리를 소모하는 경우를 대비하여 더 많은 안테나를 지원 하지 않습니다.
- AP와 단말의 여러 안테나를 통해 데이터를 동시에 주고 받는 기술을 MIMO(Multi in Multi out) 이라 합니다.

# MIMO - SU/MU



<Single User MIMO>



<Multi User MIMO>

- AP와 단말의 안테나수의 불균형으로 인한 AP의 안테나의 낭비를 방지 하기 위해 동시에 여러 단말과 데이터를 주고 받는 MU-MIMO 기술을 AP에서 제공 합니다.

# AP 성능의 이해



C9164 AP  
최대 접속 속도 : 7.5Gbps



C9166 AP  
최대 접속 속도 : 7.9Gbps

## <AP 성능에 영향을 주는 값>

- 채널 본딩 (중요)
- WIFI 세대 (중요)
- 안테나 숫자 (Spatial Stream) (중요)
- 인코딩 & 모듈화 방식
- Guard Interval

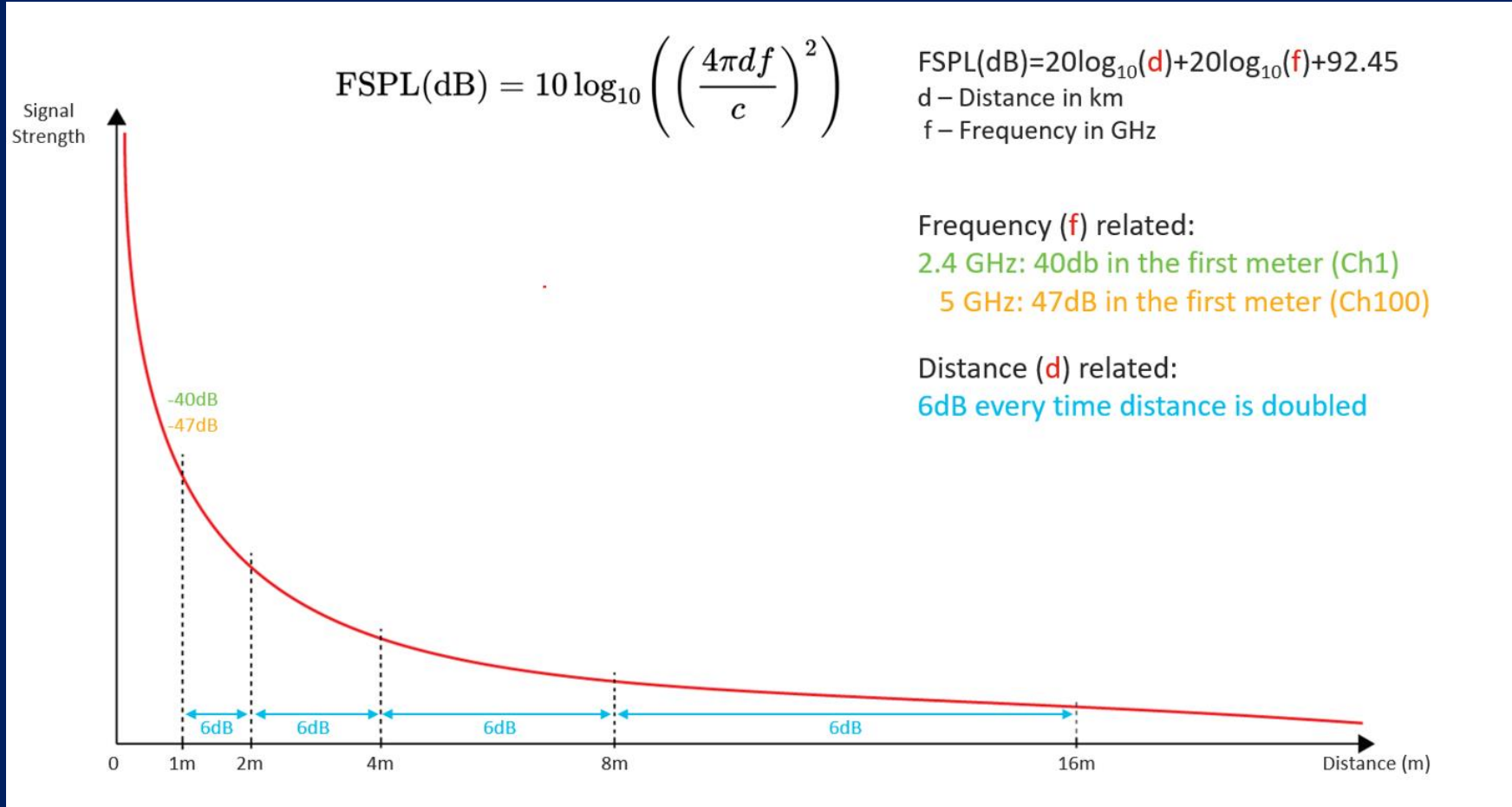
# 무선 신호 품질



- RSSI : 무선 단말간의 신호 세기
- Noise : 주변의 무선 잡음
- SNR :  $\text{RSSI} - \text{Noise}$  값, 무선 신호 품질 값

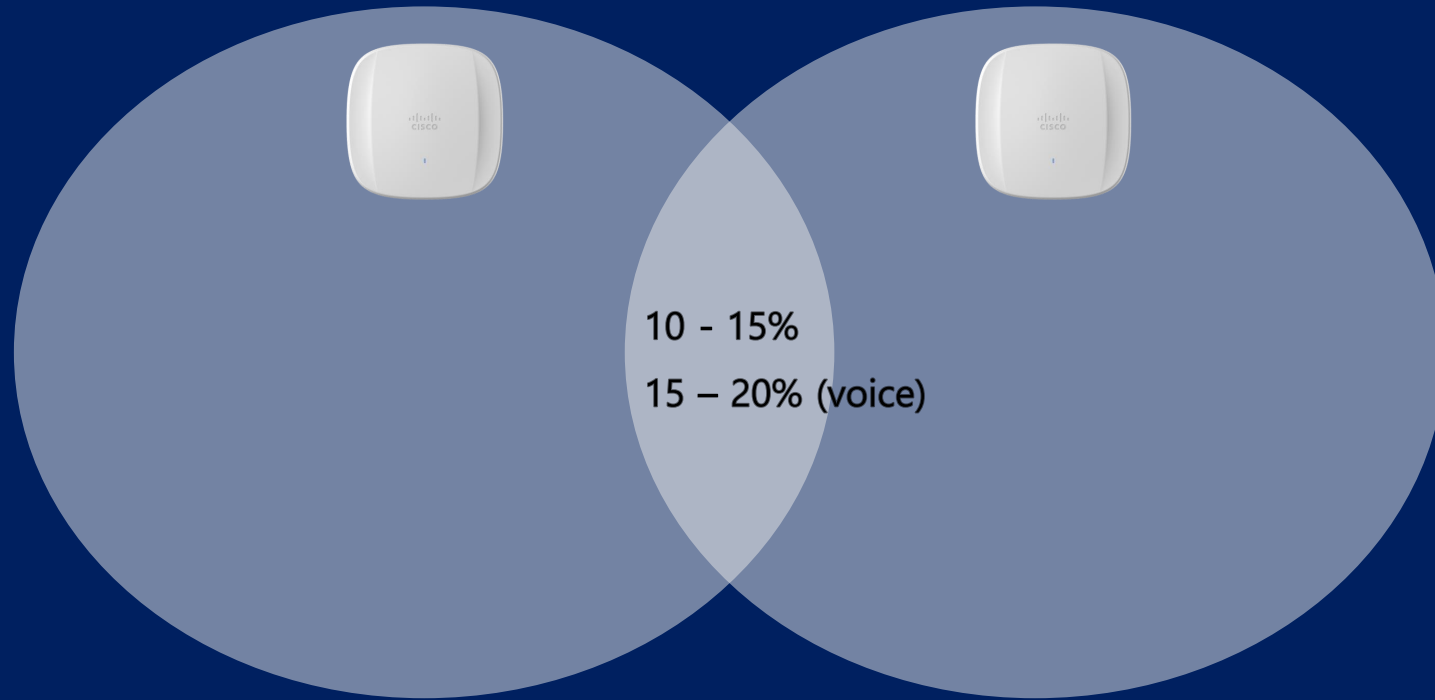
- 무선 환경에서는 AP와 단말의 상호간의 신호세기 (RSSI), 주변 잡음 (Noise), 신호세기와 잡음을 계산한 신호 품질 (SNR) 3가지 값을 분석 합니다.
- SNR 기준 25dB 이상, RSSI 기준 -67dBm 이상의 값이 WIFI 서비스 지역 전체에 구현 되는것을 권장 하며, SNR 30dB이상의 값을 가질 경우 매우 좋은 WIFI 신호 상태로 이해 합니다.

# 거리에 따른 신호 세기의 변화



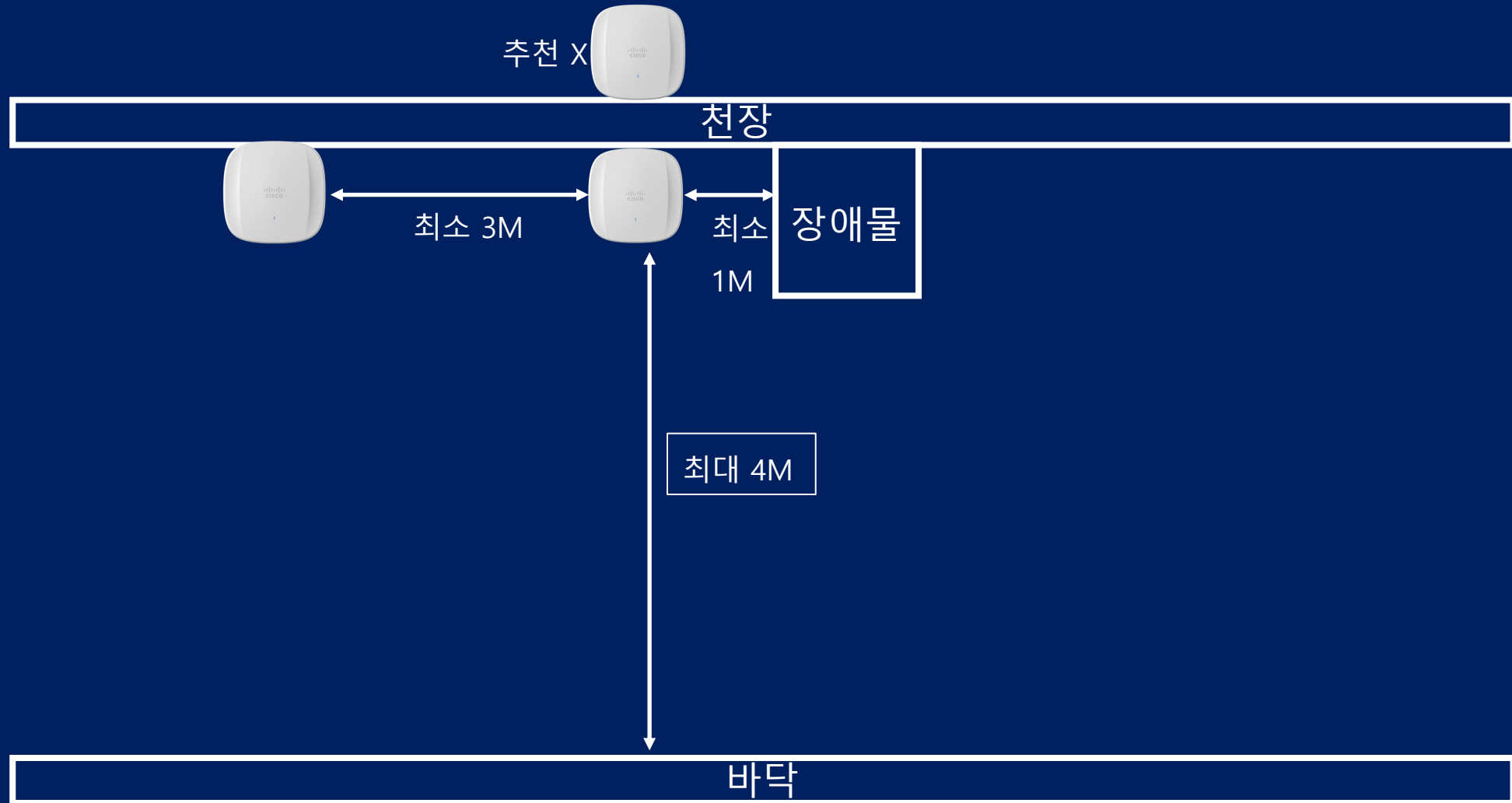


# AP 설치 간격



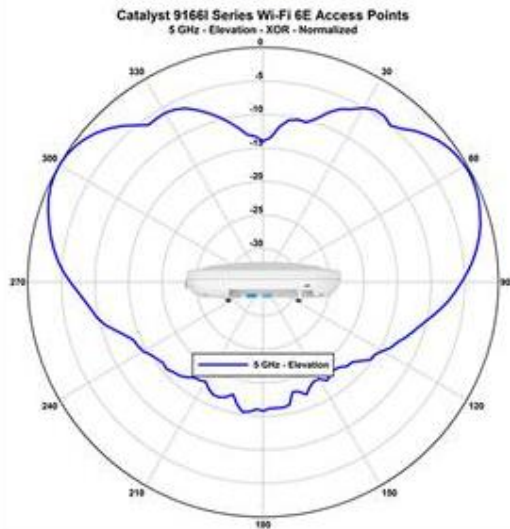
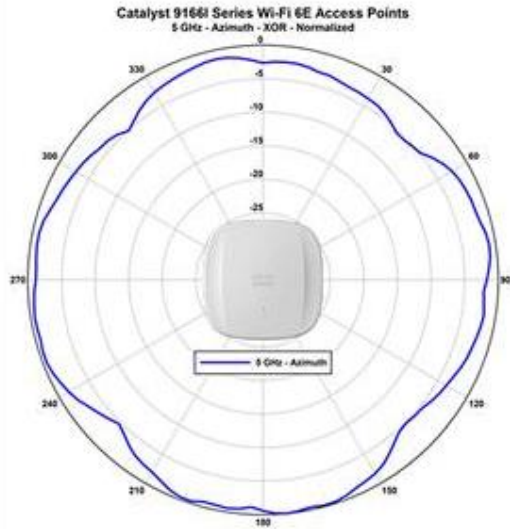
- 10-15% overlap 되는 것을 권장. (Voice의 원활한 로밍)
- Client 에서 AP의 신호가 -67dBm이 되는 거리 x 1.4 간격으로 AP 설치 -> 15-20% overlap
- AP간 간격은 대략 10M 내외.

# AP 설치 위치

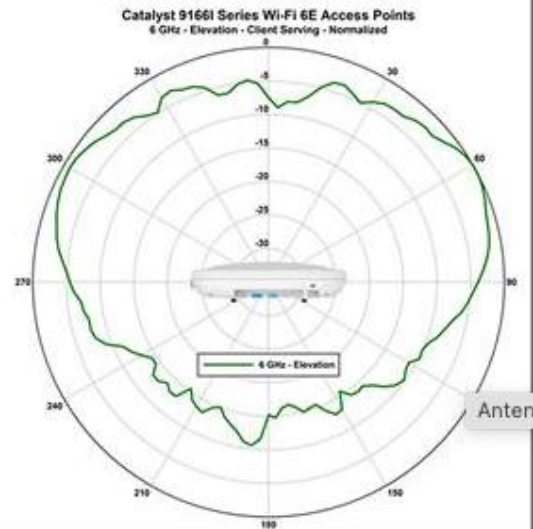
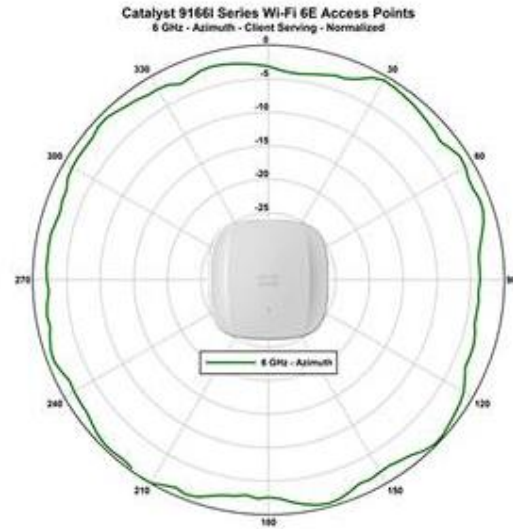


# AP 신호 방사 패턴 (일반 AP)

Catalyst 9166 (XOR) 5-GHz client serving radio

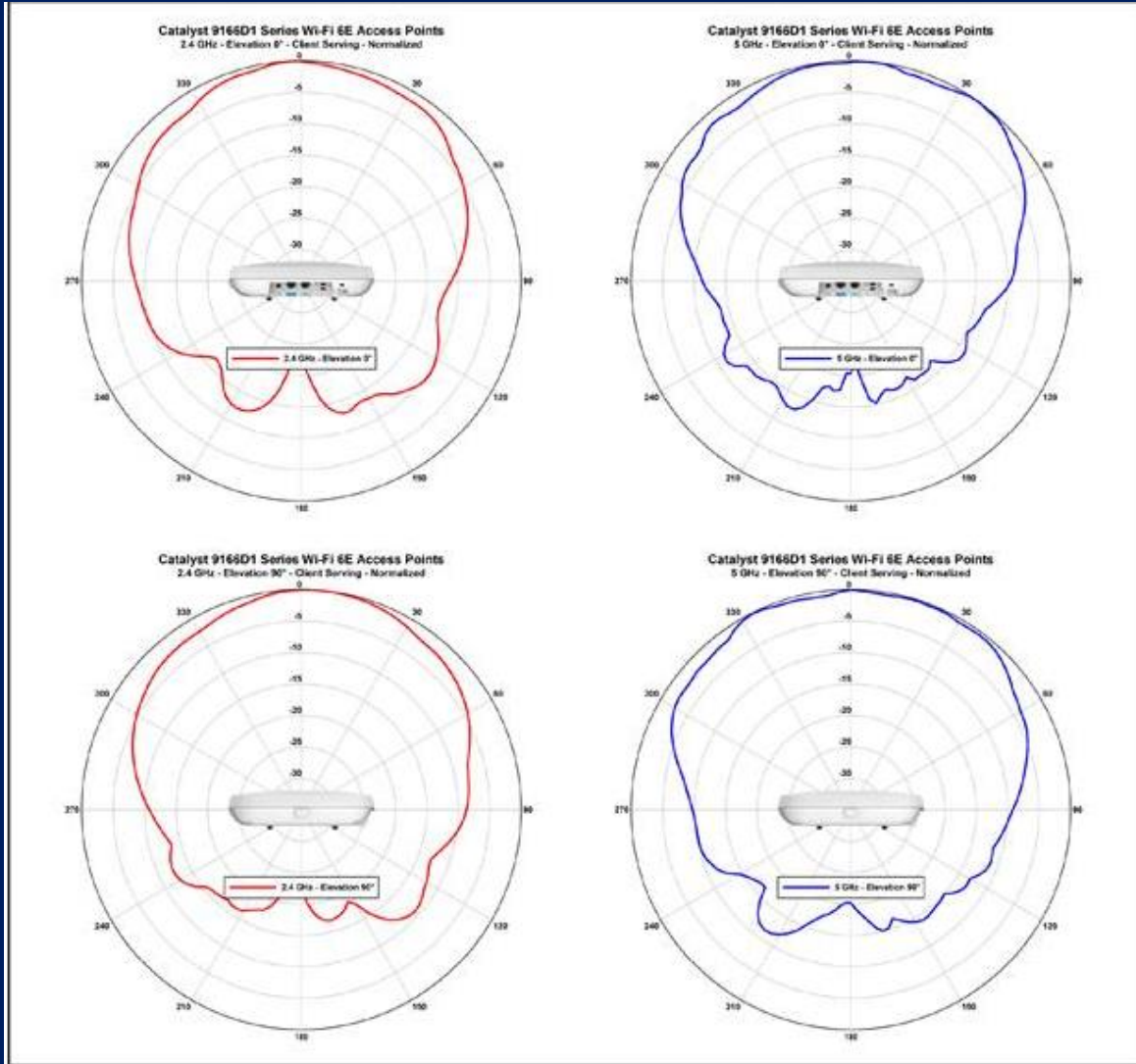


Catalyst 9166 6-GHz client serving radio



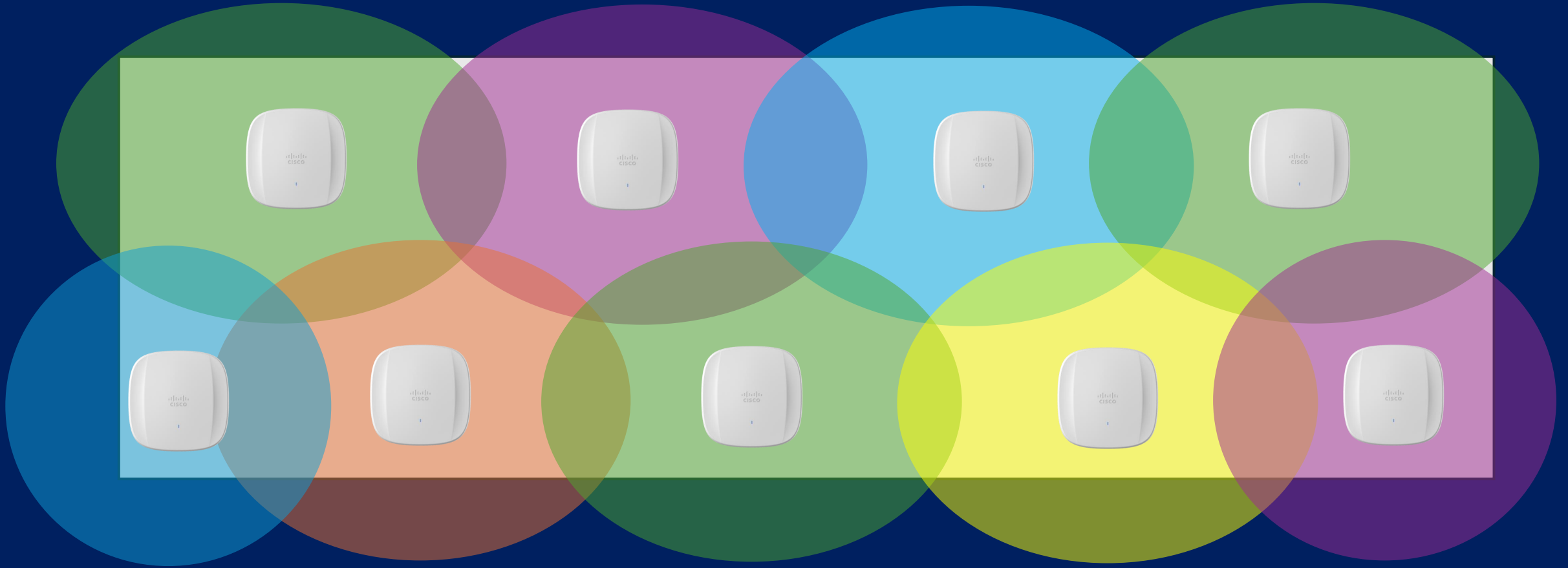
- 일반적으로 많이 사용 되는 실내형 AP의 경우 원형으로 신호를 방사 하며, AP 후면으로는 적은양의 신호를 방사 합니다.
- AP의 설계된 신호 방사 패턴에 따라 AP를 천장에 설치하는 것을 권장.
- 벽에 수직으로 설치하는 경우 방사 패턴에 따라 단말의 신호 전달 혼선 가능성이 있습니다.

# AP 신호 방사 패턴 (지향성 AP)



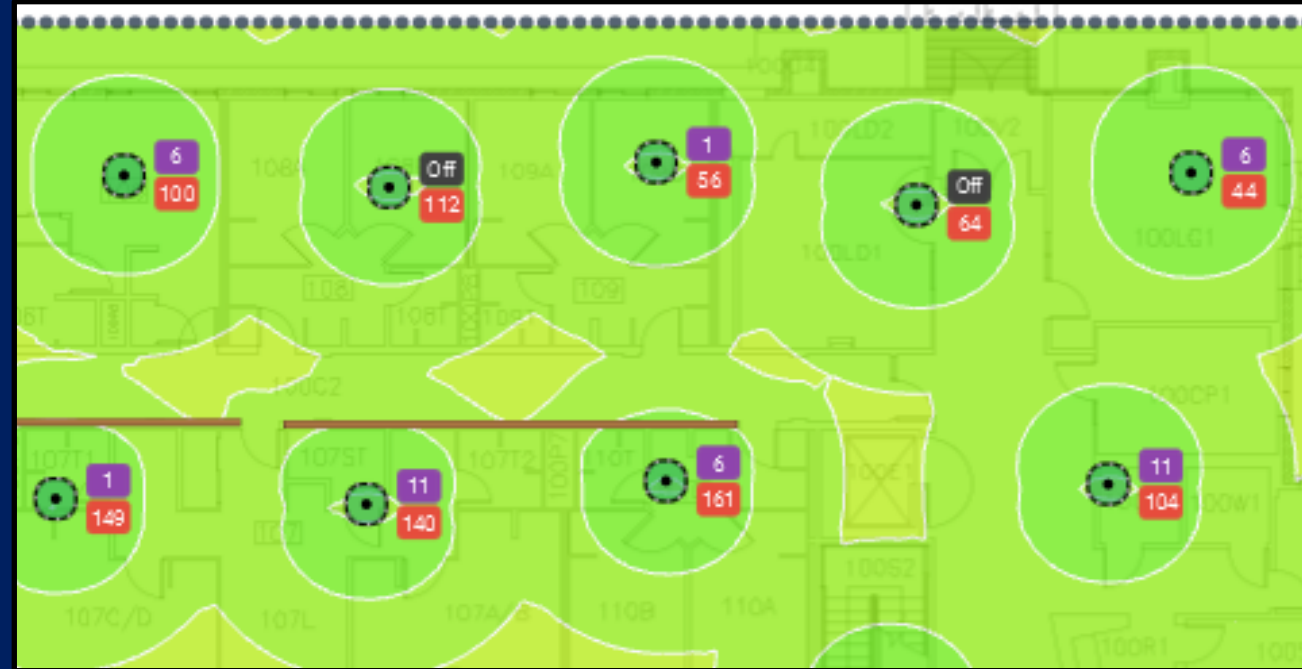
- 특정 방향의 서비스를 위해 설계된 지향성 AP는 원형의 방사 패턴이 아닌 특정 방향으로 신호를 집중하여 방사 합니다.
- 좁은 통로 혹은 높은 구조물에 설치 됩니다.

# 무선 설계



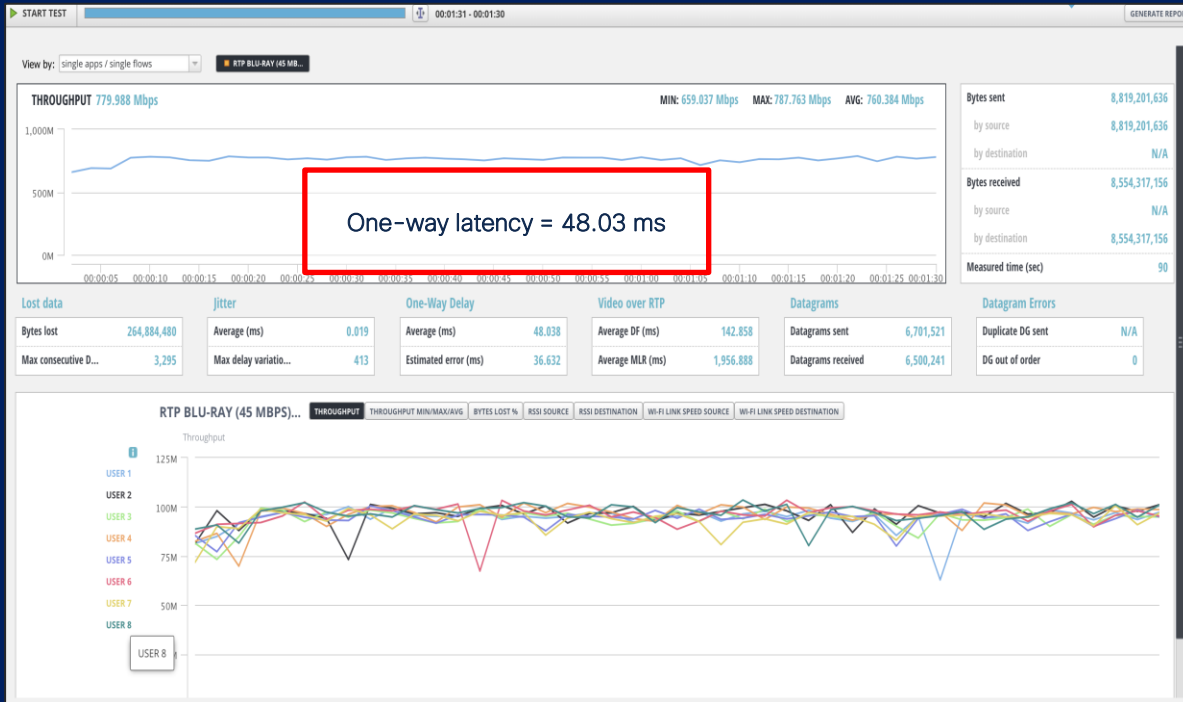
- 무선랜 설계식 적절한 채널과 대역폭을 선택 하여 서로간의 간섭이 없고
- RSSI/SNR의 기준치를 만족하며
- AP 서비스의 음영 지역이 없도록 설계 하여야 합니다.

# 무선 설계

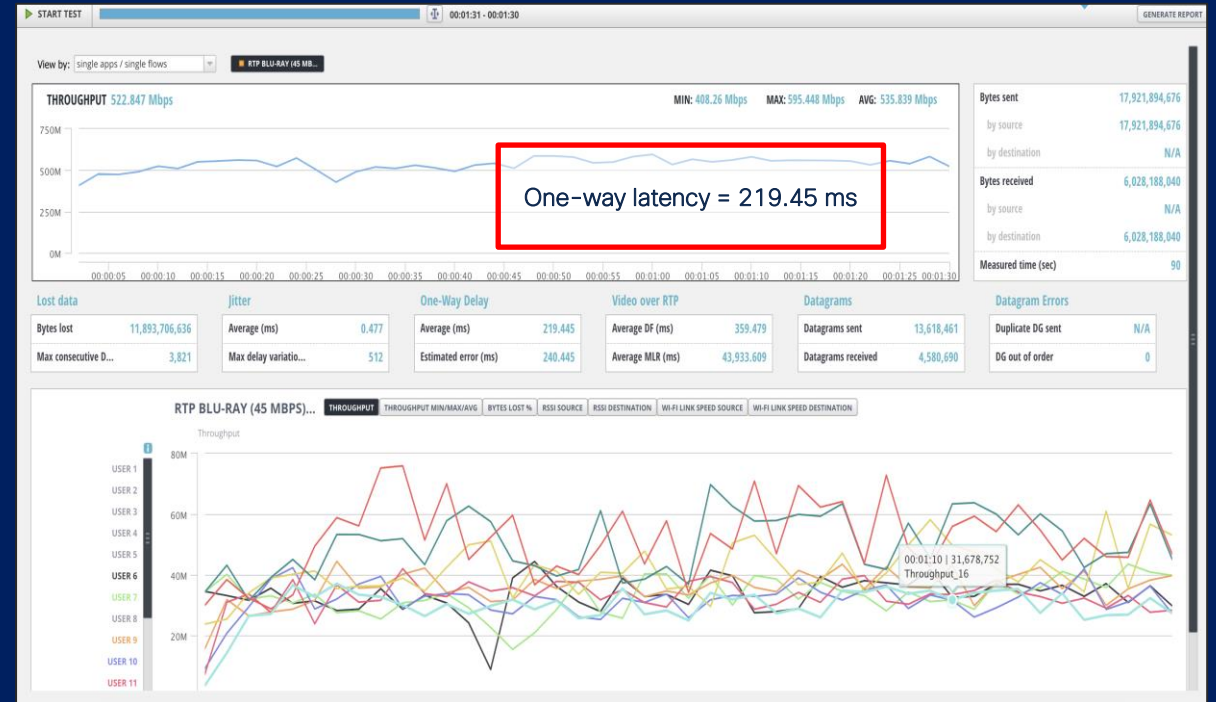


- 무선 설계 및 구축 후 점검시 Site survey 툴을 활용 하는것을 권장 합니다..

# 간섭의 영향



<간섭이 없는 경우>

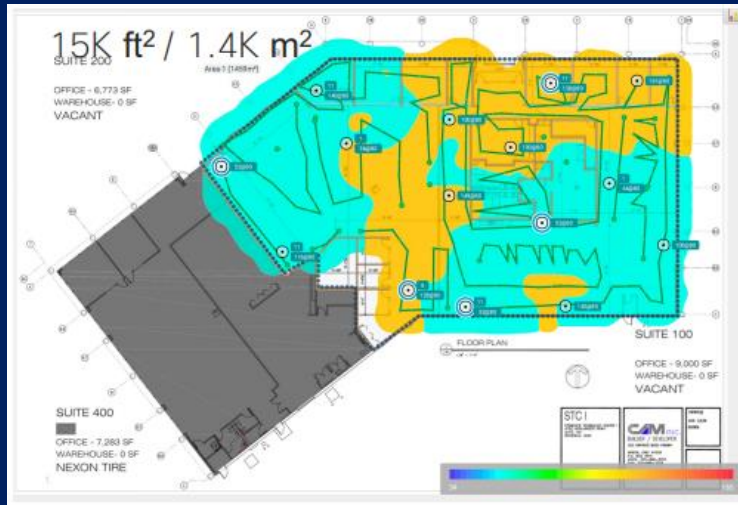


<동일 채널 간섭 발생 하는 경우>

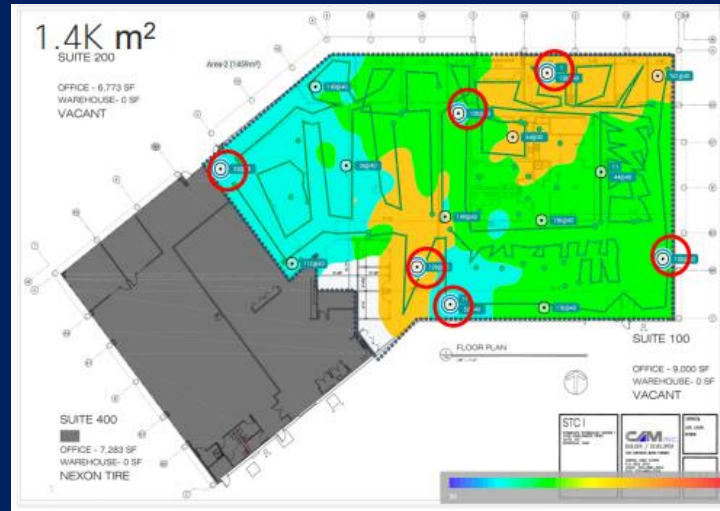
- 과도한 AP의 설치로 동일 채널 간섭이 발생 하는 경우 한대의 AP를 이용 하는것 보다 낮은 성능이 제공 됩니다.
- 따라서 적절한 수의 AP의 설치와 주파수 선택, 채널 폭의 선택이 무선 성능에 큰 영향을 미칩니다.



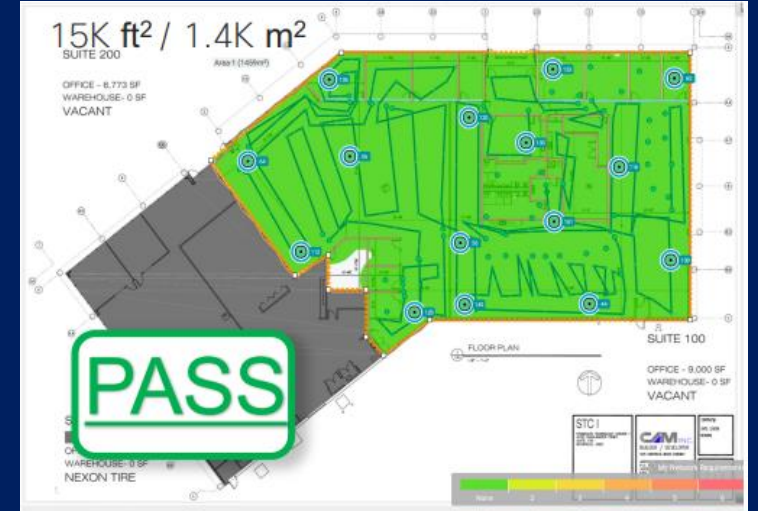
# 간섭의 영향



11M / 80 MHz



11M / 40 MHz



11M / 20 MHz

- 경우에 따라서는 적은 수의 AP, 낮은 채널 분당이 더 좋은 무선 성능을 제공해 줄 수 있습니다.



