

Week 10.

Wireless Network Principles

차례

- Wireless Network
- 802.11 Wireless LAN (Wi-Fi)
- CSMA/CA
- Li-Fi
- Bluetooth Classic
- B5 (Bluetooth 5)

Wireless Network

- WiFi, Zwave, Bluetooth, Zigbee 등등...
- Wireless와 Mobility는 그 의미가 다르다. Wireless는 그냥 무선링크를 사용하는 모든 연결이 wireless인거고, mobility는 자리를 이동하더라도 계속 끊김없이 접속이 가능한 것.
- 즉 WiFi는 wireless 네트워크지 mobility를 제공하는 네트워크는 아니다.
- Wireless Network 구성요소
 - 호스트(Hosts) : 랩탑, 스마트폰, 태블릿PC 등 무선 통신기술이 적용되어 있는 디바이스 들
 - Base station : 호스트의 한 종류. 일반적인 호스트라기보다 네트워크 구조나 인터넷 등 망(net)에 접속하는 지점. 유선망과 무선망 사이의 패킷을 서로 relay 해준다. (기지국 등)
 - Link : wireless호스트와 베이스 스테이션을 이어주는 기능. Wireless hosts와 베이스 스테이션 간의 통신만 무선 link고, 그 외에 기지국 ~ 무선전화망 ~ 인터넷망 이런건 다 유선 link다.
- Backbone Link : 베이스 스테이션과 백엔드에 있는 망(인터넷 망 등)을 연결하는 링크. 와이맥스, 와이브로 는 backbone망도 무선으로 만들어두었음.

Wireless Network

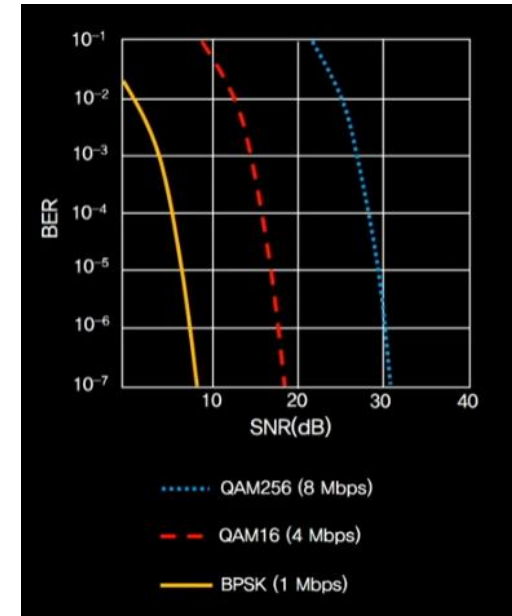
- 네트워크 topology

- Infrastructure mode : 기반이 갖춰진 모드. 베이스 스테이션 ~ 유선망 or 전화망 연결해주는 기반 구조가 갖춰져 있음. 즉, 베이스 스테이션을 통해서 망에 연결하는 구조
 - ◆ 베이스 스테이션 ~ wireless 호스트 사이에 1hop single hop 커뮤니케이션만이 무선으로 되어있음.
 - ◆ handoff, handover : 하나의 호스트가 접속해 있던 베이스 스테이션을 다른 데로 이동하더라도 사용자의 개입 없이 자동으로 연결이 계속 유지되는 기술
 - ◆ 대표적인 서비스로는 WiFi, 셀룰러 망, 와이맥스, 와이브로 등이 있다.
- Ad-Hoc Mode : 특별한 모양 없이 호스트들 사이에 임의로 자기들끼리 연결하는 네트워크. 노드들이 스스로 네트워크를 구성하기 때문에 multi-hop 커뮤니케이션도 가능하다.
 - ◆ Ad-hoc 모드로 동작하는 프로토콜은 와이파이 다이렉트, 블루투스 등이있다.

Wireless Network

- 무선 링크의 특성

- 유선 링크에 비해서 무선 전파는 신호 세기가 급격히 감소함. (path loss)
- 간섭이 심하게 일어날 수 있음.
- 다중 경로 전파 (multipath propagation) : 신호를 쏘게 되면 사방으로 퍼져나감. 그러므로 여러 경로를 통해 전파가 일어날 수 있음.
- SNR (Signal-to-Noise Ratio) 신호 대 잡음 비 : 신호가 세더라도 비율로 봤을 때 노이즈보다 크게 강하지 않으면 신호를 제대로 수신하기 힘들. SNR이 클수록 잡음사이에서 신호를 뽑아내기가 쉬워짐.
- SNR vs BER(Bit-Error Rate) trade off : BER은 통신 시에 에러가 얼마나 많이 발생하는지? 이다.
- SNR을 높게 하려면 신호 세기를 강하게 해서 BER도 낮추고 하면 참 좋겠지만 SNR값이 보통은 주어진다. (한정되어있다.)
그럴 때는 다소 느린 시스템을 채택해서라도 BER을 요구 사항에 맞춰야 한다.

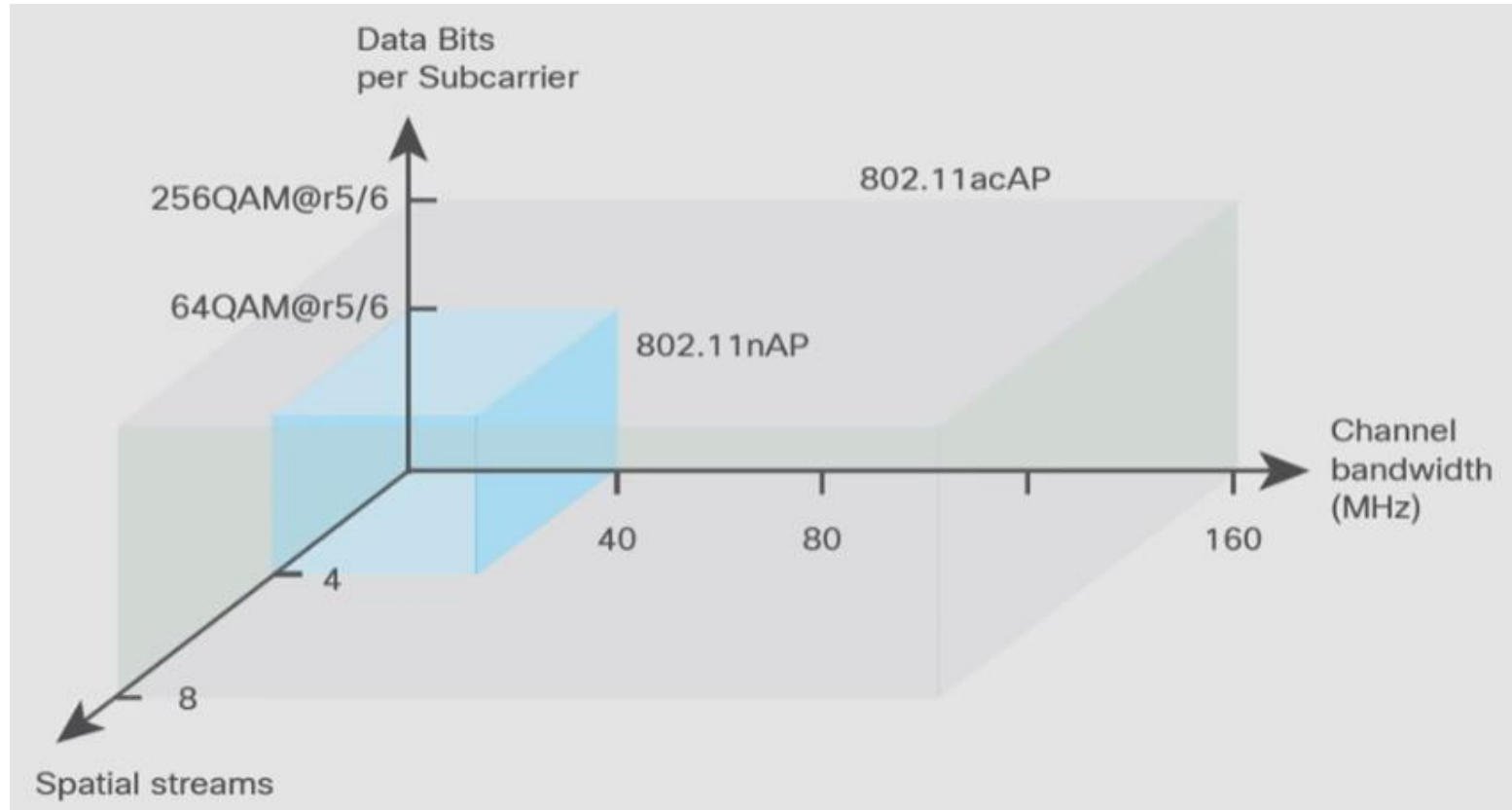


802.11 Wireless LAN (Wi-Fi)

- IEEE 802.11 Family
 - 802.11b (1999)
 - ◆ 2.4GHz, up to 11Mbps
 - 802.11a (1999)
 - ◆ 5GHz, up to 54Mbps
 - 802.11g (2003)
 - ◆ 2.4GHz, up to 54Mbps
 - 802.11n (2009)
 - ◆ 2.4 of 5 GHz, up to 450 Mbps (SU-MIMO)
 - 802.11ac (2014, 2016)
 - ◆ 5GHz, up to 866.7 Mbps(SU-MIMO / 2014), 1.73Gbps(MU-MIMO / 2016)
- 위에 나온 표준들 모두 베이스 스테이션, ad-hoc 네트워크 버전을 갖는다.
- 모두 MAC프로토콜로서 CSMA/CA라는 것을 사용하게 된다.

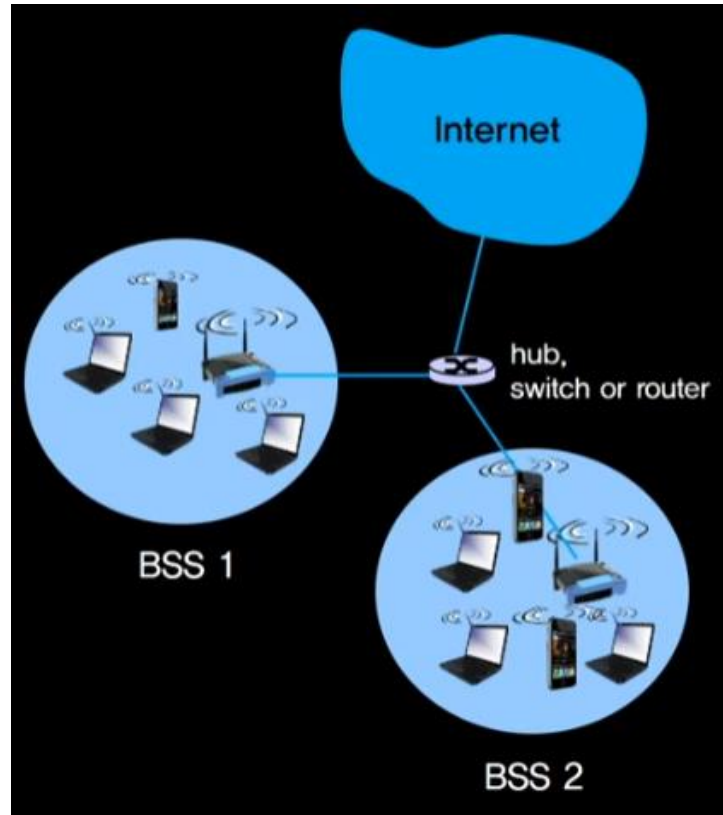
802.11 Wireless LAN (Wi-Fi)

- SU - MIMO? MU - MIMO?
 - SU 는 Single User, MU는 Multi User
 - SU는 AP에 달려 있는 안테나를 특정 시간에 유저 한 명한테만 서비스하는 것. 한 순간에 한 명
 - MU는 동시에 여러 사용자와, 여러 개의 안테나를 공유해서 쓸 수 있는 것.



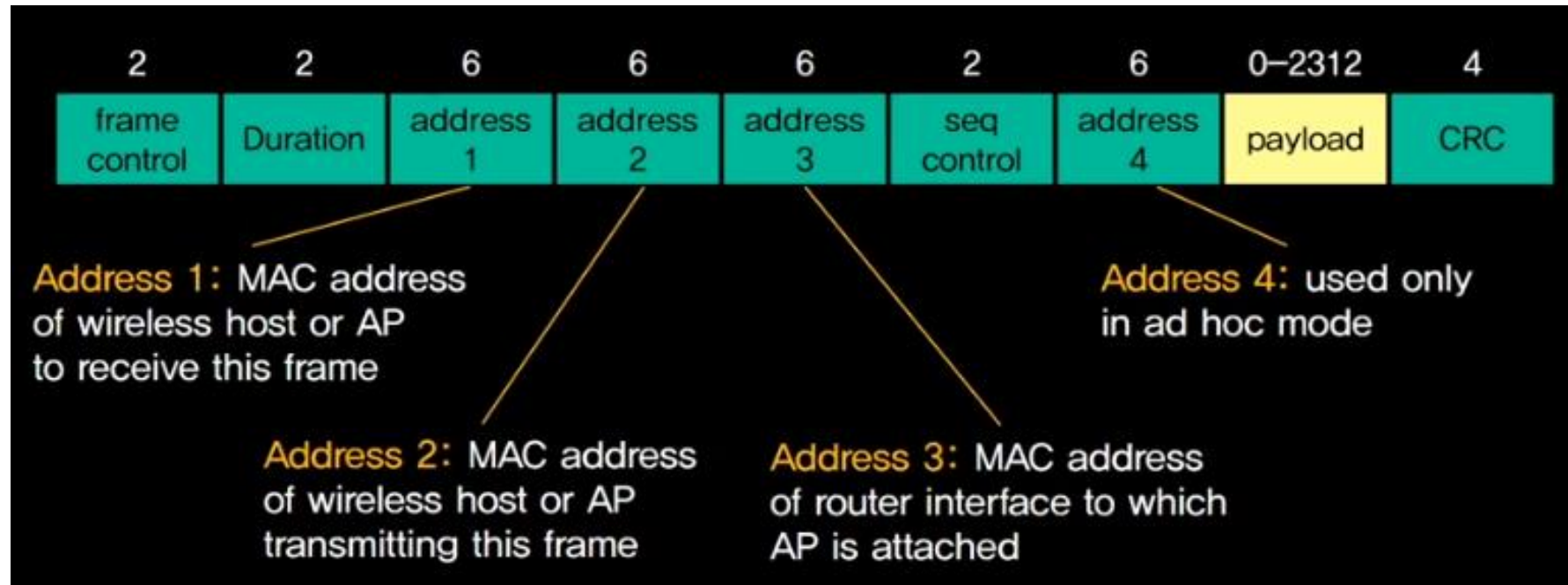
802.11 Wireless LAN (Wi-Fi)

- 802.11 LAN 구조
 - 대표적인 것이 Infrastructure 모드. 공유기를 통해 호스트를 스위치에 모은다.
 - 인터넷 to AP, AP to 인터넷 으로 데이터를 넘겨주는 역할을 허브 스위치가 한다.
 - 하나의 액세스 포인트가 커버하는 영역을 BSS (Basic Service Set)이라고 부른다.
 - 베이스스테이션 == AP



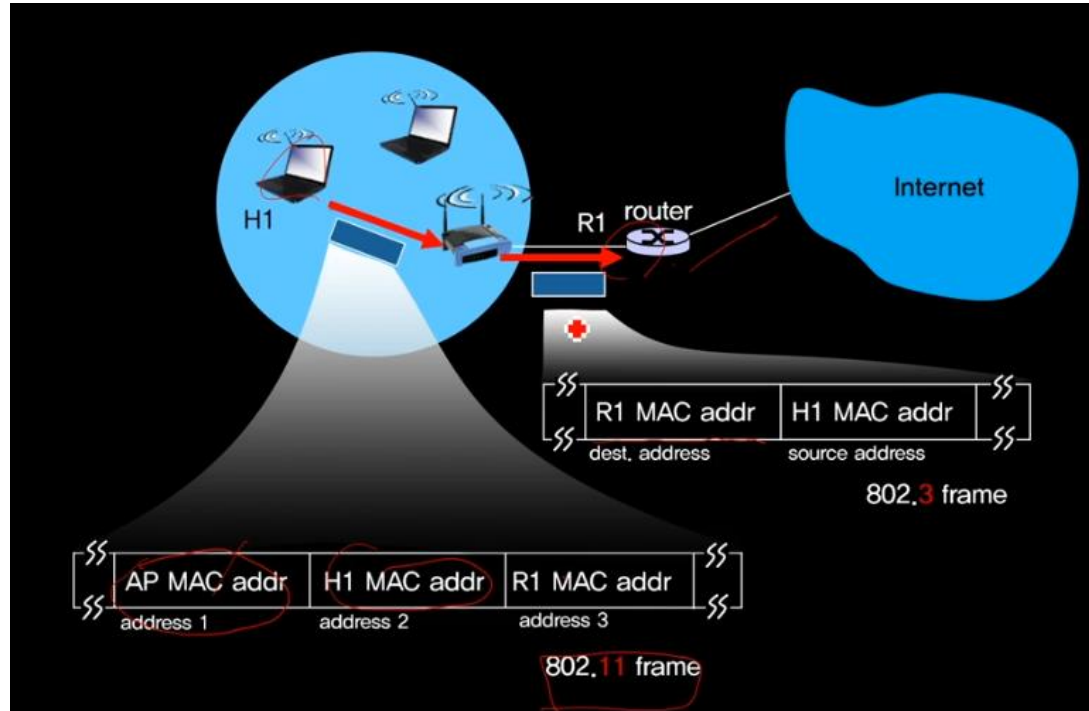
802.11 Wireless LAN (Wi-Fi)

- AP 접속 순서
 - 처음에는 각각의 AP들이 beacon메시지를 통해 자신의 존재를 알림.
 - 호스트가 beacon메시지 안에 있는 AP의 이름(SSID)을 스캔함.
 - 하나를 선택해서 Association request 메시지를 보냄
 - AP가 Association response를 보냄. 이후 AP를 통해 DHCP기술을 이용해서 IP주소를 얻음.
- Frame의 형태



802.11 Wireless LAN (Wi-Fi)

- 동작하는 과정



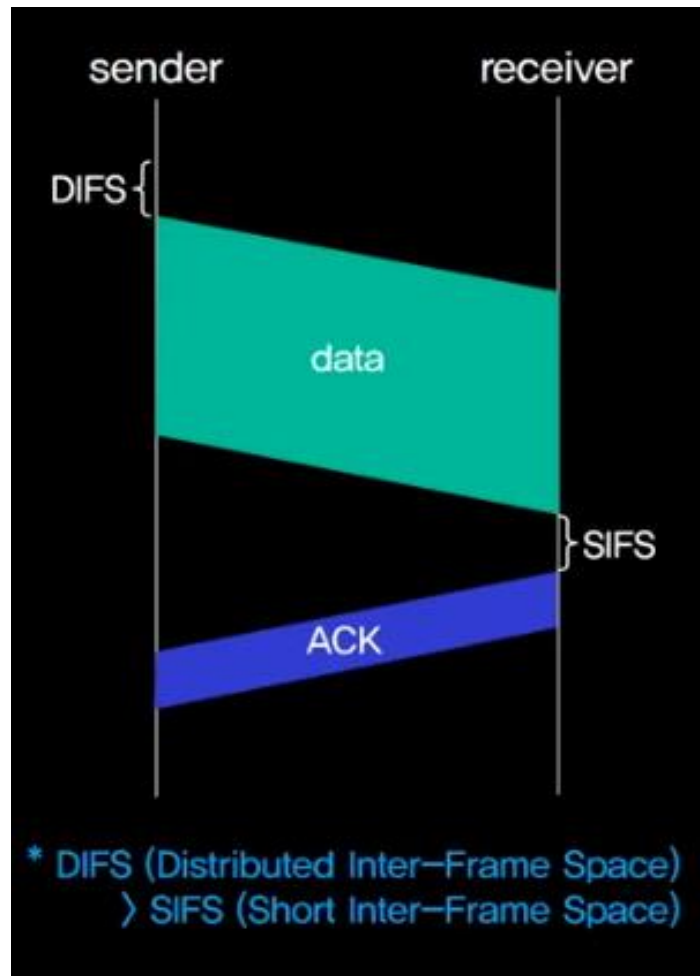
- Rate Adaptation

- SNR 값이 내려가면 BER이 올라가는데 그렇게 전송할 바에야 전송 속도를 낮추겠다.
→ 모듈레이션 기법을 바꿔서 통신 속도를 낮추면서 통신 성공률을 높이는 기술.

CSMA/CA

- CSMA 는 전송하기 전에 sensing을 해보는 특성과 충돌이 일어나면 다시 재전송을 해서 통신을 완료하는 특성이 있음.
- 그런데 sending노드가 다른 노드의 통신을 들을 수 없는 상황이라면? Collision이 발생하는 걸 감지할 수 없는 경우라면?
- 이런 문제가 무선에서 발생한다. 이를 Hidden terminal problem이라고 한다. 이럴 때는 CSMA, CSMA/CD 기술을 사용할 수 없다.
- CSMA/CA
 - 그래서 무선에서 사용하기 위해 CSMA/CA기술이 설계됨.
 - 이를 기반으로 하는 802.11 표준 기술을 DCF(Distributed Coordination Function)이라고 부른다.
 - CA는 Collision Avoidance의 준말이다.
 - CSMA, CSMA/CD는 보내기 전에 감지해보고 없으면 바로 보내는 방식이었으나, CSMA/CA는 DIFS라는 시간 단위 동안 지속적으로 살펴봐서 전송하는 노드가 없으면 그 때 보냄.
 - 다른 전송하는 노드가 감지가 되면 backoff time을 시작. 누군가가 전송을 하면 timer가 멈추고, 아무도 보내지 않으면 timer가 감소한다. 이 timer가 0에 다다르면 전송을 시작한다.

CSMA/CA



- DIFS 가 SIFS보다 훨씬 크게 설정되어있다. DIFS만큼 감지하는 동안에 ACK 메시지를 알아차릴 수 있도록.
- 그런데 이것이 hidden terminal problem을 해소해주진 못한다.
- 그래서 CSMA/CA에서 'reserve' 옵션을 추가했다. 채널을 예약할 수 있게 한 것.

CSMA/CA

- 채널 예약방식 예시

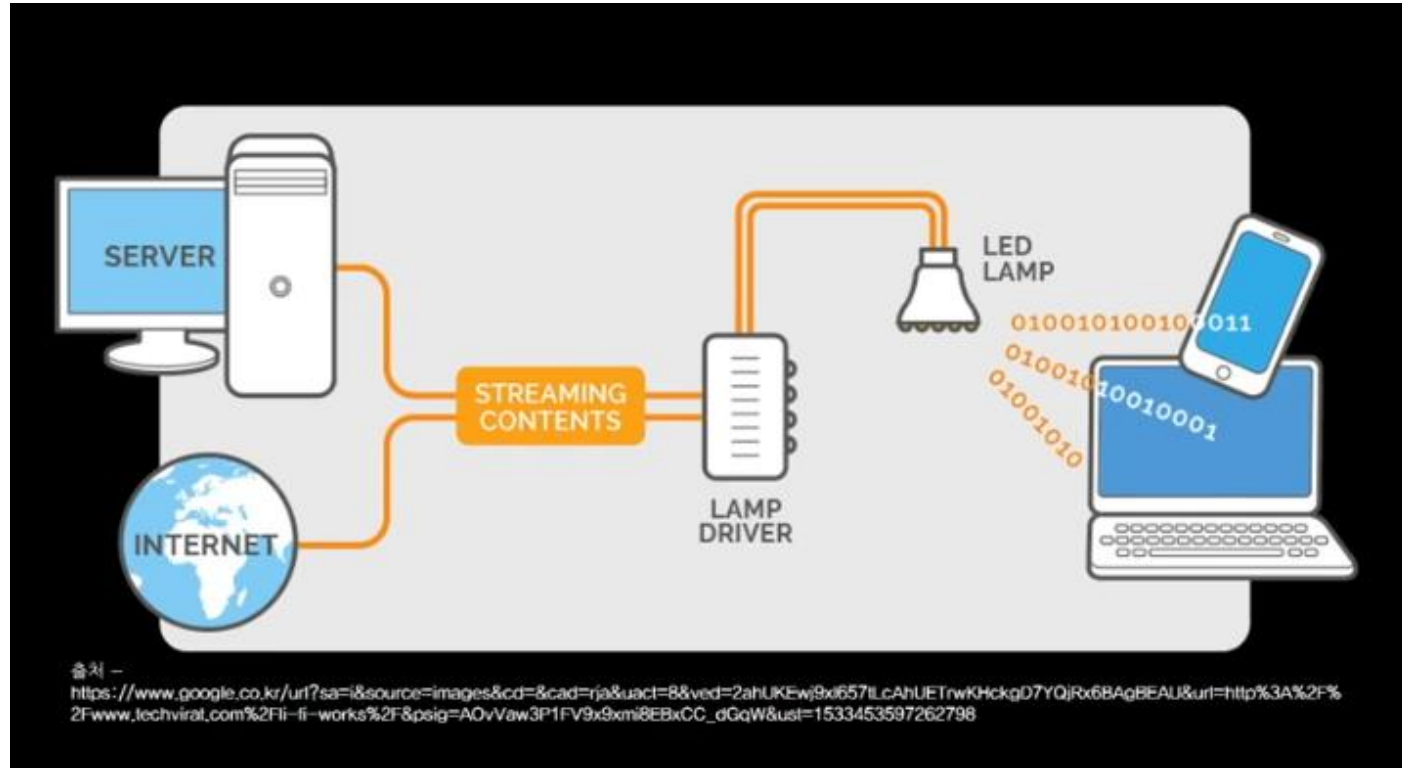


RTS (Request-to-Send)

CTS (Clear-to-Send)

Li-Fi

- 동작원리



- 말단 호스트에 Photo-detector가 설치되어 있어야 함. 업로드할 때는 적외선 트랜스미터 같은 게 필요
- LED 램프가 와이파이의 AP역할을 한다.
- 램프 드라이버가 '전기신호로 표현된 데이터를 어떻게 표현할지' 또는 들어온 데이터를 전기신호로 바꾸어서 인터넷에 접속하는 그런 역할을 맡음.

Li-Fi

- Li-Fi modulation

- OOK (On-Off keying) : 보내려는 데이터가 1이면 켜고, 0이면 끈다.
- VPPM (Variable Pulse Position Modulation) : 타임슬롯이 정해져 있음. 보내려는 데이터가 0이면 해당 타임슬롯의 0~1/2 까지 켜지고, 데이터가 1이면 1/2~1 까지 켜진다.
- CSK (Color Shift Keying) : RGB 색이 섞이는 정도에 따라서 000부터 111까지 표현할 수 있다.

이론적으로는 Li-Fi가 Wi-Fi의 100배 속도를 갖고 있으며, 빛으로 전달되기 때문에 Wi-Fi보다 좀 더 안전하다. 도청이 어렵기 때문

벽을 통과 못하기 때문에 전송거리는 짧으나, 반대로 도청이 안된다는 증거이므로 security가 높다.

Bluetooth Classic

802.15 표준 (Wireless Personal Area Network) 의 대표적인게 블루투스. 스웨덴 회사 Ericsson에서 처음 만들어서 발표를 했고, ad-hoc모드로 동작하는 형태. 데이터 통신 방식은 master/slave 방식으로 함.

- 블루투스의 단점

- 배터리가 빨리 닳음 : slave들이 master와의 커넥션을 관찰하고 있어야 하기 때문
- Master 포함 8개까지 밖에 네트워크를 구성할 수 없다. : 블루투스 프레임에 address필드가 3비트 이기 때문

그래서 제안된 Bluetooth 4.0 (BLE)

- Bluetooth 4.0

- 정식명칭은 블루투스 스마트 BLE는 Bluetooth Low Energy 임.
- 기존의 블루투스 클래식과 호환이 되지 않음. → 그래서 블루투스 스마트 레디 라는 것을 내놓음.
- 블루투스 스마트 레디는 클래식 블루투스와 블루투스4.0 사이에서 번역을 해주는 장치.
- (다음 장에 계속)

Bluetooth Classic

- Master/slave 방식이 아니라 각각의 slave와 각각의 master가 별도의 채널로 연결되어있음.
- 배터리를 절약하기 위해 보낼 데이터가 있을 때만 slave 측에서 advertising을 실시하도록 함.
- 블루투스 클래식은 2.4GHz 대의 한 80MHz되는 영역을 1MHz씩 80개로 나누어서 썼는데 BLE는 2MHz씩 40개로 나누어서 대역 폭을 넓혔고, 40개 채널 중 3개는 advertising 채널로 두었음.

Tech. Specification	Classic	Bluetooth Smart
Application throughput	0.7~2.1 Mbps	0.27 Mbps
Active slaves	7	Not defined
Latency (from a non-connected state)	Typically 100 ms	6 ms
Power consumption	1 W as the reference	0.01~0.5 W

B5 (Bluetooth 5)

2016년 12월에 released 됨. BLE에 비해서 4배의 통신거리, 2배의 전송속도를 자랑하고, beacon메시지를 8배 더 많이 보낼 수 있다고 함.
실제로 드론도 750m 주행까지 가능한 것을 확인함.

- B5의 장점

- 통신거리가 4배가 늘어남.
- 기존보다 8배 크기의 메시지를 담아서 보낼 수 있음.

그러나 이 장점들을 동시에 누릴 수 있는 것이 아님. 무선에서 필요한 통신 파워는 통신거리의 제곱에 비례하는거라 거리를 4배 늘리려면 파워를 16배 늘려야 함.

네트워크 레이어 중에 피지컬 3가지가 제공이 되는데

- LE 1M : BLE4.0과 동일함. Backward compatibility를 위해 B5지만 사용한다.
- LE 2M : 초당 symbol을 2개 보냄. 통신속도가 1M에 비해 두 배 증가. FSK(Frequency Shift Keying) 모듈레이션 방식에서 쓰이는 밴드위스가 넓어져서 더 빠른 속도로 보내도 전송이 잘 되게끔 만들어짐.
- LE Coded : FEC 기술 코드, 인코딩 방식을 통해서 먼 곳에서 노이즈가 섞인 데이터를 받더라도 이 데이터 속에서 원 데이터를 잘 추출할 수 있게끔 함.

B5 (Bluetooth 5)

- LE 1M : BLE4.0과 동일함. Backward compatibility를 위해 B5지만 사용한다.
- LE 2M : 초당 symbol을 2개 보냄. 통신속도가 1M에 비해 두 배 증가. FSK(Frequency Shift Keying) 모듈레이션 방식에서 쓰이는 밴드위스가 넓어져서 더 빠른 속도로 보내도 전송이 잘 되게끔 만들어짐.
- LE Coded : FEC 기술 코드, 인코딩 방식을 통해서 먼 곳에서 노이즈가 섞인 데이터를 받더라도 이 데이터 속에서 원 데이터를 잘 추출할 수 있게끔 함.

	LE 1M	LE Coded S=2	LE Coded S=8	LE 2M
Symbol Rate	1 Ms/s	1 Ms/s	1 Ms/s	2 Ms/s
Data Rate	1 Ms/s	500 Kbit/s	125 Kbit/s	2 Mbit/s
Error Detection	CRC	CRC	CRC	CRC
Error Correction	NONE	FEC	FEC	NONE
Range Multiplier (approx.)	1	2	4	0.8
Bluetooth 5 Requirement	Mandatory	Optional	Optional	Optional

B5 (Bluetooth 5)

- LE 1M : BLE4.0과 동일함. Backward compatibility를 위해 B5지만 사용한다.
- LE 2M : 초당 symbol을 2개 보냄. 통신속도가 1M에 비해 두 배 증가. FSK(Frequency Shift Keying) 모듈레이션 방식에서 쓰이는 밴드위스가 넓어져서 더 빠른 속도로 보내도 전송이 잘 되게끔 만들어짐.
- LE Coded : FEC 기술 코드, 인코딩 방식을 통해서 먼 곳에서 노이즈가 섞인 데이터를 받더라도 이 데이터 속에서 원 데이터를 잘 추출할 수 있게끔 함.

	LE 1M	LE Coded S=2	LE Coded S=8	LE 2M
Symbol Rate	1 Ms/s	1 Ms/s	1 Ms/s	2 Ms/s
Data Rate	1 Ms/s	500 Kbit/s	125 Kbit/s	2 Mbit/s
Error Detection	CRC	CRC	CRC	CRC
Error Correction	NONE	FEC	FEC	NONE
Range Multiplier (approx.)	1	2	4	0.8
Bluetooth 5 Requirement	Mandatory	Optional	Optional	Optional

keywords

- 베이스 스테이션(Base Station, BS): 무선 호스트들에게 인터넷 접속을 제공하는 장치. 보통 유선망의 말단에 위치함
- Basic Service Set (BSS): 하나의 BS가 서비스하는 지역
- 인프라스트럭처 모드(infratstructure mode): 무선 장치들이 한 홉 떨어진 베이스 스테이션을 통해 인터넷에 접속하는 네트워크 구조
- 애드혹 모드(ad hoc mode): 무선 호스트들끼리 임의로 네트워크를 구성하여 정보를 주고 받는 네트워크 구조
- 신호 대 잡음비(Signal-to-Noise Ratio, SNR): 잡음의 크기에 대비한 신호의 크기 비율

keywords

- 비트 에러 비율(Bit-Error Rate, BER): 전송되는 전체 데이터 비트 중 에러가 발생하는 비트의 비율
- 숨은 터미널 문제(hidden terminal problem): CSMA 기법을 사용하는 무선 장치가 통신 장애물이나 전파 거리 제약으로 인해 다른 장치의 신호를 발견하지 못해 충돌을 발생시키는 문제
- Li-Fi (Light Fidelity): 가시광 통신(Visible Light Communication, VLC)을 이용하여 근거리 무선 네트워크 서비스를 제공하는 기술
- BLE (Bluetooth Low Energy): 블루투스 4.x의 저전력 통신 특징을 강조하기 위해 사용되는 Bluetooth Smart 기술의 별칭
- B5: Bluetooth 5.0

감사합니다