

# 유비쿼터스 스마트 홈 네트워크에서의 무선 접속기술

이 현 진, 김 재 현  
아주대학교 전자공학부

## 1. 서론

근래 전 세계적으로 언제 어디서나 통신이 가능하게 하는 유비쿼터스 네트워크 기술이 큰 관심 속에 각 세부기술 개발에 박차를 가하고 있다. 유비쿼터스 네트워킹이란 작고, 저가이며 이동성을 가진 프로세서와 센서들을 이용하여 모든 오브젝트, 사람 또는 환경에서 상황에 따른 다양한 통신서비스를 제공하는 것을 의미한다. 국내에서도 이러한 국제적인 추세에 발맞추어 다양한 유무선 통신방식의 원천기술, 응용기술, 활용기술 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 정부에서도 이에 발맞추어 디지털 TV, 디스플레이, 지능형 로봇, 미래형 자동차, 차세대 반도체, 텔레메틱스, 지능형 홈네트워크, 차세대 전지, 바이오 신약 등이 차세대 성장 동력 사업 군으로 확정된 바 있다. 그 중 유비쿼터스 네트워크 혁명의 물결은 컴퓨터, 인간 그리고 네트워크간의 대 화합에서 창출되는 정보화의 최종 발전 단계이다. 정보화의 발전 단계를 시대별로 구분하여 보면, 1960년대의 대형 컴퓨터 시대, 80년대 중반 이후 PC 중심의 컴퓨터 네트워크 시대, 그리고 90년대 중반 이후 인터넷 활용시대라고 한다면, 그 후는 유비쿼터스 네트워크의 시대가 될 것으로 예상된다. 본고에서는 이러한 유비쿼터스 홈네트워크에서의 대상기술로 예상되는 다양한 무선접속 기술의 특성을 기술하였으며 각 방식의 장단점을 비교하였다. 다양한 유무선 통신방식이 스마트 홈네트워크에서 사용될 것으로 예상되지만, 그중 무선접속기술로서는 현재 가격인하와 사용의 편리함 등으로 인하여 급속하게 시장이 커지고 있는 IEEE 802.11 계열 프로토콜기술과 상대적으로 좁은 범위에서 통신기기들의 접속을 가능하게 하는 IEEE 802.15 계열 프로토콜 기술 및 근래 새롭게 각광받기 시작한 RFID 시스템에 대하여 접속 프로토콜의 관점에서 특징을 기술하였다.

본고의 구성은 II장에서 유비쿼터스 스마트 홈네트워크의 정의 및 개념에 대하여 간략하게 설명하고 적용 가능한 통신 기술들을 알아보며, III장에서는 IEEE 802.11 무선 LAN 기술에 대하여 특성을 설명하고, IV장에서는 IEEE 802.15 기술을 소개한다. RFID 시스템에 대해서는 V장에서 특성을 기술하고 VI장에서는 결론을 맺었다.

## 2. 유비쿼터스 홈네트워크

스마트홈의 자동화란 유무선 네트워크를 통해 가정 내의 가전기기 및 장치들을 연결하여 시간과 장소의 제약 없이 가정의 보안 및 생활 설비 제어, 에너지 관리, 방문자 관리, 건강 모니터링 기능 등을 제공할 수 있는 장치 제조 및 서비스 산업 전반을 의미한다. 가정에서의 응용범위로서는 홈 자동 제어 및 원격제어(냉난방, 환기, 가전기기 제어, 가사지원로봇), 에너지 관리(냉난방 밸브제어, 원격검침), 방문자관리(출입자관리, 중앙제어실과의 통신), 홈 시큐리티(무인/출동경비, 주차제어), 인터넷연결, 건강 모니터링 등 광범위하게 사용될 수 있다.

표 1. IEEE 802 계열 중 무선 접속기술 비교표

	802.11	802.15	802.16	802.20	RFID
Coverage Area	LAN < 100 m	PAN, Access < 10 m	MAN < 1Km	MAN < 1Km	Access < 10m (M/W)
Spectrum	Unlicensed ISM band	Unlicensed	Licensed/ Unlicensed	Licensed	Licensed/ Unlicensed
Frequency	2.4 GHz, 5 GHz	868/902MHz, 2.4 GHz, 3.1-10.6GHz	10-66 GHz, 2-11 GHz	< 3.5GHz	0.125/13.56 MHz, 860-930MHz, 2.4/ 5GHz
Mobility	Portable, Local Roam	Personal Space	Fixed Area	Vehicular Speed	Access Space
LOS vs. NLOS	NLOS	NLOS	LOS(10-66GHz), NLOS(2-11GHz)	NLOS	LOS, NLOS
MAC 프로토콜	CSMA/CA	CSMA/CA, TDMA, S-ALOHA	TDMA/TDD, W-DOCSIS	Flash OFDM, TDMA/TDD	SDMA/CDMA/ FDMA/TDMA/ Binary search
Data Rate	1 - Mbps	<1Mbps, <48Mbps (15.3a)	< 50 Mbps	< 50 Mbps Upon on Mobility	< 1 Mbps 200tag/antenna
Cost	Low	Low	Moderate	Moderate	Very Low

스마트 홈 네트워킹에서의 통신기술을 유선과 무선으로 구분하여 기술하면 다음과 같다. 유선의 경우 가정 내의 연결을 위한 기술로서 Ethernet, HomePNA (전화선사용), PLC (전력선사용), IEEE 1394, IEEE 802.17 등이 사용되며, 홈 게이 트웨이에서 외부 인터넷과의 연결로는 PSTN, xDSL, PLC, cable modem, FTTH, IEEE 802.17 등을 고려할 수 있다. 또한 무선 전송기술로서는 wireless 1394, IEEE

802.11a/b/g, IEEE 802.15.1/3/3a/4, RFID, IEEE 1451 등을 대상기술들로 들 수 있으며, 홈에서 외부로의 연결로는 3G CDMA/UMTS 셀룰러망 기술, 공중 무선 LAN, IEEE 802.16 (Fixed Broadband Wireless Metropolitan Area Network), IEEE 802.20 (Mobile Broadband Wireless Access: MBWA), 위성 통신망 등을 생각해 볼 수 있다. 본고에서는 이러한 다양한 기술 중 최근 기술적으로나 실용 제품으로서 적용이 가능할 것으로 고려되는 IEEE 802.11 계열, IEEE 802.15 계열 및 RFID 시스템의 특징을 알아본다. IEEE 802 계열 및 RFID 시스템의 특징을 비교해보면 표 1과 같다. 또한, 이러한 무선접속기술 중 주파수대역을 허가 받지 않고 사용할 수 있는 ISM (Industrial, Scientific and Medical) 밴드를 사용하는 무선 홈네트워크 접속기술을 정리하면 그림1과 같다.

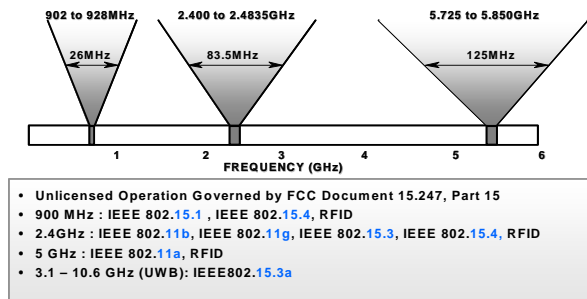


그림 1. ISM 밴드와 스마트홈 네트워크의 무선 접속기술

### 3. IEEE 802.11 무선 LAN 기술

무선 LAN 기술은 1990년대 초 NCR사가 Ethernet 칩을 사용하여 무선전송을 시작한 제품을 선보이면서 시작되었다. 현재 많이 사용하고 있는 IEEE 802.11의 표준 프로토콜인 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식은 지금의 표준화된 단일 프로토콜이 아닌 패킷간의 충돌을 방지하는 모든 프로토콜을 일컫는 방식들의 총칭을 의미하였다. 그러나 1994년 12월 1차 표준안이 선정 후 현재의 IEEE 802.11 MAC 표준 프로토콜을 CSMA/CA 프로토콜로 불리기 시작하였다. 현재 IEEE 802.11 표준화 그룹은 2.4 GHz 대역에서 최대 11 Mbps 전송속도를 갖는 IEEE 802.11b, 5.7 GHz 대역을 사용하여 최대 전송속도 54Mbps를 제공하는 IEEE 802.11a와 2.4 GHz 대역에서 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 사용하여 최대 54Mbps 전송속도를 제공하는 IEEE 802.11g로 크게 나누어 볼 수 있으며, 그 외에도 TG(Task Group)의 주요 업무를 살펴보면 표 2와 같다. 이중 IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g 에 대하여 물리계층의 특성과 변복조방식에 따른 전송속도의 관계를 비교하면 표 3과 같다[1]-[3]. 이때 표 3에서 CCK는

Complementary Code Keying을 의미하며, PBCC는 Packet Binary Convolution Code를 의미한다. IEEE 802.11a 와 IEEE 802.11g에서 사용되는 MAC 프로토콜의 기능은 모두 IEEE 802.11b의 방식을 따른다. 물론 MAC 프로토콜의 프레임 구조는 조금씩 차이가 있다. 따라서 본고에서는 IEEE 802.11b에 근거하여 MAC 프로토콜을 설명한다. IEEE 802.11에서 서비스하는 망의 구조를 살펴보면 각 스테이션들이 분산적으로 동작하는 ad hoc 망 모델과 중앙의 AP (Access Point)를 통하여 통신을 하는 infrastructure 망 모델이 있다.

표 2. IEEE 802.11 Task Groups

Task Group	Objectives
802.11 a	PHY & MAC for 5 GHz
802.11 b	PHY & MAC for 2.4 GHz
802.11 e	MAC Enhancements for Quality of Service
802.11 f	Inter Access Point 프로토콜
802.11 g	Higher Rate (20+ Mbps) in the 2.4GHz
802.11 h	Spectrum Managed 802.11a
802.11 i	MAC Enhancements for Enhanced Security
802.11 k	Radio Resource Measurement Enhancements
802.11 n	High Throughput

표 3. IEEE 802.11 계열 주파수대역 및 변조방식에 따른 전송속도

		802.11a	802.11b	802.11g			
Frequency		5.2 GHz	2.4GHz				
Data Rate (Mbps)	Carrier	PHY Modulation Scheme					
		Mandatory	Optional	Mandatory	Optional	Mandatory	Optional
1	Single			DSSS		DSSS	
2	Single			DSSS		DSSS	
5.5	Single			CCK	PBCC	CCK	PBCC
6	Multi	OFDM				OFDM	CC-OFDM
9	Multi		OFDM				OFDM CCK-OFDM
11	Single			CCK	PBCC	CCK	PBCC
12	Multi	OFDM				OFDM	CC-OFDM
18	Multi		OFDM				OFDM CCK-OFDM
22	Single						PBCC
24	Multi	OFDM				OFDM	CC-OFDM
33	Multi						PBCC
36	Multi		OFDM				OFDM CCK-OFDM
48	Multi		OFDM				OFDM CCK-OFDM
54	Multi		OFDM				OFDM CCK-OFDM

IEEE 802.11b의 MAC 프로토콜에서 서비스할 수 있는 형태는 contention 서비스와 contention free 서비스로 구분할 수

있으며 [2], contention 서비스는 일반적인 인터넷 서비스로 파일의 전송과 같은 비동기성(asynchronous) 데이터의 서비스를 담당하고, CSMA/CA 방식을 기본으로 하는 DCF (Distributed Coordination Function)에 의하여 처리된다. Contention free 서비스는 음성이나 화상과 같은 지연에 민감한 전송에 대한 동기성 (isochronous) 서비스로서, PCF (Point Coordination Function)에 의하여 처리된다. IEEE 802.11의 MAC 프로토콜에서는 CP (Contention Period) 서비스와 CFP (Contention Free Period) 서비스를 함께 처리할 수 있도록 설계되었다. 이것은 세 가지 IFS (Inter Frame Space)에 의하여 구현되어진다. 우선, 길이가 가장 짧은 SIFS (Short Inter Frame Space)가 있다. SIFS는 가장 짧은 지연으로서, 가장 높은 우선순위를 갖는 전송을 시도할 때 사용되기 때문에 시간제약을 갖는 음성, 화상 등의 데이터 전송이 사용되고, 중간 길이의 PIFS (PCF Inter Frame Space)는 contention free 서비스에서 스테이션의 polling 시에 사용된다. 또한, DIFS (DCF Inter Frame Space)는 가장 긴 IFS로서 가장 낮은 우선순위를 가지므로 contention 서비스에서 사용된다.

기본 CSMA/CA 알고리즘은 우선, 패킷이 발생되면, DIFS만큼 지연을 갖고 채널의 상태를 감지한다. 만약, 이때 채널이 비어있으면 패킷을 전송하고, 채널이 사용 중이면 채널이 빌 때까지 기다린 후 Backoff 알고리즘에 의한 지연을 갖은 후 재전송을 시도한다. DIFS와 Backoff 알고리즘과의 관계는 그림 2와 같다.

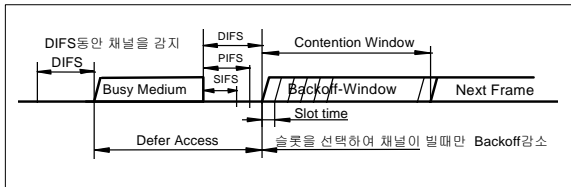


그림 2. DCF의 기본방식

CSMA/CA 방식과 기존의 유선 근거리 통신망의 CSMA/CD 방식과의 가장 큰 차이는 전송기간 중에 패킷이 1개 이상 도착하였을 경우이다. CSMA/CD 방식에서는 이 경우 전송기간의 끝에서 1-persistent 방식으로 모두 전송을 시도하므로 패킷충돌이 발생한다. 그러나 CSMA/CA 방식에서는 이 경우 전송기간 끝점에서 각각의 패킷은 랜덤한 Backoff 지연을 갖은 후 채널의 사용여부를 확인하고 전송을 시도하여 패킷간의 충돌을 방지한다. Backoff delay의 지연시간은 다음과 같이 계산하여 구한다.

$$\text{Backoff delay} = \text{INT}(\text{CW} \times \text{Random}()) \times \text{Slot Time} \quad (1)$$

식(1)에서 CW (Contention Window)는 지연의 범위를 정하는 것으로, 전송시도횟수에 따라 CW\_min (최소값, 31)

에서 CW\_max (최대값, 1023) 사이의 정수값으로 정해진다. 또한, Random( )에 의하여 0부터 1까지의 랜덤한 수를 발생하여 CW값에 곱하고 정수화하여 기본 slot time에 곱한다. Slot time은 지연의 기준이 되는 단위 시간으로서, 물리적인 특성에 따라 송신기 turn-on 시간, 전파지연 및 매체 busy 검사 응답 시간의 합으로 설정하도록 한다. Backoff time은 채널의 상태가 비어있을 경우에만 감소한다. 이것은 각 사용자들의 공정한 전송시도를 위한 조정으로서, 오래 기다린 사용자는 새로 전송을 시도하는 사용자에 비하여 패킷을 전송할 확률이 높게 된다. Backoff 지연에 대한 예를 그림 3에서 보았다.

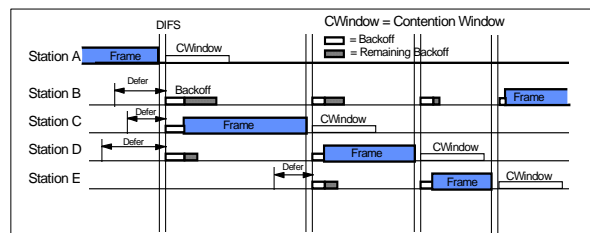


그림 3. Binary backoff 알고리즘

그림 3에서 스테이션 A의 전송이 끝나게 되면, 대기 중인 스테이션 B, C, D가 패킷전송을 준비하며, 각각의 랜덤한 Backoff 지연을 기다리게 된다. 스테이션 C가 가장 짧은 Backoff 지연을 가진 후 패킷을 전송하고 그 다음으로 스테이션 D가 패킷을 전송한다. 그러나, 이때 새로이 전송을 시도한 스테이션 E가 스테이션 B에 비하여 짧은 지연을 하게 되어 패킷을 전송하고, 스테이션 B가 패킷을 전송한다. 무선 LAN에서의 hidden terminal 문제를 해결하기 위하여 실제 데이터 패킷 전송 이전에 RTS (Request To Send)와 CTS (Clear To Send) 패킷을 주고받으면서 원하는 기간만큼 채널을 사용하겠다고 다른 스테이션들에게 알리면 각 스테이션에서는 NAV (Network Allocation Vector)를 그 기간만큼 세트하여 전송을 시도하지 않는다.

PCF은 동기성 서비스를 제공하기 위한 방식으로 DCF 방식으로 AP에게 동기식 전송을 요구하고 AP에서는 요청된 동기식 서비스에 대하여 각 스테이션마다 Polling 방식에 의하여 contention free 영역을 할당한다. PCF 방식을 그림으로 나타내면 그림 4와 같다.

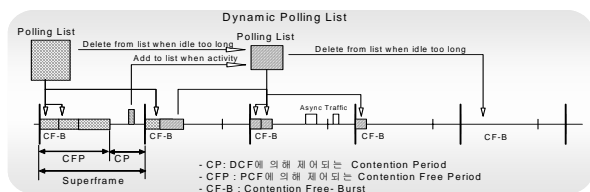


그림 4. IEEE802.11 PCF 방식

근래에 들어 IEEE802.11e에서는 MAC 프로토콜에 서비스 QoS를 제공하기 위하여 다양한 연구를 진행하고 있다. 대표적인 방식으로는 DCF 방식을 확장하는 EDCF (Enhanced DCF) 방식과 PCF 방식의 확장개념을 사용하는 HCF (Hybrid Coordination Function)방식이 있다. 이를 간략하게 설명하면, EDCF 방식은 DCF 방식에서 AIFS (Arbitration IFS)를 추가하고, AIFS 값(802.11a의 경우 > 34μs)은 DIFS의 값보다 큰 값을 갖고, 이 값은 각 스테이션에서의 트래픽 우선순위에 따라 CW\_min 값을 다르게 갖게 된다. 즉 우선순위가 높은 트래픽을 전송하고자하는 스테이션의 경우 우선순위가 낮은 스테이션에 비하여 적은 CW\_min 값과 적은 CW\_max 값을 가지게 되어 전송 가능한 확률을 높이는 방식이다. 또한, HCF는 EDCF를 사용하며, 기존의 PCF방식을 확장한 방식으로 HC (HCF Coordinator)에 의하여 CFP를 진행하며(PCF와동일하나 QoS CF-Poll 패킷의 전송은 CFP 길이를 지정한다), CP에서는 우선 EDCF에 의하여 채널을 사용할 수 있으며, 또는 HC에 의하여 전송시간이 정해지면, 이 기간 동안 스테이션은 데이터를 전송할 수 있는 방식이다.

#### 4. IEEE 802.15 무선 PAN 기술

WPAN (Wireless Personal Area Network)이란 무선으로 사람에게 인접해 있는 PC, PDA, 주변기기, 무선전화기, 호출기, 가전제품 등이 상호 통신을 하여 적절한 환경을 구축하는 것을 목표로 하는 용어이다. 이에 IEEE 802.15 Working Group (WG)은 휴대형 및 모바일 컴퓨팅 기기를 위한 WPAN의 표준화를 위해 만들어 졌으며, 크게 4개의 Task Group (TG)으로 나누어 각각 용도에 따라 표준화를 진행 중이다. 그림 5는 WPAN의 표준화를 담당하고 있는 IEEE 802.15 WG의 조직도이다.

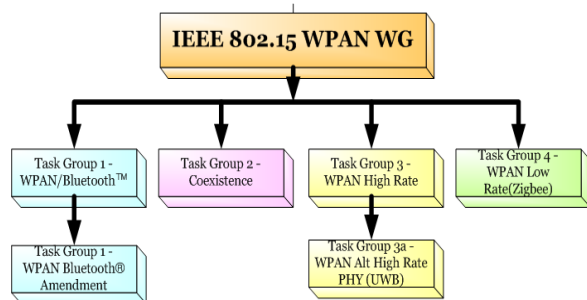


그림 5. IEEE 802.15 WPAN WG의 조직도

TG1 (IEEE 802.15.1)은 블루투스를 표준화하기 위해 만들어졌으며 2001년 1.1버전까지 표준화를 이루었다. 하지만 실시간으로 멀티미디어 트래픽을 전송하기에는 전송 속도 면에서 떨어지기 때문에 이를 보완하여 전송 속도를 향상시킨 블루투스 2.0버전과 3.0버전의 표준화를 계획하

고 있다. TG2 (IEEE 802.15.2)는 같은 주파수 대역을 사용하는 서비스 사이에 발생하는 상호간섭을 방지하기 위하여 만들어졌으며, 대표적인 예로 블루투스와 WLAN (IEEE 802.11 WG)사이에 발생하는 상호간섭을 들 수 있다. TG2에서는 협력적인 상호공존방안과 비협력적인 상호공존방안의 두 가지 측면으로 상호간섭을 방지할 방법을 준비하였다. TG2에서는 앞으로 IEEE 802.15.3/802.15.3a 혹은 802.15.4와 다른 무선 서비스가 서로 연동하여 사용할 수 있는 방안을 준비하고 있다. TG3 (IEEE 802.15.3)은 고속의 데이터 전송을 위한 WPAN의 표준화를 진행하는 단체로 지난 8월 표준화를 완료하였으며, 10m의 거리에서 최대 55Mbps의 전송속도를 제공한다. 하지만 TG3에서 더욱 높은 전송 속도를 제공하기 위해 PHY 솔루션을 연구하는 SG (Study Group)3a가 TG3a로 승인되었다. 현재 TG3a에서는 UWB (UltraWideBand)를 사용하여 무선 동영상과 같은 멀티미디어 전송하는 방안을 연구하고 있다. TG3이 고속의 전송속도를 요구하는 어플리케이션에 사용되는 것이라면, TG4 (IEEE 802.15.4, Zigbee)는 저속의 전송속도를 갖는 홈오토메이션 및 데이터 네트워크를 위한 표준 기술로 버튼 하나의 동작으로 집안 어느 곳에서나 전등 제어 및 홈보안시스템 제어, VCR on/off 등을 할 수 있고, 인터넷을 통한 전화 접속으로 홈오토메이션을 더욱 편리하게 이용하려는 것에서부터 출발한 기술이다. 이 TG에서 PHY, MAC의 표준화를 진행하고, Zigbee Alliance에서 Upper Layer의 표준화를 진행하고 있다. 표 4는 각 TG에서 표준화 하고 있는 사양으로 전송속도에서 많은 차이를 보이고 있다. 각 TG의 기술적 특성을 비교하면 표 4와 같다.

표 4. IEEE 802.15.4 Task Group

	802.15.1	802.15.3	802.15.3a	802.15.4
Objectives	블루투스	High Rate	UWB	Low Rate/Zigbee
Frequency band	2.4~2.4835GHz	2.4GHz	3.1GHz~10.6GHz	88~915MHz 2.4GHz
MAC	FH/TDD 7Ch,160kbit/sec	CSMA/CA, S-Aloha, TDMA		CSMA/CA TDMA
Topology	Piconet,Scatternet	Piconet, Child Piconet,Neighbor Piconet		Star, P2P
Data Rate	<1Mbps(sync.) <723Kbps(Async.)	<5Mbps	100Mbps at 10m 200Mbps at 4m path to 400Mbps	20K~250kbps
Modulation	GFSK	QPSK, DQPSK, 16/32/64-QAM (11,22,33,44,55 Mbps)	QAM OFDM	BPSK(88~915MHz) O-QPSK(2.4GHz)
Range	10m/1mW< 100m/100mW<	5~10m		10~20m
Major Vender	Nokia, Sony, Ericsson	Xtreme spectrum, Timedomain		Philips, Motorola

#### 4.1. IEEE 802.15.1(블루투스)



IEEE 802.15.1은 단거리(10m이내)에 놓여 있는 컴퓨터 주변기기, 이동단말기, 가전제품 등을 상호 무선 네트워크로 연결하여 양방향 통신을 지원하는 기술인 블루투스의 표준화를 위하여 만들어졌으며 블루투스 SIG (Special Interest Group)와 상호협력 하에 표준화가 진행되었다[4],[5]. 2001년 1Mbps급 1.1버전 표준을 완료하였으나, 동영상과 같은 멀티미디어 데이터의 전송에는 부족한 면이 있다. 따라서 화상정보의 고속 통신이 가능한 차세대 고속 블루투스 표준은 2.4GHz 대역에서 블루투스 1.1버전 기술과 호환되는 2-10 Mbps급 2버전 기술 개발 및 2.4 또는 5GHz 대역에서 1버전 및 2버전 기술들과 호환되는 20Mbps급 3버전 기반 기술 개발을 계획하고 있으며 블루투스 SIG에서 2-11Mbps급의 버전 2.0에 대한 표준화가 진행 중이다.

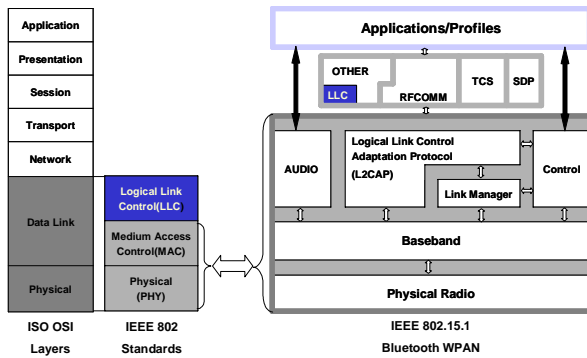


그림 6. OSI 7 Layer & 블루투스

그림 6은 OSI 7 Layer와 블루투스의 프로토콜 스택을 비교한 것으로 Radio 계층을 보면 2.4-2.4835GHz 대역의 ISM밴드를 사용하고 1MHz의 대역폭을 가진 79개의 채널로 이루어져 있으며, 초당 1600회의 주파수 호핑으로 전송한다. 변조 방식은 G-FSK (Gaussian Frequency Shift Keying)을 사용하며 duplex 통신을 위하여 TDD (Time Division Duplex)방식을 사용하여 무선 디지털 데이터 통신을 한다. 그러나 통상적인 데이터뿐만 아니라 음성신호도 디지털 변조를 하여 전송할 수 있다. 송신 전력이 1mW일 때 전송거리가 10m정도로 짧으나, 출력에 여유가 있는 기기의 경우 전송거리를 확장하기 위하여 전송 출력을 늘리는 것을 허가하여 100mW의 출력을 사용하는 경우 100m까지 전송 거리를 연장할 수 있다.

Baseband 계층에서는 circuit 및 packet 스위칭을 지원하고 있으며, 각 패킷은 다른 호핑 주파수에서 전송된다. 패킷 전송은 일반적으로 한 슬롯(slot)내에서 전송하지만, 패킷의 길이가 길어지는 경우 3-5개의 슬롯을 사용하기도 한다. 3개의 음성채널은 64Kbps로 동기전송을 하고, 데이터는 최대 723Kbps 또는 57.6Kbps의 비동기 전송을 하거나 432.6Kbps로 동기전송을 한다. LM (Link Management)의 기능은 암호화와 승인, pooling 시간 간격의 설정, SCO

(Synchronous Connection Oriented Link)링크의 설정, 저전력 모드의 설정 등이고, HCI (Host Controller Interface) 프로토콜은 마스터와 슬레이브 사이의 연결을 제공한다. L2CAP (Link Layer Control & Adaptation)은 Baseband의 상위의 data link 프로토콜의 역할을 한다. 이 프로토콜은 연결모드 뿐만 아니라 비 연결 모드도 지원하며 채널당 QoS흐름을 확정한다. SDP (Service Discovery Protocol)은 피코넷의 형성을 위한 inquiry/response 프로토콜을 정의한다. RFCOMM (based on GSM TSO7.10)은 serial-port 기반의 서비스를 지원하기 위하여 serial port를 emulation한다.

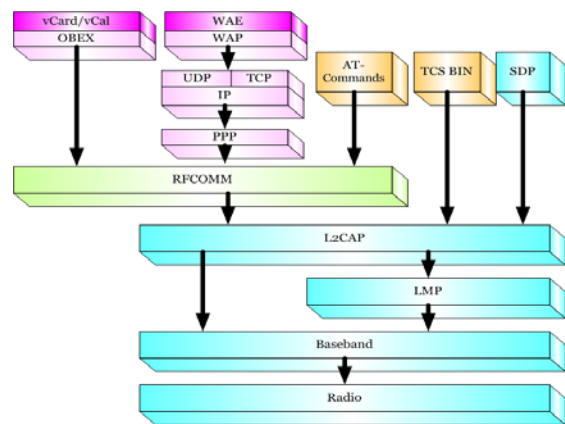


그림 7. 블루투스의 프로토콜 stack

블루투스 표준안에서는 어플리케이션의 응용에 대한 프로토콜의 배열인 Profile을 정의 하고 있다. 예를 들어 그림 7에서 블루투스를 사용하여 파일을 전송할 경우를 응용S/W-OBEX-RFCOMM-L2CAP의 순서로 프로토콜이 배열된다. 여기서 OBEX (Object Exchange)는 대용량의 파일을 전송하기 위하여 사용되는 프로토콜이며, WAP (Wireless Application Protocol)은 휴대폰의 어플리케이션과 상호연결을 위하여 사용되는 프로토콜이다. 그 외에도 TCSBIN (Telephony Control Protocol Spec. Binary)이 있는데, 이것은 호를 설정하고 유지하는 기능뿐 아니라, 여러 기기들을 통합하는 서비스를 제공하기 위한 gateway로 group management도 한다. 이러한 각각의 응용에 대한 프로토콜 배열을 규격에서까지 정의하는 이유는 서로 다른 제조사의 블루투스 제품들 간의 상호 호환성을 보장하기 위한 것으로 블루투스 SIG에서는 하드웨어뿐만 아니라 프로토콜, 프로파일에 대해서도 인증시험을 하여 완벽하게 상호운용성이 보장될 때 블루투스 로고를 붙여서 판매할 수 있도록 하고 있다.

블루투스는 Star-topology로 피코넷을 형성한다. 하나의 피코넷에서 지원할 수 있는 기기의 수는 8개로 구성되며, 1개의 마스터와 7개의 슬레이브로 구성된다. 마스터는 주파수 호핑 패턴을 생성하고 슬레이브들이 데이터를 전송

할 수 있는 시간 슬롯을 할당하여 슬레이브에게 전송한다. 피코넷의 형성 과정을 보면 우선 기기들 간의 연결이 되지 않은 상태를 Standby상태라 하는데, 이 상태에서 각 기기들은 1.28초 마다 새로운 메시지를 받아들이고(listen), 연결 요청이 있으면, 그 기기가 마스터가 되어 다른 기기들을 인식하기 시작(Inquiry/Page)한다. 이때 8비트의 파크(Park) 주소가 할당된 기기들은 파크상태가 된다. 이후 마스터와 통신하는 기기들은 3비트( $2^3=8$ 로 마스터는 자신을 포함한 최대 8개까지의 기기를 인식할 수 있다)의 활성(Active) 주소를 할당받으면 피코넷이 형성된다. 활성 상태인 기기들은 상황에 따라 3가지(활성모드, 대기모드, 탐지모드)의 모드로 동작한다. 첫 번째로, 활성모드(active mode)는 실제로 데이터를 전송하는 모드로 소비전력이 가장 많으며, 대기모드(hold mode)는 장시간동안 데이터를 전송하거나 전송받지 않을 경우 에너지 소모를 줄이기 위해 들어간다. 탐지모드(sniff mode)의 경우 채널의 여유가 없을 경우에 들어가서 여분의 채널이 날 때까지 계속 채널을 탐지한다. 따라서 대기 혹은 탐지모드의 경우 피코넷에 참여는 하지만, 전체 트래픽의 수에는 영향을 미치지 않을 뿐만 아니라 에너지 효율성을 높일 수 있다. 마스터는 접속에 필요한 키를 포함한 Inquiry를 625 msec 간격으로 송신하고 슬레이브는 3비트의 활성 주소를 할당 받은 뒤 마스터로부터 Page 메시지를 받으면 마스터에 의해 결정된 호핑 패턴을 사용해 동기화된다. 마지막 과정으로 마스터와 슬레이브는 상호간의 인증을 수행하는 데, 인증에 사용하는 암호 키는 마스터가 발생한 난수와 슬레이브의 MAC 주소의 배타적 논리합(XOR)을 사용하여 만든다. 이러한 인증 절차가 완료되면 전송키가 전달되고 데이터 송수신 단계가 된다. 하지만, 만약 전송거리를 초과하는 기기와 연결이 필요할 경우 피코넷을 확장하여 여러 개의 피코넷을 연결한 모양의 Scatternet을 형성하여 통신을 한다.

#### 4.2. IEEE 802.15.2 (Coexistence between WPAN and WLAN)

동일 주파수 대역을 여러 무선 기기들이 사용하는 경우 기기들의 신호들이 상호 간섭을 일으키게 되어 전송율이 급격하게 감소한다. 가장 대표적인 예로 2.4GHz의 ISM밴드를 사용하는 WPAN과 WLAN사이에 발생하는 상호 간섭문제가 있다. IEEE 802.15.2에서는 이러한 상호간섭 효과를 정량화 하는 상호공존(Coexistence)모델의 개발과 이를 이용한 상호공존 방안의 개발이라는 2가지 목표로 연구를 추진하고 있다[6],[7]. 상호공존 방식은 기술적으로 크게 협력적인 상호공존 방안과 비협력적인 상호 공존 방안으로 구분된다. 협력적인 방안은 크게 AWMA (Alternative Wireless Medium Access)방안과 PTA (Packet Traffic Arbitration)가 있으며, 블루투스과 WLAN 기기 사이의 거리

가 2m 이내인 경우에 서로 공유하는 채널 특성만을 고려하여 기종간의 정보 교환 없이 상호 공존을 수행하는 것으로 스케줄링 방식, 전력 및 전송을 제어 방식, 그리고 정보교환을 통해 상호공존을 수행하는 방식인 비협력적인 상호 공존 방안으로 Mobilian사의 META방식과 Symbol사의 TDMA방식이 있다. 현재 PHY 모델, MAC 모델, RF 전파 모델, 데이터 트래픽 모델 등이 확정되었으며, WLAN 과 TG3에서 개발 중인 고속 WPAN, WLAN과 TG4의 저속 WPAN과의 상호 공존방안의 연구를 계획하고 있다.

#### 4.3. IEEE 802.15.3

IEEE 802.15.3은 고속의 데이터 전송을 요하는 어플리케이션의 지원을 위해 만들어 졌으며, 올해 8월 표준화가 완료되었다[8],[9]. 이 표준은 최대 55Mbps의 전송속도를 지원하여 WPAN 표준 중 가장 빠른 전송속도를 가질 뿐 아니라, 단일 피코넷에 참여할 수 있는 기기의 수도 255개로 블루투스에 비하여 매우 많다. 그러나 전송거리가 짧고 MAC의 구조가 복잡하다. 또한 모든 계층의 표준화가 아닌 PHY와 MAC만을 표준화하고 있어 상위 계층과의 연동에 문제가 있을 수 있다. 현재 TG3 산하의 PHY 계층을 집중적으로 연구하던 SG3a가 TG로 승인되어 최대 480Mbps의 전송속도를 제공하는 표준안을 TG3a에서 준비하고 있다.

MAC 계층의 특징을 보면 무선 네트워크의 접속과 분리가 쉬울 뿐만 아니라, 네트워크에 참가하는데 필요한 인증(Authentication), 주소할당(Addressing), 보안 키 설정(Security-Key setting) 및 프로그램 실행(Bootstrap)등의 시간이 매우 짧고, 어떤 기기라도 PNC (Piconet Coordinator)가 될 수 있다는 것이다. 또한 피코넷 안에 별도의 피코넷을 형성하는 Child 피코넷이나 Neighbor 피코넷등도 지원한다. Child 피코넷은 Parent 피코넷의 시간 슬롯을 할당 받아 하부에 하나의 독립적인 피코넷을 구성하는데 Child PNC는 PNC뿐만 아니라 모든 기기(DEV)와 연결이 가능하다. 하지만, Neighbor 피코넷의 경우 채널의 여유가 없을 경우 독립적인 피코넷을 형성하여 통신하는 것으로 Parent 피코넷의 PNC와 연결이 되나 Parent 피코넷의 다른 DEV와 통신을 할 수 없다. 이러한 MAC 프레임은 슈퍼프레임이라고 하는 시간적인 배치 구조 안에 삽입되는 구조로 되어있다. 그림 8은 슈퍼프레임의 구조를 나타낸 것으로 제어정보가 기술되는 Beacon, 랜덤 액세스 제어가 실행되는 CAP (Contention Access Period), 그리고 데이터가 수납되는 CFP (Contention Free Period)의 세 종류 블록으로 구성되어 있다.

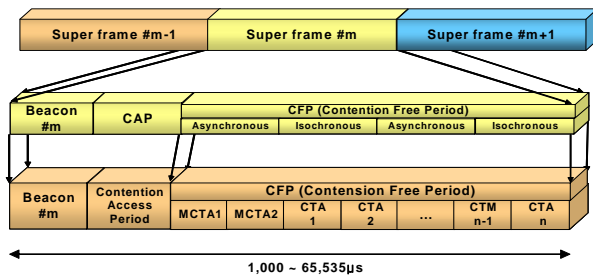


그림 8. IEEE802.15.3 Super Frame의 구조

이 중 CAP과 MCTA (Management CTA)는 모두 선택적으로 사용가능하며, 데이터전송이나 시그널링 전송에 사용될 수 있다. CAP 영역은 IEEE 802.11의 CSMA/CA(DCF) 방식을 토대로 랜덤 액세스 제어가 이루어지는데 반하여 MCTA는 Slotted Aloha방식을 이용하게 된다. CAP에서는 랜덤 액세스 제어를 통하여 선택된 서비스에 해당하는 페이로드(사용자 데이터)를 보낼 수 있는 시간 구간을 CFP에 할당한다. 스트리밍과 같은 동기 데이터도 CFP안에서 슬롯을 얻어 전송할 수 있고, 비동기 데이터의 경우 패킷의 크기에 따라 적절한 크기의 슬롯을 할당하여 전송할 수 있다. 데이터를 송신하는 시간 슬롯의 설정으로는 CTA (Channel Time Allocation)와 pseudo-static CTA가 사용된다. CTA의 경우 CTA의 위치를 슈퍼프레임마다 바꾸는 것이 가능하며, Beacon을 놓치면 송수신을 하지 못한다. 반면 pseudo-static CTA의 경우 슈퍼프레임마다 절대적인 전송 타이밍이 변하지 않으며 Beacon을 몇 개 놓쳐도 계속 정해진 타이밍에 데이터를 송수신할 수 있다. 또한 MAC 계층에서 security를 지원하기 위하여 일반 프레임과 secure 프레임을 나누어 사용할 수 있도록 하였다.

IEEE 802.15.3a는 UWB (Ultra Wide Band)를 사용하여 전송속도를 크게 증가 시키는 표준화작업을 하고 있다. UWB란 그림 9와 같이 중심주파수 대비 대역폭이 20% 이상이거나 500MHz 이상의 주파수 대역폭을 차지하는 통신방식을 의미한다.

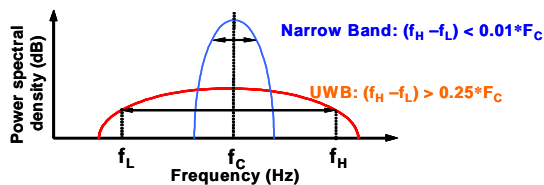


그림 9. UWB의 정의

현재 FCC에서는 UWB를 사용하는 경우 다른 무선 서비스와 간섭을 일으키는 것을 방지하기 위하여 매우 낮은 방사잡음제한(EIRP)을 두고 있는데, 통신/측정 시스템에서 사용하는 3.1GHz-10.6GHz대역의 경우 -41.3dBm/ MHz를 준수하도록 엄격히 제한하고 있다. UWB 기술은 광대역의

넓게 퍼진 에너지를 수신하여 신호를 검출하므로 협대역 통신신호에 의한 간섭 특성이 우수하고 보안통신에도 적합하며, 펄스폭이 매우 좁고 duty cycle이 작아 다중경로 페이딩에 의한 영향이 적다. 또한 반송파 발전기가 필요 없고, 고출력 통신을 행하지 않을 경우에는 선형 증폭기도 필요 없으며, 중간주파수단도 사용하지 않으므로 시스템이 간단하다. TG3a의 표준화 대상은 PHY계층으로, 특히 변조방식이나 다중 접속방식을 담당하는 PHY Sub-layer를 중심 표준으로 제안하고 있다. 주요 제안들을 보면 XSI사가 제안한 2개의 sub-band를 가지며 주파수 폭을 넓게 잡는 단일밴드방식과, OFDM의 반송파 단위로 이용 주파수를 정하는 TI사의 OFDM 방식, 전체 주파수 대역을 여러 개의 sub-band단위로 나누어서 사용하는 멀티밴드연합(Multiband Coalition: MBC)의 멀티밴드 방식이 있다. 단일밴드방식의 경우 개념적으로 비교적 간단한 하드웨어를 구성하고 있으나 구현이 쉽지 않다는 단점이 있다. 또한 Wisair사를 중심으로 한 멀티밴드연합의 멀티밴드방식은 구현이 쉽고, 500MHz 정도의 대역폭을 13-17개의 멀티밴드로 나누어 간섭에 강한 장점이 있다. 마지막으로 TI사가 제안한 OFDM의 경우 멀티패스와 간섭에 강한 특성이 있으나 가장 늦게 제안하여 표준화의 가능성은 매우 낮은 편이다. 또한 FFT 구현이 복잡하다는 단점을 가지고 있다. 표 5는 각 회사에서 제안한 물리계층의 특징과 장/단점을 나타낸 것이고, 그림10과 11는 XSI사의 단일밴드방식과 MBC의 멀티밴드를 나타내고 있으며, 표5에서는 각각의 특성을 비교하였다.

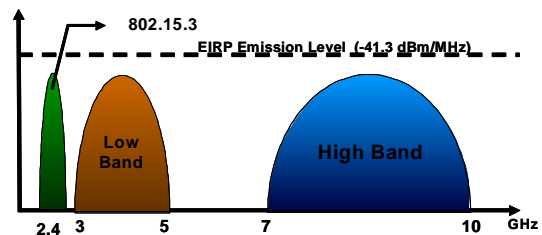


그림 10. XSI상의 싱글밴드

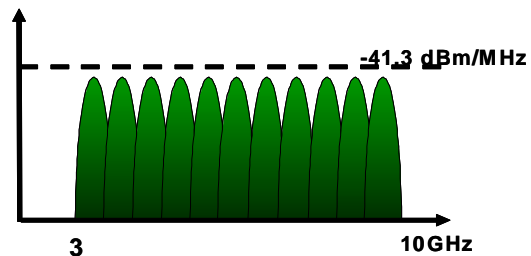


그림 11. MBC의 멀티밴드

표 5. 802.15.3a의 PHY Layer의 비교

	싱글밴드(Few Band)	멀티밴드 OFDM	OFDM
개념	하나 혹은 3 광대역 band FDM + CDM + TDM	500MHz 도의 대역폭을 가지는 여러개(13~17) band Sequence(TFD) + QAM	5GHz 3 의 band 나눔 TFI-OFDM 용
장점	개념적으로 간단한 하드웨어 구성 저비용 저 전력 시장에 빠르게 대처	구현이 용이 다른 무선 네트워크와의 간섭이 적다.	range 길다 멀티패스에 강하다 간섭에 강하다.
단점	광대역 안테나가 필수 신호간섭에 대처 능력이 적다. (Notch filter) 구현이 용이하지 않다.	구현을 통한 검증이 되지 않음. MAC band 전력 소모가 많을 수 있다.	FFT 구현이 복잡
제안 회사	XSI, Sony	Intel, Timedomain, DTC, Wisair, GA, FemtoDevices	TI, U. of Minnesota

4.4. IEEE 802.15.4 (Zigbee)

IEEE 802.15.4 LR-WPAN은 블루투스보다 낮은 20-250Kbps의 낮은 전송 속도와 매우 저렴한 가격, 매우 긴 배터리 수명, 간단한 구조 및 연결성을 제공하여 10m 이내의 작은 범위 내에서의 무선 연결을 요구하는 분야에 적합한 표준으로 개발되고 있다[10]-[12]. 주요 적용분야는 무선 센서를 응용한 화학 공정이나 응급 상황 감지 시스템, 자동차 타이어 감지 시스템, 건강 감시 센서 및 모니터링, 대화형 장난감, 시큐리티, 창문 개폐, 냉난방 등의 홈오토메이션 등이다. IEEE 802.15.4 프로토콜 계층구조는 기존 IEEE 802 표준과 동일하며, 물리계층과 데이터링크 계층에 대해 관해서만 표준화되고 상위 계층의 프로토콜은 각각의 응용 환경에 따라도록 하고 있다. 이에 상위의 네트워크 계층에 관련된 사항으로 IEEE 802.15.4 표준안은 네트워크 계층에서의 소모 에너지 관리의 중요성을 감안하였고, 그림 12와 같은 스타형과 그림 13과 같은 P2P (Peer-to-Peer) 네트워크 Topology를 모두 지원한다.

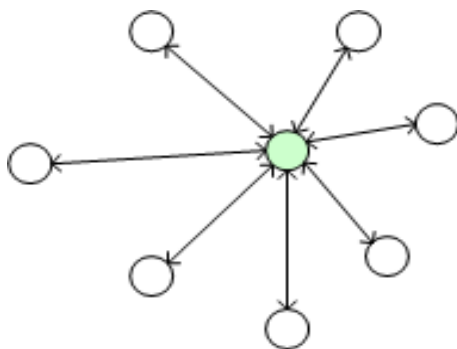


그림 12. 스타형 Topology

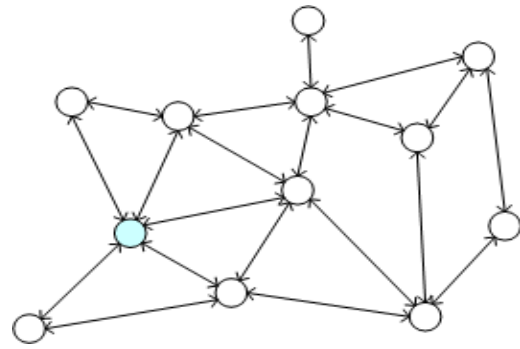


그림 13. P2P 네트워크 Topology

IEEE 802.15.4에서는 두 가지 물리계층(multi band, multi rate)을 지원하며 이들 물리계층은 low duty cycle과 저 전력 동작을 위하여 동일한 패킷 구조를 갖는다. 두 물리계층 사이의 근본적인 차이는 주파수 대역이며, 일반적으로 널리 활용되는 ISM 밴드인 2.4GHz와 유럽과 미국의 868/915MHz 대역으로 유럽에서는 868MHz 대역을, 미국에서는 915MHz 대역을 사용한다. 그리고 물리계층의 사용대역에 따라 전송속도가 다르며 2.4GHz대역에서는 O-QPSK 변조방식에 의해 250Kbps의 전송속도를 제공하고, 868/915MHz 대역은 BPSK 변조방식에 의해 각각 20Kbps와 40Kbps 전송속도를 제공한다. IEEE 802.15.4에서는 3개의 주파수 대역에서 27개의 채널을 갖는다. 868/915 MHz에서는 868.0MHz와 868.6 MHz 사이의 대역에서 하나의 채널을 902.0MHz와 928.0MHz 대역에서 10개의 채널을 제공한다. 2.4GHz에서는 2.4GHz와 2.4835GHz 사이의 대역에서 5MHz 간격으로 16채널을 제공한다. 그림 14는 각 전송대역에서 채널할당을 나타낸 것이다.

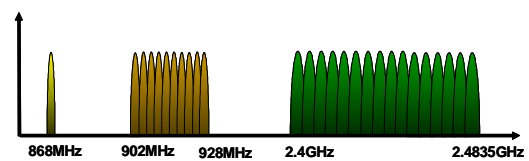


그림 14. IEEE802.15.4의 채널할당

그림 15은 물리계층에서 전송되는 패킷인 PPDU (Physical Protocol Data Unit)구조를 나타낸 것으로, 동기를 위한 Preamble과 SoP (Start of Packet) delimiter, PHY 헤드 및 PSDU (Physical Service Data Unit)로 구성되어 있다. 그리고 각 물리계층은 좁은 영역과 낮은 칩률로 인해 채널 등화기는 사용하지 않는다. 물리계층 헤드에서 7비트는 0-127바이트의 페이로드의 길이를 나타내기 위해 사용된다. 그러나 간단한 가전제품을 위한 어플리케이션에서의 패킷의 길이는 이보다 작고, 컴퓨터 주변장치와 같은 경우 패킷의 길이는 증가할 것이다. 868/915MHz 물리계층은 간단한 DSSS 방식을 사용하여 데이터를 전송하며 각 전송되는 비트는 15칩 최대길이시퀀스(m-시퀀스)로 나타난다. 이진데이



터는 각  $m$ -시퀀스와 +1, 또는 -1을 곱하여 인코딩 한다. 결과의 칩시퀀스는 BPSK의 캐리어 주파수로 변조된다. 차분 동기수신의 복잡도를 줄이기 위해 변조에 앞서 차분데이터 인코딩이 된다. 2.4GHz의 물리계층은 DSSS 기반의 16-ary 준 직교 변조방식을 사용한다. 2진 데이터는 4비트 심벌로 그룹화 되며, 각 심벌은 전송을 위해 직교 32칩 PN (Pseudo-Noise) 시퀀스의 16개 중 하나로 나타낸다. 계속되는 데이터 심벌의 PN 시퀀스는 상호 연결되며, 모아진 칩시퀀스는 MSK (Minimum Shift Keying)에 의해 캐리어 변조가 이루어진다. 이것은 반주기 사인 펄스파형을 갖는 O-QPSK (Offset-Quadrature Phase Shift Keying)와 동일하다.

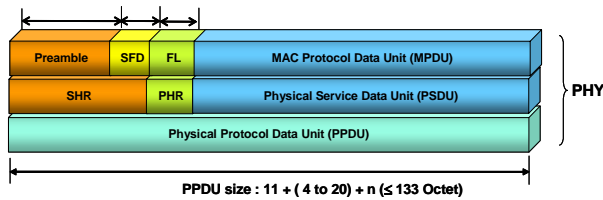


그림 15. IEEE 802.15.4 PPDU 구조

Data Link Layer는 MAC Sublayer와 LLC Sublayer로 이루어진다. LLC Sublayer는 IEEE 802.2에서 표준화되어 있으며, 이는 IEEE 802 계열에 공통으로 적용되는 것이다. MAC Sublayer의 특징은 연합(association)과 비연합(disassociation), 확인 프레임 배달, 채널 액세스 메커니즘, 프레임 유효성, 타임 슬롯 보장 관리, 비컨관리 등으로 요약할 수 있으며, MAC Sublayer와 다른 LLC Sublayer간의 호환성과 단일화된 서비스 접속점을 유지하는 역할을 하는 SSCS (Service Specific Convergence Sublayer) 통해 IEEE 802.2 LLC type1에게 서비스를 제공하거나 SSCS를 통하지 않고 전용의 LLC에게 서비스를 제공할 수 있다. MAC Sublayer는 상위 계층으로 2개의 SAP를 통해 접속될 수 있는 2종의 서비스를 제공하며 SSCS나 다른 LLC와 물리계층과의 인터페이스를 제공한다. 데이터 서비스의 경우 MCPS (MAC common part Sublayer)-SAP를 통해 접속하고, 관리 서비스의 경우 MLME (MAC Layer Management Entity)-SAP를 통해 접속한다. MAC 관리 서비스는 26개의 프리미티브를 가지며 블루투스에 비하여 매우 간단하다. 그림 16의 MPDU (MAC Protocol Data Unit)라고 불리는 MAC Sublayer의 프레임은 크게 MHR (MAC header), MSDU (MAC Service Data Unit) 및 MFR (MAC footer)로 이루어져 있고 다양한 응용과 네트워크 Topology를 위해 유연성 있는 구조를 가지며 유지 관리를 위하여 간단한 프로토콜을 사용한다. MAC 헤드의 첫 필드는 프레임 컨트롤 필드로서 전송되는 프레임의 타입을 나타내며, 어드레스 필드의 포맷을 규정하고, 확인 필드를 제어한다. 프레임 타입에는 4가지가 있는데, 데이터 프레임과 비컨 프레임은 상위계층에 전달할 정보를 가지고 있으나, 확인 프레임이나 MAC 명령 프레임은 MAC 계층간의 P2P통신에

사용된다. 또한 어드레스 필드는 0-20바이트의 가변길이이고 페이로드 필드도 가변이며 최대 102바이트로 페이로드에 실리는 데이터는 프레임 타입에 따라 틀려진다. sequence number와 FCS (Frame Check Sequence)는 이들에 의해 데이터의 전송이 성공했는지를 판단하거나, 프레임 내의 전송에러를 검출한다.

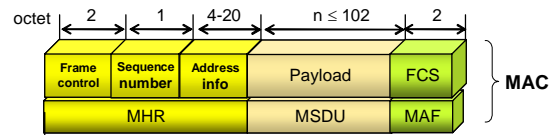


그림 16. IEEE802.15.4 MPDU 구조

IEEE 802.15.4는 응용분야에 따라 처리지연 시간이 짧아야 되는 서비스에 적용할 수 있도록, IEEE 802.15.4 저속 무선 PAN에서는 선택적으로 그림 17 같은 슈퍼프레임 모드를 운용할 수 있도록 하고 있다. 슈퍼프레임에서는 PAN coordinator로 불리는 지정된 네트워크 코디네이터가 사전에 예정된 간격으로 슈퍼프레임 비컨을 송신한다. 이 간격은 최소 15ms에서 최대 245sec가 될 수 있다. 두 개의 비컨간의 시간은 슈퍼프레임의 주기와 무관하게 16개의 동일한 타임 슬롯으로 나누어진다. 디바이스는 타임 슬롯동안 언제라도 데이터를 보낼 수 있으나 다음 슈퍼프레임 비컨 전에 해당 데이터 송수신을 완료하여야 한다. 타임 슬롯의 채널 액세스는 상호 경쟁하게 되며 PAN coordinator는 지정된 대역폭이나 낮은 처리 지연을 요구하는 단일 디바이스에 우선적으로 할당한다. 이같이 할당된 타임 슬롯을 GTS (Guaranteed Time Slot)라 하며, 다음 비컨 바로 앞에 위치하여 경쟁 없이 할당된다. 이러한 GTS의 수는 정해져 있지 않고 관련 네트워크 디바이스들의 요구에 따라 가변적이다.

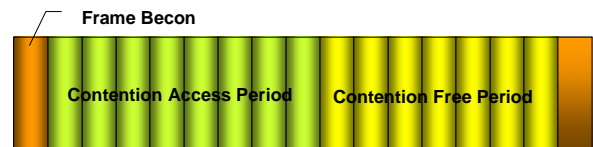


그림 17. IEEE802.15.4 Superframe

네트워크의 구조에 따라서 저속 무선 PAN은 2개의 채널 액세스 메커니즘 중 하나를 사용한다. 슈퍼 프레임을 갖는 비컨 가용 네트워크에서는 슬롯 CSMA/CA 방식이 사용되고, 비컨 비가용 네트워크에서는 비슬롯 CSMA/CA 방식이 사용된다. 비컨 비가용 네트워크에서 어떤 디바이스가 데이터 전송을 원할 시 다른 디바이스가 동일한 채널을 통해 전송하고 있는지를 확인하여 사용 중이면 랜덤주기 동안 전송을 지연하거나, 몇 번의 시도 후에 실패하면 전송실패를 표시한다. 앞서 전송의 확인 프레임은 수신 패킷에 이어

바로 보내지기 때문 CSMA/CA를 사용하지 않는다. 한편 비컨 가용 네트워크에서는 어떤 디바이스가 경쟁적으로 액세스하는 주기 동안 데이터 전송을 원할 시 다음 타임 슬롯의 시작을 기다렸다가 다른 디바이스가 동일 슬롯을 사용하고 있으면 랜덤 주기 동안 전송을 지연하거나 몇 번의 시도 후에 실패하면 전송실패를 표시한다. MAC의 중요한 기능은 수신된 프레임의 확인으로 확인프레임에 의해 성공적인 수신과 데이터의 효율성을 보장하며 수신측에서 데이터 처리가 불가능하면 확인 프레임을 보내지 않는다. 프레임 제어 필드에서 주어진 확인 프레임의 필요성 여부에 따라 정상적으로 수신된 프레임은 즉시 확인 프레임을 보낸다. 비컨 프레임은 PAN coordinator가 보내며 확인프레임의 수신에 대해서는 다시 확인하지 않는다.

IEEE 802.15.4 표준안에서는 3가지의 보안 레벨을 제공하면서 디바이스 가격의 최소화에 주안점을 두고 있고 보안키 분배방식에 대해서는 현재 표준안에서는 포함되지 않고 응용분야에 따라 상위 계층에 포함될 예정이다.

## 5. RFID의 기술 개요

RFID는 물리적 오브젝트를 식별하기 위해 사용되는 센서 네트워크의 한 형태로, 온도습도등과 같은 환경을 sensing하는 대신 RF tag나 Identifier등에 미리 저장되어 있는 정보를 리더가 시그널을 보내어 sensing하는 방식을 말한다. 크게 active RF tag와 passive RF tag로 나누어지는데, active RF tag는 tag 내부에 배터리를 가지고 있어 reader 혹은 다른 tag와 상호 통신을 할 수 있으나, passive RF tag는 다른 tag들과 통신을 할 수 없으며, 단지 reader로 저장된 정보만 보내는 기능을 수행한다. 이러한 RFID 기술과 기존의 무선 인식 기술을 비교하면 표 6과 같다.

표 6. 무선인식 기술 특성 비교

	Bar code	OCR	Smart cards	RFID systems
데이터의 양 (bytes)	1 - )	1 - )	16 - k	16 - k
데이터 density	Low	Low	Very high	Very high
사람의 인식도	Limited	Simple	Impossible	Impossible
먼지나 혼에 의한 영향	Very high	Very high	Possible	No influence
LOS (Line of Sight)	LOS	LOS	LOS	LOS/NLOS
방향성/ 치의 영향	Low	Low	Unidirectional	No influence
장비가격	Very low	Medium	Low	Medium
Operating costs	Low	Low	Medium	None
Unauthorized copying /modification	Slight	Slight	Impossible	Impossible
인식속도	Low ~4sec	Low ~3sec	Low ~4sec	Very fast ~0.5sec
동작거리	0 - cm	<1m scanner Direct contact 0 - m, microwave		0 - 10m microwave

또한, 각 주파수대역에서의 RFID 시스템의 장단점을 비교해보면 표7과 같이 정리할 수 있다.

애플리케이션에서 여러 개의 RFID tag와 동시에 또는 선택적으로 통신할 필요가 있다. 예를 들면, 여러 개의 RF card가 지갑에 있을 경우를 들 수 있는데 동시에 다수의 tag가 응답을 보낼 경우 tag간에 충돌이 발생하며, 이러한 충돌은 데이터의 신뢰성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라, tag의 인식을 및 인식속도도 떨어지게 한다. 따라서 다중 액세스를 지원하기 위해서는 여러 개의 tag의 데이터가 충돌하여 신뢰성이 떨어지는 것을 추가 지연 없이 방지해야 한다. 이와 같이 다중 액세스가 가능하도록 하는 것이 anti-collision 기술이며 이것이 RFID시스템의 성능에 결정적 영향을 미친다. RFID를 사용할 경우 발생하는 충돌에는 처리 공간이 같은 reader가 동시에 tag와 통신을 할 경우 발생하는 reader collision과 단일 reader가 여러 개의 tag와 동시에 통신을 할 경우 발생하는 tag collision이 있다.

그 중 reader collision의 경우 TDMA (Time Division Multiple Access)를 이용하여 각 reader들이 다른 시간에 통신을 할 경우 해결할 수 있다. tag collision을 해결하기 위한 방법은 크게 tag에 의한 방법(tag-driven)과 리더에 의한 방법(reader-driven)으로 나눌 수 있다. tag-driven방식은 비동기적 방법으로 동작하기 때문에 인식속도가 느리다는 단점이 있어서 대부분의 적용분야에서 reader-driven방식을 사용한다. 이 방법에서는 모든 tag의 응답이 reader에 의해 동시에 제어되기 때문에 동기적으로 동작한다. RF tag는 back-scatter방법을 통해 reader에게 데이터를 전달하기 때문에 다른 tag 의 존재를 알 수 없다. 따라서 RFID의 anti-collision을 해결하기 위해 다른 통신프로토콜의 MAC 프로토콜을 그대로 쓸 수 없다.

표 7. 주파수 대역에 따른 RFID시스템의 특성



Frequency Range	LF 125 KHz	HF 13.56 MHz	UHF 880 - 915 MHz	Microwave 2.45 GHz & 5.8 GHz
최대거리	< 0.5 m	1 m	3 m	1 m
Cost	High (Antenna)	Medium	Low	High
특성	Good for Metal and Liquid	Best for short range, single tag	Moderate performance	Fast read rates Best for Metal and Liquid
tag Power	Passive	Passive	Active/Passive tags	Active/Passive tags
응용분야	Access control animal tracking vehicle immobilizes POS applications including Speed Pass	"Smart Cards" Item-level tracking including barcode handling (non-US), libraries	Pallet tracking electronic toll collection barcode handling (US)	SCM electronic toll collection
전송속도	Slower			Faster
Metal/Water tag 기	Better			Worse
tag 기	Larger			Smaller

tag의 collision을 방지하기 위해 tag의 anti-collision 알고리즘은 공간 영역, 시간 영역, 혹은 주파수 영역에서 tag들을 조사한다. 현재 TDMA방식이 가장 많이 연구되고 있는데 시간 영역에서의 방법은 랜덤응답시간을 이용한 것이다. 이 방법의 단점은 필드안의 transponder의 최대 수가 랜덤응답 시간의 distribution에 높은 영향을 받는다는 것이다. 그래서 디바이스의 identification time이 필드안의 가능한 디바이스의 수에 의존하게 된다. TDMA에서 사용가능한 anti-collision 기술을 정리하면 그림 18와 같다[13].

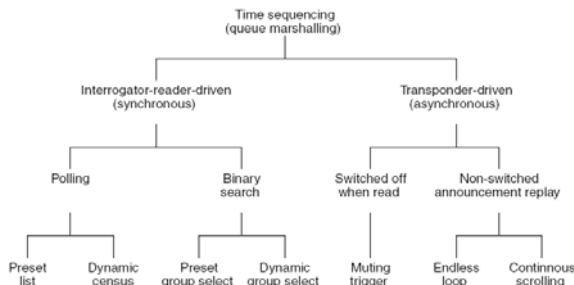


그림 18. RFID에서 Anti-collision 방식

이중 이진탐색 방법이 많이 사용되고 있으며, 비교적 인식 속도가 빠르다. 이진탐색 방법에 대하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 이진탐색 알고리즘 방식의 이름에서 의미하듯이 충돌에 의해 구분이 어려운 부분과 전송 가능한 tag의 수를 줄여가며 충돌을 해결하는 방식이다. 우선 reader가 인식 가능한 영역에 있는 모든 tag의 고유번호를 받아서 충돌이 일어나는 비트의 위치를 파악한다. 그 중 가장 상위의 충돌 비트 보다 높은 위치의 tag는 제거되고, 낮은 위치의 고유번호를 가진 tag는 다시 고유 번호를 전송한다. 하나의 tag만 남을 때까지 이런 과정을 순차적으로 반복 수행한다. 하나의 tag만 남으면, 그 tag의 정보를 읽어 들인다. 그리고 다음 과정에서 이미 정보를 읽어 들인 tag는 더 이상 reader의 REQUEST를 받지 않는다. 이진 탐색 방식은 tag의 비트 코딩 방식과 reader의 단순한 변조방식의 조합으로

수행되어진다. 일반적으로 현재 널리 사용되고 있는 비트 코딩 방식으로는 NRZ (Non Return to Zero) 코딩과 Manchester 코딩이 있고 이러한 코딩을 해석하기위하여 reader에서 ASK 변조 방식을 사용한다. 그림 19는 이진탐색 알고리즘의 예를 나타내고 있다.

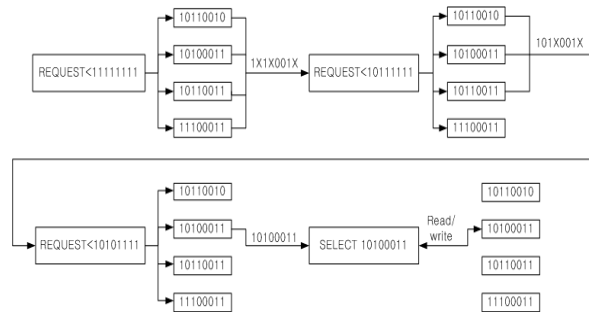


그림 19. 이진 탐색 알고리즘

예를 들어 reader의 인식 범위에 4개의 tag가 있고 각각의 고유 번호가 10110010, 10100011, 10110011, 11100011인 있다면, reader가 모든 고유번호를 동시에 받을 때 충돌이 발생하여 1X1X001X로 인식될 것이다. 그러면 reader는 REQUEST<10111111> 명령을 보내어 이보다 상위에 놓여 있는 tag는 reader로부터 받은 값을 돌려보낸다. 이렇게 순차적으로 탐색을 계속하여 충돌이 발생하지 않는 tag를 추적한다. 이진 탐색의 방식은 충돌이 발생하지 않는 tag를 찾기 위한 반복과정을 거치게 되는데, 이 반복 과정의 횟수는 식 (2) 로 표현할 수 있다.

$$L(N) = \frac{-\log(N)}{\log(2)} + 1 \quad (2)$$

L(N)은 반복 횟수를 나타내고, N은 reader의 인식 범위 안에 있는 tag의 수이다.

## 6. 결론

본고에서는 유비쿼터스 홈네트워크에서 적용 가능한 다양한 무선접속기술에 대하여 정리하였다. 그중 현재 널리 사용되고 있는 IEEE 802.11 무선 LAN 계열의 여러 표준안의 물리적 특성 및 MAC 프로토콜의 특성을 알아보았으며, IEEE 802.15 무선 PAN 계열의 표준화 프로토콜의 특성을 정리하였다. 또한, 근래에 유비쿼터스 네트워크의 무선 인식기술로 새롭게 인식되고 있는 RFID시스템의 특성을 비교하였다. IEEE 802.11의 경우 어느 정도의 QoS는 보장하지만 보장된 QoS의 제공이 어려우며, IEEE 802.15의 경우 저속이거나 또는 고속의 전송이 가능하지만 프로토콜이 복잡성과 망구성의 연결 등이 보장되지 않을 수 있



다는 단점이 있다. RFID의 경우에는 현재 거리에 대한 제약이 있으며, 금속물체의 부착에 어려움 등이 있다. 이외에도 본고에서 다루지 않은 무선 접속기술로는 무선 IEEE 1394 또는 센서들의 인터페이스 표준화인 무선 IEEE 1451 등이 있으나, 지면 관계상 다루지 않았다. 결론적으로 유비쿼터스 홈네트워크에서의 무선 접속기술은 응용분야, 가격, 적용환경 등을 고려하여 다양한 방식을 선택하여 복합적으로 사용하여야 할 것이다.

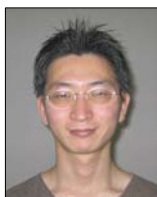
**감사의 글**

본 특집기고는 아주대학교 “정착연구 지원” 프로젝트와 IITA의 “ 해외 공동 연구 프로젝트”의 일부 지원에 의해 수행되었습니다.

**참고문헌**

1. IEEE 802.11a-1999(R2003) Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications—Amendment 1: High-speed Physical Layer in the 5 GHz band.
2. IEEE 802.11b-1999(R2003) Wireless LAN MAC and PHY specifications: Higher speed Physical Layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band.
3. IEEE 802.11g-2003 Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications—Amendment 4: Further Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band.
4. IEEE 802.15.1(tm)-2002 Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal

- Cribs, “Living Large with a Wireless Home Network.,” 10. 2002.5. Specification of the Bluetooth System v1.1, 2.2001.
6. IEEE 802.15.2-2003 Standard for Part 15.2: Coexistence of Wireless Personal Area Networks with Other Wireless Devices Operating in Unlicensed Frequency Bands.
7. Steve Shellhammer, Nada Golmie, Robert Van Dyck, Jie Liang, Y.C. Maa, Anuj Batra, Jim Lansford, and Arun Arunachalam, “Tutorial on 802.15.2 Draft,” IEEE 802.15-02/138r0.
8. IEEE 802.15.3-2003 Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPAN), 2.2003.
9. J. McCorkle, “Tutorial Presentation on UWB for 802,” IEEE 802.15-01/508r1, November 2001.
10. IEEE P802.15.4-2003 Standard for Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2.2003.
11. Venkat Bahl, “Zigbee Overview,” The ZigBee Alliance, September 2002.
12. Venkat Bahl, “ZigBee and Bluetooth-Competitive or Complementary?,” The ZigBee Alliance, September 2002.
13. Klaus Finkenzeller, “RFID Handbook : Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification”.



**《이현진》**

·1998년 아주대학교 전자공학부 입학  
 ·2003년 현재 아주대학교 무선인터넷 연구실 인턴과정  
 ·주관심분야 : 802.11 MAC 프로토콜, UWB, 패킷 스케줄링



**《김재현》**

·1991년 2월 한양대학교 전산과 학사.  
 ·1993년 2월 한양대학교 전산과 석사.  
 ·1996년 8월 한양대학교 전산과 박사.  
 ·1996년 1월~3월 일본 CRL 교환 연구원.  
 ·1997년 7월~1998년 6월 미국 UCLA 전기전자과 박사후연수.  
 ·1998년 11월~2003년 2월 Bell Labs, Performance Modeling and QoS Management Group, 연구원  
 ·2003년 3월 ~현재 아주대학교 전자공학부 조교수  
 ·주관심분야 : 무선 인터넷 QoS, MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16/20