

저속, 저가, 저전력 무선 PAN 표준 개발동향

Development Trend of Standards for Low-Rate, Low-Cost, and Low-Power Wireless PAN

김진태(J.T. Kim)	네트워크핵심기술연구부 책임연구원
이훈(H. Lee)	EPON기술팀 선임연구원
황대환(D.H. Hwang)	SOC기술팀 책임연구원, 팀장
김봉태(B.T. Kim)	네트워크핵심기술연구부 책임연구원, 부장

무선통신의 효율성이 증가되면서 다양한 분야에서 유선과 무선을 통합한 형태의 연결망이 구축되고 있으며, 이에 따라 저속, 저가, 저전력의 무선통신 분야의 기술 규격에 대한 요구사항이 제기되고 있다. 본 고에서는 무선으로 저속의 데이터 전송률을 요구하는 다양한 응용분야에 널리 활용될 수 있는 IEEE 802.15.4 저속 무선 PAN의 표준안과 응용서비스에 대해 살펴본다. 저속 무선 PAN 표준안의 주요 특징은 네트워크 구성의 유연성, 저가, 저전력 소모에 있다.

I. 서론

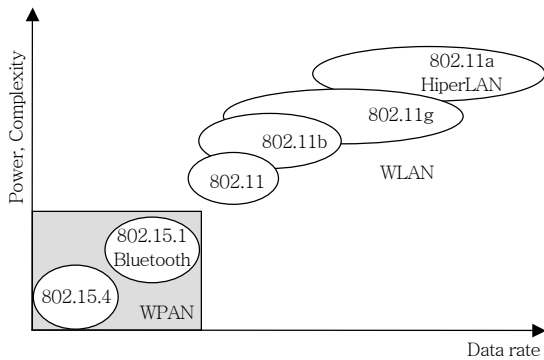
유선통신 분야에서의 데이터 고속화와 같이 무선 통신 분야에서도 데이터의 고속화에 초점을 맞추어 수 Mbps에서 수십 Mbps의 데이터 전송률을 가지는 근거리 무선 LAN 기술이 개발되어지고 있고, 이와 더불어 단거리 무선 PAN(Personal Area Network)에서도 데이터 전송률이 고속화되면서 수백 kbps에서 수백 Mbps에 이르고 있다. 이와 같이 무선의 고속화와 편이성에 의해 무선의 효율성이 증가되면서 다양한 분야에서 적용되고 있다. 그러나 응용분야에 따라 현재까지의 기술 규격으로는 저속, 저가, 저전력이 소모되는 응용분야의 요구사항을 만족하기에는 적절치 못한 상태이다.

홈 오토메이션의 예로써 창가의 온도 센서인 경우 이 센서는 시간 당 몇 번 정도의 온도만 알려주면 되므로 눈에 띄지 않게 작으며 매우 저가의 소자가 되어야 할 것이다. 유선으로는 선로 배선이 어려울 뿐 아니라 센서 가격보다 선로 배선이 몇 배의 원가

가 소요되므로 적절하지 못하다. 이같은 응용에서는 낮은 성능이며 저가의 무선 통신소자가 적격이다. 그리고 기술적인 측면에서 전력소모는 극히 저전력 소모형태가 되어야 하며 배터리를 자주 교체해야 한다면 비실용적이 될 것이다. IEEE 802.11의 무선 LAN 기술은 이같이 저속의 연결만을 요구하는 응용에서는 명백히 과다의 기술이다. 무선 PAN 기술인 IEEE 802.15.1 블루투스 는 원래 유선의 대체로서 인식되었으나 점점 복잡해지는 경향과 저전력 소모 응용에 적절치 못하며 이같은 복잡성으로 인해 초기의 목표가를 상회하고 있다. 그리고 이들 기술은 배터리의 수명에서도 한계가 있어 연간 여러 차례의 배터리의 교환이 요구된다. 그러므로 IEEE 802.11 무선 LAN이나 블루투스는 저속의 저가, 저전력의 응용에는 적합하지 못하다[1].

(그림 1)에서는 무선 LAN, 블루투스 및 저속 무선 PAN의 데이터 전송률, 전력소모 등 상대적 비교를 나타내며 응용에 따라 상호 보완적임을 알 수 있다[2].

본 고에서는 저가, 저전력으로 무선 PAN 영역에



(그림 1) 무선 PAN과 무선 LAN의 동작영역

서 활용되어지며 250kbps 이하의 낮은 데이터 속도로 동작되는 IEEE 802.15.4 저속 무선 PAN 표준안과 이를 활용한 응용서비스 분야에 대해 살펴본다. 이를 위해 I장의 서론에 이어 II장에서는 무선 PAN의 태동과 연구분야 및 무선 LAN과의 비교에 관해 기술하고, III장에서는 저속 무선 PAN의 응용서비스에 관해 기술하며, IV장에서는 저속 무선 PAN 프로토콜 규격을 살펴보고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 무선 PAN과 무선 LAN

1998년 3월 IEEE 802.11 무선 LAN WG (Working Group)에서 저전력 소모와 복잡도가 높지 않은 POS(Personal Operating Space) 영역에서의 무선접속을 제공할 수 있도록 표준의 필요성이

제기되고, 이를 연구하기 위해 무선 PAN SG(Study Group)을 만들었다. 이후 1999년 3월 IEEE 802 LMSC 총회를 거쳐 IEEE 802.15 무선 PAN WG이 생성되었다.

IEEE 802.15 무선 PAN WG에서의 연구범위는 움직이거나 정지상태에서 사방으로 10m까지 사람의 활동 공간인 POS(Personal Operating Space)에서 무선접속을 제공할 수 있도록 물리계층과 데이터 링크계층의 표준규격을 규정하는 것이며, 무선 LAN과의 차이점은 저전력 소모와 간단한 구조이면서 소형화와 저가에 초점을 맞추고 있다. IEEE 802.15 WG에서는 표준 개발을 위해 네 개의 TG(Task Group)이 있으며 TG1은 무선 PAN/블루투스 규격 표준작업을 수행하며, TG2에서는 무선 LAN과 무선 PAN의 상호 운용성을 유지하기 위한 모델과 규격의 표준 작업을 수행하여 무선 LAN, 블루투스 및 HomeRF가 공존할 수 있도록 연구하고 있다. TG3에서는 무선 PAN/UWB와 같은 20Mbps 이상의 HR(High-Rate) 무선 PAN 규격에 대한 표준작업을 하며, TG4에서는 본 고의 무선 PAN/ZigBee(일명 HomeRF Lite)와 같이 250kbps 이하의 LR(Low-Rate) 무선 PAN 규격에 대한 표준화 작업을 한다[3].

<표 1>에서는 무선 LAN과 무선 PAN의 표준규격에 대한 개략적인 비교를 나타낸다.

IEEE 802.15.4 저속 무선 PAN에서의 목표는 간단한 구조로서, 저가 저전력으로 고정장치나 휴대/

<표 1> 무선 PAN과 무선 LAN 표준규격

구분	무선 PAN		무선 LAN		
	IEEE 802.15.4(ZigBee)	802.15.1(Bluetooth)	802.11b(Wi-Fi)	802.11g	802.11a
주파수(Hz)	868M, 915M, 2.4G	2.4G	2.4G	2.4G	5G
변조	DSSS	FHSS	DSSS/CCK	OFDM/PBCC	OFDM
MAC	CSMA/CA	TDMA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA
데이터속도(bps)	250K, 40K, 20K	1M, 723K	11M	20M	54M
전송거리	10m~75m	10m~100m	60m~90m	45m~75m	15m~30m
노드 수	254	8	256	256	256
채널대역(Hz)	600K, 2M, 5M	1M	22M	22M	16.6M
전송전력(dBm)	-4~20	0~20	0	17	17
목표단가(US\$)	1.5~2.5	5	-	-	-

<표 2> IEEE 802.15.4 상위 계층의 특성

구분	특성
데이터 전송률	868MHz: 20kbps, 915MHz: 40kbps, 2.4GHz: 250kbps
적용 거리	10~75m
잠복 시간	Down to 15ms
채널 수	868MHz: 1ch, 915MHz: 10ch, 2.4GHz: 16ch
주파수 대역	2 물리층: 868/915MHz 및 2.4GHz
어드레싱	8-bit Short 또는 64-bit IEEE
채널 접속	CSMA-CA 및 slotted CSMA-CA
활용 온도범위	-40 to +85°C

이동장치와 무선으로 연결될 수 있는 방안을 표준화하는 것이며 물리계층과 데이터링크계층에 대해 정의한다. IEEE 802.15.4의 상위 계층의 특성은 <표 2>에서 나타난 바와 같다.

III. 저속 무선 PAN 응용서비스

저속 무선 PAN 규격인 IEEE 802.15.4는 모니터링, 자동화 등 산업용 제어와 재난 발생의 인식과 위치 결정 등 재난 관리, 장난감 및 게임 분야 활용, 가전제품 원격제어, 타이어 압력 센서와 같은 자동차 분야의 응용, 소형의 배지 및 출입 태그, 농작물 관리를 위해 농약 및 제초, 흙의 습도 센서 등 아주 다양한 분야의 응용에 활용될 수 있다. 그러나 IEEE 802.15.4의 가장 큰 활용분야는 무엇보다도 홈 오토

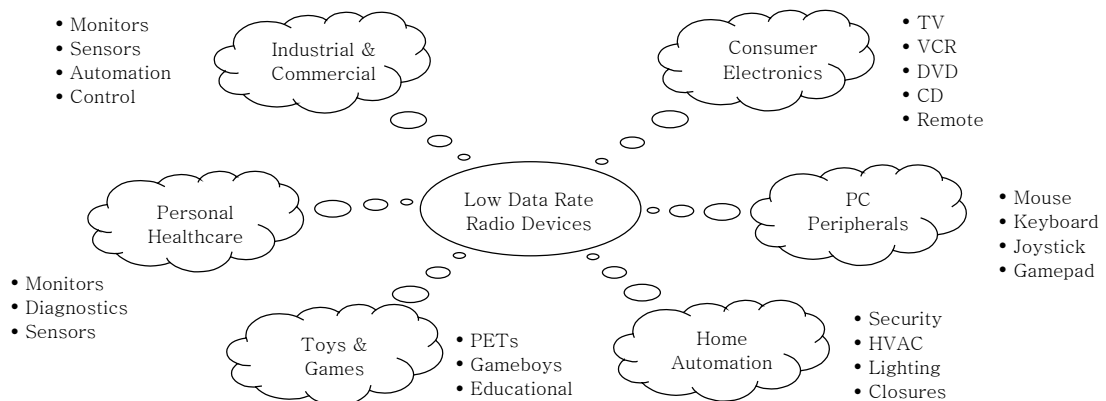
메이션 및 홈 네트워킹으로 예상하고 있다.

IEEE 802.15.4는 맥내에서 퍼스널 컴퓨터의 주변기기로서 무선마우스, 키보드, 조이스틱, 보급형 PDA, 게임기 등에 활용되며, 라디오, 텔레비전, VCR, CD, DVD, 리모트 제어기 등의 기존 가전 제품에 널리 활용될 수 있고, 홈 오토메이션으로 난방, 환기, 에어컨, 보안, 전등제어 등을 포함하여 출입문 및 창문 잠금 제어, 장난감 및 게임 등에도 널리 활용될 것이다. 이같은 응용에서 PC 주변 제어에서는 최대의 115.2kb/s 데이터 속도가 요구될 것이나 홈 오토메이션인 경우는 10kb/s 이하의 데이터 속도가 요구될 것으로 예상된다. 유사하게 메시지 송수신에 따라 처리 지연도 PC 주변 제어에서는 약 15ms 정도이며, 홈 오토메이션인 경우 100ms 정도로 예상된다.

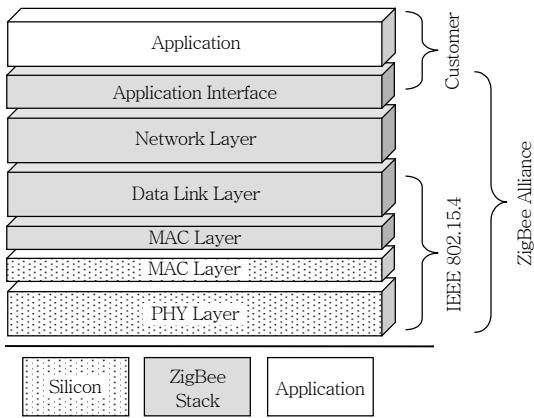
(그림 2)에서는 IEEE 802.15.4 무선 PAN이 적용될 수 있는 다양한 분야를 나타내고 있다.

IEEE 802.15.4 무선 PAN의 PHY 계층과 MAC 계층 기반으로 하여 (그림 3)에서와 같이 상위의 네트워크 계층에서 응용서비스까지는 응용분야의 환경에 따라 비영리 조직인 ZigBee 연맹에서 개발되고 있으며, 이 조직에서는 다양한 응용분야에서 활용될 수 있도록 응용 프로파일의 정의 및 개발에 초점을 맞추고 있다.

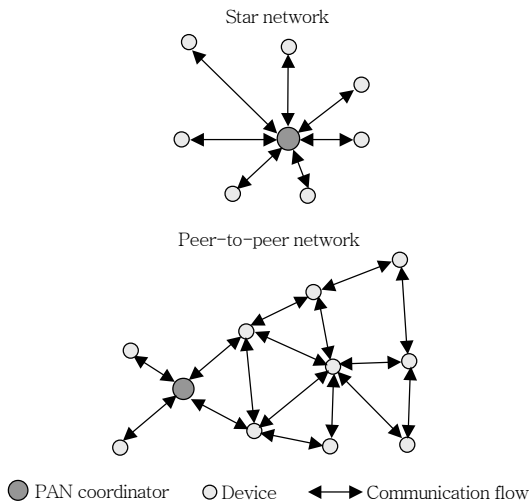
IEEE 802.15.4 프로토콜 계층구조는 기존 IEEE 802 표준과 동일하며, 앞서 기술한 바와 같이 물리계층과 데이터 링크 계층에 대해 관해서만 표준



(그림 2) IEEE 802.15.4 무선 PAN 응용서비스 분야



(그림 3) ZigBee 프로토콜 스택



(그림 4) Star 및 Peer-to-Peer 네트워크

화되고 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 4)와 같이 스타형과 peer-to-peer 네트워크 토폴로지를 모두 지원한다. 이같은 토폴로지는 응용서비스 분야에 따라 달리 설계되어질 것이며, PC 주변 장치인 경우는 스타형 토폴로지가 될 것이고, 광범위한 지역을 위한 보안 시스템과 같은 경우 peer-to-peer 네트워크 토폴로지가 될 것이다. 어드레스 타입도 8-bit Short과 64-bit IEEE를 지원한다[3]-[5].

IV. 저속 무선 PAN(IEEE 802.15.4) 프로토콜 규격

1. 데이터링크 계층

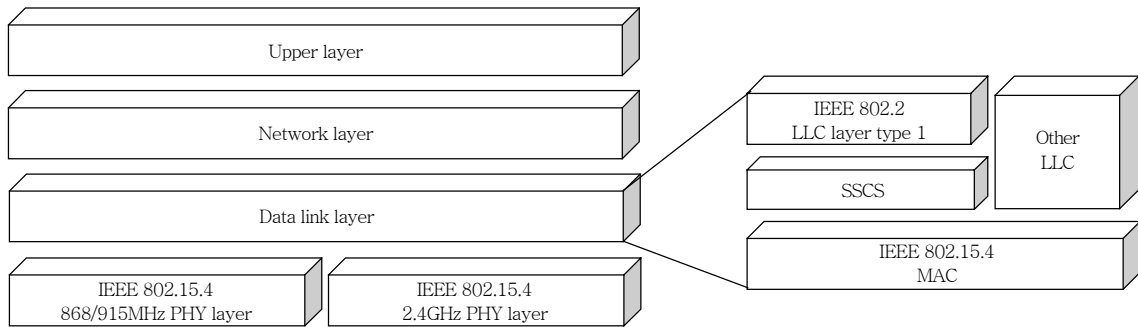
IEEE 802에서는 데이터링크 계층을 2개의 부계층으로 나누어 MAC 부계층과 LLC 부계층으로 이루어진다. LLC 부계층은 IEEE 802.2에서 표준화되어 있으며, 이는 IEEE 802.3, IEEE 802.11, IEEE 802.15.1에 공통으로 적용된다. 반면에 MAC 부계층은 하드웨어와 밀접하며 물리계층의 구현에 따라 변화될 수 있다. (그림 5)는 ISO의 OSI 기준 모델에 대비하여 IEEE 802.15.4의 계층 구조를 나타낸다.

IEEE 802.15.4 MAC은 SSCS(Service Specific Convergence Sublayer)를 통해 IEEE 802.2 LLC type1에게 서비스를 제공하거나 SSCS를 통하지 않고 전용의 LLC에게 서비스를 제공한다. SSCS는 MAC 부계층과 다른 LLC 부계층 간의 호환성과 단일화된 서비스 접속점을 유지한다. 이와 같은 모델을 사용함으로써 IEEE 802.15.4 MAC은 IEEE802.2에서 사용하지 않는 특징이 제공되어 (그림 4)와 같은 네트워크 토폴로지를 지원할 수 있다.

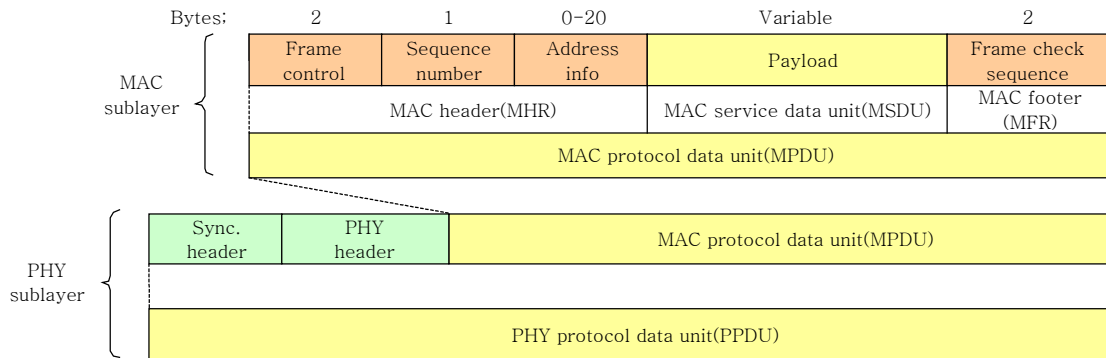
IEEE802.15.4 MAC의 특징으로 연합(association)과 비연합(disassociation), 확인 프레임 배달, 채널 액세스 메커니즘, 프레임 유효성, 타임슬롯 보장 관리, 비컨 관리 등이 있다. MAC 부계층은 상위 계층으로 2개의 SAP를 통해 접속될 수 있는 2종의 서비스를 제공한다. MAC 데이터 서비스는 MCPS-SAP(MAC common part sublayer)를 통해 접속되며, MAC 관리 서비스는 MLME(MAC Layer Management Entity)-SAP를 통해 접속된다. 이들 서비스는 SSCS나 다른 LLC와 물리계층과의 인터페이스를 제공한다. MAC 관리 서비스는 26개의 프리미티브를 가지며 이는 131개의 프리미티브와 32개의 이벤트를 갖는 IEEE 802.15.1 블루투스과 비교시 매우 간단함을 알 수 있다.

가. MAC 프레임 포맷

IEEE 802.15.4 MAC 프레임은 다양한 응용과 네



(그림 5) ISO-OSI 계층모델에서 IEEE 802.15.4 계층 구조



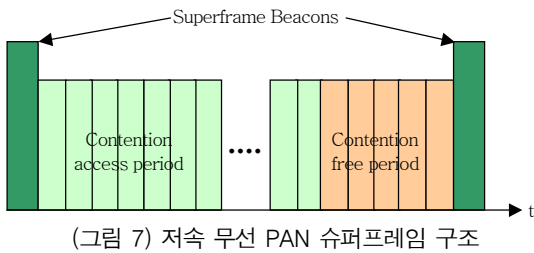
(그림 6) IEEE 802.15.4 MAC 프레임 포맷

트위크 토폴로지를 위해 매우 유연성이 있는 구조를 가지며 유지 관리를 위해서는 간단한 프로토콜을 사용한다. MAC 프레임의 전체 구조는 (그림 6)과 같다. MAC 프레임은 MPDU(MAC Protocol Data Unit)라 부르며 (그림 6)에서와 같이 MHR(MAC header), MSDU(MAC Service Data Unit) 및 MFR(MAC footer)로 이루어져 있다. MAC 헤드의 첫 필드가 프레임 컨트롤 필드로서 전송되는 프레임의 타입을 나타내며, 어드레스 필드의 포맷을 규정하고, 확인 필드를 제어한다. 어드레스 필드는 0~20바이트의 가변길이로서 응용에 따라 유연성을 갖도록 하고 있다. 페이로드 필드도 가변이며 최대 127바이트로서 페이로드에 실리는 데이터는 프레임 타입에 따른다. IEEE 802.15.4 MAC은 비컨 프레임, 데이터 프레임, 확인 프레임, MAC 명령 프레임 등 4가지 프레임 타입을 가지며, 데이터 프레임과 비컨 프레임만이 상위 계층에 전달할 정보를 가지고 확인 프레임과 MAC

명령 프레임은 MAC 계층간의 peer-to-peer 통신에 사용된다. MAC 프레임의 다른 필드로서 sequence number와 FCS(Frame Check Sequence)가 있으며 이들에 의해 데이터의 성공적인 전송과 프레임 내의 전송에러를 검출한다.

나. 슈퍼프레임 구조

응용분야에 따라 처리지연 시간이 짧아야 되는 서비스에 적용할 수 있도록 IEEE 802.15.4 저속 무선 PAN에서는 선택적으로 슈퍼프레임 모드를 운용할 수 있도록 하고 있다. 슈퍼프레임에서는 PAN 코디네이터로 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 타임슬롯으로 나누어진다. 디바이스는 타임슬롯동안 언제라도 데이터를 보낼



(그림 7) 저속 무선 PAN 슈퍼프레임 구조

수 있으나 다음 슈퍼프레임 비컨 전에 해당 데이터 송수신을 완료하여야 한다. 타임슬롯의 채널 액세스는 상호 경쟁하게 되며 PAN 코디네이터는 지정된 대역폭이나 저 처리 지연이 요구되는 단일 디바이스에 할당할 수 있다. 이같이 할당된 타임슬롯을 GTS (Guaranteed Time Slots)이라 하며 (그림 7)에서와 같이 다음 비컨 바로 앞에 위치하여 경쟁 없이 할당된다. 경쟁이 없이 할당되는 타임슬롯의 수는 관련 네트워크 디바이스들의 요구에 따라 가변이다.

다. 그 외 MAC 특징

네트워크의 구조에 따라서 저속 무선 PAN은 2개의 채널 액세스 메커니즘 중 하나를 사용한다. 슈퍼프레임을 갖는 비컨 가용 네트워크에서는 슬롯 CSMA-CA 방식이 사용되고, 비컨 비가용 네트워크에서는 언-슬롯/표준 CSMA-CA 방식이 사용되어진다.

비컨 비가용 네트워크에서 어떤 디바이스가 데이터 전송을 원할 시 다른 디바이스가 동일한 채널을 통해 전송하고 있는지를 확인하여 사용중이면 랜덤 주기동안 전송을 철회하거나, 몇 번의 시도 후에 실패하면 전송실패를 표시한다. 앞서 전송의 확인 프레임은 CSMA를 사용하지 않으며 이는 수신 패킷이 이어 바로 보내지기 때문이다. 한편 비컨 가용 네트워크에서는 어떤 디바이스가 경쟁적으로 액세스하는 주기동안 데이터 전송을 원할 시 다음 타임슬롯의 시작을 기다렸다가 다른 디바이스가 동일 슬롯을 사용하고 있으면 랜덤 주기동안 전송을 철회하거나 몇 번의 시도 후에 실패하면 전송실패를 표시한다. 추가적으로 비컨 가용 네트워크에서 확인 프레임은 CSMA를 사용하지 않는다.

MAC의 중요한 기능은 수신된 프레임의 확인으로 확인프레임에 의해 성공적인 수신과 데이터의 유효성을 보장하며 어떤 이유에서 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 코디네이터가 보내며 확인프레임의 수신에 대해서는 다시 확인하지 않는다.

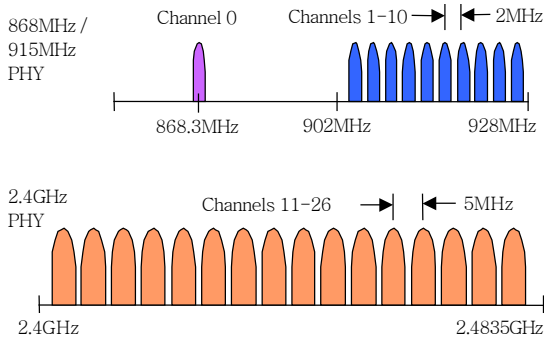
IEEE 802.15.4 표준안에서 3가지의 보안 레벨을 제공하면서 디바이스 가격의 최소화에 주안점을 두고 있고 보안키 분배방식에 대해서는 현재 표준안에서는 포함되지 않고 응용분야에 따라 상위 레이어에 포함될 예정이다.

2. 물리계층

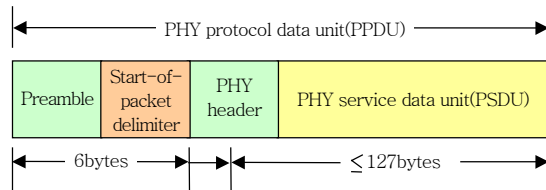
IEEE 802.15.4에서는 두 가지 물리계층(multi-band, multirate)을 지원하며 이들 물리계층은 low-duty-cycle과 low-power-operation을 위해 동일한 패킷 구조를 갖는다. 두 물리계층 사이의 근본적인 차이는 주파수 대역으로 일반적으로 널리 활용되는 ISM 대역인 2.4GHz와 유럽과 미국의 868/915MHz 대역으로 유럽에서는 868MHz 대역을, 미국에서는 915MHz 대역을 사용한다. 그리고 물리계층의 사용대역에 따라 전송속도가 다르며 2.4GHz 대역에서는 O-QPSK 변조방식에 의해 250kbps의 전송속도를 제공하고, 868/915MHz 대역은 BPSK 변조방식에 의해 각각 20kbps와 40kbps 전송속도를 제공한다.

가. 채널화

IEEE 802.15.4에서는 (그림 8)과 <표 3>에서와 같이 3개의 주파수 대역에서 27개의 채널을 갖는다. 868/915MHz 물리계층은 868.0MHz와 868.6MHz 사이의 대역에서 하나의 채널과 902.0MHz와 928.0 MHz 대역에서 10개의 채널을 제공한다. 2.4GHz 물리계층은 2.4GHz와 2.4835GHz 사이의 대역에서



(그림 8) IEEE 802.15.4 채널 구조



- PHY packet fields:
- Preamble(32bits) - synchronization
 - Start-of-packet delimiter(8bits) - signify end of preamble
 - PHY header(8bits) - specify length of PSDU
 - PSDU(≤127bytes) - PHY layer payload

(그림 9) IEEE 802.15.4 물리계층 패킷 구조

<표 3> IEEE 802.15.4 채널 주파수

채널 수	채널 중심 주파수
k = 0	868.3MHz
k = 1,2, , 10	906 + 2(k-1)MHz
k = 11,12, , 26	2405 + 5(k-11)MHz

5MHz 간격으로 16채널을 제공한다.

무선 홈 네트워크는 동일 주파수 대역을 경쟁적으로 사용하는 여러 가지 방식과 맥내 가전 제품에 의한 신호간섭으로 인해 사용 주파수 대역의 채널 변환이 용이하여야 한다. 표준안에서 동적인 채널 선택 방안을 강구하고 있으나 특정 알고리즘의 선택은 네트워크 계층에서 결정하도록 하고 있다. MAC에서는 물리계층을 통해 각 채널의 상태 정보를 가지고 이 정보에 의해 초기사용 및 변환될 채널을 결정할 수 있게 한다.

나. 패킷 구조

MAC과의 공통 인터페이스를 유지하기 위해, 2개의 물리계층은 (그림 9)와 같이 동일한 패킷 구조를 가지고 있다. 이들 물리계층의 패킷인 PPDU(Packet Protocol Data Unit)는 동기를 위한 Preamble과 SoP(Start of Packet) delimiter, PHY 헤더 및 PSDU로 구성되어 있다. 그리고 각 물리계층은 맥내의 좁은 영역과 낮은 칩률로 인해 채널 등화기는 사용하지 않는다.

물리계층 헤더에서 7비트는 0~127바이트의 페이로드의 길이를 나타내기 위해 사용하며 MAC 계

층의 오버로드로 인해 0 길이의 패킷은 실제로 나타나지 않는다. 모니터링, 보안관리, 등화, 온도 제어기와 같은 간단한 맥내 가전을 위한 응용에서의 패킷 데이터 길이는 30~60바이트 정도가 되며, 대화형 게임, 컴퓨터 주변장치 등과 같은 경우는 좀더 긴 패킷 데이터 길이를 갖게 될 것이다. 각 대역에서 전송률을 조정하여 최대의 패킷 주기는 2.4GHz에서 4.25ms, 915MHz에서 26.6ms, 868MHz에서 53.2ms가 될 것이다.

다. 변조

868/915MHz 물리계층은 간단한 DSSS 방식을 사용하여 데이터를 전송하며 각 전송되는 비트는 15칩 최대길이시퀀스(m-시퀀스)로 나타난다. 이진 데이터는 각 m-시퀀스와 +1, 또는 -1을 곱하여 엔코딩 한다. 그리고 결과의 칩시퀀스는 BPSK의 캐리어 주파수로 변조된다. 차분 동기수신의 복잡도를 줄이기 위해 변조에 앞서 차분데이터 엔코딩이 된다. 2.4GHz의 물리계층은 DSSS 기반의 16-ary 준 직교 변조방식을 사용한다. 2진데이터는 4비트 심볼로 그룹화되며, 각 심볼은 전송을 위해 직교 32칩 PN(Pseudo-Noise) 시퀀스의 16개 중 하나로 나타난다. 계속되는 데이터 심볼의 PN 시퀀스는 상호 연결되며, 모아진 칩시퀀스는 MSK(Minimum Shift Keying)에 의해 캐리어 변조가 이루어지며, 이것은 반주기 사인 펄스파형을 갖는 O-QPSK(Offset-Quadrature Phase Shift Keying)와 동일하다. 물리계층에 대한 주요 변조 변수는 <표 4>와 같다.

<표 4> IEEE 802.15.4 변조

물리계층	주파수대역	데이터 파라미터			스프레딩 파라미터	
		비트율(kbps)	심볼률(kbaud)	변조	칩률(Mchips/s)	변조
868MHz PHY	868.0~868.6MHz	20	20	BPSK	0.3	BPSK
915MHz PHY	902.0~928.0MHz	40	40	BPSK	0.6	BPSK
2.4GHz PHY	2.4~2.4835GHz	250	62.5	16-ary orthogonal	2.0	O-QPSK

IEEE 802.15.4에서 현재 수신기의 수신감도는 2.4GHz 물리계층에 대해서는 -85dBm이고, 868/915MHz 물리계층에서는 -92dBm이다. 이 값은 저가로 구현할 수 있을 뿐 아니라 제조상의 여유 마진도 감안된 것으로 실제 좋은 제품인 경우 10dB 이상의 차이가 있을 것이다.

신호의 전송거리는 수신감도와 전송전력에 비례하며 대표적으로 1mW의 출력 시 10~20m의 전송거리가 될 것이다.

2.4GHz 대역에서의 동작은 같은 주파수 대역을 사용하는 장치들에 의한 신호간섭에 대한 처리 기능을 가져야 한다. 또한 IEEE 802.15.4 응용의 주요 요구사항으로 저전력 소모에 의한 배터리 수명이 길어야 한다. 이는 실질적으로 동작기간의 99.9% 동안 수면 상태이며 극히 일부의 시간만 동작되기 때문이다[4],[5].

V. 결론

무선통신 기술의 발전과 활용의 편리성으로 인해 무선과 유선이 결합한 형태로 다양한 분야에서 새로운 응용분야가 개발되고 있고 이와 함께 무선통신서비스의 한 부분으로 저속, 저가, 저전력 무선통신 분야의 표준 규격에 대한 요구사항이 제기되어 연구되고 있다.

IEEE 802.15.4 저속 무선 PAN은 이와 같은 요구사항을 만족하는 규격으로 데이터 링크 계층과 물리계층을 규정하며 현재 표준 초안은 완료된 상태이다. 그리고 이 규격의 상위 계층과 응용서비스를 개

발하기 위해서 사용자 그룹에 의해 ZigBee 연맹을 결성하여 상위 계층과 이를 활용한 응용서비스 프로파일 개발 작업을 지속적으로 추진하고 있다.

이같은 노력의 결과로 2002년 말 IEEE 802.15.4 규격과 이의 상위규격을 포함하는 ZigBee 규격에 따라 저속 무선 PAN 소자를 필립스, 모토로라, 엘엠에릭슨 등 다수의 기업체들에 의해 개발하여 여러 분야에서 활용될 수 있도록 추진하고 있다.

이에 따라 그 동안 비표준으로 독자적인 무선기술의 사용자들이 점차 표준이며 저가, 저전력의 IEEE 802.15.4로 전환이 이루어질 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] ZigBee Web site: <http://www.zigbee.com>
- [2] J.A. Gutierrez et al., "IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Power Low-Cost Wireless Personal Area Networks," *IEEE Network*, Vol. 15, No. 5, Sep./Oct. 2001, pp. 12 - 19.
- [3] IEEE 802.15 TG4 Web site: <http://www.ieee802.org/group/802/15/index.html>
- [4] Jose A. Gutierrez, "IEEE 802.15.4 Tutorial," Doc. IEEE 802.15-03/036r0, Jan. 2003.
- [5] Ed Callaway et al., "Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks," *IEEE Communications Magazine*, Aug. 2002, pp. 70 - 77.
- [6] Bill Rose, "Home Networks: A Standard Perspective," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 39, No. 12, Dec. 2001, pp. 78 - 85.
- [7] IEEE Std. 802-1990, "IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture(ANSI)."