

IEEE 802.15.4: Sensor Network 기술

전자부품연구원 이상학*·조위덕**·송병철·강정훈·김대환

경희대학교 정태충**

1. 서론

현실세계에서 발생하는 여러 이벤트를 감지하는 센서들은 인간의 생활환경에 밀접한 영향을 미치고 있다. 산업, 농업, 차량, 가정, 의료 등의 분야에서 다양하게 사용되고 있는 이러한 기존 센서들은 지금까지 주로 센싱 작업 그 자체에 관점을 두고 개발되어 왔다. 사용자가 센서가 장치된 위치에 가서 확인하거나 유선을 통해 단순 센싱 데이터를 전송해 주는 방식으로 이용되었다. 그러나, 센서들이 무선 네트워크로 연결되어 설치비용의 절감 효과와 함께, 적용이 곤란했던 새로운 애플리케이션을 만들어 낼 수 있게 되었다. 이러한 노력들은 주로 센서 기업들의 독자기술로 이루어져 제품간의 호환성을 이룰 수 없고 그 비용 역시 매우 비싼 상황이다[6].

이를 개선하여 초소형, 저가, 저전력의 특징을 지닌 표준 기술을 제정하여 제품의 호환성을 확보하고 산업이 확산될 수 있도록 하는 계기를 마련하였다. IEEE에서는 IEEE 802.15 Wireless Personal Area Network working group의 Task Group 4에서 무선

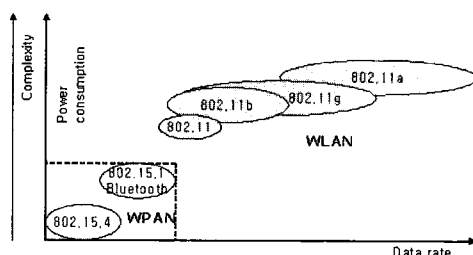


그림 1 WPAN과 WLAN 표준 기술들의 동작 환경

센서 네트워크에서 사용할 수 있는 새로운 표준안을 제정하였다. 지난 2000년 10월부터 시작되었던 표준화 작업은 2003년 5월 IEEE 802.15.4 draft 18이 최종 승인되었다. 현재 무선 네트워크의 다른 표준안을 다루고 있는 IEEE 802.11 계열 및 IEEE 802.15.1 Bluetooth와 비교한 다음 차트를 보면 상대적 기술의 특성을 알 수 있다.

센서 네트워크의 특성상 고속의 무선 네트워크보다는 저가격, 저전력, 복잡도가 낮은 회로를 통해 배터리로 몇 개월에서 몇 년까지 기능을 계속 수행할 수 있는 네트워크 기술을 필요로 한다. IEEE 802.15.4 표준안에서는 이러한 물리 계층과 MAC 계층을 정의하고 있다. MAC 계층 상위 프로토콜은 이전 홈 네트워크 표준 단체 HomeRF에서 파생되어 그 영역을 산업 및 차량으로 확장한 Zigbee Alliance에서 표준안을 작성 중에 있다[10][13].

본 논문의 구성은 2장에서 대학과 연구소에서 진행되고 있는 센서 네트워크 기술들에 대해 알아보고 3장에서 IEEE 802.15.4 LR-WPAN(Low-Rate Wireless Personal Area Network)의 일반적 기술 특성, 4장에서 응용 애플리케이션, 5~6장에서 MAC 계층과 물리 계층의 세부 기술 특성을 기술한다. 7장에서 칩 업체의 개발 동향에 대해 알아보고, 마지막 8장 결론으로 끝을 맺고자 한다.

2. 관련 연구

현재 세계 유수의 대학과 연구소에서 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 미국은 센서 네트워크 기술이 차세대 정보기술의 핵심으로 예측하고 DARPA, NSF 등의 국가 연구기관과 Intel 등의 기업에서 집중적인 투자를 하고 있다. 이 장에서는 대표적인 몇 개의 연구 프로젝트를 소개한다.

* 정회원

** 종신회원

2.1 UC Berkeley 대학의 WEBS(Wireless EmBedded Systems)

센서 네트워크 분야의 대표적인 프로젝트로서 David Culler, Kris Pister 교수 등이 이끌고 있는 NEST, Smart Dust 등을 포함하고 있다. 센서 네트워크를 위한 개방형 소프트웨어/하드웨어 플랫폼 개발을 목표로 하는 이 프로젝트에서는 하드웨어 플랫폼 Mote와 극초소형 OS인 TinyOS를 개발하였다 [1][2]. 현재 Mote, TinyOS는 센서 네트워크를 연구 중인 전세계 대학과 연구소의 기본적인 개발 도구로 자리잡고 있다. 현재 연구 중인 Mote는 MICA2와 DOT3이며 이들의 세부사양 및 사진자료이다.

표 1 Berkeley MICA2 Mote의 세부사양

구 분	세부사양
Processor & Radio Platform	<ul style="list-style-type: none"> • ATMEL ATmega128L Flash 128KB, EEPROM 4KB, • 868/916MHz Radio No. of Channel:>8,>10 Data rate:38.4Kb명 Range:500ft • 2×AA batteries • Size:58×32×7(mm)
Sensor Board	<ul style="list-style-type: none"> • weather station (temp,light,hum,press) • vibration (2d acc, temp, light) • accelerometers • magnetometers

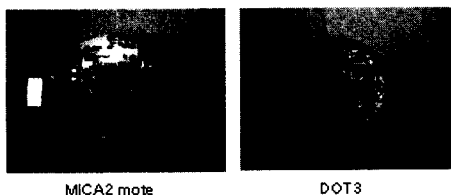


그림 2 Berkeley Mote의 사진자료

또 다른 결과물인 TinyOS는 데이터 크기가 226바이트, OS 스케줄러가 16바이트의 극초소형의 크기로 만들어졌다. 마이크로쓰레딩 알고리즘을 구현하였

고, 현재에는 단순 FIFO 기반으로 동작하고 향후 우선순위(priority-based) 기반이나 한정시간(dead-line-based) 순위기반 스케줄에 대해 연구중이다. 전력인지는 큐가 비어있을 때, CPU가 SLEEP 모드로 동작하고 있다. 그 외에 RF 프로토콜과 멀티홉 라우팅 프로토콜을 개발하였다.

2.2 UCLA 대학의 CENS(Center for Embedded Networked Sensing)

Deborah Estrin 교수가 NSF로부터 4,000만 달러와 기업으로부터 지원을 받아 10년간 진행되고 있는 프로젝트로서 적응형 자기 구성(Self-configuring) 무선 시스템을 중심으로 위치인지, 시간 동기화, 센서 보정, 정보 수집, 저장, 이벤트 감지 등의 센서 네트워크에 대한 광범위한 연구를 하고 있다. 이 프로젝트에서는 실제 환경에 바로 적용될 수 있도록 지진 감지 실험, 해양 미생물, 토양이나 공기의 오염균 감시, 생태계 모니터링 등에 대한 직접적인 실험을 수행하고 있다[3].

2.3 MIT 대학의 μ -AMP II(μ -Adaptive Multi-domain Power aware Sensors- II)

DARPA, ARL Collaborative Technology Alliance, TI, HP-MIT Alliance로부터 지원을 받아 Anantha Chandrakasan 교수가 수행 중에 있다. 센서 네트워크의 생존시간을 늘릴 수 있도록 하며 스스로 구성, 재구성할 수 있는 기술에 대해 연구 중이다 [4]. 프로젝트 I단계에서 상용 부품을 사용한 하드웨어 시스템 플랫폼을 완성하였고, II단계에서 SoC를 개발 중에 있다. 아래 그림은 개발된 보드와 향후 목표 칩을 나타내고 있다.

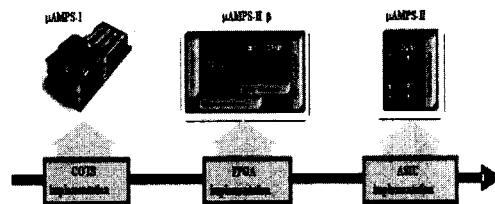


그림 3 μ -AMP의 진행사항

2.4 PARC 연구소의 ECCA(Embedded Collaborative Computing Area)

두 개의 프로젝트가 진행 중인데 CoSense(Collaborative Sensing)에서는 전원과 대역폭 자원이 극히 제한된 무선 센서 네트워크에서의 정보 처리, 저장, 라우팅에 대해 연구중이고, Smart Matter Diagnostics은 고장나기 쉬운 환경에서 동작하는 네트워크 시스템에 대한 분산 복합 진단을 목표로 하고 있다[5]. DARPA에서 일부 지원을 받아 Feng Zhao 박사가 Stanford 대학의 Leo Guibas 교수와 함께 프로젝트를 이끌고 있다. 그림 4는 프로젝트의 응용을 나타낸 그림이다.

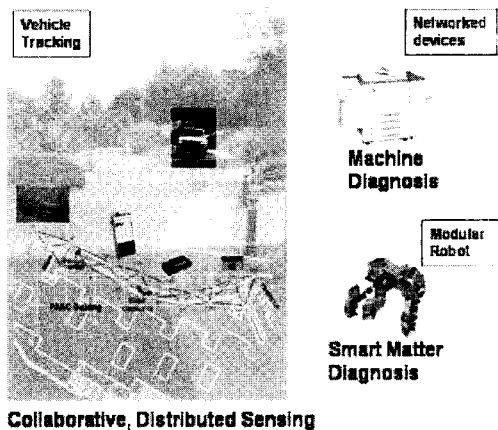


그림 4 ECCA 프로젝트의 응용 사례

3. IEEE 802.15.4 LR-WPAN의 특성

홈/빌딩 콘트롤 및 오토메이션, 보안, 가전, PC 주변장치, 의료기기, 장난감 등의 응용을 목표로 하여 장시간의 배터리 사용, 신뢰성 있는 통신, 자동 혹은 반자동 설치, 네트워크 노드의 추가/제거의 용이성, 벽이나 천정을 지날 수 있는 무선 시그널, 저가의 시스템 등을 제공하려 한다. 이러한 응용에 쉽게 적용될 수 있도록 하기 위해 LR-WPAN은 신뢰성 있는 데이터의 전송과 다양한 네트워크 토폴로지를 지원한다.

LR-WPAN에서는 디바이스 클래스를 두 가지 범주로 분류하고 있다. Full Function Device(FFD)는 어떠한 토폴로지의 구성이 가능하며, 네트워크 코디네이터(Coordinator) 역할을 수행할 수 있고, 영역 내

의 어떠한 노드와도 통신이 가능하다. RFD (Reduced Function Device)는 스타 토폴로지로 제한되며, 네트워크 코디네이터가 될 수 없고, 단지 네트워크 코디네이터와 통신할 수 있다[7].

LR-WPAN에서는 스타 토폴로지와 Peer-to-Peer 토폴로지를 지원한다. 스타 토폴로지는 네트워크 내의 코디네이터, 즉 허브(Hub), 노드를 중간에 두어 노드간의 연결이 이루어지고 보편적으로 PC 주변장치와 같은 응용에서 손쉽게 적용 가능하다. Peer-to-Peer 토폴로지에서는 모든 노드가 통신 영역 내에 있는 노드와 연결 가능하다.

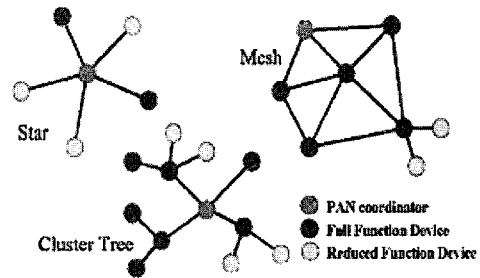


그림 5 LR-WPAN의 네트워크 토폴로지

위 그림에는 Peer-to-Peer 토폴로지의 하나의 예인 Cluster Tree 구조를 볼 수 있다. Cluster Tree 구조를 통해 보다 광범위한 네트워크를 구성할 수 있다. 이는 멀티 홉 라우팅을 수행하여 넓은 범위의 센

표 2 IEEE 802.15.4 LR-WPAN 특징

구분	범위
Data rate	868 MHz: 20kb/s 915 MHz: 40kb/s 2.4 GHz: 250kb/s
Range	10-20m
Latency	Down to 15ms
Channels	868/915 MHz: 11 channels 2.4 GHz: 16 channels
Frequency band	868MHz/915MHz 2.4GHz
Addressing	64-bit IEEE(or Short 8-bit)
Channel access	CSMA-CA slotted CSMA-CA
Topology	Star or Peer-to-Peer net.
Temperature	Industrial temperature range -40 to +85C

성이 가능하며 단일 노드간의 통신 거리를 넓히지 않아도 된다. 따라서 저전력이 가능하며 네트워크 노드 가격을 낮출 수 있다. Multi-hop 라우팅에 대한 정의는 Zigbee Alliance에서 담당하고 있다[10]. LR-WPAN 기술에 대한 일반적인 특징을 정리하면 다음 표와 같다.

무선 주파수의 범위는 비인가 ISM(Unlicensed Industrial Science Medial) 주파수 대역인 2.4GHz과 868/915MHz를 사용한다. 2.4GHz 대역은 세계적으로 사용이 허가된 주파수 대역이며 868MHz는 유럽에서 915MHz는 미국에서 사용 가능하다. 이들 각각은 20Kbps, 40Kbps, 250Kbps까지의 데이터 전송이 가능하다. 또한, 채널의 수는 868MHz에서 1개, 915MHz에서 10개, 그리고 2.4GHz에서 16개를 지원한다. 그 외의 기술적 세부사항은 이후의 장에서 다루기로 한다.

4. 응용 애플리케이션

다양한 분야의 응용을 목표로 만들어진 LR-WPAN은 새로운 센서 네트워크의 설치 시 상당한 비용 절감을 이룰 수 있으며, 설치되어 있는 네트워크의 추가적 확장도 손쉽게 할 수 있다. 그림 6은 센서 네트워크가 동작하는 일반적인 시스템 구성을 나타낸 그림이다.

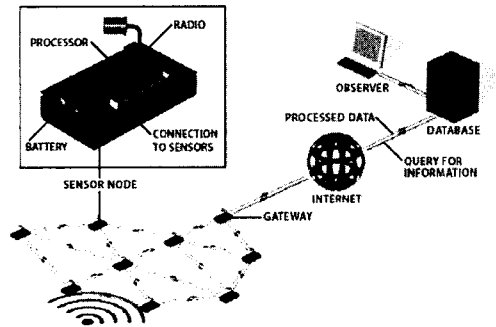


그림 6 센서 네트워크의 동작 환경 및 노드의 구성요소[6]

센서 노드들이 상황 감지를 위해 센싱 필드에 배치되고 노드 중 게이트웨이 역할 수행하는 노드는 인터넷에 연결되어 사용자는 원격지에서 감시 및 제어할 수 있다. 일반적인 센서노드는 초소형 프로세서, 배터리, 라디오, 센서 인터페이스로 구성된다.

초기 적용분야는 전송지연이 발생하더라도 전체 시스템에 심각한 영향을 미치지 않는 분야가 될 것이다. 이러한 산업 분야 모니터링은 고속 전송일 필요가 없고 일정한 갱신도 일어나지 않는다. 상대적으로, 센서 노드의 배터리 시간을 늘릴 수 있는 저전력 기능이 필요하다.

또 다른 적용 대상은 차량 내의 센서들이다. 지금까지의 차량 센서들은 유선으로 연결되어 있거나 센서가 필요하다 하더라도 부착하지 못하는 부분이 있었다. 예를 들어, 타이어의 공기압을 측정하는 센서는 매우 유용한 기능이지만 유선으로는 장착할 수 없었다. 현재의 유선 센서를 대체하거나 새롭게 적용될 수 있는 분야들을 아래 그림에 나타냈다.

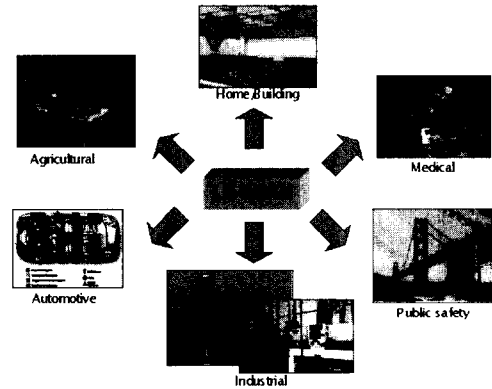


그림 7 LR-WPAN의 응용 분야

그림의 분야들을 정리해 보면, 농업, 홈/빌딩 자동화, 의료, 재해 예방 등이 있다. 농업 분야에서는 토양의 습도, 농약, 제초, 이온 등을 감지하여 생산성을 높일 수 있고, 홈/빌딩 자동화는 난방, 통기, 공기조절(HVAC), 보안, 조명, 시설물 관리(커튼, 창문, 출입문, 자물쇠) 등에 적용 가능하다. 의료분야에서는 환자 혹은 장애인의 상태를 감지하여 모니터링하고 진단할 수 있다. 도로, 교량, 항만, 공항 등의 사회 기반 인프라 시설에 대한 이상 유무를 센싱하여 재난 발생을 사전에 감지하여 예방할 수 있다. 지진, 화산 등의 자연재해가 발생할 수 있는 지역에서는 이를 미리 알아내고 대피할 수 있다. 산업 부문에서는 기계에 대한 상태를 주기적으로 모니터링한 후 고장 징후를 사전에 감지하여 가동이 중단되지 않도록 한다. 이와 같은 분야의 적용 예는 센서 네트워크를 활용할 수 있는 극히 일부 예에 불과하며 셀 수 없이 많은 응용 애플리케이션에 적용 가능하다.

5. MAC 계층

IEEE 802.15.4에서는 네트워크 계층의 하부 계층만을 다루고 있다. 따라서 이 장에서는 IEEE 802.15.4 기반 위에 네트워크 계층이 만들어질 때 필요한 기술적 요구사항만을 간단히 기술하면, 일반적인 네트워크 계층에서 수행하는 토폴로지의 구성과 어드레싱, 라우팅, 보안등의 기능 외에 네트워크 전체의 전력을 인지하여 보존하는 것이 매우 중요하다. 이는 배터리로 전력을 공급받는 센서 네트워크의 생존시간을 늘일 수 있기 때문이다. 또한 센서 네트워크는 사용자의 직접 설치보다는 자동적인 네트워크 설정을 가정하기 때문에 네트워크의 자기 구성(Self-Organizing) 및 자기 유지(Self-maintaining) 기능이 구현되어야 할 것이다[9]. 그림 8은 프로토콜 계층을 나타낸다.

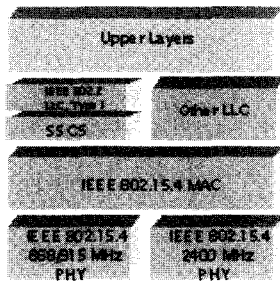


그림 8 IEEE 802.15.4의 프로토콜 계층

상위 계층에서 MAC 계층으로 연결하는 방법은 IEEE 802.2 타입 I LLC는 SSOS(service-specific convergence layer)를 거치거나 다른 LLC 계층을 통해 직접 접근한다. SSOS는 MAC 계층에 접근하는 단일점을 제공하여 다른 LLC 계층간의 호환성을 이룰 수 있게 한다. MAC 계층에서는 연결 및 해제(association, disassociation), ACK 프레임 전송, 보

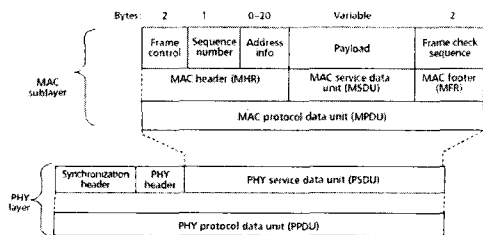


그림 9 일반 MAC 프레임 형식[8]

장된(guaranteed) 시간 슬롯 관리, 채널 접근 기법, 프레임 검증, 비컨(beacon) 관리 등을 수행한다. 관리를 위한 기본 명령은 26개를 가지고 있어 131개를 지닌 Bluetooth에 비해 상대적으로 작다.

MAC 계층에서 사용되는 프레임은 일반프레임과 슈퍼프레임이 있다. 일반프레임에는 비컨, 데이터, ACK, MAC 명령 프레임 타입이 있고, 슈퍼프레임은 지연시간을 적게 하기 위해 전용 대역을 필요로 할 때 선택적으로 사용할 수 있다. 일반 프레임의 형식은 그림 9와 같다.

Frame control 필드는 MAC 프레임 타입과 주소 필드 형식을 나타내고 ACK를 제어한다. 주소 정보 필드는 프레임 종류에 따라 0~20바이트를 사용할 수 있고, 주소 역시 8-bit나 64-bit 디바이스 주소를 사용할 수 있다. Sequence number 필드는 수신된 프레임과 같은 번호를 사용하여 ACK 프레임을 송신한다. Frame check sequence(FCS)는 CRC-16을 사용하여 프레임 무결성을 검증한다.

슈퍼 프레임을 사용할 때는 PAN 코디네이터가 슈퍼프레임 비컨을 송신한다. 비컨사이의 간격은 15ms에서 245s까지 가능하다. 비컨 사이의 시간은 16개의 시간 슬롯으로 나누어지며, PAN 코디네이터는 전용 대역을 요청하는 디바이스에게 GTS(guaranteed time slots)를 할당할 수 있다[11]. 그림 10은 슈퍼프레임 구조를 나타낸다.

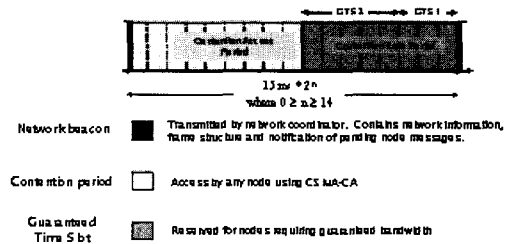


그림 10 슈퍼프레임의 구조

IEEE 802.15.4에서의 채널 접근 기법은 슬롯(slotted) CSMA-CA(carrier sense multiple access with collision avoidance)나 일반적 CSMA-CA를 사용한다. 슬롯 CSMA-CA는 비컨이 설정된 네트워크에서 송신을 원하는 노드는 다음 슬롯의 시작까지 기다린 후 그 슬롯에 다른 디바이스가 전송 중인지를 확인한다. ACK 프레임은 CSMA 기법을 사용하지 않고 즉시 전송한다.

6. 물리 계층

IEEE 802.15.4에서는 868/915MHz와 2.4GHz의 물리 계층을 정의한다. 두 가지 모두 직접 시퀀스 확산 스펙트럼(direct sequence spread spectrum)에 기반한 변조방식을 사용한다. 2.4GHz PHY는 세계적으로 사용 가능한 2.4GHz ISM 주파수 대역을 이용하고 868/915MHz PHY는 유럽에서 사용가능한 868MHz 대역과 미국의 915MHz ISM 대역에서의 동작을 명시하고 있다[9].

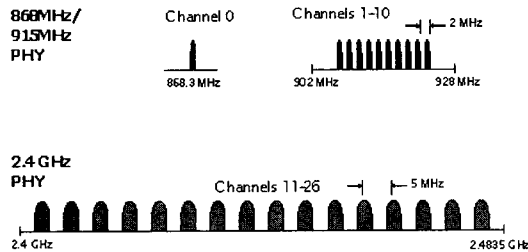


그림 11 IEEE 802.15.4 채널 구조

868.0~868.6Mhz 대역에서 1채널, 902~928Mhz 대역에서 10채널, 그리고 2.4~2.4835GHz 대역에서 16개의 채널을 지원한다. PHY 계층에서는 MAC 계층과의 인터페이스를 단순하게 하기 위해 단일 패킷 구조를 사용한다. 그림 12는 PHY 패킷 구조이다.



PHY Packet Fields

- Preamble (32 bits) - synchronization
- Start of Packet Delimiter (8 bits) - specifies one of 3 packet types
- PHY Header (8 bits) - Sync Burst flag, PSDU length
- PSDU (0 to 127 bytes) - Data field

그림 12 IEEE 802.15.4 물리 계층 패킷 구조

IEEE 802.15.4의 변조방식은 868/915MHz PHY의 경우 각 비트를 15-chip m-sequence를 사용하고

표 3 IEEE 802.15.4 PHY 변조방식[8]

PHY	Frequency band	Data parameters		Spreading parameters		
		Bit rate (kbs)	Symbol rate (kbaud)	Modulation	Chip rate (Mchips/s)	Modulation
868/915	868.0-868.6 MHz	20	20	BPSK	0.3	BPSK
MHz PHY	902.0-928.0 MHz	40	40	BPSK	0.6	BPSK
2.4 GHz PHY	2.4-2.4835 GHz	250	62.5	16-ary orthogonal	2.0	O-QPSK

2.4GHz는 4-bit 심볼이 16 nearly orthogonal 32-chip pseudo-noise(PN) sequence 중 하나를 명시한다. 다음은 변조방식을 정리한 표이다.

표준에서 송신 전력은 최소 1mW로 명시하고 있다. 이 정도에서 일반적인 전송범위는 10~20m를 예상한다. 수신 감도는 2.4GHz PHY에서 -85dBm, 868/915MHz PHY에서 -92dBm 으로 명시되어 있다.

7. 개발 동향

IEEE 802.15.4 1차 표준안이 승인됨에 따라 현재까지 표준화 작업에 참여하던 여러 칩 메이커들은 본격적인 생산을 시작하여, 2004년 상반기에는 표준을 만족하는 제품들이 출시되리라 예상된다. Butterfly Communication, Commcepts, Philips, RF Monolithics, AMD, Panasonic과 같은 기업들은 초소형, 저전력의 무선 센서 네트워크 통신용 칩셋 및 프로토콜을 개발하고 있고, 대만의 IC design house인 Uniband Electronic와 ITE Tech는 최근 Zigbee Alliance에 가입하고 Zigbee 관련 칩을 개발 중에 있다. 다음은 현재 출시되었거나 개발 중인 칩들을 비교 정리하였다.

표 4 IEEE 802.15.4 관련 칩 제품들

기업명	AMI Semiconductor	Motorola	Chipcon	KETI
제품명	ASTRX-1	Zigbee Demo ver	CC1020	UbiChip
Frequency band	868/915MHz	2.4GHz	402-470MHz 804-940MHz	2.4GHz
Data Rate	20kbps(EU) 40kbps(US)	250kbps	Max 153.6kbps	250kbps

7.1 미국 AMI Semiconductor 사의 ASTRX-1 Single Chip Transceiver 칩 시제품

이 제품은 RF 부분과 Baseband 부분을 구성한 제품으로 1GHz 이하의 ISM Band에서 사용가능한 제품으로 외부에 마이크로프로세서를 사용하여야 한다.

특화된 MAC(Media Access Control) 프로토콜이 구현되어 있지 않으며 다음과 같은 특징이 있다.

- Spreading : Direct sequence spread spectrum
- Modulation : Binary phase shift keying
- Zero-IF architecture를 사용하여 Direct RF conversion를 수행

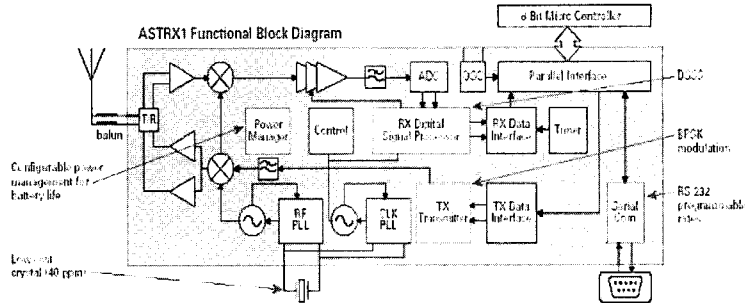


그림 13 AMI사의 ASTRX-1 Block Diagram

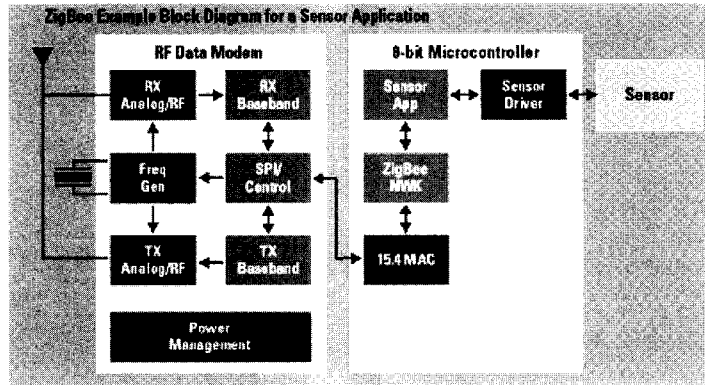


그림 14 Motorola사의 ZigBee Example Block Diagram

- Burst data rate는 20 kbps(EU)와 40 kbps (US) 제공
- PN spreading factor로는 15 bits 사용함.
- Frequency bands and channels
868.00MHz to 870.00MHz (one channel)
902.00MHz to 928.00MHz (ten channels)
- Receiver sensitivity는 -92 dBm 제공
- Transmitted power는 0 dBm
- 16 bit CRC를 사용
- TX current consumption < 14mA @ 3.0V
- RX current consumption < 25mA @ 3.0V

7.2 Motorola사의 Zigbee demonstration version 칩

미국 Motorola사는 Zigbee Alliance의 Promoter member로서 적극적인 칩 개발을 수행 중에 있다. 아래의 규격을 목표로 IEEE 802.15.4와 ZigBee stan-

- dard를 만족하는 데모 칩세트 개발하였다.
- 2.4 GHz ISM band available worldwide
- Cost effective CMOS 디자인
 - 소수의 외부 컴포넌트
 - on-chip low noise amplifier 1.0 mW PA
 - full spread spectrum encoding and decoding compatible with 802.15.4
- RX sensitivity는 -90 dBm at 1% PER를 제공
- 250 kBit/s O-QPSK data in 5.0 MHz channels 제공
- Multiple power down modes 제공으로 알카라인 배터리 수명을 수개월로 연장
- Power Supply Range : 2.0 to 3.6 V onchip voltage regulator 사용
- SPI의 data와 control 인터페이스 제공하며 4MHz나 그 이상에서 동작
- peer to peer and star 토폴로지 제공
- Power saving modes로서 Doze와 Hibernate 제공

7.3 노르웨이 Chipcon사의 CC1020 칩

Chipcon사의 CC1020은 현재 IEEE 802.15.4나 Zigbee 명세를 만족하지는 않지만 산업계에서 센서 네트워크 관련 일부 분야에서 사용할 수 있을 정도의 성능을 제공한다. 특징을 살펴보면 다음과 같다.

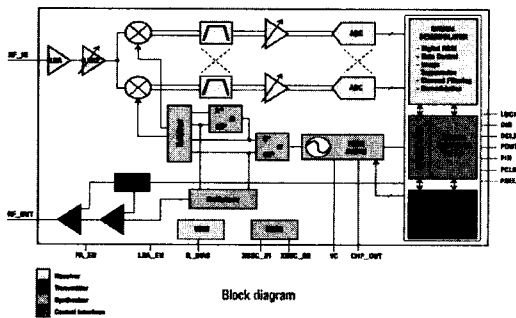


그림 15 Chipcon사의 CC1020 Block Diagram

- 마이크로프로세서가 칩 내부에 들어있는 일체형 칩세트
- Data Rate(programmable)은 0.45 153.6 kBaud
- Sensitivity는 153.6 kBaud, 500 kHz에서 -101/-96 dBm
- Frequency range는 402-470 MHz와 804-940 MHz
- Low current consumption (RX: 17.3 mA)
- Low supply voltage (2.3 V to 3.6 V)
- 외부 IF filter 필요 없음
- RF switch 필요 없음
- FSK/ GFSK and ASK/ OOK data modulation 사용
- frequency hopping system에 적합
- Single port antenna connection
- 32-lead QFN (7x7 mm)
- Complies with EN 300 220, FCC CFR part 15 and ARIB STD-T67 standards Application circuit

7.4 전자부품연구원(KETI)의 UbiChip

현재 전자부품연구원에서 개발 진행중인 센서 네트워크용 칩에 대한 구조도와 사양을 기술하였다. 다음 표는 KETI UbiChip 기능을 설명하는 표이다.

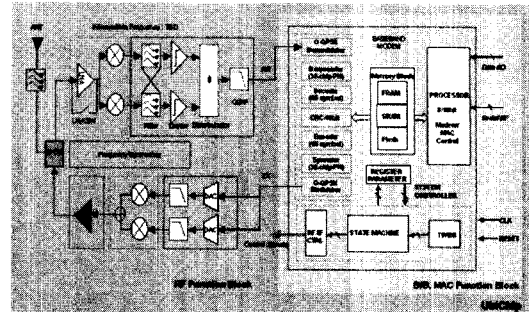


그림 16 KETI UbiChip 구조도

표 5 KETI UbiChip Specification

구분	항목	내용
RF	Power Consumption	Extremely low power
	Receiver Sensitivity	-85 dBm (1% Packet Error Rate) or better
	Maximum Input Level	-20dBm
	Frequency	2.4GHz ISM band
	Output Power	Capable of transmitting at least -35dBm
	Modulation	Direct IQ Modulation
Baseband	Standard Compatible	IEEE 802.15.4 PHY layer compatible
	Spreading / De-spreading	32-chip PN sequence, 16-ary orthogonal symbol
	Modulation	O-QPSK modulation, BPSK/B-QAM (optional)
	Error detection	FCS (ITU-T CRC-16)
MAC	MAC protocol	CSMA-CA, Slotted CSMA-CA, TDMA (optional)
	Security	AES-128 security
	Address	64-bit IEEE & 16-bit short address
	Power Consumption Mode	Active, Sleep, Power down mode

8. 결론

과거 10년간 인터넷이 전세계의 정보를 네트워크로 연결하여 우리의 생활방식을 바꾸어 놓았듯이, 센서 네트워크는 현실 세계를 우리들과 연결해 줄 새로운 기술이다. 센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅/네트워크로 대변되는 차세대 정보기술 중에 가장 먼저 실현되고 있는 기술이다. 가정, 빌딩, 오피스, 공장, 차량, 거리, 농장 등 무수히 많은 일상에서 적용되리라 예상되는 센서 네트워크는 현재 세계 유수의 대학과 연구소에서 그 핵심기술을 개발 중에 있다. 센서 네트워크는 응용의 특성상 저전력, 초소형, 저가격, 자동 망 구성, 자동 망 관리 등에 대한 연구가 선행되어야 한다.

본 고에서는 센서 네트워크에 적용 가능한 새로운 표준안 IEEE 802.15.4 LR-WPAN 대해 알아보았다. 물리 계층과 MAC 계층을 정의하고 있는 IEEE 802.15.4는 전지만으로도 몇 개월 이상을 지속할 수 있도록 설계되었다. 이를 위해 단순하지만 유연한 구조로 설계되었고, 저가에 쉽게 구현 가능하다. 상위

계층을 정의하고 있는 Zigbee와 연계하여 곧 시장에 선보일 예정이다. 그 적용 대상을 광범위하게 설정하고 있는 이 표준안은 우리의 생활 깊숙이 스며들어 좀더 안전하고, 편리하며, 생산적인 삶을 살 수 있도록 기여할 것이다.

참고문헌

- [1] Smart Dust, <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/>
- [2] NEST, <http://webs.cs.berkeley.edu/nest-index.html>
- [3] CENS, <http://www.cens.ucla.edu/index.html>
- [4] μ AMP, <http://www-mtl.mit.edu/research/icsystems/uamps/>
- [5] ECCA, <http://www2.parc.com/spl/projects/ecca/>
- [6] G.T.Huang, "Casting the wireless sensor net," Technology review, July/August. 2003.
- [7] IEEE Standard for 802.15.4, "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks(LR- WPANs)," 2003
- [8] E. Callaway, J.A.Gutierrez, M. Naeve, B. Heile, and V. Bahl, "Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks," IEEE Communications, Vol.40, No.8, pp.70-77, Aug. 2002.
- [9] J.A.Gutierrez, M. Naeve, E. Callaway, M. Bourgeois, V. Mitter, and B. Heile, "IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Power Low-Cost Wireless Personal Area Networks," IEEE Network, Vol.15, No.5, pp.12-19, Sept./Oct. 2001.
- [10] J. Adams "Meet the Zigbee Standard," Sensors Online, June. 2003.
- [12] I. Howitt, and J.A.Gutierrez, "IEEE 802.15.4 Low Rate-Wireless Personal Area Network Coexistence Issues," Wireless Communications and Networking, 2003, Vol.3, pp.1481-1486, Mar. 2003.
- [13] Zigbee Alliance, "<http://www.zigbee.org>"

이 상 학



1988~1993 전주대학교 수학과(학사)
 1993~1997 경희대학교 컴퓨터공학(석사)
 1998~현재 경희대학교 컴퓨터공학(박사 수료)
 2000~현재 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅연구센터 선임연구원
 관심분야: Sensor Network, Combinatorial Optimization, Meta-Heuristic Information Processing
 E-mail : shlee@keti.re.kr

조 위 덕



1977~1981 서강대학교 전자공학과(학사)
 1981~1983 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)
 1983~1987 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사)
 1983~1990 금성전기(현LG정보통신) 기술연구소 연구실장
 1990~1991 생산기술연구원 HDTV사업단 개발팀장
 1995~1996 미국 TCSI 공동개발 연구원
 1996~1996 영국 TTP COM 공동개발 연구원
 1991~현재 전자부품연구원 시스템연구본부장
 관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅/네트워크, 센서 네트워크, Post-PC (차세대 Smart PDA), Interactive DTV 방송기술, 고품질 홈서버/게이트웨이기술, 디지털방송/이동통신 연계 융합플랫폼 기술, 무선인터넷응용기술
 E-mail : chowd@keti.re.kr

송 병 철



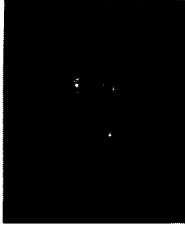
1990~1994 명지대학교 전자공학과(학사)
 1994~1996 명지대학교 전자공학과(석사)
 1996~현재 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅연구센터 선임연구원
 관심분야 : Sensor Network, Protocol 4G Communication
 E-mail : songbc@keti.re.kr

강 정 훈



1993~1996 단국대학교 전자공학과(학사)
 1997~1998 단국대학교 전자공학과(석사)
 1999~현재 전자부품연구원 디지털미디어연구센터 선임연구원
 관심분야 : 센서 네트워크, 초소형 시스템 소프트웨어, 스마트 홈을 위한 센서 퓨전, 상황인지 서비스 디스커버리 기술
 E-mail : budge@keti.re.kr

김 대 환



1987~1991 명지대학교 전자공학과(학사)
1991~1993 명지대학교 전자공학과(석사)
1993~현재 전자부품연구원 유비쿼터스
컴퓨팅연구센터 책임연구원
관심분야 : Sensor Network, Digital
Signal Processing, Embedded
System.
E-mail : kimdb@keti.re.kr

정 태 충



1976~1980 서울대학교 전자공학과(학사)
1980~1982 한국과학기술원 전자계산공
학과(석사)
1982~1987 한국과학기술원 전자계산공
학과(박사)
1987~1988 KIST 시스템 공학센터 선
임연구원
1988~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 정
교수
관심분야 : 인공지능, 자연어처리, 로봇
에이전트, 최적화, 정보보호
E-mail : tochung@khu.ac.kr

● 2003년 바이오정보기술연구회 추계워크샵 ●

- 일 자 : 2003년 10월 31일~11월 1일
- 장 소 : 한국과학기술원 정문술빌딩
- 주 최 : 바이오정보기술연구회
- 문의처 : 사무국 한영진 과장(Tel. 02-588-9246/7)
http://if.kaist.ac.kr/~ksbi_2003/