

ZigBee 의 기술 및 응용

왕성호

레이디오펀스 주식회사

요 약

본고에서는 현재 스마트 에너지와 리모컨, LED 조명제어 분야에서 많이 쓰이고 있는 ZigBee 의 기술 및 응용 분야를 알아본다. ZigBee는 근거리 무선 통신의 표준 중 컨트롤 및 모니터링에 특화되어 있으며 조절 가능한 노드 수가 많고 대기전력이 적어 현재 컨트롤 디바이스에 활발히 쓰이고 있다.

I. 서 론

무선으로 디바이스를 제어하는 기술은 오래된 역사를 가지고 있으며 그 기술 또한 계속 발전해 왔다. 과거의 무선 제어는 1:1 또는 1:n 네트워크를 중심으로 발전해 왔는데 2000년 이후 홈네트워크를 비롯한 무선 센서 네트워크의 수요가 커지면서 이에 특화된 기술이 필요하게 되었다. ZigBee는 이러한 수요를 충족시키고자 필립스, 하니웰, 삼성 등의 업체들이 Alliance를 구성해서 만든 표준이다. 특징으로는 저 소비전력, 저가격 및 많은 네트워크 노드 수를 들 수 있다[1].

ZigBee 라는 이름은 벌들이 꽃들 사이를 날아다니는 형태가 근거리 무선 통신의 네트워크와 유사하다고 해서 벌을 뜻하는 Bee 와 지그재그로 날아다니는 모양을 딴 ZigZag 의 합성어로 만들어졌다.

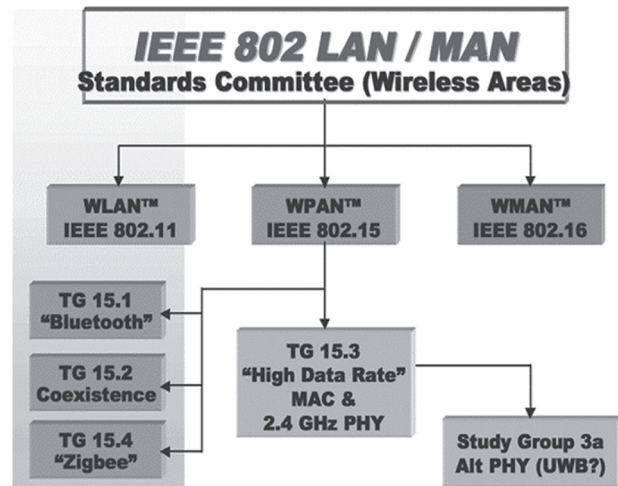
근거리 무선 통신의 주요 표준으로는 Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee 등이 있는데 Wi-Fi 가 AP 를 기반으로 한 무선 인터넷 및 파일 전송, Bluetooth 가 휴대전화를 중심으로 한 개인 네트워크 기기 연결에 중점을 두었다면 ZigBee 는 사물통신 및 무선 센서 네트워크에 중점을 둔 표준으로 볼 수 있다. 따라서 한 번에 컨트롤 할 수 있는 노드 수가 65,500 개에 이르고 powerdown 을 지원함으로써 배터리 수명이 타 기술에 비해 월등히 길다. 그러나 데이터 전송속도는 Wi-Fi 및 Bluetooth 에 비해 느려서 동영상이나 파일 전송에는 적합하지 않다.

현재 ZigBee 의 응용 분야로는 리모컨, LED 조명제어, 스마

트 그리드 및 M2M 을 들 수 있다. 본 고에서는 ZigBee 의 기술적인 내용과 실제 응용되고 있는 분야를 알아본다.

II. ZigBee의 기술개요

1970년대 후반 통신이 발전하면서 그 표준을 정할 필요성이 대두되어 세계의 통신학자들이 샌프란시스코의 현 Cathedral Hill 호텔에서 모여 표준 제정을 위한 회의를 개최하였다. 여기서 제정된 것이 IEEE 802 위원회인데 이름을 802라고 지은 이유는 그 회의가 80년 2월에 개최되었기 때문이다. 여기에는 많은 분과가 만들어졌는데 예를 들면 802.3의 경우 이더넷표준이고 802.11의 경우 무선 LAN 의 표준이 된다. 이 중 무선과 관련된 표준은 IEEE802.11, IEEE802.15, IEEE802.16 을 들 수 있다. <그림 1>은 무선과 관련된 802 위원회의 구성을 나타낸다.



출처: ZigBee Alliance (www.zigbee.org)

그림 1. IEEE 802 위원회의 무선관련 분과

이 중 802.11은 무선 LAN (Local Area Network), 802.15 는 무선 PAN (Personal Area Network), 802.16은 무선 MAN (Metropolitan Area Network) 이며 ZigBee Alliance

는 Physical layer 의 표준으로 IEEE 802.15.4 를 채택하였다. 근거리 무선통신의 각 기술별 포지셔닝은 다음의 <그림 2>와 같다. 주요 기술로는 WiFi, ZigBee, Bluetooth 및 WiMax 가 있다. WiFi의 경우 그림에서 보듯이 데이터 전송속도가 매우 빨라서 인터넷 및 파일 전송등에 적합하다. Bluetooth의 경우 통신 거리가 짧아 휴대폰을 중심으로 하는 근거리 통신 영역에서 포지셔닝하고 있다. 데이터 전송속도는 WiFi 보다는 느리지만 ZigBee 보다 빨라서 스테레오 음악이나 음성전송에 적합한 구조를 가지고 있다. ZigBee 의 경우 데이터 전송속도는 여타 표준에 비해 느리지만 저전력 소비가 가능하고 여러 노드들을 하나의 네트워크로 묶는 무선 네트워크 구성에 강점이 있어 센서 네트워크, LED 조명제어 및 M2M 에 적합한 구조를 가지고 있다.

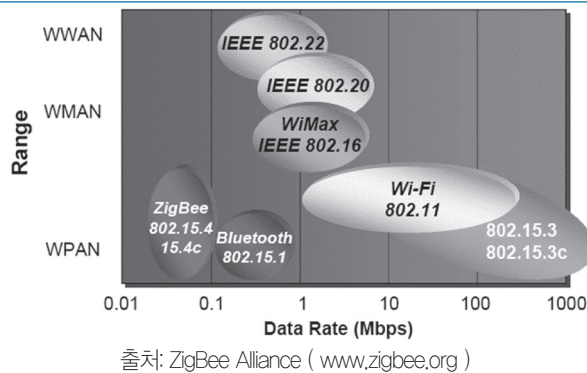


그림 2. 무선 기술의 포지셔닝

802.15.4 의 특징은 저전력 소비 및 컨트롤/모니터링에 특화된 무선 센서 네트워크의 구성에 있다. 따라서 이러한 특징에 맞게 기술적 요소가 개발되었다. 기술적 요약은 다음의 <표 1>과 같다[4].

표 1. IEEE 15.4 의 기술적 요약

항목	내용	비고
데이터 전송속도	< 250k bps	최대전송속도
네트워크 노드 수	< 65,500	
네트워크 구성	1:1,n,mesh	
Physical 표준	IEEE802.15.4	
대기전류	< 1 uA	@powerdown
변조 방식	O-QPSK	@ 2.4 GHz
Multiple Access	CSMA-CA	

통신을 위한 layer의 경우 Physical layer, MAC layer, Data link layer, Network layer 및 application interface 로 구성되어 있다. <그림 3>은 이러한 통신 layer 를 나타낸다. 이 중 Physical layer 와 MAC layer 일부는 실리콘으로 구현되고 MAC, Data Link, Network layer는 펌웨어로 구현된다.

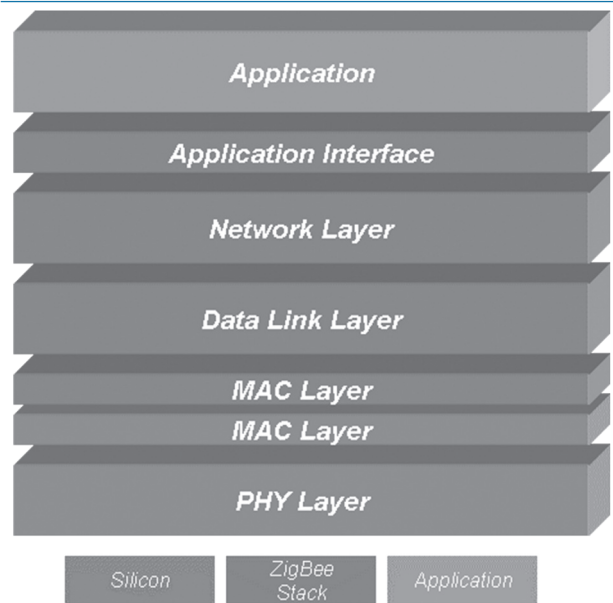


그림 3. ZigBee 의 통신 layer

전송주파수의 경우 ZigBee 에서는 868MHz, 915MHz, 2.4GHz 의 세 가지를 사용한다. 그러나 이 중 2.4GHz 의 주파수가 가장 널리 쓰인다. 2.4 GHz 의 전송주파수에서는 2.40GHz ~ 2.48GHz 사이에 5MHz 간격으로 16 개의 채널이 존재한다[5].

네트워크 구성은 기본적으로 세가지로 이루어지는데1:N 네트워크인 star 구조, 호핑을 하는 clustered tree 구조, 그리고 각 노드들이 자유롭게 통신을 하는 mesh 구조로 이루어진다. 일반적으로는 star 구조가 많이 쓰이나 현재 LED 조명제어 및 센서 네트워크 응용을 중심으로 clustered tree 구조 또한 많이 쓰이고 있다. Mesh 구조의 경우 각 노드들이 자기가 원하는 노드와 직접 통신을 할 수 있어 가장 편리한 방식이나 경우의 수가 많아 실제 구현하기에 어려운 점이 있어서 많이 쓰이고 있지는 않다. 그러나 네트워크 기술이 발전하면 가장 각광을 받는 방법으로 예상된다. <그림 4>는 위의 세 가지 네트워크 구성을 그림을

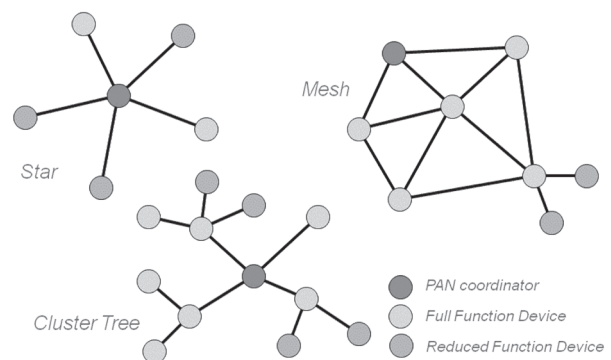


그림 4. 무선 네트워크의 구성

나타낸 것이다.

ZigBee 의 응용분야는 매우 다양하다. 따라서 ZigBee Alliance 에서는 각 응용에 맞도록 응용 프로파일을 표준화하는 그룹을 만들었다. 관련된 응용분야는 다음과 같다. 이 중 리모컨 응용, LED 조명제어인 ZLL, 스마트 에너지 응용인 ZSE 가 활발한 응용 분야로 볼 수 있다.

- ZigBee Home Automation (ZHA)
- ZigBee Light Link (ZLL)
- ZigBee Smart Energy (ZSE)
- ZigBee Building Automation (CBA)
- ZigBee Telecom Services (ZTS)
- ZigBee Health Care (ZHC)
- ZigBee Remote Control (ZRC)
- ZigBee Input Devices (ZID)
- ZigBee Retail Services (ZRS)

III. ZigBee 의 시장 상황

ZigBee 의 시장은 2003년에 예상한 것 보다는 매우 늦게 성장하기 시작했다. 그 이유로는 ZigBee 의 주요 목표시장으로 볼 수 있는 무선 센서 네트워크 시장이 커지지 않았기 때문인데 무엇보다 센서 자체의 가격이 비싸고 무선 센서 네트워크의 소프트웨어 기술의 상용화가 늦어진 것을 요인으로 볼 수 있다. 2009년 들어서는 ZigBee 시장의 규모가 커지기 시작했는데 원래의 목표 시장이 아닌 리모컨 분야에서 수요가 늘어나기 시작했다. 2012년 부터는 LED 조명제어에서 무선 컨트롤을 사용하면서 그 시장규모가 더욱 커지고 있다. 최근에는 스마트 그리드 시장에서 ZigBee 의 용도가 주목받고 있다. ZigBee 의 장점을 살릴 수 있는 시장은 노드 수가 많은 무선 제어 시장인데 스마트 그리드의 경우 많은 수의 노드를 컨트롤 하고 모니터링해야 하므로 ZigBee 의 좋은 목표시장이다. 최근 에너지의 사용량이 급증하면서 에너지 절감이 화두가 되고 있는데 이러한 면에서 에너지를 효율적으로 배분할 수 있는 무선 네트워크의 필요성이 증가되고 있다.

ZigBee 의 주요 응용 시장은 리모컨, LED 조명제어, 스마트 에너지, M2M, 음성 전송 디바이스 등을 들 수 있다. 최근에는 스마트 폰에도 USIM 및 u-sd 카드의 형태로 채용되고 있다 [2]. 각각의 시장 동향은 다음과 같다.

1. 리모컨 시장

리모컨은 현재 적외선 방식이 가장 널리 쓰이고 있고 최근에 ZigBee 방식을 비롯한 RF 방식의 리모컨이 많이 쓰이고 있다. 리모컨이 처음 나온 것은 1950년 Zenith에서 출시된 “lazy bones”이다(그림 5 (a)). 당시 TV 의 광고를 피하기 위해 채널 변경을 하던 중 컨트롤러 부분만 유선으로 길게 뻗은 것이 리모컨의 시초이다. 그러나 유선이므로 사용이 불편하고 어린이들이 줄에 걸려 넘어지는 일이 발생해서 1955년 Zenith 의 유진 폴리라는 사람이 빛으로 컨트롤 하는 무선 리모컨을 출시했다(그림5 (b)). 그러나 이 방식이 거실의 전등과 혼선이 생겨 상용화에 실패하고 1956년 로버트 애들러에 의해 초음파 방식의 리모컨이 나오면서 무선 리모컨이 상용화 되기 시작했다(그림5 (c)). 1980년대에 들어서는 값이 싸고 편리한 적외선 방식이 개발되어 현재 대부분의 리모컨이 적외선 방식을 사용하고 있다(그림 5(d)).



(a) Zenith 유선 리모컨

(b) 광 리모컨



(c) 초음파 리모컨

(d) IR 리모컨

그림 5. 초기 리모컨 방식

그렇다면 최근에 RF 방식의 리모컨이 사용되기 시작하는 이유는 무엇일까? 단순히 채널, 볼륨, On/Off 를 위해서는 굳이 비싼 RF 방식을 사용할 필요가 없다. 그러나 근래들어 스마트 TV 및 스마트 셋탑박스가 발전하면서 커서의 움직임 같은 UI의 변화 및 제스처 인식 등의 입력 방식의 변화, 그리고 음성 인식 및 오디오 전송 같은 기능의 발전이 계속되면서 전송속도가 빠르고

방향성을 타지 않는 RF 방식의 리모컨이 선호되게 되었다.

현재 RF 방식의 리모컨은 ZigBee 기반의 RF4CE, Bluetooth 기반의 BLE, Wi-Fi 기반의 Wi-Fi direct, 그리고 비표준 RF 등이 사용되고 있다.

RF 방식으로 구현가능한 기능으로는 음성 전송, QWERTY 자판, 오디오 전송, 포인팅 디바이스 구현, 제스처 인식, 리모컨 찾기, 스마트 에너지 컨트롤 등이 있다. <그림 6>은 리모컨이 하나의 디바이스만이 아니라 많은 기기들을 통합하여 컨트롤 하는 기능을 나타내고 있다.

RF 리모컨의 시장은 ABI reearch의 2011년 자료에 의하

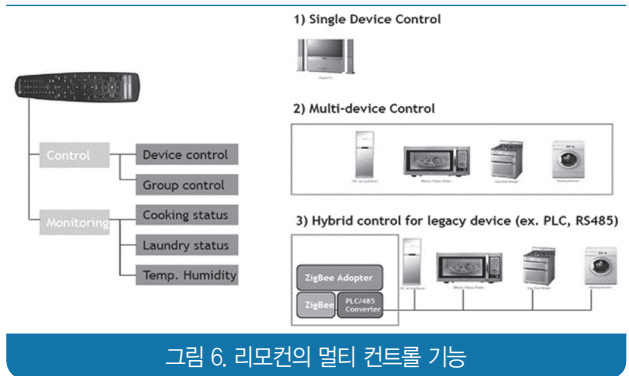


그림 6. 리모컨의 멀티 컨트롤 기능

면 2016년 약 2억1만 개로 커질 것으로 예상된다. 2013년 EE times 의 자료에 의하면 2018년 약 4억 5천만 개의 RF 리모컨이 쓰이며 전체 시장의 약 20%를 차지할 것으로 예상되고 있다.

2. LED 조명제어 시장

전기의 사용량이 많아지면서 에너지 절약에 대한 관심이 많아지고 있다. LED 조명은 소비전류가 기존의 백열등에 비해 월등히 적으므로 지속적인 관심을 받아왔다. 지금까지는 발열 등의 기술적인 이슈와 가격 때문에 널리 사용되지 않았으나 최근 이러한 문제들이 해결되기 시작하면서 그 사용량이 급증하고 있다. LED 산업이 국가의 주요 산업으로 떠오르면서 정부는 2011년 “녹색 LED 조명 2060”을 발표하고 2020년까지 60%의 LED 조명 보급 달성으로 50만 kW 의 에너지 절약을 목표로 하고 있다. 공공기관의 경우 30% 이상의 LED 조명 설치를 의무화 해서 전체 전기 사용량을 줄이고 있다.

ZigBee는 LED 조명의 무선 컨트롤을 맡고 있으며, on/off, dimming, 및 센서와의 연동을 통해 전기 사용량을 줄이는 역할을 한다. 무선 제어가 필요한 이유는 배선을 할 경우 기층 건물의 경우 설치비가 많이 들고 신축 건물의 경우에도 설치비 및 배선의 가격이 상승하는 요인이 있어서 간편하게 무선으로 네트워크를 구성하여 컨트롤 하는 것이 가장 효율적이기 때문이

다[3].

<그림 7>은 LED 무선 제어의 사용 시나리오를 나타내고 있다. 두 가지 사용 시나리오로 구성되어 있는데 하나는 human to machine 기법으로서 사람이 리모컨으로 직접 LED 등을 개별적으로 컨트롤 하는 경우이다. 이 때 리모컨과 LED 등은 1:n 의 네트워크를 구성한다. 다른 경우는 machine to machine 의 경우로서 조도센서와 동작센서에서 정보를 보내면 이 정보를 바탕으로 각각의 LED 등을 조절하는 경우이다. 예를 들면 주간에 창가에 있는 등은 밝을 필요가 없기 때문에 조도센서가 정보를 보내서 등의 밝기를 낮추고 저녁이 되면 다시 조도를 높여 전기 사용량을 조절한다. 또한 사람이 없는 사무실의 경우 동작센서가 정보를 보내서 조도를 낮추고 사람이 들어오는 경우 다시 조도를 높이는 경우도 가능하다. 이러한 원리로 지하 주차장, 마트, 통행이 드문 가로등 같은 경우 효율적인 시스템을 할 수 있다.



출처: 오로라 디자인 랩 웹사이트 www.auroaraeni.com

그림 7. LED 조명제어 사용자 시나리오 다이어그램

3. 스마트 에너지 시장

전기가 발명된 이래 인류의 문명이 발전할수록 전기의 사용량이 급증해 왔다. 그러나 전기의 공급은 수요의 증가를 따라가지 못하여 최근 각 나라에서 전기의 공급이 끊기는 사태가 속속 발생하고 있다. 우리나라도 예외가 아니어서 대규모 정전사태인 블랙아웃의 공포에서 아직 벗어나지 못하고 있다. 이러한 전기 수요를 만족시키기 위한 방법으로는 발전소의 지속적인 건설, 태양에너지, 풍력에너지 등의 친환경 자연발전, 그리고 전기의 소비를 시간의 축에서 분산시켜서 정전을 방지하는 방안(스마트 에너지)이 있다. 이 중 화력발전소를 계속적으로 짓는 것은 화석연료의 고갈 및 CO2발생과 같은 환경 문제가 있어 한계가 있으며, 태양열, 풍력과 같은 자연에너지는 친환경적이나 그 효율성이 아직 높지 못해서 당장 그 효과를 볼 수 없다. 따라

서 현재 유일한 대안으로는 전기의 사용량을 시간의 축에서 분산시켜서 블랙아웃을 방지하는 방법을 들 수 있다. 전기의 사용은 봄, 가을보다는 여름, 겨울에 많고 하루 중 오후 1시~3시 사이가 다른 시간대보다 많으므로 전기 요금을 시간대별, 계절별로 탄력적으로 운용한다면 전기소비를 분산시킬 수 있다.

스마트 에너지의 개념으로는 기존의 단방향 전력망에 양방향 IT의 망을 결합하여 전기 소비를 효율적으로 운용하는 시스템으로 볼 수 있다. <그림 8>은 기존의 전력망과 스마트에너지 망을 나타낸 구성도이다

스마트 에너지의 비즈니스는 크게 세 가지로 나누어 생각할

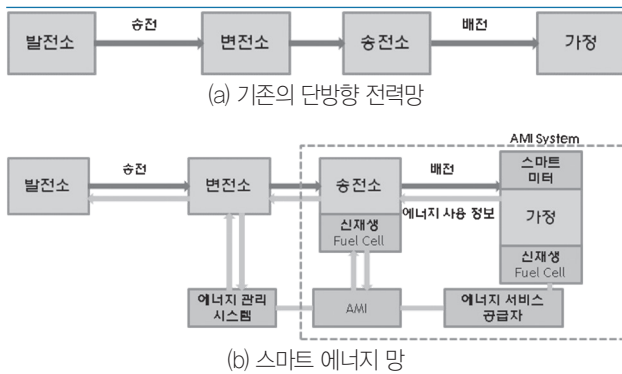


그림 8. 기존의 전력망과 스마트에너지 망의 비교

수 있다.

가장 먼저 스마트에너지에서 중요한 시장으로 떠오르는 것이 스마트 미터 시장이다. 스마트 미터는 기존의 미터와 다르게 여러 가지 통신기능이 추가된 것이며 주로 ZigBee, WI-Fi, PLC 등의 통신 방식이 채용된다. 먼저 스마트 미터가 공급되어야 스마트 에너지의 인프라가 구축된 것으로 볼 수 있다. 이후 집 밖으로는 원격 검침 시스템이 구축되며 시간별 전기 사용량을 검침하여 데이터 수집센터로 보내 과금하게 된다. 스마트 미터는 집 안과도 연결이 되는데 집 안의 가전기기, LED 조명, 가스,

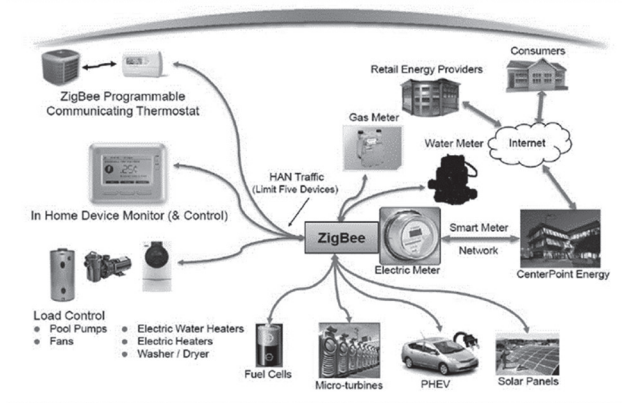


그림 9. ZigBee 기반의 스마트 에너지 시스템

난방기기 등과 연동하여 에너지의 사용량을 모니터, 컨트롤 하게 된다. ZigBee 기술은 집 안에서 여러가지 기기들을 동시에 효율적으로 컨트롤 하는데 사용된다.

<그림 9>는 ZigBee 를 기반으로하는 스마트 에너지의 컨트롤 시스템을 나타내는 그림이다.

스마트 에너지의 중요성이 점차 증가됨에 따라 정부는 2030년까지 3단계로 나누어 스마트 미터 보급을 추진하고 있다. 2010년 1월 발표한 스마트 미터 국가 로드맵에 의하면 2단계인 2020년까지는 1조 천억 원을 투입하여 스마트 미터로의 전환을 추진할 계획이다.

스마트 미터는 다른 시스템과 융합되어 구성되는 경우가 많은



그림 10. 댁내 융합 시스템의 구성 예

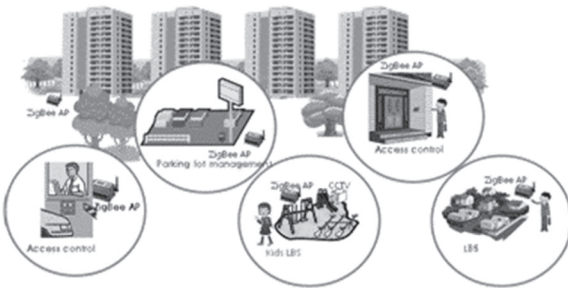
데 댁 내 시스템의 경우 기존의 홈 네트워크 및 이를 컨트롤하는 리모컨과 연동하여 전체적인 스마트에너지 시스템을 구성할 수 있다. <그림 10>의 경우 이러한 댁 내 융합 시스템의 구성 예를 보여주고 있다. 가능한 사용 시나리오의 예를 들면 다음과 같다. 세탁기의 경우 전기요금미 비싼 시간에는 동작을 안하고 전기요금미 떨어지는 시간에 동작을 하는 경우도 있고, LED 등 및 에어컨의 경우 사람이 없을 때 조도 및 강도를 낮추어 에너지 절약을 구현하는 경우도 있다. 최종 목표는 전기 수요가 많은 시간을 피해 수요를 분산시켜 전체적인 전기 수급을 안정적으로 구현하는데 있다.

4. M2M 시장

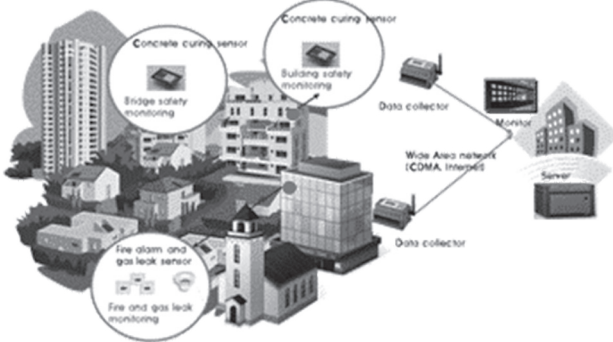
M2M 은 machine to machine 통신을 지칭하는 것으로서 휴대전화와 같은 사람과 사람의 통신리모컨과 같은 사람과 기기의 통신과는 달리 센서 등이 기기가 실제 기기를 동작시키는 개념으로 사용된다. ZigBee 는 이러한 M2M 시장에서 가장 효과적으로 쓰이는 기술이다. <그림 11>은 M2M의 주요 응용 분야를 나타낸다.

우리나라의 경우 M2M 시장이 성숙되지는 않았으나 보건복지

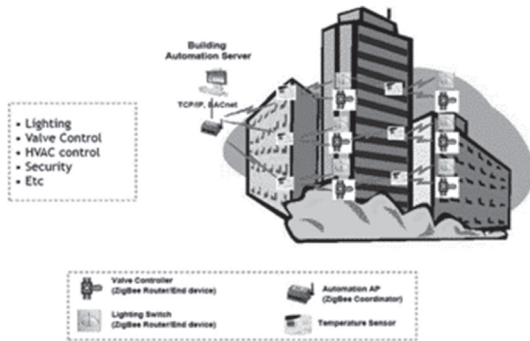
■ Location Based Service



■ Anti-Disaster system



■ Building Automation



■ Wireless Road Lamp Control System

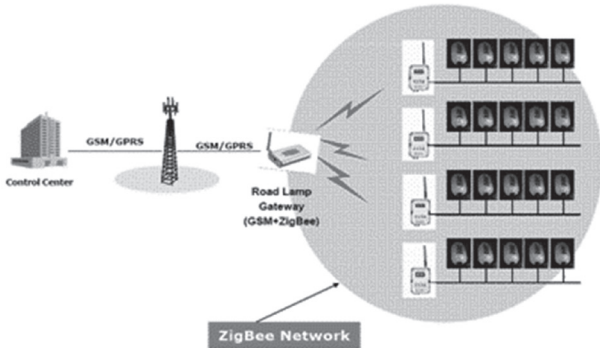


그림 11. M2M 의 주요 응용분야의 예

부의 어르신 돌보미와 같은 정부 주도의 사업으로 상용화된 시장이 존재한다. M2M 의 주요 응용분야로는 위치기반 서비스, 재난방지 센서 네트워크 시스템, 빌딩 공조제어 및 관리, 가로 등 센서 네트워크 등이 있다. 센서 가격과 크기 이슈가 있고 무선 네트워크에서 mesh network 과 같은 고성능 네트워크의 기술이슈가 있어 아직 시장이 크지 않으나 향후 센서를 기반으로 하는 무선 네트워크 시스템은 발전가능성이 무궁무진하여 향후 우리나라의 먹거리가 될 수 있다고 생각된다.

5. 음성 전송 디바이스

ZigBee 의 다른 응용분야로는 음성전송 디바이스를 들 수 있다. 원래 ZigBee 는 데이터 전송속도가 음성 및 오디오 전송에 특화되지 않았으나 음성의 경우 효율적이고 저전력으로 전송이 가능해서 현재 여러 분야에서 쓰이고 있다. 주 응용 디바이스로는 무선 마이크, 베이비 모니터링, 워키토키 등이 있다.

IV. 결론

본고에서는 ZigBee 의 기술 내용 및 그 응용분야에 대해 알아보았다. ZigBee 는 무선 센서 네트워크에 특화되어 저전력, 저가격 및 많은 수의 무선 노드 제어를 특징으로 한다.

데이터 전송속도는 Wi-Fi 및 Bluetooth 에 비해 느리나 많은 수의 디바이스를 효율적으로 제어할 수 있어 무선 네트워크에 적합한 기술로 볼 수 있다. 초기 시장은 예상보다 늦게 커졌으나 2009년 이후 리모컨을 중심으로 시장규모가 급속히 커지고 있고 2012년 이후 LED 조명제어 및 스마트 에너지 분야에서 필수적으로 쓰이는 기술이 되었다. 향후 센서를 기반으로 하는 무선 시스템의 경우 ZigBee 의 채용이 절대적이라고 할 수 있다.

참고 문헌

[1] ZigBee Alliance “Advantages of energy efficient ZigBee remote controllers”, ZigBee white papers, ZigBee Alliance, Pp. 5-6, 2011 (<http://www.zigbee.org>)
 [2] 박윤기, 신용태, “ZigBee 기반 USIM 구현 및 서비스 모델” 정보과학회 논문지, 38권 5호, Pp.331-339, 2011
 [3] 장영호, 김환용, “ZigBee 를 이용한 LED 조명제어 모듈

구성” 한국산학기술학회 논문지, 13권 10호. Pp. 4740-4744, 2012

- [4] Robert Heili et. Al. IEEE computer society, “part 15.4 Wireless MAC and PHY specifications for low rate wireless personal area networks” pp.27-32, Sep. 2006
- [5] ZigBee standard organization “ ZigBee Specification”ZigBee Alliance, Sep. 2012.

약 력



왕 성 호

1989년 연세대학교 전자공학과 공학사
 1991년 연세대학교 전자공학과 공학석사
 2003년 KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사
 1991년~2003년 하이닉스 반도체 책임연구원
 2003년~현재 레이디오펀스 대표
 관심분야: 무선통신 반도체, 무선 센서 네트워크,
 스마트 그리드