

지그비(ZigBee)

원광호, 김재호, 유준재 | 전자부품연구원(KETI) 유비쿼터스컴퓨팅연구센터

I. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅은 모든 컴퓨터가 서로 연결되고 사용자 눈에 보이지 않으며, 언제 어디서나 사용가능하고 현실세계의 사물과 환경 속으로 스며들어 일상생활에 통합되는 것을 기본 전제로 한다. 또한 유비쿼터스 네트워크는 누구든지 언제, 어디서나 통신속도 등의 제약없이 이용할 수 있고 모든 정보나 콘텐츠를 유통시킬 수 있는 정보통신 네트워크를 의미하며, 이의 구현으로 기존의 정보통신 망이나 서비스가 가지고 있었던 여러가지 제약으로부터 벗어나 이용자가 자유롭게 정보통신 서비스를 이용할 수 있도록 한다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 활용하여 새로운 서비스들을 개발하려는 노력이 진행 중이며, 이에 관련된 기술의 중요성도 급증하고 있다. 또한, 향후 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 자율적인 센싱, 저전력 통신기능 제공 및 수천 개 이상의 노드 객체들로 무선센서 네트워크를 구성하여 언제 어디서나 다양한 정보서비스 제공이 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 필요로 한다. 많은 산·학·연에서 이러한 환경을 제공하는데 필요한 기술을 연구 및 개발 중에 있으며 Zigbee Alliance에서는 이러한 기술을 바탕으로

응용가능한 Network Protocol, Application Framework 및 Application Profile에 대해 표준화를 진행하고 있다. 본 고에서는 Zigbee Alliance에서 추진 중에 있는 표준화 동향과 관련 기술에 대하여 살펴보기로 한다.

II. 지그비(Zigbee) 표준화 동향

1. 지그비(Zigbee) Alliance Organization

지그비 얼라이언스(Zigbee Alliance)는 아래 그림에서 보는바와 같이 Architecture, Application Framework, Network, Security, Qualification 및 Marketing Work Group로 구성되어 있다. Zigbee Alliance에 Promoter는 국내 삼성전자를 비롯하여 ember, Philips를 포함해서 7개사로 구성되어 있으며, Participants로는 국내 LG전자, 한국무선네트워크, 전자부품연구원을 포함하여 65여 개사가 Member로 가입하여 활발한 활동을 진행하고 있다.

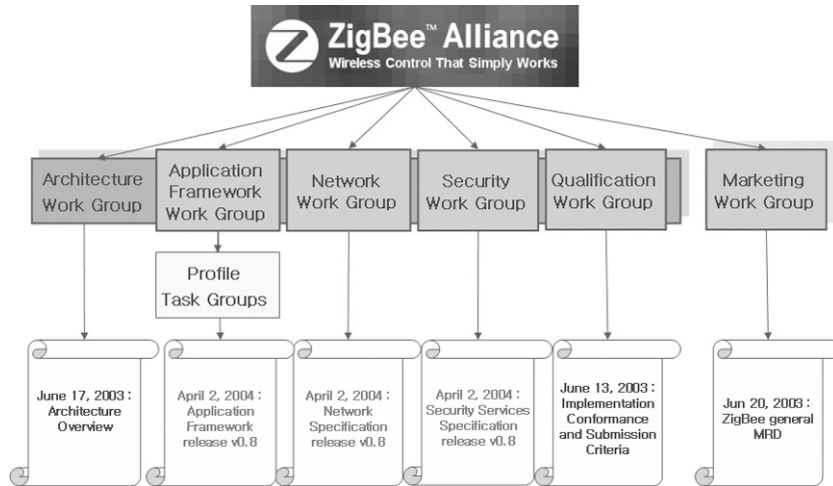


그림 1. 지그비 얼라이언스(Zigbee Alliance)

2. 지그비(Zigbee) 표준화 동향

현재 Zigbee Alliance에서는 Network, Application Framework 및 Security Work Group에서 Draft ver 0.8을 발표하였다. 본 절에서는 지그비 얼라이언스(Zigbee Alliance)에서 발표한 ZigBee 스택 구조에 대하여 살펴보기로 한다.

ZigBee 스택 구조는 여러개의 레이어들로 구성되는데 각 레이어는 상위 레이어에 특정 서비스들을 제공한다. 각각의 레이어에는 데이터 전송서비스를 제공하는 Data Entity와 다른 모든 서비스들을 제공하는 Management Entity로 구성된다. 각 서비스 Entity는 상위 레이어에게 SAP(Service Access Point)를 통해서 인터페이스를 제공한다. ZigBee 스택구조를

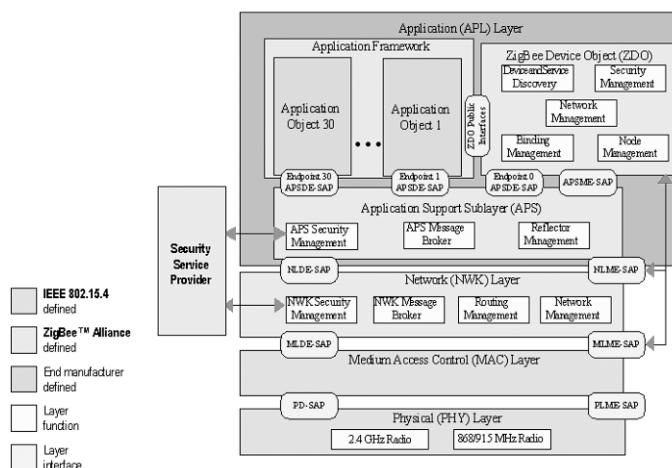


그림 2. Zigbee Attack Architecture

표준기술 동향

살펴보면 그림 2에서와 같이 OSI 7 Layer 표준 모델을 기초로 하고 있다.

IEEE 802.15.4 표준에서는 물리계층(PHY Layer)과 링크계층(MAC Sub-layer)의 두 개의 레이어에 대하여 정의하고 있으며, ZigBee Alliance에서는 네트워크 계층(Network Layer)과 Application Support Sub-layer, ZDO(ZigBee Device Object), Application Object를 포함하는 응용계층(Application Layer)에 대한 프레임워크에 대해 정의하고 있다.

IEEE 802.15.4에서 정의하고 있는 PHY Layer는 868/915MHz와 2.4GHz의 두 개의 주파수 범위에서 동작한다. 여기서 868MHz는 유럽에서 사용되며 915MHz는 미국과 호주 등의 나라에서 사용되고 2.4GHz는 전 세계에서 사용된다. 또한, IEEE 802.15.4에서 정의하고 있는 MAC Sub-layer는 CSMA-CA 매커니즘을 사용하여 무선채널을 액세스한다. 또한 여기서는 비콘 프레임의 전송, 동기관리, 신뢰성 있는 전송 매커니즘 등을 제공한다.

ZigBee NWK 레이어는 네트워크에 조인하거나 떠나는 매커니즘, 전송 프레임에 대한 시큐리티 제공, 프레임을 보내고자 하는 노드로의 라우팅 등에 대한 기능을 담당한다. 또한, 디바이스 간의 라우팅 경로를 찾고 관리하는 기능을 수행하고 이웃 디바이스에 대한 관리기능을 NWK 레이어에서 담당한다. ZigBee Coordinator의 NWK Layer는 새로운 네트워크의 시작을 담당하고 또한 새롭게 네트워크에 가입한 디바이스에 주소를 부여하는 기능들을 수행한다.

ZigBee Application Layer는 APS Sub-layer, ZDO(Zigbee Device Object), 제작사가 정의하는 Application Object들로 구성되어 있다. ZigBee Application Layer는 디바이스가 제공하는 서비스들과 요구들에 기초하여 디바이스들 간의 바인딩을 관리

하고 바인딩 테이블을 유지하며 이를 기초로 바인딩된 디바이스들 간의 메시지 포워딩을 담당한다. ZDO는 네트워크 안에서 디바이스의 역할을 정의하고 네트워크 디바이스 사이에 바인딩 요구들에 대한 처리, 디바이스 간의 보안관계를 설정해주는 기능을 담당한다. 또한, ZDO는 해당 네트워크에서 디바이스들을 탐색하고 그들이 제공하는 응용서비스들을 결정하는 기능을 제공해 준다. 이제 ZigBee 스택이 가지는 각각의 레이어에 대하여 살펴보도록 한다.

가. 네트워크 계층(Network Layer)

ZigBee에서 네트워크 계층(NWK)은 Star & Mesh 토폴로지를 지원한다. Star 토폴로지에서는 ZigBee Coordinator라는 단일 디바이스에 의해 제어되어진다. ZigBee Coordinator는 네트워크 안의 디바이스를 관리 및 초기화하고, 다른 모든 종단 디바이스가 직접적으로 ZigBee Coordinator와의 통신을 책임진다. Mesh 토폴로지에서는 ZigBee Coordinator는 네트워크가 시작되고, 네트워크는 ZigBee 라우터를 이용하여 확장되어질 수 있다.

네트워크 계층은 IEEE802.15.4 MAC sub-layer의 올바른 운용을 지키는 기능을 제공하고 애플리케이션 계층의 적당한 서비스 인터페이스를 제공하기 위해 필수적인 기능을 제공한다. 애플리케이션 계층의 인터페이스를 위해 네트워크 계층은 개념적으로 두가지 필수적 기능을 가지는 서비스 엔티티들을 포함한다. 이 서비스 엔티티들은 데이터 서비스(Data service)와 관리 서비스(Management service)이다. NWK 계층 데이터 엔티티(NLDE)는 NLDE와 연관되어진 SAP(NLDE-SAP)를 경유하여 데이터 전송 서비스를 제공하고, NWK 계층관리 엔티티(NLME)는 NLME와 연관되어진 SAP(NLME-SAP)를 경유하여 관리 서비스

를 제공한다. NLME는 몇몇 관리 태스크(Management task)를 위해 NLDE를 이용하고, 역시 NIB(Network Information Base)라고 알려진 객체의 데이터베이스를 유지한다.

ZigBee에서 라우팅 알고리즘은 신뢰성, 비용, 저전력, 무선 네트워크, 제품의 제어와 모니터링과 같은 ZigBee Alliance의 기초적인 목적으로부터 외관상으로 모순되어진 요구의 수를 균형 맞추기 위해 디자인 되어졌다. 이러한 목적은 가격과 성능 간의(예를 들면, 산업상의 제어와 공격적인 가격목표를 위한 애플리케이션 요구들 사이) 균형을 유지한다. 여기에서 “비용”은 전력과 통신비용 뿐 아니라 디바이스 비용을 포함하는 넓은 의미로 해석되어지며, 예를 들면 ROM/Flash Size, Non-volatile RAM Requirement, RAM Size, Communications Cost, Packet overhead 및 Computation cost를 포함하는 여러 가지 Factor에 대하여 고려해야 한다. ZigBee 네트워크 계층(NWK)에서는 다음의 두 가지 라우팅 방법을 네트워크 내의 디바이스 특성 및 네트워크의 비용 간의 균형을 위하여 적절히 적용하여 사용한다.

(1) 계층적 라우팅(Hierarchical Routing)

계층적 라우팅은 ZigBee 라우팅 알고리즘의 기본 라우팅 알고리즘이다. 계층적 라우팅은 계층적으로 네트워크 주소를 배정하게 되고 이러한 주소체계를 이용하여 라우팅을 하는 메커니즘을 가지고 있다. 계층적 어드레싱 스킴은 흥미로운 특성을 가지게 되는데 바로, 디바이스가 프레임을 받으면 언제나, 주소에 대한 비교만으로 프레임의 목적지가 계층에서의 자신의 자손이던지 상위 계층인지 판단을 할 수 있게 된다. 즉, 트리 아래로 경로를 결정하건 혹은 트리 위로 경로를 결정하건 항상 판단이 가능하게 된다.

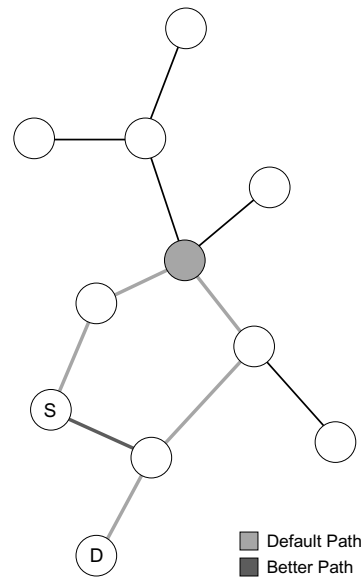


그림 3. ZigBee Hierarchical Routing

(2) 테이블 드리븐 라우팅(Table-driven routing)

계층적 라우팅에서 가장 큰 문제점은 그림 4에서 보는바와 같이 최적의 경로가 아닌 서브 옵티멀한 경로를 만들어 내는 경우가 있다는 것이다. 즉, 계층적 라우팅은 디바이스가 메모리를 요구하지 않는다는 장점이 있기는 하지만 대신 더 많은 통신을 요구하게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 라우팅 테이블을 가지는 방법을 이용하게 되었다. 물론 디바이스나 응용분야에 따라 통신비용과 디바이스 가격 간의 중요도가 다르게 될 것이다. 테이블 드리븐 라우팅은 RREQ와 RREP 메시지를 이용하여 라우팅 경로를 발견하고 노드들은 발견된 경로에 대한 라우팅 테이블을 유지하게 된다. 라우팅 스택의 개발자는 라우팅 테이블을 포함하거나 또는 포함되지 않는 스택을 제공해 줄 수 있다. 그리고 라우팅 테이블을 포함하거나 하지 않는 스택을 옵션으로 제공할 수 있다. 라우팅 테이블을 위한 약간의 공간을 가진 ZigBee Router는 RN+라 하고, 라우팅

표준기술 동향

테이블을 가지지 않는 ZigBee Router는 RN-라고 한다. 이러한 스택 옵션들을 이용하여 라우팅 테이블의 할당을 조절함으로써 애플리케이션 개발자는 디바이스 비용뿐만 아니라 라우팅 경로의 셋업을 위한 통신 비용과 유지비용을 포함하는 값들을 제어할 수 있다.

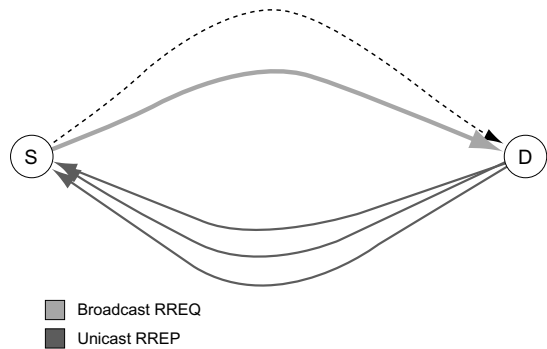


그림 4. ZigBee Table-driven Routing

나. 응용계층(Application Layer)

ZigBee 응용계층은 Application Framework, ZDO(ZigBee Device Objects), Application Support Sublayer로 구성되어 있다.

(1) Application Support Sub-layer

Application Support Sub-layer(APS)는 ZigBee Device Object 뿐만 아니라 제조사의 Application Object에서 이용하는 일반적인 서비스를 가지며 이를 통해 Network Layer(LWK)와 Application Layer (APL) 사이의 인터페이스를 제공한다. 두 개의 다른 엔티티가 이러한 서비스를 제공하는데, 이 엔티티는 Data Entity(DE), Management Entity(ME) 이다. APS Data Entity(APSDE)는 같은 네트워크에 위치한 2개 이상의 디바이스들 사이에서 Application

PDU의 수송을 위한 데이터 전송서비스를 제공한다. APS Management Entity(APSME)는 APS Information Base(AIB)로 알려진 관리객체들의 데이터베이스를 유지하고, 디바이스들을 바인딩하고, 발견하는 서비스를 제공한다.

(2) Application Framework

ZigBee에서의 애플리케이션 프레임은 애플리케이션 객체가 ZigBee 디바이스에서 결속되어진 환경이다. 애플리케이션 프레임워크 내에서 애플리케이션 객체가 APSDE-SAP으로 정의 되어진 Endpoint 인터페이스로부터 데이터를 받게 되고, 애플리케이션 객체의 제어와 관리는 ZigBee 디바이스 객체(ZDO) Public Interface를 통해 수행되어진다. 응용 프레임워크 인터페이스는 APSDE-SAP를 통해 APS와 인터페이스로 연결되어진다. Application Framework의 핵심 내용은 Application에 의해서 사용되는 주소체계에 대한 내용과 애플리케이션들 간의 통신 원리에 대하여 기술을 하고 있다. Application에 의해서 사용되는 주소체계는 단계별로 Node Address, Endpoint Address, Interface Address로 이루어진다.

(가) Node Address

Node Address는 각각의 ZigBee Radio에게 부여되는 주소로서 단일 라디오는 이 주소에 의해서 구분되어지고 ZigBee 네트워크에서 Node Address는 유일하다.

(나) Endpoint Address

ZigBee 노드는 Node Address에 의해서 구분이 가능하지만 각각의 노드에 여러개의 서브유닛이 존재할 경우 이를 구분하는 것이 불가능하다. 이러한 문제점

을 해결하기 위해서 ZigBee는 IEEE 802.15.4 메커니즘과 결합하기 위해 사용되어지는 하위 어드레싱의 다른 레벨을 제공한다. 하나의 ZigBee 노드는 32개의 Endpoint의 값을 가질 수 있으며 Endpoint0은 디바이스 관리와 노드내에서 디스크립터의 주소를 위해 예약되어져 있으며 Endpoint31은 전체 서브유닛에 브로드캐스팅을 위하여 사용된다. 나머지 Endpoint1-30은 ZigBee 노드가 가지고 있는 각각의 서브유닛을 구분하기 위한 주소로 사용되어 진다.

(다) Interface Address

Application Object은 프로파일에 따라 서로 다른 서비스 집합을 제공할 수 있게 되는데 이러한 서비스 제공의 창구가 되는 인터페이스를 Interface Address라 한다.

앞에서 설명한 주소체계를 통해서 통신을 위한 주소를 부여받게 되며 실질적으로 애플리케이션 간 통신을 위하여 프로파일과 클러스터를 이용하게 된다. 프로파일은 메시지 포맷과 사용가능한 애플리케이션이 명령을 보내고, 데이터를 요구하고, 공동 이용이 가능한 분할되어진 애플리케이션을 생성하는 것을 명령/요구하는 처리동작과 같은 메시지에서의 협약이다. 예를 들어, 한 노드의 온도조절기는 다른 노드의 난방기와 통신한다. 동시에, 그들은 난방 애플리케이션 프로파일을 협력적으로 형성시킨다.

클러스터들은 데이터가 디바이스로 들어오거나 나가는 것과 관련되어진 Cluster ID에 의해 식별된다. Cluster ID는 고유의 프로파일의 범위내에서 유일하다. 바인딩 결정은 입력 Cluster ID와 출력 Cluster ID가 같은 프로파일 내에 있다고 가정할 때, 둘을 매치시킴으로써 얻을 수 있다. 바인딩 테이블은 소스와 목적 디바이스의 주소 값을 가지는 8bit 식별자를 가진다.

(3) ZDO(ZigBee Device Objects)

ZigBee 디바이스 객체(ZDO)는 ZigBee 스택 구조에서와 같이 APS 위에 존재하는 애플리케이션 솔루션이다. ZDO는 애플리케이션 객체의 디바이스 제어와 네트워크 기능의 이용을 위한 애플리케이션 프레임워크 계층에서 애플리케이션 객체의 공용 인터페이스(Public Interface)를 제공한다. ZDO는 데이터와 APSME-SAP 컨트롤 메시지를 위해 ZigBee 프로토콜 스택의 하위 부분과 APSDE-SAP의 Endpoint0를 통해 인터페이스를 연결한다. 공용 인터페이스 함수는 ZigBee 프로토콜 스택의 애플리케이션 프레임워크 계층 내에서 Device Discovery, Binding, Security 함수에 대한 관리를 제공한다. ZDO가 수행하는 기능들은 다음과 같다.

(가) Device와 Service Discovery

디바이스 디스커버리는 ZigBee Coordinator 혹은 ZigBee Router의 주소를 이용하여 수행되며, 디바이스 디스커버리를 요청받은 해당 주소를 가지는 ZigBee Coordinator 혹은 ZigBee Router는 자신에 Association된 모든 디바이스의 네트워크 주소를 되돌려 준다. 이러한 디바이스 디스커버리에는 Unicast 방식과 Broadcast 방식이 존재한다. 서비스 디스커버리는 인터페이스 기반 방식과 Profile ID와 Cluster를 이용한 서비스 Match 기반 방식, 노드의 타입 기반 방식, 기타 유저에 의해 정해지는 방식 등으로 이루어진다.

(나) Security Management

Security Management는 Security를 Enable인지 Disable인지를 결정하고 만약 Enable이라면 키 설정, 키 전송기능 및 설정된 링크키를 이용하여 원격의

표준기술 동향

디바이스를 인증하는 등의 역할을 한다.

(다) Network Management

Network Management는 프로그램된 애플리케이션이나 인스톨 시에 설정된 디바이스의 Configuration에 따라 ZigBee Coordinator, ZigBee Router, ZigBee End Device 중 자신의 Logical 디바이스 타입을 결정한다. 만약 디바이스 타입이 ZigBee Router, ZigBee End Device라면 주변에 존재하는 PAN에 가입할 수 있는 기능을 제공하며, 디바이스 타입이 ZigBee Coordinator나 ZigBee Router라면 새로운 PAN을 생성할 수 있는 기능을 제공하고 이를 위하여 사용되지 않는 무선채널을 선택할 수 있는 기능 등을 제공한다.

(라) Binding Management

Binding Management는 바인딩 테이블을 위한 리소스의 사이즈 설정기능, 바인딩 테이블로부터 엔트리 첨부나 삭제를 요청하는 기능, Bind/Unbind 명령기

능을 제공하며, ZigBee Coordinator에게 버튼을 이용하거나 다른 수동적인 방법으로 바인딩 하는 것을 지원한다.

(바) Node Management

Node Management는 주변의 네트워크를 찾는 기능, 라우팅 테이블을 정정할 수 있는 원격관리 기능, 바인딩 테이블을 정정할 수 있는 원격관리 기능, 디바이스가 네트워크를 떠나거나 다른 디바이스가 네트워크를 떠나는 것에 대한 관리기능 등을 제공한다.

3. 지그비(Zigbee) 응용분야

지그비(Zigbee)는 그림에서 보는바와 같이 유비쿼터스 환경에 적극 대처하여 향후 지능형 홈 네트워크, 빌딩 및 산업용기기 자동화, 물류, 환경 모니터링, 휴먼인터페이스, 텔레매틱스, 군사 등의 다양한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 응용될 수 있다.

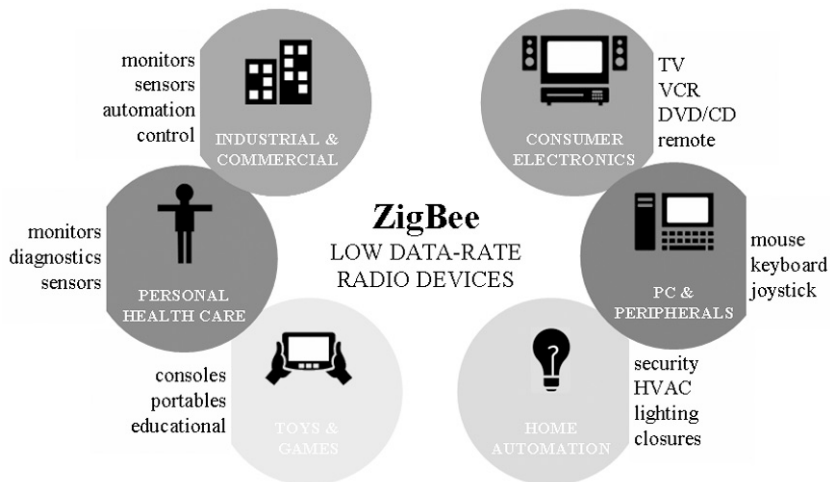


그림 5. 지그비(Zigbee) 응용분야

III. 지그비(Zigbee) 관련 기술동향

미국, 일본, 유럽지역 세계 주요 정보통신 분야 기업들 대부분이 제품과 조직전반에 걸친 네트워킹을 전략적 화두로 내세우며 초소형, 저가, 저전력 및 저속의 무선 칩셋을 이용한 산업·가전 기기들 간의 네트워킹 시대의 도래에 적극 대응하고 있다. 미국의 AT&T, IBM, 마이크로소프트, 인텔, 액센추어, 제록스, 휴렛패커드 등 미국의 정보통신기업과 MIT 미디어 랩 등과 같은 대학연구소들도 무선 칩셋을 이용한 유비쿼터스 컴퓨팅 기술개발에 적극적으로 나서고 있다.

지그비를 지원하는 칩과 Stack 개발동향을 살펴보면 국외에서는 Chipcon, ZMD, ATMEL, Motorola 및 Philips semiconductor 등에서 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 제공해주는데 필요한 근거리 무선통신용 소형, 저가, 저전력 및 저속의 무선 칩셋에 대하여 개발을 진행하거나 제품을 출시하고 있으며 국내에서는 전자부품연구원 등에서 저가, 저 전력 및 저속의 무선통신 칩을 개발하고 있다. 먼저 Motorola사는 MC13191 과 MC13192 RF Transceiver를 개발하였다.

2.4GHz의 주파수를 사용하여 Simple Point-to-Point와 Star Proprietary Network를 제공한다. Chipcon사는 그림 7에서 보는바와 같이 MCU를 제외한 나머지 부분에 대해 원 칩화한 CC2420을 제공하고 있다. CC2420은 2.4GHz의 주파수대역에서 사용할 수 있다.

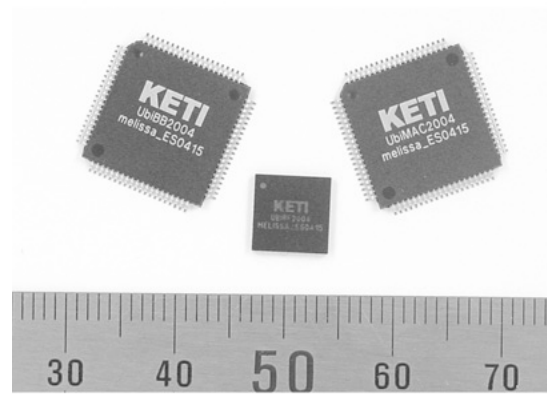


그림 7. KETI에서 개발한 Ubichip

그리고 Figure 8 Wireless에서는 ZigBee의 Application과 제품개발을 위한 ZigBee Software Development Suit을 제공해주고 있으며 여기에는

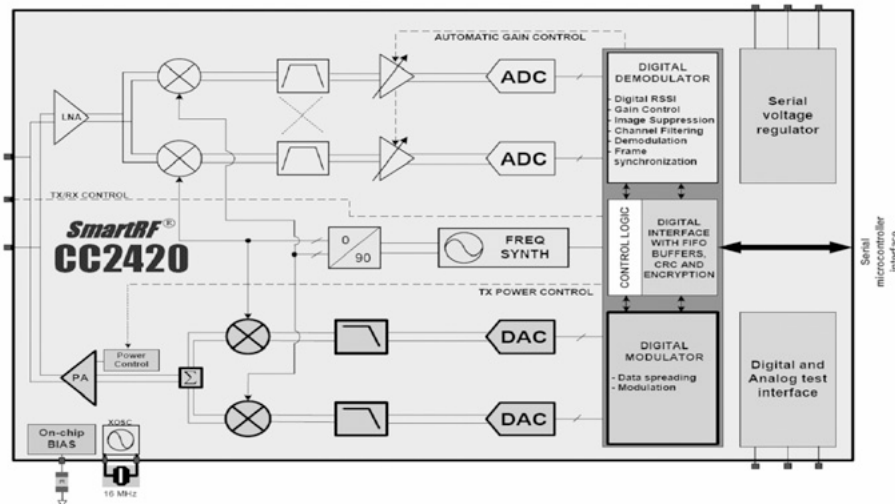


그림 6. Chipcon 사의 CC2420 칩

표준기술 동향

Z-Stack™ ZigBee Protocol Stack Package와 Z-Tool™ ZigBee Protocol Stack Test Tool로 구성되어 있다. 제공되는 Z-Stack™ ZigBee Protocol Stack Package에는 그림 9에서 보는바와 같이 ZigBee Network Layer, ZigBee Application Framework, Security Tool Box, ZigBee Profiles로 구성되어 있다.

호환하는 Self-organizing 및 Self-healing Mesh Network을 제공하는 Ember의 EmberNet을 탑재하고 있으며, Ember사는 통합개발 환경을 제공하는 Ember Developer Kit을 제공한다.

그리고 Crossbow사는 Smart Dust mote와 TinyOS를 상용화한 제품을 지진감지 및 이에 대한 모니터링 등의 분야에 응용할 계획을 가지고 있고, 이외

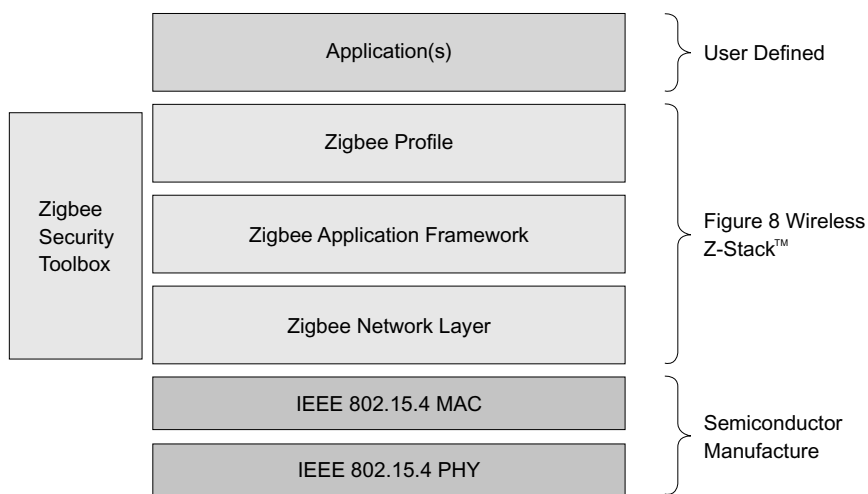


그림 8. Z-Stack Structure

또한, Ember사에서는 EM2420 2.4GHz RF Transceiver를 개발하였다. EM2420은 IEEE 802.15.4를 기반으로 하며 ZigBee Network 표준에

에도 버클리 무선연구센터 등의 미국대학 연구소에서는 무선센서, 모니터 등을 이용한 초저전력 근거리 무선통신용 노드에 대한 연구가 진행 중이며, 이와 동시에 배터리와 Self-powered용 솔라셀 및 Vibrator 파워 생성기술 등에 대한 연구가 진행 중에 있다.

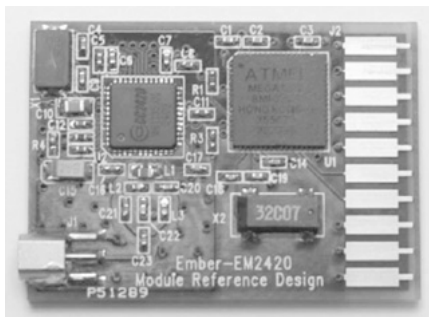


그림 9. EM2420

IV. 결론

지금까지 Zigbee Alliance에서 추진하고 있는 Zigbee Stack 구조와 관련 기술동향에 대하여 살펴보았다. 향후 WPAN 계열의 지그비 솔루션은 유비쿼터

스 컴퓨팅·네트워크 환경을 구축하는데 광범위하게 이용될 것으로 보인다. 또한, 현재까지 소형·저가·저전력을 지원하는 무선통신 및 Application Profile에 대한 표준화가 완료되거나 진행 중인 것은 IEEE 802.15.4와 Zigbee Alliance에서 추진하고 있는 Zigbee Stack 밖에 없는 상황을 고려할 때 앞으로 도래할 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 자율적인 센싱, 저전력 통신 기능 제공 및 수천 개 이상의 노드 객체들이 자율적인 무선센서 네트워크를 구성하여 언제 어디서나 제공해주는 다양한 정보서비스를 이용하여 편리함을 제공해 줄 수 있는 많은 응용분야에 지그비 솔루션이 활용되리라고 판단된다.

또한, 이러한 기술은 향후에 우리들의 일상생활에 보편적으로 활용되는 기술로써 모든 사물에 네트워크 기능을 갖는 칩을 내장하여 사물/기계가 자동적으로 정보를 수집, 교환함으로써, 사용자가 기계의 존재를 인식하지 못할 정도의 편리함을 제공하는 유비쿼터스 컴퓨팅의 환경을 제공하여 보다 많은 편리함을 제공해 줄 수 있을 것으로 기대된다. 이와 같이 유비쿼터스 환경이 구축되고 있지만 완벽한 유비쿼터스 환경을 구축하기 위해서는 앞으로도 소형화, 저가격화, 저전력 공급등의 여러 가지 해결해야 할 문제가 많이 남아 있다. 앞으로 시간을 가지고 장기적으로 유비쿼터스 환경을 구축해 나가려는 노력이 필요하다고 본다.

[참고문헌]

1. ZigBee Application Support Layer Specification, ZigBee document 03244r4, ZigBee Alliance, December 2003.
2. ZigBee Network Layer Specification, ZigBee document 02130r5, ZigBee Alliance, March 2003.
3. ZigBee Application Framework, ZigBee document 03525r1ZB, ZigBee Alliance, March 2004.
4. ZigBee Zigbee Device Object , ZigBee document 03525r5ZB, ZigBee Alliance, March 2004.
5. Zigbee Application Profile Home Control, Lighting, ZigBee document 03540r1ZB, ZigBee Alliance, March 2004.
6. Ember Home page, www.ember.com
7. Figure 8 Wireless Home page, www.f8w.com
8. Chipcon Home page, www.chipcon.com
9. Motorola Home page, www.motorola.com

