

WPAN 기술동향

허재두 | 최은창
한국전자통신연구원

요약

최근 무선통신은 유선통신이 제공할 수 없는 다양한 서비스를 제공하면서 급속히 확산되고 있다. WPAN은 무선기반의 편리성과 이동성을 보장하고 언제, 어디서나 사용자 맞춤형 서비스를 제공하는 유비쿼터스 시대를 조기에 정착시킬 수 있는 네트워킹 기술이다. 이 기술은 10m 내외의 비교적 단거리에서 디바이스들 간의 무선연결을 통하여 다양한 정보를 전달할 수 있다. 특히, 저전력/소형/저가격으로 저속(Kbps)에서부터 초고속(Gbps)에 이르기까지 다양한 형태의 속도를 제공하며 홈, 사무실, 병원 등과 같은 실내 환경뿐만 아니라 외부망과 연동되어 원격지에서도 사용자의 필요에 의해서 원하는 서비스를 제공해 줄 수 있는 인프라를 제공해 준다.

본고에서는 유비쿼터스 네트워킹을 제공하기 위한 WPAN의 주요 표준 및 기술내용에 관하여 살펴보고자 한다.

1. 서론

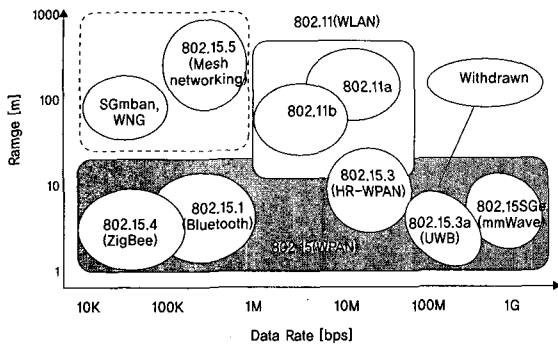
현재 정보통신은 유선과 무선기술이 통합되면서 언제 어디서나 네트워킹을 통하여 필요한 정보를 얻을 수 있는 유비쿼터스 환경으로 진화하고 있다[1~3]. 이러한 환경은 무선통신, 초소형 마이크로프로세서, ad-hoc 네트워킹, MEMS, 임베디드 시스템 등의 기술발전으로 가능해졌으며, 통합적으로 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술을 기반

으로 실현되고 있다. WPAN 기술은 속도의 차이를 기준으로 저속의 무선센서네트워킹 기술과 고속의 미디어데이터 전송기술로 구분할 수 있다.

저속 WPAN 기술은 무선센서네트워크에 주로 응용되어 모든 사물에 내재되거나 혹은 부착, 착용할 수 있는 소형, 경량, 저비용, 저전력 및 간편한 휴대 등의 특성을 갖춘 센서노드들 간의 네트워킹을 제공한다. 센서노드는 환경, 방범·방재, 헬스케어, 위치, 음성 등과 같은 다양한 종류의 센싱기능, 센싱 데이터 처리 및 제어 데이터 생성, 무선전송 기능으로 구성된다. 유비쿼터스 시대는 존재하는 모든 사물에 센싱 혹은 액추에이션 노드가 부착될 수 있고 이들 간의 유기적인 네트워킹을 통하여 맞춤형 서비스 제공이 가능하여 이 분야의 연구 활동은 더욱 발전될 것으로 기대된다[4]. 고속 WPAN 기술은 저속 WPAN의 특징과 같이 저전력, 소형, 경량, 간편한 휴대 등이 요구되며 PC주변기기, 가전기기, 모바일기기 간의 고속데이터 전송이 가능하고 HD급 영상을 손쉽게 전송하고 원하는 정보를 다운로드하거나 업로드하는 시간을 최소화 할 수 있다.

WPAN 기술은 IEEE 802.15에서 전송규격을 정의하고 있다. WPAN 표준은 IEEE 802.15.1의 블루투스 TG(Task Group), IEEE 802.15.2의 주파수 공존 TG, IEEE 802.15.3의 고속 WPAN TG, IEEE 802.15.4의 저속 WPAN TG, IEEE 802.15.5의 메쉬네트워킹 TG, SGmban(Study Group Medical Body Area Networks), WNG(Wireless Next Generation) standing 위원회로 구성되어 있다[5]. 현재 IEEE 802.15에서 활동이 있는 그룹은 TG3c(mm Wave), SG4c(WPAN Alternative PHY for China), TG4d(WPAN

alternative PHY for Japan), TG5(WPAN Mesh Networking), SGmban, WNG 그룹이다. (그림 1)은 IEEE 802 기술에 대해 서비스 영역과 전송속도 면에서 비교하였다.



(그림 1) IEEE 802 표준 서비스 영역과 전송속도 비교

본고에서는 저속 WPAN의 지그비 기술, 중속의 블루투스 기술 및 고속 WPAN의 UWB 기술에 대한 표준 및 기술동향을 살펴보고 고찰한다.

II. WPAN 기술

1. 지그비(ZigBee)

지그비는 저전력, 저가격, 사용의 용이성을 가진 WPAN 기술 중 하나로 꿀벌의 의사소통 수단인 춤에서 인용된 기술이다. 꿀벌은 Zig-Zag로 춤을 추면서 꽃의 위치, 거리, 방향을 알려주는데, 이것이 경제적인 통신수단으로 알려져 있으며, 무선네트워크에서 이런 혁신적인 기술을 도입한다는 측면에서 ZigZag의 Zig와 꿀벌의 Bee를 합성하여 지그비(ZigBee)라는 용어를 탄생시켰다. 2003년 IEEE 802.15.4 분과위원회에서 표준화된 PHY/MAC층을 기반으로 상위 프로토콜과 응용을 규격화하였다. 지그비의 기술기반은 IEEE 802.15.4-2003 표준이며 ZigBee PRO 코어스택을 사용하는 ZigBee 2007 버전에서는 IEEE 802.15.4-2006 버전을 사용할 예정이다. LR-WPAN 표준규격의 주파수대역은 전 세계의 경우 2.4GHz 대역이지만, 미국과 유럽은 각각 915MHz,

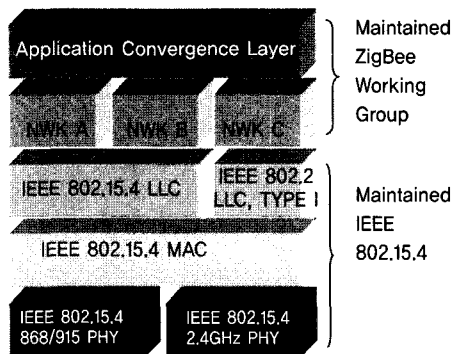
868MHz 대역을 사용하고 있으며, 국내의 경우 주파수 확보를 위해 연구 중이다.

지그비는 센서네트워크와 같은 수직 어플리케이션 영역의 짧은 거리에서 경쟁력이 있는 것으로 판단된다. 적용대상은 빌딩제어, 자동차분야, 자동차, 홈네트워크, 농경, 공장자동화 등에 사용될 수 있다. 즉 저전력 지그비 송·수신기를 센서(동작, 빛, 압력, 기온, 습도 측정 가능센서)와 결합, 네트워크를 구성하여 빌딩을 원격으로 관리한다든지, 신체에 지그비를 장착하여 병원에서 주기적으로 환자를 진찰할 수 있다. 지그비는 짧은 거리에서 소용량 데이터 전송에 적합한 분야에 사용될 전망이다.

WPAN 시장은 여러 기술이 혼재되어 있는 상태로 어느 한 기술이 주도하는 상황은 발생하지 않을 전망이다. 즉 지그비는 독자적 형식을 갖는 제품보다 새로운 IT 기술(지문, 음성, 생체인식 등)과 접목될 가능성이 큰 것으로 판단된다. 지그비 시장은 홈오트메이션에 대해 수요 증가와 기존 two 칩에서 one칩화 되면서 큰 폭의 성장이 예상된다. 전 세계적으로 지그비 시장은 칩 기준으로 2005년 2천만 개 수준에서 2010년에는 10억 개를 넘어설 것으로 전망된다. 금액으로 환산할 경우 칩당 가격이 1달러수준까지 내려갈 것으로 전망되기 때문에 1조원 정도로 추산된다. 적용대상은 홈오트메이션과 무선 네트워크가 전체 시장의 78%를 차지할 것으로 전망된다[6].

비영리 조직인 ZigBee Alliance는 안정적 데이터 전송을 위해 IEEE 802.15.4의 물리 및 매체접근제어계층 기반으로 그 상위에 네트워크 구조, 라우팅, 보안 등을 추가하였다. 이를 이용하여 지그비 프로파일은 서로 다른 생산자가 만든 비슷한 기기들 사이의 상호 운용성과 호환성을 제공하게 된다. ZigBee Alliance에서는 다양한 응용 분야에 활용될 수 있도록 응용 프로파일의 정의 및 개발에 역점을 두고 있다. ZigBee Alliance는 아키텍처, 응용 프레임워크, 네트워크, 보안, 게이트웨이 워킹그룹 및 마케팅, 인증 워킹그룹으로 구성되어 있다[7].

이 조직은 2007년 5월 현재 220여 업체가 멤버로 등록되어 있으며 2006년 12월 ZigBee-2006 규격을 발표하였다. 이 표준은 2004년 12월에 발표한 ZigBee-2004(V1.0) 규격과 비교하여 16비트 클러스터, 소스 디바이스 바인딩, ZCL(ZigBee Cluster Library) 지원 등의 특징을 가지고 있다.



(그림 2) IEEE 802.15.4와 지그비 스택

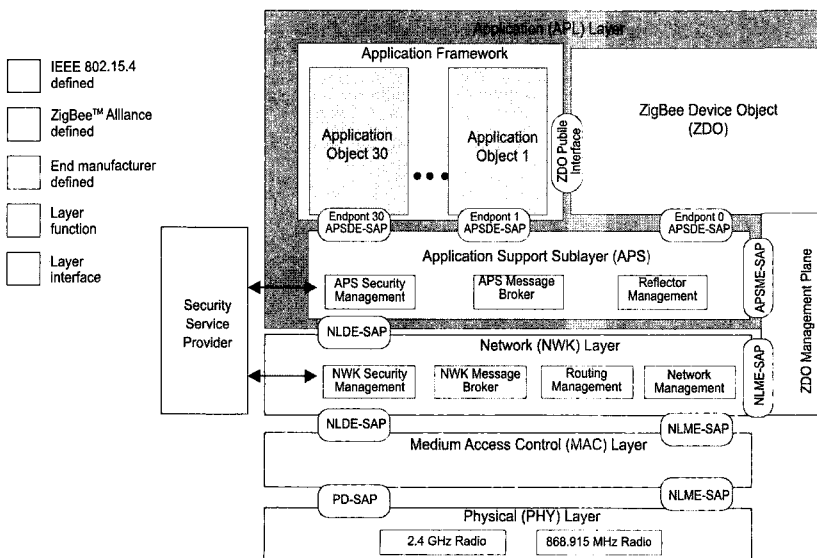
IEEE 802.15.4와 지그비 스택에 대한 계층적 표현은 (그림 2)와 같다. ZigBee Alliance에서는 IEEE 802.15.4의 물리계층과 매체접근제어계층을 포함하고 보안(security), 네트워크 계층(network layer), 응용 프로파일(profile), commission 등과 같은 소프트웨어 솔루션을 표준화 하고 있다. 또한 구체적인 상호 호환성 시험과 칩, 모듈, 스택 소프트웨어 및 프로파일에 대한 인증 규격을 제정하고 이를 관리한다.

(1) 지그비 스택 구조

지그비 스택 구조는 여러 개의 계층들로 구성되는데 각 계층은 상위 계층에 특정 서비스들을 제공한다. 각각의 계층

에는 데이터 전송서비스를 제공하는 Data Entity와 다른 모든 서비스들을 제공하는 Management Entity로 구성된다. 각 서비스 Entity는 상위 계층에게 SAP(Service Access Point)를 통해서 인터페이스를 제공한다. 지그비 스택구조를 살펴보면 (그림 3)에서와 같이 OSI 7 Layer 표준 모델을 기초로 하고 있다.

IEEE 802.15.4 표준에서는 물리계층과 매체접근제어계층에 대하여 정의하고 있으며, ZigBee Alliance 에서는 네트워크 계층과 Application Support Sub-layer, ZDO(ZigBee Device Object), Application Object을 포함하는 응용계층에 대한 프레임워크에 대해 정의하고 있다. IEEE 802.15.4에서 정의하고 있는 물리계층은 868/915MHz와 2.4GHz의 두개의 주파수 범위에서 동작한다[8]. 여기서 868MHz는 유럽에서 사용되고 915MHz는 미국과 호주 등의 나라에서 사용되며 2.4GHz는 전 세계에서 공동으로 사용된다. 또한 IEEE 802.15.4에서 정의하고 있는 MAC Sub-Layer는 CSMA-CA 메커니즘을 사용하여 무선 채널을 액세스한다. 또한 여기서는 비콘 프레임의 전송, 동기 관리, 신뢰성 있는 전송 메커니즘 등을 제공한다. 지그비 네트워크 계층은 네트워크에 조인하거나 떠나는 메커니즘, 전송프레임에 대한 시크리티 제공, 프레임의 보내고자 하는 노드로의 라우팅 등에 대한 기능을 담당한다. 또한, 디바이스 간의 라우팅 경로를 찾고 관리하는 기능을 수행하고 이웃 디바이스에 대한 관리기능도 담당한다. 지그비 코디네이터의 네트워크 계층은 새로운 네트워크의 시작을 담당하고 또한 새롭게 네트워크에 가입한 디바이스에 주소를 부여하는 기능을 수행한다. 지그비 응용계층은 APS Sub-layer, ZDO 및 제작사가 정의하는 응용객체들로 구성되어 있다. 지그비 응용계층은 디바이스가 제공하는 서비스와 요구에 기초하여 디바이스들 간의 바인딩을 관리하고 바인딩 테이블을 유지하며 이를 기초로 바인딩된 디바이스들 간의 메시지 포워딩을 담당한다. ZDO는 네트워크 안에서 디바이스의 역



(그림 3) 간략화된 지그비 스택 구조

는 기능을 수행하고 이웃 디바이스에 대한 관리기능도 담당한다. 지그비 코디네이터의 네트워크 계층은 새로운 네트워크의 시작을 담당하고 또한 새롭게 네트워크에 가입한 디바이스에 주소를 부여하는 기능을 수행한다. 지그비 응용계층은 APS Sub-layer, ZDO 및 제작사가 정의하는 응용객체들로 구성되어 있다. 지그비 응용계층은 디바이스가 제공하는 서비스와 요구에 기초하여 디바이스들 간의 바인딩을 관리하고 바인딩 테이블을 유지하며 이를 기초로 바인딩된 디바이스들 간의 메시지 포워딩을 담당한다. ZDO는 네트워크 안에서 디바이스의 역

할을 정의하고 네트워크 디바이스 사이에 바인딩 요구들에 대한 처리, 디바이스간의 보안관계를 설정해 주는 기능을 담당한다. 또한, ZDO는 해당 네트워크에서 디바이스들을 탐색하고 그들이 제공하는 응용서비스들을 결정하는 기능을 제공해준다

(2) 네트워크 계층(Network Layer)

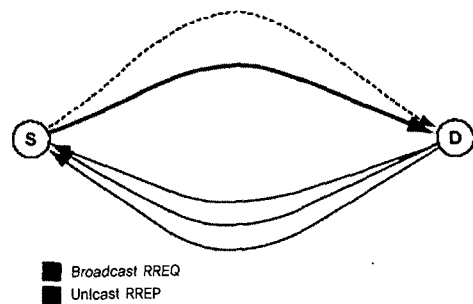
지그비에서 네트워크계층은 스타(star)와 메쉬(mesh)형태의 토폴로지를 지원한다. 스타 토폴로지에서는 지그비 코디네이터라는 단일 디바이스에 의해 제어된다. 지그비 코디네이터는 네트워크 안의 디바이스를 관리 및 초기화하고, 다른 모든 종단 디바이스가 직접적으로 지그비 코디네이터와 통신할 수 있도록 한다. 메쉬 토폴로지에서는 지그비 코디네이터는 네트워크가 시작되고, 네트워크는 지그비 라우터를 이용하여 확장되어질 수 있다. 네트워크 계층은 IEEE 802.15.4 매체접근제어 부계층(sub-layer)의 올바른 운용기능을 지키는 기능을 제공하고 응용계층의 적당한 서비스 인터페이스를 제공하기 위해 필수적인 기능을 제공한다. 응용계층의 인터페이스를 위해 NLDE(Network Layer Data Entity)는 NLDE-SAP(Aervice Access Point)를 경유하여 데이터 전송 서비스를 제공하고, NLME(Network Layer Management Entity)는 NLME-SAP를 경유하여 관리 서비스를 제공한다. NLME는 관리 태스크를 위해 NLDE를 이용하고, NIB(Network Information Base) 객체의 데이터베이스를 유지한다.

지그비에서 라우팅 알고리즘은 신뢰성, 저비용, 저전력기반의 무선네트워크 제품의 제어와 모니터링 데이터 전송을 위하여 비용과 성능 간의 균형을 유지한다. 여기에서 “비용”은 전력과 통신비용뿐 아니라 디바이스 비용을 포함하는 넓은 의미로 해석되며, 예를 들어 ROM/Flash Size, Non-volatile RAM 요구사항, RAM Size, Communications Cost, Packet overhead 및 Computation cost 등 여러 요소에 대하여 고려해야 한다. 지그비 네트워크 계층에서는 네트워크 내의 디바이스 특성 및 네트워크의 비용간의 균형을 위하여 두 가지 라우팅 방법을 적절히 적용하여 사용한다.

(3) 계층적 라우팅 (Hierarchical Routing)

계층적 라우팅은 지그비의 기본 라우팅 알고리즘이다. 계

층적 라우팅은 계층적으로 네트워크 주소를 배정하게 되고 이러한 주소체계를 이용하여 라우팅을 하는 메커니즘을 가지고 있다. 계층적 어드레싱 방법은 흥미로운 특성을 가지게 되는데 바로, 디바이스가 프레임을 받으면 언제나, 주소에 대한 비교만으로 프레임의 목적지가 계층에서의 자신의 직접 관리대상(child)이던지 상위 계층인지 판단을 할 수 있게 된다. 즉, 트리 아래로 경로를 결정하건 혹은 트리 위로 경로를 결정하건 항상 판단이 가능하게 된다.



(그림 4) ZigBee 테이블 드리는 라우팅

(4) 테이블에 의한 라우팅 (Table-driven routing)

계층적 라우팅에서 가장 큰 문제점은 (그림 4)에서 보는 바와 같이 최적의 경로가 아닌 서브 최적의 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. 테이블에 의한 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 선택적으로 제공할 수 있다. 라우팅 테이블을 위한 약간의 공간을 가진 지그비 라우터는 RN+라 하고, 라우팅 테이블을 가지지 않는 지그비 라우터는 RN-라고 한다. 이러한 스택 옵션들을 이용하여 라우팅 테이블의 할당을 조절함으로써 응용 개발자는 디바이스 비용과 라우팅 경로의 셋업을 위한 통신비용과 유지비용을 포함하는 값들을 제어할 수 있다.

(5) 응용계층 (Application Layer)

지그비 응용계층은 응용프레임워크, ZDO(ZigBee Device Objects), Application Support Sub-layer로 구성되어 있다.

① Application Support Sub-layer(APS) : 지그비 디바이스 객체뿐만 아니라 제조사의 응용객체에서 이용하는 일반적인 서비스를 말하며 이를 통해 네트워크계층과 응용계층 사이의 인터페이스를 제공한다. 두개의 서로 다른 엔티티가 이러한 서비스를 제공하며, DE(Data Entity)와 ME(Management Entity)가 있다. APS DE는 같은 네트워크에 위치한 2개 이상의 디바이스들 사이에서 응용 패킷 수송을 위한 데이터 전송서비스를 제공한다. APS ME는 AIB(APS Information Base)로 알려진 관리객체들의 데이터베이스를 유지하고, 디바이스들을 바인딩하고, 발견하는 서비스를 제공한다.

② 응용 프레임워크 : 지그비에서의 응용 프레임은 응용객체가 지그비 디바이스에 바인딩 상태이다. 응용 프레임워크 내에서 응용객체가 APSDE-SAP으로 정의 되어진 endpoint 인터페이스로부터 데이터를 수신하고, 응용객체의 제어와 관리는 ZDO Public Interface를 통해 수행된다. 응용 프레임워크 인터페이스는 APSDE-SAP를 통해 APS와 인터페이스로 연결된다. 응용 프레임워크의 핵심 내용은 응용에 의해서 사용되는 주소체계에 대한 내용과 응용들 간의 통신원리에 대하여 기술하고 있다. 응용에 의해서 사용되는 주소체계는 단계별로 node address, endpoint address, interface address로 이루어진다.

Node address는 각각의 지그비 라디오에게 부여되는 주소로서 단일 라디오는 이 주소에 의해 구분되고 지그비 네트워크에서 node address는 유일해야 한다. 지그비 노드는 node address에 의해서 구분이 가능하지만 각각의 노드에 여러 개의 서브 유닛이 존재할 경우 이를 구분하는 것이 불가능하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 지그비는 IEEE 802.15.4 메커니즘과 결합하기 위해 사용된 하위 어드레싱의 다른 레벨을 제공한다. 지그비 노드는 32개의 endpoint의 값을 가질 수 있으며 Endpoint0은 디바이스 관리와 노드 내에서 디스크립터의 주소를 위해 예약되고 endpoint31은 전체 버스 유닛에 브로드캐스팅을 위하여 사용된다. 나머지 endpoint1~30은 지그비 노드가 가지고 있는 각각의 서브 유닛을 구분하기 위한 주소로 사용된다.

응용객체는 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 부여 받게 되며 실질적으로 응용간 통신을 위하여 프로파일과 클러스터를 이용하게 된다. 프로파일은 메시지 포맷과 사용 가능한 응용이 명령을 보내고, 데이터를 요구하고, 공동 이용이 가능한 분할된 응용을 생성하는 것을 명령/요구하는 메시지 협약이다. 예를 들어, 한 노드의 온도조절기는 다른 노드의 난방기와 통신한다. 동시에, 그들은 난방 응용프로파일을 협력적으로 형성시킨다. 클러스터들은 데이터가 디바이스로 들어오거나 나가는 것과 관련된 클러스터 ID에 의해 식별된다. 클러스터 ID는 고유의 프로파일의 범위 내에서 유일하다. 바인딩결정은 입력 클러스터 ID와 출력 클러스터 ID가 같은 프로파일 내에 있다고 가정할 때, 둘을 일치시켜 얻을 수 있다. 바인딩 테이블은 소스와 목적 디바이스의 주소값을 가지는 8bit 식별자를 가진다.

③ ZDO(ZigBee Device Objects) : 지그비 디바이스 객체(ZDO)는 지그비 스택 구조에서와 같이 APS위에 존재하는 응용 솔루션이다. ZDO는 응용객체의 디바이스 제어와 네트워크 기능의 이용을 위한 응용프레임워크 계층에서 응용객체의 공용 인터페이스(Public Interface)를 제공한다. ZDO는 데이터와 APSME-SAP 쿼트를 메시지를 위해 지그비 프로토콜 스택의 하위부분과 APSDE-SAP의 endpoint0를 통해 인터페이스를 연결한다. 공용 인터페이스 함수는 지그비 프로토콜 스택의 응용 프레임워크 계층내에서 device discovery, binding, security 함수에 대한 관리를 제공한다. ZDO가 수행하는 기능들은 디바이스 및 서비스 discovery와 security 관리이다.

디바이스 discovery는 지그비 코디네이터 혹은 지그비 라우터의 주소를 이용하여 수행되며, 디바이스 discovery를 요청받은 해당 주소를 가지는 지그비 코디네이터 혹은 지그비 라우터는 자신에 association 된 모든 디바이스의 네트워크 주소를 되돌려준다. 이러한 디바이스 discovery에는 unicast 방식과 broadcast방식이 존재한다. 서비스 discovery는 인터페이스 기반 방식과 프로파일ID와 cluster를 이용한 서비스 match 기반 방식, 노드의 타입 기반 방식, 기타 사용자에 의해 정해지는 방식 등으로 이루어진다.

Security 관리는 security를 enable인지 disable인지를 결정하고 만약 enable이라면 키 설정, 키 전송 기능 및 설정된 링크키를 이용하여 원격의 디바이스를 인증하는 등의 역할을 한다.

④ Network Management : 프로그램된 응용이나 초기화에 설정된 디바이스의 configuration에 따라 지그비 코디네이터, 지그비 라우터, 지그비 디바이스 중 자신의 논리적 디바이스 타입을 결정한다. 만약 디바이스 타입이 지그비 디바이스로 판단되면 주변에 있는 PAN에 조인할 수 있는 기능을 제공하고, 타입이 지그비 코디네이터이면 새로운 PAN을 생성할 수 있는 기능을 제공하며 이를 위하여 사용되지 않는 무선채널을 선택할 수 있는 기능을 제공한다.

바인딩 관리는 바인딩 테이블을 위한 리소스의 쿼리 설정 기능, 바인딩 테이블로부터 엔트리 첨부나 삭제를 요청하는 기능, Bind/Unbind 명령기능을 제공하며 지그비 코디네이터에게 버튼을 이용하거나 다른 수동적인 방법으로 바인딩하는 것을 지원한다.

노드 관리는 주변의 네트워크를 찾는 기능, 라우팅 테이블을 설정할 수 있는 원격관리 기능, 바인딩 테이블을 설정할 수 있는 원격 관리 기능, 디바이스가 네트워크를 떠나거나 다른 디바이스가 네트워크를 떠나는 것에 대한 관리 기능 등을 제공한다.

지그비 응용프레임워크 표준은 AMI(Advanced Metering Infrastructure), CBA(Commercial Building Automation), HA(Home Automation), PHHC(Personal Home & Hospital Care), TA(Telecom Applications), WSA(Wireless Sensor Application) 등의 PTG(profile Task Group)를 주축으로 진행 중이다. 또한 이러한 프로파일에 대한 손쉽고 빠른 commissioning을 위하여 CTTG(Commissioning Tool Task Group)을 별도로 운용중이다.

국내의 경우 TTA PG 304(WPAN PG)에서 지그비의 국내 표준화 활동을 담당하고 있으며 2005년과 2006년에 지그비 응용 프로파일을 stage1과 stage2로 분리하여 표준화를 진행하였다. 또한 ETRI는 ZigBee Alliance의 TA PTG 창설 멤버로 활약하면서 현재는 프로파일 표준화 작업을 진행 중이다. 한국홈네트워크산업협회 산하에는 지그비 포럼이 발족되어 기술 표준화 및 산업의 활성화를 추진하고 있으며, 시장 규모는 아직 미미한 수준에 그치고 있다. 그러나 IT839

전략에 홈오토메이션이 포함되어 있고, 국내 IT기술의 변화 속도를 감안할 때 관심이 많아질 것으로 보인다. 다만, 적용 분야가 대부분 산업의 자동화에 국한되어 있어 대량 수요처 발굴은 아직 많은 시간이 필요할 것으로 보인다.

지그비의 칩셋은 TI, Freescale이 2003년 개발한 이후 지속적으로 진화되어 지금은 Full H/W를 트랜시버칩에 내장하는 수준까지 이르렀다. 즉 지그비의 원천기술은 이미 개발되어 있는 상태로 이 기술을 필요로 하는 시장이 형성되기를 기다리고 있는 것이다. 최근에는 지그비 칩에 위치인식 및 음성전송 등과 같이 응용기능까지 구현하는 칩들이 프로토타입 형태로 제공되고 있다. 국내에서는 누리텔레콤이 지그비 모뎀을 개발하여 원격검침 및 신용정보조회기에 응용하고 있으며 ETRI, KETI, RadioPulse, 삼성종합기술원, 한국무선네트워크, TSC 시스템즈 등도 지그비 관련 제품을 개발하고 있다.

2. 블루투스(Bluetooth)

블루투스는 전자제품간의 데이터 송수신을 기존 케이블대신 무선으로 연결해 주는 기술로 10세기 덴마크 부족을 통일한 '헤럴드 블루투스' 왕의 이름에서 따온 말이다. 1998년 5월 에릭슨, 노키아, IBM, 도시바, 인텔 등 5개사가 중심이 되어 Bluetooth SIG(Special Interest Group)이라는 컨소시엄을 구성하여 1999년 1차 포럼에서 '블루투스 1.0' 규격을 정하였다. 현재 Bluetooth SIG 컨소시엄의 회원수는 1천여 개가 넘고 있다.

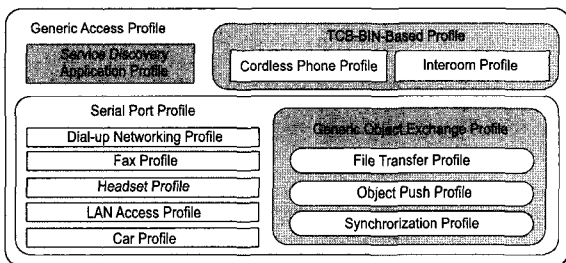
블루투스의 기술적 표준은 다른 근거리 무선통신기술과 마찬가지로 IEEE 802.15 산하의 분과위원회에서 정하고 있는데, Bluetooth SIG에서 3Mbps를 지원하는 버전 2.0+EDR(Enhanced Data Rate)를 발표하였으며, 다른 칩셋업체에서도 이에 대응하는 칩셋을 내놓고 있다. 현재 출시되고 있는 블루투스 칩은 베이스밴드와 RF 트랜시버를 하나의 칩에 집적시켜 놓았으며, CMOS 기술을 이용하여 전력소모를 크게 줄여 현 수준에서 상용화하는데 큰 문제가 없는 상태이다.

블루투스용 칩셋이 통합되고, 추가적인 기능도 집적화되면서 크기가 줄어들며 따라 헤드셋에 많이 사용될 전망이다. 특히 휴대폰의 기능이 단순히 음성을 송·수신하는 것에서 방송을 보고, 음악을 듣는 기능이 추가됨에 따라 헤드

셋에 대한 필요성이 커지고, 더 나아가 기존의 유선보다는 무선 사용시 훨씬 편리할 것으로 판단되기 때문이다. 이외에도 컴퓨터와 외장장치 등에도 블루투스가 사용될 것으로 보인다.

블루투스시장은 칩셋기준으로 2001년 570만개, 금액기준으로 7,600만 달러의 시장을 형성한 것으로 추정되며, 2003년 이후 급속도로 커질 것으로 예상하였으나, 당초 예상과 달리 구체적인 용도 불분명·가격·배터리 문제 등으로 성장속도가 낮았다. 하지만, 2009년부터는 상용화가 빨라질 것으로 전망된다. 왜냐하면 주 사용처인 휴대폰의 기능이 MP3에 이어 방송까지 확대됨에 따라 헤드셋의 기능 향상이 예상되고, 이에 블루투스가 가능한 헤드셋의 수요가 늘어날 것으로 판단되기 때문이다.

블루투스의 원천기술은 해외가 앞서있다. 1998년 블루투스 SIG가 결성되었으며, 이 컨소시엄에서 로고 인증제도를 마련하는 등 핵심적 역할을 하고 있다. 로고 인증제도를 블루투스가 제각각 개발되어 장착될 경우 상호 접속성이 떨어지기 때문에 만든 제도로서 블루투스 제품과 PRD를 BQTF(인정테스트 하우스)에 보내 인증을 받는 것이다.



(그림 5) 블루투스의 응용분야와 프로파일

블루투스 기술은 2.4GHz의 비면허 ISM 대역을 사용함으로써 무선사용 규제에 대한 법적인 제한이 없으며, GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) 방식을 이용하여 최대 1Mbps의 전송 속도를 지원하고, 음성 통신과 대칭 및 비대칭 데이터 통신을 위해 각각 다른 전송 속도를 적용하고 있다. 블루투스 표준의 구성을 보면 크게 코어 규격과 프로파일 규격으로 구분된다. 코어 규격은 블루투스 기술이 어떻게 작동하는지를 보여주기 위한 부분으로 물리적 부분과 그에 필요한 펌웨어 등 하드웨어적인 설계규격에 대해 기술

하고 있고, 프로파일 규격은 응용분야와 기기 상호간의 호환성을 위해 마련된 것으로 소프트웨어적인 상호운용 가이드라인을 기술한 부분이다. (그림 5)는 블루투스에서 제공하는 응용분야와 이에 대한 프로파일을 정리한 것이다[10]. 블루투스의 싱글칩은 CSR, TI, Broadcom, RFMD 등이 출시하고 있으며, Broadcom과 RFMD은 퀄컴의 베이스밴드에 내장된 블루투스 베이스 밴드와 연동이 가능한 트랜시버 IC를 별도로 출시하고 있다. 퀄컴은 블루투스 기능을 자사의 MSM 칩에 내장하고 있고, 해외업체 중에서는 CSR (Cambridge Silicon Radio)이 가장 앞서있는 것으로 판단된다.

모듈의 경우 일본 업체인 무라타 제작소, 교세라, 태양유전 등이 있는데, 특히 무라타 제작소는 LTCC 기술을 응용하여 블루투스 모듈분야에서 가장 앞서 있는 것으로 판단되며, 삼성전자의 블루투스 휴대폰에 모듈을 공급하고 있다.

CSR은 1998년 영국 캠브리지에서 설립되었으며, 독자적인 블루투스 기술로 세계 블루투스 시장을 주도하고 있다. 현재 세계시장의 절반을 차지하고 있으며, 실적은 2004년 기준 매출 2.5억달러이며, 순이익 0.6억달러를 기록하고 있다. CSR은 미국 텍사스, 디트로이트, 일본, 한국, 대만, 중국, 인도, 프랑스, 덴마크, 스웨덴에 사무소를 두고 있으며, 칩 당 가격을 5달러수준까지 떨어뜨림에 따라 기술에 이어 시장 확대를 주도하면서 블루투스시장에서의 영향력을 더욱 강화시켜 나갈 것으로 판단된다.

블루투스의 채택비중이 늘어날 전망이다. 주로 적용될 휴대폰이 멀티미디어화 됨에 따라 헤드셋(이어폰)의 중요성이 커지고, 더구나 무선 제품의 수요가 많아질 것이기 때문이다. 또한 전 세계적으로 블루투스 장착 휴대폰이 확대될 경우 세계 휴대폰시장에서 높은 브랜드 인지도를 가진 삼성전자와 LG전자도 블루투스의 장착률을 현재보다 훨씬 더 높일 것으로 전망되기 때문이다.

국내에서는 GCT Semiconductor가 블루투스 SIG로부터 칩(RF, 베이스밴드)에 대해 인증을 받았고 삼성전자와 하이닉스도 칩을 개발하였다. 또한 모듈분야에서는 삼성전기, LG이노텍, 휴네텍 등이 경쟁력을 가지고 있는 것으로 판단된다. 블루투스 기술에 있어 국내업체가 다소 열세에 있는 것으로 판단된다.

핵심기술인 칩의 경우 해외에서 먼저 개발이 시작되었고, 현재 블루투스 SIG로부터 제품의 인증을 받고 있기 때문이

다. 2006년부터는 UWB 기반의 블루투스 3.0 표준이 WiMedia Alliance에서 진행되고 있다.

3. UWB(Ultra Wideband)

오래전부터 연구되어 왔던 UWB는 그동안 법적 근거 미비와 기존 통신과의 연결 문제로 주로 군사용으로 응용되어 왔으나, 2002년 미국 FCC에서 상용화를 결정함에 따라 미국을 비롯한 일본, 유럽, 한국 등을 중심으로 개발이 진행되고 있다.

UWB는 주파수의 대역폭비가 25%이상 넓은 대역과 500MHz 이상의 대역폭을 제공하는 무선통신기술을 의미한다. UWB의 장점은 첫째, 송신출력의 전력 스펙트럼 밀도가 낮다. 이는 간섭을 최소화함으로써 보안 능력이 우수한 것을 의미한다. 둘째, 고속전송이 가능하다. 셋째, 송수신 회로가 단순하다. 반면, 복수 사용자의 신호를 분리하는 것이 복잡한 단점도 있다.

이 기술은 미국에서 시작되었다고 해도 과언이 아니다. 미국 FCC가 UWB의 상용화를 결정했고, 이를 시행하기 위한 많은 노력들을 하였다. IEEE 802.15 TG 3a에서는 인텔 중심의 MBOA UWB와 모토롤라 중심의 DS-UWB 진영이 표준화의 합의점을 찾지 못하고 2006년 2월 공식적으로 IEEE 802.15.3a PAR(Project Authorization Request)가 철회되었다. UWB 시장은 크게 두 가지 점에서 상용화 시기가 앞당겨질 것으로 보인다. 첫째, 두 가지 기술의 공존이 기술적 측면에서 완성도를 높이고, 상업적 측면에서 보급을 확대시킬 것으로 판단된다.

기술의 표준화가 정해지지 않은 가운데 UWB 개발업체들은 시장선점을 위해 기술의 완성시기를 앞당길 것이고, 가격 경쟁을 유발함으로써 수요자의 비용부담을 덜어줄 것으로 판단되기 때문이다. 둘째, 통신산업의 발전이 전자제품의 발전을 가져오기 때문이다. 고화질 TV가 보편화되고, 쌍방향 데이터 전송이 가능해지면서 가전제품끼리의 데이터 전송도 빈번해지면서 무선 방식의 수요도 많아질 것으로 판단된다.

UWB는 주로 홈네트워크의 무선화에 일조를 할 것이며, 가전제품·컴퓨터 등에 적용될 것으로 판단된다. UWB 시장은 2007년 이후부터 UWB를 장착한 제품들이 선을 보이면서 점차 성장률이 높아질 것으로 판단된다. 이에 UWB 용

용시장은 40억 달러에 이를 것으로 전망된다. 미국에서는 초기에 군사용으로 응용되다보니, 미국 업체들이 상대적으로 앞서 있는 것으로 판단된다, 그중에서도 Time-Domain사는 1987년 설립되어 위치추적, 레이더, 수신기 최적화 등에 대한 기술에서 높은 경쟁력을 갖추고 있다.

현재 PlusOn이라는 브랜드로 칩셋을 생산하고 있는데, 통신시스템·가전제품 등에 장착할 수 있는 칩을 개발하였다. 또한 Freescale에 인수된 XtremeSpectrum, Intel, Sony, Pluse-Link 등도 칩셋을 개발하였다. 가전제품에 있어서 세계시장을 주도하고 있는 일본도 컨소시엄을 구성하여 장비, 칩셋, 단말기 시스템 개발을 추진하고 있는데, 대규모 시장을 갖고 있는 만큼 많은 업체들이 UWB개발에 참여하고 있으며, 이미 상용화를 위해 상당 수준에 도달한 것으로 판단된다.

UWB는 우선적으로 가전제품에 적용될 가능성이 매우 큰 기술이다. 즉 가전시장에서 높은 경쟁력을 가진 국내 가전 업체들도 이 기술에 대해 높은 관심을 가지고 있다. 현재 삼성전자, LG전자, ETRI 등이 개발하고 있는데, 삼성전자는 UWB의 두 가지 기술 모두에 관심을 가지고 있다. 또한 중소기업업체로는 삼성전자와 공동으로 OFDM 방식의 UWB 모뎀을 개발한 에이로직스, 2002년부터 개발을 추진해오던 신화정보시스템 등이 있다.

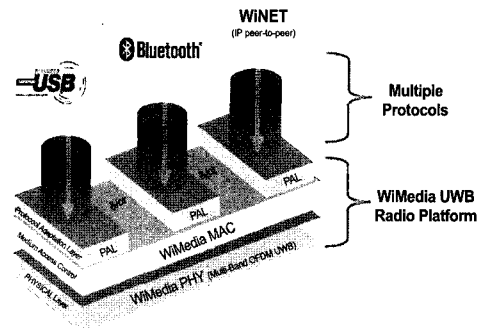
최근 관심이 집중되고 있는 UWB 기술은 단거리 무선 멀티미디어 네트워킹에 매우 적합한 기술임이 점차 입증되고 있다. WiMedia Alliance는 무선분야의 선도적 기구인 WiMedia와 MBOA-SIG(MBOA-Special Interest Group)가 결합된 단체로서, UWB 산업 규격을 제정하고, 가전, 모바일, PC 응용 제품들의 검증을 수행한다. 2002년에 설립된 WiMedia Alliance는 물리계층 이상 규격의 공동 개발 및 관리를 위한 개방적인 비영리 산업 협회로서, MBOA-UWB 스펙트럼을 공유하는 여러 산업체 기반 프로토콜의 연결성과 상호 운용성을 지원한다[11].

Wireless multiMedia의 합성어인 WiMedia는 UWB 기술과 장점에 대하여 산업적 인식을 제기함으로써 “무선의 극대화(The Ultra in Wireless)”를 지향하고, “PAN 내의 디바이스 간에 무선 멀티미디어 연결성과 상호 운용성의 증진”을 추구한다. 이러한 목표를 위해, WiMedia에서 수행하고 있는 세부 활동은 아래와 같다.

- MBOA MAC과 PHY 계층에서 동작하는 WiMCA (WiMedia MAC Convergence Architecture)와 WiNET 프로토콜임
- WiMedia 기반 제품을 위한 상호 운용성 시험 스위트(test suite)의 인증 생성 및 관리를 수행함
- UWB 브랜드와 향후 인증 로고의 마케팅을 수행함
- PC, CE, 모바일 시장 영역에서 고속 무선 멀티미디어가 가능하도록 개인 영역의 연결성을 지원하기 위하여 전 세계적으로 UWB의 빠른 채용과 표준화를 증진하고 실현함
- 다양한 산업 부문을 위한 중립적이고 개방적인 포럼으로서, 사용 가능성과 상호 운용성을 위하여 요구 사항, 규격 및 최적의 시험환경 수립함
- 전 세계적인 UWB 스펙트럼의 조정 촉진중
- 다음과 같은 기술적 명세를 개발 및 관리함
 - PHY와 MAC
 - 무선 USB, 무선 1394, IP 등의 다양한 애플리케이션을 지원하고 이러한 애플리케이션 간에 공존과 공평성을 제공하기 위한 수렴 구조
 - 인터넷 프로토콜을 위한 프로토콜 적응 계층
 - IP 기반의 응용 프로파일
- 개인 네트워크에서 무선 멀티미디어 제품의 장점과 응용들에 대하여 기업들과 소비자 교육함
- 제품과 서비스의 개발에 있어서 경쟁을 촉진하고 독점 금지법 적용함

WiMedia UWB 응용 중 표준화가 가장 빠르게 진행된 부분은 무선 USB 이다. 무선 USB는 Agere, HP, 인텔, 마이크로소프트, NEC, 필립스, 삼성전자 등 7개 회사가 주축이 되는 USB-IF 산하 무선 USB 프로모터 그룹에서 2004년 9월 규격을 개발하기 시작하여, 2005년 5월 무선 USB 1.0 규격을 표준화하였다[12]. 이 규격은 전송 거리 10m 이내에서 고속의 전송 속도를 제공하는 무선 USB 규격을 표준화한 것으로, 목표 전송 속도는 유선 USB 2.0 규격의 속도와 같은 최대 480Mbps이다.

무선 USB는 광대역 멀티미디어 스트림과 데이터 전송이 가능한 최초의 무선 기술이고, 유선 USB에서 무선 USB로 쉽게 전환할 수 있도록 유선 USB의 Host-to-device 구조, 사

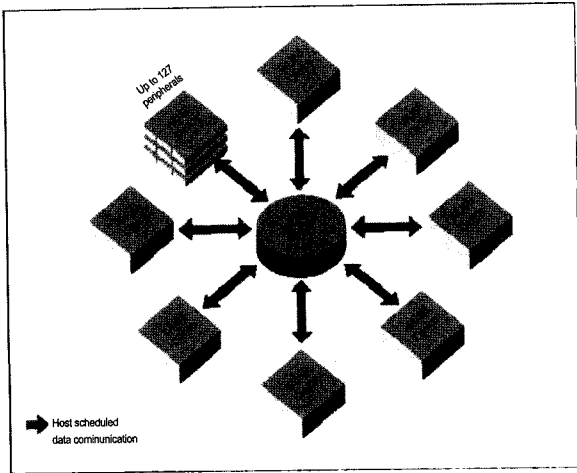


(그림 6) WiMedia UWB 플랫폼

용 모델 및 단순함을 유지한다. 무선 USB 프로모터 그룹은 2005년 5월에 무선 USB 규격 1.0을 발표하였다. 2007년 현재 무선 USB 개발 키트 혹은 프로토타입 형태의 제품들이 출시되고 있으며 2008년 상반기에는 좀 더 많은 무선 USB 제품을 접할 수 있을 것으로 전망된다[13].

무선 USB의 기본적인 전송 기술은 UWB 무선 플랫폼 기반으로서, WiMedia Alliance에서 표준화가 진행되고 있다. UWB의 플랫폼은 (그림 6)과 같이 공통적인 UWB 무선 플랫폼과 다양한 응용 계층으로 구성된다. 무선 USB의 UWB 무선 플랫폼은 수렴 계층, WiMedia UWB MAC 계층 및 WiMedia UWB PHY 계층으로 구성되고 WiMedia Alliance에서 표준화를 진행하고 있으며, 응용 계층 가운데 Wireless USB는 무선 USB 프로모터 그룹에서, IP(WiNet, WiMedia Network Protocol Adaptation Layer)는 WiMedia Alliance에서 표준화를 진행하고 있다. 무선 USB는 유선 USB의 성능과 보안 기능에 무선의 편리함을 추가한 기술로서, 무선 USB의 호스트와 디바이스의 관계는 (그림 7)과 같이 점대점으로 직접 연결되는 스타형 토폴로지이다.

이러한 하나의 무선 USB 호스트와 여러 무선 USB 디바이스들을 일컬어 클러스터(cluster)라 하고, 유선 USB와 달리 연결 구조에 허브가 없다. 무선 USB의 호스트는 127개의 디바이스들을 논리적으로 연결할 수 있고, 클러스터 내의 디바이스들과 데이터를 전달하고, 스케줄링에 의해 연결된 디바이스에게 타임 슬롯과 대역폭을 할당한다. 클러스터들은 최소한의 간섭을 가지고 공간적 환경에서 중첩될 수 있으므로, 같은 무선 셀 내에 여러 개의 무선 USB 클러스터들이 공존할 수 있다.



(그림 7) 무선 USB 토폴로지

무선 USB는 무선 전송 매체로서 UWB를 이용하는데, UWB는 고속 전송이 가능하고, 소비전력이 낮으며, 도청이 어렵고, 보안성이 우수하며, 정확한 위치 인식이 가능하다는 특징을 가진다. 무선 USB의 목표 전력은 초기에는 300mW 이하이고, 최종적으로는 100mW이하가 될 것이다. 따라서, Sleep 모드에 있다가 요청 시 깨어나고, Idle 상태에서는 전력 소모를 줄일 수 있는 창조적인 전력 관리 기술이 필요하다. 장치 연결과 관련하여 무선 USB 구현 시 주요 목표 중의 하나는 쉬운 설치와 동작이 가능하게 하는 것이다. 이를 위하여 무선 USB 표준은 다음 특징을 지원하도록 설계되어 있다.

- 하향 호환성 : 무선 USB는 이미 동작 중인 20억개의 유선 USB에 대하여 완전한 하향 호환성을 유지함. 현재의 USB 드라이버 및 펌웨어와 호환되고, 유선 USB 디바이스들과 유선 USB 호스트들 간에 무선으로 통신할 수 있도록 중개 역할을 제공함
- 고성능 : 무선 USB는 시작 시에는 유선 USB 2.0 표준과 호환되는 성능인 최대 480Mbps의 전송 속도를 제공함으로써, 디지털 멀티미디어 프레임들을 무선으로 전송할 수 있음. 또한 UWB 기술과 처리 기술이 진화함에 따라서 대역폭이 1Gbps를 초과할 것으로 기대됨
- 단순하고 저렴한 가격의 구현: 무선 USB는 개발 시간을 단축하고, 저렴한 가격과 사용의 용이성을 위하여 가능

한 유선 USB 연결 모델을 따름

- 쉬운 이동 경로 : 무선 USB는 유선 USB로부터의 쉬운 이동 경로가 가능하도록 유선 USB와 같은 사용 모델과 구조를 유지함
- 보안 : 무선 USB는 유선 USB와 같은 수준의 보안을 제공할 예정임. 모든 무선 USB 장치들은 필수적으로 보안 기능을 제공하고, 호스트와 디바이스가 연결 시 인증 기능을 이용함. 암호화를 포함하는 상위 수준의 보안은 응용계층에서 구현되며, 이러한 보안 관련 사항들은 무선 USB의 성능 및 가격에 영향을 주지 않아야 함
- Host-to-device구조: 무선 USB는 유선 USB와 같이, 호스트와 디바이스 간에 점대점으로 연결되며, 사용의 편리성을 위하여 복잡도를 호스트에 한정시키는 비대칭 호스트 중심의 모델을 채용함

III. 결 론

본고에서는 WPAN의 주요기술인 지그비, 블루투스, UWB에 대한 표준 및 기술동향을 살펴보았다. WPAN 기술은 유비쿼터스 네트워킹 환경에서 가정 내 가전기기, 사무기기 및 각종 정보기기를 근거리에서 배선의 설치없이 연결시켜주는 네트워크 기술로 속도에 따라 지그비, 블루투스, UWB 기술로 구분된다. 이러한 기술의 표준은 IEEE 802.15를 중심으로 표준화가 진행되어 왔고 이들의 응용기술은 ZigBee Alliance, Bluetooth SIG, WiMedia Alliance 등에서 각각 진행되고 있다.

지그비는 저전력, 저가격, 사용의 용이성을 지닌 기술로 소용량 데이터 전송에 적합하여 센서네트워킹, 홈네트워크, 빌딩 자동화 등과 같은 제어 및 모니터링과 같은 응용에 적합한 기술로 판단된다. 블루투스는 음성과 데이터를 송수신할 수 있는 무선기술 중 하나로서 1998년 에릭슨, 노키아, IBM, 도시바, 인텔 등 5개사가 블루투스 SIG를 구성하여 기술 표준, 제품 승인을 하고 있다.

현재 블루투스는 해외업체를 중심으로 상용화 칩이 생산되고 있으며, 2005년 이후 휴대폰과 연동되는 헤드셋 등의 서비스를 통하여 시장이 활성화 되고 있다. UWB는 대용량

전송에 적합한 무선통신기술 중 하나로서 데이터 용량이 큰 동영상 전송에 적합함에 따라 초기에는 가전제품에 주로 장착될 것으로 보이나, 장기적으로는 무선통신기술시장에서 큰 비중을 차지할 것으로 판단된다. 특히 무선 USB 시장은 기존의 유선 USB2.0 시장을 대체할 것으로 기대되며 이 기술은 PC 주변장치, 가전기기, 모바일 기기 등의 분야에서 적용이 가능할 것으로 판단된다.

WPAN은 미래네트워킹 기술로 주목받고 있으며 전 세계적으로 다양한 killer 응용 서비스 개발을 위한 기술 개발과 표준화 연구가 활발히 진행되고 있다.

이에 국내에서도 산·학·연이 협력하여 WPAN 관련 기술의 표준화 및 기술 개발에 적극 참여하여 다가오는 유비쿼터스 시대의 기술 선진국 입지를 더욱더 견실히 마련하여야 할 것이다.



[1] Ed Callaway et al., "Home networking with IEEE 802.15.4 : a developing standard for low-rate wireless personal area networks", *IEEE Comm. Mag.* Vol.20, No.8, pp. 70-77, Aug. 2002

[2] 최은창, 허재두, 김수중, "유비쿼터스 홈을 위한 센서네트워킹 응용," *한국정보과학회지*, Vol. 22, No. 12, pp. 51-59, 2004년 12월.

[3] ISTAG Scenarios for Ambient Intelligence in 2010, Final Report, 2001

[4] Eun-Chang Choi, Jae-doo Huh, Kwang-Sik Kim, and Moo-Ho Cho, "Frame-Size Adaptive MAC Protocol in High-Rate Wireless Personal Area Networks," *ETRI Journal*, Vol.28, No.5, pp.660-663, Oct. 2006

[5] IEEE 802.15 Web site: <http://www.ieee802.org/15>

[6] West Technology Research, 2005

[7] ZigBee Alliance : <http://www.zigbee.org>

[8] IEEE Std 802.15.4™ IEEE standard for part 15.4: wireless medium access control and physical layer specifications for low-rate wireless personal area networks, Oct. 2003

[9] IEEE Std 802.15.1™ IEEE standard for part 15.1: Wireless medium access control and physical layer specifications for wireless personal area networks, Oct. 2002.

[10] 조성선, "블루투스 기술 및 시장 동향," 주간기술동향, ETRI 주간기술동향, 1081호, 2003. 2.

[11] WiMedia Alliance : <http://www.wimedia.org>

[12] Wireless USB Promoter Group web site : <http://www.usb.org/developers/wusb>

[13] 이현정, 김종원, 허재두, "무선 USB 표준 및 기술동향," ETRI 주간기술동향, 12호, pp. 1-13, 2005. 7.

박 력



1987년 경북대학교 학사
1990년 경북대학교 석사
2000년 경북대학교 박사
1987년 ~ 현재 ETRI 디지털홈연구단 센서네트워킹연구팀장 (책임연구원)
관심분야 : 센서네트워크, 상황인지 컴퓨팅, 무선홈네트워크, 무선 USB

허 재 두



1990년 경북대학교 학사
1992년 경북대학교 석사
2006년 경북대학교 박사
1993년 ~ 현재 ETRI 디지털홈연구단 센서네트워킹연구팀 책임연구원
관심분야 : WPAN, 센서네트워크, 무선 USB

최 은 창

