

국내 무선 통신 서비스 동향 분석

김학선 <한밭대 교수>

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 시대가 매우 빠르게 도래하면서 가정이나 회사의 정보 가전기기들이 초고속, 대용량을 전송하는 고속의 디지털 가전기기들로 바뀌어 가고 있으며 이들을 하나의 네트워크로 구성하고자 하는 요구가 증가 하고 있다. IEEE 802.11과 IEEE 802.15.3a Task Group에서는 대량의 정보를 고속으로 통신하는 기술의 표준화를 위해 연구 하고 있으며, 간단한 시스템을 이용하여 저속의 통신을 저렴한 가격으로 이루려는 또 하나의 주류인 ZigBee (IEEE 802.15.4), Bluetooth (IEEE802.15.1) 시스템이 개발되고 있다.

또한, ZigBee 시스템에 UWB(Ultra Wide Band) 통신 기술을 접목시켜 정확한 위치 추적 능력과 저 전력, 저속 통신 시스템의 국제 규격을 제정하기 위해 IEEE 802.15 Working Group에서는 SG4a(Study Group 4a)라는 연구회를 결성하여 관련된 연구를 수행 하고 있다. 각 국의 통신시스템 개발 업체들은 이러한 기술의 선점을 위하여 컴퓨터 업체 및 소프트웨어 전문회사, 가전제품회사들까지 기술적 컨소시엄을 구성하여 시스템의 사양을 정하고 홍보에 전력을 기울이고 있는 실정이다.

무선 홈 네트워크는 개인 활동영역에 있는

HDTV, Home Theater, Digital Camcorder, 냉장고, 에어컨 등의 모든 가전기기, 조명장치, 보안장치는 물론 PC, 프린터, 휴대폰, PDA등을 하나의 네트워크로 연결하여 사용자가 어디에 있던 모든 전자기기들을 제어 할 수 있으며 인터넷을 통하여 세계 어디에서도 맥내, 사무실 등의 상황을 모니터링하고 제어할 수 있게 해주는 서비스를 제공하는 통신 시스템이다. 최근 무선 홈 네트워크 시스템이 주목 받고 있는 이유는 21세기 초반의 경제를 이끌어갈 핵심 기술인 유비쿼터스 네트워킹의 기반 기술이기 때문이다. 따라서 아직 표준화가 완료되지 않은 WPAN(Wireless Personal Area Network)의 국제 표준안 제정에 참여하기 위한 새로운 시스템의 제안 및 구현이 필요하며 최소한 기술 도입이 아닌 동등한 자격으로 국제사회의 일원이 되기 위한 연구는 반드시 필요한 시점이다. 이와 관련된 기술개발 동향 및 시장 분석은 개인 영역 내의 무선통신 기술개발에 기여하는 바가 크다 할 수 있다.

본 고의 II장에서는 각 국내 무선 통신 서비스에 대해 설명하고 III장에서 각 시스템들의 사양에 의거하여 무선 통신 시스템별 특징을 비교 분석한 후 IV장에서 II, III장의 내용을 바탕으로 각 시스템이 담당해야할 서비스를 분석하고 특성을 비교한다.

2. 구내 무선통신 서비스

2.1 에드혹 네트워킹 (Adhoc Networking)

반도체 집적화 기술의 발달로 기존의 전자 제품들이 몸에 지닐 수 있는 크기로 작아지면서 이동성이 강조된 다양한 디지털 전자기기들이 시장에 등장하고 있다. 또한 이들 전자기기들은 인터페이스를 규격화하여 서로 다른 회사, 다른 종류의 기기 사이에 데이터를 케이블을 통해 교환하여 제품을 구매한 사용자가 편하게 제품의 기능을 확장할 수 있는 기능을 가지고 있다. 예를 들면, 디지털 카메라에서 촬영한 사진을 PC로 전송하거나 핸드폰을 이용하여 다른 사람에게 연결하여 핸드폰을 무선 모뎀으로 사용하는 방법 등이 있다. 그러나 이러한 디지털 기기간의 연결 시 필요한 케이블은 사용자의 입장에서 불편을 초래하므로 케이블을 무선으로 대체하고자 하는 요구가 증가되고 있다. 따라서 다양한 제조업체에서 만들어진 여러 종류의 제품들이 서로 음성이나 데이터를 교환할 수 있는 무선 인터페이스 표준을 제정하기 위해 국제적 통신 방식 표준을 제정하는 기관인 IEEE에서는 이동기기 간에 케이블 없이 데이터를 주고받을 수 있고, 저렴한 가격으로 구현이 가능한 Bluetooth시스템의 표준을 제정하고 더 나은 통신 환경을 제공하기 위해 연구를 계속적으로 진행하고 있다.

2.2 홈 네트워킹(Home Networking)

오늘날 무선통신분야의 비약적인 발전으로 대용량의 데이터를 고속으로 전송하는 디지털 가전기기들이 속속 등장하고 있으며 이들을 하나의 네트워크로 연결하기위해 연구소, 기업 및 대학을 중심으로 연구가 진행 중이다. 현재 WLAN(Wireless Local Area Network)의 기술 발달로 근거리 무선 LAN의 경우 수 Mbps - 수십 Mbps의 데이터 전송이 가능하게 되었다. 또한 단거리 무선 PAN(Personal Area Network)에서도 데이터 전송이 고속화되면서 수십

Kbps - 수백 Mbps의 전송 속도를 제공하기 위한 연구와 개발이 진행 되고 있다.

무선 홈 네트워크의 가장 큰 매력은 새로운 선로의 포설이 필요 없이 깨끗하고 이동성이 보장된다는 것이다. 데이터 전송이 고속화되면서 무선의 고속화와 편의성에 의해 무선의 효용성이 증가되어 오디오/비디오 멀티미디어 시스템의 다양한 분야에서 적용되고 있다.

또한, 저비용, 저전력, 저속의 무선연결을 위한 ZigBee시스템의 개발은 가정의 조명 장치, 보안장치, 냉·난방 장치 등을 무선으로 스위치의 간단한 On/Off 조작뿐만 아니라 모니터링도 가능하게 해준다. 따라서 무선 홈 네트워크 기술은 고용량의 멀티미디어 정보의 실시간 처리와 간단한 스위치나 센서의 조작까지 다양한 통신 방식을 요구한다. 무선 홈 네트워크와 관련된 응용기술로는 WLAN기술, WPAN기술, Bluetooth기술, UWB기술, ZigBee기술, Wireless IEEE 1394기술, HomeRF기술 등이 있다.

2.3 오피스 네트워킹(Office Networking)

네트워크에 의존하는 기업 환경과 인터넷 사업의 성장에 따라 데이터 및 자원을 공유함으로써 근무 환경의 효율화를 이룰 수 있으며 기존 유선 LAN에 의존하던 기업 내 네트워크 환경에서 제한요건으로 작용하던 고정성을 벗어나기 위하여 이동성이 강조된 네트워크가 요구 된다. 사무실 내에 무선 네트워크를 구성하면 다음과 같은 서비스가 가능하다.

- 사무실에 도착하면 PDA는 자동으로 데스크톱 PC와 접속되어 주소록을 갱신하고 E-mail을 수신한다.
- 준비한 발표 자료를 무선으로 빔 프로젝터에 전송하고 회의에 참석한 사람들과 무선으로 자료를 공유, 교환한다.
- 노트북 및 PC에 있는 자료를 무선으로 프린트로

전송할 수 있고 다른 PC와 파일 교환이 가능하다.

- RFID 태그를 이용하여 무선으로 사용자 인증이 이루어져 보안문제가 해결될 뿐만 아니라 사원들의 출퇴근 시간관리, 사무비품에 센서의 부착으로 재고관리 등이 편리하게 이루어진다.

2.4 공공기관 네트워킹(Public Place Networking)

기차역, 공항, 공연장, 호텔과 같은 많은 사람들이 이용하는 장소에 무선 네트워크가 구성되면 이 네트워크를 이용하여 외부 망에 접속하거나 체크인, 승차권의 발권 등의 절차가 자동으로 수행되어 매우 편리하다. 공공장소에 무선 네트워크를 구성하면 다음과 같은 서비스를 제공 받을 수 있다.

- 공항에 도착하면 PDA등의 Hand-Held기기를 이용하여 무선으로 발권 시스템에 접속되어 좌석을 배정 받는다.
- 호텔에 도착하면 자동으로 체크인을 수행하여 객실 번호와 객실에 들어갈 수 있는 전자키가 자동으로 무선 Hand-Held 시스템에 전송되어 별도의 수속 없이 호텔을 이용한다.
- 전시회에 참가할 때 Hand-Held 시스템에 관심 분야를 등록 시키고 전시회장을 둘러보면 관심 있는 분야의 정보가 자동으로 전송 된다.
- 음식점에서 단말기를 이용하여 메뉴나 서비스를 선택하면 자동으로 종업원이 가지고 있는 단말기로 고객의 요구사항이 전달된다.

3. 구내 무선통신 시스템별 비교 분석

3.1 WLAN

가장 먼저 서비스가 진행되어 온 WLAN (Wireless Local Area Network)의 경우에 초창기에는

900 MHz ISM 밴드에서 서비스를 시작하였으나 변조방식이 주파수 도약 방식(FHSS : Frequency Hoping Spread Spectrum)과 직접 확산스펙트럼 방식(DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum), 협대역 FM방식이 혼재함으로써 기기들 간에 호환성이 결여되어 확산에 애로사항을 가지고 있었으나 2.4 GHz대역과, 5 GHz대역을 사용하면서 다양한 전송속도를 제공하고 있어 수요가 급속히 증가하고 있다. WLAN의 특성을 요약하면 다음과 같다(1, 2, 3, 4) .

- 단거리 무선통신 시스템 중 가장 먼저 표준화 및 상용화 완료
- RF, Baseband 구성은 물리계층(PHY) 및 접속제어(MAC)에 대한 기술 표준인 IEEE 802.11규격에 의해 규정
- RF단은 시분할 듀플렉스(TDD)방식에 의해 전이중 통신하며 다중경로페이딩에 의한 간섭의 영향을 최소화하기 위해 FHSS, DSSS, 방식을 사용하고 고속의 데이터 전송을 위해 OFDM방식을 사용
- 통신은 유선 LAN의 경우와 같이 프레임 단위로 이루어지며 프레임 구조는 802.11 MAC 계층의 표준안에서 정의
- 비동기식(Asynchronous) 프레임 교환방식으로 동기식(Synchronous) 음성통신은 지원되지 않음
- 다수의 통신 링크간의 채널 공유 및 충돌 방지는 이더넷과 같은 CSMA/CA(Carrier Sensing Multiple Access with Collision Avoidance) 방식 사용
- 다른 IEEE 802 표준 LAN과의 접속 지원

2.4 GHz ISM 밴드를 사용하는 IEEE 802.11b 표준은 CCK (Complementary Code Keying) 변

표 1. IEEE802.11과 IEEE802.15.4 비교표

	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.15.4
Mobile Frequency Range	2400-2483.5MHz (USA, Europe, Japan) 2471-2497MHz (Japan)	5150-5250MHz (USA Lower Band) 5250-5350MHz (USA middle Band) 5725-5825MHz (USA Upper Band)	868-868.6MHz (Europe) 902-928MHz (USA) 2400-2483.5MHz (Global)
Multiple Access Method	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA
Duplex Method	TDD	TDD	TDD
Number of Channels	FHSS : 79 DSSS : 11	10	Europe : 1 USA : 10 Global : 16
Receiver Sensitivity	-76dBm(11Mbps)	-82dBm(6Mbps) -65dBm(54Mbps)	-85dBm(Global) -92dBm(USA, Europe)
Channel Spacing	FHSS : 1 MHz DSSS : 22 MHz	OFDM : 20 MHz (Channel BW : 16.6 MHz)	USA : 2 MHz Global : 5 MHz
Modulation	FHSS : GFSK (0.5 Gaussian Filter) DSSS: DBPSK(1Mbps) DQPSK(2Mbps) CCK(5.5, 11Mbps)	OFDM : 52 Subcarriers BPSK(6, 9 Mbps) QPSK(12, 18 Mbps) 16QAM(24, 36Mbps) 64QAM(48, 54Mbps)	Global : OQPSK (Half-sine pulse shaping) USA, Europe : BPSK
Data Rate	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6,9,12,18,24,36,48,54 Mbps	20, 40, 250 Kbps

조방식과 DSSS방식을 사용하여 최대 11 Mbps를 지원 하는 동신 시스템[3, 4]으로 현재 가장 많은 시장을 구축하고 있으나 데이터 속도의 문제로 IEEE 802.11.a로 방향을 바꾸고 있는 상황이다.

5 GHz 대역을 이용하여 통신하는 IEEE 802.11a는 직교 주파수 분할 방식(OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용하여 최대 54 Mbps의 전송속도를 보장하는 통신 시스템으로 유럽방식의 HyperLAN2가 이에 해당[2]하며, IEEE 802.11g는 2.4 GHz IEEE 802.11b의 DSSS 방식 대신에 OFDM 방식을 사용해서 54 Mbps 까지 지원하고 IEEE 802.11b 시스템과 호환[5]된다.

이외에도 IEEE 802.11 Working Group에서는

WLAN의 전송 속도, 보안, QoS (Quality of Service) 등을 증강시키기 위해 여러 TG(Task Group)를 두어 표준안 제정에 박차를 가하고 있다 [1].

WLAN의 대표적 표준인 IEEE 802.11b/a 와 2.4 GHz ISM 밴드를 사용하는 ZigBee(IEEE 802.15.4)의 사양을 표 1에 정리 하였다.

3.2 Bluetooth

홈 네트워크를 실현하는 무선 통신 방식 중 가장 커다란 관심을 불러 일으켰던 Bluetooth는 1999년 초 컴퓨터 업체와 통신 기기 업체의 주류를 이루고 있는 3Com, Nokia, Ericsson, IBM, Intel등이 모여서 이동기기 간에 케이블 없이 데이터를 주고받을 수 있

고, 낮은 비용으로 서비스를 제공하기 위한 기술표준을 연구하기 위해 SIG (Special Interest Group)를 만들었으며 현재 2000여개 업체가 참여하고 있다. 이 기술은 SIG 참여기업들 사이에 로열티를 부과하지 않는 기술 공개를 원칙으로 하고 있으며 음성 및 데이터 전송이 가능하다.[6] Bluetooth의 특징을 요약하면 다음과 같다.

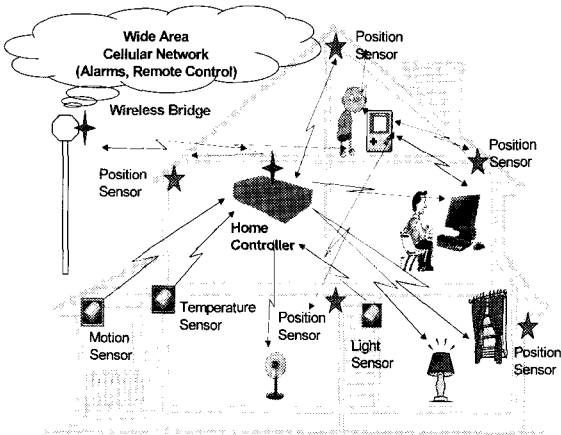


그림 1. 무선 홈센서 네트워크

- 각종 주변기기간의 케이블 없는 통신이 목적
- RF, Baseband 및 상위 계층(응용층)까지 구체적으로 규정
- 동기 모드일 경우 1 [Mbps] 전송속도를 지원하고 비동기 모드일 경우 720 [Kbps] 전송속도 지원
- FHSS방식이며 RF 채널 대역폭은 1[MHz]
- 비동기식의 데이터 통신과 등시성 음성 통신(한 네트워크당 3 채널)을 동시에 지원
- 하나의 임시적 네트워크당 최대 8개의 기기동시 접속 지원

최근 Bluetooth SIG에서 1.2버전의 표준을 제정하였으며 이에 따라 IEEE 802.15.1a TG(Task Group)에서는 10[Mbps]이상의 전송 속도를 지원

하기 위해 SIG의 변화된 내용을 검토하고 이미 완성된 IEEE802.15.1의 표준안을 개정 위한 연구가 진행 중이다[7].

3.3 ZigBee

ZigBee 시스템(IEEE802.15.4)은 최근 표준화가 완성된 기술로 매우 간단한 시스템 구성과 낮은 전송율로 저가격, 저전력을 실현 하는 시스템으로 개발되었다. 세계적으로는 2.4 [GHz]의 ISM주파수 대역을 사용하고 미국은 915 [MHz]대역이며 868 [MHz]대역은 유럽에서 사용한다. 채널은 총 27개로서 2.4 [GHz]대역은 16개 채널, 915 [MHz]대역은 10개 채널, 868 [MHz]대역은 1개 채널이며 각각 250 [Kbps], 40 [Kbps], 20 [Kbps]의 전송율을 제공한다[8].

유효거리는 10 - 75[m] 정도이다. ZigBee 시스템은 99%이상 수면상태이고 극히 일부의 시간동안만 동작상태이기 때문에 Bluetooth에 비해 매우 낮은 전력 소비와 간단한 시스템 구조로 배터리의 소모가 적은 것이 큰 장점이다. 따라서 수개월에서 수년마다 배터리 교환이 가능한 전송 정보가 작고 통신 횟수가 적은 무선 방법/보안시스템, 냉난방 및 공조 시스템, 조명시스템, 콘센트 및 리모콘 시스템, 음향 영상 장치, 원격제어 등이 주요 응용분야로서 무선 홈 네트워크 시스템에 가장 적합한 통신 방식이라 할 수 있다. 또한, 상점에서 바코드 대신 RFID 태그를 부착으로 상품의 재고관리가 자동으로 이루어지며, 여러 교통 요금의 자동부과, 습도 및 온도센서를 활용한 농산물 관리 시스템 등에 활용된다.

IEEE에서는 ZigBee 시스템을 좀 더 명확히 정의하고 보완하기 위해서 ZigBee 시스템에서 발견된 모호성의 해결과 불필요한 부분의 제거, 보안키 사용의 유연성의 증가, 새로운 주파수의 할당 등에 관한 연구를 담당하는 IEEE 802.15.4b라는 SG(Study Group)을 구성하였다[9].

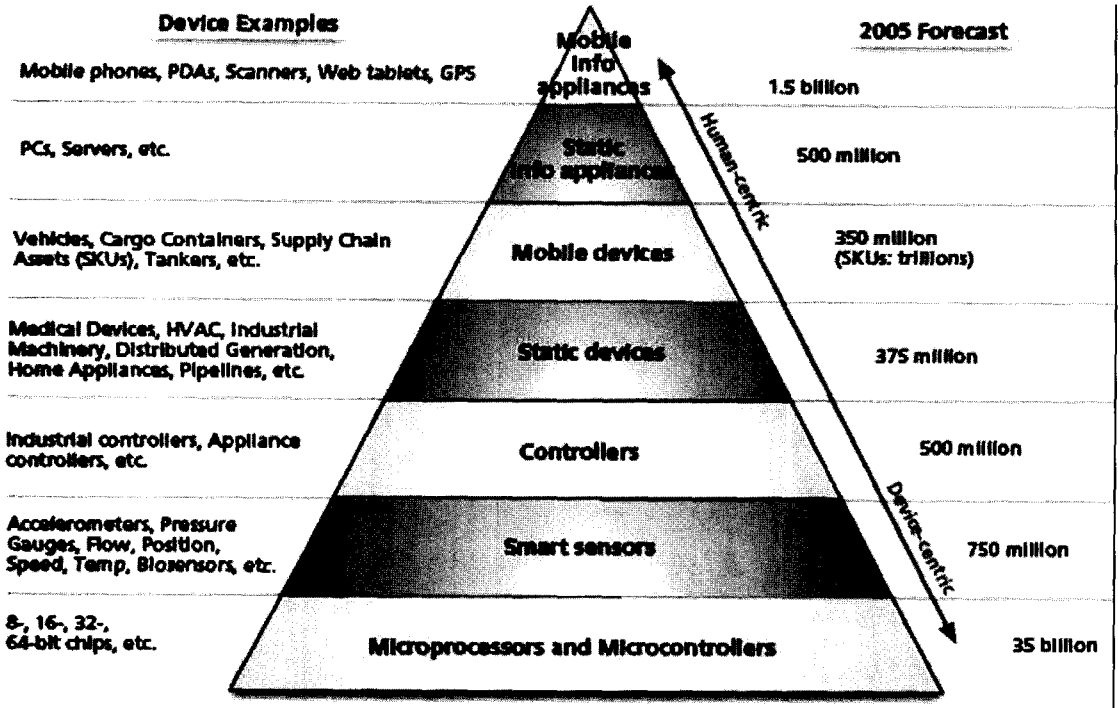


그림 2. Pervasive Device Market[11]

3.4 UWB 시스템

미국 FCC(Federal Communications Commission)에서 UWB 기술을 Fractional Bandwidth가 20%이상 이거나 500 MHz이상의 RF 대역폭을 갖는 시스템으로 정의 하고, 통신용으로 사용이 허용된 3.1 GHz - 10.6 GHz 대역에서 송신방사전력을 -41.25 dBm/MHz으로 제한하였다[10]. 이 규정을 만족하는 UWB 시스템은 기존의 협대역 시스템에 비해 이 매우 넓은 주파수 대역을 차지하나 다른 시스템들의 잡음 레벨에 해당하는 PSD(Power Spectral Density)를 가지고 있어서 기존의 무선 시스템에 영향을 주지 않아 주파수 공용 측면에서 매우 효율적인 통신 시스템이다. UWB 통신 기술을 이용한 무선PAN 표준안은 IEEE 802.15.3a와 IEEE 802.15.4a가 진행 중에 있다.

IEEE 802.15.3a은 IEEE에서 최고 55 [Mbps]의 전송속도를 제공하는 IEEE802.15.3 시스템에서

물리 계층 부분을 UWB 통신 기술로 대체하여 최소한 110 [Mbps]이상의 전송속도를 제공하기 위해 만들어진 TG(Task Group)로서 현재 Xtreme Spectrum을 중심으로 하는 DS-CDMA방식과 Texas Instruments사를 중심으로 합쳐진 MBOA (Multi Band OFDM Alliance)의 멀티밴드 OFDM 방식이 단일 표준화를 두고 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

멀티미디어 홈 네트워킹을 위해서는 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다. 홈 네트워크에 사용되는 Digital Camcorder나 Home Theater와 같은 멀티미디어 가전제품은 전송 속도가 고속이어야 하고, 여러 개의 디지털 비디오/오디오 정보를 동시에 지원할 수 있어야 한다. 또한, Portable Device에 적용할 수 있도록 전력을 적게 소비하여야 하며 저가에 제조할 수 있어야 한다. 최소 500 [MHz]이상의 광 대

역폭을 이용하는 UWB 통신기술은 고용량 정보의 고속 전송을 요구하는 멀티미디어 홈 네트워크에 가장 적합한 기술이라 할 수 있다.

이외에도 UWB 통신 기술은 매우 짧은 폭의 펄스를 이용하므로 수 [cm]이내의 정확성을 갖는 위치추적을 할 수 있다. 이를 이용하여 IEEE에서는 ZigBee 시스템에서 제공하는 Application과 UWB 위치 인식 기술을 접목시켜 새로운 표준안을 제정하기 위해 IEEE 802.15.4a라는 Study Group을 창설하여 연구를 진행하고 있다. 대량의 멀티미디어 정보의 고속 전송과 정확한 위치 인식 능력을 동시에 제공하는 UWB 통신 시스템은 유비쿼터스 시대를 한 단계 앞당길 것으로 업계에서는 예상하고 있다.

4. 구내 무선통신 표준안의 활용

II장과 III장에서 구내 무선 통신의 서비스 내용과 각 무선 통신 시스템의 사양을 살펴보았다. 본 장에서는 위의 내용을 바탕으로 각 무선 통신 표준안들이 적용되는 응용 분야에 대해 설명하고자 한다.

WPAN에서 비교적 낮은 전송 속도를 제공하는 ZigBee 시스템과 Bluetooth 시스템의 응용분야는 엄격히 구분 된다. ZigBee의 가장 주목할 만한 특징 중 하나가 바로 저 전력 소모로서 배터리로 동작하는 디바이스가 Bluetooth와 분명한 차이가 있음을 보여 준다. Bluetooth는 수면상태에서 적어도 100 [μA]를 소비하는데 반해 ZigBee 시스템은 수 [μA]를 소비함으로써 배터리의 수명이 수개월에서 수년간 지속될 수 있다. 따라서 ZigBee 시스템은 간헐적인 통신만으로 본래의 서비스를 제공할 수 있는 가정용 온도 조절기, 가전제품기기, 보안센서, 상점의 재고 관리, 공장 작업장 시스템, 농장 살수 장치와 같은 산업용 및 홈오토메이션으로 활용되며 Bluetooth는 본래의 취지에 따라 PC 주변의 케이블 무선화 및 휴대전화, 무선 헤드셋 장치에 적합하다.

구내 무선 환경 내에서 IEEE 802.11의 WLAN 시스템과 IEEE802.15.3a의 UWB 시스템의 활용도 명확히 구분된다. IEEE 802.15 Working Group에서는 멀티미디어 정보를 전송하는데 적어도 110 [Mbps]이상의 데이터 속도를 요구하고 있다. UWB 시스템은 WLAN 시스템과 비교 할 수 없을 만큼 큰 대역폭을 이용하여 높은 전송속도를 제공하는 반면에 매우 낮은 전력 밀도를 가지고 있어 거리의 제한이 있어 10(m)이내의 개인 활동영역에서의 멀티미디어 전송에 적합하다. 그러나 WLAN은 최고 54 [Mbps]의 전송속도를 제공하는 반면 수십(m)이상의 원거리 통신이 가능한 유선 LAN의 대체 기술이다. 최근 최대 100 [Mbps]의 전송속도를 목표로 IEEE 802.11n에서 표준화를 진행하고 있지만 실시간으로 고속의 멀티미디어 정보를 처리하기에는 미흡한 수준이라 할 수 있다.

5. 결 론

구내 무선 네트워킹의 수요가 폭증함에 따라 새로운 표준화 작업이 진행되고 있으며 국내에서도 매우 많은 기업들이 이들의 응용제품을 개발하고 있거나 개발 준비를 서두르고 있다. 그러나 근본적인 원천기술의 부족으로 인하여 외국의 많은 업체들은 우리나라를 주요 시장으로 생각하여 영업에 열을 올리고 있다. 새로운 서비스가 시작될 때마다 외국의 기술을 수입하고 제품을 수입하는 악순환의 고리를 끊기 위해서는 표준화작업에서부터 적극적인 참여가 선행되어야 한다.

하버 리서치(Harbor Research)의 연구에 의하면 이메일, 웹 사이트 등의 인간 중심 서비스는 인터넷으로 연결된 세상에 단지 첫 번째 단계일 뿐이고 그 다음 단계는 디바이스 네트워킹(Device Networking)이나 Machine to Machine(M2M) 메시지 시스템으로 불리는 매우 광대한 시스템이 될 것이라

고 예견[11]하였는데 바로 유비쿼터스 네트워킹 환경을 말하는 것이다. 유비쿼터스 네트워킹이란 언제, 어디서나, 모든 기기와 사람이 하나의 네트워크에 연결되어 필요한 정보를 주고받으며 우리의 생활을 풍요롭고 여유롭게 만드는 기술로서 본 고에서 분석한 각 통신 시스템의 내용을 정확히 파악하고 적절히 응용한다면 꿈의 유비쿼터스 시대에 가까이 다가가는 것뿐만 아니라 그림 2에서 설명하는 것처럼 커다란 시장을 확보 한다는 관점에서 고부가가치 산업으로서의 가치가 있다고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>
- [2] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 1: High-speed Physical Layer in the 5 GHz band, September 1999.
- [3] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band, September 1999.
- [4] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, Amendment 2 : Higher speed Physical Layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band - Corrigendum 1, November 2001.
- [5] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band, June 2003.
- [6] <http://www.bluetooth.org/>
- [7] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG1a.html>
- [8] IEEE, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Standard, October

2003.

- [9] <http://www.ieee802.org/15/pub/SG4b.html>
- [10] FCC Notice of Proposed Rule Making, "Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission System", ET-Docket, pp.98-153.
- [11] http://www.harborresearch.com/pdfs/HRI_pi_study_brochure.pdf

◇ 저 자 소 개 ◇



김학선(金學善)

1959년 6월 3일생. 1986년 한국항공대학교 전자공학 학사. 1990년 한국항공대학교대학원 전자공학과 석사. 1993년 한국항공대학교대학원 전자공학과 박사. 1993년. ~ 현재 한밭대학교 정보통신·컴퓨터공학부 정교수.

관심분야 : UWB, RF 시스템 설계 및 제작, MMIC 설계, 이동통신 단말기 RF Block 설계/제작/측정. 이동통신 시스템 시뮬레이션 및 부품 설계 및 제작.

E-mail : hskim@hanbat.ac.kr

Tel. : +82-42-821-1212

Fax. : +82-42-824-0852