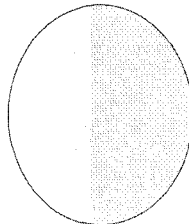


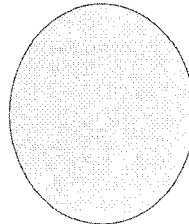
유비쿼터스기반 정보화 기술과 무선 네트워크 기술 동향



한 성 현
경남대학교
기계자동화공학부



노 춘 수
(주) 우레아텍
대표이사



박 세 진
(주) 위아 부장

1. 개요

유비쿼터스 네트워크 환경은 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊임없이 정보를 주고 받으며 통신을 가능하게 해주는 전자공간과 실제 공간의 융합이다. 유비쿼터스 공간은 전자공간에서는 컴퓨터를 통해서만 인터넷으로 접근이 가능했던 한계를 벗어나서 모든 종류의 단말을 하고 모든 종류의 물리적인 기기들을 통하여 네트워크에 접근할 수 있는 확장성, 개방성의 재공을 의미한다. 이와 같이 모든 종류의 물리적인 기기들을 기존의 유선 네트워크 토폴로지를 이용하여 연결한다면, 망 구성의 복잡성 증가뿐만 아니라 자유로운 접속의 개념과도 상충되는 문제를 야기하게 된다. 그러므로 기본적인 유비쿼터스 공간에서는 유선뿐 아니라, 전파를 이용한 무선 환경하에서 기기들의 네트워크 구성이 보다 중요한 의미를 지닌다.

가장 근접거리에서 사용될 수 있는 무선 기술인 센서의 경우에는 디바이스의 상태를 감지하기 위해서 사용되며, RFID(Radio Frequency Identification)와 스마트 배지(Smart Badge) 등의 기술이 사용될 수 있다. 유비쿼터스 공간은 모든 사물에 센서가 삽입되고, 각각의 사물들의 수많은 센서들이 유·무선기술을 통하여 네트워크에 연결된다. 이러한 센서들은 각각의 사물들의 인지에서부터 시작하여 현재 상태 및 기능과 같은 방대한 정보를 제공해주게 되어, 진정한 물리공간과 전자공간의 통합을 이루는 가장 기본적인면서도 핵심적인 기능을 제공하는 유비쿼터스 공간의 구성단위가 된다.

미래의 유비쿼터스 환경이 좀 더 자유롭고 다양화되기 위해서 액세스망의 고속화 및 무선화(이동성 제공)는 여전히 필수적인 발전 요소이다. 홈이라는 하나의 작은 세상에 유비쿼터스 환경을 구현하는 것은 자신의 의지에 따라 맞춤

형으로 언제든지 구현이 가능한 일이기 때문에 유비쿼터스 환경을 제공할 수 있는 홈 네트워킹 기술은 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

본 연구에서는 유비쿼터스 기반 정보화 환경기반 구축을 위한 uPAN(Ubiquitous Personal Area Network) 네트워킹의 개념과 이 개념을 구현하기 위한 시나리오에 대해 연구하고, 이를 구현하기 위한 무선기술 현황을 ad-hoc 및 IEEE 802.15 그룹의 관련 연구 활동 중심으로 FA 기술과 연계하여 분석하였고, 향후 활용 기술의 연계 발전 동향에 대해 분석 보고하고자 한다.

2. 본론

2.1 uPAN의 적용 기술정보 현황

모든 장소에 컴퓨터를 흩뿌려 놓고 다시 이를 네트워크로 묶어놓고 정보를 공유하는 사회가 유비쿼터스 환경이라 할 수 있다. 만약 이들 수많은 컴퓨터를 유선 케이블로 연결한다면 전세계가 케이블로 얽히고 설킬 것이다. 따라서 유비쿼터스 네트워크를 확장시키는 데에는 무선기술을 빼놓을 수 없다.

유비쿼터스 기술 혁명은 언제 어디에서나 전자공간에 접근할 수 있는 자유만을 보장하는 것이 아니라, 물리공간에 존재하는 그 어떤 기기나 사물이라도 접근할 수 있는 자유를 보장하는 것이다. 모든 물리적 기기들과 디바이스 그리고 사물들이 전자공간에 연결되어 있어야 이러한 자유가 보장되기 때문이다. 여기에서 어떻게 모든 사물들을 전자 공간에 연결할 것인가의 문제가 제기된다. 모든 기기들을 선으로 연결시키는 경우 초래될 복잡성은 쉽게 상상할 수 있다. 유선 네트워크만으로 유비쿼터스 혁명을 완수하기는 어렵다. 유비쿼터스 혁명은 점 조직과도 같은 무선 네트워크와의 통합을 필요로 한다. 전파는 입자로서의 물리적 특성과 파동으로서의 정보적 특성을 동시에 지닌다. 전파라는 무전매체에 의지할 때, 유비쿼터스 혁명은 급속히 확산될 수 있으며, 유선과 무선이 통합된 네트워크에 의해 창출되는 제3공간만이 물리공간과 전자공간을 이룰 수 있다.

현실적으로 무선 통신 필요성이 증가함에 따라 무선 통신 기반으로 하는 uPAN은 급격히 다양한 모습으로 발전되고 있다. uPAN은 그 포괄 범위와 이동성에 따라서 센서, 홈랜, WPAN(Wireless Personal Area Network) 등으로 나눌 수 있다.

센서는 근접거리에서 디바이스의 상태를 감지하기 위해 사용된다. RFID가 부착된 상품은 계산대를 통과할 때 통과할 때 점원에게 가격을 말해 주고, 택배 직원에게는 어느 가정에 배달될 것인지를 말해준다. 치매 노인이 길을 잃어버리지 않게 하기 위해서 도로 곳곳에 내재된 감시 시스템은 스마트 배지를 통해 노인의 위치를 찾을 수 있다. 물리공간상의 기기를 전자공간으로 연결시키는데 있어서 센서는 가장 기초적인 역할을 수행한다. 센서로 인하여 물리공간은 비로소 살아있는 공간으로 변화된다. 무선 홈랜은 집 안 여기저기에 흩어져 있는 컴퓨터, 프린터, 헤드폰, 카메라, 오디오 세트, 텔레비전, 휴대폰 등을 무선으로 연결시키는 역할을 한다. 무선 홈랜을 구현하기 위한 기술로는 적외선 통신에 의존하는 IrDA(Infrared Data Association) Bluetooth 그리고 UWB(Ultra Wide Bandwidth) 등이 있다. 1,000년 전 노르웨이와 덴마크를 무혈 통합한 바이킹 왕에 대한 애칭에서 비롯된 Bluetooth는 무질서하게 흩어져 있는 정보기기를 조용히 통합시키고 있다. Bluetooth를 통하여 노트북과 PDA, 그리고 휴대폰에 기억되어 있는 전화번호, 주소, 메모 등을 자동으로 일치시킬 수도 있으며 정보기기들끼리 자발적으로 통신을 주고 받으며 정보를 업데이트 한다. 이러한 점에서 Bluetooth는 감추어진 컴퓨팅(Hidden Computing)을 수행한다고 명기되기도 한다. 비록 Bluetooth는 1Mbps의 속도와 10m의 전송거리로 제한된다는 점에서 한계를 보이지만, 그 개방성과 시장성 그리고 종합성으로 인해 력한 미래 시장으로 부상하고 있다.

센서는 uPAN 무선통신 기반의 가장 기초적인 단위가자, 제3공간의 구성단위이다. 제3공간이 얼마나 빠르게 구축될 것인가는 센서기술이 얼마나 빠르게 발전할 것인가에 의해 결정된다. 센서기술은 세 가지 단계를 거쳐 발전할 것으로 전망된다. 첫 번째 단계는 센서가 생활공간에 확산되는 단계이다. 정보가전을 비롯하여 소파와 침대, 그리고 도로 곳곳에 작고 저렴하며 소비전력이 낮은 센서가

내장된다. 이들은 독립된 센서들로 고유의 기능을 달성하는 데 만족한다. 두 번째 단계는 이들 센서들이 연결되는 단계이다. 기존의 전력선과 전화회선을 활용한 네트워크가 가속화되고, 그리고 무선랜이 보편화될수록, 정보기기들 속에 숨어 있던 센서들은 하나의 네트워크 속으로 편입된다. 네트워크 속에 편입된 센서들은 각자의 정보를 주고받는다. 에어컨의 센서는 소파의 센서에게서 실내 온도를 알아내고, 욕조에 부착된 센서로부터 목욕이 끝나가는지를 알아낸다. 마지막으로 세 번째 단계는 센서들의 집합적인 정보가 종합화되는 단계이다. 센서들이 제공하는 개별적인 정보는 통일된 의미로 형상화되어야 한다. 교량에 부착된 수많은 센서들의 개별적인 정보는 통일된 의미로 형상화되어야 한다. 교량의 어느 곳에 문제가 있는지를 발견하기 위해서는 이들 개별 정보들이 스스로 종합화 되어야 한다.

2.2 uPAN 기술 현황과 기술 환경

현재까지 IEEE에서는 유비쿼터스만을 위한 uPAN의 연구 활동은 없다. 그러나 그간 IEEE 802.15의 연구 활동 중에 미래 uPAN 환경을 구현하기 위해 필요한 기술적 이슈 사항을 중심으로 다루고자 한다. 1990년대 전반부터 인터넷 인프라가 정비되어 사무실이나 가정의 인터넷 접속이 일반화되었다. 최근에는 거리에서 노트북PC를 이용해 인터넷 접속하는 비즈니스맨을 자주 볼 수 있으며 가정에서도 브로드밴드를 이용한 상사접속이 보급되면서 더욱

손쉽게 인터넷에 접속할 수 있는 환경이 정비되고 있다.

또한 90년대 후반부터 휴대전화가 급속히 보급되어 '어디서나 손쉽게 네트워크에 접속해 각종 정보에 접속하고 싶다'는 소비자의 요구가 더욱 높아지고 있는 실정이다. 이와 같이 높은 전송속도가 필요한 접속에는 무선 LAN(Local Area Network) 기술을 사용하고, 가정 내 정보기와 같이 전송속도보다 저가격 저 소비전력이 더욱 필요한 접속에는 WPAN을 사용하려는 움직임이 늘고 있다.

그림 1은 무선통신 방식들을 거리와 전송률로 비교한 그림이다. WPAN은 10m 이내 정도의 근거리에서 놓여 있는 컴퓨터와 주변기기, 이동 단말기, 가전제품 등을 상호 무선 네트워크로 연결하여 기기간 양방향 통신을 이루어 다양한 응용분야를 지원하는 기술이다. 일상생활의 편리성을 더욱 향상시킬 수 있는 uPAN 기술에 대한 필요성이 급격히 대두되는 상황에 현재는 근거리 무선통신 용용으로 IEEE1394 또는 USB(Universal Serial Bus) 등을 사용하고 있지만, 이러한 디지털 데이터를 무선으로 송수신하기 위한 신기술이 2004년 이후소비자에게 잇따라 등장할 것으로 예상된다. 고속의 WiMedia, 차세대 사양 Bluetooth, 저가, 저전력의 ZigBee 등의 WPAN 관련 신기술이 유비쿼터스 무선 네트워크 환경을 구현하기 위한 uPAN의 신기술에 해당된다. 분산형 무선 네트워크인 ad-hoc 네트워크에 대해 먼저 알아보고 uPAN의 핵심 기술인 ZigBee, Bluetooth, WiMedia에 대해 논의한 후에 마지막으로 유비쿼터스 환경을 구현하는데 꼭 필요한 무선 센서 기술에 대해 알아보겠다.

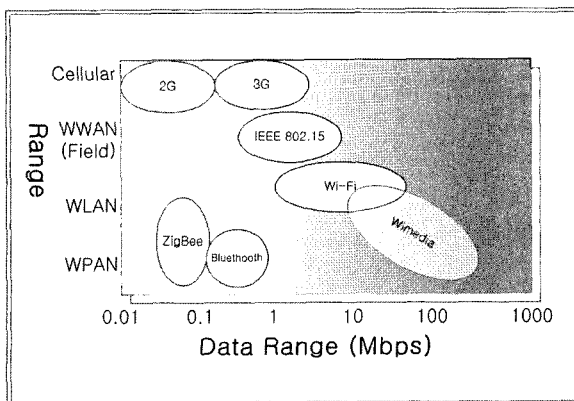


그림 1. 무선통신 방식 비교 분석

2.2.1 ad-hoc 네트워크 분석과 동향

ad-hoc 네트워크는 분산형 무선통신 네트워크를 의미하며 특정 기지국에 의존하지 않고 무선이동단말로만 구성된 네트워크를 말한다. 송수신을 담당하는 단말들은 다른 단말기의 신호를 중계하는 기지국 역할까지 수행하고, 다양한 단말을 경유하는 네트워크를 구성한다.

기존 유선망 기반 무선 네트워크인 기지국 중심의 네트워크는 기지국 고장시 네트워크 전체가 마비될 수 있고 기지국의 자체 용량 때문에 허용할 수 있는 사용자의 범위가 한정되지만, ad-hoc 네트워크는 응용 분야 측면에서 재해에 강하며 사용자 규모별로 네트워크의 크기를 자유롭게

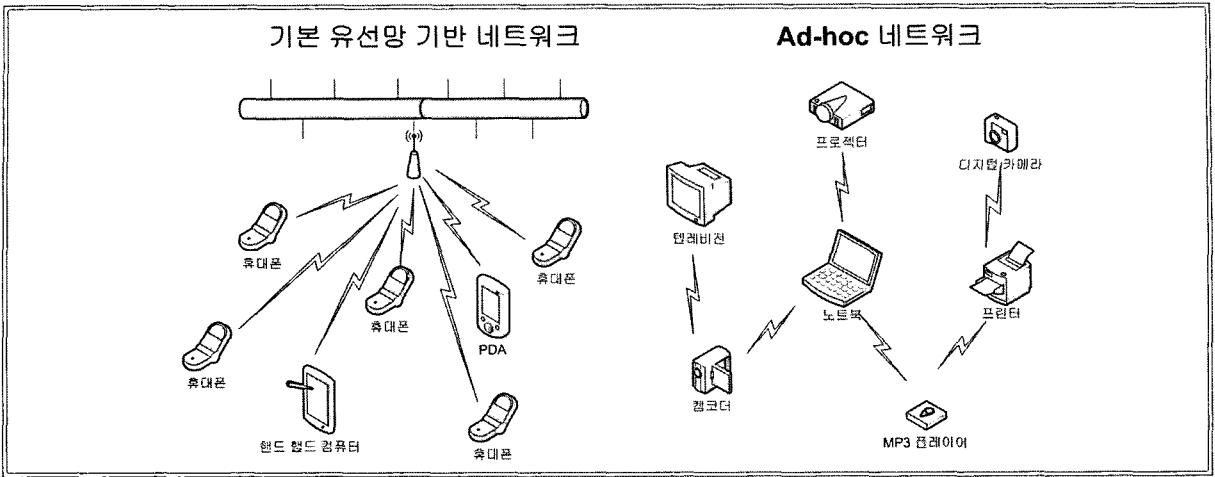


그림 2. 분산형 네트워크의 개념

고 용이하게 변경이 가능케 한 구조이다. 그림 2는 기존의 유선망 기반의 무선 네트워크와 ad-hoc 네트워크를 개념적으로 비교한 그림이다.

다만, ad-hoc 네트워크에 주소문제, 보안문제 등이 기술 확산 및 보급에 걸림돌이 되고 있는 실정이다. 따라서 ad-hoc 네트워크가 널리 보급되기 위해서는 모든 ad-hoc 단말기에 유일한 주소가 부여될 수 있는 환경이 마련되어야 하며 이러한 해결책으로 인터넷 주소를 기존 IPv4 체제인 32비트에서 128비트인 IPv6로 확장하면 주소문제는 해결될 것으로 보인다. 보안문제는 ad-hoc 네트워크의 가장 큰 취약점으로 지적되고 있으며, 이를 해결하여 안전한 네트워크를 사용할 수 있는 완벽한 프로토콜의 개발이 요구되고 있는 실정이다. ad-hoc 네트워크의 응용 분야로서는 초기 군사네트워크에서 출발하였으나 향후 WPAN 및 센서 네트워크 등의 유비쿼터스 컴퓨팅의 여러 분야에 활용될 것으로 전망되며 이러한 ad-hoc 네트워크 구조상에서 컴퓨터, 주변기기, 카메라, 헤드셋 등 다양한 전자기기간 상호 독립적인 통신이 가능한 네트워크의 구성이 가능하다.

표 1은 기존의 네트워크와 ad-hoc 네트워크를 여러 가지 조건으로 비교한 표이다. WPAN 시스템은 여러 모듈을 근거리 무선통신방식을 사용하여 ad-hoc으로 연결하고 데이터를 연속하여 전송하는 방식이다. 이 기능을 내장한 센서 모듈은 근처에 있는 모듈을 검출해 자발적으로 네

표 1. 기존네트워크와 ad-hoc네트워크의 비교

	기존네트워크	ad-hoc네트워크
중심	기지국	무선이동단말
망구성 및 관리	중앙집중제어	분산제어
확장성	어려움	용이함
재난대비	재난에 취약	재난에 강함
비용(경제성)	초기 설치시 막대한 투자	설치 투자비 거의 필요없음
사례	CDMA, 무선 LAN	WPAN, 센서 네트워크

트워크를 구축할 수 있으며, 인접한 모듈에 잇따라 데이터를 전달하여 각 센서 모듈은 장거리 무선 전송능력을 보유하지 않아도 결과적으로 장거리 전송이 가능하다. 즉, 각 모듈의 소비전력을 억제해서 몇 km나 되는 전송이 실현되는 것이다.

물론 중간 모듈을 이용할 수 없게 되는 경우 근처에 있는 다른 모듈에 데이터를 할당할 수도 있다. 빌딩의 시큐리티 관리나 석유 파이프라인 계측에 사용하는 센서 네트워크 등에서 ad-hoc 네트워크 기능은 필수라고 할 수 있다.

2.2.2 ZigBee 기술분석과 동향

ZigBee는 자체 무선통신 기술을 홍보하고 80215.4의 PHY 기술을 사용한 물리계층 RF 기술에 네트워크 및 응용 계층의 표준을 만들고 이에 대한 상호 운용성을 보장하고자 하는 것에 목적을 둔 표준화 단체이다. 전송속도는

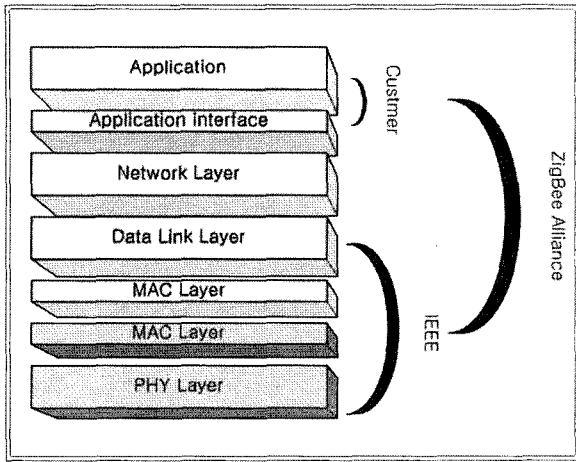


그림 3. ZigBee 프로토콜 스택

20kbps~250kbps이며 듀얼 PHY 형태로 2.4GHz를 쓰는 경우 16채널, 미국의 915MHz를 쓰는 경우는 10채널, 유럽의 868MHz를 쓰는 경우는 1채널을 사용하고 있다. 모뎀방식은 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum), MAC(Media Access Control Address)은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 사용하는 근거리 무선 통신기술이다. 저속 전송속도를 갖는 홈오토메이션 및 데이터 네트워크를 위한 표준 기술로서 버튼 하나의 동작으로 집안 어느 곳에서나 전등 제어, 가정 보안 시스템, 통합 리모컨 등의 무선 통신 제어가 가능해지고 인터넷을 통한 전화 접속으로 홈오토메이션을 더욱 편리하게 이용하려는 HomeRF에서 파생된 기술이다. Zigbee 프로토콜 스택 시스템의 요구조건은 8bit 마이크로컨트롤러를 사용하며, 전체 프로토콜 스택은 32Kbytes 이하이어야 한다. 그림 3은 ZigBee 프로토콜 스택의 블록도이다.

Bluetooth보다 가격이 저렴하고 소비전력이 더 낮은 것을 주요 특징으로 가장 내세우고 있으며 최대 전송속도는 250kbps, 통신거리는 10~75m, 전지 수명은 반년에서

2년 정도이고 한 대의 베이스 노드에 최대 255개의 노드를 접속할 수 있다. 응용분야로는 가정 내 공조기 또는 조명 기구 원격 감사나 원격 제어, TV등의 리모콘, 화재정보기 등의 원격 센서 외에 공장이나 빌딩의 각종 원격 제어, 장난감, 게임, 의료 센서 등의 용도를 이용되고 있다.

ZigBee는 미국에서 표준화 작업 중인 근거리 무선방식 IEEE 802.15.4에 완전 준거한 표준화 작업이며 이미 사양의 드래프트는 완성되었고 칩셋의 개발이 시작되고 있는 단계이다. 이 밖에도 개발을 취급하는 메이커는 적지 않으며 이미 아시아의 메이커를 포함한 몇몇 고주파 모듈 메이커와 제휴하여 송수신 모듈을 개발하고 있다. ZigBee의 큰 특징 중의 하나인 저렴한 가격은 직접 방식인 스펙트럼 확산 기술을 기본으로 한 변조 방식을 채용하여 무선 송수신 회로의 구성을 단순화하고 칩셋의 가격을 1.5달러 정도로 억제하는 것을 지향하고 있다. 결국은 모듈의 외형 크기도 Bluetooth 수준으로 하는 것을 지향하고 있으며 이러한 사양을 조기에 실현할 수 있다면 다른 방식에 비해 센서 네트워크의 표준 방식이 될 가능성이 매우 크다. 표 2는 ZigBee와 비슷한 기술 방식들을 비교·분석한 것이다.

2.2.3 WiMedia 기술분석과 동향

WiMedia는 무선 멀티미디어에서 파생된 개념으로서 사용자가 공장 내부에서 사용하는 다양한 시스템 간의 고속 데이터를 연결하는 개념이다.

WiMedia는 고속의 WPAN 기술로서 기술적 특징으로서 50m 전송거리에 최대 55Mbps의 전송속도이고 미래에는 480Mbps급까지 전송속도를 올리려는 계획을 갖고 있다. WiMedia 프로토콜 스택은 그림 4와 같다. IEEE 802.15.3 WPAN의 PHY를 지원하는 변조, 코딩 및 데이터율은 표 3과 같다.

2.4GHz PHY는 코딩이 적용되지 않는 DQPSK(Differential Quadrature Pphase Shift Keying) 뿐만

표 2 ZigBee 및 유사 기술 방식의 제원

명칭	반송주파수(Hz)	최대 전송속도(bps)	최대 도달거리(m)	관련 IEEE규격
ZigBee	869/915M, 2.4G	20k~250k	10~75	IEEE 802.15.4
Bluetooth	2.4G	723.2k	10(class 2)	IEEE 802.15.1
차세대 Bluetooth	2.4G	2M~10M	10(class 2)	-
UWB	3.1G~10.6G	400M	10	IEEE 802.15.3a

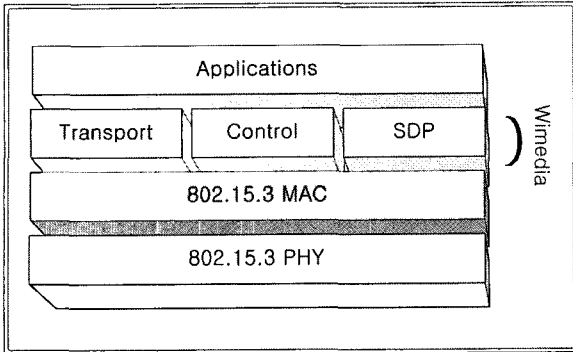


그림 4 WiMedia 프로토콜, 코딩 및 데이터율

표 3. IEEE 802.15.3 PHY의 변조, 코딩 및 데이터율

변조방식	코딩	데이터율
QPSK	8-state TCM	11Mbps
DQPSK	None	22Mbps
16QAM	8-state TCM	22Mbps
32QAM	8-state TCM	44Mbps
64QAM	8-state TCM	55Mbps

아니라, Trellis코딩을 적용한 QPSK(Quadrature Pphase Shift Keying), 16/32/64-QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 지원한다. 802.15.3과 호환되는 디바이스는 최소한 DQPSK는 지원해야 한다. 기본 데이터율은 DQPSK 모드로 동작하는 22Mbps이며, 최대 55Mbps이다. IEEE802.15.3a 기술은 IEEE 802.15.3 기술이 사용하는 MAC을 그대로 이용하며, PHY 기술만 UWB기술을 이용하여 보다 높은 대역폭을 갖고자 하는 것이다.

UWB 기술은 매우 오래된 역사를 가지고 있는 기술로 사용할 수 있는 대역폭은 3.1GHz부터 10.6GHz까지 총 7.5GHz라는 광대역의 대역폭을 사용할 수 있지만 실제로 신호의 대역폭은 중심 주파수의 20% 이상 점유하여야 하고 이 대역의 전파는 41.25dBm/MHz를 넘지 않아야 한다. UWB 기술이 가지는 장점은 간섭을 일으킬 확률 매우 낮다는 것이다. 따라서 UWB는 GPS(Global Positioning System)나 PCS(Personal Communication System), 그리고 WLAN(Wireless Local Area Network) 기능과 함께 하나의 기기에 통합될 수 있다. 그리고 매우 낮은 감지 확률로 인하여 신호 레벨이 데이터의 안정성이 보장되며 저 전력을 소모한다는 것도 매우 큰 장점이다. 또한

10m 거리에서는 110Mbps를 지원하며 4m 거리에서는 200Mbps를 지원하며, 그 이하의 거리에서는 480 Mbps 라는 초고속의 무선 데이터 전송이 가능하므로 비디오나 오디오 응용과 디지털 카메라 신호의 전송 그리고 MP3 Player 데이터의 다운로드 등에 매우 좋은 응용분야를 갖는 기술이다. 무엇보다도 UWB가 uPAN을 구현하기 위한 홈 네트워킹 기술로 적합한 이유는 넓은 대역폭을 사용하므로 다중 페이딩 문제에 매우 강한 특징이 있다는 점이다. 이와 같은 무선 통신 기술을 이용하여 홈 네트워킹에 적용하고자 하는 단체가 WiMedia이다.

이런 WiMedia를 통하여 가정용 연결 케이블을 제거함으로써 디지털 TV와 DVD플레이어 간의 무선 화상전송 셋톱박스와 홈시어터간의 고해상, 고음질의 무선 연결 및 디지털 캠코더와 컴퓨터간의 고속 데이터의 무선 연결 등이 가능하도록 하는 무선 통신기술로서 사용자는 보다 편리하게 FA 및 관련분야를 활용할 수 있게 된다.

2.2.4 무선 센서 네트워크 기술동향

무선 센서 네트워크는 온도, 습도, 소리, 이미지, 자장, 화학 성분 등 다양한 특성을 감지하여 처리하고 이렇게 취합된 데이터를 무선 통신 반식으로 전송할 수 있는 초소형의 센서 노드로 구성된다. 표 4는 무선 센서용 근거리 무선 네트워크를 변조 방식, 송신출력, 주파수 대역, 소비전류·전력, 전송거리 그리고 최대 전송속도별로 비교·분석한 표이다.

센서 노드는 단독 또는 협력 잡업을 통하여 인간 생활에 필요한 지능형 정보와 유익한 서비스를 제공하며 저비용, 저전력, 자동 구성 기능, 오랫동안 지속하는 전력원을 갖고 유지 보수를 위해 최소의 사용사의 도움을 필요로 하는 스마트 센서에 기반을 둔 원격 모니터링 분산형 네트워크를 지향하고 있다. 이에 따른 적합한 무선 통신표준이 무선 센서 해결을 위한 요구를 증가시킬 것이고 동시에 많은 해결책이 제시됨으로써 무선센서 네트워크가 널리 확산될 것이다.

무선을 이용한 센서 네트워크는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 네트워크로 이어지는 센서간 거리가 몇 km 이상 떨어져 있는 네트워크와 센서간 거리가 길어야 몇 백 m인 네트워크다. 전자의 네트워크의 경우 이용할 수 있는 무선

표 4 무선 센서용 근거리무선 네트워크

명 칭	미약 무선	무선LAN IEEE (802.11b)	Bluetooth	ZigBee	특정 소전력 무선
변조방식	FSK 방식	직접확산 방식의 스펙트럼 확산 기술	주파수 호핑 방식의 스펙트럼 확산 기술	직접 확산 방식의 스펙트럼 확산 기술	FSK 방식 등
송신출력	500 μ W/m 이하(3m범)	30mW~100mW	1mW(100mW한도)	1mW(100mW한도)	10mW 이하
주파수대역	316.74MHz /307.74MHz	2.4GHz대	2.4GHz대	2.4GHz, 869GHz(유럽) /915GHz(미국)	400MHz, 1200MHz
소비전류/전력	송신:약 20mA 수신:약 10mA 대기:약 1mA	송신:300mA 수신:200mA	송신/수신:60mA	3형 건전지 두 개 6개월~2년 이용	송신:26mA 수신:11mA
전송거리	50m	50m~100m	10m(파워 애플 이용: 100m)	10m~75m	몇 백 m~1km
최대전송속도	512bps	11Mbps	712kbps	20k~250kbps (868MHz/915MHz)	4.8kbps

통신 인프라의 유력 후보는 휴대전화망이고 현재 본격적으로 개발되고 있는 것이 후자의 센서 네트워크에 적용할 수 있는 무선 통신 기술이다.

3. 결론

사람, 컴퓨터, 사물이 언제, 어디서나 하나로 연결되어 있다는 유비쿼터스화 패러다임은 이미 전개되어 기폰 패러다임의 위기를 초래하기 시작하였고, 세계적인 각축전이 진행되고 있다. 유비쿼터스화는 조용한 혁명이지만 그 파급 효과는 공장, 빌딩, 대형건물 등 다양한 분야에 엄청난 큰 충격과 놀라움을 가져올 것으로 전망하고 있다.

유비쿼터스화는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리공간을 지능화하고 동시에, 물리공간에 펼쳐져 있는 각종 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력이라고 할 수 있다. 인터넷이 책상에 홀로 떨어져 있던 컴퓨터를 연결시켰다면, 유비쿼터스화는 환경속에 떨어져서 존재하는, 빌딩, 건물, 공장, 사무실 등과 같은 물리적 사물들을 연결하는 것이다. 즉 유비쿼터스화는 사

물들의 인터넷화를 지향한다. 결국 유비쿼터스화는 사람, 컴퓨터, 사물들을 네트워크로 연결하고 3차원으로 정보를 수발신하게 되는 발전 단계를 말한다. 앞에서 말한 사람, 컴퓨터 그리고 사물들을 네트워크로 연결하는 유비쿼터스 환경을 구축하기 위해서는 유선뿐만 아니라 무선 네트워크가 반드시 필요하며, 여기서 무선 네트워크 기술을 uPAN이라 말할 수 있다. uPAN은 개인 중심의 작은 주변 장치들을 무선으로 연결하기 위한 것으로서 uLAN과는 지향하는 목표가 명백히 구분된다. 그리고 근거리 데이터 통신에서 사용되던 IrDA는 통신거리가 짧고 데이터 전송률이 낮은 것에 비해, IEEE 고속률 WPAN은 반경 50m 이내에서 통신이 가능하며 고속률을 지원하여 무선 장치간 멀티미디어 통신을 효율적으로 할 수 있다. 따라서 uPAN은 홈 네트워킹뿐만 아니라, 4세대 이동통신에서 끊임없는 서비스를 제공하기 위해 개인망 영역의 무선 통신을 제공할 수 있을 것이다. 이와 같이 uPAN은 근거리 무전기통신 산업에 중요한 역할을 할 것으로 기대되며, 이를 더욱 활성화하기 위해서는 WPAN에 적용할 수 있는 다양한 응용 기술들이 개발되어야 할 것이다.