

# UWB(Ultra Wide-band) 표준 및 응용모델

김인환 | 삼성전자 DM연구소 수석연구원  
최문영 | 삼성전자 DM연구소 책임연구원

## 1. 개요

작년(2002년) 2월 미국연방통신위원회(FCC: Federal Communications Commission)가 UWB(3.1GHz ~ 10.6GHz)의 상용 사용을 인가함으로써 미국의 군사용 무선기술로 개발되어 오던 기술이 일반 통신에 개방되었다. 이 기술은 반송파를 이용하지 않고 펄스 변조한 신호를 그대로 공간에 방사한다. UWB는 기존의 무선통신의 영역 이외에 거리의 계측(location awareness)이나 레이더 기술에도 응용이 가능하다. IEEE802 위원회에서는 IEEE802.15.3a에서 WPAN(Wireless Personal Area Network) 응용에 물리층 고속화로 UWB의 표준을 제정하고 있다.

IEEE802의 활동 중에서 대표적인 화제가 되는 것은 IEEE802.11일 것이다. IEEE802.11의 대상이 사무실용 네트워크(WLAN: Wireless Local Area Network)인데 반하여 IEEE802.15는 개인용 네트워크(PAN)를 규정한다. LAN과 PAN의 차이점은 네트워크의 단위가 커버하는 범위에 있다. LAN은 기본적으로 통신 거리가 100m 정도이고, 그에 비해 PAN은 10m 이내를 통신 범위로 정한다. 이러한 통신이 커버하는 거리를 제한함으로써 얻는 이점으로는 전파의 출력이 작아지므로 소비전력을 낮출 수 있고, 소비전력이 낮으므로 휴대용 기기들에 쉽게 적용 가능하며, 이

러한 점들은 저비용으로 이어진다.

본 기고에서는 현재 UWB의 표준 방향, 각 제안의 특성, 다양한 UWB의 응용과 특히 홈 네트워크에서의 UWB 응용 가능사례에 대해서 기술하겠다.

## 2. UWB 표준방향

UWB의 표준화에 대한 논의는 IEEE15.3의 표준화동의 시작으로 거슬러 올라간다. 15.3의 활동 이전에 물리계층을 선정할 때, 2GHz대 및 5GHz대와 나란히 UWB도 하나 제안이 들어 있었다. 그 당시 UWB는 퍼포먼스, 소비전력, 비용 등에서 뛰어난 평가를 얻었음에도 불구하고 UWB를 사용해도 좋다는 법규제가 없어서 결국 UWB는 철회가 되었다. UWB가 철회된 가운데 5GHz와 2GHz 중에 2GHz가 물리계층으로 선정이 되었다. 그 당시 FCC가 규정한 법규제가 없는 상태에서는 아무리 표준을 만들어도 상품을 팔 수가 없으므로 UWB는 논의의 대상이 될 수 없었다. 그런데 그 후 FCC에서의 논의가 본격적으로 시작되어 2001년 중반경이 되자 「슬슬 법제화가 완료될 것이다」라는 업계 차원의 견해가 정리된다. 그래서 다시 표준화를 추진하고자 하는 회사가 등장하고 2002년 1월부터 표준화 작업이 시작된 것이다. 당초는 UWB의 표준화였

지만 표준화의 공평성을 유지하기 위해 또 하나의 대체 물리층(Alternate PHY)이라는 관점에서 작업그룹(SG3a)이 발족했고, 그 후 TG3a로 발전했다. 이 TG3a의 네트워크는 WPAN을 전제로 하므로 홈네트워크 전체를 대상으로 하는 것이 아니라 방(room) 단위의 네트워크와 피어 투 피어(peer-to-peer) 통신을 개념으로 하는 에드호크(Ad hoc) 네트워크를 응용 대상으로 삼는다.

## 2.1 FCC 규정

UWB의 상용화에 관심이 높았지만 미국 FCC가 주파수를 인가하기 전까지는 UWB에 대한 본격적인 논의는 미미한 형편이었다. 2002년 2월 14일 미국 FCC는 UWB 기술의 장점을 인정하여 상업적 이용을 승인하면서도 UWB 구현시 문제가 되는 다른 주파수와의 간섭 문제를 해결하기 위해 사용주파수와 방사전력 제한 등의 규제안을 세가지 응용 부분으로 나누어 마련하였다. 우선 홈네트워크 등의 고속무선통신에 응용될 통신과 측정 시스템은 3.1GHz~10.6GHz를 사용하고, 이미지 시스템은 960MHz 이하, 1.99GHz 또는 3.1GHz~10.6GHz를 사용할 수 있으며 지중 탐사용 레이더, 벽 내부 탐사용, 의료용, 시큐리티용으로 이용될 것이다. 마지막으로 차량 레이더 시스템은 중심주파수가 24.075GHz 이상이며 자동차 충돌 방지용 레

이더로 이용될 것이다. 한편 우리나라를 비롯한 미국 이외의 지역에서는 아직까지도 미국내의 상황을 예의 주시하면서 자국내에서 UWB가 사용할 수 있는 주파수 개방 여부를 검토하고 있는 실정이다.

## 2.2 IEEE802.15.3a의 표준현황

IEEE802.15.3a 회의는 현재 여러 회사들의 제안들이 상호 병합 단계를 거치고 있고, 2003년 7월 회의에서는 다운 셀렉션(down selection)이 진행될 예정이다. 15.3a의 표준화 대상은 물리 레이어(Physical Layer)로, 특히 변조방식이나 다중 접속방식을 담당하는 물리 서브레이어를 중심 표준으로 제안되고 있다.

주파수 사용 측면에서 보면 대부분의 제안이 IEEE802.11a의 주파수 대역인 5GHz대를 피해 주파수를 사용하고 있다. 현재 주요 제안들을 보면 주파수 폭을 넓게 잡는 싱글밴드(Single-band) 방식과, OFDM의 반송파 단위로 이용 주파수를 정하는 OFDM 방식, 전체 주파수 대역을 몇 개의 주파수 블록(sub-band) 단위로 나누어서 사용하는 멀티밴드(Multi-band) 방식이 있다. UWB 원천기술을 많이 확보하고 있는 XSI사는 그림 1에서 보여진 바와 같이 2개의 섭밴드(sub-band)를 가지는 싱글밴드 방식을 제안하였다. 개념적으로 비교적 간단한 하드웨어를 구성하고 있으나 구현이 쉽지 않다는 단점이 있다. 이에 반해

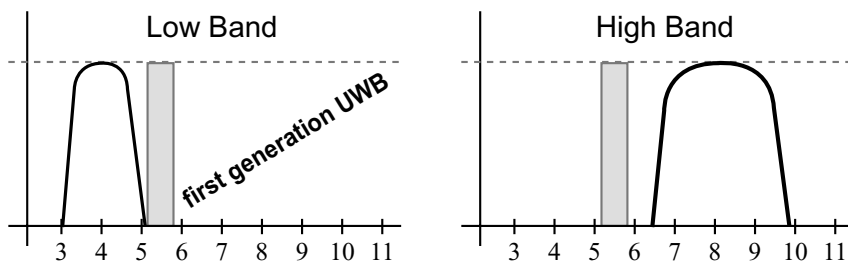


그림 1. XSI Dual-band

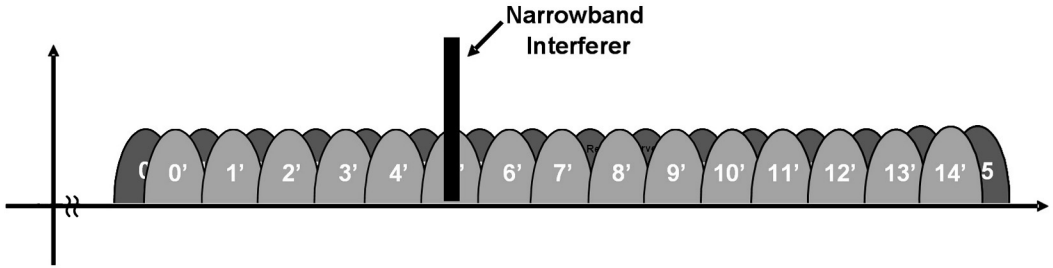


그림 2. MBC Multi-band 구성

Wisair사를 중심으로 한 멀티밴드연합(MBC: Multi-Band Coalition)측은 500MHz 정도의 대역폭을 13-17개의 쉘밴드로 나누는 것을 골자로 하는 멀티밴드방식을 지원하고 있다. 그림 2는 14개 혹은 15개로 쉘밴드를 구성하는 멀티밴드방식을 보여주고 있다. 한편 TI사는 멀티패스와 간섭에 강한 OFDM방식을 가장 늦게 제안하였다. 3개의 쉘밴드로 나누어지며 그림 3의 개념도에 나타나 있는 FFT 구현이 복잡하다는 단점이 있다.

최근에는 멀티밴드 방식과 OFDM 방식간의 상호

병합이 진행되고 있고 7월 회의에서는 상호 병합된 문서를 발표할 예정이다. 각 방법에 대한 장단점을 표 1에 나타내었다. 현재 15.3a 표준화에서는 7월 9일 미팅에서 다운셀렉션을 거쳐, 11월에 최종안을 확정한다는 스케줄로 진행이 되고 있다. IEEE802 표준에서 최종 사양으로 채택되기 위해서는 투표 참여자의 75%의 득표가 필요하다. 이런 관점에서 보면 OFDM과 멀티밴드 방식의 병합된 안이 월등히 우세하다. 그렇지만 최종안이 75%의 득표를 얻어 최종 사양으로 채택될 수 있을지는 아직 의문이다.

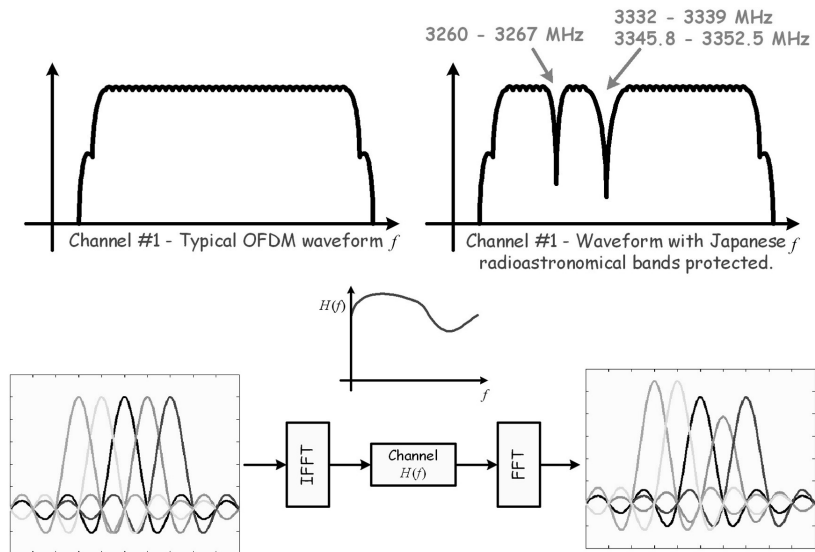


그림 3. TI OFDM band 구성 및 개념도

표 1. IEEE802.15.3a에 제안된 기술 비교

	Single-band(Few Band)	Multi-band	OFDM
개념	하나 혹은 3개 정도의 광대역 band로 나눔. FDM + CDM + TDM	500MHz 정도의 대역폭을 갖는 여러개 (13~17)의 band로 나눔. Time Frequency Interleaving Sequence(TFI) + QAM	5GHz이하에서 3개의 band로 나눔 TFI-OFDM 사용
장점	개념적으로 간단한 HW 구성 저비용 저전력 시장에 빠르게 대처	구현이 용이하다. 다른 무선 네트워크와의 간섭이 적다.	range가 길다 멀티패스에 강하다 간섭에 강하다.
단점	광대역 안테나가 필수 신호간섭에 대처 능력이 적다.(Notch filter사용) 구현이 용이하지 않다.	구현을 통한 검증이 되지 않음. MAC에서 band의 관리가 필요. 전력 소모가 많을 수 있다.	FFT의 구현이 복잡하다.
제안회사	XSI, SONY	Intel, TimeDomain, DTC, WisAir, GA, Femto Devices	TI, U. of Minnesota

### 2.3 IEEE802.15.3의 표준현황

15.3a가 발족되기 이전에 15.3의 표준이 진행되었고, 현재 완료가 된 상태이다. 15.3a는 15.3의 대체 물리층(alternate PHY)을 정의하기 위하여 만들어진 분과이므로 MAC은 기존의 15.3에서 정의한 표준을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

15.3 MAC의 특징 중 한 가지 기능은 무선 네트워크의 접속과 분리가(Network Formation) 원활하게 이루어진다는 점이다. 특히 네트워크에 참가하는데 필요한 인증(Authentication), 주소할당(Addressing), 보안 키 설정(Security-Key setting) 및 프로그램 실행(Bootstrap) 등의 시간을 1초 이내로 매우 짧게 하는 것을 목표로 하고 있다. 이것은 모처럼 전송속도가 빨라도 참가하기까지 시간이 걸려서는 안 된다는 생각에서 규정된 것이다. 그리고 또 다른 특징은 15.3의 네트워크는 액세스 포인트(AP: Access Point)에 기반을 둔 네트워크가 아니라 아무나 피코넷 코디네이터(PNC: Piconet Coordinator)가 될 수 있다는 것이

다. 즉 어떠한 디바이스(DEV)도 PNC가 될 수 있으며 기본적으로는 에드호크(Ad Hoc) 네트워크를 상정한 다. 소비전력도 중요한 MAC의 기능으로서 여러 가지 파워 관리 모드를 갖추고 있으며, 휴대용 기기에 응용 가능성을 최대한 고려하여 저전력 소비를 위한 방법이 제공되고 있다.

#### 2.3.1 TDMA 형태의 MAC

MAC 방식으로 시분할다중접속(TDMA: Time Division Multiple Access)방식을 채택한 15.3에서는 실제로 「슈퍼프레임」이라고 하는 시간적인 배치 구조 안에 MAC 프레임(그림 4)을 넣는 구조로 되어 있다.

슈퍼프레임은 제어정보가 기술되는 비콘(Beacon), 랜덤 액세스 제어가 실행되는 CAP(Contention Access Period), 그리고 데이터가 수납되는 CTAP(Channel Time Allocation Period)라는 세 종류의 블록으로 구성되어 있다. 이 중 CAP는 필수가 아니라 MCTA(Management CTA)라는 형태로 이용되는 경

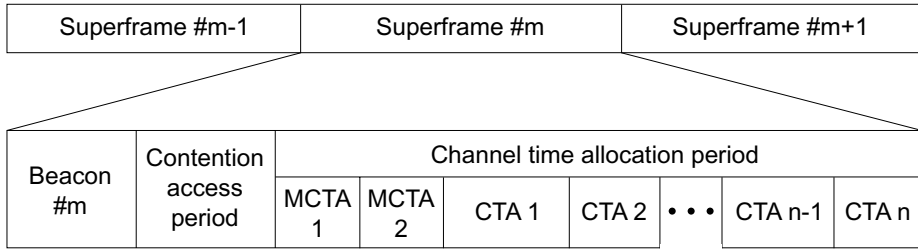


그림 4. 802.15.3 피코넷 슈퍼프레임

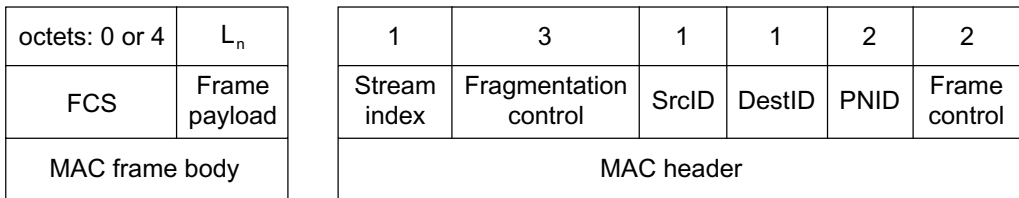


그림 5. 802.15.3 MAC 헤더와 프레임 바디 포맷

우도 있다(그림 4). 이 경우 CAP 영역은 CSMA/CA 토대로 랜덤 액세스 제어가 이루어지는데 반하여 MCTA는 슬롯알로하(Slotted Aloha) 방식을 이용하게 된다. 비콘은 데이터를 보낼 때 필요한 제어정보를 가지고 있으며, CAP에서는 기기가 피코넷 참여나 시간을, 할당 요구 패킷등이 경합을 한다. 그 후 경합에서 선택된 서비스에 해당하는 페이로드(사용자 데이터)를 보낼 수 있는 시간 구간이 CTAP에 할당된다. 스트리밍과 같은 동기 데이터도 CTAP 안에서 시간들을 얻어 전송할 기회가 주어지는 경우도 있어, 비동기 데이터를 보낼 때도 각각의 크기에 따라 적절하게 요구되는 대역에서 전송할 수 있다. 즉 네트워크 전체에서 100Mbps 전송능력이 있다고 하면 「그 중 30Mbps를 사용하도록」 혹은 「15Mbps를 사용하도록」이라는 선언을 하고, 그 다음 데이터 프레임이 전송된다. 데이터를 송신하는 시간들에는 두 종류가 있다. 첫 번째는 동적 CTA(Channel Time Allocation)이다. 동적 CTA의 위치는 슈퍼프레임마다 바뀌는 것이

허용되고 있으며 비콘을 놓치면 송수신을 하지 못한다. 다른 한 가지는 수도스태틱(pseudo-static) CTA로, 슈퍼프레임마다 절대적인 전송 타이밍이 변하지 않으며 비콘을 몇 개 놓쳐도 계속 정해진 타이밍에 데이터를 송수신할 수 있다. 물론 사양에서 정해진 횟수 이상 연속으로 비콘을 인식 못하면 해당 CTA는 사라지게 된다.

### 2.3.2 Ad Hoc 형태의 네트워크

IEEE802.15가 고속 전송 사양의 표준화 작업을 시작한 한편, IEEE802.11에는 IEEE802.11a의 54Mbps보다 더 빠른 네트워크를 모색하는 「Wireless New Generation(WNG)」이라는 Study Committee가 있다. WNG와의 구분에 관해 SG3a는 더 특별한 곳에 적용될 것으로 보여진다. 예를 들어 회의실에 참가자가 노트북 PC를 가지고 모여 각각 프리젠테이션을 한다. 그 때 「그러면 제가 우선 프리젠테이션을 합

니다」라고 말하고 프로젝터를 돌리는 것이 아니라 참가자 전원의 노트북 PC에 옮겨 준다. 그 자리에 한정된 네트워크를 만들고 바로 해산하는 식이다. AV 데이터의 스트리밍이나 초고속 다운로드 등 여러 애플리케이션을 동시에 실현할 수 있는 사용법이 고려되고 있다. 이를테면 MPEG 규격에서는 1M~2Mbps 정도부터 24Mbps라는 것도 있다. 업무용으로는 200Mbps 이상인 것도 있다. 이들의 데이터 전송을 동시에 실시할 수 있다면 이상적이다. 같은 공간에서 서로 다른 채널을 가지는 피코넷을 형성하거나 피코넷 안에 별도의 피코넷을 구성할 수 있는 차일드 피코넷이나 네이버 피코넷으로 구현할 수 있다. 이는 모두 에드호크 네트워크 형태를 지원한다.

### 3. UWB 응용모델

UWB는 고속 전송이 가능하고 넓은 대역폭과 매우 낮은 스펙트럼 전력 밀도로 인한 비화성 기능이 뛰어나고 멀티패스에 강한 이유로 많은 분야에서 응용하고

있거나 응용을 검토하고 있다. 주요 응용의 예로는 실내통신, 고속무선랜, 홈네트워크, 무선전화, 보안센서, 위치 측정기, 레이더 등이 있다. 이 중 그림 6에 나타난 것과 같은 홈네트워크 상에서의 멀티미디어 오디오/비디오 스트리밍(A/V Streaming)이 단연 주목을 받는다. 15.3의 MAC 구성이 스트리밍 데이터 서비스의 품질(QoS: Quality of Service)을 보장할 수 있도록 TDMA 형태로 구성된 것도 거기에 기인한다.

현재 무선랜 기술로 급속도로 퍼져 나가고 있는 802.11a/b의 최대 전송 속도는 54Mbps이지만 구현 시 실제로 얻을 수 있는 전송 속도는 최대 20~30Mbps인 것으로 알려져있고, MAC의 구성도 멀티미디어 데이터의 QoS를 지원하기 위한 치중보다는 일반 데이터 서비스를 기반으로 하고 데이터의 균등분배(shareness)에 더 치중하고 있다. 이러한 방법으로는 HD급 MPEG을 하나를 겨우 스트리밍할 수 있는 정도의 속도이다. 하지만 보다 원활한 무선 전송이 요구되고 또, 더 많은 양의 정보를 한꺼번에 전송하기 위해서는 802.11a/b 보다 성능이 뛰어난 무선 기술이 필요하다. 현재로는 UWB가 그 대안으로 떠오르고 있다. 예

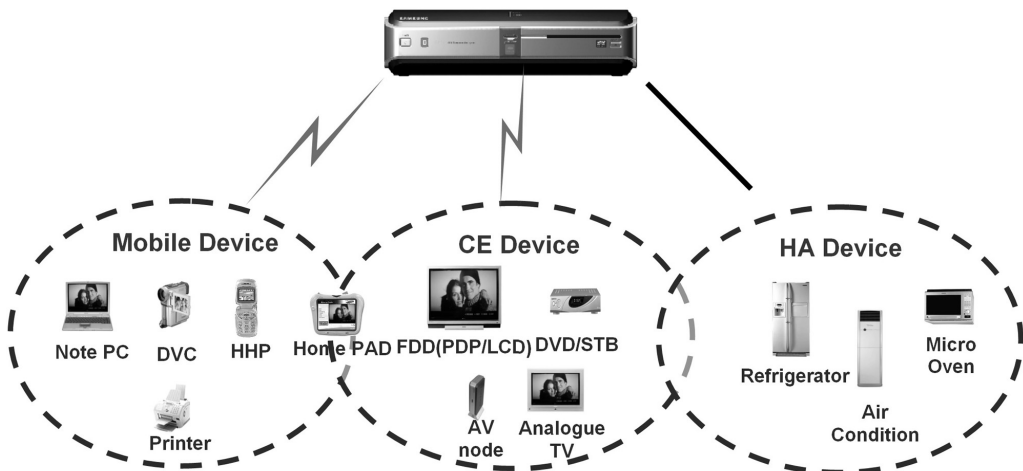


그림 6. 가상 홈네트워크의 예. 모바일과 오디오/비디오 관련 기기는 무선으로 연결되고 생활가전은 전력선 제어를 통하여 네트워크를 형성한다.

를들어, 집안에 편히 앉아서 남편은 HD급 화면의 스포츠 중계를 보면서 디지털캠코더로 찍은 영상을 DVD에 기록하고 동시에 다른 방에 있는 아이들은 소풍 때 디지털 카메라로 찍은 사진을 고성능 칼라 프린터로 인쇄하고 있고 아내는 인터넷을 통하여 고화질 영화를 스트리밍하여 보고 있다고 상상해보자. 그것도 모든 연결은 무선으로 구현되어 원활하게 작동되고 있다면 이는 모든 사람들이 꿈꾸는 이상적인 무선 홈 네트워크일 것이다. 현재 나온 기술 중에서는 UWB가 이런 꿈을 실현시킬 수 있을 것으로 보여진다. 표 2에 비교된 여러 가지 무선 통신 방식을 살펴보면 전송속도와 단가 면에서 UWB가 다른 기술들을 능가한다는 것을 알 수 있다.

최근 인텔측 주장에 의하면 최고 속도 200Mbps 이상 되는 칩을 2004년 말쯤 생산할 것으로 예상하고 있다. 이렇게 되면 무선 오디오/비디오 스트리밍을 근간으로 하는 홈 씨어터(Home Theater) 중심의 홈 네트워크가 각광을 받을 것이다. 비디오폰이나 화상회의 또한 주목받을 응용 분야로 발전할 것이다. 그동안은 제한된 카메라와 마이크의 위치로 양질의 서비스를 추구할 수 없었지만, 디지털 캠코더로 화상과 음성을 잡아서 전송하고 TV나 프로젝터 같은 디스플레이 유닛으로 상대방의 화면을 보며 스피커 시스템으로 오디오를 들을 수 있는 시나리오가 구현될 수 있을 것이다. 무선으로 연결되어 캠코더 위치도 다양하게 잡을 수 있고 마이크 위치도 걱정할 필요가 없어진다. Ad hoc

네트워크의 장점을 살린 고속 데이터 전송도 가능해진다. 디지털 캠코더로 찍은 화상을 바로 또 다른 디지털 캠코더로 복사한다던가 디지털 카메라로 찍은 사진을 즉석에서 가까운 프린터로 보내 출력할 수도 있다. 또한 노트북이나 PDA로 공항이나 기차역에서 영화나 다큐멘터리 같은 동영상을 짧은 시간에 내려받기 하고 이동간에 혹은 네트워크가 연결 안 되는 장소에서 즐길 수 있다. 한편 모바일 핸드셋에도 응용할 수 있는데, 이 경우 핫스팟 같은 곳의 인터넷 접속 장치나 홈 네트워크에서 유저 인터페이스가 가미된 원격제어 장치로 사용할 수 있다. 위에서 살펴본 바와 같이 UWB의 여러 장점을 이용하여 기존의 군사용/산업용 응용분야뿐만 아니라 오디오/비디오 스트리밍과 같이 일반 사용자가 직접 사용할 수 있는 다양한 응용분야가 제시되고 개발될 것으로 보여진다. 각 응용모델에서 요구되는 전송속도와 정보를 주고 받는 관련 기기들을 표 3에서 비교 정리하였다.

UWB에서의 또 하나의 움직임으로 오디오/비디오 가전업계에서는 현재 고속 유선 기술로 널리 쓰이고 있는 IEEE1394나 컴퓨터 환경에서 일반화된 USB 2.0을 무선으로 실현하는 기술의 물리층으로 UWB를 주목하고 있다. 이와 같은 분위기를 일찌감치 인식하고 삼성, 모토로라, HP, 엑스트림스펙트럼, Sharp, 필립스 등 10개 회사가 이사회를 구성하는 와이미디어 얼라이언스(WiMedia Alliance) 그룹을 2002년 가을에 발족하여 UWB 물리층을 기반으로한 각종 응용 시

표 2. 기존 무선통신 방식 기술 비교

	802.11b	802.11a	Bluetooth	UWB
주파수	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	3.1~10.6GHz
최대전송속도	11Mbps	54Mbps	1Mbps	100Mbps
거리	50~100m	20~30m	5~10m	5~10m
채널수	3	12	79	논의중
단가	\$20 이하	\$30 이하	\$10	\$12 예상(2007)
변조방식	DSSS	OFDM	GFSK/FHSS	논의중

표 3. 여러 가지 UWB 응용모델과 전송속도 비교

응용 모델	전송 속도	관련 기기
오디오/비디오 스트리밍	MPEG2-HD: 20Mbps MPEG2-SD: 4-6Mbps	PVR, DVD, 캠코더 ↔ 텔레비전, 프로젝터, 스피커
인터넷 오디오/비디오	MP3: 64-256Kbps	인터넷, MP3 플레이어 ↔ 헤드폰, 스피커
비디오폰	H.263: 100Kbps	마이크, 캠코더 ↔ 디스플레이 장치, 스피커, 헤드폰
화상회의	H.263: 100Kbps MPEG4: 800Kbps MPEG2-SD: 4-6Mbps	마이크, 캠코더 ↔ 디스플레이 장치, 스피커, 헤드폰

나리올을 정리하고 그에 필요한 각종 기기들이 원활하게 호환 가능하도록 규격을 만들어 가는 활동을 하고 있다. 이 규격에 준하여 만들어진 기기들에는 와이미디어 로고를 부착하게 할 계획이며 로고가 붙어있는 기기들끼리는 호환성을 보장할 예정이다. 첫 상업제품은 2005년 초반에 선 보일 것으로 보여진다.

#### 4. UWB의 문제점

여러가지 이점을 가진 UWB지만 그것은 어디까지나 이론적인 특성에서 말할 수 있는 것이다. UWB가 미국에서 많은 연구가 되고 있다고 해도 그 대부분은 군사 목적이고 일반기기에 적용할 수 있는 기술은 아직 성숙되지 않았다. 일반기기를 위한 UWB 기술의 개발은 최근 들어 겨우 시작되었다고 할 수 있다. 아직까지 상용화 할 수 있는 칩셋이 시장에 나오지 않는 실정이다. 관련 하드웨어를 실현하기 위해서는 아직 해결해야 할 과제가 무수히 많다. 우선 광대역이고 시간폭이 짧은 펄스를 발생시키는 회로, 안테나 설계 및 제조가 필요하며, 수신 회로에서의 펄스 위치 오차 검출 정도를 높여야 하고, 멀티패스 환경에서의 펄스 충돌에 따른 부호 간섭과를 피하여야 한다. 또한 여러 사용자 환경에서의 펄스 충돌에 따른 사용자간 간섭을 피하여야 한다. 주파수 공유에 따른 시스템간의 간섭도 해결해야

할 중요한 문제이다. UWB는 펄스를 사용하는 전송방식이므로 고속 전송이 가능한 반면 여러 사용자의 펄스 분리를 위한 연구가 복잡해져 버린다는 결점이 있다. 모든 것을 시간축상에서 처리하는 UWB는 1:1 통신에서는 단순성이라는 이점이 되지만 사용자가 여럿일 때는 반대로 복잡성이라는 결점이 되어 버린다.

#### 5. 결론

미국 FCC에서 UWB가 사용할 수 있는 주파수를 허용함으로써 상용적 관점에서의 UWB 기술이 급속도로 관심을 끌고 그에 따른 연구가 본격적으로 시작되었다. UWB 표준화 작업 역시 박차를 가하고 있으며 현재 IEEE802.15.3a에서는 UWB를 구현하는 물리계층 기술에 대해 크게 2개의 제안이 공방을 벌이고 있으며 조만간 투표를 통하여 하나로 정리가 될 전망이다. IEEE802.15.3에서 이루어지고 있는 MAC에 관련한 표준화는 이미 완성단계이며 기본적으로 시간분할 접속방식과 에드호크 방식을 규정하고 있다. UWB를 실용화할 때 응용분야로는 홈네트워크가 가장 주목받고 있다. 뛰어난 전송속도 때문에 오디오/비디오가 전 사이에서 디지털 HD 방송이나 DVD 등의 초고화질 영상을 스트리밍으로 전송하는 솔루션으로 여겨지고 있다. 