

유비쿼터스 환경을 위한 초고속 무선통신 기술

□ 박석홍 / 뮤텔테크놀러지(주) 무선 SoC 연구소

1. 서론

최근 유무선통신 및 네트워크 분야를 총망라하여 전 세계적으로 새로운 개념인 유비쿼터스 네트워크(Ubiquitous Network)의 거대한 물결에 휩싸여 있다고 해도 과언이 아니다. 유비쿼터스 네트워크란 언제 어디서나 누구라도 컴퓨터와 네트워크를 간단하고 편리하며 안전하게 활용할 수 있는 환경을 말하며, 이러한 유비쿼터스 네트워크 환경에서는 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊임없이 정보를 주고 받으며 통신을 가능하게 해 주는 전자공간과 실제 공간의 융합을 의미한다.

이와 같은 유비쿼터스 네트워크 환경에서 모든 종류의 기기들을 기존의 유선 네트워크 기술만을

이용하여 연결된다면, 망 구성의 복잡성 증가 문제 뿐 만 아니라 자유로운 접속의 개념과도 상충되는 문제를 야기하게 된다. 그러므로 기본적으로 유비쿼터스 네트워크 환경에서는 유선 뿐만 아니라 전파를 이용한 무선 환경 하에서 기기들의 네트워크 구성이 보다 중요한 의미를 지니게 된다.

미래의 유비쿼터스 환경에서는 기존의 데이터 전송을 위한 네트워크 중심에서 음성과 영상을 포함하는 멀티미디어 전송을 기본적으로 제공하기 위한 네트워크의 고속화가 필수적으로 요구되며, 이와 더불어 멀티미디어 전송 고유의 다른 전송 특징인 QoS (Quality-of-Service)을 지원해야 한다.

따라서 미래의 유비쿼터스 환경이 좀 더 자유롭고 다양화되기 위해서는 액세스망의 무선화와 고

※ 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크원천기술개발사업의 지원에 의한 것입니다.

속화가 필수적으로 요구된다. 그러므로 유비쿼터스 네트워크 환경은 초고속의 유선 액세스망을 기반으로 하여 무선 통신의 고속화가 필연적으로 요구된다.

이러한 요구조건들을 만족하는 개인을 중심으로 하는 유비쿼터스 네트워크 환경을 uPAN(ubiquitous Personal Area Network)이라 할 때, uPAN은 그 포괄 범위와 이동성에 따라서 무선 센서 네트워크¹⁾, 근거리 무선랜 (WLAN: Wireless Local Area Network), 무선 개인 영역 네트워크 (WPAN: Wireless Personal Area Network) 등으로 나눌 수 있다.

uPAN(ubiquitous Personal Area Network) 기술은 개인 중심의 작은 주변 장치들을 무선으로 연결하기 위한 것으로, 사람, 컴퓨터 그리고 사물들을 네트워크로 연결하는 유비쿼터스 환경을 구축하기 위한 유선뿐 만 아니라 무선 네트워크가 반드시 필요로 되는데, 이를 위한 무선 네트워크 기술을 uPAN이라 한다.

시간과 공간의 제약 없는 네트워크 환경의 구현을 목표로 하는 미래의 유비쿼터스 네트워크 환경을

을 실현하기 위한 기반을 마련하기 위해서는 액세스 망의 고속화와 무선화에 대한 기술 개발이 필수적이다. 여기에서는 uPAN(Ubiquitous Personal Area Network) 기술의 근간이 될 수 있는 WPAN 기술의 표준화와 향후 표준화 방향, 초고속 근거리 무선 네트워크 기술 개발 현황, 향후 기술 개발 방향에 대하여 기술한다.

2. 무선 개인영역 네트워크 표준화 동향

무선 개인 영역 네트워크(WPAN)은 10m 이내의 근거리에서 컴퓨터나 휴대폰과 같은 서버와 주변기기, 이동단말기, 가전제품 등을 무선 네트워크로 연결하여 기기 간 양방향통신을 이루어 다양한 응용을 지원하는 기술이다.

무선 개인 영역 네트워크에 대한 표준화는 Bluetooth SIG의 주도로 이루어진 표준화를 IEEE에서 처음에는 IEEE 802.15로, 이후 IEEE 802.15.1에 블루투스²⁾를 표준화하였으며, 이후 WiMedia, Zigbee가 각각 IEEE 802.15.3, IEEE 802.15.4로 표준화가 완료되었으며, 표 1은 현재까지 IEEE에서

〈표 1〉 현재까지 IEEE에서 표준화된 무선 개인영역 네트워크 기술

	ZigBee	Bluetooth 1.1	WiMedia
반송주파수 (Hz)	868/915M, 2.4G	2.4G	2.4G
최대 전송속도 (bps)	20k~250k	723.2k	55M
최대 도달거리 (m)	10~75	100 (class 1) 10 (class 3)	10
관련 IEEE 규격 및 표준화 주도 기관	IEEE 802.15.4 ZigBee Alliance	IEEE 802.15.1 Bluetooth SIG	IEEE 802.15.3 WiMedia

1) 센서네트워크만을 위한 무선 통신 기술이 별도로 개발되고 있지는 않지만, 센서 네트워크 인터페이스를 위한 무선 통신 기술의 표준화를 위하여 IEEE에서는 무선 센서 워킹 그룹(Wireless Sensor Working Group)에서 센서 네트워크 인터페이스 표준화를 위한 규격으로 IEEE P1451.1을 개발하고 있는 실정이며, 이에 대한 성과로서 IEEE P1451.1 드래프트 표준안이 나와 있으며, 이를 위한 기술로 ZigBee, Bluetooth, WLAN이 제안되어 있다.

Current IEEE 802.15 Working Group activities are listed below:

TG3a	TG3b	TG3c	TG4a
Task Group 3a - WPAN Alt High Rate PHY	Task Group 3b - WPAN 15.3 Maintenance	Task Group 3c - mmWave	Task Group 4a - WPAN Alt Low Rate PHY
TG4b	TG5	SCwng	PC
Task Group 4b - WPAN 15.4 Revisions and Enhancements	Task Group 5 - WPAN Mesh Networking	Standing Committee wng Wireless Next Generation	Publicity Committee

〈그림 1〉 현재의 무선 개인영역 네트워크 표준화 활동

표준화된 무선 영역 네트워크를 위한 기술들을 비교분석한 것이다.

〈그림 1〉은 IEEE의 802.15 워킹 그룹(Working Group)에서 현재 진행되고 있는 표준화 기술을 나타내고 있다.

위에서는 현재 표준화가 완료된 Bluetooth (IEEE 802.15.1), WiMedia(IEEE 802.15.3), ZigBee(IEEE 802.15.4), 초고속 무선 통신 기술로 표준화가 활발히 진행되고 있는 UWB(Ultra-Wide Band) 기술, 그리고 이외에 현재 진행되고 있는 표준화 활동에 대하여 기술한다.

1) Bluetooth

Bluetooth 기술은 에릭슨의 이동통신그룹에서 휴대폰과 주변기기 사이의 소비 전력이 적고 가격이 싼 무선(Radio) 인터페이스를 연구하기 시작하면서 비롯된 기술로써 다양한 전자 기기들 간의 근거리 무선 연결 및 통신을 가능케 한다. 기술적

인 측면에서 살펴보면, Bluetooth는 10m 반경 내에서 점대점(Point-to-Point) 및 점대다(Point-to-Multipoint) 음성 및 데이터 전송을 위해 RF(Radio Frequency) 신호를 사용한다. 두 개 이상의 Bluetooth 기기들이 ad-hoc 방식의 무선으로 연결되었을 경우에 피코넷(Piconet)을 형성하게 된다. 각 피코넷은 최대 7개의 서로 다른 기기를 포함할 수 있으며, 여러 개의 피코넷은 스캐터넷(Scatternet)으로 연결될 수 있다. 이러한 피코넷 간의 링크 연결 능력으로 인해 Bluetooth 기기들은 연속적으로 연결된 피코넷을 통해 보다 큰 근거리 무선 네트워크 및 범지구적인 인터넷의 연결을 가능케 한다. Bluetooth는 휴대전화나 노트북 PC, 디지털 카메라나 프린터, AV 기기 등의 포터블 정보기기 사이를 무선 접속하는 것을 목적으로 한 무선 통신기술로서 무선 랜과 마찬가지로 2.4GHz대 ISM 밴드를 이용한다. Bluetooth의 표준화는 Bluetooth SIG(Special Interest Group)

을 중심으로 표준화가 진행되고 있으며, 표준화는 물리계층에서 응용계층까지 규정한다는 점에서 IEEE에서 진행하고 있는 표준화 규격과의 차이가 있다.

IEEE에서는 Bluetooth 1.1을 기반으로 2002년 6월에 802.15.1의 표준화를 완료하였으며, 2003년 8월에 2.4GHz ISM 밴드를 사용하는 무선 랜과의 상호 공존하는 방안에 대한 표준으로 IEEE 802.15.2를 제정하였다. 또한 Bluetooth SIG(Special Interest Group)에서는 Bluetooth 1.1의 문제점으로 지적되었던 느린 연결과 2.4GHz 대역을 사용하는 다른 기기와의 간섭을 개선한 Bluetooth v1.2를 2003년 11월에 표준화하였으며, D8PSK 모듈레이션 방식을 추가하여 최대 전송 속도를 3Mbps까지 향상시킨 Bluetooth v2.0+EDR을 2004년 11월에 표준화하였다.

또한, Bluetooth SIG에서는 저소비전력과 긴 통신 거리의 특징을 갖는 센서 네트워크 인터페이스를 위한 대안 기술 개발을 2006년까지, UWB 기술과의 통합에 대한 기술 개발을 2008년까지 완료하는 것을 목표로 표준화를 진행하고 있다.

2) WiMedia

WiMedia 기술은 Bluetooth의 낮은 데이터 전송 속도로 인한 한계를 극복하여 멀티미디어 데이터의 무선 전송을 위한 고속 데이터를 전송하기 위해 개발된 기술이다. WiMedia는 고속의 WPAN 기술로서 기술적 특징으로서 50m 전송거리에 최대 55Mbps의 전송속도를 가지며, 일대일(peer-to-peer) 연결을 통한 ad-hoc 네트워크를, 네트워크 구성 디바이스들의 동적 토폴로지 구성을 지원하여 스트림의 QoS 보장을 위하여 TDMA를 지원한다.

WiMedia 기술은 WiMedia Alliance를 중심으로 표준화가 진행되고 있다.

WiMedia 기술은 IEEE에서 HR-WPAN(High-Rate Wireless Personal Area Network) 기술로써 IEEE 802.15.3으로 2003년 9월에 표준화가 완료되었다.

또한, WiMedia에서는 USB-IF에서 입증된 USB의 무선화를 위한 기술로써 WUSB v1.0을 표준화하였으며, 2.4에서 기술되는 주요 UWB 기술 중의 하나인 멀티밴드 OFDM 기술의 표준화를 진행하고 MBOA(Multi-Band OFDM Alliance)와 통합하여 초고속 근거리 네트워크 기술에 대한 표준화를 진행하고 있다.

3) ZigBee

ZigBee 기술은 Bluetooth 보다 낮은 데이터 전송 속도와 저소비전력, 낮은 가격의 특성을 가지며 홈 오토메이션에서 가전 제어 및 홈 시큐리티 등을 목적으로 하는 근거리 무선 통신 기술이다. ZigBee는 저속의 WPAN 기술로서 HomeRF에서 파생된 기술로써 기술적 특징은 데이터 전송속도는 20~250kbps이며, 듀얼 PHY 형태로 모뎀방식은 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum), MAC(Media Access Control Address)은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 사용하며, 현대의 베이스 노드에 최대 65535개의 노드를 접속할 수 있다. ZigBee 기술은 ZigBee Alliance를 중심으로 표준화가 진행되고 있다.

ZigBee 기술은 IEEE에서 LR-WPAN(Low-Rate Wireless Personal Area Network) 기술로써 IEEE 802.15.4로 2003년 10월에 표준화되었다.

또한 IEEE에서는 워킹그룹 TG4b를 구성하여 표준화가 완료된 IEEE 802.15.4에 대한 보호한 표현의 명확화, 불필요한 복잡성의 제거, 보안 키 사용에서의 유연성 확보, 새롭게 사용할 수 있는 주파수 대역에 대한 고려와 같은 기존 규격의 개선과 명확화를 위한 표준화를 진행하고 있다.

4) UWB

UWB 기술은 매우 오래된 역사를 가지고 있는 기술로서 인터셉과 검파 확률이 낮은 장비, 비행체 등에 대한 충돌 방지 장비, 비행기와 다른 항공 시설에서 지상으로부터의 고도를 측정하는 고도계, 위치 추적 등의 특별히 안전한 통신이 요구되는 중요한 국방 기술로 사용되었다. UWB 기술은 1990년대에 이르러 상용 통신 시스템에 적용하여 사용할 수 있도록 하기 위한 여러 노력이 시도되었으며, 그 결과 2002년 2월 FCC로부터 3.1GHz부터 10.6GHz까지의 7.5GHz의 대역폭이 허가되면서 많은 기관들에서 UWB 기술을 상용 시스템에 적용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이러한 UWB 기술은 실제로 신호의 대역폭은 중심 주파수의 20%이상 점유하여야 하고 이 대역 전

파는 -41.25dBm/MHz를 넘지 않아야 한다. UWB 기술이 가지는 장점은 간섭을 일으킬 확률이 매우 낮다는 것이다. 그리고 매우 낮은 감지 확률로 인하여 신호 레벨이 데이터의 안정성이 보장되며 저전력을 소모한다는 것도 매우 큰 장점이다. 무엇보다도 UWB가 uPAN을 구현하기 위한 초고속 무선 근거리 네트워크 기술로 적합한 이유는 넓은 대역폭을 사용하므로 다중 페이딩 문제에 매우 강한 특징이 있다는 점이다.

IEEE 802.15의 워킹 그룹 TG3a에서 초고속 근거리 무선 통신 기술로서 컴퓨터와 주변기기와의 초고속 데이터 전송과 디지털 TV와 DVD 플레이어의 무선 화상 전송, 셋톱박스와 홈시어터간의 고휘상, 고음질의 무선 전송 등과 같은, 멀티미디어의 실시간 전송에의 응용을 목적으로 IEEE 802.15의 워킹 그룹 TG3a에서는 IEEE 802.15.3의 표준에서 지원되는 데이터 전송 속도를 위한 물리계층의 대안으로써 UWB 기술 기반의 표준화를 진행하였으나 MB-OFDM 진영과 DS-UWB 진영의 대립으로 표준화가 지연되고 있다. <표 3>은 현재 IEEE 802.15.3a로 표준화로 채택될 가능성이 있는 2가지 기술을 비교한 것이다.

IEEE 802.15.3a의 표준을 위한 기술로서 MB-

<표 2> 주요 UWB 규격 비교

	MB-OFDM	DS-CDMA
주파수 운용 방식	14개(대역폭 : 528MHz) - 3개 (Mandatory) : 3168-4752MHz - 11개 (Optional) : 6072-8184MHz	2개(대역폭 : 2GHz, 4.8 GHz) - single band : 3.1-5.15GHz - dual band : 3.1-5.15GHz, 5.825-6.6GHz
변조방식	OFDM(128FFT)/QPSK	CDMA(M-BOK)/PSK
Multiple Access	Time/Freq. - Hopping	4 CDMA code set
Piconet 수	가능	4개 (8 user/piconet)
회로 복잡도	FFT/IFFT 구조	Rake receiver 구조
Location 인식	Cm 단위의 resolution	Cm 단위의 resolution

OFDM을 제안한 MBOA는 수차례의 표준화를 투표에도 불구하고 표준화가 지연됨에 따라 USB-IF로부터 입증된 무선 USB에 대한 규격을 가지고 있으며 대안의 무선 USB 기술을 모색하고 있던 WiMedia와 조지를 통합하여 표준화를 추진하고 있다.

IEEE 802.15에서는 초고속 근거리 무선 통신 기술로써 UWB 기술 기반의 표준화와 더불어 <그림 1>에서 보여진 것과 같이 현재 표준화가 지연되고 있는 TG3a가 지원하는 데이터 전송 속도 이상을 지원하는 기술에 대한 표준화를 위하여 워킹 그룹 TG4c를 결성하여 24GHz와 60GHz의 주파수 대역을 사용하는 밀리미터 기술 기반(mmWave)의 표준화를 진행하고 있으며, 또한 워킹 그룹 TG4b를 결성하여 표준화가 진행되고 있는 UWB 기술과 mmWave 기술의 물리계층을 지원하는 MAC의 성능 개선에 중점을 두어 표준화를 진행하고 있다.

IEEE 802.15에서는 위에서 언급한 표준화가 완료된 기술 이외에도 WPAN과 무면허 대역인 2.4GHz의 주파수 대역을 사용하는 다른 무선기기와의 공존을 위한 규격으로 IEEE 802.15.2를 2003년 8월에 표준화하였다.

현재 IEEE 802.15를 통하여 표준화가 진행되고 있는 기술로는 위에서 언급한 TG4b, TG3a, TG3b, TG3c외에도 <그림 1>에 보여진 것과 같이

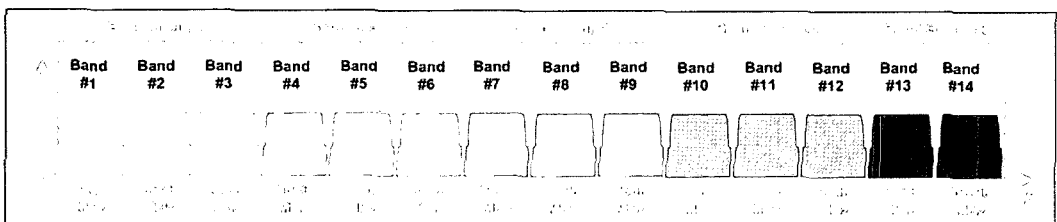
4개의 워킹 그룹을 결성하여 표준화 및 표준화 기술에 대한 논의를 진행하고 있다. 워킹 그룹 TG4a는 IEEE 802.15.4의 대안의 물리계층 기술로써 UWB 기술 기반의 표준화를, 워킹 그룹 TG5는 근거리 무선 통신에 대한 메쉬 네트워킹에 대한 표준화를, 워킹 그룹 SCwng는 차세대 무선 근거리 통신 기술에 대한 논의를, 워킹 그룹 PC는 여러 가지 근거리 무선 통신 기술에 대한 선전을 위한 활동을 진행하고 있다.

3. 무선 초고속 근거리 네트워크 기술 개발 현황

본 장에서는 uPAN을 위한 초고속 근거리 무선 통신 기술의 대안으로 제시될 수 있는 WiMedia가 표준화를 진행하고 있는 MB-OFDM 방식의 UWB 기술 기반의 물리계층을 기반으로 하는 기술 개발의 현황을 기술한다.

1) WiMedia MB-OFDM 개요

WiMedia가 표준화를 진행하고 있는 MB-OFDM 방식의 UWB 기술은 2002년 2월에 FCC에 의해 허가된 3.1GHz부터 10.6GHz까지의 전체 7.5GHz의 주파수 대역을 이용하지만, 신호의 대역폭은 중심 주파수의 20% 이상을 점유하고, 이대역에서 전파의 세기는 -41.25dBm/MHz를 넘지 않아야 한다는



<그림 2> WiMedia MB-OFDM 기술의 밴드 플랜

제한을 유지함으로써 다른 무선기기와의 간섭을 일으킬 확률이 매우 낮으며 저전력을 소비한다는 장점을 갖는다.

WiMedia의 MB-OFDM 방식의 UWB 기술은 <그림 2>에 보여진 것과 같이 전체 7.5GHz의 주파수 대역을 528MHz의 대역폭을 갖는 14개 밴드로 나누어 4개의 밴드를 밴드 그룹(마지막 밴드 그룹은 2개의 밴드로 구성)으로 하여 첫 번째 밴드 그룹에 대해서는 기본 구현을, 나머지 밴드 그룹에 대해서는 선택적 구현으로 표준화하였다.

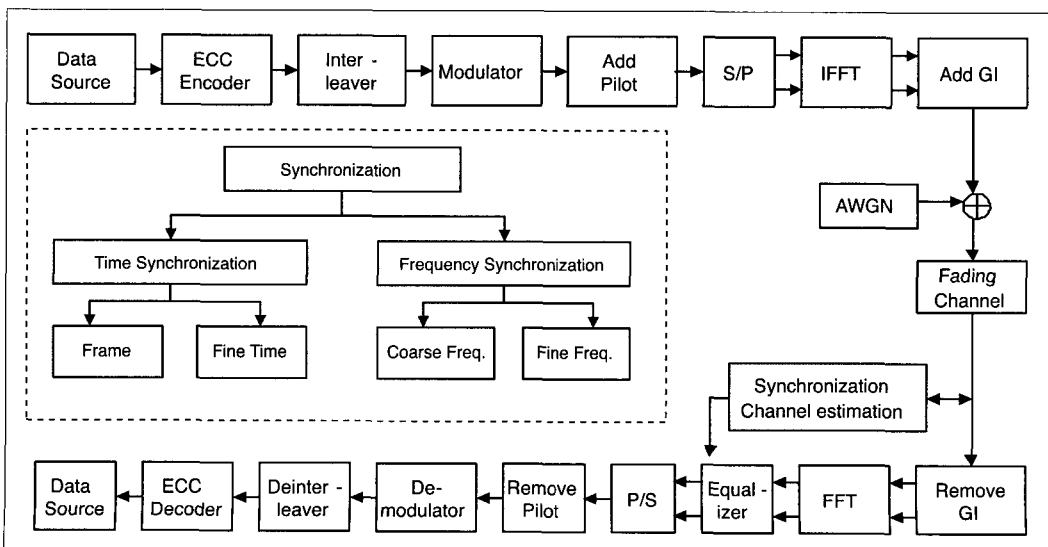
데이터 전송 속도는 10m 거리에서는 110Mbps를 지원하며 4m 거리에서는 200Mbps를 지원하며, 그 이하의 거리에서는 480Mbps라는 초고속 근거리 무선 네트워킹이 가능함으로써 사무실이나 가정 내에서 컴퓨터나 영상 가전과 주변기기 사이의 초고속 근거리 네트워크를 가능하게 함으로써 대용량의 데이터 전송이나 (실시간) 멀티미디어 전송 등의 다양한 응용분야를 갖는 기술이다.

2) WiMedia MB-OFDM Modem 기술 개발

WiMedia의 MB-OFDM 모뎀의 기저대역은 <그림 3>에 나타난 바와 같이 Scrambler/Descrambler, Convolutional Encoder/Viterbi Decoder, Interleaver/ Deinterleaver, OFDM Modulator/Demodulator로 구성되며, 송수신 신호의 시간과 주파수 영역에서의 인터리빙은 RF부에서 반송파 합성기(Frequency Synthesizer)를 통해서 수행된다.

표 3은 위에서 기술한 밴드 플랜을 기반으로 WiMedia에서 표준화한 MB-OFDM 방식의 물리계층 사양을 나타내고 있다.

MB-OFDM 방식의 성능을 확인하기 위해서 채널 모델로서 IEEE 802.15.SG3a 채널 분과 위원회에서 제안된 채널 모델인 경로 손실(pass loss) 모델과 다중 채널 모델(multipath)을 MB-OFDM 물리계층에 적용할 수 있도록 구현하였으며, 제안된 UWB 채널과 거의 일치하는 채널 시뮬레이터를 구성하였다.



<그림 3> WiMedia MB-OFDM 모뎀의 블록도

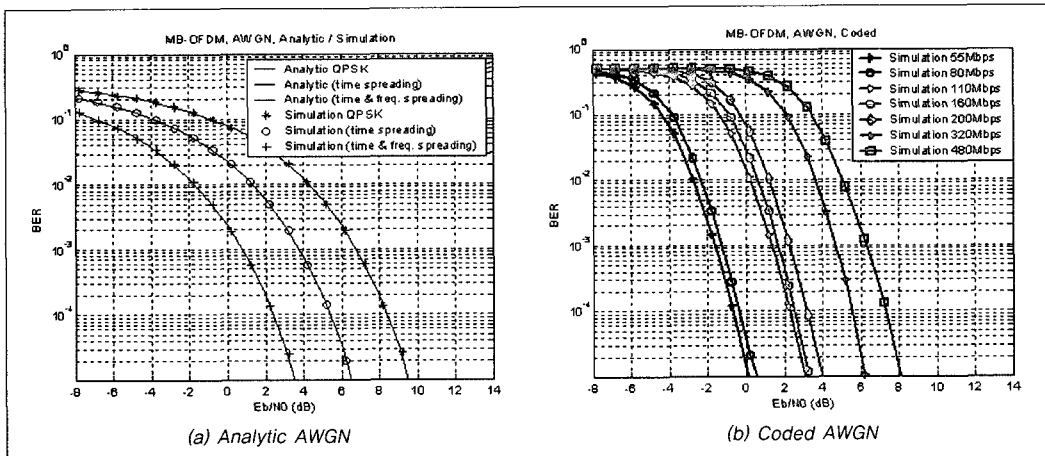
〈표 3〉 WiMedia MB-OFDM 물리계층 사양

Parameters	Value
System bandwidth, BW	528 MHz
Number of data subcarriers, N_{SD}	100
Number of defined pilot carriers, N_{SDP}	12
Number of guard carriers, N_{SG}	10
Number of virtual carriers, N_{SVC}	6
Number of total subcarriers used, N_{ST}	122 (= $N_{SD}+N_{SDP}+N_{SG}$)
Size of FFT/IFFT, N_{FFT}	128
Subcarrier frequency spacing, Δ_f	4.125 MHz (= 528 MHz/128)
Sampling period, T_s	1.89 ns (1/BW)
IFFT/FFT period, T_{FFT}	242.42 ns (1/ Δ_f)
Zero padded prefix duration, T_{ZP}	60.61 ns (= $32 \times T_s$)
Guard interval duration, T_{GI}	9.47 ns (= $5 \times T_s$)
Symbol interval, T_{SYM}	312.5 ns ($T_{ZP}+T_{FFT}+T_{GI}$)
Modulation	QPSK
FEC	Convolutional code(punctured code)

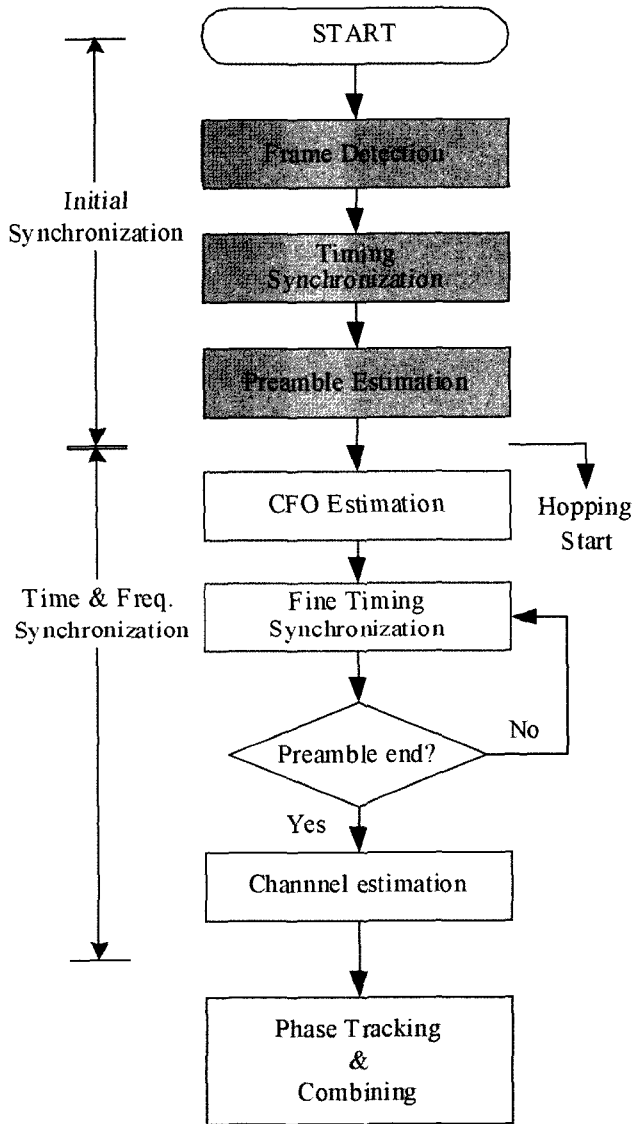
모델링된 UWB 채널을 이용하여 MB-OFDM 방식의 밴드 그룹 1에 대하여 모의 실험을 수행하였다. 100개의 채널들 간에 평균적인 성능을 얻기 위하여 log-normal shadowing을 제거하고 수신단에서 통과한 채널을 이미 알고 있는 상황에서 각 채널

별에 대한 평균 BER을 구하였다. 〈그림 4〉는 개발된 채널 시뮬레이터를 이용한 모의실험을 통하여 Analytic 성능 및 채널 상황에서 MB-OFDM 방식의 성능을 분석한 결과이다.

MB-OFDM은 프리앰블을 시작으로 하여 송신단



〈그림 4〉 MB-OFDM의 AWGN 성능



<그림 5> 동기화 흐름도

에서 프레임이 전송되며, 수신단에서는 이를 이용하여 프레임의 시간 동기 및 주파수 동기를 얻을 수 있어야 한다. <그림 10>은 동기화 흐름도를 나타낸다. MB-OFDM의 동기화 과정은 처음 대역마다 반

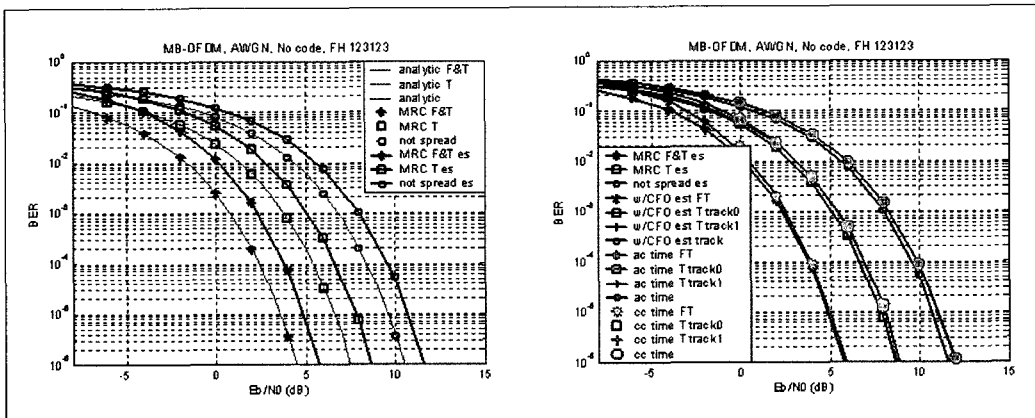
복적으로 전송되는 프리앰블을 이용하여 프레임의 시작 위치를 검출(Frame Detection)한 후 시간동기(Timing Synchronization)와 프리앰블의 종류를 추정(Preamble Estimation)하고, 정해진 주파수

대역별 호핑을 시작한다. 이후 각각의 대역별로 전송되는 프리앰블을 이용하여 주파수 오프셋 추정(Carrier Frequency Offset Estimation)을 수행하고 보다 정확한 호핑 시점을 위한 타이밍 동기(Fine Timing Synchronization)를 맞추는 과정으로 이루어진다. 시간 및 주파수 동기가 이루어진 다음에는 채널추정 프리앰블을 이용하여 대역별 채널을 추정한다. 데이터가 전송되는 중에 잔류 주파수 오프셋에 따른 위상 추적은 매 OFDM 심볼마다 중간에 심어 있는 파일럿 부반송파를 이용하여 이루어진다. 매 프레임마다 프리앰블을 시작으로 하기 때문에 시간 동기 및 주파수 동기를 수행할 수 있고, 채널 추정 또한 갱신할 수 있다. 신호 보상 기법으로 데이터 전송 시 채널 추정 이후 채널 보상과 주파수 추적이 있어서 시간영역의 반복(Time Spreading)과 시간·주파수 영역의 반복(Time Frequency Spreading)으로 인한 대역간 다양성을 combining에 의한 방법으로 채널 보상과 주파수 추적을 수행함으로 성능 향상을 얻을 수 있다.

WiMedia의 MB-OFDM 동기화 성능을 분석하기

위하여 모델링된 UWB 채널을 이용하여 MB-OFDM 방식의 밴드 그룹에 대하여 모의 실험하였다. 100개의 채널들 간에 평균적인 성능을 얻기 위하여 log-normal shadowing을 제거하였다. 그리고 타이밍 성능을 확인하기 위하여 NLOS의 환경에서 첫 번째 클러스터의 지연을 제거하였다. 송수신단의 주파수 반송파 합성기는 하나의 발진기를 사용하며, 이를 통해서 송신단에서 각 대역으로 전송할 경우 대역별 반송파 주파수 오프셋은 동일하며, 수신단에서도 하나의 발진과 RF부를 통해 대역별 전환에 의한 수신을 가정하였다. <그림 5>는 MB-OFDM 방식의 AWGN에서의 동기화 성능을 보여주고 있다.

채널 시뮬레이션과 동기화 기법을 통하여 성능을 확인한 후 실리콘으로 구현하기 위하여 <그림 3>에 보여진 MB-OFDM 방식의 모델의 기능 블록을 설계하여 모의실험을 수행하고 FPGA로 검증하였으며, MB-OFDM 방식의 모델 전체를 설계하여 FPGA 구현을 완료하였으며, 데이터 전송 속도를 1Gbps까지 높일 수 있는 방안으로 MIMO(Multiple-

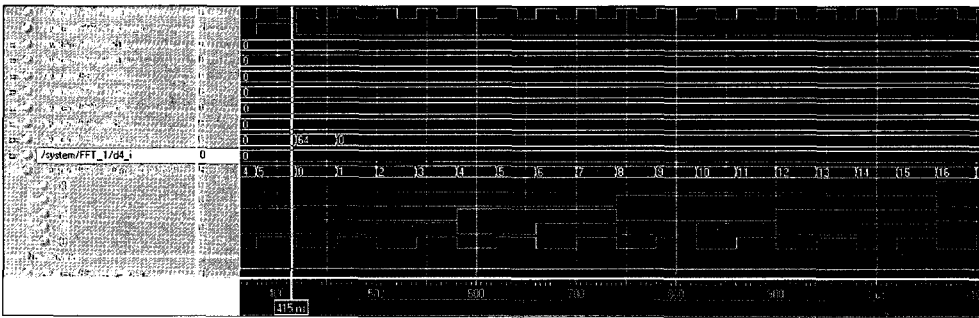


<그림 6> MB-OFDM 방식의 AWGN에서 동기화 성능

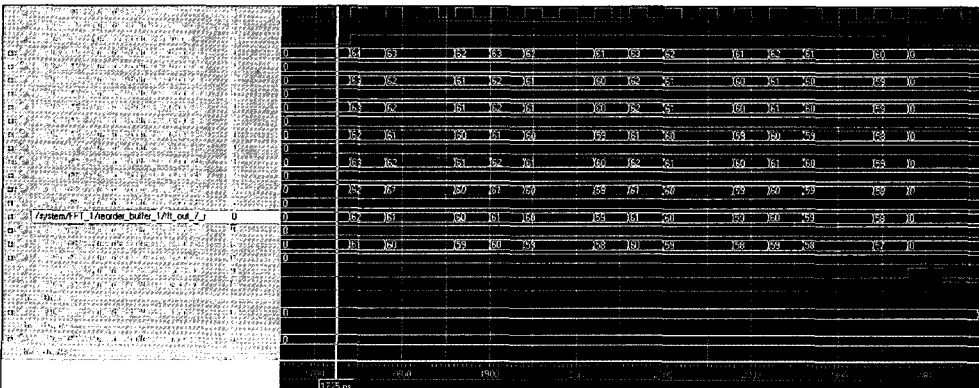
Input Multiple-Output) 기반의 SDM(Space Division Multiplexing)-OFDM MIMO와 STDC(Space-Time Differential Coding) MIMO에 대하여 연구를 진행하고 있다. 설계된 MB-OFDM 방식의 모뎀을 실리콘으로 구현하기 위하여 물리계층을 구현할 수 있는 최저가의 기술인 0.13um 공정 기술을 가정하였다. 이러한 과정은 기능 블록이 동작하기 위한 최대의 클럭 속도는 ADC의 샘플링 클럭인 528MHz의 2분주인 264MHz로 제한시킨다.

모뎀에 대한 기능 블록의 대한 개발은 MB-OFDM 방식에서 회로 복잡도가 가장 높은 FFT/IFFT에 대한 설계와 모의실험에 대해서만 간

략히 기술하였다. MB-OFDM 방식의 모뎀은 128개의 부반송파를 갖는 OFDM 방식으로 128-point FFT/IFFT를 사용하여 QAM 신호를 다중화하여 송신하고 수신한다. 이러한 규격을 지원하기 위해서 FFT/IFFT 기능 블록은 파이프라인 구조를 갖는 R2MDC(Radix-2 Multipath Delay Commutator) 방식과 2-way parallel radix-2 butterfly를 사용한 병렬 파이프라인 구조의 FFT를 사용하였다. Radix-2 FFT는 radix-4 FFT에 비해서 butterfly의 critical path delay가 작고, controller가 간단하여 초고속 데이터 처리를 필요한 시스템의 FFT에 적합하다. 설계된 FFT는 R2MDC FFT 2개를 사용하여 데이터 입력 클럭이 132MHz에서도 동작할 수



〈그림 7〉 FFT 입력 sequence



〈그림 8〉 DC 입력에 대한 FFT 출력 (Reorder buffer 내부 신호)

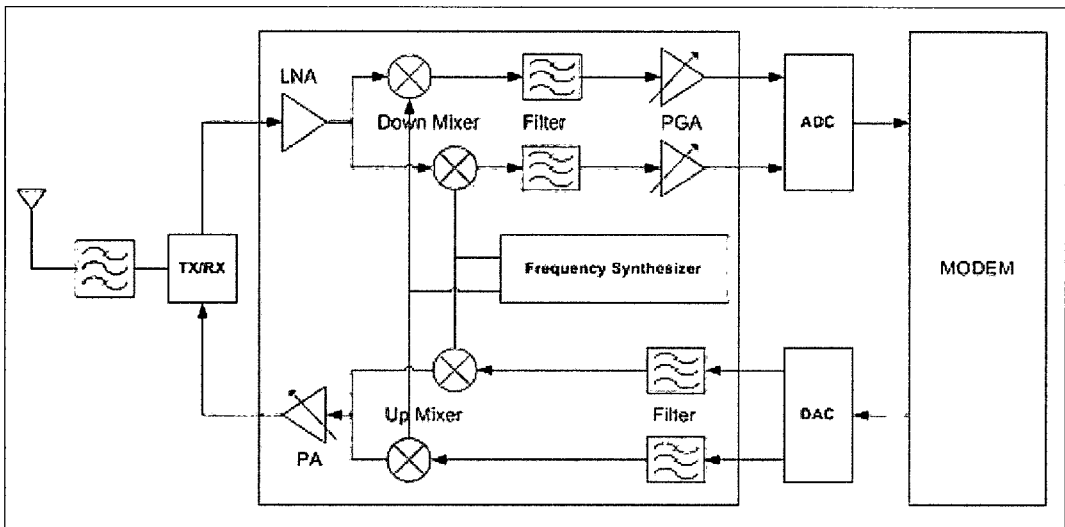
있도록 구성되었으며, twiddle factor는 각각의 butterfly unit이 독립된 ROM에 저장된 계수를 사용하였으며, MB-OFDM 방식은 half-duplex 전송을 수행하므로 송신 IFFT와 수신 FFT의 공유가 가능하며 IFFT와 FFT는 twiddle factor의 부호 변환만으로 기능 변환이 이루어진다. <그림 6>은 FFT 입력 파형에 대한 시뮬레이션 결과이다. 입력 데이터는 132MHz 데이터 클럭에 동기가 맞은 상태로 d1_r, d1_i, d2_r, d2_i, d3_r, d3_i, d4_r, d4_i의 8개의 8bit 입력 (4개의 8비트 복소 입력) port로 이루어진다. 유효한 입력 데이터가 입력되기 한 사이클 전에 sync_in 신호가 한 사이클 동안 high상태로 유지됨으로 유효한 입력 데이터가 들어오는 것을 알게 한다. <그림 6>은 3번 부반송파에 real 64, imaginary 0의 값이 들어올 경우의 시뮬레이션 결과이다. <그림 7>은 DC 입력을 FFT 모듈에 인가하고 processing이 끝난 후 출력 단 reorder buffer 내부의 값을 display한 모의실험 결과이다. FFT 입력은

0 번 시간 영역 시퀀스에 real 64, imaginary 0의 값을 인가한 경우이며 모의실험 결과 모든 부반송파에서 거의 동일한 레벨이 출력됨을 확인할 수 있다.

2) WiMedia MB-OFDM RF 기술 개발

WiMedia의 MB-OFDM 방식의 UWB 기술은 그림 2에 보여진 것과 같이 전체 7.5GHz의 주파수 대역을 528MHz의 대역폭을 갖는 14개 밴드로 나누어 4개의 밴드를 밴드 그룹(마지막 밴드 그룹은 2개의 밴드로 구성)으로 하여 첫 번째 밴드 그룹에 대해서는 기본 구현을, 나머지 밴드 그룹에 대해서는 선택적 구현으로 표준화하였다.

그림 2의 WiMedia MB-OFDM 기술의 밴드 플랜과 표 3의 WiMedia MB-OFDM의 물리계층의 사양으로부터 보여진 것과 같이 WiMedia MB-OFDM의 RF는 광대역이기 때문에 일반적으로 널리 사용된 RF 구조들 중에서 사용할 수 있는 RF의 구조는 직접변환방식의 송수신 구조를 사용할 수



<그림 9> 직접변환방식의 RF 송수신기 구조

〈표 4〉 직접변환방식의 RF 송수신기 규격

	Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	
송신단	Cascade Output Impedance			50		ohm	
	Cascade Output VSWR				2.5:1		
	Gain Stability				+/- 0.2	dB	
	I/Q Modulator						
	I/Q Gain Mismatch		-0.15		+0.15	dB	
	I/Q Phase Mismatch		-0.75		+0.75	Deg.	
	AGC Gain Slope		29			DB/V	
	AGC Gain Slope Linearity		-1		+1	dB	
	AGC Voltage Range		0.2		2.5	V	
	Dynamic Range		40(TBD)			dB	
	Carrier Leakage				-30	dB	
	RF Output Power				-10	dBm	
	Transmit Spectrum Mask	@285Mhz offset			-12		dBr
		@300MHz offset			-20		dBr
Phase Noise Mask					TBC		
RMS Phase Deviation					13	dBc	
수신단	Cascade Noise Figure	Ta=+25 Deg			6.6	dB	
	Cascade Input Impedance			50		ohm	
	Cascade input VSWR				2.5:1		
	Gain Stability				+/- 0.2	dB	
	Input Power		-61		-21	dBm	
	Gain Dynamic range		40(TBD)			dB	
	Gain Control Voltage Range		0.4		2.4	V	
	Gain Control Input Impedance		150	200		ohm	
	I/Q Demodulator						
	I/Q Gain Mismatch				1	dB	
	I/Q Phase Mismatch				2	Deg.	
	Carrier Suppression		-30			dBc	
	Switching time					9.0	ns

밖에 없는 실정이다.

그림 6은 본 연구에서 채택한 직접변환 방식의 RF 구조를 나타내고 있다. 직접변환방식의 RF는 RF 신호를 안테나를 통해 받은 후 이를 한번에 베이스밴드까지는 내리는 구조이므로 가장 간단하면서도 외부 부품을 최소화하여 칩 내부에 직접화시킬 수 있으며, 또한 고속 데이터 전송에서 저소비 전력의 장점을 가지는데도 불구하고, IQ mismatch와

DC offset 문제 때문에 널리 사용되고 있지 않다. 표 4는 이러한 직접변환방식을 이용한 RF 송수신기의 규격을 나타내고 있다.

직접변환방식의 RF 송수신단에 대한 설계는 표 4에서 나타낸 규격에 대하여 시스템 레벨의 시뮬레이션을 통하여 블록별 규격을 설정한 후 블록별 설계를 진행하고 있다. 여기에서는 설계된 RF 송수신단의 블록 중 PLL과 Up Mixer(상향변환기)와

Down Mixer(하향 변환기)의 설계 결과를 간단히 기술하였다.

Up Mixer(상향 변환기)는 중간 주파수 신호를 로컬 오실레이터 신호와 혼합하여 고주파 신호로 변환하는 역할을 하는 블록으로서 전원전압 1.8V에서 전력 소모는 약 28.8mW이다.

Down Mixer(하향 변환기)는 저잡음 증폭기를 통하여 증폭된 고주파신호를 로컬 오실레이터 신호와 혼합하여 중간 주파수 신호로 변환하며, 하향 변환기에서 요구되는 특성은 선형성, 저잡음 특성과 소비 전력이라 할 수 있다. 하향 변환기의 구현 방법에는 VTT(Variable Transconductance Technique)와 로그-역로그, 펄스 모듈레이션, Quarter-square 방법 등이 있다. 본 연구에서는 VTT 방식으로 가장 널리 알려진 Gilbert-cell을 사용하여 SSB noise figure 7.8dB, IIP3 2.9dBm, input 1-dB compression -7.5dBm, conversion gain 5dB 및 1.8V에서 16.2mW의 소모전력 등의 설계 결과를 얻었다.

VCO는 로컬 오실레이터 신호를 만들어 주기 위한 블록으로서 원하는 발진 주파수는 4224MHz이고 이를 안정적으로 만족시키기 위해서 3.8GHz~4.8GHz 대역에서 2mA 전력 소모를 보이는 VCO를 설계하였고, IQ 신호를 만들어 주기 위한 PPF(Poly Phase Filter)의 경우 3-stage로 설계되어 typical 조건에서 gain mismatch 1% 이내, phase mismatch 1° 이내로 설계되었다.

4. 결론

유비쿼터스 네트워크란 언제 어디서나 누구라도 컴퓨터와 네트워크를 간단하고 편리하며 안전하게 활용할 수 있는 네트워크를 말하며, 이러한 유비쿼

터스 네트워크 환경에서는 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊임없이 정보를 주고 받으며 통신을 가능하게 해 주는 전자공간과 실제 공간의 융합을 의미한다.

이와 같은 유비쿼터스 네트워크 환경에서 모든 종류의 기기들을 기존의 유선 네트워크 기술만을 이용하여 연결된다면, 망 구성의 복잡성 증가 문제 뿐 만 아니라 자유로운 접속의 개념과도 상충되는 문제를 야기하게 된다. 그러므로 기본적으로 유비쿼터스 네트워크 환경에서는 유선뿐 만 아니라 전파를 이용한 무선 환경하에서 기기들의 네트워크 구성이 보다 중요한 의미를 지니게 된다.

미래의 유비쿼터스 환경에서는 기존의 데이터 전송을 위한 네트워크 중심에서 음성과 영상을 포함하는 멀티미디어 전송을 기본적으로 제공하기 위한 네트워크의 고속화가 필수적으로 요구되며, 이를 위한 멀티미디어 전송 고유의 다른 전송 특징인 QoS(Quality-of-Service)를 지원해야 한다.

따라서 미래의 유비쿼터스 환경이 좀 더 자유롭고 다양화되기 위해서는 액세스망의 무선화와 고속화가 필수적으로 요구된다. 그러므로 유비쿼터스 네트워크 환경은 초고속의 유선 액세스망을 기반으로 하여 무선 통신의 고속화와 무선 통신 기술의 저전력화가 필연적으로 요구된다.

본 고에서는 이러한 유비쿼터스 네트환경을 구현하기 위해서 필수적인 uPAN 기술의 근간이 될 수 있는 WPAN 기술을 중심으로 하여 저전력 및 고속화를 위한 무선 통신 기술의 표준화와 향후 표준화 방향, 초고속 근거리 무선 네트워크 기술 개발 현황, 향후 기술 개발 방향에 대하여 기술하였다.

● 참고 문헌 ●

- [1] 사카무라 켄, 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명, 동방미디어, 2002년.
- [2] M. Weiser, "Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing," Communications of the ACM, vol. 36, no. 7, pp.75-84, July 1993.
- [3] 송형규, 박현진, "유비쿼터스 무선 네트워크 구성 기술, 전자공학회지 제 30권 제 11 호, pp. 68~78, 2003.
- [4] <http://grouper.ieee.org/groups/1451/5>
- [5] <http://grouper.ieee.org/802/15>
- [6] <http://www.bluetooth.org>
- [7] Bluetooth SIG, "Specifications for the Bluetooth System", version 1.1, Feb. 2001
- [8] Bluetooth SIG, "Specifications for the Bluetooth System", version 1.2, Nov. 2003
- [9] Bluetooth SIG, "Specifications for the Bluetooth System", version 2.0+EDR, Nov. 2004
- [10] IEEE 802.15.3, "Part 15.3: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPANs)," Sept. 2002.
- [11] IEEE 802.15.4, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)," Oct. 2003.
- [12] <http://www.wimedia.org>
- [13] WiMedia Alliance, "Wireless Universal Serial Bus Specification" Revision 1.0, May 2005.
- [13] <http://www.usb.org>
- [14] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG3a.html>
- [15] IEEE 802.15.2, "Part 15.2: Coexistence of Wireless Personal Area Networks with Other Wireless Devices Operating in Unlicensed Frequency Bands", Aug. 2003.
- [16] MBOA, Physical Layer Technical Specification, version 0.9, June 2004.
- [17] Jeff Foerster, Channel Modeling Sub-committee Report, IEEE P802.15-02/490r1-SG3a, Feb. 2003
- [18] John Terry and Juha heiskala, OFDM Wireless LANs: A Theoretical and Practical Guide, SAMS, 2002.
- [19] K. Taura, M. Tsujishta, M. Takeda, H. Kato, M. Ishida, "A digital Audio broadcasting (DAB) receiver," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 42, no. 3, pp. 322-326, Aug. 1996.
- [20] T. Pollet, M. V. Bladel, and M. Moeneclaey, "BER sensitivity of OFDM systems to carrier frequency offset and Wiener phase noise," IEEE trans. Commun., vol. 43, no. 2/3/4, pp. 191-193, Feb./Mar./Apr. 1995.
- [21] 박경원, 석원균, 김동한, 조용수, "MB-OFDM 기술 및 동기화 기법," Telecommunication Review, 14권 2호, pp. 202-215, 2004.
- [22] Chien-Ching Lin; Chia-Cho Wu; Chen-Yi Lee, "A low power and high speed Viterbi decoder chip for WLAN applications", Conf. on European Solid-State Circuits 2003(ESSCIRC '03), 16-18, pp. 723-726, Sept. 2003.
- [23] M. Boo, F. Arguello, J. D. Bruguera, R. Doallo, E. L. Zapata, "High-performance VLSI architecture for the Viterbi algorithm", IEEE trans. on Communications, vol. 45, no. 2, pp. 168-176, Feb. 1997.
- [24] Guoping Zhang and F. Chen, "Parallel FFT with CORDIC for ultra wide band," The 15th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2004), vol. 2, pp. 1173-1177, Sept. 2004.
- [25] Shousheng He and M. Torkelson, "A new approach to pipeline FFT processor", The 10th International Proc. of Parallel Processing Symposium (IPPS '96), pp. 766-770, Apr. 1996.
- [27] MBOA MAC-PHY Interface, MAC-PHY sub-group, May 2004.
- [28] 유텔테크놀러지, Scale-free uPAN PHY 및 RF 개발 결과보고서, Feb. 2004.
- [29] 유텔테크놀러지, Scale-free uPAN PHY 및 RF 개발 최종결과보고서, Feb. 2005.

필자소개



박석홍

- 2002년 10월 ~ 현재 : 유텔테크놀로지(주) 무선 SoC 연구소 책임연구원
- 1997년 4월 ~ 2002년 9월 : 한국멘토(주) 책임연구원
- 1996년 2월 ~ 1997년 8월 : 구미 1 대학교 전임강사