

<h1>UWB 기술 및 표준화 동향</h1>	과 경 섭
	인하대학교 정보통신공학부/대학원

I. 개 요

최근 광대역 무선 통신 기술의 급속한 발전과 함께 다양한 첨단 디지털 장비가 일상생활 속에 보편화 되어감에 따라 사람들의 생활 방식에 많은 변화가 일어났다. 특히, 차세대 무선 네트워크의 핵심 기술인 근거리 무선 개인 통신망(WPAN)의 발전은 홈 네트워크 및 유비쿼터스 네트워크의 발전을 이끌며, 가정 내 가전기기, 사무기기 및 각종 정보기기들을 근거리에서 무선 채널을 통해 초고속으로 연결시켜 주고 있다. 이러한 WPAN 기술은 센서 네트워크로 발전하여 실시간 정보를 수집하여 신속하고 효율적인 위기 상황 대응을 위한 정보 전달 기술로 이용되고 있다. 초광 대역(Ultra Wide-Band: UWB) 기술은 WPAN을 위한 기반 기술로서 매우 넓은 광대역의 점유 대역폭을 갖는 무선 통신 기술이다. 기존 협대 시스템이나 CDMA 시스템에 비해 넓은 주파수 대역에 걸쳐 상대적으로 매우 낮은 스펙트럼 전력 밀도를 가지므로 기존의 통신시스템과 양립할 수 있다는 것이 특징이다. 이 UWB 기술은 유비쿼터스 홈 네트워크, 위치 인식, 각종 제어, 신체 관리 모니터링 등과 관련한 WPAN이나 WBAN 기술에 활발하게 응용할 수 있다.

UWB의 기술 기준과 더불어 가장 큰 문제점인 간섭 영향에 대한 문제점 해결을 위하여 DAA(Detect & Avoid) 알고리즘 기반의 개선 연구가 이루어지고 있으며, UWB와 관련하여 다양한 표준안들이 진행되고 있다. 최근의 국제적 주파수 정책적 흐름에 따라 60 GHz의 밀리미터파 기반의 초광대역 무선 접속 시스템을 이용하는 WPAN 기술이 관심을 받고 있

으며, 이는 기존 IEEE 802.15.3a의 UWB 표준안을 기반으로 하여 보다 고속의 데이터 전송을 실현하고자 IEEE 802.15.3c에서 표준화가 진행되고 있다. 또한, IEEE 802.15.6(WBAN)은 단거리 무선 통신 표준이며, 체내 이식 무선 의료 서비스(MICS)용 무선 통신과 몸 근처의 기기간의 통신을 위한 표준화가 진행되고 있다. IEEE 802.15.4의 저속 WPAN 표준화를 기반으로 일본과 중국에서는 IEEE 802.15.4c, IEEE 802.15.4d 그룹을 통해 WPAN 기술을 위한 표준화가 또한 진행 중에 있다.

본 기고서에서는 IEEE 802.15.3a의 UWB와 관련하여 표준화 동향과 기술 특성을 분석한다.

II. IEEE 802.15.3a의 표준화 및 기술 동향¹⁾

2-1 IEEE 802.15.3a의 표준화 동향

UWB 무선 통신 기술은 주어진 방사 전력과 전체 대역의 범위 내에서 채널당 약 500 MHz 이상의 초광대역의 점유 대역폭을 갖는 무선 통신 기술을 일컫는다. UWB 기술은 매우 넓은 주파수 대역 점유라는 특징을 이용하여, 그 동안 IEEE 802.15.3a와 IEEE 802.15.4a에서 각각 고속의 정보 전송을 목적으로 하는 HR(High Rate)-UWB와 정밀한 위치 인식/추적 기능을 지닌 위치 인식 기반의 저속형 LR(Low Rate)-UWB으로 구분되어 표준화가 진행되어 왔었다. HR-UWB의 경우에는 양분화된 기술간의 협의점 도출에 실패하여, 2006년 표준화가 결렬되어 현재 WiMedia Alliance에서 산업체 위주로 보다 개선된 기술의 산업체 표준화를 진행하고 있다. LR-UWB 기술은 표준화가

활발히 진행되어, 2007년도 6월 표준안이 확정되어 공표된 상태이다.

LR-UWB 기술을 이용한 위치 인식은 실내나 음영 지역에서도 위치 인식이 가능하고 비교적 좁은 영역에서 수십 cm 이내에 정밀도의 확보가 가능할 수 있으며, 이러한 위치 인식 서비스는 유비쿼터스 홈, 스마트 태그, 인명 구조 등의 위치 추적 분야, 원격 센서, 위치 인식 등을 기반으로 하는 각종 제어 분야, Body Area Network(BAN), 의료 진단용 및 신체 관리 모니터링, 위치 파악 등을 요구하는 의료 관련 분야에 활발하게 응용될 수 있다.

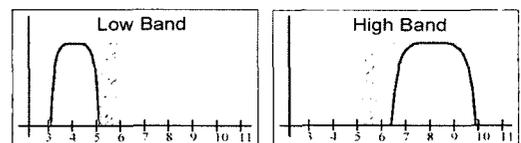
IEEE 802.15.3a(HR-UWB) 표준화는 2002년 IEEE 802.15 TG3a가 결성되어 표준화 초기에는 아날로그 방식의 DS-UWB(Direct Sequence) 방식의 해법을 가지고 있었던 XtremeSpectrum사를 견제하기 위해 결성된 MBOA 진영의 우세가 지속되어 표준화가 지연되었고, 2003년 말에 Freescale사가 전면에서 나서면서 2004년 하반기부터 표준화 양상이 변화하기 시작하였다. 2004년 초반까지 DS-UWB 방식에 비해 우세를 보이던 MB-OFDM(Multiband Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식이 2004년 하반기에 접어들면서, 우세를 지키지 못하고 DS-UWB 방식과 치열한 접전을 벌여 두가지 방식을 모두 표준안으로 채택하자는 의견이 개진되었지만, 계속 우세를 보여 왔던 MBOA 측에서 적극 반대하였기 때문에 좌절되었고, 복수 표준을 채택하고 CSM(Common Signal Mode)를 두자는 의견을 모토롤라 진영에서 강력하게 주장하였으나, 이마저도 양 진영의 현저한 의견 차이 때문에 결렬되었다. 현재는 산업을 중심으로 WiMedia Alliance (MBOA Alliance와 통합)를 결성하여 2005년 12월 자체 규격인 UWB 규격을 ECMA를 통한 표준화를 시작으로, ISO 및 ETSI 프로세스 기반을 마련하고, 2007년 MB-OFDM PHY Draft 2.1 규격을 발표하였으며, 향후 DAA(Detect and Avoid)기술을 포함하는 차세대 규격의 표준화가 현재 진행 중이다.

2-2 IEEE 802.15.3a DS-UWB 기술 동향

Motorola(XtremeSpectrum가 2003년 12월 Motorola 사에 합병)에서 제안한 DS-UWB 시스템은 2개의 대역을 사용하도록 제시되었으며, 운용 모드에 따라 low band 및 high band를 이용한다. 각 대역 내에서는 특정 반송 주파수와 확산 코드에 의해 최대 6개까지의 피코넷 채널을 구성할 수 있다. 본 방식에서 지원할 수 있는 데이터 전송 속도는 28 Mbps에서 1.32 Gbps까지 가능하며, 총 8개의 데이터 전송 속도에 따라 부호화를 1/2 혹은 3/4으로 길썬 부호화되고, BPSK(Binary Phase Shift Keying) 혹은 4BOK(Bi-Orthogonal Keying)으로 변조되고 있다. Low band와 high band는 사용하는 주파수 대역이 다를 뿐만 아니라 칩 속도도 각각 다르다. Low band의 경우에는 칩 속도가 피코넷 채널에 따라 1,300~1,365 MHz에 걸쳐 구성되어 있는 반면에, high band의 경우에는 칩 속도가 피코넷 채널에 따라 2,600~2,730 MHz으로 low band보다 2배 더 큰 칩속도로 구성되어 있다.

사용 주파수 대역은 [그림 1]과 같이 3.1~4.85 GHz (Low Band)의 한 채널을 사용해서 28~1,320 Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있는데, 변조 방식이 BPSK인 경우에는 확산 코드 길이를 $L=24$ 에서 $L=1$ 까지 가변하여 28~1,320 Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있고, 변조 방식이 4BOK인 경우에는 확산 코드 길이가 $L=12$ 에서 $L=2$ 까지 가변하면서 데이터 전송률 110~1,320 Mbps의 데이터서비스를 제공한다.

또한, 6.2~9.7 GHz(High Band)의 한 채널을 사용해서 55~1,320 Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있



[그림 1] UWB 시스템의 듀얼 밴드 구성

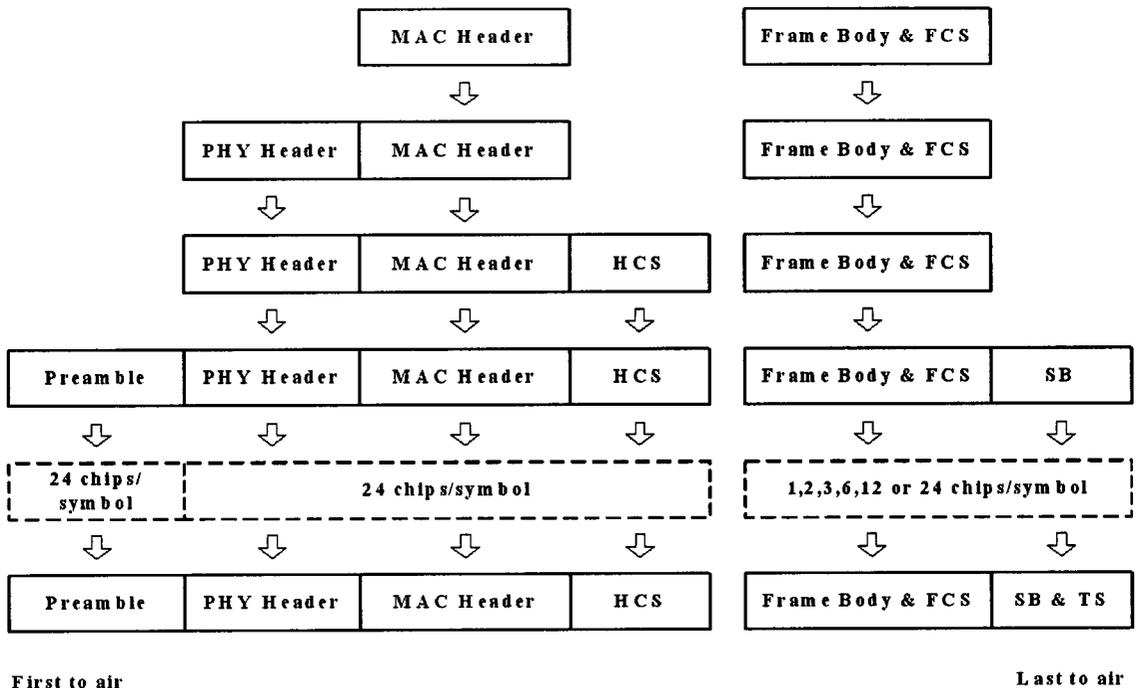
는데, 변조 방식이 BPSK인 경우에는 확산 코드 길이를 $L=24$ 에서 $L=2$ 까지 가변하여 55~1,320 Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있고, 변조 방식이 4BOK인 경우에는 확산 코드 길이가 $L=12$ 에서 $L=4$ 까지 가변하면서 데이터 전송률 220~1,320 Mbps의 데이터 서비스를 제공한다.

2-2-1 PHY 프레임 구조

DS-UWB 시스템의 PHY 프레임은 [그림 2]와 같이 크게 프리앰블, PHY 헤더, MAC 헤더, HCS, 데이터 부분(Frame Body) 등으로 구성되어 있다. PHY 헤더는 심벌 전송률 및 한 심벌당 비트 수, 길쌈 부호화기의 정보를 가지고 있으며, PHY 프리앰블은 동기 획득을 위한 피코넷 접속 부호의 정보를 가지고 있다. 여기서 프리앰블의 길이는 전송률에 따라 다음과 같은 3가지로 구성된다.

- 짧은(Short) 프리앰블
프리앰블의 길이는 $5\mu s$ 이며, 동작 범위가 3 m 이내에서 고속 데이터 전송을 위해 낮은 대역에서 SNR이 높은 경우에 사용된다.
- 표준 (Normal) 프리앰블
프리앰블의 길이는 $15\mu s$ 이며, 특별한 경우를 제외한 일반적으로 사용된다.
- 긴(Long) 프리앰블
프리앰블의 길이는 $30\mu s$ 이며, 동작 범위가 3 m 이상인 경우 데이터 전송을 위해 사용되며, 또한 SNR이 매우 낮고 채널 환경이 좋지 않을 때 사용된다.

한편, SB(Stuff Bits)는 FCS(Frame Check Sequence)를 포함한 데이터 부분에서 심벌당 비트수가 정수배가 되도록 비트를 FCS에 더해주는 기능을 하며, 프



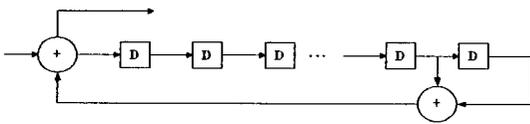
[그림 2] PHY 프레임 구조

레이의 전송 순서는 프리앰블에서 시작해서 끝으로 테일 비트가 전송된다.

2-2-2 스크램블러

스크램블러는 MAC 헤더와 데이터 부분을 스크램블링하기 위해서 사용되며, 여기서 PHY 프리앰블 및 PHY 헤더는 스크램블 되지 않는다. DS-UWB 시스템에서 사용하는 스크램블러는 [그림 3]과 같이 선형 궤환 시프트 레지스터(LFSR)를 이용하여 구현할 수 있다. [그림 3]은 DS-UWB 시스템에서 사용하는 스크램블러의 구조를 도시하고 있으며, 다음과 같은 생성 다항식을 이용하여 스크램블링 한다.

$$g(D)=1+D^{14}+D^{15} \quad (1)$$



[그림 3] DS-UWB 시스템의 스크램블러 구조

<표 1> 시드 식별자에 따른 레지스터의 초기화 값

Seed identifier	Seed value
0, 0	1111 1111 1111 111
0, 1	0111 0000 1111 111
1, 0	0111 1111 0000 000
1, 1	0111 1000 0000 111

<표 2> 데이터 전송 속도에 따른 길쌈 부호화기의 파라미터 값

Code type	Constraint length & generator polynomials	Possible rates	Implementation requirements
Convolutional	Constraint length $K=6$, Generating polynomial(65, 57)	Rate 1/2 or 3/4	Mandatory for Tx Rate 1/2 & 3/4 Mandatory for Rx Rate 1/2 Optional for Rx Rate 3/4
Convolutional	Constraint length $K=4$, Generating polynomial(15,17)	Rate 1/2 or 3/4	Mandatory for Tx Rate 1/2 & 3/4 Optional for Rx Rate 1/2 & 3/4

여기서 D 는 1비트 지연 값을 의미하며, $+$ 는 Mod-2 연산을 의미한다.

또한, 스크램블러에서 레지스터는 수신된 패킷의 PHY 헤더에 포함된 시드(seed) 식별자에 따라 초기화되며, <표 1>에서는 시드(seed) 식별자에 따른 레지스터의 초기화 값을 나타내고 있다.

이러한 시드 식별자는 각 패킷 내에서 PHY가 초기화되는 경우, 시드 식별자가 2비트씩 반복 증가하는 경우에 "00"으로 설정된다. 또한, 각 시드 식별자에 따라 15비트로 구성된 레지스터의 초기화 값은 각 프레임의 시작점, 레지스터의 초기화 상태, 레지스터에 저장된 초기화 값의 정보들로 구성되어 있다.

2-2-3 길쌈 부호화기 및 인터리빙

<표 2>에서는 DS-UWB 시스템의 데이터 전송 속도에 따라 사용되는 길쌈 부호화기의 부호율 및 구속장 등의 파라미터 값을 나타내고 있다.

2-2-4 평처링(Puncturing)

제안된 DS-UWB 시스템의 송신기에서는 길쌈 부호화기는 기본적으로 1/2의 부호율만을 지원하고 있기 때문에 3/4의 부호율 지원을 위해서 평처링을 사용하여 지원하게 되며, 수신기에서는 생략된 비트에 "0"을 삽입한 후 비터비(Viterbi) 알고리즘을 적용하여 복조를 수행한다.

2-2-5 길쌈 인터리버(Convolutional Interleaver)

길쌈 부호화기는 군집 오류에 매우 민감하기 때

문에, DS-UWB 시스템에서는 이러한 군집 오류를 방지하기 위해서 지연 소자 및 메모리의 소요가 적은 길쌈 인터리버를 사용하고 있으며, [그림 4]에서는 이러한 컨벌루션날 인터리버의 구조를 도시하고 있다. 그림에서 보듯이 부호화된 비트는 "0"으로 초기화된 N 개의 레지스터에 순차적으로 저장되며, 여기서 레지스터는 J 개의 비트를 더 저장할 수 있도록 만들어진다. 또한, $(N-1)$ 번째 레지스터 이후에는 "0"으로 다시 초기화된다. 한편, 제안된 UWB 시스템에서 사용하는 인터리버는 $J=7, N=10$ 인 값을 갖는다.

2-3 IEEE 802.15.3a MB-OFDM UWB 기술 동향

MB-OFDM UWB 시스템은 FCC에서 통신용으로 허가한 3.1~10.6 GHz 주파수 대역을 528 MHz 간격으로 14개 대역으로 분할하여 채널을 할당하였으며, 각 채널의 중심 주파수는 [그림 5]와 같다.

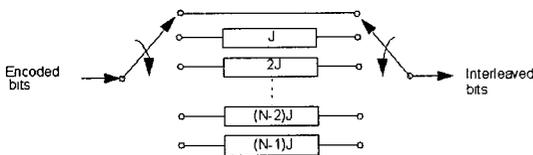
MB-OFDM UWB 시스템의 송·수신 구조의 가장 큰 특징은 전송되는 OFDM 심볼마다 TF(Time-Frequency) 코드에 의거 다른 주파수 대역을 이용하여 신호를 전송한다는 것이다. 따라서 MB-OFDM UWB 시

스템 개발에 있어, 전송 대역폭 528 MHz를 이용하여 최고 480 Mbps를 전송할 수 있는 고속 시스템 구조 설계와 더불어 TF 호핑이 시스템 성능에 미치는 영향을 분석하고 이를 해결하는 것이 새로운 어려움이 될 수 있다.

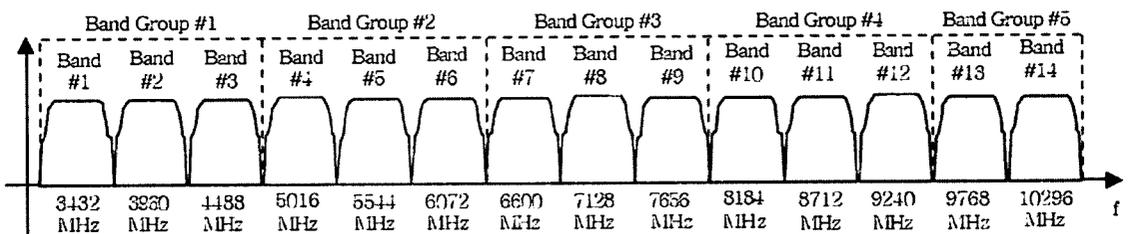
이 시스템은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)을 사용하여 변조되는 총 122개의 부분송파를 사용한다. 순방향 오류 정정 부호화(컨벌루션 코딩)는 속도 1/3, 11/32, 1/2, 5/8 및 3/4으로 사용한다. 제안된 UWB 시스템은 TFC(Time-Frequency Code)를 활용하여 3개의 주파수 대역(대역 그룹이라고 함)에서 부호화된 데이터를 인터리빙한다. 각각 3개의 대역 그룹과 2개의 대역 그룹으로 정의한다. 또한, 4개의 3 대역 TFC와 2개의 2 대역 TFC가 있으므로, 이것을 적절한 대역 그룹과 결합하여 18개의 개별적인 논리 채널 즉 독립적인 피코넷을 정의할 수 있다. 대역 그룹 #1(가장 낮은 3개의 주파수 대역)에서 사용되는 장치들은 Mode 1 장치로 표시된다. 모든 장치는 Mode 1 작동을 반드시 지원해야 하며, 다른 대역 그룹 지원은 선택적이므로 시간이 경과하면서 추가할 수 있다.

2-3-1 MB-OFDM UWB 시스템 파라미터 및 다중 밴드 운용 방식

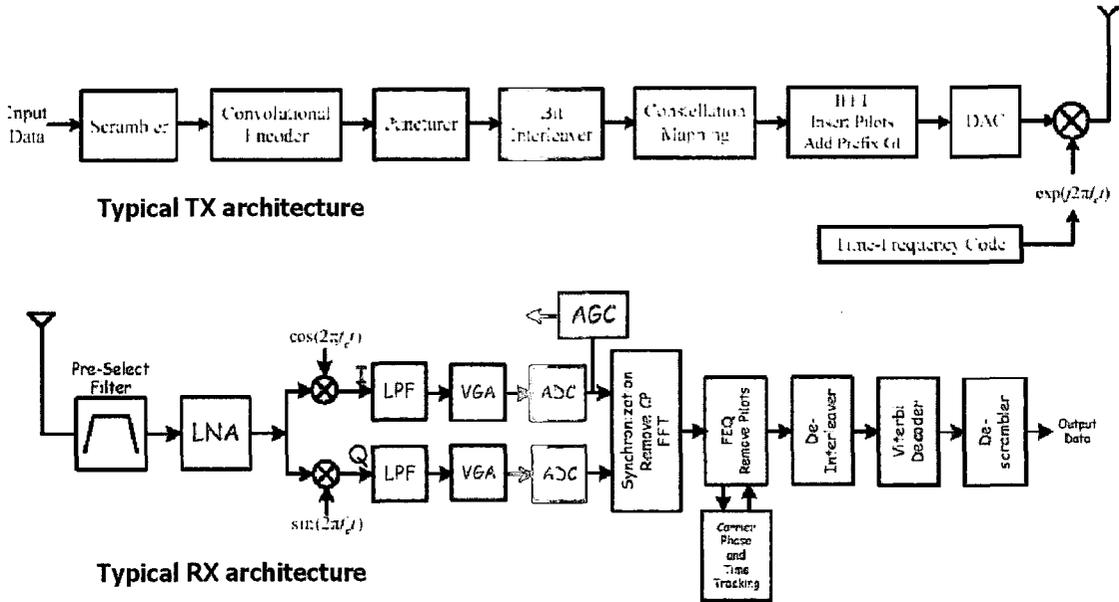
[그림 6]에서는 MB-OFDM UWB 시스템의 송수신기 구조로서 기본적으로 스크램블러(Scrambler) 및 디스크램블러(Descrambler), 길쌈 부호화기(Convolutional Encoder) 및 비터비 복호기(Viterbi Decoder), 인터



[그림 4] 길쌈 인터리버



[그림 5] MB-OFDM UWB 시스템 운용 주파수 대역



[그림 6] MBOA에 의해 제안된 MB-OFDM UWB 시스템 송수신기 구조

리버(Interleaver) 및 디인터리버(Deinterleaver), IFFT 및 FFT 등으로 구성되어 있으며, 이는 기존의 OFDM 시스템 구조와 매우 유사하다. 단지, MB-OFDM UWB 시스템에서는 다중 경로 채널 및 간섭에 대한 강인성을 위해 TFI-OFDM 방식을 제안하고 있는데, 이를 통해 하나의 서브 밴드를 점유하는 OFDM 심벌들은 시간과 주파수상으로 인터리빙되어 전송되는 형태를 갖게 된다. 즉, 특정 시간에 전송되는 OFDM 심벌을 위해서는 주파수 그룹1의 3개 서브 밴드 중 단 하나만의 서브 밴드가 사용되며, 이를 위해 기존의 OFDM 시스템에서와는 달리 RF 단에서 주파수 합성기(Frequency Synthesizer)를 추가로 사용하게 된다.

〈표 3〉에서는 MB-OFDM UWB 시스템에서 지원하는 데이터 전송율에 따라 요구되는 시스템 파라미터들을 제시하고 있는데, 기본적으로 변조 방식은 QPSK를 사용하고 OFDM을 위한 FFT 포인트 수는 128을 채택하고 있으며, 이를 기반으로 채널 부호화의 선택, 시간 및 주파수상에서의 확산(Spreading)

방식을 조합하여 총 7가지 데이터 전송율의 지원이 가능하게 된다. 참고로, 표에서 (·)##는 의무 사항, (·)##는 선택 사항을 의미한다. 한편, 〈표 4〉에서는 MB-OFDM UWB 시스템에서의 기본적인 시간 관련 파라미터들을 제시하고 있다. 528 MHz에 해당하는 서브 밴드 대역폭 내의 총 128개 부반송파 중에서, 100개는 정보를 전송하기 위한 데이터 부반송파로 사용되고, 12개는 전체 주파수에 걸쳐 균등하게 배치되는 파일럿(Pilot) 부반송파로 사용되며, 나머지 16개는 다양한 목적을 위한 보호(Guard) 및 가상(Virtual) 부반송파로 사용한다.

이와 더불어 MB-OFDM UWB 시스템에서는 다중 경로 채널에 의한 ISI(Inter Symbol Interference) 및 ICI(Inter Code Interference)의 영향뿐만 아니라 대역내(In-band) 리플(Ripple)의 발생 또한 억제하기 위해, 기존의 OFDM 시스템에서 사용되던 CP(Cyclic Prefix) 방식 대신 OFDM 심벌 구간 이전 60.61nsec 동안 "0"을 삽입하여 전송하는 ZP(Zero-padded Prefix) 방식을 도

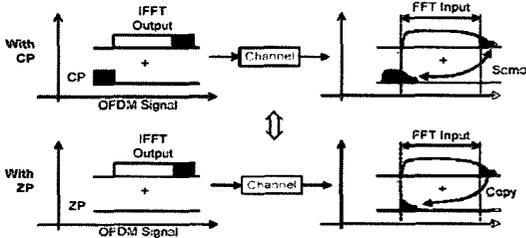
<표 3> 데이터 전송 속도에 따른 MB-OFDM UWB 시스템의 파라미터

Information data rate	55 Mbps [#]	80 Mbps ^{##}	110 Mbps [#]	160 Mbps [#]	200 Mbps [#]	320 Mbps [#]	480 Mbps [#]
Modulation/constellation	OFDM/QPSK	OFDM/QPSK	OFDM/QPSK	OFDM/QPSK	OFDM/QPSK	OFDM/QPSK	OFDM/QPSK
FFT size	128	128	128	128	128	128	128
Convolutional code rate(K=7)	R=11/32	R=1/2	R=11/32	R=1/2	R=5/8	R=1/2	R=3/4
Frequency spreading	Yes	Yes	No	No	No	No	No
Time spreading	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Spreading rate	4	4	2	2	2	1	1
Coded bits per OFDM symbol	100	100	200	200	200	200	200
Data tones	100	100	100	100	100	100	100
Information length	242.4 ns	242.4 ns	242.4 ns	242.4 ns	242.4 ns	242.4 ns	242.4 ns
Prefix	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns
Guard interval	9.5 ns	9.5 ns	9.5 ns	9.5 ns	9.5 ns	9.5 ns	9.5 ns
Symbol length	312.5 ns	312.5 ns	312.5 ns	312.5 ns	312.5 ns	312.5 ns	312.5 ns
Channel bit rate	640 Mbps	640 Mbps	640 Mbps	640 Mbps	640 Mbps	640 Mbps	640 Mbps
Multipath tolerance	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns	60.6 ns

입하고 있다. 한편, 이러한 ZP를 사용하게 되면 대역 내 리플 및 ISI는 방지되지만 여전히 ICI의 영향은 존재하게 되므로, 이를 제거하기 위해 MB-OFDM UWB 시스템의 수신단에서는 수신된 심벌 구간 이후에 채널의 영향으로 인해 나타나는 신호들을 복사하여 심벌의 앞부분에 그대로 더해줌으로써 기존의 CP를 삽입한 것과 같은 효과를 얻게 된다. 또한, MB-OFDM UWB 시스템에서는 시간 및 주파수상의 인터리빙을 위해 다른 서브밴드로 도약하는 과정에서, 주파수 합성기의 안정적인 스위칭 시간을 제공하기 위해 OFDM 심벌 구간 이후에 "0"을 9.47nsec 동안 추가로 삽입하는 보호구간(GI)을 두고 있다. [그림 7]에서는 이러한 MB-OFDM UWB 시스템에서 사용되는 ZP와 기존 OFDM 시스템에서의 CP에 대하여 신호 구성의 차이점 및 다중 경로 채널에 대한 등가적인 강인성을 도식적으로 비교하고 있다.

<표 4> MB-OFDM UWB 시스템을 위한 타이밍 관련 파라미터

Parameters	Value
System bandwidth, BW	528 MHz
Data subcarriers, N_{SD}	100
Pilot subcarriers, N_{SDP}	12
Guard subcarriers, N_{SG}	10
Virtual subcarriers, N_{SVC}	6
Subcarrier frequency spacing, ΔF	4.125 MHz ($BW/128$)
Sampling period, T_s	1.89 ns ($1/BW$)
IFFT/FFT period, T_{FFT}	242.42 ns ($1/\Delta F$)
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 ($T_{FFT} + T_{ZP} + T_{GI}$)



[그림 7] OFDM & MB-OFDM UWB 시스템의 ZP에 대한 도식적 비교

MBOA에서는 이러한 MB-OFDM UWB 시스템에 대하여 Piconet을 기본 단위로 하는 다원 접속 방식을 고려하고 있는데, 이를 위해 해당 주파수 그룹에서의 각 Piconet들은 특정 서브 밴드를 점유할 수 있는 상대적인 시간상의 순서를 부여받게 된다. 즉, 해당 주파수 그룹 내의 Piconet들은 <표 5>에서와 같은 서로 다른 고유의 TF Code를 할당받고, 그 주파수 도약 패턴에 의해 주파수 그룹 내 특정 서브 밴드들을 사용하여 OFDM 심벌을 전송하게 된다. 표에서 알 수 있듯이, 주파수 그룹 1~4에서는 3개의 서브 밴드 공유를 위해서 주파수 도약 패턴 주기가 6인 서로 다른 4개의 TF Code가 존재하게 되며, 이로 인해 서로 다른 주파수 도약을 기반으로 하는 4개의 Piconet을 수용할 수 있게 된다. 이와는 달리 주파수 그룹 #5에서는 2개의 서브 밴드 공유를 위해 주기가 4인 서로 다른 2개의 TF Code가 존재하며, 이를 통해 2개의 Piconet이 수용 가능하다.

<표 5> MB-OFDM UWB 시스템에서 Piconet 다원 접속을 위한 TF code비교

Band group	Preamble pattern	TF code length	TF code					
1, 2, 3, 4	1	6	1	2	3	1	2	3
	2	6	1	3	2	1	3	2
	3	6	1	1	2	2	3	3
	4	6	1	1	3	3	2	2
5	1	4	1	2	1	2		
	2	4	1	1	2	2		

2-3-2 MB-OFDM UWB 시스템 기술의 개요

2-3-2-1 MB-OFDM UWB 시스템의 신호 분석

MBOA에서 제안한 UWB 시스템에서 RF 단의 전송 신호는 복소 신호로 표현되는 기저 대역 전송 신호를 이용하고 있으며, 다음과 같이 표현된다.

$$r_{RF}(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{k=0}^{N-1} r_k(t - kT_{SYM}) \exp(j2\pi f_k t) \right\} \quad (2)$$

위 식에서 $\text{Re}(\cdot)$ 는 복소수의 실수 부분을 의미하고, $r_k(t)$ 는 기저 대역의 k 번째 OFDM 심벌의 복소 신호를 나타낸다. 또한, N 및 T_{SYM} 은 각각 OFDM 심벌의 개수와 구간을 의미하며, f_k 는 k 번째 OFDM 심벌의 중심 주파수를 나타낸다. 여기서 OFDM 심벌 $r_k(t)$ 의 구조는 패킷 내의 심벌의 위치에 따라 다음 식과 같이 구성된다.

$$r_k(t) = \begin{cases} r_{\text{preamble}, k}(t) & 0 \leq k < N_{\text{preamble}} \\ r_{\text{header}, k}(t) - N_{\text{preamble}} & N_{\text{preamble}} \leq k < N_{\text{header}} \\ r_{\text{data}, k}(t) - N_{\text{preamble}} & N_{\text{header}} \leq k < N_{\text{data}} \end{cases} \quad (3)$$

위 식에서 N_{preamble} , N_{header} , N_{data} 는 각각 프리앰블(Preamble), 헤더(Header), 데이터의 오프셋(Offset) 값을 의미한다.

한편, OFDM 심벌 $r_k(t)$ 에서 훈련 심벌(Training Symbol), 파일럿 심벌(Pilot Symbol), 데이터 심벌(Data

Symbol) 들은 계수 C_n 으로 정의되며, 이와 역 Fourier 변환(Inverse Fourier Transform)을 이용하여 $r_k(t)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$r_k(t) = \sum_{n=-N_{ST}/2}^{N_{ST}/2} C_n \exp(j2\pi n \Delta_f)(t - T_{ZP})$$

$$\text{for } t \in [T_{ZP}, T_{FFT} + T_{ZP}]$$

$$r_k(t) = 0$$

$$\text{for } t \in [0, T_{ZP}]$$

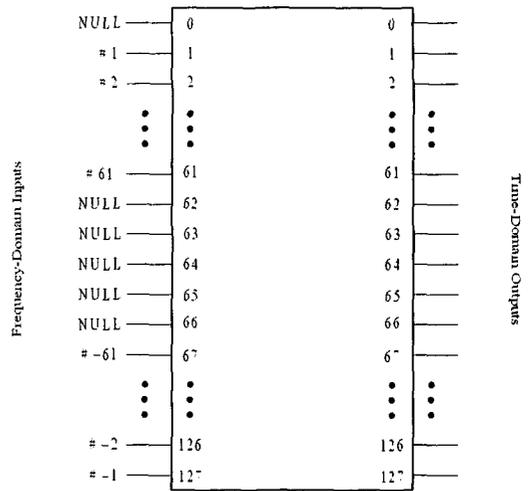
$$\text{or } t \in [T_{FFT} + T_{ZP}, T_{FFT} + T_{ZP} + T_{GI}] \quad (4)$$

위 식에서 Δ_f 와 N_{ST} 는 부반송과 간격, 전체 부반송파의 개수이고, T_{FFT} 는 $1/\Delta_f$ 로 정의된다. 또한, T_{CP} 만큼 시프팅된 시간은 다중 경로의 영향을 감소시키기 위해 OFDM에서 사용되는 ZP를 구성하고, T_{GI} 는 보호구간(GI)으로 사용된다.

2-3-2-2 이산시간 구현

MB-OFDM UWB 시스템에서 실제 역 Fourier 변환의 구현 시 이산시간 처리를 위해 IFFT 알고리즘을 이용하여 구현하게 되며, 이를 위해 128-point IFFT를 이용한다. [그림 8]에서는 MB-OFDM UWB 시스템에서 사용하는 128-point IFFT 입력력 단을 도시하고 있는데, 계수 값들 중에서 1~61까지는 IFFT 입력력의 1~67번까지와 맵핑되며, -61~-1까지의 계수 값들은 그 이후의 67~127번까지의 IFFT 입력력에 맵핑된다. 그리고 IFFT 입력단의 62~66까지의 입력은 "0"(DC) 값으로 설정된다. 또한, 이와 같이 처리된 IFFT 출력의 앞단에 32개 "0" 값의 샘플을 삽입하는 ZP 구간을 더하게 되며, IFFT의 출력 끝 부분에 추가적으로 5개의 샘플에 "0"을 삽입하여 주파수 합성기의 안정적인 스위칭 시간을 제공을 위해 GI를 생성하여 하나의 OFDM 심벌은 총 165개의 샘플로 구성된다.

<표 6>은 Motorola사의 DS-UWB 방식과 WiMedia Alliance가 지원하는 MB-OFDM 방식의 주요 사양을 정리하였다.



[그림 8] MB-OFDM 송신단에서 128-point IFFT의 입력력 구조

III. 결 론

최근 전 세계적으로 차세대 무선 홈네트워크 분야에 대한 연구 및 표준화가 활발하게 진행되고 있으며, 이러한 상황에서 UWB기술은 IEEE 802.15에서 표준화의 중심에서 핵심 구현 기술로 자리를 잡고 있는 상태이다. FCC와 각국의 기술 기준 및 UWB 스펙트럼 마스크에 대한 규정이 고시된 상태에서 주파수 센싱 기술 및 회피 기술의 필요성이 대두되고 있는 실정에서 국내에서도 연구와 개발이 진행되고 있으며, 또한 최근 주파수 정책이나 WBAN 등에 대한 관심속에서 UWB표준을 기반으로 다양한 연구와 표준화가 진행되고 있다.

따라서 본 기고를 통해 이러한 시대적 흐름과 요구 사항에 맞추어 IEEE802.15.3a의 UWB 통신의 표준화 및 기술 동향 분석하였으며, 향후 홈네트워크 및 WBAN, RFID 통신 등 차세대 무선 홈네트워크 분야에 많은 관심을 가지고 있는 국내의 산학연 관계자들에게 기술적 참고 자료가 될 것으로 기대하는 바이다.

<표 6> DS-UWB와 MB-OFDM의 주요 사양

표준 제안사	MBOA(Multiband OFDM Alliance)	Motorola, PC & CRL
주파수 운용 방식	-14개 서브대역(대역폭: 528 MHz) -3개 Mandatory: 3,168~4,752 MHz	2개 대역폭: 2 GHz, 4.8 GHz -single band: 3.1~4.9 GHz -dual band: 3.1~4.9 GHz, 6.2~9.7 GHz
변조 방식	OFDM(128-point FFT)/QPSK	CDMA/ BPSK or 4-BOK
FEC	Convolutional code	Convolutional code
데이터 전송률	53.3~480 Mbps	27.5Mbps~1.32 Gbps
Multiple Access	FDM/TF-interleaving	FDM(Freq.)/CDM(Code)/TDM(Time)
Piconet 수	4~16개	6~12개
회로 복잡도	FFT/IFFT 구조	Rake receiver 구조
Location 인식	cm 단위의 Resolution	cm 단위의 Resolution
전송 방식 특성	Peak to average ration 문제	- 채널 및 타 시스템간 간섭에 강인 - Full digital 구현이 현재 어려움

참 고 문 헌

술의 표준화 동향 및 기술 분석 보고서(RAPA)", 표준화보고서, 2004년 12월.

[1] 박경섭, 장영민, 차재상, "고속형 UWB 통신기

≡ 필자소개 ≡

곽 경 섭



1977년 2월: 인하대학교 전기공학 (공학사)

1981년 2월: 미국 Univ. of Southern California (공학석사)

1988년 2월: 미국 Univ. of California, San Diego 통신이론 및 시스템 (공학박사)

1988년~1989년: 미국 Hughes Network Systems, 연구원

1989년~1990년: 미국 IBM, Network Analysis Center 연구원

1990년 3월~현재: 인하대학교 정보통신공학부/정보통신대학원 교수

2000년 3월~2002년 2월: 인하대학교 정보통신대학원 원장

2002년 1월~2005년 12월: 한국통신학회 상임이사/부회장/감사/수석부회장

2006년 1월~2006년 12월: 한국통신학회 회장

2004년 1월~현재: 한국 UWB 포럼 부의장 및 기술, 표준 분과장

2005년 1월~현재: 한국 Spectrum Engineering 포럼 부의장 및 운영위원장

2007년 9월~현재: 인천 u-City포럼 수석부회장 및 운영위원장

2003년 8월~현재: 인하대학교 초광대역무선통신연구센터 센터장

[주 관심분야] 이동 및 위성통신시스템, UWB 통신시스템, WPAN/WBAN/USN