

MB-OFDM UWB 시스템의 Link Level 및 System Level 시뮬레이션을 통한 성능 분석

오 상 혁, 윤 상 훈, 정 정 화

한양대학교 일반대학원

전화 : 02-2290-0558 / 핸드폰 : 016-658-3588

System Level and Link Level Performance Analysis for MB-OFDM UWB system

Sang-Hyuk Oh, Sang-Hun Yoon, Jong-Wha Chong

Dept. of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University

E-mail : osh1234@ihanyang.ac.kr

Abstract

In this paper, we analyze system level and link level performance for MB-OFDM UWB system. we propose physical layer model of MB-OFDM UWB system in MBOA. For this analysis, Base-band channel model from IEEE 802.15 3a was adopted.

we considered the channel index parameter to select any one of 100 distinct realizations provided by the IEEE working group. Our experimental results indicate BER values according to E_s/N_0 .

keywords - UWB, OFDM, multi-path channel, fading channel.

I. 서론

현재의 무선 통신 시스템은 기본적으로 정현파를 협대역(Narrowband) 통신 시스템을 기반으로 하여 음성, 데이터 등의 송수신을 하고 있다. 최근에 멀티미디어의 발달과 데이터의 양이 증가함으로써 더욱더 많은 데이터 전송율을 가지는 통신시스템이 필요하게 되었다. 그러나 현재 협대역을 기반으로 하는 무선 통신

시스템은 고속의 데이터를 전송하기에는 한계를 가지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 새로운 무선 통신 기술이 부각된 것이 UWB(Ultra-WideBand) 통신 시스템이다. 이는 기존의 통신 시스템에 비하여 월등히 빠른 데이터 전송속도를 가지며 높은 보안성과 다른 기존의 무선 통신 시스템들과의 주파수를 공유할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

IEEE 802.15 3a 표준화 회의에서 15.3a의 대상은 물리계층(Physical Layer)으로, 특히 변조방식이나 다중 접속 방식을 담당하는 물리 계층을 중심 표준으로 제안하고 있다. 현재 XtremeSpectrum사에서는 2개의 서브밴드(Sub-band)를 사용하여 주파수 폭을 넓게 잡고 DS(Direct Sequence) 확산 방식을 사용하는 DS-SS 방식을 제안하였고, MBOA(Multi-band OFDM Alliance) 측에서는 OFDM의 반송파 단위로 이용 주파수를 정하는 OFDM 방식에 그림 1과 같이 전체 주파수 대역을 몇 개의 주파수 서브 블록(Sub-band)단위로 나누어서 사용하는 멀티밴드(Multi-band) OFDM 방식을 제안하였다.

이 중 MB-OFDM UWB 시스템은 멀티패스와 간섭에 강하긴 하지만, 채널의 조건과 E_b/N_0 에 따라서 손실이 큰 편이다.

따라서 본 논문은 멀티밴드 UWB 시스템의

SLS(System Level Simulation) 및 LLS(Link Level Simulation)를 수행하여 시스템의 성능 분석을 위한 채널의 조건과 Es/No에 따른 BER의 특성을 도출하였다.

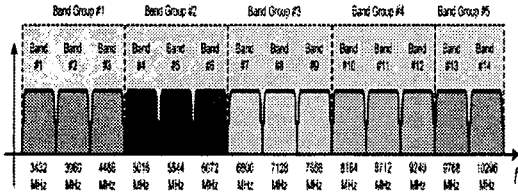


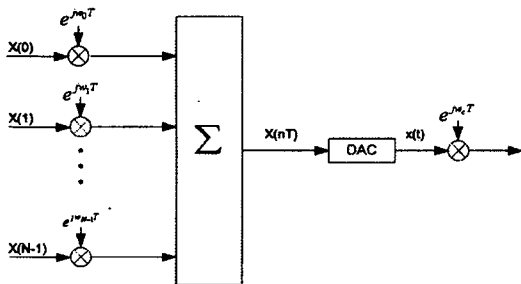
그림 1. MB-OFDM UWB Band Plan

II. 본 론

2. MB-OFDM UWB 의 개요

2.1 OFDM 변조(Modulation)

기본적인 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)은 병렬로 들어오는 데이터 스트림(Data Stream)에 서로 직교하는 부반송파(Sub-carrier)를 곱하고, 그 신호들을 합해서 베이스밴드(Base-band) 영역에서의 변조신호(Modulated Signal)를 만들어낸다.



$X(i)$: i번째 부반송파	N : 부반송파의 개수
ω_i : i번째 부반송파 주파수	$x(nT)$: 변조에 사용된 샘플
$x(t)$: OFDM 변조된 신호	ω : 반송파 주파수

그림2.1 OFDM 변조 개념

OFDM 의 채널은 각각의 부채널 스펙트럼(Sub-channel Spectrum) 이 더해진 형태를 가진다. 하나의 부 채널 최대점에서 다른 채널의 스펙트럼은 거의 0 에 가까워져 ICI(Inter Channel Interference)가 생기지 않는다. 그리고 그림 2.1 의 기본적인 OFDM

변조는 부 채널의 수만큼 서로 직교하는 발진기가 필요하다. 그러나 부채널의 개수가 많아짐에 따라 차지하는 면적도 커지게 되고 정확히 직교하는 발진기를 만들기도 어렵다. 1971년 Weinstein 과 Ebert 에 의해서 DFT(Discrete Fourier Transform)를 이용한 베이스밴드 변복조(Base Band Mod-Demodulation)방법이 제안되었다[1,2]. 그림 2.1 로부터 이러한 방법으로 쓰이는 역 푸리에 변환(Inverse Fourier Transform)의 식을 얻을 수 있다.

$$x(t) = \sum_{i=0}^{N-1} X(i)e^{j\omega_i t} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$x(nT) = \sum_{i=0}^{N-1} X(i)e^{j\omega_i nT} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$x(n) = \sum_{i=0}^{N-1} X(i)e^{j2\pi n f_i N} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.2 송수신기의 구조

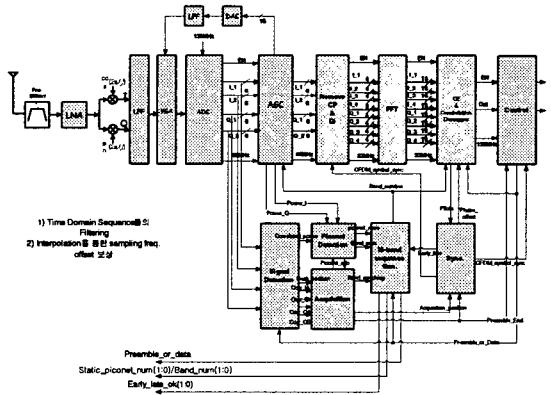


그림 2.2 MB-OFDM UWB 송수신기 구조

그림 2.2.는 MB-OFDM UWB의 송수신기 구조이다. 먼저 송신기부터 살펴보면, 입력되는 데이터를 랜덤화 이정(Randomizing)시키기 위해 사용하는 스크램블러(Scrambler)가 맨 앞단에 위치한다. 에러보정을 위하여 1/3 인코더를 사용하고 constraint length 가 7인 콘볼루셔널 인코더(Convolutional encoder)가 다음에 위치한다. 인코더를 통해 나온 데이터는 원래 데이터의 3 배가 되는 데, 이것들은 펀처러(Puncturer)에서 정해진 코딩 레이트(Coding Rate)에 따라 일정 수가 제거되어 다음 단으로 넘어가게 된다. 그림 2.3은 코딩 레이트가 5/8일 때의 수행과정을 예로 들은 것이다.

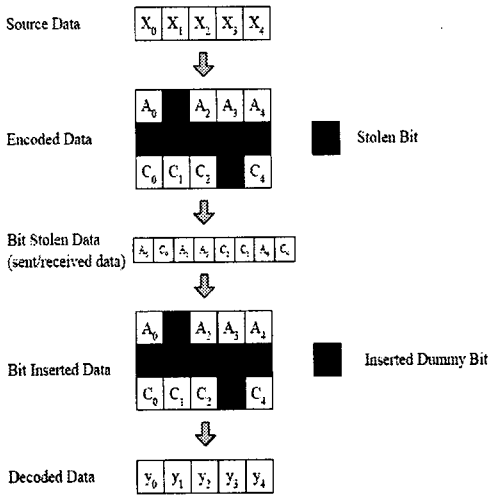


그림 2.3 Encoding, Puncturing, De-puncturing, and Decoding (R=5/8)

코딩을 하고 나온 데이터는 버스트에러(Burst error)를 분산 시켜주기 위하여 비트 인터리버(Bit Interleaver)를 거친다. 비트 인터리빙까지 완료된 데이터는 2비트씩 서브 캐리어 콘스텔레이션 맵핑 변조(Sub-carrier Constellation Mapping Modulation)가 되는 데, 변조 방법은 QPSK가 사용된다.

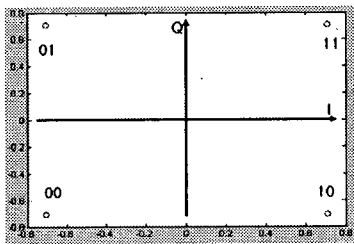


그림 2.4 콘스텔레이션 비트 인코딩

맵핑이 된 데이터는 IFFT(Inverse Fourier Transform)를 통해 OFDM 변조가 된다. OFDM 변조는 2.1 장에서 설명하였다.

다음으로 수신기의 구조를 살펴보면, 수신 안테나를 통하여 UWB 시스템에서 사용하고 있는 대역(Band)만을 통과시키고 다른 대역은 밴드패스 필터(Band Pass Filter)를 사용하여 차단(Blocking)한다.

필터를 통과한 신호는 이미 미약한 상태이기 때문에 이를 증폭시켜 줘야 하는데 이 역할을 LNA에서 하게 된다. 복조기(Demodulator)부분은 LNA(Low Noise Amplifier)를 거쳐 들어온 신호에 변조기에서 사용한 캐리어(Carrier)의 주파수와 같은 정현파(Sinusoidal

Wave)를 I와 Q로 나누어 각각 곱하고, 곱한 결과를 LPF(Low Pass Filter)에 통과시켜 I와 Q에 해당되는 베이스 밴드 시그널(Base Band Signal)을 추출하게 된다. 이 시그널은 전력이 일정하지 않기 때문에 AGC(Auto Gain Control)를 이용하여 ADC를 통하여 얻은 디지털 시그널들의 크기가 일정하도록 조절한다. 조절된 데이터는 서브밴드 복조기(Sub-band Demodulator)를 이동하는데, 이는 GI(Guard Interval)와 CP(cyclic prefix)를 제거하는 부분과 FFT(Fast Fourier Transform), 그리고 콘스텔레이션 디맵퍼(Constellation De-Mapper)로 구성된다.

디맵핑이 끝나면, 디인터리버를 통해 송신기의 인터리버(Interleaver)에서 데이터의 순서를 분산시켰던 것을 복원하고, 이것을 디코더(Decoder)에서 송신기의 인코더(Encoder)를 통해 데이터의 크기가 증가되었던 것을 다시 인코딩하기 이전으로 복원시킨다. 마지막으로 디스크램블러(De-scrambler)는 송신기의 스크램블러(Scrambler)에서 랜덤마이징(Randomizing)되었던 디지털 데이터를 복원하는 역할을 한다.

III. Simulation Model

3.1 시뮬레이터구조

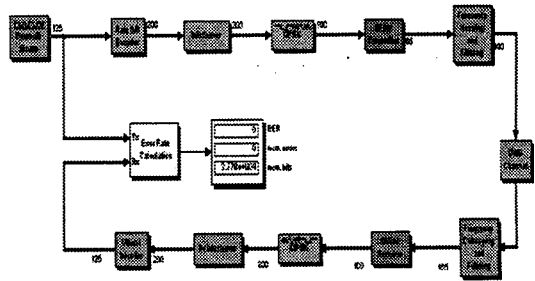


그림 3 시뮬레이터를 이용한 시스템 구현

그림 3은 성능 분석을 하기 위한 시뮬레이터를 나타낸다. 이것은 IEEE 802.15 3a 200Mb/s 일때의 모델이다.

UWB 시스템의 채널 환경은 IEEE에서 권고하고 있는 CM(Channel Model)을 사용하여 시뮬레이션을 하였다.

CM1은 LOS(Line-of Sight)가 확보된 경우이고, CM2는 LOS가 확보되지 않고 거리가 0m~4m 까지로 정의 된다. 또한 CM3는 LOS가 확보되어 있지 않고 4m~10m 거리가 정해져 있고, 마지막으로 CM4는 거리가 멀고 LOS 또한 확보되지 않은 채널을 말한다.

표 1 시스템에서 사용된 parameter 값

Parameter	Value
Data rate	200Mb/s
Modulation type	QPSK
Number of subcarriers	128
Number of pilots	12
Symbol duration	165/528ns
Guard interval	5/528ns
Coding rate	5/8

IV. Simulation Result

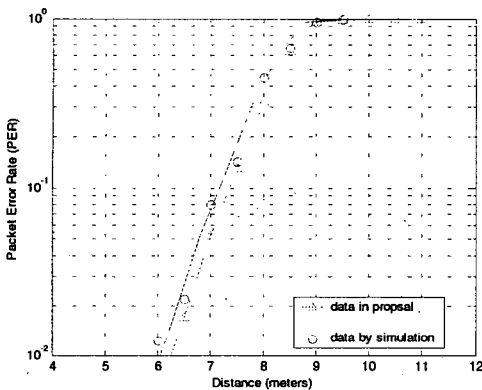


그림 4. CM1 PER 곡선

그림 4는 IEEE에서 권고한 채널 모델 1(Channel Model 1: CM1) 을 가지고 시뮬레이션을 한 결과이다. Parameter 는 거리에 따라서 PER이 변화 하는 정도를 나타내었다. 본 논문에서 설계한 시뮬레이터는 그림에서 보듯이 MBOA제안서에서 도출한 PER 성능과 유사하게 나타난다. 본 논문에서 설계한 시뮬레이션 결과는 MBOA 측에서 제안한 CM1 채널에서 200mb/s 일 경우 거리가 약 6.9m 일 때, PER이 8%에 만족하도록 설계해야 한다는 조건을 거의 만족함을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 MB-OFDM UWB 시스템의 시뮬레이션을 통하여 성능 분석을 하였다. 성능 분석 시 채널은 IEEE에서 권고한 베이스 밴드 모델을 사용하였고, 채널 인덱스는 1부터 100까지 선택하여 시뮬레이션 결과를 도출하였다.

시뮬레이션 결과는 MBOA 측에서 제안한 CM1 채널에서 200mb/s 일 경우 거리가 약 6.9m 일 때, PER이

8%에 만족하도록 설계해야 한다는 조건을 거의 만족함을 알 수 있었다. 또한 MB-OFDM 시스템은 7m 이내에서 통신을 할 경우 W-PAN(Wireless Personal Area Network) 에 적합함을 알 수 있다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] John G. Proakis, Digital Communication, Ch 12 on Multi-channel multi-carrier, 3rd ed.Mc Graw Hill
- [2] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, Discrete-Time Signal Processing, Ch 8 on the discrete Fourier Transform. Englewood Cliffs, New Jersey, 1989.
- [3] Anuj Batra, Multi-band OFDM Physical Layer Proposal for IEEE 802.15 Task group 3a, Ch 1 on UWB Physical Layer, Texas Instruments
- [4] <http://www.uwb.org>
- [5] <http://www.fcc.gov>