

MB-OFDM UWB RF 테스트 보드 설계 및 제작

김동조, 이왕상 유종원, 이문규*, 김완진**, 이우경***

한국과학기술원, 서울시립대학교*, 삼성종합기술원**, 한국항공대학교***

전화 : 042-869-8078 / 팩스 : 042-869-5078

Design of MB-OFDM UWB RF Evaluation Board

W.S.Lee, D.Z.Kim, J.W.Yu, M.Q.Lee*, W.J.Kim**, W.K.Lee***

Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), University of Seoul*,

Samsung Advanced Institute of Technology**, Hankuk Aviation University***

E-mail : drjwyu@ee.kaist.ac.kr

Abstract

Recently, UWB system has made an intensive study of RF engineers since the FCC allocated large contiguous frequency band in 3.1~10.6 GHz. Because of various MB-OFDM advantages such as extension to high rate, regulation flexibility, multipath immunity, and robustness to interference, it comes into the spotlight in the IEEE802.15.3a high data rate wireless personal area networking (WPAN). The frequency band between 3.1 and 10.6 GHz is divided into the multiple bands of 528MHz. Each Band Group consists of several bands. A so-called "mode 1" device must be able to tune between 3.168 and 4.752GHz. In order to implement the mandatory design of MB-OFDM UWB RF system, this paper concentrates on the design of a Mode 1 radio transceiver.

Multiplexing) 방식 등으로 발전된 상황이며, 현재 IEEE 표준화 회의에서 활발히 논의 되고 있으며, 향후 UWB 기술의 가장 현실적인 대안으로 생각된다.

본 연구에서는 MB-OFDM 방식 중 기본 구조를 가지게 될 Mode 1의 주파수 대역(3432MHz, 3960MHz, 4488MHz)을 갖는 RF 테스트 보드를 설계 및 제작 하였다. 본 연구를 통해서 Multi-Band로 인해 발생할 수 있는 가능성을 입증하고, 추후 전 대역(3.1~10.6GHz)을 갖는 RF 송수신부 구성에 밑거름이 되고자 한다. 본 연구에서 제작된 테스트 보드는 크게 RF 송수신부, LO 발생부, 필터, PHY와의 인터페이스를 위한 컨트롤 보드로 구성된다.

본 논문은 2장에서 MB-OFDM RF 시스템 구성 및 성능 분석에 대해서 간략히 살펴 본 후, 3장에서 각각의 블록도를 설계하고 제작된 모듈을 소개하였다. 4장에서는 모듈의 요구된 스펙과 측정 결과를 나타내고, 5장은 결론 및 개선 방향으로 구성하였다.

1. 서 론

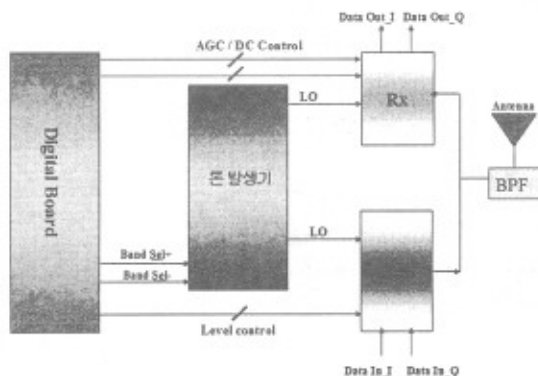
최근 근거리에서 100Mbps 이상의 광대역 멀티미디어 정보를 송수신할 수 있는 통신 방식으로 UWB 기술에 대한 관심 고조되고 있으며, 향후 UWB를 이용한 다양한 홈 네트워크 기기들이 등장할 것으로 기대되고 있다. 초기 짧은 단일 펄스에 의해 광대역 주파수 특성을 얻을 수 있었던 UWB 신호 생성 방법은 홈 네트워크 등의 근거리 무선통신 기술의 요구사항에 맞게 현재 MB-OFDM (Multiband Orthogonal Frequency Division

2. MB-OFDM RF 시스템 구성 및 분석

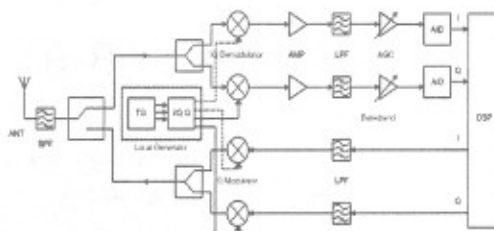
2.1 시스템 구성

[그림1]은 RF 시스템의 블록도로, 안테나, 필터, 송신부, 수신부, 톤 발생부 그리고 디지털 보드와의 인터페이스부로 구성되어 있다. 기저대역에서 I와 Q신호가 입력되어 송신부로 전달되고, 수신된 신호는 I와 Q로 나뉘어서 기저대역으로 전달된다. 전달된 기저대역의 수신 I와Q 신호로부터 AGC/DC 오프셋 제어에 필요한 정보를 얻어 피드백한다.

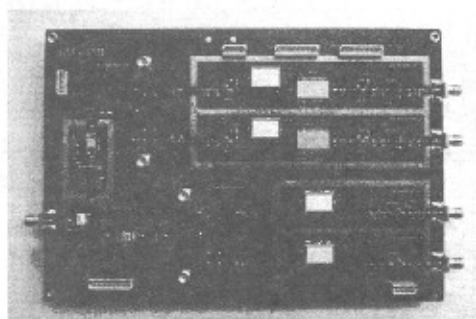
톤 발생부는 3가지 (3432MHz, 3960MHz, 4488MHz)의 톤을 PLL을 이용하여 생성하는 부와 이 톤을 I/Q로 분배하고, 톤을 스위칭하는 부분으로 구성된다. 톤의 스위칭은 BandSel+, BandSel-의 기저대역 제어에 의해 이루어진다.



[그림 1] RF 시스템 블록도



[그림 2] RF 송수신부 블록 다이어그램



[그림 3] 실제 구현된 RF 송수신부

2.2 성능 분석

송신부의 경우 시스템 특성상 출력 전력에 중점을 맞추어 생각해 보고자 한다. PHY로부터 받은 신호의 크기가 Peak-to-Peak 200mV일 경우 대략 -12dBm의 크기를 가질 때, 필터를 거친 후 최소 출력 전력은 -40.85dBm을 가지며, 최대 출력 전력은 -9.85dBm을 가진다.

수신부의 경우 성능 요소로는 수신 감도, 수신 선택도, 스푸리어스 응답 제한, 상호 변조 제한 등이 있다. 본 시스템 성능 분석에서는 수신 감도에 대해서 살펴본다. 수신부의 감도는 110Mbps의 데이터 전송률을 가질 때, 요구되는 C/N을 대략 4dB를 만족하는 입력 신호 크기는 스펙에서 요구하는 -80.5dBm 보다 대략 3dB 여유를 가진다[1].

3. 모듈의 설계 및 제작

3.1 RF 송수신부

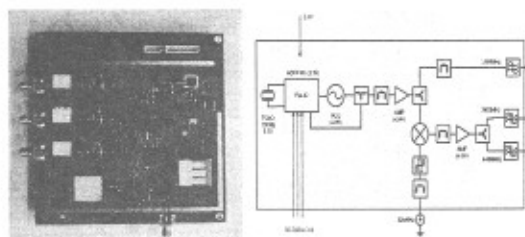
송신부에는 LPF, QPSK modulator, Tx gain control을 위한 Attenuator, Power amplifier로 구성하였고, 수신부에는 LNA, QPSK demodulator, LPF, Amplifier, Rx gain control을 위한 Attenuator로 설계하였다. 이상을 구성하는 전체 블록 다이어그램은 [그림 2]와 같으며, 실제 구현된 송수신부의 모습은 아래 [그림 3]과 같다.

3.2 LO 발생부

LO 발생부는 3개의 톤을 발생시키는 3톤 발생부와 선택된 톤에 I/Q 채널을 갖도록 하는 I/Q 발생부로 구성된다.

3.2.1 3톤 발생부

[그림 4]는 톤 발생부의 실제 구현된 모습과 블록 다이어그램이다.



[그림 4] 3 톤 발생부 블록 다이어그램과 실제 구현된 모습

기본 클럭 주파수는 13.0MHz의 VC-TCXO를 갖는다. MB-OFDM RF 시스템의 경우 9ns의 짧은 펄스 스위칭 타임을 만족시키기 위해 톤 발생부에서 각각의 톤을 미리 발생시킨다. 톤 발생부의 구조는 두 개의 PLL IC를 이용하여 생성된 3960MHz와 528MHz는 Mixer를 통해 3432MHz와 4488MHz 톤을 생성시키는 구조를

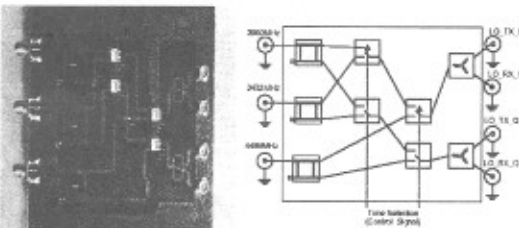
찾는다[2].

3.2.2 I/Q 발생부

MB-OFDM UWB 시스템 설계시 각 밴드간의 빠른 스위칭 타입을 갖기 위해 우수한 스위칭 성능을 갖는 스위치를 이용한 방법과 광대역 발문을 이용하여 I/Q 채널 발생하는 방법을 제안하고 각각 구현하여 보았다.

A. 스위치를 이용한 방법

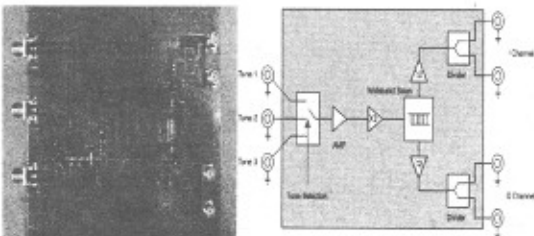
3 톤 발생부에 의해서 생성된 3 톤을 입력으로 할 때, 각각의 톤은 Hybrid Coupler를 거친 후, 톤을 선택할 수 있는 스위치에서 조절 신호를 통해서 톤이 선택되고, Wilkinson Divider에 의해서 송신부와 수신부의 믹서 LO 입력단에 연결된다. 본 구조는 전체적으로 사이즈가 커지는 단점이 있는 반면, 스위치를 제외한 수동소자로만 구현이 가능한 장점이 있다. 본 모듈의 구조 및 실제 구현된 모습은 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 스위치를 이용한 방법과 실제 구현된 모습

B. 광대역 발문을 이용한 방법

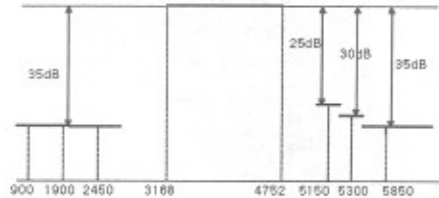
입력된 톤에서 SP4T 스위치를 이용하여 톤을 선택한 후 광대역 발문 및 주파수 체배기와 분할기를 통해 I/Q 채널을 생성시킨다. 본 방법은 인접채널에 대한 억압이 위의 A에서 구현된 회로보다 우수하며, 구조가 간단하다는 장점이 있는 반면, 능동소자가 필요해지는 단점이 있다. [그림 6]은 모듈의 구조 및 실제 구현된 모습이다.



[그림 6] 광대역 발문을 이용한 방법과 실제 구현된 모습

3.3 Pre-select 필터

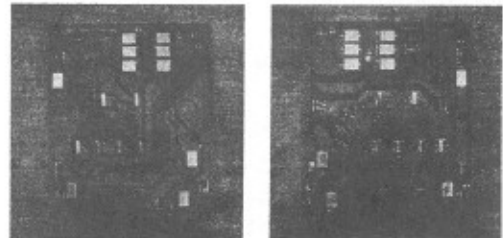
MB-OFDM 시스템에서 Out-of-band의 제거를 위해 Pre-select 필터로서 주어진 Spec은 아래 [그림 7]과 같다.



[그림 7] Pre-select 필터 Spec

3.4 인터페이스 보드

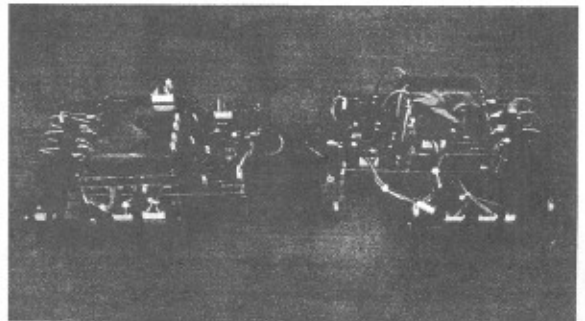
RF와 PHY간의 인터페이스를 위해 동작 전압의 변환, 각 회로의 일정한 전원공급을 위한 Regulator 추가, 마지막으로 PHY에서 RF의 소프트웨어 컨트롤하기 위한 용도로 설계되었다. 총 96핀의 커넥터에서 신호의 크기는 각각의 알맞은 전원에 맞게 컨버터가 사용되었다. 아래 [그림 8]은 실제 구현된 컨트롤 보드를 나타낸다.



[그림 8] Control 보드의 전후

4. 측정 결과

아래 [그림 9]는 최종 구현된 MB-OFDM RF 시스템이다.

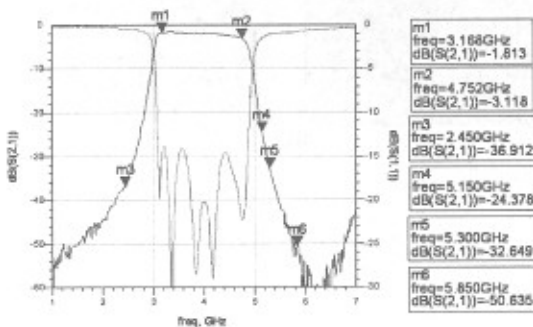


[그림 9] MB-OFDM UWB RF Mode 1 System

각 블록에서의 측정 파라미터는 아래 [표 1]과 같다.

[표 1] 측정 파라미터

Part	측정 파라미터	측정(MHz)		
		3432	3960	4488
Pre-select 필터	S ₁₁	[그림 10]		
	S ₂₁			
LO 발생부	각 톤 파워(dBm)	8.5	11.3	4.2
	인접 밴드 억압 전력(dBm)	-27.5	-34	-18
	위상 차	91 도	88 도	85 도
송신부	Gain (dBm)	-12.2	-12.15	-12
	Gain Mismatch (dB)	0.13	0.3	1.1
	Gain Flatness (dB)	2.5	2	2
	Bandwidth (MHz)	132.5	132.6	132.5
	P ₁ dB (Output)	-1	-2	-5.5
수신부	Gain (dBm)	-4	-3	-2.2
	Phase Mismatch	88 도	82 도	91 도
	Gain Flatness (dB)	2.7	3	3
	Bandwidth (MHz)	134	134	133
	P ₁ dB (Input)	-85.8	-83.7	-82.7
	NF	-	-	-



[그림 10] Pre-select 필터

5. 결 론

미국 FCC의 UWB 주파수 밴드 허가 이래로 UWB 표준화 작업이 IEEE802.15.3a 그룹에서 진행되어 오면서 물리 계층 기술에 대해 2개의 제안이 공방을 벌이고 있는데, 그 중 MB-OFDM 기술은 다중 채널 환경에서나 협대역 간섭에 대해서 강인함을 가지며, 여러 개의 시스템 파라메타간의 최상의 Trade-off를 제공한다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 MB-OFDM UWB 시스템의 가장 기본이 되는 Mode 1 시스템 테스트 보드를

설계 및 제작하였다.

직접 변환 방식을 사용한 본 시스템 방식에서는 SPDT의 동작에서 수신모드로 전환 했을 때, 송신단에서의 LO 발생부에서 오는 캐리어 누출이 심하게 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전력 증폭기는 수신시에 OFF, 송신시에 LNA를 OFF 시키도록 되어야 한다. 또한, I/Q 변조 및 복조시 믹서의 LO 전력이 충분하지 못함에 따라서 LO 전력의 변화가 Conversion Loss의 큰 영향을 주기 때문에 각 band의 성능차이를 가져 왔다. 이를 위해 별도의 증폭기를 LO 발생부에 추가 시켜 믹서의 LO 전력을 충분히 공급하도록 개선되어야 한다.

참고문헌

- [1] B. Razavi, "RF Microelectronics", Prentice Hall, 1998
- [2] David M. Pozar, " Microwave Engineering", John Wiley & Sons, Inc., 2005
- [3] "MBOA Phy Layer Technology Specification ver.0.9", June, 2004