

1Gbps급 MIMO MB-OFDM 시스템을 위한 효율적인 심볼 검출기 구현

*임준하, 조언선, 김재석
연세대학교 전기전자공학부

e-mail : *adric@asic.yonsei.ac.kr, thedb@asic.yonsei.ac.kr, Jaekim@yonsei.ac.kr*

Implementation of Symbol Detector for 1Gbps MIMO MB-OFDM System

*Jun-Ha Im, Un-Sun Cho, Jae-Seok Kim
School of Electrical and Electronic Engineering
Yonsei University

Abstract

An analysis is made of a new 1Gbps MB-OFDM system having same bandwidth and transmission power as conventional 480Mbps system. 2x2 MIMO scheme and MLD with soft decision demodulation algorithm are proposed in this paper. As a result of hardware implementation, it showed as same performance as conventional MB-OFDM system, while presenting doubled data rates and low complexity.

I. 서론

기존의 통신 시스템에 비해 넓은 대역폭을 사용하는 UWB 시스템은 고속 근거리 무선 시스템(HR-WPAN)의 물리계층으로 각광을 받고 있으며 대용량 멀티미디어 전송을 통신망의 주요 적용 분야로 삼고 있다.

HR-WPAN 시스템들은 최대 500Mbps, 또는 약 1Gbps를 지원한다. 그 이유는 주요 적용분야인 무선 USB가 480Mbps의 전송률을 필요로 하고, 압축되지 않은 HD급 동영상 전송에는 1Gbps가 필요하기 때문이다. HD급 동영상 전송은 차후

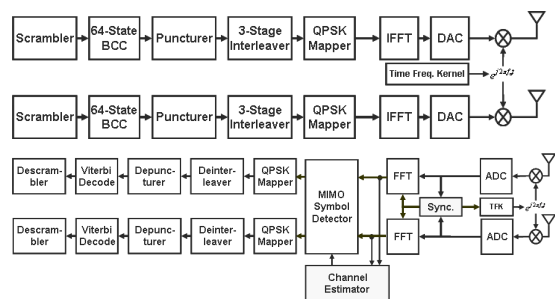


그림 1. 2x2 MIMO MB-OFDM 모델의 구조

HR-WPAN의 핵심 적용분야로 예상된다. 따라서 MB-OFDM도 1Gbps로 확장할 필요가 있다.

본 논문은 기존의 MB-OFDM UWB 시스템에 MIMO 기술을 적용하여 데이터 전송률을 1Gbps 급으로 향상시키기 위한 연구에 대해 기술하였다. 또한 시스템의 핵심 기술인 MIMO 전송 기술과 MIMO 심볼 검출기법에 대해 기술하고 성능 평가 및 심볼 검출기를 하드웨어로 구현한 결과를 제시하였다.

II. 본론

전송률의 증가를 위해 IEEE 802.15.3a[1]에서 제안되었던 MB-OFDM 시스템에 SDM 기술을 적용하였다. SDM 기술을 사용할 경우 안테나 수에 비례하여 전송률이 증가하는데, 2x2 SDM 기술을 사용하면 약 1Gbps의 전송률이 가능해진다. 또한 기존 MB-OFDM 시스템의 전송률도 지원 가능하다.

[그림 1]은 본 논문에서 제안한 2x2 MIMO MB-OFDM 시스템의 송수신단 구조를 나타낸다. 상위계층에서 내려온 프레임을 분할하여 두 개의 독립된 송신 체인을 사용하여 독립 전송하였고, 수신단에는 두 수신신

※본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구 결과로 수행되었고, CAD Tool은 IDEC으로부터 지원 받았음.

호를 이용하여 송신신호를 구분해내어 복조하는 심볼 검출기가 존재한다.

SDM 기술은 각 송신 안테나 별로 독립된 심볼을 전송하므로 채널을 거치면 두 송신 신호가 결합된 형태로 각각 두 수신 안테나에 들어오게 된다. 따라서 이 수신된 신호에서 각각의 송신 심볼을 구분하여 검출해내는 문제가 핵심 기술로 대두된다. 수신 심볼을 검출하는 기법 중 MLD (Maximum Likelihood Detection) 방식은 검출 가능한 모든 경우를 고려하기 때문에 최적의 성능을 가지지만, 복잡도가 매우 높기 때문에 실제로 구현하기가 어렵다.[2] 그러나 MB-OFDM UWB 시스템의 경우 QPSK 변조 방식을 사용하기 때문에 고려해야 할 경우의 수가 16개이므로 복잡도가 높지 않아서 하드웨어 구현이 가능하다. MLD를 위한 식은 식(1)과 같고, 식(1)의 norm은 식(2)처럼 근사화가 가능하다.

$$\hat{X} = \arg \min_X \|Y - HX\|^2 \quad (1)$$

$$\|Y - HX\|^2 \approx |\operatorname{Re}(Y - HX)| + |\operatorname{Im}(Y - HX)| \quad (2)$$

검출된 심볼과 수신된 심볼의 유클리디안 거리의 크기는 검출된 심볼의 확률을 나타내므로 식(2)를 양자화하는 soft decision 방식도 가능하다.

본 논문에서 연구된 핵심 기술을 적용한 2x2 MIMO MB-OFDM 시스템의 성능을 검증한 결과는 [그림 2]와 [그림 3]과 같다. 성능 평가는 CM1 채널 모델에서 960Mbps 전송모드로 신호를 전송하였을 때의 BER과 PER를 측정하였다. ML 방식을 사용하였기 때문에 성능은 기존의 MB-OFDM 480Mbps 전송모드에서와 동일하다. 따라서 본 논문에서는 soft decision 방식을 사용하여 하드웨어를 구현하였다.

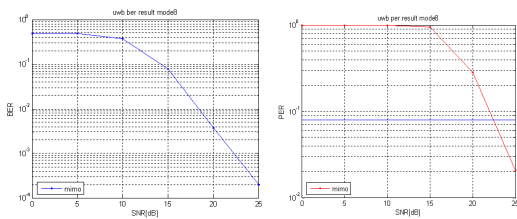


그림 2. BER 성능곡선 그림 3. PER 성능곡선

III. 구 현

주파수 오프셋과 시간 오프셋, 그리고 위상 오프셋이 완벽히 보정되었다고 가정하면 ISI의 영향을 받지 않기 때문에 부반송파 사이에 서로 독립성이 유지된다. 따라서 각각의 부반송파에 대해서 독립적으로 동일한 연산을 수행할 수 있기 때문에 병렬적 연산이 가능해진다. 따라서 하드웨어 구현 시 병렬구조를 사용하여 동작 주파수를

528MHz에서 132MHz로 낮추었다. 이를 통해서 복잡도는 다소 증가하지만 하드웨어 구현 조건이 좀 더 완화되는 효과를 얻을 수 있고 또한 파워 소모도 더 줄일 수 있다.

Verilog HDL을 이용하여 설계하였고, CMOS 0.18μm 공정을 사용하여 Synopsys tool에서 합성하였다. 심볼 검출기 설계 결과, 488K 정도의 gate count로 구현되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 480Mbps급 UWB 시스템과 동일한 대역폭과 전송파워를 가지고 향상된 데이터 전송률을 얻을 수 있는 1Gbps급 UWB 시스템 구현을 위한 시스템 구조를 제안하고, 핵심 복조 기술의 성능 평가를 수행하였다. 제안된 복조 기술을 하드웨어로 구현한 결과, 기존 MB-OFDM 시스템과 동일한 성능을 가지면서 두 배의 전송률을 얻을 수 있는 효율적인 심볼 검출기의 설계가 가능하였다.

참고문헌

- [1] MultiBand OFDM Alliance Special Interest Group, "MultiBand OFDM Physical Layer Specification Release 1.1", 2005
- [2] Richard van Nee, Allert van Zelst, Geert Awater, "Maximum Likelihood Decoding in a Space Division Multiplexing System", IEEE VTC2000, pp. 6-10, 2000
- [3] 허주, 장경희, "MIMO MB-OFDM 시스템", 한국통신학회논문지, '04-10 Vol.29 No 10A