

실내 환경에서 MIMO UWB 통신 시스템 다이버시티 컴바이닝 방법에 따른 BER 분석

조완제, 김근우, 김성철

서울대학교 전기정보공학부, 뉴미디어통신공동연구소

{wjc1423, kimkeunwoo15, sckim}@maxwell.snu.ac.kr

Analysis of BER for diversity combining methods for indoor MIMO UWB communication systems

Cho Wanjei, Kim Keunwoo, Kim Seong-Cheol

Department of Electrical and Computer Engineering and INMC, Seoul National Univ.

요약

본 논문에서는 실내환경에서 작동하는 MIMO(Multiple Input Multiple Output) UWB(Ultra-Wide Band) 통신 시스템의 수신단의 다이버시티 컴바이닝 방법에 따라 나타나는 통신 링크의 성능을 분석하였다. 각 수신 안테나에서 수신된 신호를 EG(Equal Gain), AS(Antenna Selection), MRC(Maximum Ratio Combining) 3 가지 기법을 통해서 컴바이닝 하였으며, 다양한 실내 채널 환경에서 측정된 채널 정보를 활용하여 BER(Bit Error Rate) 성능을 확인하였다. 결과적으로 송수신 안테나 사이에 장애물이 없는 경우 EG 기법이 MRC 기법과 유사한 성능을 가짐을 확인하였으며, 장애물이 있는 경우 AS 기법 또한 유사한 성능을 가짐을 확인하였다.

I. 서론

UWB(Ultra-Wide Band) 통신은 일반적으로 500 MHz 이상의 넓은 대역과 낮은 송신 파워를 사용하여 높은 정확도를 가진 거리 및 위치 추정을 수행할 수 있는 통신 시스템이다. 최근에는 IoT(Internet of Things)의 구현과 위치 기반 서비스 등을 제공하기 위해 스마트폰과 같은 다수의 기기에 포함되어 있으며, 점차 더 많은 기기들이 UWB 모듈을 포함할 것으로 예상되고 있다[1].

현재 IEEE 802.15.4 표준에 따라 물리계층이 정의되어 있으며, 본 연구는 DMW3000EVB 통신 장비를 이용하여 실내 환경에서 측정된 물리계층의 채널 정보를 바탕으로, 물리계층에서 수신단에서 효율적으로 다이버시티 컴바이닝하는 방안에 대해 논의한다.

II. 본론

A) 시스템 모델

본 연구에서는 IEEE 802.15.4 HRP(High Rate Pulse) 물리계층 표준에 따라 그림 1 과 같이 링크 레벨 시뮬레이션을 구현하였다. 채널코딩에 의한 효과는 고려되지 않았으며, DMW3000EVB 장비를 이용하여 측정된 채널 정보를 송수신기 간의 물리 채널로 활용하였다.

수신단에서는 2 개의 평거를 가진 레이크 수신기를 이용한다고 가정하였으며, 이를 통해 실내환경에서

존재하는 다중경로에 의한 신호 성분들의 경로 간 간섭을 최소화하였다. 추가적으로 2x2 MIMO 시스템을 가정하였으며, 수신단의 신호탐지를 위한 상관 계수 최소값을 0.4 로 설정하였다.

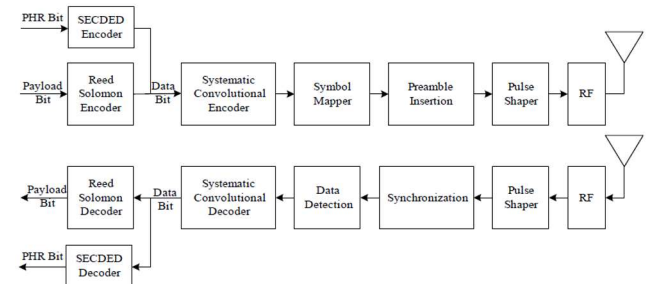


그림 1. UWB 시스템 모델

아래의 표 1 과 같이 시스템 파라미터들을 설정하였다.

PRF	64MHz
Sampling frequency	10 GHz
Pulse duration	2 ns
Bits per packet	10000
CIR sampling frequency	1 GHz

<표 1. 시스템 파라미터 값>

B) 채널 정보 획득 실험

본 연구에서 활용한 채널 정보를 획득하기 위해 그림 2 와 같이 실내환경에서 DMW3000EVB 기기간의 통신에서 preamble 을 통해 기록된 채널 정보를

활용하였다. 다양한 채널 정보를 획득하기 위해 송신 안테나 간의 거리를 0.76m, 1.44m 두가지를 고려하였으며, 안테나의 빔향성을 수직, 수평 방향으로 바꿔가며 실험을 진행하였다. 추가적으로 실내 환경에서 발생할 수 있는 장애물에 의한 영향을 고려하기 위해 사람이 송수신 안테나 사이에 존재하는 환경과 송수신 안테나 사이에 장애물이 없는 환경에서도 측정을 진행하였다.

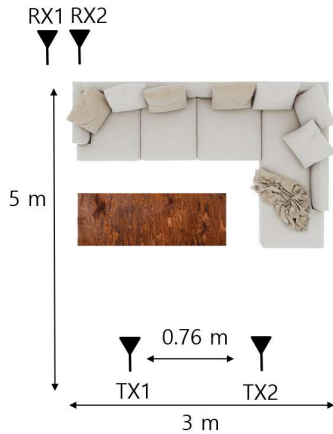


그림 2. 채널 정보 획득 실험 환경 예시

C) 링크 레벨 시뮬레이션 결과

본 연구에서 구현한 링크 레벨 시뮬레이션을 통해 수신단에서 각 안테나에서 수신된 신호를 3 가지의 방법으로 컴바이닝 하였으며, 각 방법과 송신 파워에 따라 나타나는 BER(Bit Error Rate)을 분석하였다.

활용 방법은 각 안테나에 같은 계수를 부여하여 합치는 EG(Equal Gain) 방법, 레이크 수신기에서 더 큰 파워를 수신한 안테나만을 고려하는 AS(Antenna Selection), 채널 정보를 기반으로 하는 MRC(Maximum Ratio Combining) 기법[2] 3 가지를 고려하였으며, 이에 따른 BER 결과 중 예시 하나를 아래의 그림 3 에서 확인할 수 있다.

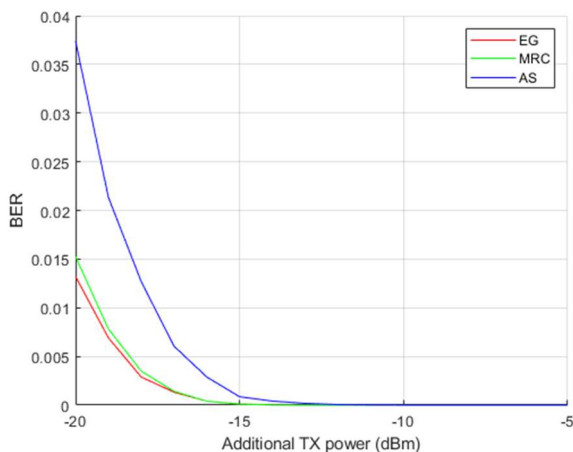


그림 3. 수신 신호 diversity combining 에 따른 BER

그림 3 과 같이 송수신 안테나 사이에 장애물이 없는 상황에선, MRC 기법과 EG 기법이 비슷한 성능을 가짐을 알 수 있었으며, 이는 안테나 사이의 채널 간의 상관관계가 높게 나타나서 발생한 것으로 생각할 수 있다. 해당 경우에는 AS 의 BER 이 가장 높게 나왔다.

사람이 수신 안테나 하나와 송신 안테나 하나 간의 경로를 막을 경우 AS 의 성능이 나머지 두 기법에 비슷해졌으며, 장애물에 의한 통신 채널의 열화로 인해 발생한 것으로 생각할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 실내환경에서 작동하는 MIMO UWB 통신 시스템의 수신단의 각 안테나의 신호 활용 방법에 따라 나타나는 통신 링크의 성능을 분석하였다.

EG, AS, MRC 3 가지 활용 방법을 사람에 의한 페이딩, 안테나의 방향, 송신 안테나 간의 간격 등을 고려한 다양한 채널 환경을 실제 UWB 통신 시스템에서 기록된 Channel Impulse Response(CIR)을 활용하여 분석하였으며, 결과를 봤을 때, EG 혹은 MRC 기법이 가장 낮은 BER 을 가짐을 확인하였다. 구현의 복잡성을 고려하였을 때 실내 환경에서 EG 방식을 이용하더라도 최적화된 결과에 가까운 성능을 가짐을 확인할 수 있었다.

채널 정보의 오차에 의해 MRC 기법의 성능이 떨어지므로 추후 채널 정보의 오류를 모델링이 가능하다면, 더 최적화된 수신 신호 활용 방안을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 BK21 FOUR 정보기술 미래인재 교육연구단에 의하여 지원되었음.

참 고 문 헌

- [1] *UWB Market Outlook EET Asia*, Aug. 2020, [online] Available: <https://www.eetasia.com/uwb-market-outlook/>
- [2] D. G. Brennan, "Linear Diversity Combining Techniques," in *Proceedings of the IRE*, vol. 47, no. 6, pp. 1075–1102, June 1959, doi: 10.1109/JRPROC.1959.287136.