

# SDR을 활용한 단일 송수신 안테나 무선통신 시스템 구현

최영준, 김재홍, 정진곤\*

중앙대학교 전자전기공학부

{chd12000, kjhct9606, jgjoung}@cau.ac.kr

## Single-Input Single-Output Wireless Communication System Implementation Using Software Defined Radio

Young Jun Choi, Jae Hong Kim, Jingon Joung\*

Chung-Ang University, School of Electrical and Electronics Engineering

### 요약

기존 무선통신 시스템 구현은 비용이 많이 들고, 하드웨어 시스템 검증 및 보완 유연성이 낮다. 이에 SDR(software defined radio)은 시스템 하드웨어 부분을 소프트웨어적으로 구현하여, 시스템 개발 유연성을 높인다. SDR은 RF(radio frequency) 트랜시버를 제외한 신호처리 부분을 소프트웨어적으로 구현할 수 있어, 낮은 비용으로 빠르고 유연하게 무선통신 시스템 개발을 돕는다. 따라서 SDR을 활용한 프로토타입 개발은 다양한 무선통신 기술 신호 처리 알고리즘 성능을 검증하기에 매우 적합한 방법이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 단일 송수신 안테나 (SISO: single-input single-output) 시스템을 USRP(universal software radio peripheral)와 MATLAB을 활용하여 구현한다. USRP 1은 송신기로써 QPSK(quadrature phase shift keying) 변조 신호를 전송하고, USRP 2는 수신기로써, 무선채널을 통해 수신한 수신 신호로부터 전송된 데이터를 복원한다. 비트 오류율 (BER: bit error rate) 성능을 이론적 성능과 비교하여, 구현한 SISO 무선통신 SDR 시스템이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 본 연구는 향후 다중 송수신 안테나 (MIMO: multiple-input multiple-output) 시스템 알고리즘 개발하기 위한 능력을 키울 수 있는 학부생 실험으로서 그 의미가 있다.

### I. 서론

최근 무선통신을 활용하는 응용 분야들이 더욱 다양해지고 있다. 이에 따라, 여러 통신 알고리즘들이 해당 응용 분야가 요구하는 성능에 부합하는지에 대한 구현과 검증이 필요한 상황이다. 이러한 통신시스템을 구현하는 과정에서 SDR(software defined radio)을 활용한 연구들이 활발하게 진행되어왔다. [1]에서는 동일대역 전이중 무선통신 개발과정에서 필요한 자기간섭 제거 기법을 SDR로 검증하였다. 28GHz 대역에서 LTE-TDD (long term evolution-time division duplexing) 통신 방식으로 데이터를 송수신하는 시스템 설계는 [2]에서 이루어진 바 있다. 또한, 주변 WiFi(wireless fidelity) 신호를 이용하여 실내환경에서 목표 기기의 위치를 판단하는 연구를 SDR 기반으로 구현되기도 하였다 [3].

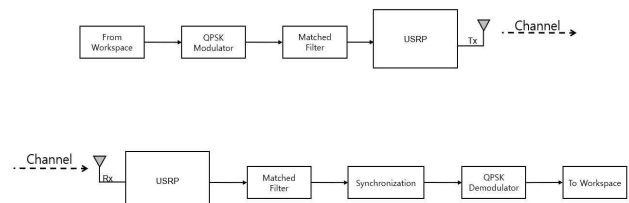
본 논문에서는 SDR 플랫폼을 이용하여 가장 기본적인 단일 송수신 안테나 (SISO: single-input single-output) 시스템을 구현한다. 단일 안테나의 USRP(universal software radio peripheral)를 트랜시버로 사용하여 SISO 채널을 생성하고, 데이터 생성, QPSK(quadrature phase shift keying) 변복조, 동기화, 그리고 심볼 검출과 같은 신호처리 과정을 MATLAB SIMULINK로 구현하였다. 송신전력을 달리하며 수신기에서 측정된 비트 오류율(BER: bit error rate)이 이론적인 BER 성능을 따르는 것을 확인하였다. 이로써 SISO SDR 시스템이 성공적으로 구현되었음을 확인하였다. 이를 토대로, 향후 SDR을 활용한 다중 송수신 안테나 (MIMO: multiple-input multiple-output) 시스템 구현 및 알고리즘 검증을 진행하고자 한다.

### II. Software Defined Radio (SDR)

무선통신 기술 알고리즘 성능을 검증하고 보완하고자 해당 시스템을 구현하는 과정이 수반되어야 한다. 하지만 기존 무선통신 시스템 구현은

[표 1] USRP B210 성능 제원 [4].

모델명	USRP B210
반송파 주파수	sub-6GHz 대역 (70MHz - 6GHz)
대역폭	기본 10MHz (최대 56MHz)
채널 지원	2Tx / 4Rx
드라이버	GNURadio, OpenBTS 등 오픈소스 하드웨어 드라이버 지원
연결성	USB 3.0

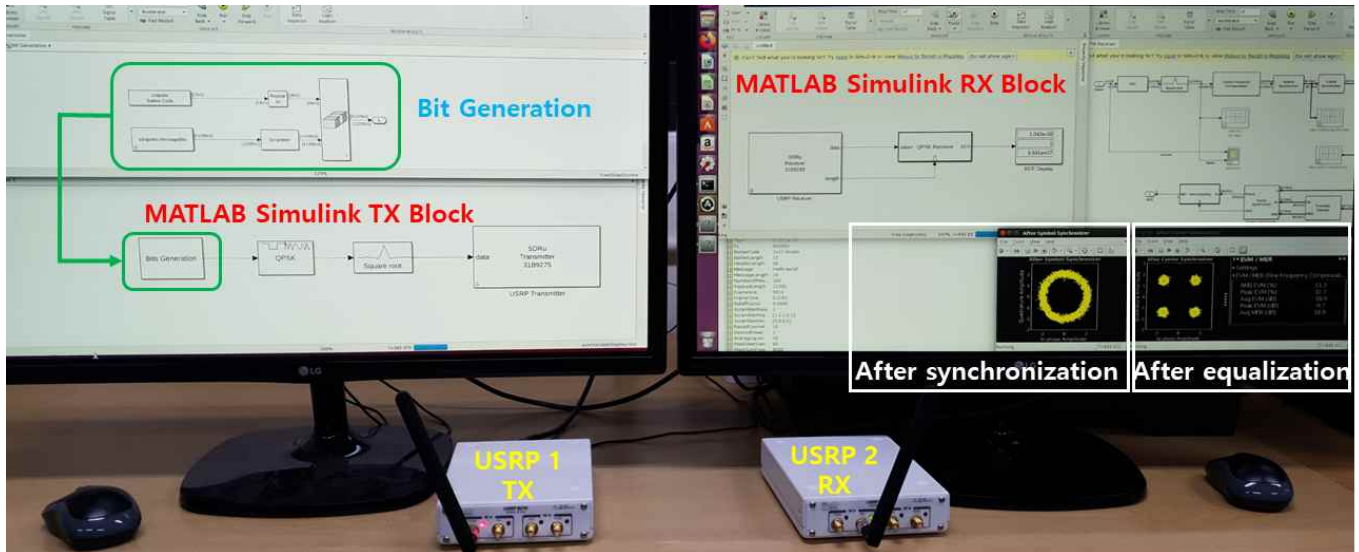


[그림 1] USRP를 활용한 송수신기의 시스템 모델.

큰 비용이 들기 때문에 다양한 기법들을 검증하기에 현실적으로 어려움이 있다. SDR은 RF(radio frequency) 트랜시버를 제외한 신호처리 부분을 소프트웨어적으로 구현할 수 있어, 낮은 비용으로 여러 무선통신 시스템을 검증하기에 매우 적합한 플랫폼이다. USRP는 이러한 SDR 플랫폼을 통해 실제 무선 데이터 송수신을 실험할 수 있는 RF 트랜시버로, 본 실험에서 사용한 USRP는 Ettus사의 B210을 사용하며 해당 기기의 제원은 [그림 2] 무선 SISO 시스템의 USRP 실험 환경. 표 1과 같다 [4].

### III. 무선 SISO 시스템 구축

본 논문에서 구현하고자 하는 SISO 무선통신 시스템 모델은 그림 1



[그림 2] 송신기 USRP 1과 수신기 USRP 2를 쓴 무선 SISO 시스템 USRP 실험 환경.

에 보였으며, 이는 그림 2와 같이 구현하였다. 먼저 송신부(USRP 1)가 무작위로 생성한 비트 데이터를 QPSK 심볼로 변조하여 안테나를 통해 전송한다. 수신부(USRP 2)는 무선채널을 통해 전파된 신호를 수신하여 복조한 후 전송된 데이터를 복원한다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 SISO 무선채널을 통해 통신환경을 구성하고 MATLAB을 사용하여 기본적인 SISO 송수신 시스템을 소프트웨어적으로 구현하였다. 이와 더불어, 통신 시스템의 성능을 비교하기 위해 무선이 아닌 유선 채널 환경에서 동일한 모델을 기반으로 실험을 진행하였다.

#### IV. 실험 결과

그림 2와 같이 구현한 시스템에서 송신전력에 따라, 즉 신호대잡음비(SNR: signal-to-noise ratio)에 따라 BER 성능을 그림3에 보였다. 성능 비교를 위해 AWGN(additive white gaussian noise) 채널에서 QPSK 변조 신호를 전송 시 아래 (1)에 보인 이론적인 BER 성능을 포함하였다 [1].

$$BER = \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du. \quad (1)$$

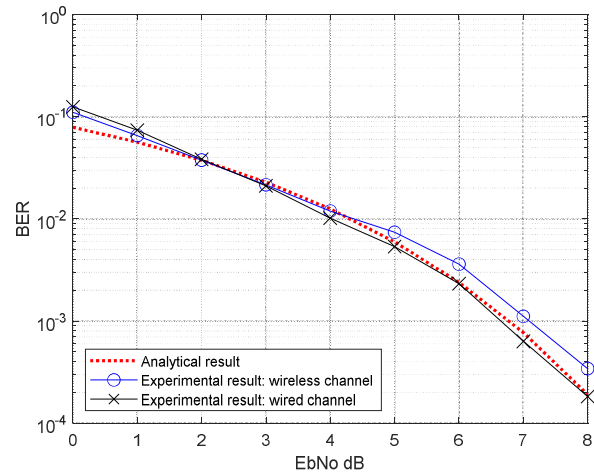
실험 결과, 무선 SISO 시스템에서 실험적으로 구한 BER 곡선이 이론적인 BER 곡선과 매우 흡사한 'BER 곡선의 기울기'를 갖음을 확인하였다. 또한, 무선채널보다 이상적으로 AWGN 채널에 가까운 유선 SISO 시스템의 경우와도 유사한 BER 성능을 얻음을 확인하였다. 이로써, 구현한 무선 SDR SISO 시스템이 정상적으로 동작함을 확인할 수 있었다.

#### V. 결론

본 논문에서는 USRP를 활용하여 기본적인 무선 SISO 시스템을 소프트웨어적으로 구현해보았다. 실험을 통해 얻은 BER 성능을 이론적 성능과 비교하여 구현한 SDR 시스템이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 이를 활용하여, 향후 다중 송수신 시스템을 구현하여 다양한 MIMO 기술 연구에 활용하고자 한다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단



[그림 3] SDR 실험 결과 (QPSK 변조 신호, SISO 시스템).

의 지원을 받아 수행된 연구임(2018R1A4A1023826)

#### 참고 문헌

- [1] 박하은, 윤지용, 김영식, "USRP 장치를 이용한 동일대역 전이중 무선 통신 연구", *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering And Science*, March 2019, 30(3) pp. 229-235.
- [2] 광경훈, 신봉득, 박동욱, 어윤성, 오혁준, "USRP RIO SDR을 이용한 5G 밀리미터파 LTE-TDD HD 비디오 스트리밍 시스템 설계 및 구현", *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering And Science*, May 2016, 27(5) pp. 445-253.
- [3] V. Nambiar, E. Vattapparamban, Ali I. Yaureki, I Guvenc, M. Mozaffari, W. saad, "SDR based indoor localization using ambient WiFi and GSM signals", in *Proc. International Conference on Computing, Networking and Communications, ICNC 2017*, 10 March 2017, pp. 952-957.
- [4] Ettus USRP B210 (Board Only) Features. [Online]. Available : <https://www.ettus.com/all-products/ub210-kit/>
- [5] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd ed., Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2001.