

전이중 무선 통신 실험을 위한 소프트웨어-정의 무선 테스트베드

박재형, 최우열, 임 혁

광주과학기술원 정보통신공학부

{jaehyoungpark, wychoi, hlim}@gist.ac.kr

Software-Defined Radio Testbed for Full-Duplex Wireless Communication Experiments

Jaehyoung Park, Wooyeol Choi, and Hyuk Lim

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

최근 스마트를 비롯한 다양한 전자기기가 무선 네트워크 연결성을 지원하고 있으며, 이로 인한 무선 트래픽의 급격한 증가에 대처하고 사용자에게 높은 수준의 무선 서비스를 제공하기 위해 차세대 무선 네트워크를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 제한된 무선 채널 자원에 대한 이용 효율을 극대화하기 위한 전이중 무선 통신 환경에 대해 다룬다. 하나의 무선 채널에서 동시에 송수신이 가능한 전이중 무선 통신환경에서 효율적인 무선 매체접근제어 프로토콜 연구를 수행하기 위해, 실제 소프트웨어-정의 무선 (software-defined radio, SDR) 장비로 전이중 무선 매체접근제어 실험 테스트 베드를 구축하고 이를 활용한 실험을 수행하였다.

1. 서론

스마트 폰을 통해 무선 인터넷에 익숙해진 사용자들은 기존의 유선으로 사용하던 인터넷 접속 서비스를 무선 네트워킹을 통해 유비쿼터스 환경에서 사용할길 원하게 되었으며, 이와 동시에 유선 네트워크에서 경험하던 높은 수준의 인터넷 서비스를 사용할 수 있기를 기대하고 있다. 현재 대부분의 무선랜의 매체접근제어 (media access control, MAC) 기술은 경쟁기반 무작위 다중 접근을 기반으로 각 무선 단말이 한 번에 한 방향으로만 송신 또는 수신하는 반이중 통신을 사용하고 있다. 무선랜 환경에서 동시에 데이터를 송수신할 경우, 무선 단말의 전송 신호가 수신신호를 방해하는 자가 간섭 현상으로 인하여 데이터 수신이 실패하게 된다. 이러한 한계를 극복하기 위해 하나의 채널에서 동시에 송신 및 수신을 가능하게 하는 자가 간섭 무효화 기술에 대한 연구와 이를 활용한 단일 채널 전이중 무선 통신 (full-duplex wireless communication)을 가능하게 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다 [1-3].

본 논문에서는 전이중 무선 통신 기술을 적극적으로 도입하기 위해 SDR (software defined radio)를 활용하여 무선 통신 실험 환경을 구축함으로써 보다 실제적인 연구를 진행할 수 있게 하였다. SDR을 이용하여 중계 노드에서 데이터를 동시에 송수신하는 환경을 구축함으로써, 자가 간섭 현상을 직접 확인하고 지향성 안테나를 활용한 자가 간섭 무효화에 대한 가능성을 확인하였다.

2. WARP (Wireless Open Access Research Platform)

본 논문에서는 전이중 무선 통신을 위한 테스트베드 구축을 위해 WARP SDR 보드를 사용한다 [4]. WARP board에 탑재 가능한 두 가

지 형태의 프레임워크인 WARPnet과 WARPLab을 통해 다양한 환경에서 실시간 무선 통신 실험 및 신호처리 실험이 가능하다. 본 논문에서는 자가 간섭 신호의 분석을 위해 WARPLab을 기반으로 테스트베드를 구축하였다.

2.1 WARP Board

WARP board는 확장성이 용이하고 프로그래밍을 통한 다양한 무선 통신 환경 구축이 가능한 무선 플랫폼이다. WARP 보드는 FPGA (field-programmable gate array), RF 인터페이스 2개, LED, seven-segment, displays, DIP switch 등의 다양한 주변 기기들을 가지고 있다. 본 논문에서는 무선랜에서 사용하는 2.4GHz 대역의 ISM 주파수를 사용하였고, 각각의 WARP board가 안테나 2개와 연결되도록 환경을 구성하였다.

2.2 WARPLab

WARPLab은 송신 및 수신 노드들이 하나 혹은 여러 개의 안테나의 조합을 이용하여 다양한 물리 계층 설계를 가능하게 하고 실험적 검증할 수 있도록 하는 프레임워크이다. 사용자들은 WARP 보드의 개수에 따라 다양한 노드들의 조합으로 통신을 구현하고 테스트할 수 있다. 이러한 프레임워크를 이용하여 하나의 송신 안테나와 하나의 수신 안테나를 이용하는 SISO (single input single output) 방식과, 실제 무선랜에서 사용하는 변조방식인 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing), 그리고 각각의 부반송파는 QPSK (quadrature phase shift keying) 변조 방식의 통신환경으로 설정하여 실험하였다.

3. 실험 내용 및 결과

3.1 구현환경

본 논문에서는 전이중 무선 통신을 위한 테스트 베드는 WARP 보드 3개를 이용하여 구성하였다. 테스트 베드의 노드 구성은 그림 1과 같다. 그림 1의 화살표는 통신 방향을 나타내며, D_N 은 서로 다른 노드의 안테나 사이의 거리를 나타내며, D_A 는 하나의 노드에 연결되어 있는 송신 및 수신 안테나 사이의 거리를 나타낸다. 노드 N2는 동시에 데이터 송수신을 하도록 구성하였으며, 노드 N2가 송신과 수신을 동시에 수행할 때, 전송신호가 수신신호를 방해하여 자가 간섭 현상을 일으키는 환경을 구성하였다. 구성된 환경에서 같은 노드의 안테나 사이의 거리인 D_A 를 변화시키면서, 자가 간섭 신호의 세기에 따른 자가 간섭 현상을 관찰 및 분석하였다. 또한, 지향성 안테나를 이용하여 자가 간섭 무효화 기술에 의해 자가 간섭 신호의 변화를 비교하였다.

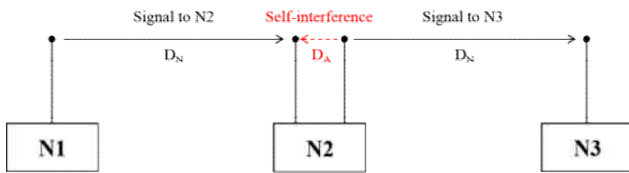


그림 1. 전이중 무선 통신을 위한 테스트 베드 구성

3.2 실험결과

그림1에서 D_A 의 거리를 변경하면서 BER (bit error rate)과 EVM (error vector magnitude)을 측정하였다. BER은 데이터가 전달되는 과정에서 수신된 비트의 수에서 오류가 발생한 비트의 수의 비율을 의미하며, EVM은 송신신호와 수신신호 심볼 간의 벡터 차를 데이터 심볼의 수로 나누어 준 것으로 수신신호에 간섭이 많이 발생할수록 높은 값을 가진다. 지향성 안테나를 이용한 수동적 간섭 무효화를 한 결과와 간섭 무효화를 하지 않은 결과를 비교하였다. 그림 2에서 알 수 있듯이 그림1의 D_A 가 짧을 때는 자가 간섭이 많이 일어나게 되어, 높은 비율로 비트 에러가 발생한다. 반면에 수동적 간섭 무효화를 적용한 결과는 가까운 거리에서도 비트 에러가 일어나지 않는다는 것을 확인하였다. 또한, 그림3의 결과를 통해 그림1의 D_A 가 짧을 때 EVM이 높은 것을 확인할 수 있고, 이는 자가 간섭에 의한 영향이 크다는 것을 보여준다. 반면에 수동적 간섭 무효화를 적용한 결과 낮은 비교적 안정적인 EVM을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 전이중 무선 통신 환경을 위한 테스트베드 구축을 목표로 하였다. 구축한 테스트 베드를 통해 자가 간섭의 영향을 실험적으로 확인하였고, 수동적 간섭 무효화를 통해서 자가 간섭을 억제하여 전이중 무선 통신이 가능하다는 것을 확인하였다.

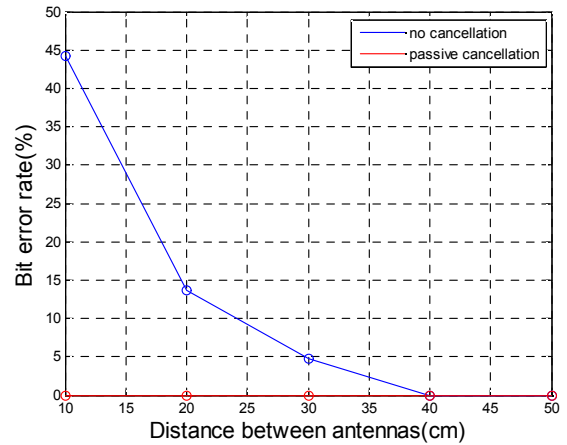


그림 2. 송신 및 수신 안테나간 거리에 따른 BER 결과

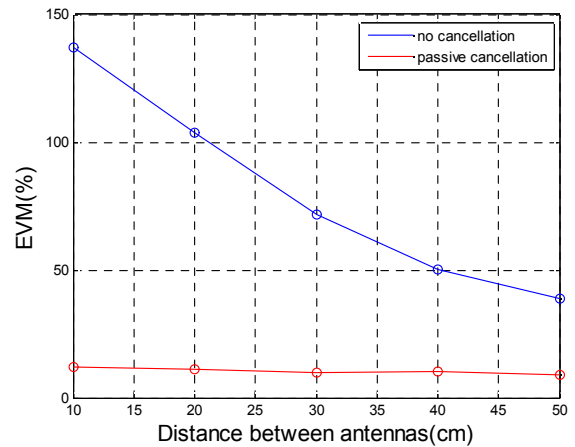


그림 3. 송수 및 수신 안테나간 거리에 따른 EVM 결과

Acknowledgment

이 논문은 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단 중견연구자지원사업(핵심) (2014R1A2A2A01006002)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

- [1] J. Choi, M. Jain, K. Srinivasan, P. Levis, and S. Katti, "Achieving single channel, full duplex wireless communication," in *Proceedings of ACM MobiCom*, 2010.
- [2] W. Choi and H. Lim, "Immediate acknowledgement for single-channel full-duplex wireless networks," in *Proceedings of IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS)*, 2012.
- [3] Wooyeol Choi, Hyuk Lim, and Ashutosh Sabharwal, "Power-controlled medium access control protocol for full-duplex WiFi networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, published online, 2015.
- [4] Wireless Open-Access Research Platform (WARP). [Online]. Available: <http://warpproject.org/trac>