

공조 다이버시티에서의 부정확한 채널 추정을 고려한 성능 분석에 관한 연구

노상민, 홍대식
연세대학교 전기전자 공학과 정보통신 연구실
rosman@itl.yonsei.ac.kr

Performance Analysis with Imperfect Channel Estimation in Cooperative Diversity

Sang-Min Ro, Dae-Sik Hong

Information and Telecommunication Lab.
Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei Univ.

요 약

본 논문에서는 부정확한 채널 추정이 존재하는 상황에서 공조 다이버시티 기법의 정확한 비트 에러율 성능을 유도한다. 파일럿에 의한 채널 추정을 사용할 경우, 수신된 파일럿 신호는 불가피한 채널 오차에 의하여 정확도가 감소하게 된다. 실험 및 성능 분석 시 채널 환경은 저속 시변 레일리 페이딩 환경을 가정한다. 기본적인 동조 다이버시티의 성능 유도 방식은 Moment Generating Function (MGF)를 이용하여 성능을 구하는 방법을 적용한다. 또한, 본 논문에서는 유용한 채널 추정의 영향을 성능 유도에 적용하기 위하여 기존의 유용한 가우시안 근사화 방식을 사용, 실효 잡음 (effective noise) 성분 및 부가 잡음을 정형화한다. 이 근사화 기법에 근거하여 M-QAM 및 M-PSK 을 사용하는 공조 다이버시티에서의 평균 비트 오차율 성능은 신호 대 실효 잡음 비의 함수로 계산된다. 실험을 통한 검증 결과, 유도된 성능은 낮은 신호 대 잡음비 구간을 포함한 거의 모든 구간에서 높은 정확도를 갖는 것으로 판명되었다.

I. 서론

이동 통신 시스템에서 페이딩 채널의 영향을 완화하고 신뢰성 있는 통신을 이루기 위하여 다양한 기법들이 제안되어 왔다. 이들 기법 중 대표적인 것으로서 다이버시티 기법을 들 수 있다. 이는 독립적인 페이딩을 갖는 다중 경로를 생성하고 이를 통하여 전달된 전송 신호들을 수신 단에서 결합하여 성능의 향상을 도모하는 방법이며 다중 경로는 시간, 공간, 또는 주파수 차원으로 생성될 수 있다.

특히, 전송 단에서 다중 안테나를 사용하여 공간 다이버시티를 얻는 방식을 전송 다이버시티라고 하며, 대표적인 전송 다이버시티 방식으로는 Space-time Block Coding (STBC) 방식을 들 수 있다. 그러나, 공간 다이버시티에는 다중 경로 간의 상관관계 및 다중 안테나의 사용에 의한 하드웨어의 복잡 증가 등으로 적용 범위에 제약이 존재하며, 이러한 특성으로 인하여 이동 단말기에서 전송 다이버시티를 사용하여 이득을 얻는 것에는 많은 어려움이 따른다.

최근 새로운 공간 다이버시티 방식으로써, 공조 다이버시티 (Cooperative Diversity)가 주목을 받고 있다[1]~[2]. 이 새로운 기법은 이동 단말기 간의 안테나를 서로 공유하여 얻어지는 가상 다중 안테나를 통하여 자신의 신호를 전송하므로, 단말기에 다중 안테나를 장비하기 어려운 제한을 극복하는 동시에 공간 다이버시티를 획득할 수 있는 장점을 갖는다. 공조 다이버시티의 기본 구조는 전송 단말과 릴레이, 그리고 수신 단으로 구성된다. 여기서 수신 단은 네트워크 환경에 따라 다른 단말기가 될 수도 있고 기지국이 될 수 있다. 이러한 공조 다이버시티는 다중 홉 다이버시티,

릴레이 채널, 또는 사용자 공조 다이버시티 등의 다양한 명칭으로 널리 연구되어 왔다.

최근의 통신 시스템에서는 보다 높은 데이터율이 요구되는 추세이므로, QAM 과 같은 고차 변조 방식의 사용이 빈번해지고 있으며 그에 따른 채널 추정의 중요성이 대두 되고 있다. 따라서, 본 논문의 주제인 공조 다이버시티에 대해서도 이러한 추세를 고려하여 종합적이고 정확한 성능을 유도할 필요가 있다.

이러한 필요성에 따라서 공조 다이버시티 성능 분석에 관한 기존의 선행연구들이 이루어져 왔으나, 실제적인 다중 릴레이 구조를 가정한 공조 다이버시티 기법에 대하여 채널 추정 오차 및 고차 변조 방식의 종합적으로 고려하는 점에서 부족한 측면이 있다.

Anghel 과 Hasna 의 연구 결과는 정확도가 높기는 하지만 채널 추정 오차 및 고차 변조 방식을 고려하지 않았다[3]~[4]. 또한 Cheng 과 Ribeiro 의 연구 결과는 낮은 SNR 영역에서 분석 결과의 정확도가 감소하는 단점이 있다[5]~[6]. Barbarossa 의 경우, 릴레이에서의 에러 영향이 없다고 가정된 점이 실제 상황에 적용하기에 적합하지 않은 단점을 갖고 있다[7]. 마지막으로, 이들 모두 고차 변조 방식에 대한 언급을 하지 않았다.

따라서 본 논문은 채널 추정 정확도 및 고차 변조방식을 종합적으로 고려하여, 위의 선행연구들의 단점이 보완된 공조 다이버시티 비트 에러율 성능을 유도한다. 유도된 성능은 실제적인 공조 다이버시티의 성능 예상, 검증 등 광범위한 분야에 간편히 적용될 수 있고, 정확도 측면에서도 우수한 특성을 가지므로, 그 활용도가 매우 높을 것으로 예상된다.