

OFDM 시스템의 Uncoded BER 성능 분석을 위한
주파수 선택적 Rician 채널 모델의 근사

강인웅*, 옥규순*, 김호재*, 김영민°, 서재현°, 김홍목°, 김형남*
*부산대학교, ° 한국전자통신연구원

hnkim@pusan.ac.kr

An approximation of a frequency-selective fading Rician channel
for Uncoded BER performance analysis of an OFDM system

In-Woong Kang*, Kyu-Soon Ok*, Ho Jae Kim*, Youngmin Kim°, Jae Hyun Seo°,
Heung Mook Kim°, and Hyoung-Nam Kim*

*Dept. of Electronics Engineering, Pusan National University

° Broadcasting System Research Department, Electronics and Telecommunications
Research Institute

요 약

본 논문은 주파수 선택적 two-ray Rician 채널의 근사식을 구한 뒤 이를 이용하여 OFDM 시스템의 Uncoded BER 성능을 분석하였다.

I. 서론

강한 LOS 신호가 존재하는 다중 경로 채널은 Rician 분포로 모델링되며, Rician 채널 모델을 겪는 무선 통신 채널의 성능 분석과 관련된 연구가 무선 통신 및 방송 시스템을 대상으로 활발히 진행되어 왔다 [1]. 특히 최근 다양한 이동통신 표준의 전송 방식으로 채택되어 사용되고 있는 직교 주파수 분할 다중화(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 기법이 사용될 경우, Rician 채널은 주파수 영역에서 선택적 페이딩을 겪게 되며, 이에 대한 연구 또한 진행되었다 [2]. 그러나, 앞선 연구 결과들은 시간 또는 주파수 영역에서 다중경로 성분을 모두 고려함으로 인하여 분석 과정이 매우 복잡한 단점이 있다. 이와 관련하여, 본 논문은 주파수 선택적 Rician 페이딩 채널 모델의 근사식을 제안하고 이를 이용한 OFDM 시스템의 Uncoded BER 성능을 분석한다.

II. 주파수 선택적 Rician 페이딩 채널 계수의 근사식과 이를 이용한 OFDM 시스템의 성능 분석

OFDM 심볼의 n 번째 부반송파의 주파수 선택적 two-ray Rician 페이딩 채널계수, $h(n)$, 은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$h(n) = \sqrt{\frac{K}{K+1}} h_{LOS} + \sqrt{\frac{1}{K+1}} e^{-j\frac{2\pi r f n}{N}} h_{NLOS} \quad (1)$$

이 때, h_{LOS} 와 h_{NLOS} 는 각각 채널의 LOS (line-of-sight) 성분인 상수 값과 산란 (scattering) 성분인 랜덤 변수이며, 이 두 성분의 전력비를 Rician 계수 K 로 나타낸다. 랜덤 성분은 시간 영역에서 시간 지연(τ)을 갖는 다중 경로 채널을 나타내며, 시간 지연에 의하여 발생하는 위상 변화는 식 (1)의 지수성분과 같이 표현된다.

식 (1)과 같이 지수함수로 OFDM 대역 내의 부반송파에 적용되는 주파수 선택적 페이딩을 모델링할 경우, 이 모델에 대한 확률 분포는 주파수 도메인의 부반송파 번호를 고려해야 한다는 어려움이 있다. 즉, 식 (1)에 대한 확률 분포를 모든 부반송파를 고려한 확률 분포를 각각 계산한 뒤 이를 평균하여 성능 분석에 사용해야 한다.

성능 분석 과정의 복잡도를 개선하기 위하여, 본 논문은 식 (1)의 랜덤 성분의 통계적 분포를 이용하여 이 식을 근사하였다. 구체적으로, 복소 가우시안 분포를 갖는 랜덤 변수인 산란 성분(h_{NLOS})은 크기는 Rayleigh 분포를 나타내며, 위상은 균등(uniform) 분포를 나타내는 것이 알려져 있다. 식 (1)의 경우 랜덤 변수에 곱해진 지수 성분의 위상이 원주에 따라 균등하게 분포하므로, 복소 가우시안 랜덤 변수와 곱해질 경우 랜덤 변수의 확률 분포의 변화가 없음을 예상할 수 있다. 이에 따라서 식 (1)의 two-ray 주파수 선택적 Rician 채널 모델은 아래 식 (2)와 같이 근사될 수 있다.

$$h' = \sqrt{\frac{K}{K+1}} h_{LOS} + \sqrt{\frac{1}{K+1}} h_{NLOS} \quad (2)$$

식 (2)와 같이 근사된 채널 계수와 원 채널 계수의 확률 분포는 그림 1 에서 보듯이 같은 형태를 나타냄을 알 수 있다. 그림 1 의 범례에서 A 와 α 는 식 (1)의 $\sqrt{K/(K+1)}h_{LOS}$ 와 $\sqrt{1/(K+1)}h_{NLOS}$ 를 나타낸다.

식 (1)과 (2)의 확률 분포를 보이는 채널을 겪는 OFDM 시스템의 uncoded BER 성능을 추출한 결과가 그림 2 에 도시되어 있다. 모의 실험에는 16-QAM 변조가 사용되었으며, Rician 계수 K 는 1 로서 LOS 성분과 랜덤 성분의 전력 비가 같다. 그림 2 는 근사된 채널 계수가 적용된 OFDM 시스템의 uncoded BER 과 실제 주파수 선택적 페이딩 채널의 uncoded BER 이 거의 같음을 보여주고 있다.

III. 결론

본 논문은 two-ray 주파수 선택적 Rician 페이딩 채널을 근사하고, 근사된 채널 모델을 겪은 OFDM 시스템의 uncoded BER 성능이 원 채널 모델에 대한 uncoded BER 성능과 거의 같음을 확인함으로써 근사 채널 모델의 효용성을 확인하였다. 본 논문의 근사 식은 향후 추가 연구를 통하여 다중 경로에 의한 광대역 채널의 주파수 선택적 페이딩 채널 분포에 대한 수신 성능을 효과적으로 분석하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R0101-15-294, 융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발]

참 고 문 헌

- [1] M. K. Simon and M.-S. Alouini, "Chapter 5: useful expressions for evaluating average error probability performance," Digital communication over fading channels, 2nd ed. Hoboken, U.S.A.
- [2] Z. Du, J. Cheng, and N. C. Beaulieu. "Accurate error-rate performance analysis of OFDM on frequency-selective Nakagami-m fading channels." *IEEE Transactions on Communications*, vol. 54, no. 2, pp. 319-328, 2006.

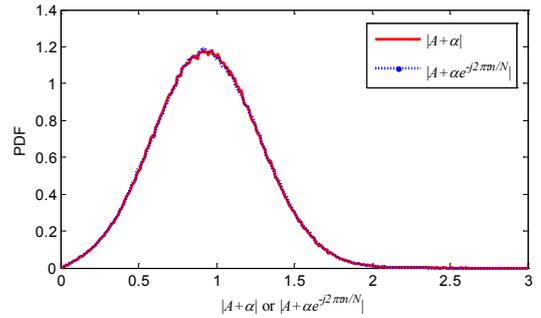


그림 1. 채널 계수 식 (1)과 (2)의 확률 분포

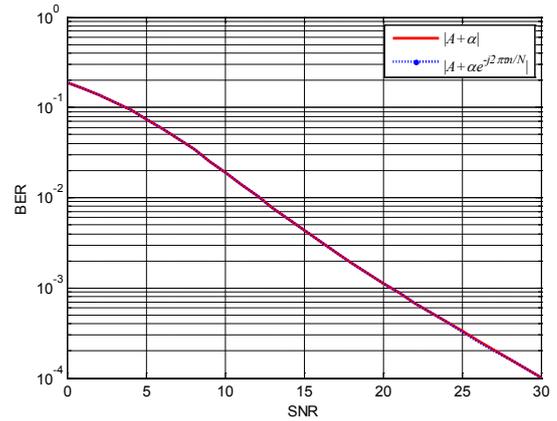


그림 2. Uncoded BER 성능