

단일 링크 페이딩 채널에서 효율적인 다이버시티 차수 증대 방법과 Outage 분석†

이석원*, 한재민, 오은성, 홍대식**
 연세대학교 전기전자공학부 정보통신연구실

Outage Performance of an efficient Diversity Enhancing Scheme in a Single link Fading Channel

*Seokwon Lee, Jaemin Han, Eunsung Oh and **Daesik Hong
 Information and Telecom. Lab.(B715), Dept. of Electric and Electronic Engin., Yonsei Univ.
 E-mail : hsblele@yonsei.ac.kr*, daesikh@yonsei.ac.kr**
 Homepage: http://mirinae.yonsei.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose a diversity-enhancing scheme in a single link fading channel using repetition QPSK symbol code. The proposed scheme can be converted to rate outage formula and obtains enhanced diversity performance while guaranteeing the required data rate. Simulation result shows that the proposed scheme improves the rate outage performance compared to the conventional BPSK diversity schemes.

I. 서론

다이버시티 기법은 무선 통신 시스템에서 발생하는 채널의 페이딩 효과에 의한 신호의 왜곡을 완화하기 위해 동일한 신호를 여러 페이딩 채널을 거쳐 전송하여 수신단에서의 전송 신뢰도를 높이는 방식이다 [1]. 하지만, 일반적으로 반복코드를 사용하여 동일한 신호를 서로 다른 시간의 독립적인 페이딩 채널을 겪게 함으로써 다이버시티 효과를 얻는 시간 다이버시티 기법은 다이버시티 성능을 얻을 수 있지만, 전송률이 떨어지는 단점이 있다.

따라서 이를 개선하고자 본 논문에서는 반복코드를 사용함에 있어 변조 차수를 증가시켜 전송률이 유지되면서 시간 다이버시티를 얻는 방법을 제안한다. 그리고 기존의 기법들과의 전송률 outage 분석, 비교를 통

† 본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실 지원사업의 연구결과임.

‡ 이 논문은 한국과학재단이 주관하는 국가지정연구실사업(NRL:R0A-2007-000-20043-0)의 지원을 받아 연구되었음.

표 1 기존의 방식과 제안된 방식의 전송 방법

Symbol time	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	
BPSK	A	B	C	D	E	F	G	H	
BPSK Repetition	A	B	C	D	A	B	C	D	
QPSK Proposed	동위상	A	B	C	D	E	F	G	H
	직교위상	C	D	A	B	G	H	E	F

해 제안된 기법의 성능향상을 확인한다..

II. 본론

2.1 제안된 QPSK 심볼 코드

기존의 BPSK 변조기법을 사용하는 전송방식은 심볼당 1 비트씩 전송하며, 반복코드를 사용할 경우 표 1과 같이 시간 자원을 더 사용하여 다이버시티 성능을 얻게 된다. 이러한 기존 시간 다이버시티 기법의 시간 자원의 낭비를 줄이고자 반복코드 사용에 있어서 표 1과 같이 변조차수가 높은 QPSK를 이용하여 동위상과 직교위상에 나누어 전송하는 기법을 제안한다.

2.2 전송률 Outage 성능 분석

전송률 outage는 한 심볼을 전송했을 때 목표 데이터 전송률을 만족하지 못하는 확률로 정의하며 [2], 데이터 전송률이 동일한 시스템의 성능을 비교할 때 사용된다.

송신단에서 커패시티 획득 코드를 사용하고 목표 데이터 전송률이 $R \text{ bit/sec/Hz}$ 인 시스템에서의 전송률 outage는 다음과 같다.

$$p_{out}(R) = P \{ \log_2(1 + SNR) < R \}. \quad (1)$$

수식 (1)과 같이 전송률 outage의 성능은 시스템의 수신 신호대 잡음비(SNR : Signal-to-Noise Ration)에 의존한다 [3]. 따라서 각 시스템의 수신 SNR 계산을 통하여 전송률 outage 성능을 분석할 수 있다.

기존의 BPSK 변조기법을 사용하는 시스템의 경우 수신 SNR 은 $|h|^2 P/N$ 로 나타낼 수 있으며, 전송률 outage는 다음과 같이 표현된다.

$$p_{out}^{BPSK}(R) = P \left\{ \log_2 \left(1 + |h|^2 \frac{P}{N} \right) < R \right\}. \quad (2)$$

여기서 P와 N은 각각 심볼과 잡음의 파워를 의미하며 h 는 채널 이득을 의미한다.

반복코드를 사용하는 BPSK 전송방식의 경우, 수신단에서 동일한 비트를 담고 있는 심볼들을 합하여 수신 SNR을 고려하므로 다이버시티 차수 2의 성능을 얻지만, 2배의 시간 자원 소모에 의해 전체 전송률은 낮아진다. 따라서 동일한 전송률을 얻기 위해 심볼당 전송률은 2배로 높아져야 하므로 전송률 outage는 다음과 같이 표현된다.

$$p_{out}^{BPSKrep}(R) = P \left\{ \log_2 \left(1 + \sum_{i=1}^2 |h_i|^2 \frac{P}{N} \right) < 2R \right\}. \quad (3)$$

반면 제안된 시스템의 경우, 표1과 같이 QPSK 심볼 U_i 이 전송되었을 때 수신신호는 다음과 같다.

$$y_i = h_i U_i + N. \quad (4)$$

수신된 QPSK 심볼은 동위상과 직교위상에 대하여 독립적으로 고려할 수 있기 때문에 임의의 비트 A에 대한 수신 신호는 다음 두 신호의 합으로 나타 낼 수 있다.

$$y_{1,I} = h_1 U_{1,I} + \frac{N}{2}, \quad y_{2,Q} = h_2 U_{2,Q} + \frac{N}{2}. \quad (5)$$

위의 두 신호의 합을 수신 단에서 송신 비트 A에 대한 동기검파를 하였을 때 출력은 다음과 같다.

$$r_A = (|h_1|^2 + |h_2|^2) \frac{P}{2} + N = \left(\sum_{i=1}^2 |h_i|^2 \right) \frac{P}{2} + N. \quad (6)$$

즉, 수신단에서 수신된 신호를 제안된 방식에 따라 동일한 비트들에 대해 재구성하면 각 비트는 (6)의 식과 같이 $\left(\sum_{i=1}^2 |h_i|^2 \right) \frac{P/2}{N}$ 의 수신 SNR을 가지는 심볼을 통해 각 전송된 것으로 재편성된다. 따라서 제안된 기법의 전송률 outage 성능은 다음과 같다.

$$p_{out}^{proposed}(R) = P \left\{ \log_2 \left(1 + \sum_{i=1}^2 |h_i|^2 \frac{P/2}{N} \right) < R \right\}. \quad (7)$$

수식(7)과 같이 제안된 방법은 수식(2), (3)의 기존의 방식과 비교하여 각각 다이버시티 이득과 전송률에 대한 이득을 얻으므로 outage 성능의 향상을 기대할 수 있다.

III. 실험 결과 및 결론

제안된 다이버시티 증대 방법의 전송률 outage를 비교하기 위해 데이터 전송률이 1bit/sec/Hz인 독립적인 페이딩 채널 환경에서 컴퓨터 모의실험을 수행하였다.

그림 1은 표 1에 따른 기법들에 대한 전송률 outage 성능을 나타낸다. 낮은 SNR에서는 제안된 기법에 비해 기존의 BPSK 변조 방식의 outage 성능이 좋게 나타난다. 이는 제안한 기법의 변조 차수의 증가로 인한 SNR 성능 열화에 기인한다. 그러나 SNR이 증가함에 따라 SNR 성능 열화 보다 다이버시티 효과에 의한 성능 향상이 더 우세하게 되어 BPSK 변조 방식에 비해 전송률 outage가 10%일 때 3dB이상의 성능 이득을 갖는다. 또한 반복코드를 사용하는 BPSK 방식과 제안되는 방법은 동일한 다이버시티 성능을 보여주지만, 심볼당 전송률을 유지하는 장점에 의해서 1.5dB의 성능 이득을 얻는 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 반복코드를 사용함에 있어서 변조 차수를 증가시켜 전송률이 유지되면서 시간 다이버시티를 얻을 수 있는 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 SNR이 증가함에 따라 기존의 기법보다 향상된 outage 성능을 보인다.

참고문헌

- [1] H. J. Song, J. H. Kim, and D. S. Hong, "Joint doppler-frequency diversity for OFDM systems using hybrid interference cancellation in time-varying multipath fading channels", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol 57, no 1, Jan. 2008.
- [2] D. Tse, *Fundamentals of Wireless Communication*, 2nd ed. New York, NY: Cambridge, 2005.
- [3] A. A. Abu-Dayya, N. C. Beaulieu, "Outage probabilities of cellular mobile radio systems with multiple Nakagami interferers" *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol 40, no 4, Nov. 1991.

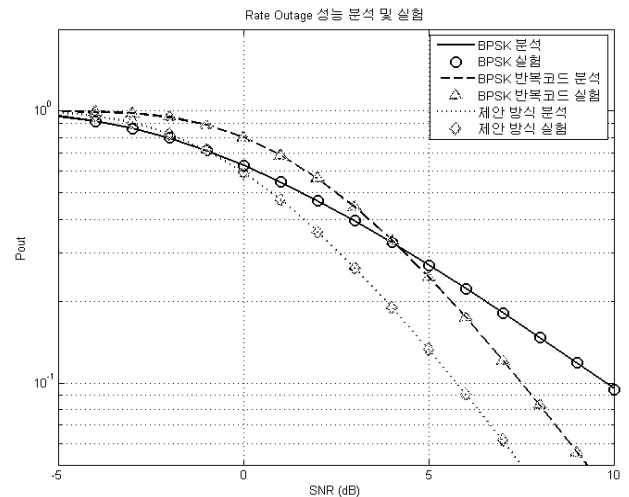


그림 1 R=1bit/sec/Hz인 경우의 제안한 방식과 기존의 다이버시티 기법간의 outage 성능비교