

적응형 OFDM/MIMO 시스템의 성능 분석

(Performance Analysis of a Adaptive OFDM-MIMO System)

강희훈*, 이영종*, 한완옥**, 현동환***

*여주대학 전자과, ** 자동차과, *** 모바일통신과

Abstract

This paper demonstrates OFDM with adaptive modulation applied to Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) systems. We apply an optimization algorithm to obtain a bit and power allocation for each subcarrier assuming instantaneous channel knowledge. The analysis and simulation is considered in two stages.

The first stage involves the application of a variable-rate variable-power MQAM technique for a Single-Input Single-Output(SISO) OFDM system. This is compared with the performance of fixed OFDM transmission where a constant rate is applied to each subcarrier. The second stage applies adaptive modulation to a general MIMO system by making use of the Singular Value Decomposition to separate the MIMO channel into parallel subchannels. For a two-input antenna, two-output antenna system, the performance is compared with the performance of a system using selection diversity at the transmitter and maximal ratio combining at the receiver.

I. 서론

최근 통신서비스의 주류인 멀티미디어를 제공하기 위해서는 광대역 전송방식이 필수적이다. 이러한 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 요구사항에 부합하는 기술이 바로 직교 주파수 분할 다중화(OFDM)방식이다.

고정적인 전송방식은 데이터 전송율이 고정적이거나 채널상태에 따라서 최적화되어 있지 못하다. 적응형 변조방식은 비적응형 비부호화 방식에 대해서 개선된 데이터 율을 제공하는 중요한 기술이다. 송신기와 수신기 사이의 채널 상태 정보가 주어지면, 송신기와 수신기는 성능을 개선시키기 위해서 상호간 동의된 변조방식을 가질 수 있다. 본 논문에서는 적응 비트와 전력 할당 방식을 고려했다. [1],[3]. 즉, 본 논문에서는 MIMO/OFDM이 조합된 적응형 변조기술에 대해서 성능을 분석한다.

II. 제안한 시스템

1. 시스템 개요

제안한 알고리즘을 가지는 OFDM 송수신 시스템을 그림 1에 나타내었다. 전송율을 가변하는 경우, 적응형 변조의 기본적인 개념은 채널의 상태가 좋을 경우, 전송율을 높이고 채널의 상태가 좋지 않은 경우는 전송율을 줄이는 것이다. 에너지 할당을 적응하는 경우라면, 고정 전송율에서 요구되는 BER 성능을 유지하려면 전송전력을 채널에 따라서 적응하여야 한다.

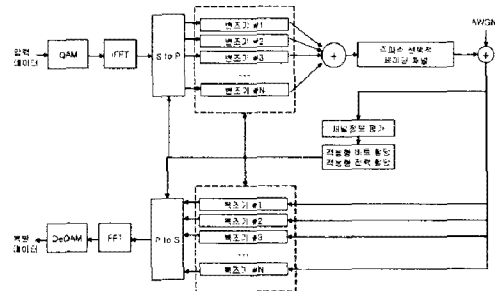


그림 1. 제안한 적응형 OFDM 송수신 시스템

그림 1에서 제안한 방식으로 사용한 적응형 비트 로딩 기술은 전력 및 전송율을 최적화하기 위해서 사용되었다.

이 경우 전력과 전송율을 적응시키기 위해서 채널의 정보를 수신단에서 평가하여 송신단에 역채널을 사용하여 전송한다. 송신기에서는 이 채널 정보를 사용하여 전송정보량과 전력을 선택하게 된다.

불연속적인 비트 로딩 알고리즘은 일정 부호 방식을 사용하여 수용할 수 있는 오류 확률에서 n개의 부채널에 b비트를 전송하기 위해서 요구되는 에너지의 양을 표시하는 N개의 증가 컨벡스 함수 $e_n(b)$ 의 집합이 주어진다. 여기서 $b=0$ 이라면 $e_n(b) = 0$ 이라고 가정한다.

전력 할당에 대한 문제는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{n=1}^N e_n(b_n) = B \text{에 종속된 } \sum_{n=1}^N e_n(b_n) \text{의 최소화} \quad (1)$$

여기서 $b_n \in Z, b_n \geq 0, n = 1, 2, \dots, N$ 이다.

비트 할당 알고리즘은 다음과 같이 정리될 수 있다.

- 각 부채널 신호대 잡음 전력비를 계산한다.
- 식(2)에 기반하여 i번째 부채널에 대한 비트수를 계산한다.

$$\hat{b}(i) = \log_2(1 + SNR(i)/GAP) \quad (2)$$

여기서 GAP이란 전송비트량에 대해서 SNR값이 다르게 할당되어 있는 적응 파라미터이다.

- $\hat{b}(i)$ 를 $b(i)$ 가 되도록 버림 연산을 수행한다.
- $b(i)$ 을 0, 1, 2, 4, 6, 8로 제한한다.
- 식(3)을 이용하여 비트수에 기반하여 i번째 부채널에 대한 에너지를 계산한다.

$$e_i(b(i)) = (2^{b(i)} - 1)/GNR(i) \quad (3)$$

여기서, $GNR(i) = SNR(i)/GAP$ 이다.

- 각 부채널에 대해서 에너지 증가 표를 작성한다. I번째 부채널에 대해서는 식(4)와 같다.

$$\Delta e_i(b) = e_i(b) - e_i(b-1) = \frac{2^{b-1}}{GNR} \quad (4)$$

III. 결과

PC 시뮬레이터는 MATLAB를 사용하였다. 시뮬레이션 조건으로 반송파 수는 64개, 심볼 타임은 64 심볼 주기이며 보호간격은 16 심볼 주기, 사용한 변조는 전송비트수가 0, 1, 2, 4, 6, 8인 MQAM 방식, 전력 지연 프로파일은 $[1, 1/e, 1/e^2]$, 잡음 분산은 10^{-3} 이며 코히런스 시간은 50 심볼주기를 적용하였다.

1. 비트할당

그림 2는 페이딩 채널에 대한 비트할당과 에너지 할당에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 적용한 알고리즘처럼 채널상태가 좋지 못하면 비트할당이 적어 전송율을 낮춘 것을 확인할 수 있다.

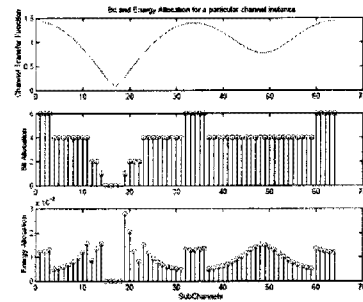


그림 2. 채널변화에 대한 비트 할당

2. BER 성능

그림 3은 적응형 SISO 시스템과 적응형 MIMO 시스템의 BER 성능을 비교한 것이다. MIMO 시스템이 각 전송 데이터에 대해서 독립적인 페이딩을 겪게 되므로 성능이 좋음을 보여준다.

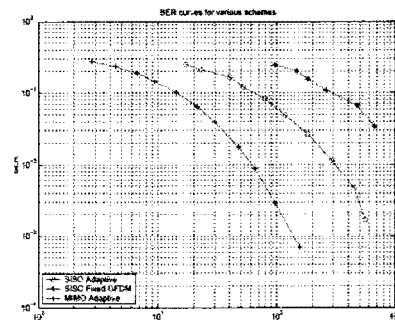


그림 3. BER 성능

IV. 결론

본 논문에서는 적응형 비트로딩 MIMO/OFDM에 대해서 최적화 알고리즘을 제안하였다. 적응형 비트로딩이 다른 단일 고정형 SISO OFDM에 비해서 좋은 BER 성능을 가짐을 알 수 있었으며 채널의 상태정보에 따라서 전송율과 에너지 할당이 최적화되어짐도 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] J. Campello de Souza, "Discrete Bit Loading for Multicarrier Modulation Systems," PhD Thesis. May, 1999
 [2] P. Chow et al, "A Practical Discrete Multitone Transceiver Loading Algorithm for Data Transmission Over Spectrally Shaped Channels," IEEE Trans. Comm, Vol. 43, No. 2, February 1995, Page 773-775.
 [3] K. Wong et al, "Adaptive Spatial-Subcarrier Trellis Coded MQAM and Power Optimization for OFDM Transmission", VTC2000, Page 2049-2053