

레이리 페이딩 채널에서의 차등 위상 전이를 이용한 다이버시티 기반 변조 방식

노위상*, 권동승**, 강충구*
* 고려대학교 정보통신대학 전파통신공학과
** 한국전자통신연구원

Modulation Scheme with Differential Phase Transition-based Diversity for a Rayleigh Fading Channel

Wi Sang Rho*, Dong S. Kwon**, and Chung Gu Kang*
* College of Information and Communications, Korea University
** Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

E-mail: konkok@korea.ac.kr

요약

페이딩 채널에서의 디지털 통신의 신뢰성을 향상시키는 방안에 대한 연구가 지속적으로 수행되어 왔으며, 그 대표적인 접근 방법이 다이버시티 이득을 극대화하는 것이다. 즉, 동일한 정보를 다른 시·공간을 통해 반복적으로 전송하여 다이버시티 효과에 의해 성능 향상이 가능하나, 다중 안테나를 사용하거나 또는 대역 확장(bandwidth expansion)이 요구된다. 본 논문에서는 이전 시간에 보낸 심볼에 따라 현재 심볼의 위상을 회전시켜 연속된 심볼간의 상관관계를 확보하여 다이버시티 효과를 얻을 수 있는 새로운 변조방식을 제안하고, 이를 통해 대역 확장없이 약 1.6dB 이상의 성능 향상을 실현할 수 있음을 보인다.

1. 서론

다중경로 페이딩 환경에서 무선통신 시스템에서의 신뢰성을 높이기 위한 연구가 지속적으로 수행되어 왔으며, 이를 위한 대표적인 접근 방법으로 다양한 다이버시티 기법이 고려되고 있다. 다이버시티 기법에는 시간적으로 다른 시간에 동일한 정보를 반복하여 전송하는 시간 다이버시티[1], 서로 다른 주파수로 동일한 정보를 전송하는 주파수 다이버시티, 그리고 공간적으로 충분히 떨어져 있는 송·수신 안테나를 이용하는 공간 다이버시티[2][3][4][5][6] 등이 있다. BICM (Bit Interleaved Coded Modulation)은 TCM (Trellis Coded Modulation)을 무선채널환경에 적용시키면서 나타나는 문제점을 코드 다이버시티를 이용하여 해결하였고[7][8], STC (Space Time Coding)는 다중안테나를 이용하여 동일한 정보를 다른 시간에 다른 공간을 통하여 보냄으로써 다이버시티 이득을 얻는다[9][10]. 그러나 이러한 기법들은 동일한 정보를 반복시켜서 보냄으로써 대역 확장(bandwidth expansion)이나 다중 안테나를 요구되는 공통적인 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 정보를 반복시키지 않고(즉, 대역 확장 없이) 인접 심볼간의 상관관계를 이용하여 다이버시티 이득을 향상시킬 수 있는 방법을 제안한다. 이는 변조단에서 이전 시간에 보낸 심볼에 따라 다음 심볼의 위상을 회전시킴으로써 이전 심볼의 정보를 이용할 수 있는 일종의 다이버시티 효과를 얻게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 본 논문에서 고려하는 시스템 모델에 대해 살펴본다. 3 장에서는 pairwise 오류 확률을 구하고, 4 장에서는 이 방식에 대한 검출방식에 대하여 설명한다. 5 장에서는 모의 실험을 통한 성능분석 결과를 제시하며, 마지막으로 6 장에서 결론을 맺도록 한다.

2. 시스템 모델

기존의 전송기법을 간략히 살펴보면, 부호기를 이용한 경우 정보 비트가 부호기를 거쳐 변조된 후, 채널을 통과하여 수신단에서 검파된 후 복호기를 통하여 보내진 정보를 추정해내게 된다. 그러나 제안하는 방법은 기존 방식의 변조 다음에 위상 회전이 추가로 수행된다. 예를 들어, QPSK 방식에서 이전 시간에 전송된 심볼이 $1 + j$ 인지 또는 $1 - j$ 인지에 따라 다음 시간에 전송되는 심볼에 따라 회전되는 위상이 결정된다. 즉, 시간 $(t - 1)$ 과 t 에서 $1 + j$ 와 $1 + j$ 를 보내는 경우와 $1 - j, 1 + j$ 를 보내는 경우, 시간 t 에서는 동일한 심볼을 전송하지만 해당 위상을 다르게 전송한다. 이와 같이 심볼의 위상 회전을 통해 심볼간의 상관관계가 인위적으로 확보된다. 그림 1 은 제안하는 방식의 기본적인 시스템 모델을 나타낸다. 변조방식은 M-ary PSK 로 가정한다. 제안하는 방법은 M-ary QAM 을 사용할 수도 있지만 PEP (Pairwise error probability)를 구하는 과정에서 M-ary PSK 만을 고려하므로 M-ary QAM 은 고려하지 않는다.

이진 비트열 \mathbf{I} 는 길쌈부호기를 통하여 부호화된 비트열 \mathbf{C} 로 부호화되며, 정보 비트열 \mathbf{I} 와 \mathbf{C} 를 각각 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\mathbf{I} = [i_0^1, \dots, i_0^k, \dots, i_t^1, \dots, i_t^k, \dots] \quad (2.1)$$

$$\mathbf{C} = [c_0^1, \dots, c_0^m, \dots, c_t^1, \dots, c_t^m, \dots] = [C_0^1, \dots, C_t^1, \dots] \quad (2.2)$$

여기서 i_t^j, c_t^j 는 부호기의 입출력단에서 t 번째 시간에서의 j 번째 비트이다. 그리고 C_t^j 는 부호기의 출력으로 나오는 비트들을 m 개씩 묶었을 때 t 번째 m 개 비트들의 묶음을 나타낸다. 인터리버의 크기는 페이딩 채널에서의 coherence time 보다 크다고 가정하고, 따라서 채널은 비기억(memoryless) 채널로 변환된다.