준정적 플랫 페이딩 채널에서 시공간 트렐리스 부호의 부최적 복호법

*김영주

*충북대학교

yjkim@cbnu.ac.kr

Sub-optimum Decoding for Space-Time Trellis Codes in Quasistatic Flat Fading Channel

*Young Ju Kim

*Chungbuk National Univ.

요 약

준정적 플랫 페이딩 환경에서 시공간 트렐리스 부호의 준최적 복호법인 principal ratio combining(PRC) 기법[1]의 일반화된 버전을 제안한다. [1]에서는 수신 안테나의 수가 증가함에 따라 성능 저하 폭이 증가하는 문제가 있다. 제안하는 방식은 수신 안테나들을 K개의 그룹으로 나누어 각 그룹에 PRC 기법을 적용하는 일반화된 PRC 기법이다. 일반화된 PRC에서는 수신 안테나의 수가 증가하여도 기존의 PRC 기법에 비해 성능 저하 폭이 상당히 감소한다. 그러나 복호기의 복잡도는 다소 증가한다. 따라서 시스템의 QoS(quality of service), 성능 및 복잡도의 tradeoff에서 적당한 K를 선택해야만 한다. 또한, 수신 안테나 수가 증가함에 따라, K개로 그룹핑하는 방법이 여러 가지 나올 수 있는데, 각 경우에 최종 성능 차이를 간단히 예측할 수 있는 성능지표(performance index, PI)를 제안한다.

1. 서 론

다수의 송수신 안테나를 이용하는 시공간 부호는 고속 무선 전송을 위해 제안되었다[2]. 시공간 트렐리스 부호는 채널 부호, 변조방식, 다수의 송신 안테나를 아우르는 기법으로 고속의 전송율과 플랫 페이딩을 극복하는 다이버시티 효과를 동시에 얻을 수 있다. [2]에서는 다이버시티 이득, 전송율, 복호기 복잡도 및 성운 크기의 tradeoff 관점에서 최적으로 설계된 시공간 트렐리스 부호를 제안한다.

수신기에서 최대 우도(maximum likelihood, ML) 복호를 할 경우 복호기 복잡도는 송수신 안테나 수가 증가함에 따라 증가한다. [1]에서는 수신 안테나 수에 따라 복호기 복잡도가 영향을 받지 않는 준최적 복호 알고리즘을 제안하였다. 그러나 수신 안테나 수가 증가함에 따라 성능 저하가 증가한다. 본 논문에서는 준최적 복호 알고리즘의 일반화된 버전을 제안하여 성능과 복호기 복잡도간에 유연한 tradeoff를 이론화하고, 컴퓨터 시뮬레이션으로 이를 확증한다.

한편 수신 안테나들의 가능한 여러 조합에서, 각 조합의 성능 차이를 간단히 예측할 수 있는 성능 지표를 정의한다. 또한, 이 성능지표를 이용하여 수신 안테나수와 그룹의 수가 결정되었을 때, 가장 최적의 그룹 내 안테나수를 결정하는 그룹핑 규칙을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 송신기와 수신기 시스템 모델을 기술한다. 3장에서는 시공간 부호의 일반화된 준최적 복호알고리즘을 기술한다. 4장에서는 그룹핑 규칙을 기술한다. 5장 및 6장에서는 QPSK 변조 방식과 8-PSK 변조 방식에서 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 보이고 결론을 맺는다.

2. 시스템 모델

일반적인 시공간 트렐리스 부호 시스템은 n개의 기지국 송신 안테나와 m개의 단말기 수신 안테나로 구성된 그림 1과 같은 이동 통신 시스템이며, 시간 t에 신호 c_t^i가 각각의 i번째 안테나로 전송된다. 시공간 트렐리스 부호화 과정은 트렐리스를 통하여 이루어지며, 부호화된 신호는 파형으로 발생되어 페이딩 채널을 통과한 후, m개의 안테나로 수신된다. 일반적으로 시공간 트렐리스 부호 시스템에 대한 분석에서 주로 사용되어왔던, 준정적 레일레이 플랫 페이딩 채널 모델(qusi-static Rayleigh flat fading channel model)에서의 성상도의 평균 에너지를 1로 하기 위해서 신호 성상도의 성분은 선택된 $\sqrt{E_s}$와 관계가 있다고 가정한다[1][2]. 시간 t에서 j번째 수신 안테나의 수신 신호는 식 (1)과 같다.

$$r_t^j = \sum_{i=1}^{n} = \alpha_{i,j} c_t^i \sqrt{E_s} + \eta_t^j \qquad (1)$$

여기서, 경로 이득 $\alpha_{i,j}$는 복소 가우시안 랜덤 변수이고 η_t^j는 차원당 분산이 $N_0/2$이고, 평균이 0인 복소 가우시안 랜덤 변수로서, 하나의 프레임 동안 동일하게 유지되다가, 프레임이 변할 때 마다 바뀌는 준정적