

다중 안테나 FQPSK 시스템의 성능 분석

이상우, 김상현, *정성현, 이충용, 윤대희
연세대학교, *삼성 탈레스

swlee@mcsp.yonsei.ac.kr, heon@mcsp.yonsei.ac.kr, sunghun.jung@samsung.com
clee@mcsp.yonsei.ac.kr, dhyoun@yonsei.ac.kr

Performance Analysis of MIMO FQPSK System

Sangwoo Lee, Sangheon Kim, *Sunghun Jung, Chungyong Lee, Dae Hee Youn
Yonsei University, *Samsung Thales

요약

본 논문에서는 인접 채널에 대한 영향을 줄일 수 있는 FQPSK 변조 기법을 이용하여 다양한 안테나 환경에 대해 성능과 복잡도를 고려한 수신기를 제안한다. 단일 안테나 환경에서 기존 최적의 수신기보다 적은 복잡도를 가지는 수신기(MMLD)를 제안하고 가우시안 채널과 레일리 페이딩 채널에서 이를 수식적으로 분석한다. 또한 다중 안테나 환경에서의 FQPSK 변조 기법에 대한 최적화 수신기(joint MLSD)와 단순화된 수신기들(joint MMLD, ZF MMLD)을 제안하며 그에 따른 성능을 수식적으로 분석하고 컴퓨터 모의 실험을 통해 결과를 확인한다.

Keywords: 다중 안테나 시스템, FQPSK 기법, joint MLSD, joint MMLD, ZF MMLD

I. 서론

최근 연구되고 있는 다중 안테나 시스템은 대역 제한된 환경에서 데이터의 전송 용량을 증가시키거나 공간 다이버시티를 획득하여 데이터의 오차 확률을 개선하는 것이 가능하다[1]. 그러나 변조 기법에 따라 인접 채널에 대한 영향이 발생하기 때문에 이를 감소시키는 변조 기법을 선택하는 것이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 인접 채널에 대한 영향을 감소시켜 주파수 효율성을 높일 수 있는 FQPSK 변조 기법을 다중 안테나 환경에 적용한다. 이전 신호와 현재 신호의 영향으로 구성되는 FQPSK 변조 기법[2]은 수신기의 구조가 비터비 알고리즘을 사용하여 복잡도가 증가하게 되므로 신호열 검출 기법을 제거한 단순화된 수신기를 제안하고 그에 따른 성능을 수식적으로 분석한다.

II. FQPSK 시스템의 신호 모델링

FQPSK 시스템에서 신호는 펄스 형성 필터를 거친 이전 신호와 현재 신호의 합이 각 I 와 Q 채널에서 신호 주기의 절반인 $T_s/2$ 의 차이를 두고 형성되며 이에 따른 I 채널의 FQPSK 파형은 그림 1에 나타난다[2].

그림 1 에서 FQPSK 파형을 살펴보면, $s_{i,1}(t)$ 와 $s_{i,2}(t)$ 는 $s_{i,4}(t)$ 와 $s_{i,3}(t)$ 의 음의 관계이고 $s_{i,1}(t)$ 와 $s_{i,4}(t)$ 는 $s_{i,2}(t)$ 와 $s_{i,3}(t)$ 에 직교하며 $0 \leq t < T_s$ 동안의 $s_{i,j}(t)$ 의 신호는 $0.5T_s \leq t < 1.5T_s$ 의 $s_{Q,j}(t)$ 신호로 대응된다. 수신신호의 신호 대 잡음비를 최대화하기 위해 정합필터를 사용하면 송신 신호 $x(t)$ 는 다음의 네

개의 기저를 이용한 4×1 의 벡터 $\mathbf{s}^{(m)}$ 로 표시가 가능하다.

$$\left. \begin{aligned} f_1(t) &= \sqrt{\frac{2}{T_s}} \cos(\omega_c t) \\ f_2(t) &= \sqrt{\frac{4}{T_s}} \cos\left(\frac{\pi t}{T_s}\right) \cos(\omega_c t) \end{aligned} \right\} \text{for } 0 \leq t < T_s$$

$$\left. \begin{aligned} f_3(t) &= \sqrt{\frac{2}{T_s}} \sin(\omega_c t) \\ f_4(t) &= \sqrt{\frac{4}{T_s}} \cos\left(\frac{\pi(t-T_s/2)}{T_s}\right) \sin(\omega_c t) \end{aligned} \right\} \text{for } \frac{T_s}{2} \leq t < \frac{3}{2}T_s \quad (1)$$

$$s_{i,1} = \int_0^{T_s} x(t)f_1(t)dt, \quad s_{i,2} = \int_0^{T_s} x(t)f_2(t)dt$$

$$s_{Q,1} = \int_{T_s/2}^{3T_s/2} x(t)f_3(t)dt, \quad s_{Q,2} = \int_{T_s/2}^{3T_s/2} x(t)f_4(t)dt$$

$$\mathbf{s}^{(m)} = [s_{i,1} \quad s_{i,2} \quad s_{Q,1} \quad s_{Q,2}]^T$$

단일 안테나를 사용하는 경우 가우시안 채널에 대해 수신된 FQPSK 신호를 정합필터를 통과한 벡터 신호로 구성하면 다음과 같이 표현된다.

$$\mathbf{y} = \mathbf{s}^{(m)} + \mathbf{n} \quad (2)$$

\mathbf{n} 은 4×1 의 독립적이며 같은 분포를 따르는 평균이 0 이고 공분산 행렬이 $E(\mathbf{nn}^T) = \sigma_n^2 \mathbf{I}_{4 \times 4} / 4$ 인 잡음