

16-ary QAM 전송방식의 성능 비교분석

오현영, 배슬기, 송홍엽
연세대학교

ongban@hanmail.net sk.bae@coding.yonsei.ac.kr hy.song@coding.yonsei.ac.kr

Performance Analysis of 16-ary QAM

Hyunyoung Oh, Seulki Bae and Hongyeop Song,
Yonsei University

요약

본 논문은 AWGN 채널 환경 하에서 16-ary QAM의 SER과 BER을 최소로 하는 성상도를 어떻게 찾아낼 수 있는지에 초점을 두었다. Foschini가 1974년에 High SNR에서 SER, BER을 최소로 하는 최적의 성상도를 발표하였지만, symmetry를 만족하지 않기 때문에 비트 할당에 있어서 불리하다. 본 논문이 제시하고 있는 성상도 Modified 1은 symmetry를 최대한 유지하면서 기존의 4×4 그리드 형식보다 우수한 성능을 보였다. 그리고 본 논문의 4가지의 비교대상 중에 SER은 Foschini의 성상도가 Modified 2 성상도보다 0.01dB 이내의 차이로 가장 좋았다. BER에서는 Low SNR에서는 4×4 그리드가 Modified 1 성상도보다 0.02dB 이내의 차이로 가장 좋았고, High SNR에서는 Foschini의 성상도가 Modified 2 성상도보다 0.01dB 이내의 차이로 가장 좋았다. Modified 1, Modified 2 성상도가 0.01~0.02dB의 근소한 차이로 최적보다 BER, SER이 떨어졌지만, symmetry에서는 더 뛰어난 성상도라 할 수 있겠다.

I. 서론

본 논문은 AWGN 채널 환경 하에 16-ary QAM의 최적화된 성상도를 찾는 데에 목적이 있다. 여기서 최적화라는 의미는 일정한 SNR(E_b/N_0) 하에서 얼마나 BER, SER이 낮게 나오느냐이다. Low SNR에서 최적이라고 널리 알려진 Fig.1의 4×4 그리드와 High SNR에서 최적이라고 알려진 Fig.2의 Foschini의 성상도 [7]를 기준으로 그 외의 2가지 constellation들을 비교하면서 SER, BER에 영향을 주는 요인을 분석하였다.

II. 본론

2.1 16-ary QAM의 SER

p_i 를 16개 심볼 각각의 a priori라 하면, $1/16$ 이 된다. S_i 을 송신된 신호, R 은 수신된 신호, Z_i 는 S_i 의 decision 영역이라 하자. $f_r(x|S_i)$ 는 Gaussian 잡음의 p.d.f. (probability density function)이다. 이 때 16-ary QAM의 SER은 다음과 같이 계산 된다. [1]

$$\begin{aligned} SER &= \sum_{i=1}^{16} p_i P[R \notin Z_i | S_i \text{ is transmitted}] \\ &= \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} P[R \notin Z_i | S_i \text{ is transmitted}] \\ &= 1 - \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} P[R \in Z_i | S_i \text{ is transmitted}] \end{aligned}$$

$$= 1 - \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} \int_{Z_i} f_r(x|S_i) dx \quad (1)$$

(1)에서 SER을 낮추기 위해서는 $\int_{Z_i} f_r(x|S_i) dx$

의 값을 최대한 크게 하여야한다는 것을 알 수 있다. 즉 Z_i 의 영역이 최대한 넓어야 한다. 따라서 Z_i 가 넓어지기 위해서는 인접 심볼 간의 거리가 증가해야한다. 결국 SER을 줄이기 위해서는 신호의 성상도에서 심볼 간 최소 거리를 최대한 늘려야한다는 것을 알 수 있다.

2.2 16-ary QAM의 BER

μ 를 한 번에 전송되는 비트의 수라고 하면, 16-ary일 때에는 $\mu = 4$ 이다. $i \neq j$ 일 때 w_{ij} 를 S_i 와 S_j 간의 에러 비트의 수라고 하자. 그러면 w_{ij} 는 1~4까지의 값을 가진다. 이때 BER은 다음과 같이 계산될 수 있다. [1]

$$\begin{aligned} BER &= \sum_{i=1}^{16} p_i \frac{w_{ij}}{\mu} P[R \notin Z_i | S_i \text{ is transmitted}] \\ &= \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} \frac{w_{ij}}{\mu} P[R \notin Z_i | S_i \text{ is transmitted}] \quad (2) \end{aligned}$$