

위상잡음에 의한 M-ary APSK 변조신호의 성능 분석

김영완* · 지석근*

*군산대학교

Performance Analysis of M-ary APSK Modulation Signal due to Phase Noise

Young-wan Kim* · Sek-geon Ji*

*Kunsan National University

E-mail : ywkim@kunsan.ac.kr

요 약

본 논문에서는 M-ary APSK 변조 방식을 사용하는 통신 시스템의 위상잡음에 의한 영향을 분석한다. 고차 변조 방식의 신호 성상도를 고려하여 위상 잡음에 의한 성능을 모의 분석한다. PSK 저차 변조 방식에 의한 성능 분석도 수행하며, 분석 결과는 해석적 모델의 성능 열화 결과와 비교 평가한다. 비교 평가된 분석 모델을 통하여 고차 변조 방식을 사용하는 통신 시스템의 위상잡음에 의한 열화 정도를 제시한다.

ABSTRACT

The performance of M-ary APSK modulation system due to phase noise are analyzed in this paper. The effects for phase noise in the higher order modulation are simulated by using constellation of the higher order modulation signals. the simulated results are verified by comparing with the analytic results for lower order PSK modulation signals. Based on the evaluation of simulation method, the phase noise effects for higher order APSK modulation signals are suggested in this paper.

키워드

phase noise, performance analysis due to phase noise, M-ary APSK

I. 서 론

대역 효율을 향상하기 위하여 제한된 채널 대역폭에 고속 데이터를 전송할 수 있는 고차 변조 모드가 적용하고 있다. 위성 전송 채널에서는 8PSK 변조 방식이외에 고차 모드인 16 APSK 변조 방식을 사용하며, 32 APSK 전송 모드가 가능하다[1]. 고차 변조 방식을 사용함에 따라 채널 열화 요소에 의한 성능 열화가 증가하며, 특히 위상잡음에 의한 영향이 지배적으로 나타나고 있다. 이러한 위상잡음에 의한 영향 분석 및 관련 연구는 지속적으로 연구되고 있으며, 많은 연구 결과가 발표되고 있다[2][3]. 전송 모드에 대한 위상잡음 영향을 분석하기 위한 해석적인 방법은 다소 복잡하고 전송 모드에 따라 해석 방법이 적용되므로 비교적 간단한 모의 해석적인 방법이 필요하다. 본 논문에서는 변조 방식의 요구 위상잡음 에러에 대한 위상잡음 스펙트럼 설계를 위한 위상잡음 에러 분산을 도출하기 위하여 고차 변조 방식의 위상 잡음에 의한 성능을 모의 분석하여 위상잡음에 의한 열화도에 대한 요구 위상잡음의

신호대 잡음비를 산출하여 제시한다.

II. 위상잡음 해석

그림 1은 M-ary PSK 신호에 대한 신호 영역(S)과 위상 잡음에 의한 영향을 보여준다[2].

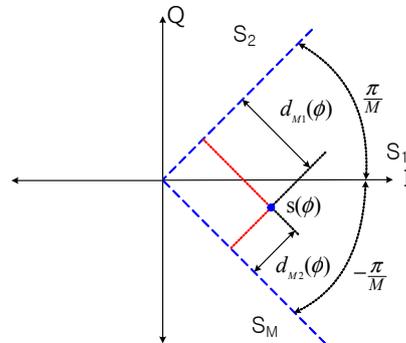


그림 1. M-ary PSK 신호의 위상잡음 영향도.

전송 데이터의 신호 대 잡음비가 큰 경우, 위상 잡음을 포함하고 있는 M-ary PSK 신호에 대한 오율 특성은 Q 함수로 표현된다.

$$P_k(\phi) = \frac{c}{k} h_M$$

$$h_M = \frac{1}{2} [Q\{\sqrt{2k\rho} d_{M1}(\phi)\} + Q\{\sqrt{2k\rho} d_{M2}(\phi)\}]$$

$$c = 1 \text{ for } M=2, \quad c = 2 \text{ for } M \geq 4 \quad (1)$$

여기서, $\rho = E_b/N_o$, $k = \log_2 M$ 이며, 판단 영역 경계선까지의 거리는 각각 다음과 같다.

$$d_{M1}(\phi) = \text{Im}[s(\phi) \exp(j\pi/M)] = \sin(\frac{\pi}{M} + \phi), \quad (2)$$

$$d_{M2}(\phi) = -\text{Im}[s(\phi) \exp(-j\pi/M)] = \sin(\frac{\pi}{M} - \phi)$$

아울러, $2Q(\sqrt{2}y) \equiv \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_y^\infty e^{-z^2} dz$ 이다.

위상잡음에 의한 영향은 식 (1)의 조건 오율 식을 이용하여 각 위상 잡음 분포 함수에 대한 평균 오율 식으로 구할 수 있다.

$$P_M = \int_{-\pi}^{\pi} P_k(\phi) P(\Phi) d\phi \quad (3)$$

여기서, 위상잡음 확률 분포 함수는 다음과 같다.

$$P(\Phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\epsilon} e^{-\frac{\phi^2}{2\sigma_\epsilon^2}} \quad \text{for Gaussian pdf} \quad (4)$$

III. 위상잡음 모의 분석

고차 변조 방식인 16APSK와 32APSK 신호의 위상잡음의 성능을 모의 해석하기 위하여 신호 성장도를 고려한다. 그림 2는 16APSK 신호 성장도를 보여준다.

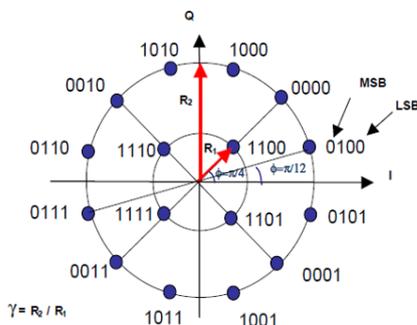


그림 2. 16APSK 신호 성장도.

16APSK의 경우 DVB-S2 표준에서 사용되는 심볼 매핑률을 적용하였다. Inner ring의 성좌도와 outer ring의 성좌도 크기 비율인 gamma는 3.15을 적용한다. 32APSK의 경우도 DVB-S2 표준에서 사용되는 심볼 매핑률을 적용하였다.

채널환경은 AWGN 채널을 기본으로 위상잡음을 갖는 채널로 구현하며 위상잡음 모델은 식 (4)와 같이 평균이 0(zero)이고, 위상변화량은 표준 편차를 갖는 Gaussian 분포를 적용한다. 모의 성능 해석은 비트 발생, AWGN 및 위상잡음 발생 그리고 수신비트 BER 계산부 등을 구성하여 수행한다.

IV. 요구 위상잡음 에러

BPSK, QPSK, 8PSK 변조 방식에 대한 위상잡음 열화 특성은 식 (3)을 이용하여 해석적으로 구한다. 아울러, 모의 성능 분석을 이용하여 위상잡음 열화 성능을 산출하여 해석적인 방법에 의한 열화 특성과 비교 분석한다. 표 1은 해석적 방식에 의해 산출된 BPSK, QPSK, 8PSK 변조방식의 위상잡음에 대한 열화 성능과 일치하고 있음을 보여 주고 있으며, 모의 분석에 의해 타당한 성능 분석이 산출되고 있음을 알 수 있다.

표 1. PSK 변조방식의 위상잡음 성능 분석

Modulation BER	Loss	BPSK(dB)	QPSK(dB)	8-PSK(dB)
10 ⁻³	0.1 dB	16.8	26.7	33.6
	0.2 dB	14.3	23.8	30.7
10 ⁻⁴	0.1 dB	17.0	28.2	35.3
	0.2 dB	14.6	25.3	32.4

위상잡음에 의한 해석적 결과와 일치하는 성능 결과값을 산출하는 모의 성능 해석방법을 이용하여 16APSK와 32APSK 변조 방식에 대한 위상잡음 성능 열화를 분석한다. 표 2는 16APSK와 32APSK 변조 방식에 대한 위상잡음 성능 열화를 나타내고 있다.

표 2. M-ary APSK의 위상잡음 성능 분석

Modulation BER	Loss(dB)	16APSK (dB)	32APSK (dB)
10 ⁻³	0.1	33.3	35.6
	0.2	31.3	32.7
10 ⁻⁴	0.1	36.7	38.1
	0.2	33.7	34.6

표 2로부터 16APSK와 32APSK의 경우 outer ring과 inner ring 비율이 작을수록 요구 SNR이 낮아지고 있는 경향을 보였으나, ring 크기 비율에 따

라 상관관계가 크지 않음을 알 수 있었다. 따라서, 16APSK와 32APSK 변조방식의 위상잡음에 의한 요구 성능대 위상잡음의 신호대 잡음비는 표 3의 산출된 SNR(신호대 잡음비)로 고려할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 M-ary APSK 변조 방식을 사용하는 통신 시스템의 위상잡음에 의한 성능 열화도를 모의 분석하였다. PSK 변조 방식에 대한 해석적 방법과 비교 분석하였으며, 고차 변조 방식의 신호 성상도를 고려하여 위상 잡음에 의한 성능을 모의 분석하여 고차 변조 방식을 사용하는 통신 시스템의 위상잡음에 의한 열화 정도를 제시하였다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT/SW 창의연구과정의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2013-(H0502-13-1067)).

참고문헌

- [1] Shoudong Wang, et al, "Research on predistortion technology based on look-up table for 16APSK in satellite channel", Inter. Conf. on CSCC, pp. 4013 - 4016, 2011.
- [2] 김영완외, "디지털 위성통신시스템에서 위상 잡음으로 인한 성능 손실 예측" 전자파학회 논문지, 제13권 제7호, pp.679-686, 2002.
- [3] 손재민, AWGN채널에서 원형 신호점 배치를 갖는 M-ary APSK 시스템의 비트 오류 확률, 한양대 석사학위논문, 2003. 2.