

# 저궤도 위성 통신을 위한 8-QAM 성능 평가에 관한 연구

이의준<sup>1</sup>, 이영묵<sup>1</sup>, 방인규<sup>2</sup>■, 김태훈<sup>1</sup>■

<sup>1</sup>국립한밭대학교 컴퓨터공학과, <sup>2</sup>국립한밭대학교 지능미디어공학과  
{ejlee, leeym}@edu.hanbat.ac.kr, {ikbang, thkim}@hanbat.ac.kr

## A Study on Performance Evaluation of 8-QAM for LEO Satellite Communications

Eui Jun Lee<sup>1</sup>, YeongMuk Lee<sup>1</sup>, Inkyu Bang<sup>2</sup>■, Taehoon Kim<sup>1</sup>■

<sup>1</sup>Dept. of Computer Engineering, Hanbat National University

<sup>2</sup>Dept. of Intelligence Media Engineering, Hanbat National University

### 요약

최근 저궤도 위성 통신을 활용한 서비스가 지속적으로 확대되고 있다. 본 연구에서는 저궤도 위성 통신에 적합한 변조 방식 탐색의 일환으로, 다양한 구조의 8-QAM의 성능 평가를 진행하였다. MATLAB 기반 모의실험을 통해 성상도 최적화의 필요성을 실험적으로 확인하였다.

### I. 서론

기존의 군사, 방송, 연구용 목적이 주었던 과거와 달리 위성 시스템은 위성의 제작과 운용의 비용이 절감됨에 따라 통신과 같은 민간의 영역에서의 사용이 점차 확대되었다. 최근 저궤도 위성에 대한 인기는 상당하며, 이에 대한 연구가 매우 활발해지는 추세이다. 대규모 다중 입력 다중 출력 (Massive MIMO) 기술의 위성 통신 적용 연구 [1], 위상 배열 안테나를 활용한 지상국 구축 연구 [2], 고궤도 저궤도 위성 통신 네트워크 구축 연구 [3] 등 다양한 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구에서는 저궤도 위성 통신에서 활용할 수 있는 최적의 성상도를 찾는 과정의 일환으로 다양한 구조의 8-QAM의 성능 평가를 진행하고자 한다. MATLAB 기반의 모의실험을 진행하였으며, 성상도 별 심볼 오류율 (Symbol Error Rate; SER) 관점에서 성능을 비교한다.

### II. 시스템 모델

본 연구에서는 1개의 안테나를 갖는 지구국과 1개의 안테나를 갖는 저궤도 위성을 고려하며, 위성에서 지구국으로 신호를 전송하는 하향 링크(Downlink)를 고려한다. 위성과 지구국 사이의 무선 채널은 다양한 요인에 의해 결정되지만 본 연구에서는 분석의 편의성을 위해 레일리 분포를 따른다고 가정하며, 지구국에서의 수신 신호  $y$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$y = \sqrt{P_t}hx + w \quad (1)$$

여기서,  $P_t$ 는 위성의 송신 전력,  $h$ 는 무선 채널 계수,  $x$ 는 8-QAM 변조(modulated) 신호,  $w$ 는  $CN(0,1)$ 을 따르는 가우시

안 잡음(Gaussian Noise)을 의미한다. 지구국은 수신 신호를 복호하기 위해 정합 필터(Matched Filter)를 활용해 이퀄라이징하고, 수신 신호를 복조한다. 그림 1은 본 연구에서 고려한 다양한 구조의 8-QAM 성상도를 보여주고 있으며, 공정한 비교를 위해 모든 신호의 평균 전력은 1로 정규화하였다.

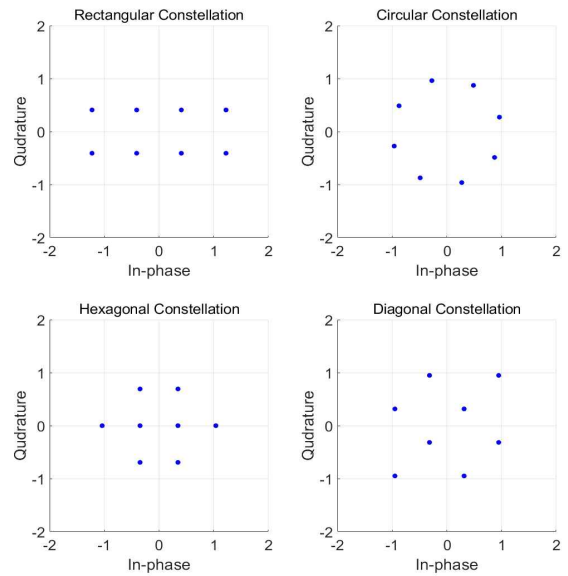


그림 1 다양한 구조의 8-QAM 성상도 예시

### III. 성능 평가

본 연구에서는 MATLAB 기반의 모의실험을 진행했으며, 신호 대 잡음 비(Signal-to-noise ratio; SNR)를 변화시키며 성상도별 심볼 오류율을 관찰하였다. 그림 2는 SNR에 따른 Hexagonal Constellation의 이퀄라이징 후의 신호를 보여주고 있다. SNR이

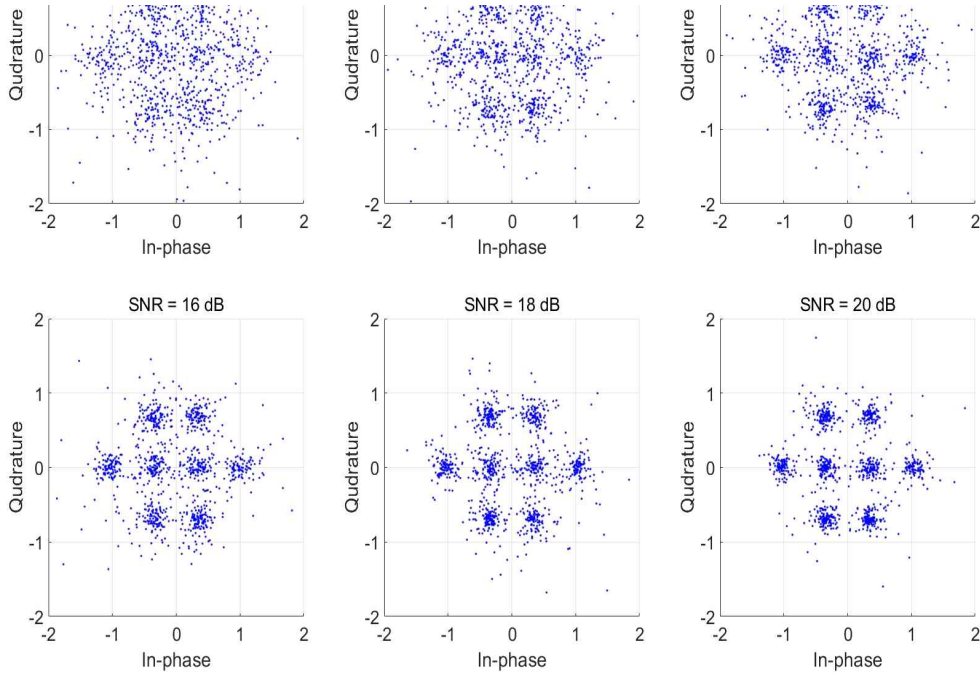


그림 3 Hexagonal Constellation의 수신 신호 예시

작아짐에 따라 신호의 구분이 어려워지는 것을 확인할 수 있으며, 특히 Hexagonal Constellation 같은 경우는 성상도를 구성하는 포인트간 동일한 간격을 보장하지 않기 때문에, 더욱 유의해서 활용해야 할 것으로 판단된다.

그림 3은 SNR에 따른 심볼 오류율을 보여주고 있다. 동일한 조건에서 Diagonal Constellation이 가장 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었고, 이를 통해 성상도 최적화의 필요성을 다시 한번 확인할 수 있었다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 다양한 형태의 8-QAM 성상도의 심볼 오류율을 평가하기 위해 MATLAB 기반의 모의실험을 진행하였다. 성상도의 구성에 따라 심볼 오류율이 달라지는 것을 확인하여 성상도 최적화의 필요성을 확인할 수 있었다. 추후에는 다중안테나 환경을 고려하고자 한다.

#### ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01068)

#### 참고 문헌

[1] Y. Su, Y. Liu, Y. Zhou, J. Yuan, H. Cao and J. Shi, "Broadband LEO Satellite Communications: Architectures and Key Technologies," *IEEE Wireless Communications*, vol. 26, no. 2, pp. 55-61, April.

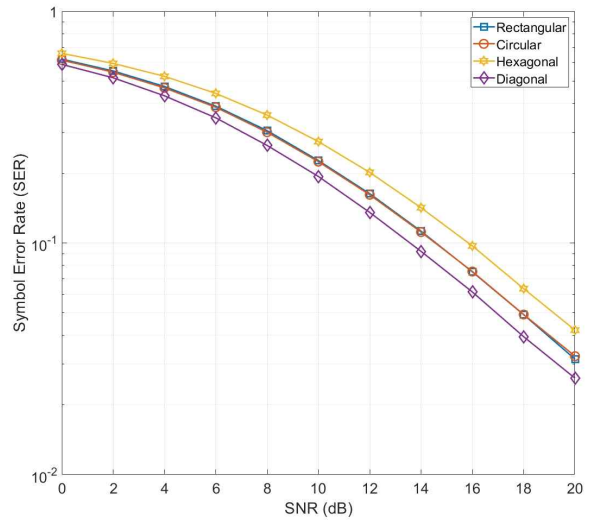


그림 4 SNR 변화에 따른 심볼 오류율

[2] G. He, X. Gao, L. Sun and R. Zhang, "A Review of Multibeam Phased Array Antennas as LEO Satellite Constellation Ground Station," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 147142-147154, 2021.

[3] R. Deng, B. Di, H. Zhang and L. Song, "Ultra-Dense LEO Satellite Constellation Design for Global Coverage in Terrestrial-Satellite Networks," *IEEE Globecom*, Taipei, Taiwan, 2020.