

# 다중 입출력 시스템에서 Stepped Θ -QAM 성능 분석

안성진, 장민규, 현광민\*, 윤동원  
한양대학교, \*강릉원주대학교

dwyoon@hanyang.ac.kr

## Performance Analysis of Stepped Θ -QAM in MIMO System

Seongjin Ahn, Mingyu Jang, Kwangmin Hyun\*, Dongweon Yoon  
Hanyang University, \*Gangneung-Wonju National University

### 요약

다중 입출력 시스템에서 최대 우도 검출은 최적 신호 검출 방법이지만 변조 차수와 안테나 개수가 증가할수록 복잡도가 지수적으로 증가하여 실제 구현이 거의 불가능하다. 최근에는 최대 우도 검출과 동일한 검출 결과를 가지면서 구현 복잡도를 줄인 메트릭 케환 검출 방법이 제시되었다. 본 논문에서는 메트릭 케환 검출 방법을 기반으로 하여 다중 입출력 시스템에서 stepped Θ -QAM의 심볼 오류 성능을 분석한다.

### I. 서론

다중 입출력(MIMO, Multi Input Multi Output) 시스템에서 최대 우도(ML, Maximum Likelihood) 검출 방법은 오류 확률 관점에서 최적의 성능을 제공한다. 하지만 변조 차수와 안테나 수에 따라 복잡도가 지수적으로 증가하여 실제 구현이 거의 불가능하기 때문에, ML 검출의 성능에 근접하면서도 구현 복잡도를 낮추기 위한 검출 방법을 찾기 위한 연구들이 진행되어 왔다. 최근에는 ML 검출과 동일한 성능을 가지면서, 각 검출 레이어의 생존 후보 심볼의 개수를 가변적으로 설정하여 계산 복잡도를 감소시킨 메트릭 케환 검출 방법이 제안되었다[1].

본 논문에서는 MIMO 시스템에서 메트릭 케환 검출 방법을 이용하여 신호 검출을 수행하였을 때, 계단형 직교 진폭 변조(stepped Θ -QAM, stepped Θ -Quadrature Amplitude Modulation)[2]의 심볼 오류 성능을 분석한다.

### II. 시스템 모델

Stepped Θ -QAM 신호 성상도는 SQAM(Square QAM) 신호 성상도의 가장 자리에 있는 신호점들을 재배치한 후, 성상도 파라미터  $\Theta$ 를 적용함으로써 설계된다. 그림 1에는 변조 차수  $M = 256, 1024$ 일 때, 설계된 stepped Θ -QAM의 신호 성상도를 나타내었다.

MIMO 시스템에서 신호 검출을 위해 메트릭 케환 검출 방법[1]을 이용하였으며, 이 때, 각 검출 레이어에서 후보 심볼들은 서로 다른 임계값을 기준으로 가변적으로 선택된다.

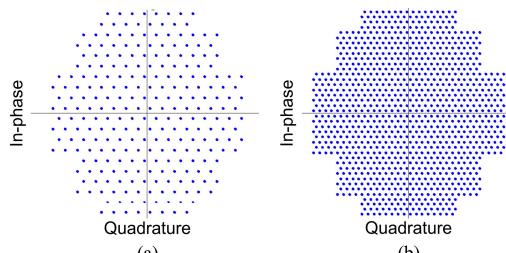


그림 1.  $M$ -ary stepped  $\Theta$ -QAM 신호 성상도  
(a)  $M = 256$  (b)  $M = 1024$

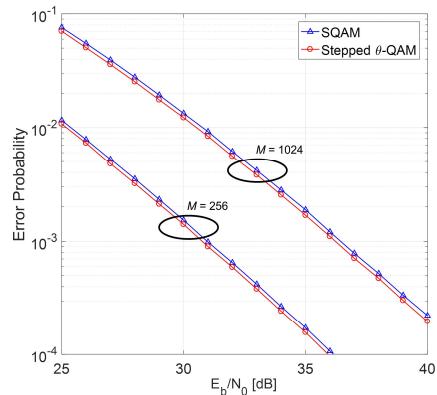


그림 2. 2X2 MIMO 시스템에서  $M$ -ary stepped  $\Theta$ -QAM 심볼 오류 확률

### III. 시뮬레이션 결과 및 결론

2X2 MIMO 시스템에서 Rayleigh 페이딩 채널을 가정하였을 때, 변조 차수  $M = 256, 1024$ 에 대하여 SQAM과 stepped Θ -QAM의 심볼 오류 확률을 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 볼 수 있듯이, MIMO 시스템에서도 stepped Θ -QAM이 SQAM 보다 우수한 오류 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획 평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2020-2017-0-01637)

### 참고 문헌

- [1] H. Lim, G. Park, and D. Yoon, "On the maximum likelihood detection for MIMO systems: Metric Feedback Detection," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 54, no. 11, pp. 1521-1531, Nov. 2017.
- [2] J. Lee, H. Hong, and D. Yoon, "Stepped  $\Theta$ -QAM for high-order modulation," *Electron. Lett.*, vol. 53, no. 25, pp. 1676-1678, Dec. 2017.