

# 재구성가능표면 환경 통신에서의 NOMA 복조 순서 결정 방법

김용휘, 채찬병  
연세대학교

eric\_kim@yonsei.ac.kr, cbchae@yonsei.ac.kr

## Decoding Order Decision for RIS-assisted NOMA Communications

Yonghui Kim and Chan-Byoung Chae  
Yonsei University

### 요약

Non orthogonal multiple access (NOMA)는 네트워크의 전송 용량을 극대화하는 기술이다. 본 연구에서는 재구성가능표면이 적용된 상황에서, NOMA의 복조 순서를 결정하는 방법을 제시한다. 재구성가능표면은 밀리미터파 이상의 대역의 통신을 활용함에 있어, 복잡한 실내환경에서 다수의 반사로 인한 신호의 감쇠 문제를 해결 할 수 있다. 복조 순서를 결정하는 것은 NOMA 구현에 있어서 필수적인 문제이다. 재구성가능표면 통신 환경에 적용 가능한 복조 순서 결정 방법을 통해, 밀리미터파가 적용된 다중접속 네트워크가 더 높은 에너지 효율을 달성할 수 있을 것으로 기대한다.

### I. 서론

여러 명의 사용자가 동시에 접속하는 무선 네트워크에서, non orthogonal multiple access (NOMA)는 높은 전송 용량을 제공할 수 있는 기술이다 [1]. 재구성가능표면은 실내 무선 통신 환경에서 다수의 반사로 인한 전파 감쇠를 보상해 줄 수 있는 기술이다 [2]. 재구성가능표면 기술 역시 NOMA를 통해서 다수의 사용자를 높은 에너지 효율로 지원할 수 있다.

이때 NOMA의 경우는 다중 접속자가 요하는 정보를 중첩해서 송신하고, 수신단에서는 각 사용자의 복조 순서를 알아야 한다. 이에 본 연구에서는 재구성가능표면 통신 환경에서 NOMA 복조 순서를 결정하는 방법에 대해 제시하고, 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

### II. 본론

본 연구에서는 하나의 기지국이 총  $K$ 명의 의 사용자를 지원하는 상황을 가정한다 [3]. 재구성가능표면은 총  $N$ 개의 소자를 지니고 있고, 기지국에서 송신한 신호를  $\theta$ 만큼 튜닝하여 채널 이득을 높인다. 이때 정해진 요구 전송 용량에 대해, 송신 전력에 대한 최적화 문제는 다음과 같이 정해지고, 변형 할 수 있다:

$$Q_K^* = \min_{\pi, \theta} \{T_1(\theta), \dots, T_{K'}(\theta)\} = \min_{\pi} \{T_1^*, \dots, T_{K'}^*\}. \quad (1)$$

이때  $T$ 는 총 송신 전력,  $(\cdot)^*$ 는 어떤 값에 대한 최적값을 의미한다. 총  $K$ 명의 사용자가 있기 때문에, 복조 순서의 조합은  $\pi = K!$ 개를 가진다. 각 복조 순서에 대한 최적화 함수가 다르기 때문에, 앞쪽의 최적화 문제는  $\theta$ 에 대해 convex하지 않다. 대신,  $T_{\pi}$ 에 대한 최적값  $T_{\pi}^*$ 를 구할 수 있다면, 그 중 최소값을 단순히 취함으로써 최적의 복조 순서 조합을 찾을 수 있다. 그 값은 다음과 같이 구할 수 있다:

$$T_{\pi}^* = \frac{\left(\sum_{i=1}^K \sqrt[3]{A_{K, \pi, i}}\right)^3}{\beta N^2} \sigma^2. \quad (2)$$

이때  $A_{K, \pi, i}$ 는 임의의 복조 순서 조합, 요구 전송용량에 따라 정해지는 상수이다.  $\beta$ 는 채널 이득,  $\sigma^2$ 는 노이즈 전력, 그리고  $i$ 는 NOMA에서 특정 사용자의 복조 순서이다. 제안한 복조 순서 결정 방법의 성능을 검증하기 위해 재구성가능표면, reconfigurable intelligent surface (RIS)상황에서 time division multiple access (TDMA)등과 송신 전력을 비교하였다.

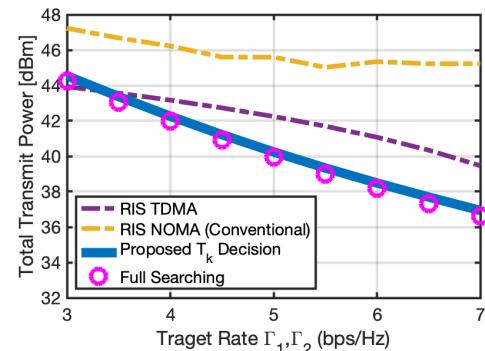


그림 1. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 위와 같다. 4명의 사용자의 총 요구 용량을 16 (bps/Hz)로 고정하고, 앞의 두 사용자의 요구 용량을 변화시켜가며 송신 전력을 확인하였다. 제시한 기술이 전체탐색을 통해 찾은 최적의 복조 순서의 성능을 낸다. 뿐만 아니라, TDMA와 기존의 NOMA보다도 송신전력을 더 절약해 에너지 효율이 좋다고 할 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 재구성가능표면 통신 환경에서 NOMA를 활용할 수 있도록 하는 복조순서 결정 방법을 제시하였다. 이를 통해 두 기술의 결합이 특정 환경에서 높은 에너지 효율을 가질 것이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00486, ABC-MIMO: 증강 빔라우팅 기반 차세대 다중 입출력 통신 시스템)

### 참고 문헌

- [1] H. Kim *et al.*, "Multiple access for 5G new radio: categorization, evaluation, and challenges," *submitted to IEEE Communications Magazine*.
- [2] L. Dai *et al.*, "Reconfigurable intelligent surface-based wireless communications: antenna design, prototyping, and experimental results," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 45913-45923, Mar. 2020.
- [3] C.-B. Chae *et al.*, "MIMO relaying with linear processing for multiuser transmission in fixed relay networks," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 56, no. 2, pp. 727-738, Feb. 2008.