

# Splitting LIS-NOMA 시스템의 BER 성능 연구

권용비\*, 신수용°

## Study on the BER Performance of Splitting LIS-NOMA

Yong Bi Kwon\*, Soo Young Shin°

요약

NOMA는 주파수 및 시간 자원을 공유하며 전력 영역에서 신호를 다중화 하는 기술로 주파수 효율 측면에서 기존의 OMA 보다 높은 효율을 보이지만 BER 성능의 경우 비교적 좋지 않다. 이를 개선하기 위해 채널 환경을 제어할 수 있는 반사 소자로 구성된 LIS를 기반으로 한 NOMA가 연구되고 있다. 그러나 기존 LIS-NOMA에서 LIS는 채널 제어를 하나의 사용자에게만 적용하였다. 그 결과 NOMA 사용자의 BER 성능 간에 큰 차이가 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 LIS 소자를 분할하여 다수의 사용자를 지원하는 하향링크 splitting LIS-NOMA 시스템을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 기존의 NOMA 및 LIS-NOMA와 splitting LIS-NOMA 시스템의 BER 성능을 비교한다. 시뮬레이션 결과 제안된 시스템은 기존의 LIS-NOMA 비교하여 평균적으로 향상된 BER 성능을 보인다.

키워드 : Beyond 5G, Large Intelligent Surfaces, 비-직교 다중 접속, 분할 LIS, 비트 오류율

Key Words : Beyond 5G, Large Intelligent Surfaces, Non-Orthogonal Multiple Access, Splitting LIS, Bit Error Rate

ABSTRACT

NOMA shares frequency and time resources and multiplexes signals in the power domain. NOMA shows higher efficiency than conventional OMA in terms of frequency efficiency, but BER performance is relatively poor. In order to improve this, NOMA based on LIS composed of reflective elements capable of controlling the channel environment is being studied. However, in the conventional LIS-NOMA, LIS perform channel control to only one user. As a result, there was a large difference between NOMA users' BER performance. Therefore, in this paper, we propose a downlink splitting LIS-NOMA system that supports multiple users by dividing reflective elements of LIS. Through simulation, we compare the BER performance of the conventional NOMA and LIS-NOMA and splitting LIS-NOMA systems. As a result of simulation, the proposed system shows improved BER performance on average compared to the conventional LIS-NOMA.

### I. 서론

2019년 4월 기존 LTE의 최대 20배 빠른 전송률을

가진 5G가 최초 상용화 되었다. 그럼에도 불구하고 Internet of Everything 과 자율주행자동차 등의 단말 수의 증대가 예상됨에 따라 데이터 요구량 또한 지속

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2020-2020-0-01612)

• First Author : Kumoh National Institute of Technology, ybkwon@kumoh.ac.kr, 학생(석사), 정회원

° Corresponding Author : Kumoh National Institute of Technology, wdragon@kumoh.ac.kr, 정교수, 종신회원

논문번호 : 202009-218-A-RN, Received September 3, 2020; Revised October 30, 2020; Accepted December 1, 2020

적으로 증가할 것으로 전망된다<sup>11</sup>. 이를 만족하는 향상된 성능의 Beyond 5G 및 6G 통신을 구현하기 위한 후보 기술로 Terahertz 통신, 주파수 밴드 통합 트랜시버, Edge AI와 이후 서술할 Large Intelligent Surface (LIS) 등의 기술이 주목받고 있다<sup>12</sup>.

주파수 효율과 장치 연결성 향상을 향상시키는 비직교 다중접속 기법 (Non-orthogonal multiple access, NOMA) 은 유망한 차세대 후보 기술 중 하나이다<sup>13</sup>. NOMA는 기존의 다중 접속 기법의 시간 및 주파수 자원의 직교성을 의도적으로 위배하여 다수의 사용자가 자원을 공유하며 전력의 영역에서 다중 접속이 이루어지는 기술이다. 이러한 이유로 NOMA는 기존의 직교 다중 접속 (Orthogonal multiple access, OMA) 과 비교하여 보다 향상된 주파수 효율을 갖는다. NOMA 기법은 송신장치에서의 중첩 코딩과 수신장치에서의 순차적 간섭 제거 기술 (Successive Interference Cancellation, SIC)을 이용하여 통신한다. 중첩 코딩은 각 사용자의 신호를 각 채널의 상태를 고려하여 전력을 할당하고 이를 선형 결합한다. 수신기로 수신된 신호는 SIC를 통하여 해당하지 않는 사용자의 신호가 제거된다<sup>14-15</sup>. 또한 SIC기법 이외에 NOMA 신호를 수신하기 위한 최적의 기법으로 Joint Maximum Likelihood가 있다<sup>16</sup>. NOMA는 주파수 효율 면에서 장점이 있지만, 복수 사용자의 신호를 중첩하여 송신하기 때문에 사용자간 간섭이 발생하여 열악한 비트 오류율 (Bit Error Rate, BER) 을 가진다<sup>17</sup>.

그리고 최근 채널 환경 공간을 재구성 가능함에 따라 주파수 및 에너지 효율을 향상시키는 Large Intelligent Surface (LIS) 가 활발히 연구되고 있다<sup>18</sup>. LIS는 메타물질로 이루어진 다수의 소형 및 저비용의 평면 반사 소자가 배열된 평면의 장치이며, 이 반사 소자는 RF처리와 디코딩, 인코딩, 재전송 없이 위상 천이를 포함한 입사신호 반사를 수행하므로 별도의 에너지원을 필요로 하지 않는다<sup>9-10</sup>. LIS는 소프트웨어에 의해 제어되는 기술로, 채널 상태 정보를 바탕으로 위상 천이를 이용해 확률적인 채널 환경을 결정적 채널로 전환함으로써 수신 SNR을 효과적으로 높이며, 이는 매우 낮은 SNR 값에서도 안정적인 통신을 가능하게 한다<sup>11,12</sup>. 이에 따라 무선통신시스템에서 LIS는 주파수 및 에너지 효율 향상은 물론, 음영지역 해소와 커버리지 증대, QoS 향상 등의 이득을 가진다<sup>12</sup>.

최근 채널 환경을 제어할 수 있는 LIS와 중첩 코딩을 이용하여 높은 주파수 효율을 가진 NOMA를 결합한 LIS-NOMA가 연구되고 있다<sup>13-15</sup>. 두 기술의 결합 시 LIS는 반사되는 전파 신호를 임의로 조절할 수 있

으므로, 반사 소자의 위상 변화를 조정하여 채널 강도를 향상시켜 원신호 검출 성능을 돕는다<sup>13</sup>. [15]에서는 하향링크에서 사용자가 2명일 경우 LIS의 채널 제어를 하나의 NOMA 사용자에게 적용하는 LIS 기반 NOMA 시스템을 제안하였으며, 기존 NOMA와 비교하여 모든 사용자에 대해 향상된 BER 성능을 보였다. 하지만 그 결과에서 LIS의 채널 제어가 적용된 NOMA 사용자와 적용되지 못한 NOMA 사용자 간 BER 성능의 차가 크게 발생하였다.

따라서 본 논문에서는 모든 NOMA 사용자에게 대응하는 채널 제어를 적용하기 위해 하향링크 splitting LIS-NOMA를 제안한다. 제안하는 시스템은 LIS 기반 전송을 통해 수신 SNR을 효과적으로 향상시켜 NOMA의 한계점인 BER 성능을 개선한다. 또한, 각 사용자에게 서로 다른 위상 천이를 적용하기 위하여 다수의 LIS 반사 소자를 복수의 그룹으로 나눈 splitting LIS를 제안한다. 제안하는 splitting LIS-NOMA는 기존 LIS-NOMA 대비 BER 성능 및 사용자 간 성능 불균형을 개선할 수 있다. 제안하는 시스템 성능 분석을 위해 시뮬레이션을 통하여 기존 NOMA와 LIS-NOMA의 BER 성능을 비교하였다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 LIS-NOMA인 1) passive LIS-NOMA와 2) SU-LIS-NOMA를 설명하고 3) splitting LIS-NOMA를 제안한다. 3장에서는 제시된 시스템들과 기존의 NOMA 시스템의 BER을 시뮬레이션을 통해 조사하고 결과를 비교 분석한다. 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향으로 마무리한다.

## II. 시스템 모델

그림 1과 같이, 시스템 구성은 단일 셀 하향링크 상황에서 하나의 기지국 (Base station, BS) 과 두 개의 사용자 장비 UE1과 UE2가 있으며, 채널의 가운데에 하나의 LIS가 위치한다. 각 노드는 각각 한 개의 안테나를 가지며, LIS는 입사신호의 재구성성이 가능한  $N$ 개의 반사 소자로 구성된다. BS와 각 사용자 간의 직접 링크는 장애물에 의해 무시할 정도로 약하여 통신이 불가능하고 LIS의 모든 소자를 통해 BS와 사용자 간 채널이 형성된다고 가정한다. 또한, 형성된 모든 채널은 레일레이 페이딩이라 가정하면, 각 채널은  $h_i \sim CN(0, d_{rb}^{-\alpha})$  와  $g_{1,i} \sim CN(0, d_{1r}^{-\alpha})$ ,  $g_{2,i} \sim CN(0, d_{2r}^{-\alpha})$ 으로 나타낼 수 있다. 여기서  $i = (1, 2, \dots, N)$ 는 LIS의 반사 소자 인덱스다.  $d$ 는 각

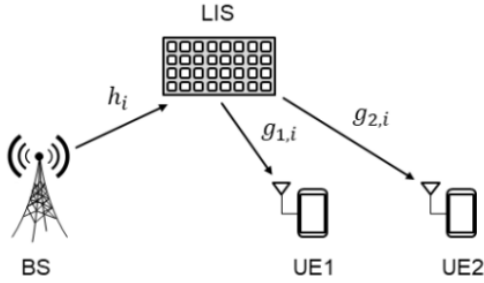


그림 1. 기존 LIS-NOMA 시스템 모델  
Fig. 1. System model of conventional LIS-NOMA

노드 사이의 거리를 나타내며, 아래 첨자  $b$ 와  $r$ , 1, 2는 각각 BS와 LIS, UE1, UE2를 나타낸다. 채널은 복소 가우시안 랜덤 변수 이므로 다음과 같이 크기와 위상으로  $h_i = \alpha_i e^{-j\theta_i}$ 와  $g_{1,i} = \beta_{1,i} e^{-j\psi_{1,i}}$ ,  $g_{2,i} = \beta_{2,i} e^{-j\psi_{2,i}}$ 로 표기할 수 있다. LIS와 각 사용자 장치는 완벽한 채널 상태 정보 (Channel State Information, CSI) 를 알고 있다고 가정한다. 이를 통해 LIS는 입사신호에 해당하는 채널 이득에 따라 위상 천이를 도입한다.

BS는 각각 UE1과 UE2에 전송할 신호  $s_1$ 과  $s_2$ 를 중첩코딩을 통하여 NOMA 송신 신호를 만든다. 이때 각 신호는 각 사용자의 채널 이득에 따라 전력 할당을 받는다. 따라서 송신 신호를 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$x = \sqrt{p_1} s_1 + \sqrt{p_2} s_2 \quad (1)$$

여기서  $p_1$ 과  $p_2$ 는 전력 할당 인자이다. UE1이 UE2와 비교하여 LIS로 부터 가까이 위치하며, 이에 따라 LIS와 사용자간 평균 채널 이득의 크기를  $|g_1| > |g_2|$ 로 가정하면 다운링크 NOMA 원리에 따라 전력 할당 인자는  $p_1 < p_2$ 가 된다. 기지국의 총 송신 전력  $p_t = p_1 + p_2 = 1$ 로 설정한다. 송신 신호  $x$ 는 채널  $h_i$ 를 통과하여 LIS에 의해 반사되어 각 사용자 장비에 수신된다. 이때 LIS로부터 반사 및 제어되는 입사신호는 모든 사용자의 신호를 포함한 중첩신호이므로 한 개의 LIS 소자는 오직 한 쪽의 사용자에게만 위상 천이를 수행할 수 있다.

제안하는 시스템 설명에 앞서 성능 비교를 위해 기존 LIS-NOMA 기법을 설명한다. LIS 소자의 위상 천이를 사용하지 않는 passive LIS-NOMA와 위상 천이를 사용하지 않지만 NOMA의 특성에 의해 단일 사용자

에게 적용하는 SU-LIS-NOMA(Single User LIS NOMA)의 원리에 대해 기술한다. 이후 본 논문에서 제안하는 splitting LIS-NOMA 시스템을 서술한다.

### 2.1 Passive LIS NOMA

먼저 passive LIS-NOMA는 각 소자가 채널 환경 제어를 위해 위상 조절을 하지 않고, 반사의 기능만 가진 경우이다. 즉, 송신신호는 LIS 소자들에 의해 반사될 뿐, 어떠한 제어도 받지 않는다. 이 경우 LIS 사용자 UE1과 UE2의 수신신호  $y_1$ 과  $y_2$ 는 다음과 같다.

$$y_1 = \left[ \sum_{i=1}^N h_i g_{1,i} \right] x + n_1 \quad (2)$$

$$y_2 = \left[ \sum_{i=1}^N h_i g_{2,i} \right] x + n_2 \quad (3)$$

여기서  $n_1$ 과  $n_2$ 는 수신기에서 발생한 가우시안 잡음이다. 송신 신호는 채널  $h_i$ 와 채널  $g_{1,i}, g_{2,i}$ 를 통해 LIS의 반사 소자  $N$ 개의 경로로 각 사용자에게 전송된다.

### 2.2 SU-LIS-NOMA

SU-LIS-NOMA는 하향링크의 수신단인 두 사용자 중 단일 사용자에게만 위상 천이를 하도록 활성화한다. 따라서 위상 천이가 UE1에 적용된 경우와 UE2에 적용된 경우로 구분된다. 즉, LIS는 각 LIS 소자가 형성한 채널에 위상 천이  $e^{j\phi_i}$ 을 적용한다. 위상 천이를 적용한 각 사용자의 수신신호  $y_1$ 과  $y_2$ 는 다음과 같다.

$$y_1 = \left[ \sum_{i=1}^N h_i e^{j\phi_i} g_{1,i} \right] x + n_1 = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_i \beta_{1,i} e^{j(\phi_i - \theta_i - \psi_{1,i})} \right] x + n_1 \quad (4)$$

$$y_2 = \left[ \sum_{i=1}^N h_i e^{j\phi_i} g_{2,i} \right] x + n_2 = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_i \beta_{2,i} e^{j(\phi_i - \theta_i - \psi_{2,i})} \right] x + n_2 \quad (5)$$

여기서  $n_1$ 과  $n_2$ 는 가우시안 잡음이다. 식(4)와 식(5)에서 위상 천이 값  $e^{j\phi_i}$ 는 두 수신신호에 동일하게 적용된다. 이는 송신신호  $x$ 가 NOMA 중첩신호이고 동시에 LIS 소자에 위상 천이되기 때문이다. [12]에서 통신 성능 향상을 위해 최대 SNR을 만족하는 경우를

위상 천이 인자  $\phi_i$ 는 채널  $h_i$ 의 위상 값  $\theta_i$ 과 채널  $g_{1,i}$  또는  $g_{2,i}$ 의 위상 값  $\psi_{1,i}$  또는  $\psi_{2,i}$ 의 합과 같다고 가정하였다.

UE1에 대해 위상천이를 적용할 경우,  $\phi_i = \theta_i + \psi_{1,i}$ 로 설정한다. 따라서 식(4)와 식(5)의 수신신호  $y_1$ 과  $y_2$ 는 다음과 같이 변경된다.

$$y_1 = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_i \beta_{1,i} \right] x + n_1 \quad (6)$$

$$y_2 = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_i \beta_{2,i} e^{j(\psi_{1,i} - \psi_{2,i})} \right] x + n_2 \quad (7)$$

식(7)에서  $y_2$ 의 채널 위상은 UE1에 대한 위상 천이로 인해 소거되지 않고 남는다. 반대로 UE2에 대해 위상 천이를 적용할 경우,  $\phi_i = \theta_i + \psi_{2,i}$ 로 설정한다. 이 경우 식(4)와 식(5)의 수신신호  $y_1$ 과  $y_2$ 는 다음과 같이 변경된다.

$$y_1 = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_i \beta_{1,i} e^{j(\psi_{2,i} - \psi_{1,i})} \right] x + n_1 \quad (8)$$

$$y_2 = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_i \beta_{2,i} \right] x + n_2 \quad (9)$$

식(8)에서도 앞의 경우와 마찬가지로 위상 천이가 적용되지 않은 UE1에 수신되는 신호  $y_1$ 의 채널 위상은 소거되지 않고 남는다.

### 2.3 Splitting LIS-NOMA

그림 2는 제안하는 splitting LIS-NOMA 시스템이다. 모든 사용자의 채널에 대한 위상 천이를 수행하기 위해 LIS의 소자를 두 그룹 G1과 G2로 분할하여 각

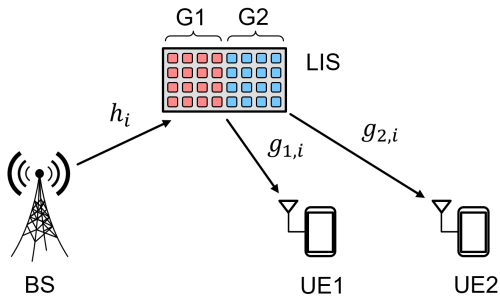


그림 2. Splitting LIS-NOMA 시스템 모델  
Fig. 2. Splitting LIS-NOMA system model

각 UE1과 UE2의 채널에 대한 위상 천이를 적용한다. 다시 말해 반사 소자의 절반의 그룹 G1은 UE1의 수신신호가 겪는 채널  $h_i$ 와  $g_{1,i}$ 에 대하여 신호를 조절하며, 나머지 절반의 그룹 G2는 UE2의 수신신호가 겪는 채널  $h_i$ 와  $g_{2,i}$ 에 대하여 신호의 위상을 조절한다. 즉, 반사 소자의 인덱스가 G1에 속할 경우 ( $i = (1, 2, \dots, N/2)$ ) 위상 천이 인자 값은  $\phi_i = \theta_i + \psi_{1,i}$ 이고, G2에 속할 경우 ( $i = (N/2 + 1, N/2 + 2, \dots, N)$ ) 위상 천이 인자 값은  $\phi_i = \theta_i + \psi_{2,i}$ 이다. 이에 따른 각 사용자가 수신하는 신호는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} y_1 &= \left[ \sum_{i=1}^N h_i e^{j\phi_i} g_{1,i} \right] x + n_1 \\ &= \left[ \sum_{i=1}^{N/2} h_i e^{j\phi_i} g_{1,i} + \sum_{i=N/2+1}^N h_i e^{j\phi_i} g_{1,i} \right] x + n_1 \quad (10) \\ &= \left[ \sum_{i=1}^{N/2} \alpha_i \beta_{1,i} + \sum_{i=N/2+1}^N \alpha_i \beta_{1,i} e^{j(\psi_{2,i} - \psi_{1,i})} \right] x + n_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= \left[ \sum_{i=1}^N h_i e^{j\phi_i} g_{2,i} \right] x + n_2 \\ &= \left[ \sum_{i=1}^{N/2} h_i e^{j\phi_i} g_{2,i} + \sum_{i=N/2+1}^N h_i e^{j\phi_i} g_{2,i} \right] x + n_2 \quad (11) \\ &= \left[ \sum_{i=1}^{N/2} \alpha_i \beta_{2,i} e^{j(\psi_{1,i} - \psi_{2,i})} + \sum_{i=N/2+1}^N \alpha_i \beta_{2,i} \right] x + n_2 \end{aligned}$$

여기서  $n_1$ 과  $n_2$ 는 각각 UE1과 UE2의 수신기에서 발생한 가우시안 잡음이다. 식(10)에서 볼 수 있듯이 LIS의 G1은 UE1의 수신신호가 겪는 채널 위상에 대한 위상 천이를 수행하여 채널이득의 크기  $\alpha_i \beta_{1,i}$ 만 남는다. 그러나 G2는 UE2의 수신신호가 겪는 채널 위상에 대한 위상 천이를 수행하며, 이에 따라 채널이득의 잔여 위상  $e^{j(\psi_{2,i} - \psi_{1,i})}$ 가 발생한다. 마찬가지로 식(11)에서 G1에 대해 채널 위상  $e^{j(\psi_{1,i} - \psi_{2,i})}$ 가 잔존하며 G2에 대해 채널이득 크기  $\alpha_i \beta_{2,i}$ 가 남는다.

각 사용자의 수신기에 수신된 신호는 NOMA 기법에 의해 디코딩된다. UE1은 SIC를 수행하며 이때 잡음이 발생하지 않는 perfect SIC를 가정한다. UE2는 UE1의 신호를 잡음으로 두고 신호를 복호한다.

### III. 시뮬레이션 및 결과

본 장에서는 제안하는 splitting LIS-NOMA와 기존의 NOMA 및 LIS-NOMA에 대한 BER 시뮬레이션

을 수행하고 그 결과에 대해 분석한다. 시뮬레이션을 위해 다음과 같은 파라미터가 사용되었다. 각 노드 간 거리는 BS와 LIS 사이 거리  $d_{rb} = 0.5$ , LIS와 UE1과 UE2 사이 거리는 각각  $d_{1r} = 0.5$ ,  $d_{2r} = \sqrt{0.75}$  설정하였다. 또한, 경로손실 인자  $\nu = 4$ 로 하며, 고정전력 할당을 사용하여 UE1과 UE2에게 각각  $p_1 = 0.2$ 와  $p_2 = 0.8$ 을 할당한다. 신호의 변조 기법은 두 사용자 모두 QPSK를 사용한다. 한편 기존의 NOMA의 경우 성능 비교를 위하여 제시된 시스템과 달리 BS와 UE 간 직접 통신 가능한 채널이 형성된다고 가정한다. 이때 BS와 각 UE간 거리는 각각  $d_{1b} = 0.5$ 와  $d_{2b} = 1.0$ 이다. 또한 UE1과 UE2의 채널에 대한 채널이득은 각각  $h_{1,i} \sim CN(0, d_{1b}^{-\nu})$ 와  $h_{2,i} \sim CN(0, d_{2b}^{-\nu})$ 로 나타낼 수 있다.

그림 3은 기존 NOMA 및 passive LIS-NOMA, SU-LIS-NOMA, splitting LIS-NOMA 시스템의 BER 시뮬레이션 결과이다. 여기서 사용된 LIS 반사 소자 수 N은 32개이며, 그림에서 실선과 점선은 각각 UE1과 UE2를 나타낸다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 기존 NOMA는 중첩 코딩에 의한 사용자간 간섭으로 인해 BER 성능이 좋지 않다. 이에 비해 LIS 기반 시스템들은 향상된 BER 성능을 보인다. 이는 송신 신호가 다수의 LIS 반사 소자에 의해 반사되어 사용자에게 수신됨에 따른 수신 SNR 증가 및 확률적인 채널을 결정적 채널로 전환하는 LIS 반사 소자의 위상 천이 기능 때문이다. 특히 passive LIS-NOMA의 경우 기존 NOMA보다 BER 성능이 개선됨을 보이지만 채널 환경을 제어하는 위상 천이가 도입되지 않았기 때문에 다른 LIS기반 NOMA 시스템보다 BER 성능 개선 폭

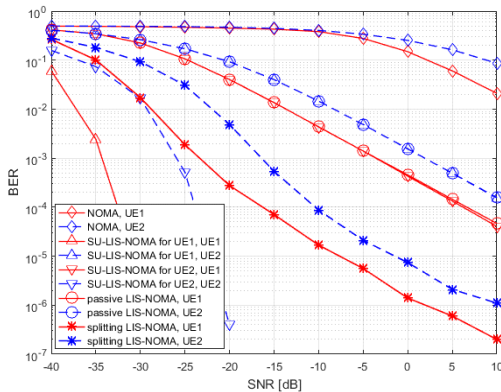


그림 3. LIS-NOMA 비트 오류율 (N=32)  
Fig. 3. BER of LIS-NOMA (N=32)

이 크지 않다. 그리고 SU-LIS-NOMA의 경우 앞 장에서 서술한 2가지로 경우로 나뉘어 진행하였다. 그 결과 두 경우에서 공통적으로 위상 천이가 적용된 사용자는 큰 폭의 BER 성능 향상을 보였다. 반면 적용되지 못한 사용자는 미미한 성능 향상을 보였고 이 결과는 passive LIS-NOMA의 동일한 위치의 사용자의 BER과 거의 유사하다. splitting LIS-NOMA의 경우 시뮬레이션 결과를 통해 기존 NOMA와 passive LIS-NOMA 대비 BER 성능이 개선됨을 보인다. 각각의 사용자에게 SU-LIS-NOMA 시스템과 비교할 때, 위상 천이가 적용된 사용자보다 BER 성능이 좋지 않지만 모든 사용자를 평균적으로 비교할 때 splitting LIS-NOMA 시스템이 보다 나은 BER 성능을 가진다.

그림 4는 소자 수에 따른 splitting LIS-NOMA의 BER 결과 그래프이다. LIS의 반사 소자 수 N은 32, 64, 128로 한다. 반사 소자가 증가할수록 BER 성능이 개선됨을 보인다. BER이  $10^{-5}$  일 때 BER 성능이 반사 소자가 32가 64로 증가할 경우 18dB 그리고 64에서 128로 증가할 경우 10.5dB가 향상됨을 보인다.

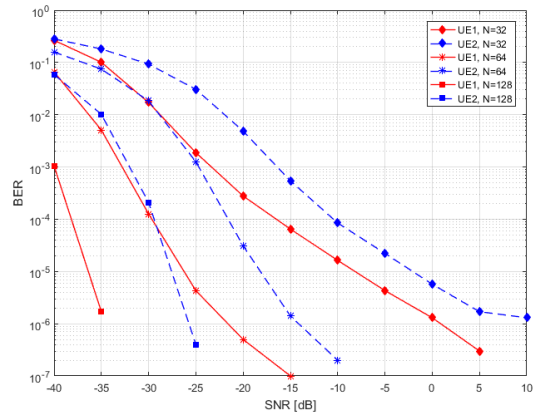


그림 4. LIS 소자 수에 따른 LIS-NOMA 비트 오류율  
Fig. 4. BER of LIS-NOMA based on the number of element of LIS

#### IV. 결론

본 논문에서는 기존 LIS-NOMA에서 NOMA 사용자 간의 수신 성능 불균형을 개선하기 위해 하향링크 splitting LIS-NOMA를 제안하였다. 기존 LIS-NOMA는 다수의 LIS 소자를 하나의 NOMA 사용자에게만 채널 제어를 수행할 수 있다. 이는 NOMA 사용자 간 수신 성능 불균형을 가져왔다. 이를 개선하기 위해 제안한 splitting LIS-NOMA 방식은 LIS를 구성하는 다

수의 LIS 소자를 NOMA 사용자 수에 대응하는 그룹으로 분할하여 복수의 사용자에게 채널 제어를 수행한다. 그 결과, 기존 LIS-NOMA 대비 사용자의 평균 BER 성능이 개선됨을 확인하였다.

제안하는 시스템은 perfect CSI 환경으로 제한하였으며, 통신 시스템의 현실적인 반영을 위해 imperfect CSI를 적용한 연구를 진행할 예정이다. 또한, LIS의 최적 반사 소자 할당 연구 및 통신 용량 증대 성능 분석 등으로 확장할 수 있다.

## References

- [1] Index, Cisco Visual Networking, “*Global mobile data traffic forecast update, 2016 - 2021*,” White paper, vol. 7, 2017.
- [2] W. Saad, M. Bennis, and M. Chen, “A vision of 6G wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems,” *IEEE network*, vol. 34, no. 3, pp. 134-142, 2019.
- [3] Z. Ding, et al., “A survey on non-orthogonal multiple access for 5G networks: Research challenges and future trends,” *IEEE J. Sel. Areas in Commun.*, vol. 35, no. 10, pp. 2181-2195, 2017.
- [4] Y. Saito, et al., “Non-orthogonal multiple access (NOMA) for cellular future radio access,” *2013 IEEE 77th VTC Spring*, Dresden, Germany, 2013.
- [5] L. Dai, et al., “Non-orthogonal multiple access for 5G: Solutions, challenges, opportunities, and future research trends,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 53, no. 9, pp. 74-81, 2015.
- [6] J. S. Yeom, et al., “BER performance of uplink NOMA with joint maximum-likelihood detector,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 68, no. 10, pp. 10295-10300, 2019.
- [7] M. R. Usman, et al., “On the performance of perfect and imperfect SIC in downlink non orthogonal multiple access (NOMA),” *2016 ICSGTEIS IEEE*, Bali, Indonesia, 2016.
- [8] J. Zhao, “A survey of intelligent reflecting surfaces (IRSs): Towards 6G wireless communication networks with massive MIMO 2.0,” arXiv preprint arXiv:1907.04789, 2019.
- [9] M. Di Renzo, et al., “Smart radio environments empowered by reconfigurable AI meta-surfaces: An idea whose time has come,” *EURASIP J. Wireless Commun. and Netw.*, vol. 2019, no. 1, pp. 1-20, 2019.
- [10] Q. Wu and R. Zhang, “Intelligent reflecting surface enhanced wireless network: Joint active and passive beamforming design,” *2018 IEEE GLOBECOM*, 2018.
- [11] E. Basar, “Transmission through large intelligent surfaces: A new frontier in wireless communications,” *2019 EuCNC IEEE*, 2019.
- [12] E. Basar, et al., “Wireless communications through reconfigurable intelligent surfaces,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 116753-116773, 2019.
- [13] G. Yang, X. Xu, and Y.-C. Liang, “Intelligent reflecting surface assisted non-orthogonal multiple access,” *2020 IEEE WCNC*, 2020.
- [14] M. Fu, Y. Zhou, and Y. Shi, “Intelligent reflecting surface for downlink non-orthogonal multiple access networks,” *2019 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, Waikoloa, HI, USA, 2019.
- [15] Y. B. Kwon and S. Y. Shin, “BER analysis of non-orthogonal multiple access system assisted with large intelligent surface,” in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 588-589, Pyeongchang, Korea, Feb. 2020.

권 옹 비 (Yong Bi Kwon)



2019년 2월 : 금오공과대학교 전  
자공학부 졸업  
2019년 3월 : 금오공과대학교 IT  
융복합공학과 석사과정  
<관심분야> 무선통신, NOMA,  
LIS, 드론 응용  
[ORCID:0000-0003-0667-8819]

신 수 용 (Soo Young Shin)



1999년 2월 : 서울대학교 전기공  
학부 졸업  
2001년 2월 : 서울대학교 전기공  
학부 석사  
2006년 2월 : 서울대학교 전기공  
학부 박사  
2010년~현재 : 국립금오공과 대  
학교 전자공학부 교수  
<관심분야> 5G/B5G 무선 접속 기술, 드론 응용,  
혼합 현실, 블록체인, 머신러닝 및 딥 러닝  
[ORCID:0000-0002-2526-2395]