

안테나 선택 기반 물리계층 네트워크 코딩 기법의 성능분석

염정선, 정방철
 충남대학교 공과대학 전자공학과
 e-mail : jsyeom@gmail.com, bcjung@cnu.ac.kr

Performance Analysis of Physical-layer Network Coding with Antenna Selection Techniques

Jeong Seon Yeom and Bang Chul Jung
 Department of Electronics Engineering
 Chungnam National University

Abstract

In this paper, we consider a physical-layer network coding technique with a multi-antenna relay node. We consider a *max-min* transmit antenna selection (TAS) technique in the downlink phase of the PNC technique for improving performance. In particular, we mathematically analyze the exact bit error rate (BER) performance of the PNC technique with the *max-min* TAS in the downlink.

I. 서론

물리계층 네트워크 코딩(PNC)은 현재 부족한 주파수 자원을 효율적으로 사용하며 낮은 전송 지연에 적합한 통신 시스템 중 하나로 활발히 연구되고 있다 [1, 2]. PNC의 통신 성능을 향상시키기 위해서 다중 안테나 중계노드를 사용하는 방법이 있다 [3]. 다중 안테나 중계노드를 가지는 PNC의 하향링크 성능이 전체 시스템 성능에 병목(bottle neck)으로 작용하므로 정확한 분석이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 다중 안테나 중계노드를 가지는 양방향 중계 채널에서 *Max-Min* transmit antenna selection을 사용하는 PNC 하향링크에서의 정확한 BER 성능을 최초로 분석한다.

II. 제안하는 안테나 선택기법 성능 분석

본 논문에서는 각각 하나의 안테나를 가지는 두 개의 송신노드와 N 개의 안테나를 가지는 중계노드가 있는 무선 양방향 중계 채널을 고려한다. 본 논문은 다중 중계노드 환경에서 병목으로 작용하는 하향링크에 초점을 맞춘다.

PNC 상향링크에서 중계 노드는 두 송신노드의 신호에 대한 배타적 논리합 (XOR) 연산 결과인 신호 x_{xor} 를 검파하여 하향링크로 두 송신노드로 전송한다. 이때, 중계 노드는 N 개의 모든 안테나를 사용하는 것이 아닌 *Max-Min* transmission antenna selection (TAS) 기법으로 선택된 하나의 안테나 (t 번째 안테나)만으로 신호를 전송하는 것을 제안한다. *Max-Min* TAS 기법은 각 안테나에서 양방향으로 존재하는 두 개의 링크들 중 시스템 전체 성능에 병목으로 작용하는 낮은 채널 이득을 최대화하기 위한 안테나를 선택한다.

TAS 기법으로 안테나를 선택하는 과정은 수식적으로 다음과 같이 표현된다.

$$t = \arg \max_{n \in \{1, 2, \dots, N\}} (\gamma_n^{min}),$$

$$\gamma_n^{min} = \min(\gamma_{n,1}, \gamma_{n,2}),$$

여기서 $\gamma_{n,i}$ 는 중계 노드의 n 번째 안테나에서 i 번째 송신노드까지의 채널 이득으로 $\exp(1)$ 의 분포를 띈다. 중계 노드는 모든 채널 정보를 완벽하게 알고 있다고 가정한다.

송신 노드들은 중계 노드의 t 번째 안테나로부터 전송된 신호를 수신한 후, 각각 검파하여 자기 자신의 신호와 XOR 연산을 통해 다른 중계 노드의 신호를 복호할 수 있다. 본 논문에서 계산한 정확한 BER 수

식은 아래와 같이 주어진다.

$$P_{BC} = \frac{N}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \binom{N-1}{k} (-1)^k \left\{ \frac{1}{2(k+1)} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4(k+1)}{\gamma}}} \right) + \frac{1}{2k+1} \left(1 + \frac{1}{2(k+1)} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4(k+1)}{\gamma}}} - 1 \right) - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2}{\gamma}}} \right) \right\}.$$

여기서 γ 는 평균 신호 대 잡음 비를 의미한다.

V. 시뮬레이션 및 결론

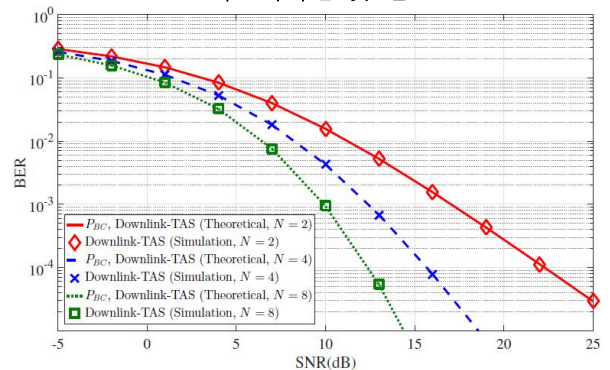


그림 1. 중계 노드 안테나 수에 따른 하향링크에서의 BER 성능
 그림 1은 하향링크에서의 BER 분석과 시뮬레이션 결과를 SNR에 대하여 보여준다. 그 결과 중계 노드 안테나 수에 따라서 분석한 결과와 시뮬레이션 결과와 정확히 일치하는 것을 볼 수 있다. 또한 중계 노드 안테나 수가 증가할수록 안테나 선택 이득의 증가로 다이버시티가 증가하여 BER 성능이 개선됨을 볼 수 있다.

Acknowledgement

본 논문은 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2018-2017-0-01635)

참고문헌

- [1] S. Zhang, S. C. Liew, and P. P. Lam, "Hot topic: Physical-layer network coding," in *Proc. ACM Mobile Computing and Networking (MobiCom)*, Sept. 2006, pp. 358-365.
- [2] 염정선, 고갑석, 정방철, "양방향 중계 채널에서 QPSK 변조가 적용된 물리계층 네트워크 코딩의 성능 분석," *한국통신학회 동계종합학술대회*, Jan. 2017.
- [3] B. C. Jung, J. S. Yoo, and W. Lee, "A practical physical-layer network coding with spatial modulation in two-way relay networks," *The Computer Journal*, Vol. 61, No. 2, pp. 264-272, Feb. 2018.