
버퍼기반 연쇄적 중계시스템에서 복호 정보를 활용한 중계기 선택 알고리즘

이병수 · 반태원 · 정방철

국립경상대학교

A Novel Relay Selection Technique with Decoded Information in Buffer-Aided Successive Relaying Systems

Byeong Su Lee · Tae Won Ban · Bang Chul Jung

Gyeongsang National University

E-mail : bslee.win@gmail.com, twban35@gnu.ac.kr, bcjung@gnu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 버퍼가 장착된 복수 개의 중계기가 존재하는 연쇄적 데이터 중계 시스템에서 다수의 중계기에서 복호에 성공한 데이터를 활용하여 간섭을 원천적으로 제거할 수 있는 특징을 이용하는 새로운 중계기 선택 기법을 제안한다. 제안된 중계기 선택 기법에서는 수신단으로 데이터를 전송할 중계기는 데이터가 수신단에 잘 도착할 수 있고, 나머지 중계기들 중 송신단 신호를 성공적으로 복호할 수 있는 중계기의 수를 최대화하도록 선택된다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 중계기 선택 방식이 기존 중계기 선택 기법에 비하여 훨씬 더 좋은 성능을 보이는 것을 확인한다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new relay selection technique which utilizes interference cancellation with decoding information at multiple relays for buffer-aided successive relaying systems. The transmitting relay is selected if its own transmission to the destination is successful and the number of relays which can successfully decode the data from the source is the maximum at the same time. Simulation results show that the proposed relay selection technique significantly outperforms the conventional relay selection scheme in terms of outage probability.

키워드

Interference Cancellation, Relay Selection, Buffer-Aided Successive Relay Network, Cooperative Communication

I. 서 론

중계기 통신은 하나의 송신단과 중계기, 그리고 수신단이 각각 존재하는 네트워크에 대해서 고려되어 졌다. 이후 중계기에 버퍼를 장착하여 통신하는 방식이 제안되었는데[1], 하나의 중계기가 존재하는 버퍼기반의 중계 시스템에서는 송신단과 중계기, 중계기와 수신단간의 채널을 고려하여 전송을 선택하는 적응적 전송 기법이 제시되었다[2]. 또한 복수 개의 중계기가 존재하는 버퍼기반의 중계 시스템에서 중계기를 선택하는 방식에 대한 연구도 진행되었다[3-5]. 그러나, 이는 중

계기가 수신단으로 데이터를 전송할 때 발생하는 간섭에 대해서는 전혀 고려하지 않았으므로, 실제 시스템과는 다소 거리가 있었다.

최근에는 중계기들의 간섭까지 고려한 중계기 선택방식이 제안되었는데, 간섭 제거 여부를 활용하여 송신단과 중계기의 채널을 계산하고, 이렇게 계산된 송신단과 중계기의 채널과 중계기와 수신단의 채널에 대한 채널 쌍들 중에서 가장 최상의 채널 이득을 갖는 중계기 쌍을 선택하게 된다 [6,7]. 그러나, 이 중계기 선택 기법은 네트워크에서 전송 가능한 모든 채널을 고려하므로 상당한 복잡도가 요구되며, 전체 중계기 중 단 2개의 중

계기만이 송·수신에 사용되므로 에너지가 낭비되는 현상이 발생하게 되는데 이는 중계기의 수가 증가할수록 더욱 심화된다.

본 논문에서는 버퍼가 장착된 복수 개의 중계기가 존재하는 연쇄적 데이터 중계 시스템에서 다수의 중계기에서 복호에 성공한 데이터를 활용하여 간섭을 제거할 수 있는 특징을 이용하여 중계기를 선택하는 새로운 중계기 선택 기법을 제안한다.

II. 시스템 모델

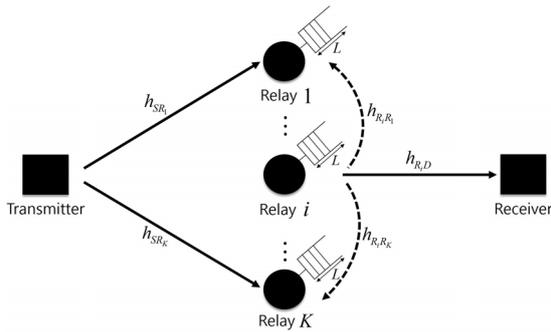


그림 1. 시스템모델

그림 1은 하나의 송신단과 수신단이 있고, 길이 L 짜리 버퍼가 장착된 K 개의 Decode-and-Forward 중계기가 존재하는 중계 시스템을 나타낸다. 여기서, 송신단과 수신단 사이에 직접적인 통신경로는 없다고 가정한다. 또한 송신단으로부터 중계기로의 데이터 전송 및 중계기로부터 수신단으로의 데이터 전송은 동시에 일어나지만, 같은 중계기가 전송과 수신을 동시에 하지 못한다고 가정한다. 송신단과 i 번째 중계기가 사용하는 송신전력은 각각 P_S 와 P_{R_i} 라고 하고, 채널을 통하여 데이터를 전송할 수 있는 전송률은 γ_0 라고 한다. 네트워크에 존재하는 모든 채널 정보는 $h_{ij}(i \rightarrow j)$ 로 나타내며, 평균이 0이고 분산이 1인 Complex Gaussian, 즉 $CN(0,1)$ 의 분포를 따른다. 채널 이득은 $g_{ij} = |h_{ij}|^2$ 으로 나타내며, n_i 는 Additive White Gaussian Noise (AWGN)을 나타내는데 여기서는 1이라고 가정한다.

III. 제안하는 중계기 선택 방식

우선, 전체 중계기의 집합을 A 라고 정의하고, 버퍼에 수신단으로 보낼 데이터를 가지고 있는 중계기들을 집합 T ($T \in [1, K]$)로 정의한다. 정의된 집합 T 에 대해서 t 번째 ($t \in T$) 중계기인 R_t 가 수신단으로 데이터를 전달한다고 가정하면,

R_t 를 제외한 네트워크 내에 존재하는 모든 릴레이에 대해서 R_t 가 수신단으로 데이터를 전달할 때 발생하는 간섭에 대한 제거 여부를 확인한다. 이때, 간섭을 제거하는 방법은 R_t 가 전달하는 데이터를 활용하게 되는데, 만약 R_t 가 수신단으로 전달하고자 하는 데이터를 i 번째 중계기인 R_i 가 가지고 있다면 R_t 로부터 발생하는 간섭을 제거할 수 있다(Case 1). 또한 데이터를 가지고 있지 않더라도 아래 수식을 만족하는 R_i 에 대해서는 간섭제거를 할 수 있다(Case 2).

$$\frac{g_{R_t R_i} P_{R_t}}{g_{S R_i} P_S + n_{R_i}} \geq 2^{r_0} \quad (1)$$

만약 위의 두 가지 경우를 만족하지 않으면 간섭이 제거되지 않는다고 가정한다. 이렇게 간섭 제거 여부를 확인한 후 이를 이용해 송신단과 i 번째 중계기 간의 채널 이득 $g_{S R_i}$ 을 간섭이 제거된 중계기는 Signal-to-Noise Ratio(SNR)로, 간섭이 제거되지 않은 중계기는 Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio(SINR)로 계산을 하게 되는데, 이를 집합 T 에 속한 모든 중계기에 대해서 수행하게 된다. 이렇게 결정된 채널들에 대해서 집합 T 에 속한 중계기 중 송신단으로부터 전송되는 데이터를 성공적으로 복호할 수 있는 중계기의 수를 최대화하는 t 번째 중계기가 선택되는 것이다.

$$\max_{T \in t} \left(\left| \left\{ h_{S R_i} \geq 2^{r_0} \right\} \right| \right) \quad (2)$$

IV. 성능 분석 및 결론

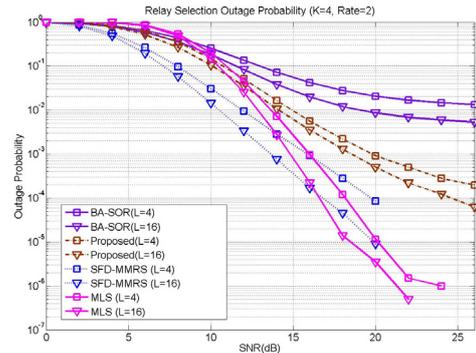


그림 2. $K = 4, L = 4, 16, \gamma_0 = 2$ 일때의 오류확률

제안한 중계기 선택 기법을 기존의 중계기 선택 기법인 MLS, SFD-MMRS, 그리고 Buffer-Aided Success Opportunistic Relay(BA-SOR)[10]와 비교한다. 그림 2에서 보는바와 같이 제안하는 중계기 선택 기법은 BA-SOR 기법에 비해 오류확률 측면

에서 더 좋은 성능을 보이고 있으며, 기존의 기법에 비해 간섭이 없는 환경에 성능이 근접함을 알 수 있다. 본 논문에서는 버퍼가 장착된 복수개의 중계기가 존재하는 연쇄적 데이터 중계 시스템에서 다수의 중계기에서 복호에 성공한 데이터를 활용하여 간섭을 원천적으로 제거할 수 있는 특징을 이용하는 새로운 중계기 선택 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 기존 기법 대비 오류확률 측면에서 우수한 성능을 보임은 물론, 기존의 기법과 달리 송신단으로부터 데이터를 수신받는 중계기의 수가 증가하므로 전송 신뢰도 (Reliability)를 끌어올릴 수 있다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [B0101-15-1272, 단말 협업형 Giga급 스마트 클라우드릿 핵심기술 개발]

참고문헌

- [1] B. Xia, Y. Fan, J. Thompson, and H. V. Poor, "Buffering in a three-node relay network," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 7, no. 11, pp. 4492-4496, Nov. 2008.
- [2] N. Zlatanov, R. Schober, and P. Popovski, "Throughput and diversity gain of buffer-aided relaying," in *Proc. of IEEE GLOBECOM*, Dec. 2011.
- [3] A. Ikhlef, D. S. Michalopoulos, and R. Schober, "Max-max relay selection for relays with buffers," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 11, no. 3, pp. 1124-1135, Mar. 2012.
- [4] I. Krikidis, T. Charalambous, and J. Thompson, "Buffer-aided relay selection for cooperative diversity systems without delay constraints," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 11, no. 5, pp. 1957-1967, Mar. 2012.
- [5] A. Ikhlef, J. Kim, and R. Schober, "Mimicking full-duplex relaying using half-duplex relays with buffers," *IEEE Trans. Vehic. Tech.*, vol. 61, no. 7, pp. 3025-3037, Sep. 2012.
- [6] N. Nomikos, T. Charalambous, I. Krikidis, D. N. Skoutas, D. Vouyioukas and M. Johansson, "Buffer-aided successive opportunistic relaying with inter-relay interference cancellation," in *Proc. of IEEE PIMRC*, Sep. 2013.
- [7] N. Nomikos, D. Vouyioukas, T. Charalambous, I. Krikidis, P. Makris, D. N. Skoutas, M. Johansson, and C. Skianis, "Joint relay-pair selection for buffer-aided successive opportunistic relaying" *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, vol. 25, no. 8, pp. 823-834, Mar. 2015.