

논문 2010-4-24

# 다중 홉 중계 네트워크에서 Pre-cancellation을 이용한 양방향 중계 통신

## Two-way Relay Communication with Pre-cancellation over Multi-hop Relay Network

박지환\*, 공형윤\*\*

JiHwan-Park\* and HyungYun-Kong\*\*

**요약** 본 논문에서는 두 사용자가 서로의 정보만을 주고받는 기존의 다중 홉 양방향 중계 통신과는 다른 두 사용자가 두 목적지 노드로 신호를 전송하는 새로운 양방향 중계통신 기법을 제안한다. 또한 기존의 다중 홉 양방향 중계 통신에서는 각 노드가 수신신호에서 자신의 신호 성분을 제거하는 back-propagating self-interference 기법을 수행해야 하며, 이로 인해 각 노드에서 신호처리 복잡도가 크게 증가하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 back-propagating self-interference 과정을 줄일 수 있는 Pre-cancellation 기법을 적용한다. 제안하는 기법이 기존의 다중 홉 양방향 중계 통신보다 우수한 성능을 보임을 시뮬레이션 결과로 보여주며, Pre-cancellation 기법의 사용 유무에 따른 시스템 복잡도와 성능간의 trade-off관계를 분석한다.

**Abstract** In this paper, we propose novel two-way relaying scheme in which number of two users transmit the signal to number of two destination. The scheme is difference with conventional multi-hop two-way relay scheme in which number of two users exchange the each signal. In the conventional scheme, each user have to perform back-propagating self-interference method to remove the own signal from received signal. It occurred to increase the complexity for signal processing at the user. To overcome the problem, we apply the Pre-cancellation which can reduce the process of back-propagating self-interference to our proposal network. Simulation result show that proposal scheme outperform the convention multi-hop two-way relay scheme. Also we analysis the trad-off between performance and complexity accordance with using Pre-cancellation method.

**Key Words :** Two-way Relaying, Back-Propagating Self-interference, Pre-cancellation, Network Coding

### 1. 서 론

양방향 중계 통신(two-way relay communication)은 2개의 단말이 중계기(relay)의 도움을 받아 양방향으로 정보를 주고받는 협력 통신(cooperative communication)이다. 최근 양방향 중계 통신에서 전송의 신뢰성과 데이

터 전송량(rate)을 증대시키기 위한 연구들이 진행되고 있으며, 중계기에서 두 사용자의 신호를 네트워크 부호화(network coding)하여 전송하는 네트워크 부호화 기반의 양방향 중계 통신이 주목을 받고 있다<sup>[1-2]</sup>. 네트워크 부호화 기술은 패킷 레벨에서 부호화기법을 적용하는 기법으로 처음에 유선 패킷 네트워크 환경에서 제안되었고 전체 네트워크의 용량을 증가시킬 수 있는 장점이 있다<sup>[3]</sup>. 기존의 연구들은 대부분 2-홉 중계 네트워크에서 네트워크 부호화기반의 양방향 중계 통신 기법을 연구하였으며, [4-5]에서는 다중 홉 중계 네트워크로 확장하여 네

\*준희원, 울산대학교 전기전자정보시스템공학부

\*\*정희원, 울산대학교 전기전자정보시스템공학부(교신저자)  
접수일자 2010.7.11, 수정일자 2010.7.30  
계재확정일자 2010.8.13

트위크 부호화기반의 양방향 중계 통신 기법을 제안하였다. [4]에서는 4-홉 중계 네트워크에서의 양방향 중계 통신 기법을 제안 하였으나 페이딩 채널을 고려하지 않고 경로 손실과 잡음만을 고려하여 시스템을 분석하였다. 또한 이러한 다중 홉 중계 네트워크에서 네트워크 부호화 기술을 이용할 경우, 각 노드는 수신신호에서 자신의 신호 성분을 제거하는 back-propagating self-interference 기법<sup>[6]</sup>을 수행해야하며, 이로 인해 각 노드에서 신호처리 복잡도가 크게 증가하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 [5]에서는 3-홉 중계 네트워크에서 back-propagating self-interference 과정을 줄일 수 있는 Pre-cancellation 기법을 이용한 양방향 중계 통신 기법을 제안하였다. 이는 각 사용자의 Pre-cancellation 과정을 통해 각 중계노드에서 신호처리 복잡도를 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 4-홉 양방향 중계 네트워크에서 기존의 양방향 중계 기법<sup>[4]</sup>보다 전체 네트워크의 용량을 증가시키고 시스템 복잡도 또한 줄일 수 있는 Pre-cancellation을 이용한 4-홉 양방향 중계 통신을 제안한다. 본 네트워크는 그림 1과 같이 두 사용자 노드(A, B), 하나의 중계노드(R) 그리고 두 개의 목적지 노드(D1, D2)가 존재하는 네트워크를 고려한다. 두 목적지 노드는 두 사용자의 신호 모두를 수신하기를 원하며, 두 사용자는 자신의 신호 전송뿐만 아니라 상대방 신호의 전송을 돕는 중계 노드 역할을 하게 된다.

본 논문의 2절에서는 4-홉 중계 네트워크에서 제안하는 양방향 중계 통신 기법에 대해 설명하고, 3절에서는 4-홉 중계 네트워크에서 Pre-cancellation 기법을 적용한 양방향 중계 기법에 대해 설명한다. 4절에서는 시뮬레이션을 통한 제안한 기법의 성능을 분석하며, 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 4-홉 양방향 중계 통신 기법

본 논문에서는 그림 1과 같이 두 명의 사용자(A, B), 하나의 중계기(R) 그리고 두 개의 목적지(D1, D2)로 구성된 양방향 중계네트워크를 고려한다. 두 사용자, 중계기 그리고 두 개의 목적지들은 단일 안테나를 가지고 있으며, 전송 프로토콜은 증폭 후 재전송(Amplify and Forward) 프로토콜을 따른다. 또한 노드간의 전송은 시

분할 방식을 통해 이루어지며, 노드 간의 채널은 독립적으로 변하는 Rayleigh 페이딩 채널을 가정하였다.

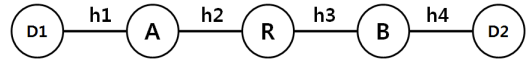


그림 1. 제안하는 시스템의 기본 모델  
Fig 1. Proposal system model

본 논문에서 제안하는 4-홉 양방향 중계 통신은 그림 2와 같이 총 세 번의 시간 슬롯동안 이루어진다.

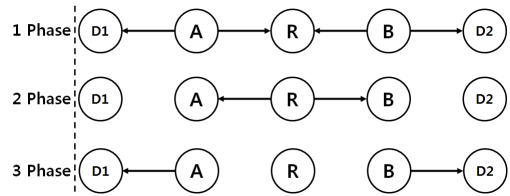


그림 2. 제안하는 4-홉 양방향 중계 기법  
Fig 2. Proposed 4-hop two-way relaying.

첫 번째 시간 슬롯에서 사용자 A, B가 자신의 신호를 브로드캐스트하며, 목적지 D1은 사용자 A의 신호, 목적지 D2는 사용자 B의 신호를 수신하게 된다. 목적지 D1, D2가 첫 번째 시간 슬롯에서 수신한 신호는 식(1), (2)와 같다.

$$y_{D1,1} = \sqrt{P_a} h_1 x_a + n_{d1,1} \quad (1)$$

$$y_{D2,1} = \sqrt{P_b} h_4 x_b + n_{d2,1} \quad (2)$$

여기서  $y_{i,j}$ 는  $j$ 번째 시간슬롯에서  $i$ 노드가 수신한 수신신호;  $P_i$ 는  $i$ 노드에서의 전송 전력;  $h$ 는 채널 계수;  $x_i$ 는  $i$ 노드의 전송 신호;  $n_{i,j}$ 는  $j$ 번째 시간슬롯에서  $i$ 노드에서의 평균이 0이고 분산이  $\sigma_i^2$ 인 백색 가우시언 잡음(AWGN : Additive White Gaussian Noise)이다.

목적지 D1에서는 ML(Maximum Likelihood) 검출을 통해  $x_a$ 를 검출 하며, D2 또한 ML 검출을 통해  $x_b$ 를 검출한다. 또한 중계기에서는 사용자 A, B의 신호를 수신한 후 두 신호를 네트워크 부호화하며, 네트워크 부호화된 신호는 식(3)과 같다.

$$y_R = \sqrt{P_a} h_2 x_a + \sqrt{P_b} h_3 x_b + n_r \quad (3)$$

두 번째 시간슬롯에서, 중계기는 네트워크 부호화된 신호를 증폭한 후 브로드캐스트 한다. 이때 사용자 A, B

가 중계기로부터 수신한 신호는 식(4), (5)와 같다.

$$y_A = \alpha \sqrt{P_r} h_2 y_R + n_a \quad (4)$$

$$y_B = \alpha \sqrt{P_r} h_3 y_R + n_b \quad (5)$$

여기서  $\alpha$ 는 중계기에서의 증폭 계수로써 식(6)과 같다.

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{P_a |h_2|^2 + P_b |h_3|^2 + \sigma_r^2}} \quad (6)$$

세 번째 시간 슬롯에서, 사용자 A, B는 중계기로부터 수신한 신호를 증폭하여 목적지 D1, D2로 전송한다. 이때 목적지 D1과 D2가 수신한 신호는 식(7), (8)과 같다.

$$\begin{aligned} y_{D1,3} &= \beta_1 \sqrt{P_a} h_1 y_A + n_{d1,3} \quad (7) \\ &= \alpha \beta_1 \sqrt{P_a} \sqrt{P_a} \sqrt{P_r} h_1 h_2 h_2 x_a \\ &\quad + \alpha \beta_1 \sqrt{P_a} \sqrt{P_a} \sqrt{P_r} h_1 h_2 h_3 x_b \\ &\quad + \alpha \beta_1 \sqrt{P_a} \sqrt{P_a} h_1 h_2 n_r \\ &\quad + \beta_1 \sqrt{P_a} h_1 n_a + n_{d1,3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{D2,3} &= \beta_2 \sqrt{P_b} h_4 y_B + n_{d2,3} \quad (8) \\ &= \alpha \beta_2 \sqrt{P_a} \sqrt{P_b} \sqrt{P_r} h_2 h_3 h_4 x_a \\ &\quad + \alpha \beta_2 \sqrt{P_a} \sqrt{P_b} \sqrt{P_r} h_3 h_3 h_4 x_b \\ &\quad + \alpha \beta_2 \sqrt{P_b} \sqrt{P_r} h_3 h_4 n_r \\ &\quad + \beta_2 \sqrt{P_b} h_4 n_b + n_{d2,3} \end{aligned}$$

여기서  $\beta_1$ 과  $\beta_2$ 는 사용자 A와 B에서의 증폭계수로 식(9), (10)과 같다.

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{1}{\alpha^2 P_a P_r |h_2|^2 |h_2|^2 + \alpha^2 P_a P_b |h_2|^2 |h_3|^2 + \alpha^2 P_a |h_2|^2 \sigma_r^2 + \sigma_a^2}} \quad (9)$$

$$\beta_2 = \sqrt{\frac{1}{\alpha^2 P_a P_r |h_2|^2 |h_3|^2 + \alpha^2 P_a P_b |h_3|^2 |h_3|^2 + \alpha^2 P_r |h_3|^2 \sigma_r^2 + \sigma_b^2}} \quad (10)$$

목적지 D1은 첫 번째 시간 슬롯에서 이미 사용자 A의 신호를 수신하였으므로 신호  $x_a$ 를 알고 있으며, 목적지 D2 또한 첫 번째 시간 슬롯에서 사용자 B의 신호를 수신하였으므로 신호  $x_b$ 를 알고 있다. 그러므로 목적지 D1과 D2는 back-propagating self-interference 기법으로 수신 신호  $y_{D1,3}$ 에서  $x_a$ 신호성분을, 수신신호  $y_{D2,3}$ 에서  $x_b$ 신호성분을 제거할 수 있다<sup>[6]</sup>. back-propagating

self-interference 기법을 이용한 후 목적지 D1과 D2가 수신한 신호는 식(11), (12)와 같다.

$$\begin{aligned} Y_{D1,3} &= \beta_1 \sqrt{P_a} h_1 y_A + n_{d1,3} \quad (11) \\ &= \alpha \beta_1 \sqrt{P_a} \sqrt{P_a} \sqrt{P_r} h_1 h_2 h_3 x_b \\ &\quad + \alpha \beta_1 \sqrt{P_a} \sqrt{P_a} h_1 h_2 n_r \\ &\quad + \beta_1 \sqrt{P_a} h_1 n_a + n_{d1,3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{D2,3} &= \beta_2 \sqrt{P_b} h_4 y_B + n_{d2,3} \quad (12) \\ &= \alpha \beta_2 \sqrt{P_a} \sqrt{P_b} \sqrt{P_r} h_2 h_3 h_4 x_a \\ &\quad + \alpha \beta_2 \sqrt{P_b} \sqrt{P_r} h_3 h_3 h_4 n_r \\ &\quad + \beta_2 \sqrt{P_b} h_4 n_b + n_{d2,3} \end{aligned}$$

이 후 목적지D1에서는 사용자 A의 신호를 복호하고, D2에서는 사용자B의 신호를 각각 복호한다. 최종적으로 세 시간슬롯동안 목적지 D1과 D2는 각각 사용자 A와 B의 신호 모두를 수신하게 된다.

### III. Pre-cancellation을 이용한 4-홉 양방향 중계 통신

본 논문에서 제안하는 4-홉 양방향 중계네트워크에서는 중계기와 사용자 노드에서는 back-propagating self-interference 기법이 요구되지 않지만 각각의 목적지에서는 back-propagating self-interference 기법이 요구되므로 시스템 복잡도가 증가하는 문제점이 존재한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 pre-cancellation 기법을 적용하며, pre-cancellation 기법을 이용한 전송 기법은 그림 3과 같다.

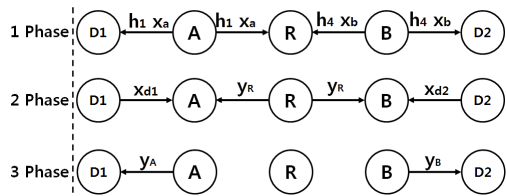


그림 3. pre-cancellation 기법을 적용한 4-홉 양방향 중계 기법

Fig 3. 4-hop two-way relaying applied pre-cancellation method

우선 pre-cancellation 기법을 적용하기 위해 각 노드

의 전송 전력이 동일하고 목적지에서는 각 노드사이의 채널 상태 정보를 알고 있다고 가정한다.

첫 번째 시간 슬롯에서 사용자 A와 B는 전송신호  $x_a$ 와  $x_b$  대신  $h_1x_a$ 와  $h_4x_b$ 를 전송한다. 중계기에서는 두 신호를 수신한 후 네트워크 부호화 하며 네트워크 부호화된 신호는 식(13)과 같다.

$$y_R = \sqrt{P}h_1h_2x_a + \sqrt{P}h_3h_4x_b + n_r \quad (13)$$

두 번째 시간 슬롯에서 중계기에서는 네트워크 부호화된 신호를 증폭하여 사용자 A, B로 전송한다. 동시에 목적지 D1에서는 “ $x_{D1} = -\alpha\sqrt{P}h_2h_2x_a$ ”를 D2에서는 “ $x_{D2} = -\alpha\sqrt{P}h_3h_3x_b$ ” 신호를 전송한다. (목적지 D1과 D2에서는 첫 번째 시간 슬롯에서 사용자 A와 B로부터 신호를 수하였으므로  $x_a$ 와  $x_b$ 를 알 수 있다.) 최종적으로 사용자 A, B가 수신하게 되는 신호는 식(14), (15)와 같다.

$$\begin{aligned} y_A &= \alpha\sqrt{P}h_2y_R + \sqrt{P}h_1x_{D1} + n_a \quad (14) \\ &= \alpha\sqrt{P}\sqrt{P}h_1h_2h_2x_a \\ &\quad + \alpha\sqrt{P}\sqrt{P}h_2h_3h_4x_b \\ &\quad - \alpha\sqrt{P}\sqrt{P}h_1h_2h_2x_a \\ &\quad + \alpha\sqrt{P}h_2n_r + n_a \\ &= \alpha Ph_2h_3h_4x_b + \alpha\sqrt{P}h_2n_r + n_a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_B &= \alpha\sqrt{P}h_3y_R + \sqrt{P}h_4x_{D2} + n_b \quad (15) \\ &= \alpha\sqrt{P}\sqrt{P}h_1h_2h_3x_a \\ &\quad + \alpha\sqrt{P}\sqrt{P}h_3h_3h_4x_b \\ &\quad - \alpha\sqrt{P}\sqrt{P}h_3h_3h_4x_b \\ &\quad + \alpha\sqrt{P}h_3n_r + n_b \\ &= \alpha Ph_1h_2h_3x_a + \alpha\sqrt{P}h_3n_r + n_b \end{aligned}$$

여기서  $\alpha$ 는 중계기에서의 증폭 계수로써 식(16)과 같다.

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{P|h_1|^2|h_2|^2 + P|h_3|^2|h_4|^2 + \sigma_r^2}} \quad (16)$$

결국 사용자 A는  $x_b$  신호 성분만을 수신하게 되고, 사용자 B는  $x_a$  신호성분만을 수신하게 된다.

세 번째 시간 슬롯에서 사용자 A는 수신신호  $y_A$ 를

증폭하여 목적지 D1으로 전송하며, 사용자 B는 수신신호  $y_B$ 를 목적지 D2로 전송하게 된다. 목적지 D1과 D2가 수신한 신호는 식(17), (18)와 같다.

$$\begin{aligned} y_{D1,3} &= \beta_1\sqrt{P}h_1y_A + n_{d1,3} \quad (17) \\ &= \alpha\beta_1P\sqrt{P}h_1h_2h_3h_4x_b \\ &\quad + \alpha\beta_1Ph_1h_2n_r + \beta_1\sqrt{P}h_1n_a \\ &\quad + n_{d1,3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{D2,3} &= \beta_2\sqrt{P}h_4y_A + n_{d2,3} \quad (18) \\ &= \alpha\beta_2P\sqrt{P}h_1h_2h_3h_4x_a \\ &\quad + \alpha\beta_2Ph_3h_4n_r + \beta_2\sqrt{P}h_4n_b \\ &\quad + n_{d2,3} \end{aligned}$$

여기서  $\beta_1$ 과  $\beta_2$ 는 사용자 A와 사용자 B에서의 증폭 계수로써 식(19), (20)과 같다.

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{1}{\alpha^2P^2|h_2|^2|h_3|^2|h_4|^2 + \alpha^2P|h_2|^2\sigma_r^2 + \sigma_a^2}} \quad (19)$$

$$\beta_2 = \sqrt{\frac{1}{\alpha^2P^2|h_1|^2|h_2|^2|h_3|^2 + \alpha^2P|h_2|^2\sigma_r^2 + \sigma_b^2}} \quad (20)$$

결론적으로 목적지 D1과 D2는 back-propagating self-interference 기법을 이용하지 않고 사용자 A와 사용자 B의 신호 모두를 검출 할 수 있다.

## IV. 성능 분석

각 프로토콜의 성능 비교를 위해 모의 시뮬레이션을 수행하였다. 각 노드의 잡음 분산 값은 모두 1로 가정 하였으며, 각 노드의 변조방식은 BPSK를 사용하였다. 또한 프로토콜들의 공정한 비교를 위하여 네트워크 전체 전송 전력이  $P_t$  일 때, 기존의 4-홉 양방향 중계 네트워크에서 두 사용자와 세 개의 중계노드의 전송전력을  $P_A = P_R = P_B = P_t/5$ , 제안하는 4-홉 양방향 중계 네트워크에서 두 사용자와 하나의 중계노드 전송전력을  $P_A = P_R = P_B = P_t/5$ , 제안하는 4-홉 양방향 중계 네트워크에서 Pre-cancellation 기법을 적용하였을 경우 두 사용자, 두 개의 목적 노드, 중계노드의 전송전력을  $P_A = P_R = P_B = P_{D1} = P_{D2} = P_t/7$ 로 두었다.

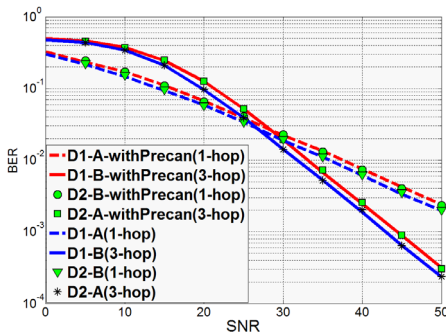


그림 4. 제안하는 4-홉 양방향 중계 기법에서 Pre-cancellation 기법을 적용 유무에 따른 BER 성능

Fig 4. BER performance for proposed 4-hop two-way relaying applied Pre-cancellation method and non-applied Pre-cancellation method

그림 4는 제안하는 4-홉 양방향 중계 네트워크에서 Pre-cancellation 기법을 적용하였을 경우와 적용하지 않았을 경우의 비트 오류(BER)성능을 보여주고 있다.

목적지 D1에서는 사용자 A신호를 1-홉(직접통신)으로 수신하고 사용자 B신호는 3-홉 동안 증폭된 신호를 수신하게 된다. 그러므로 낮은 SNR(Signal to Noise Ratio)에서는 사용자 A 신호에 대한 비트 오류 성능이 우수하지만, 높은 SNR에서는 증폭 후 재전송의 특징에 따라 다중-홉으로 증폭된 사용자 B신호의 비트 오류 성능이 우수함을 알 수 있다.

마찬가지로 목적지 D2에서는 사용자 B신호를 직1-홉(직접통신)으로 수신하고 사용자 A신호는 3-홉 동안 증폭된 신호를 수신하게 된다. 그러므로 낮은 SNR에서는 사용자 B 신호에 대한 비트 오류 성능이 우수하지만, 높은 SNR에서는 증폭 후 재전송의 특징에 따라 다중-홉으로 증폭된 사용자 A신호의 비트 오류 성능이 우수함을 알 수 있다.

또한 두 경우 모두 SNR이 증가함에 따라 비트 오류율이 감소하는 것을 볼 수 있으며, Pre-cancellation 기법을 적용하지 않았을 경우 Pre-cancellation 기법을 적용한 경우 보다 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. 이는 Pre-cancellation 기법을 적용하였을 때 각 노드의 전송 전력이  $P_t/7$ 이고 Pre-cancellation 기법을 적용하지 않았을 경우 각 노드의 전송전력이  $P_t/5$ 이므로 이로 인해 나타나는 성능 열화임을 알 수 있다. 결론적으로 Pre-cancellation 기법을 적용하였을 경우 시스템의 복잡

도는 줄어들지만 BER이 증가하며, 반대로 Pre-cancellation 기법을 적용하지 않았을 경우 시스템의 복잡도는 증가하지만 BER이 감소함을 알 수 있다. 이를 통해 Pre-cancellation 기법의 적용 유무에 따라 시스템의 복잡도와 성능간의 trade-off관계를 알 수 있다.

그림 5는 기존의 4-홉 양방향 중계 통신 기법과 제안하는 4-홉 양방향 중계 통신 기법의 BER 성능 비교를 나타내고 있다. 기존의 4-홉 양방향 중계 네트워크에서는 두 사용자가 서로의 신호를 주고받기를 원하므로 상대방 사용자 신호에 대한 BER 성능이 동일함을 알 수 있다. 기존의 4-홉 양방향 중계 통신 기법의 경우 제안하는 기법 보다 더 많은 홉 수를 거쳐 신호를 증폭하여 전송하게 되나 그에 따라 신호에 잡음 성분 또한 많이 포함되게 된다. 그러므로 제안하는 기법과 유사한 성능이 나타남을 알 수 있다.

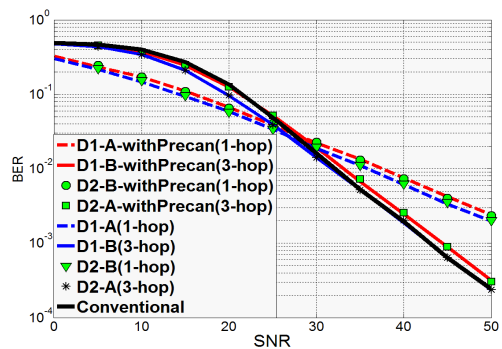


그림 5. 제안하는 4-홉 양방향 중계 기법과 기존의 4-홉 양방향 중계 기법의 BER 성능 비교

Fig 5. BER performance comparison between proposed 4-hop two-way relaying and conventional two-way relaying

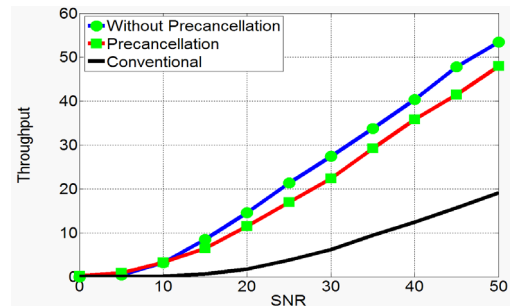


그림 6. 제안하는 4-홉 양방향 중계 통신 기법과 기존의 4-홉 양방향 중계 통신 기법의 전송량 성능 비교

Fig 6. Throughput comparison between proposed 4-hop two-way relaying and conventional two-way relaying

그림 6은 기존의 4-홉 양방향 중계 통신 기법, 제안하는 4-홉 양방향 중계 통신 기법의 전송량 성능을 보여주고 있다. 제안하는 통신 기법의 경우 3시간 슬롯동안 두 명의 사용자가 두 개의 신호를 각각 수신하게 되고, 기존의 통신 기법의 경우 2시간 슬롯 동안 두 명의 사용자가 한 개의 신호를 각각 수신하게 된다. 즉, 제안하는 기법은 세 시간 슬롯 동안 네 개의 신호( $R=4/3$ )를 수신하고 기존의 통신 기법은 두 시간 슬롯 동안 두 개의 신호( $R=2/2$ )를 수신하게 되므로 제안하는 통신 기법이 기존의 통신 기법 보다 우수한 전송량을 가짐을 알 수 있다. 또한 Pre-cancellation 기법의 적용 유무에 따른 성능 차이는 각 노드의 전송 전력에 따라 나타나는 차이임을 알 수 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 4-홉 양방향 중계 네트워크에서 두 사용자가 두 개의 목적지로 신호를 전송하는 새로운 4-홉 양방향 통신 기법을 제안하였다. 제안하는 기법이 기존의 두 사용자가 서로의 정보를 주고받는 4-홉 양방향 통신 기법에 비해 비트 오류 측면이나 전송량 측면에서 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다. 또한 시스템의 복잡도를 줄이기 위해 제안하는 통신 기법에 Pre-cancellation 기법을 적용하였으며, 그에 따른 성능과 복잡도 간의 Trade-off관계를 시뮬레이션 결과를 통해 알 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] R. Ahlswede, N. Cai, S.-Y.R. Li, and R.W. Yeung, "Network information Flow," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 46, pp. 1204-1216. Jul. 2000,
- [2] P. Larsson, N. Johansson, and K. E. Sunell, "Coded bi-directional relaying," in Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC06-Spring), Australia, pp. 851-855. May 2006
- [3] D.S. Lun, N. Ratnakar, M. Me ´ dard, R. Koetter, D.R. Karger, T. Ho, and E. Ahmed, "Minimum-cost multicast over coded packet networks," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 52, pp. 2608-2623. Jun. 2006
- [4] Popovski, P. , Yomo, H. , "Bi-directional Amplification of Throughput in a Wireless Multi-Hop Network" in Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC06-Spring), Australia, pp.558-593. May 2006,
- [5] S. K. Kuek, C. Yuen, and W. H. Chin, "Four-node relay network with bi-directional traffic employing wireless network coding with precancellation," in Proc. IEEE VTC Spring, Singapore, pp. 1201-1205. May 2008
- [6] B. Rankov and A. Wittneben, "Spectral efficiency protocols for halfduplex fading relay channels," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 25, no. 2,pp. 379-389, Feb. 2007.

## 저자 소개

### 박 지 환(준회원)



- 2009년 2월 울산대학교 전기전자정보 시스템공학부 학사
- 2009년 3월~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 석사과정  
<주관심분야 : 협력통신, 양방향 통신, 릴레이 시스템, MIMO, 무선센서 네트워크>

### 공 형 윤(정회원)



- 1989년 2월 미국 New York Institute of Technology 전자공학과 (공학사)
- 1991년 2월 미국 Polytechnic University 전자공학과 (공학석사)
- 1996년: 2월 미국 Polytechnic University 전자공학과 (공학박사)
- 1996년~1996년 LG전자 PCS 팀장
- 1996년~1998년 LG전자 회장실 전략사업단
- 1998년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수  
<주관심분야 : 모듈레이션, 채널 부호화, 검파 및 추정 기술, 협력통신, 센서 네트워크>