

## 중첩 변조를 기반으로 하는 협력 통신에서 복합 재전송을 사용한 성능 개선 방법

A Performance Improvement Method Using H-ARQ for Cooperative Communication Based on Superposition Modulation

---

저자 (Authors)	조민혁, 허서원 Cho Min Hyeok, Heo Seo Weon
출처 (Source)	<a href="#">한국통신학회 학술대회논문집</a> , 2019.1, 923-924(2 pages) <a href="#">Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences</a> , 2019.1, 923-924(2 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국통신학회</a> Korea Institute Of Communication Sciences
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08003612">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08003612</a>
APA Style	조민혁, 허서원 (2019). 중첩 변조를 기반으로 하는 협력 통신에서 복합 재전송을 사용한 성능 개선 방법. 한국통신학회 학술대회논문집, 923-924
이용정보 (Accessed)	홍익대학교 203.249.80.*** 2019/08/03 02:45 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

# 중첩 변조를 기반으로 하는 협력 통신에서 복합 재전송을 사용한 성능 개선 방법

조민혁, 허서원\*

홍익대학교

waveguryu@naver.com, \*seoweon.heo@hongik.ac.kr

## A Performance Improvement Method Using H-ARQ for Cooperative Communication Based on Superposition Modulation

Cho Min Hyeok, Heo Seo Weon\*

Hongik Univ.

### 요 약

레이레이 페이딩 환경에서 소형 사물인터넷 기기의 신뢰성을 높이기 위해 기기 간 협력 통신을 이용하는 기존의 DF(Decode and Forward) 협력 통신 방법은 채널 대역폭을 과다하게 사용하고 중계 노드에서 복호에 실패할 수 있다는 문제점이 있다. 본 논문에서 이를 해결하려는 방법으로 소스 노드에서 일정 시간을 두고 중계 노드에서 재전송하는지 파악하는 방법과 HARQ(Hybrid Automatic Repeat request)와 중첩 변조를 기반으로 하는 중첩 재전송(SM-HARQ) 협력 통신방법을 제안하고 모의실험으로 성능을 분석한다. 모의실험을 통해 본 논문에서 제안한 협력 통신방법을 사용하면 중계 노드에서 복호에 실패한 경우를 대처할 수 있고 기존의 중첩 변조를 기반으로 하는 협력 통신방법보다 FER 성능이 1.3-1.7dB 개선된 것을 확인했다.

### I. 서 론

두 개 이상의 기기들이 서로 협력하여 목적지 단말 기기로 신호를 보내는 방식인 협력 통신은 다중 경로에 의한 페이딩을 대처할 수 있는 효과적인 방법이다 [1]. 협력 통신은 크게 중계 노드에서 소스 노드의 신호를 증폭해서 전송하는 AF(Amplify and Forward) 방식과 소스 노드의 신호를 복조 및 복호하고 다시 부호 및 변조하여 전송하는 DF(Decode and Forward) 방식 그리고 소스 노드의 신호를 압축해서 전송하는 CF(Compress and Forward)[2] 방식으로 분류된다.

기존의 DF 방식을 사용하는 협력 통신은 한 개의 신호를 전송하기 위해 두 개의 타임 슬롯을 사용하므로 데이터 전송률이 감소하는 문제점이 있다. 이러한 상황에서 중첩 변조를 기반으로 하는 협력 통신을 하면 데이터 전송률이 감소하는 문제를 해결할 수 있다[3]. 그러나 중계 노드에서 복호에 실패할 경우 협력 통신을 할 수 없다는 문제가 발생한다.

본 논문에서 위와 같은 문제를 해결하기 위해 잠정 기라는 시간을 도입해 재전송을 하는 방식을 설명한다. 또한, 목적지 노드에서 오류가 검출되었을 때 NACK을 전송하고 중계 노드에서 기존의 신호와 새로운 신호를 중첩 변조하여 재전송하는 중첩 변조를 기반으로 하는 복합 재전송(SM-HARQ; Superposition Modulation - Hybrid Automatic Repeat request) 방식과 중계 노드에서 복호에 실패했을 때 소스 노드에서 재전송하는 방식을 설명하고 성능을 평가한다.

### II. 본론

#### 1) 시스템 구조

본 논문에서 제시하는 협력 통신은 그림 1 과 같이 소스 노드(S), 중계 노드(R), 목적지 노드(D)로 구성된다. 목적지 노드(D)는 채널 상태 정보(Channel State Information)를 완벽하게 알고 있으며, 신호들의 동기는 완벽하게 일치한다. 또한 NACK(Negative Acknowledgement)을 전송하는 채널은 완벽하다고 가정한다.

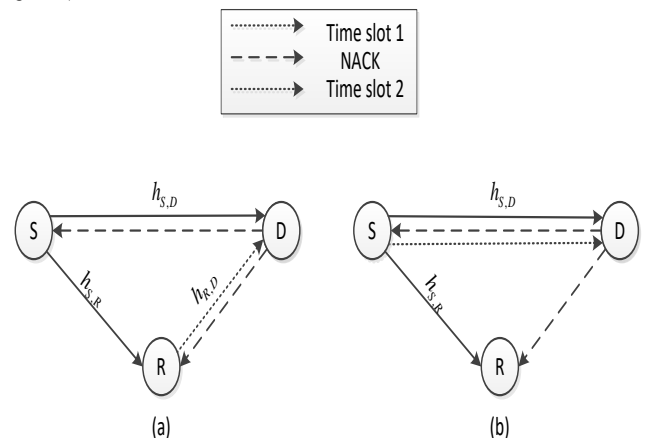


그림 1. 중계 노드의 복호 상황에 따른 전송 방식  
(a) 중계 노드(R)에서 복호에 성공했을 경우  
(b) 중계 노드(R)에서 복호에 실패했을 경우

첫 번째 타임 슬롯에 소스 노드(S)는 중계 노드(R)와 목적지 노드(D)에 신호를 송신하고 이는 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} y_{S,D}^1 &= h_{S,D}^1 x_S^1 + n_{S,D}^1 \\ y_{S,R}^1 &= h_{S,R}^1 x_S^1 + n_{S,R}^1 \end{aligned} \quad (1)$$

이때  $y_{A,B}^k$ 는 B 노드에서 수신한 A 노드의 k 번째 타임 슬롯의 신호를 의미한다.  $h$ 는  $\mu_h=0, E[h^2]=1$ 을 갖는 레일리 페이딩을 의미하며  $n$ 은  $\mu_n=0, \sigma_n^2=N_0/2$ 을 갖는 백색 가우시안 잡음을 의미한다.

목적지 노드(D)는 받은 신호를 복조 및 복호하고 CRC (Cyclic Redundancy Check)를 해서 오류 발생 여부를 검사한다. 오류가 발생하지 않으면 목적지 노드(D)는 다음 신호를 기다린다. 오류가 발생했으면 중계 노드(R)와 소스 노드(S)에 NACK을 전송한다. 중계 노드(D)는 소스 노드(S)의 신호를 복호한다. 복호에 성공하면 중계 노드(R)는 복호된 신호에 새로 관측한 신호를 중첩 변조한다. 이는 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sqrt{1-\alpha^2}x_R^2 + \alpha x_S^1 \quad (2)$$

이때  $\alpha$ 는 전력 분할계수를 의미한다. 현재의 시스템 모델에서  $\alpha$ 는 0.5보다 작은 숫자로 가정한다.

두 번째 타임 슬롯에 곧바로 중계 노드(R)는 소스 노드(S)와 목적지 노드(D)에 송신하고 이는 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} y_{R,S}^2 &= h_{R,S}^2 (\sqrt{1-\alpha^2}x_R^2 + \alpha x_S^1) + n_{R,S}^2 \\ y_{R,D}^2 &= h_{R,D}^2 (\sqrt{1-\alpha^2}x_R^2 + \alpha x_S^1) + n_{R,D}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

목적지 노드(D)는 먼저 전력이 큰 중계 노드(R)의 신호를 먼저 복호하며 복호에 성공하면 연속간섭제거(Successive Interference Cancellation)로 수신한 신호에서 복호에 성공한 신호를 빼준다. 이는 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$y_{R,D}^2 - h_{R,D}^2 (\sqrt{1-\alpha^2}x_R^2) = h_{R,D}^2 (\alpha x_S^1) + n_{R,D}^2 \quad (4)$$

위의 신호를 첫 번째 타임 슬롯에서 수신한 신호와 최대 비율 결합(Maximum-Ratio Combining)을 하고 복호를 하여 신호를 복구한다.

중계 노드(R)에서 복호에 실패하면 신호를 전송하지 않는다. 소스 노드(S)는 NACK을 받으면 중계 노드(R)에서 재전송하는지 일정 시간 동안 기다린 후 재전송이 되지 않으면 소스 노드(S)의 새로운 신호와 기존의 신호를 중첩 변조한다. 이는 (5)와 같이 표현된다.

$$\sqrt{1-\alpha^2}x_S^2 + \alpha x_S^1 \quad (5)$$

소스 노드(S)는 중첩 변조한 신호를 목적지 노드(D)에 전송한다. 이는 (6)과 같이 표현된다.

$$y_{S,D}^2 = h_{S,D}^2 (\sqrt{1-\alpha^2}x_S^2 + \alpha x_S^1) + n_{S,D}^2 \quad (6)$$

목적지 노드(D)는 전력이 큰 신호를 먼저 복호하고 (4)와 같은 방식으로 전력이 작은 신호를 복구한다.

## 2) 모의실험

본 모의실험에서 모든 채널은 레일리 페이딩으로 가정했다. 또한 목적지 노드(D)로부터 소스 노드(S)와 중계 노드(R)로 NACK을 보내는 채널은 완벽하며 다른 변수를 제외하기 위해 모든 노드 사이의 거리와 송신 전력은 같다고 가정했다. 목적지 노드(D)는 채널상태를 완벽히 알고있으며 수신한 신호의 동기는 완벽하게

일치한다. 모든 노드에서 전송률 1/3 이고 프레임의 크기는  $2^m$  으로 m 값은 10, 반복횟수는 8 번, GF 인터리버로 구성되는 터보 부호와 QPSK 변조를 사용했다.

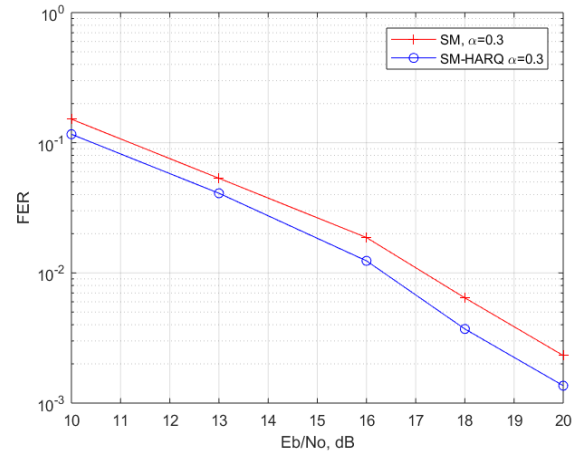


그림 2. 기존의 중첩 변조를 사용한 협력 통신(SM)과 중첩 변조와 복합 재전송 방식을 사용한 협력 통신(SM-HARQ)의 FER 성능 비교

모의실험 결과 레일리 페이딩 환경에서 본 논문에서 제안한 중첩 변조와 복합 재전송 방식을 사용한 협력 통신 방법이 기존의 중첩 변조를 사용한 협력 통신 방법보다 1.3-1.7dB 정도 성능이 개선된 것을 확인하였다.

## III. 결론

본 논문에서 레일리 페이딩 환경에서 중첩 변조와 복합 재전송 방식을 사용한 협력 통신방법을 제안하고 성능을 평가하였다. 본 논문에서 제안한 방식은 DF 방식을 사용할 때 발생하는 중계 노드의 복호 실패에 대한 대처가 가능하며 모의실험을 통해 기존의 중첩 변조를 사용한 협력통신보다 1.3-1.7dB 정도 성능이 개선된 것을 확인하였다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 한국전력공사의 2018 년 에너지 거점대학 클러스터 사업 (과제번호:R18XA02)과 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NO. NRF-2016R1D1A1B03930910)에 의해 지원되었음.

## 참 고 문 헌

- [1] J. N. Laneman, D. N. C. Tse, and G. W. Wornell, "Cooperative diversity in wireless networks: Efficient protocols and outage behavior," IEEE Trans. on Inform Theory, vol.50, no.12, pp. 3062-3080, Dec. 2004
- [2] S. Simens, O. Munoz, and J. Vidal, "Compress-and-Forward Cooperative MIMO Relaying With Full Channel State Information," IEEE Trans. on Signal Processing, vol.58, no.2, pp. 781-791, Feb. 2010.
- [3] P. Popovski, E. D. Carvalho, "Improving the rates in wireless relay systems through superposition coding," IEEE Trans. on Wireless Communications, vol.7, no.12, pp.4831-4836, Dec. 2008