

# 철도 무선통신 시스템에서의 협력 전송기법

박재정\*, 김윤현\*, 김진영\*, 양재수\*\*

## Cooperative Transmission Scheme for Railway Wireless Communication System

Jae Jung Park\*, Yoon Hyun Kim\*, Jin Young Kim\*, Jae Soo Yang\*\*

### 요 약

최근 들어 다양한 이동 수단의 발전과 함께 철도 또한 많은 발전을 이루었다. 이렇게 발전된 철도 시스템과 더불어 정확한 철도 시스템 정보 전달을 위한 효율적인 통신시스템이 요구되었고, 이에 따라 철도 통신 시스템 또한 다양한 방식으로 발전했다. 철도 무선통신에서 페이딩의 영향을 최소화 하고 보다 효율적인 통신을 하기위해, 협력 통신방식이 제기되었다. 본 논문에서는 다양한 방식의 무선 통신방법 중 협력 전송 기법에 대해 소개하고, 이에 따른 채널 특성과 통신 예시 등을 소개할 것이다.

**Key Words** : Railway wireless communication system, Cooperative transmission, Bit error rate

### ABSTRACT

In recent years, with the development of various transportation, railway evolved a lot . With advanced rail system, efficient communication system was required. for the delivery of accurate information of railway communications systems. Accordingly, railway communication system has evolved in a variety of ways. Cooperative communication method was proposed railway minimize the effects of fading in wireless communications and more efficient communication. In this paper, we present cooperative transmission techniques and channel characteristics and examples, and simulation results.

## I. 서 론

철도 통신은 기본적으로 고속으로 이동하면서 진행되는 무선통신으로, 고속으로 이동하는 동안 발생하는 도플러 시프트, 멀티패스 등의 다양한 요소에 의한 페이딩 현상 등의 효율적인 통신을 방해하는 여러 가지 요소가 작용 할 수 있는 통신이다. 이 중에서 멀티 패스에 의한 페이딩의 영향을 최소화 하는 것은 이동 통신시스템에서 항상 중요한 이슈이며, 그 중 다이버시티를 이용하는 것이 효율적으로 페이딩 채널을 극복하는 무선 통신 기법으로 널리 사용되고 있다. 이러한 여러 가지 다이버시티 기법 중에서 공간 다이버시티를 이용하는 다중 안테나 전송 기법 MIMO(multiple Input Multi Output) 기술 또한 최근 이동통신 연구의 주요한 연구 분야중 하나로 각광받고 있는 추세이며, 실제로도 자주 사용하는 기술중 하나이다. 하지만, 현실적으로 단말기에 많은 안테나를 삽입하는 것은 공간적인 측면이나 복잡도 측면에서 제약이 생기므로 MIMO 기술을 이용하지 않고도 공간 다이

버시티 효과를 얻기 위한 방법으로 소스노드와 목적노드 사이에 중계노드 즉 릴레이를 삽입하는 협력통신이 제안되었다. 또한 우리나라 지형의 특성상 터널등의 통신 음영지역이 많이 분포되어 있는 만큼, 화재 등의 긴급 상황에서의 통신이 이루어지기 위해 음영지역을 해소할 필요가 있다. 이러한 음영지역 해소를 위해 중간의 릴레이를 이용한 협력 통신이 그 대안이 될 수 있다.

본 논문에서는 이러한 기본적인 협력 통신 기법에 기반한 철도 무선통신에서의 협력통신 기법 적용과 이에 따른 성능 분석 결과를 소개한다.

## II. 협력 통신

협력통신은 기본적으로 송신단과 수신단간의 단순 통신이 아닌, 중간의 전용 중계기나 다른 사용자를 릴레이로 삼아 더 나은 통신 효율을 도모하는 것이다.

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-(H0301-12-1005))

\*광운대학교 전파공학과 (parkjajang@naver.com), \*\*단국대학교 전기전자공학부

접수일자 : 2012년 11월 15일, 수정완료일자 : 2012년 11월 20일, 최종 게재확정일자 : 2012년 12월 3일

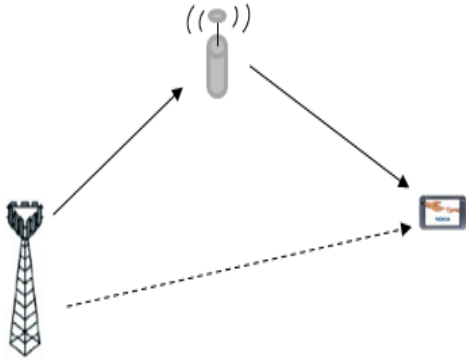


그림 1. 협력통신 모델

협력통신은 크게 단순 협력통신 (simple cooperative relaying: SCR)과 상호 협력통신 기법(Mutually cooperative relaying: MCR)으로 분류할 수 있다. 단순 협력통신에서는 두 명의 인접한 사용자(user)중 한명의 사용자가 또 다른 사용자를 위해 일시 적으로 중계 노드 (relay node)의 역할을 한다. 즉, 중계 역할을 하는 사용자 노드는 자신의 신호가 아닌, 신호원(source) 역할을 하는 사용자 노드로부터 수신한 신호만을 증폭 후 전달(amplify-and-forward) 또는 복호 후 전달(decode-and-forward) 방식을 이용하여 목적지 노드로 중계한다. 일반적으로 협력통신을 위해서는 신호원 노드가 중계 노드 및 목적지 노드(destination node)로 방송(broadcasting)하기 위해 요구되는 자원과 중계 노드가 목적지 노드로 재전송하기 위한 추가적인 자원이 필요하다. 따라서 단순 협력통신은 중계 노드 없이 신호원 노드와 목적지 노드가 직접 통신하는 직접 전송 방식과 동일한 대역 효율성을 유지하기 위해 더 높은 변조 차수(modulation order)를 사용해야 한다. 한편, 두 명의 사용자가 짝을 이루는 상호 협력통신에서 사용자 각각이 목적지 노드로 데이터를 전송하는 시점에, 자신의 데이터뿐만 아니라 이전에 또 다른 사용자 노드로부터 수신한 데이터를 동시에 전송함으로써 가상의 공간 다중화를 실현할 수 있다. 따라서 단순 협력통신과 비교할 때 상호 협력통신은 높은 차수의 변조를 사용하지 않고도, 중첩변조, 직교 시그널링(orthogonal signaling)과 같이 대역 효율적인 전송 기법을 사용할 수 있다는 장점이 있다.

### Ⅲ. 시스템 모델

기본적으로 철도가 운행하는 구간은 도심지도 있지만, 대부분이 평지로, 일반적인 채널 특성인 AWGN 채널을 기반으로 적용한다. 그리고 협력 통신은 여러개의 다중 릴레이를 이용한 다이버시티 이득을 얻는 것으로, 릴레이의 개수가 많아질수록 다이버시티 이득은 늘어난다. 이러한 협력 통신 시스템을 블록도로 표현하면 다음과 같다.

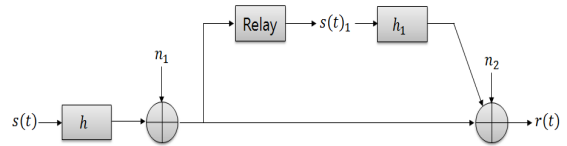


그림 2. 협력통신 시스템 블록도

여기서,  $s(t)$ 는 처음 송신되는 신호,  $r(t)$ 는 위의 채널환경을 거쳐 최종 수신된 신호,  $n_1, n_2$ 는 각각의 채널에서 부가되는 AWGN 잡음 신호,  $h_1, h_2$ 는 각 채널의 임펄스 응답을 나타내며 이를 식으로 정리하면 다음과 같이 정의된다.

$$r(t) = h \cdot s(t) + n_1 + h_1 \cdot s(t)_1 + n_2$$

그리고 릴레이에서는 단순 신호 송수신의 기능이 아닌, 신호 증폭 등의 기능을 통해 송신 효율을 증가시키며, 수신단에서는 릴레이와 송신단에서 도착하는 신호의 시간 간격에 의한 간섭을 보상하기 위해 등화기 필터를 설치하여 간섭을 보상한다.

본 논문에서 응용할 협력 통신 방식은 일반적인 전송이 아닌 터널 등의 통신 음영지역에 릴레이를 설치하여 운용함으로써, 릴레이를 이용한 다이버시티 이득을 얻어 통신음영 지역을 해소하고자 하는 것이다.

## Ⅳ. 모의 실험 및 결과

위에서 소개한 방식을 바탕으로 하여 모의실험으로 일반적인 신호전송과 릴레이를 이용한 협력통신을 통한 신호 전송의 BER 성능을 비교하였다. 채널 특성은 일반적인 Rayleigh 특성을 따르며, 잡음 환경은 AWGN 환경을 설정하였다. 다음 표는 모의실험에서 사용한 파라미터의 내용이다.

표 1. 실험 파라미터

Item	Value
릴레이의 수	2
변조 방법	BPSK
채널 환경	Rayleigh
잡음 환경	AWGN

다음 두 그림은 위의 파라미터들의 내용들을 바탕으로 한 일반적인 신호 전송과 협력통신을 이용한 신호전송의 BER 성능을 비교한 그래프이다.

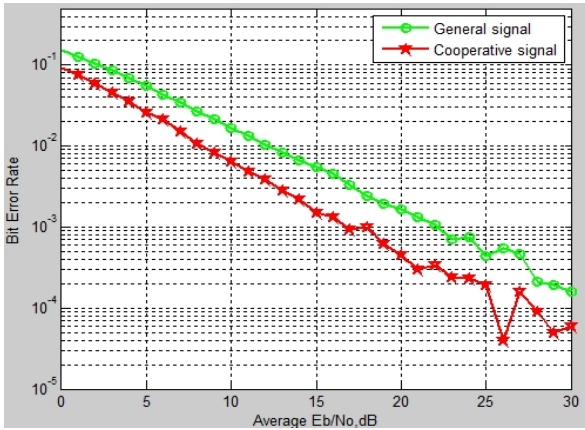


그림 3. 일반적인 신호전송과 협력통신 신호전송 BER 성능비교

위의 그림으로 일반적인 신호전송의 BER 성능과 협력통신을 이용한 신호전송의 BER을 비교해 볼때, 기존의 일반적인 신호전송 BER 성능이  $10^{-4}$ 에도 못 미치는데 반해, 협력통신을 이용한 신호전송의 BER 성능은  $10^{-4}$  이하로 되어, 신호의 전송 효율이 더 우수함을 볼 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 협력 전송 기법에 대해 소개하고, 이에 따른 철도 통신에서 응용 가능한 시스템 모델, 그리고 이에 따른 모의 실험 결과 등을 소개하였다. 이러한 협력 통신을 응용한 음영지역 해소를 통해, 긴급상황에서의 통신에 있어 현재보다 더 수월하게 가능할 것으로 예상된다.

### 참고 문헌

[1] A. Nosratinia, T. E. Hunter, and A. Hedayat, "Cooperative Communication in Wireless Networks," *IEEE Communication Magazine*, pp.74-80, Oct, 2004.

[2] Fanglong Hu, Kan Zheng, Hang Long and Wenbo Wang, "A cooperative hierarchical transmission scheme in railway wireless communication networks," In *Proceeding 2011 IEEE International Conference on Service Operations, Logistics, and Informatics (SOLI)*, pp. 605-609, 2011.

[3] Siyu Lin, Wenyi Jiang and Zhangdui Zhong, "Analysis and requirements design of transmission interference of high-speed railway communication," In *Proceeding 2011 IEEE International Conference on Service Operations, Logistics, and Informatics (SOLI)*, pp.408-412, 2011.

[4] Gao Tingting and Sun Bin, "A high-speed railway mobile communication system based on LTE," *2010 International Conference on Electronics and Information Engineering (ICEIE)*, vol. 1, pp. 414-417, 2011.

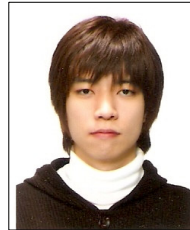
[5] D. Panaitopol, Peng-Yong Kong, Chen-Khong Tham and J. Fiorina, "An efficient cooperative transmission scheme using multiple relays incrementally," In *Proceeding 2010 IEEE 21st*

*International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pp. 1122-1127, 2010.

[6] E. Okamoto, "A secure cooperative relay transmission using chaos MIMO scheme," *2012 Fourth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pp. 374-378, 2012.

### 저자

#### 박재정(Jaejung Park)



- 2012년 2월 : 광운대학교 전파공학과 학사졸업
- 2012년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> : 디지털 통신, 스마트 그리드, PLC  
 <e-mail> : parkjajang@naver.com

#### 김윤현(Yunhyoun Kim)



- 2006년 2월 : 광운대학교 전파공학과 학사 졸업
- 2008년 2월 : 광운대학교 전파공학과 석사 졸업
- 2008년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 박사과정

<관심분야> : 디지털통신, MIMO-OFDM, VLC, 협력통신, 채널 모델링, 채널 부호화  
 <e-mail> : ultrayh1873@kw.ac.kr

#### 김진영(Jinyoung Kim)



- 1998년 2월 : 서울대 전자공학과 (공학 박사)
- 2000년 : 미국 Princeton University, Research Associate.
- 2001년 : SK텔레콤 네트워크 연구원 책임연구원

· 2009년 : 미국 MIT 공대 Visiting Scientist  
 · 2001년 ~ 현재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수  
 <관심분야> : 디지털 통신, 신호처리, 채널 부호화  
 <e-mail> : jinyoung@kw.ac.kr

#### 양재수(Jae Soo Yang)



- 1991년 : 서울대학교 MBA 수료
- 1993년 : 미국 NJIT 전기 및 컴퓨터 공학과 공학박사
- 2011년 ~ 현재 : 단국대학교 교수

<관심분야> : 디지털통신, RFID/ USN, 차세대 이동통신