

# 페이딩 환경에서의 효율적인 협력통신 시스템 동기 알고리즘 연구

김 윤 현\*, 김 진 영\*\* 정회원

## Efficient Synchronization Scheme for Cooperative Communication System over Fading Channel

Yoon Hyun Kim\*, Jin Young Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 환경 협력통신 시스템에서 새로운 동기 알고리즘 방법을 다양한 페이딩 채널에 적용하여 연구하였다. 기존 데이터 프레임에 확산코드를 삽입하여 효율적으로 데이터 동기를 제어하는 방식으로 연구하였다. 사용된 확산 코드는 M-시퀀스와 PN (Pseudo Noise) 시퀀스를 사용하였으며, 각 프레임에 일정 비트 시퀀스를 삽입하여, 수신된 데이터에서 사용한 확산코드를 추출하여 Correlation 연산을 취해 데이터 지연값을 확인할 수 있다. 모의실험에 있어서, 협력통신 방법은 DF (Decode-and-forward) 방식으로 실험을 하였으며, 페이딩 채널 환경은 Rayleigh, Rician, Gaussian 채널을 각각 적용하여 확산코드별로 나누어 성능을 분석했다. 또한, 본 논문의 결과는 추후 협력통신 시스템 연구에 적용할 수 있다.

Key Words : Cooperative Communication, Decode-and-forward, Fading channel, M-sequence, PN-sequence, Synchronization algorithm.

### ABSTRACT

In this paper, we studied the novel synchronization algorithm for cooperative communication system over fading. We research mainly on the decode-and-forward scheme. Also, we inserted spreading sequence in origin data frame to control efficiently data synchronization. In mobile station, inserted spreading sequence in data frame passed through the correlation process. We had decide the delay value of received data through result of correlation process. In simulation, We applied that channel gain of three node had different value in various fading environment. Finally we will be possible to control the received data synchronization using result of correlation value in each node between relay to mobile station and base station to mobile station. The results of this paper can be applicable to the cooperative systems.

### I. 서 론

협력 통신은 중계 채널을 기반으로 발전한 통신 기술로서 데이터를 주고받는 송신기와 수신기 사이에 중계 역할을 하는 단말을 이용하여 채널 용량을 증가시키고 경로 손실을 줄임으로써 수신 성능도 향상 시킬 수 있는 기술이다 [1]. 또한 MIMO 기술을 이용하지 않고도 공간 다이버시티 효과를 얻기 위한 방법으로서 큰 이수가 되고 있

다 [2-4]. 이러한 협력통신은 증폭 후 전송 Amplify-and-forward (AF) 방식과 복호 후 전송 Decode-and-forward (DF) 방식의 두 가지 프로토콜로 크게 분류할 수 있다.

AF 방식은 릴레이에서 신호를 증폭하여 최종단으로 신호를 전송하는 방식이며, 복잡도는 DF 방식보다 낮지만 노이즈가 증폭되는 단점을 지니고 있고, DF 방식은 복잡도에 있어서는 AF 방식 보다 크지만 복호하는 방식을 적용하여 뛰어난 성능을 얻을 수 있다 [5-7].

\*,\*\*광운대학교 전자공학과 유비쿼터스 통신 연구실 (UCL) ([ultrayh1873@kw.ac.kr](mailto:ultrayh1873@kw.ac.kr)) , ([jinyoung@kw.ac.kr](mailto:jinyoung@kw.ac.kr))

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 연구임 (No. 2010-0022629)

접수일자 : 2010년 9월 10일, 수정완료일자 : 2010년 9월 17일, 최종게재확정일자 : 2010년 10월 12일

우리는 협력통신 방식에 있어 Relay를 거쳐 Mobile station (MS)으로 수신된 신호와 Base station (BS)에서 직접 Mobile station으로 들어오는 신호 사이에서 발생하는 딜레이 차이를 효과

적이게 조정하기 위한 동기 알고리즘을 연구하였다. 모의 실험에 있어서, 기존 데이터 프레임에 추가적으로 M-시퀀스, PN 시퀀스인 확산코드를 삽입하여 신호를 전송하였다. 이는 최종 Mobile station (MS)에서 데이터를 수신하였을 때, 사용된 확산코드만을 검출한 신호에서 추출한 뒤 Correlation 과정을 거치게 되면 수신 신호의 딜레이 여부를 Correlation의 결과값으로 알 수 있게 된다. 이렇게 각각 Relay와 BS에서 수신된 신호는 대체적으로 채널 경로가 길어 MS로 들어오는 시간이 길어지는 경향이 있지만, 위와 같이 확산코드를 프레임에 삽입하여 전송하게 되면 최종단에서 Correlation 연산을 통해 데이터 딜레이를 계산을 통해 BS에서 직접 MS로 전송되는 수신 경로와 신호 딜레이 차이를 계산하여 MS단에서는 보다 수신 효율을 높일 수 있으며, 다이버시티 이득 또한 높힐 수 있다.

또한 보다 신뢰적인 데이터 값을 얻기 위해 다양한 환경에서 실험을 하였다. LOS (Line-of-sight)가 존재하는 채널, NLOS (Non-line-of-sight) 채널, Gaussian 채널을 각각 적용하여 적용한 확산 코드별로 성능을 분석하였으며, 채널에 따른 딜레이 파라미터는 임의적으로 적용하여 보다 신뢰적인 데이터 값을 얻고자 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 협력 통신 프로토콜 중 DF 기법을 간단히 설명하였으며, 본 논문에서 연구한 확산코드들 이용하여 동기를 제어하는 방식을 제 III장에서 설명하였다. 제 IV장에서는 시뮬레이션을 통한 효과적인 동기 제어 방식 결과를 채널별, 확산 코드별로 분석하였다. 마지막으로 제 V장에서는 본 논문의 결론을 맺었다.

### II. Decode-and-forward 기법

DF 기법은 BS단에서 전송되는 데이터를 Relay 단에서 복호화를 한 후, Relay에서 다시 MS단으로 재전송하는 기법을 말한다.

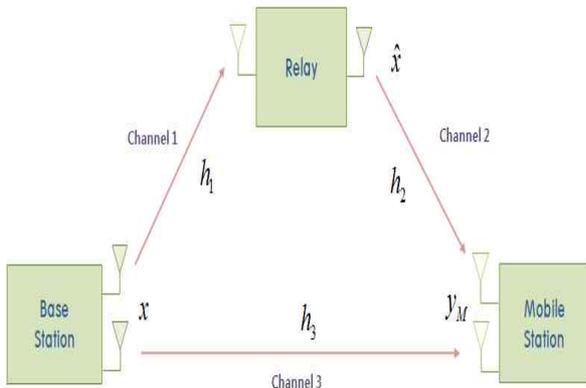


그림 1. DF 기법의 시스템 블록도

이는 BS단에서 MS로 전송하는 채널 환경이 좋지 못하다면, Relay를 통해 MS단으로 데이터를 전송을 할 수 있으며, MS단에서는 BS단에서 직접 전송되는 경로와 Relay를 거쳐 전송되는 경로를 모두 이용하여 데이터를 수신할 수 있어 다이버시티 이득 또한 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

BS단에서 MS단으로 전송되는 신호와 Relay에서 MS단으로 전송되는 신호를 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y_M = \hat{x}h_2 + n_2 \tag{1}$$

$$y_M = xh_3 + n_3 \tag{2}$$

식 (1), (2)에서  $y_M$ 은 MS단에서 수신하는 신호를 나타내며,  $h_1, h_2$ 는 BS단 및 Relay에서 MS로 전송함에 있어 거치는 채널을 나타낸다. 또한  $x, \hat{x}$ 는 BS단에서 전송되는 데이터와 Relay에서 복호과정을 거쳐 다시 부호화하여 MS단으로 전송되는 데이터를 말한다. DF 기법은 Relay 단에서 데이터 복호과정이 있어, AF(Amplify-and-forward) 방식에 비 연산량 측면에서 복잡한 기법이지만, 대부분의 통신 단말에 변복조기와 부호복호화기가 탑재되어 있음을 감안하면 현실적으로 구현 가능한 기법이라 말할 수 있다.

### III. 동기 제어 알고리즘

협력 통신은 앞 장에서 언급했었던 것과 같이, Relay 사용으로 인하여 수신효율을 증가시킬 수 있으며, 특히 다이버시티 이득을 얻을 수 있다고 하였다. 하지만, BS단에서 MS단으로 데이터를 전송하였을 때, 전송되는 채널 경로는 2가지 경로를 거쳐 MS단으로 데이터가 전송된다. 그리하여 채널 경로에 따라 MS단에서 바라본 수신 데이터의 시간 차이가 발생하게 된다.

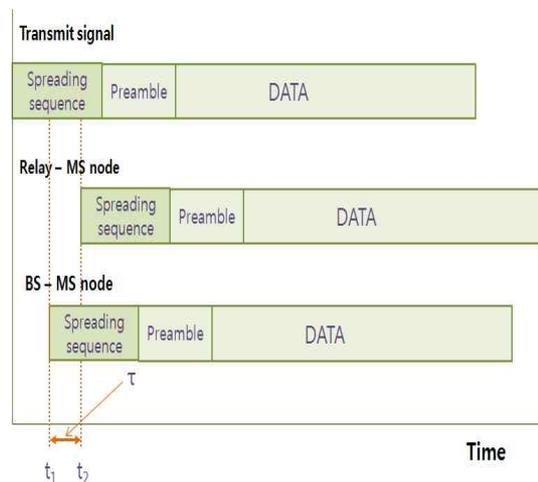


그림 2. 채널 경로별 수신 데이터 시간 차이

그림 2에서는 채널 경로별 수신 데이터 시간 차이를 블록도를 통해 나타내었다. Relay단을 거쳐 MS단으로 수신되는 경로, BS단에서 직접 MS단으로 수신되는 경로의 차이로 수신 데이터 시간으로 인한 딜레이가 발생하는데, 이를 해결하기 위해 우리는 M-시퀀스, PN 시퀀스인 확산코드를 이용하여 동기를 제어하는 알고리즘을 연구하였다.

먼저, BS단에서 MS단으로 데이터를 전송하기에 앞서, 기존 데이터 프레임에 확산코드를 생성하여 삽입한다. 확산코드가 삽입된 데이터 프레임은 2가지 채널 경로를 통해 데이터가 전송되는데, 전송되는 과정에서 딜레이가 생기며, 딜레이 여부는 채널별로 다를 것이다.

BS단에서 전송한 데이터는 MS단으로 수신되는데, MS단에서는 2가지 경로를 통해 들어온 신호를 모두 수신하여 복호화 과정을 거친다. 복호화 과정시 프레임에 삽입한 확산코드를 추출하여 추출한 확산코드를 correlation 연산을 취하게 된다. 2가지 경로를 거쳐 추출된 확산코드를 correlation 연산을 통해 두 신호의 딜레이를 파악할 수 있다.

두 신호의 딜레이 값을 파악함에 따라, MS단에서는 딜레이 값만큼 데이터를 수신하여 동기를 맞추출 수 있다.

#### IV. 모의 실험

본 논문에서는 협력통신에 있어, MS단에서 발생하는 채널 경로별 딜레이 차이를 효율적으로 제어하기 위하여 확산코드 데이터 프레임에 삽입하여 다양한 페이딩 환경에 적용하여 결과를 분석하였다.

표 1. 모의 실험 파라미터

변수	변수값
Cooperation type	Decode-and-forward
Data Modulation	QAM
Environment	Gaussian Channel
Spreading sequence code	M-sequence PN sequence
# of packet	10000 bit
Sequence length	500 bit

표 1은 모의 실험에 있어 사용한 파라미터를 나타내었다. 또한 우리는 페이딩 환경에 따른 확산 코드별로 수신 데이터를 복호하여, 확산코드를 추출 후 correlation 연산을 통해 결과를 얻었다.

모의실험에서 사용한 확산코드는 M-시퀀스와 PN 시퀀스이다. 확산코드 발생은 511개를 생성하여 500만을 선택, 총 10개의 프레임 앞에 각각 50 비트씩 삽입하여 실험

를 하였다. 그림 3, 그림 4는 각각 Gaussian 채널, Rician 채널의 경우에 M-시퀀스를 적용하여 얻은 실험 결과이다.

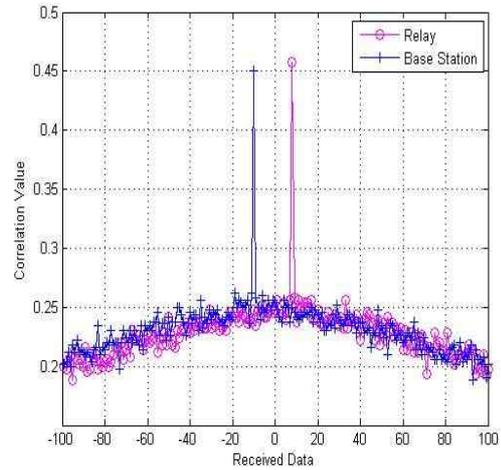


그림 3. M-시퀀스를 이용하여 Gaussian 채널에서의 데이터 지연값 검출성능

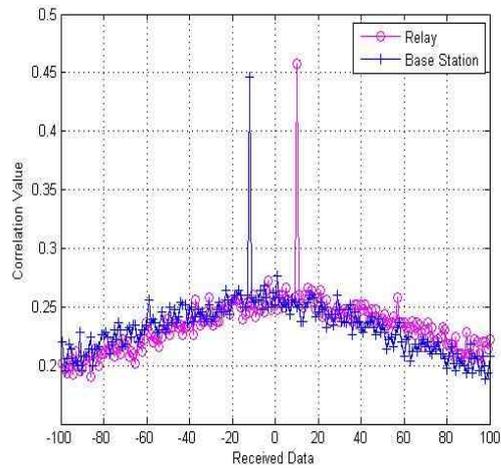


그림 4. M-시퀀스를 이용하여 Rician 채널에서의 데이터 지연값 검출성능

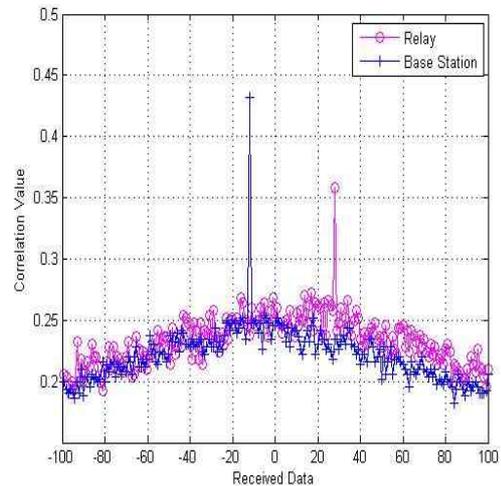


그림 5. M-시퀀스를 이용하여 Rayleigh 채널에서의 데이터 지연값 검출성능

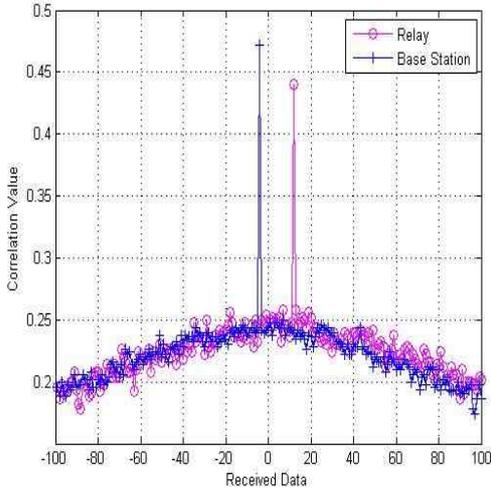


그림 6. PN 시퀀스를 이용하여 Gaussian 채널에서 데이터 지연값 검출성능

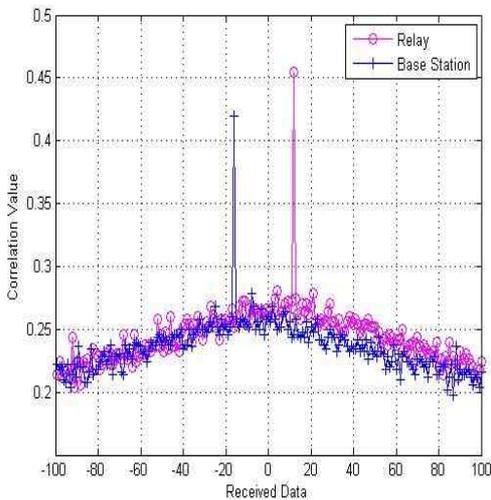


그림 7. PN 시퀀스를 이용하여 Rician 채널에서 데이터 지연값 검출성능

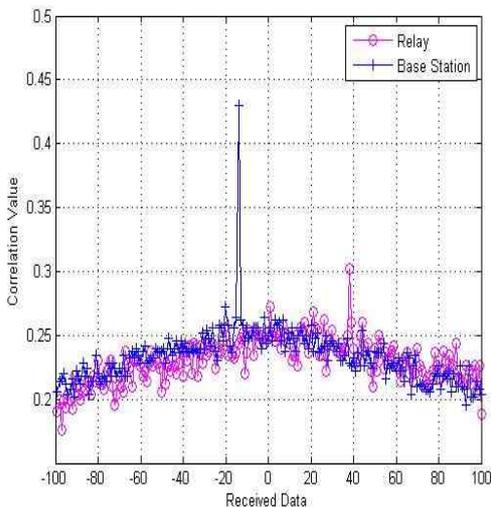


그림 8. PN 시퀀스를 이용하여 Rayleigh 채널에서 데이터 지연값 검출성능

두 결과만 가지고 비교하였을 때, 뚜렷한 차이를 보이지 않고 있지만, 그림 5처럼 Rayleigh 채널을 적용했을 경우, 큰 차이를 볼 수 있었다. BS단에서 MS단으로 전송되는 데이터는 크게 20비트 정도 딜레이가 생기는 것을 확인할 수 있었으며, 딜레이의 변화정도를 correlation 연산을 통해 충분히 계산가능 함을 알 수 있었다.

또한, 우리는 M-시퀀스와 비교하기 위해 PN 시퀀스도 채널에 따라 적용하여 결과를 분석하였다. 그림 6, 그림 7은 앞서 했던 실험처럼 Gaussian 채널과 Rician 채널에서의 PN 시퀀스의 데이터 지연값 검출 성능 결과를 보이고 있다. 두 결과를 통해 우리는 Gaussian 채널과 Rician 채널의 경우 차이가 미비하다는 것을 다시 한번 알 수 있었으며, 그림 8을 통해 Rayleigh 채널의 경우에서도 지연값이 효율적으로 찾아낼 수 있음을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서 협력통신 시스템에서 새로운 동기 알고리즘 방법을 다양한 페이딩 채널에 적용하여 연구하였다. 기존 BS단에선 데이터 전송을 하기 위한 데이터 프레임에 확산 코드를 삽입하여 MS단에서 확산 코드를 추출 후 correlation 연산을 취하여 데이터 딜레이 여부를 알 수 있었다. 또한 다양한 페이딩 채널에서 실험을 하여 결과를 분석하였다. NLOS가 존재하지 않은 Rayleigh 채널에서도 비록 Gaussian, Rician 채널과 뛰어난 correlation 성능은 아니지만 딜레이 여부는 충분 파악할 수 있었다. 본 실험 결과를 통해 데이터 지연여부를 파악하여 MS단에서 지연된 시간만큼 수신데이터 동기를 제어하여 최종적으로 수신하는 신호를 효율적으로 수신할 수 있게 되었다.

## 참고 문헌

- [1] J. Y. Kim, "Cooperative Wireless Communication Systems," GS Intersivision Publishers, Seoul, Korea, 2009.
- [2] S. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE JSAC, vol. 16, no. 8, pp. 1451–1485, Oct. 1998.
- [3] D. Tse and P. Vissanath, "Fundamentals of Wireless Communication," Cambridge University Press, New York, U.S America, 2005.
- [4] K. Jafarkhani, "Space–Time Coding," Cambridge University Press, New York, U.S America, 2005.
- [5] A. Nosrantina, T. E. Hunter and A. Hedayat, "Cooperative communication in wireless networks," IEEE Commun. Magazine, vol. 42, pp. 74–80, Oct. 2004.
- [6] A. Sendonaris, E. Erkip, and B. Aazhang, "User

cooperation diversity part I and part II," IEEE Trans. Commun., vol. 51, no. 11, pp. 1927-1948, Nov. 2003.

[7] J. G. Proakis, Digital Communications (4th ed.), Mc Graw Hill, New York, U.S America, 2001.

## 저 자

김 윤 현(Yoon Hyun Kim) 정회원



2006년 2월 : 광운대학교 전자공학과  
학사 졸업 (공학사)

2008년 2월 : 광운대학교 전자공학과  
석사 졸업 (공학석사)

2008년~현재 : 광운대학교 전자공학과  
박사 과정

<관심분야> 디지털 통신, VLC, 협력통신, 채널 모델링,  
채널 부호화

김 진 영(Jin Young Kim) 정회원



1998년 : 서울대학교 전자공학과  
졸업 (공학박사)

2000년 : 미국 Princeton University,  
Research Associate

2001년 : SK텔레콤 네트워크  
책임연구원

2009년 : 미국 M.I.T 공대 Visiting Scientist

2001년~현재 : 광운대학교 전자 공학과 교수

<주 관심분야> 디지털 통신, 신호처리, 채널 부호화