

ITS를 위한 협력통신의 전송방식에 관한 연구

Study on data transmission scheme in cooperative communications for ITS

김윤현*, 김진영**

광운대학교

Key Words : Cooperative communication, ITS, Amplify-and-forward, Detect-and-forward

목 차

- I. 서론
- II. 시스템 모델
- III. 실험 결과
- IV. 결론

I. 서론

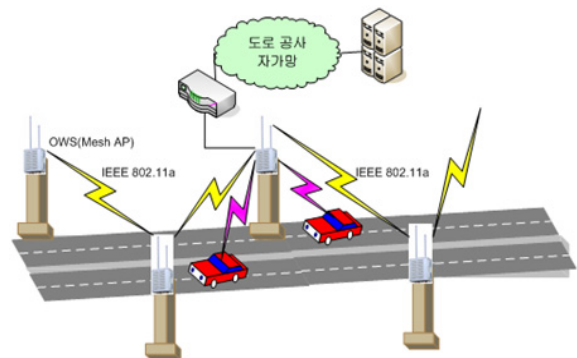
지능형 교통 시스템 (ITS : Intelligent Transport System)은 기존의 교통체계를 정보통신, 전자, 제어 컴퓨터 등의 첨단기술과 접목시켜 교통의 이동성, 안정성, 효율성 및 교통환경을 혁신적으로 개선하는 신 교통체계를 말한다. 그림 1에서 보이듯이 ITS가 기존의 단순한 차량간의 정보 및 도로상황 전달만의 목적이 아니라 보다 다양하고 정확한 주변 환경 및 도로정보를 정확히 전달하기 위해서 새로운 데이터 전송 방식에 관한 연구가 진행되고 있다. [1][2].

그 중에서 MIMO (Multi-input multi-output) 기술은 송수신단에 여러 개의 안테나가 존재하는 다중 안테나 기술으로써 기존의 기술과 동일한 송신 파워와 대역폭을 사용함에도 불구하고 데이터 전송률을 높이거나 데이터 수신 성능을 높일 수 있는 기술이다 [4][5]. 하지만 MIMO 기술은 다중화 이득과 다이버시티 이득을 통하여 데이터 전송율을 높이거나 수신 성능을 향상시킬 수 있다는 장점을 가지고 있으나 장비 구현 차원에서의 여러 가지 어려움을 지니고 있다. 첫째로, 공간 다중화 기법 같은 경우, 가장 간단한 ZF (Zero forcing) 수신기를 이용한다 하더라도 채널의 역 행렬을 구하는 연산을 수행해야 한다. 안테나 수가 증가하게 되면 그 연산량은 기하급수적으로 증가하게 된다. 둘째로, 단말의 크기도 MIMO 장비 구현에 장애가 된다. 무선 이동단말의 크기나 점차 소형화되는 추세에서 단말에 두 개 이상의 안테나를 탑재할 수 없으며, 다중 안테나를 설치한다 하더라도 안테나간 공간적 상관도 때문에 수신 성능은 상당히 열화 된다. 이러한 물리적 MIMO 시스템의 문제점들을 해결하기 위해서 하나의 안테나

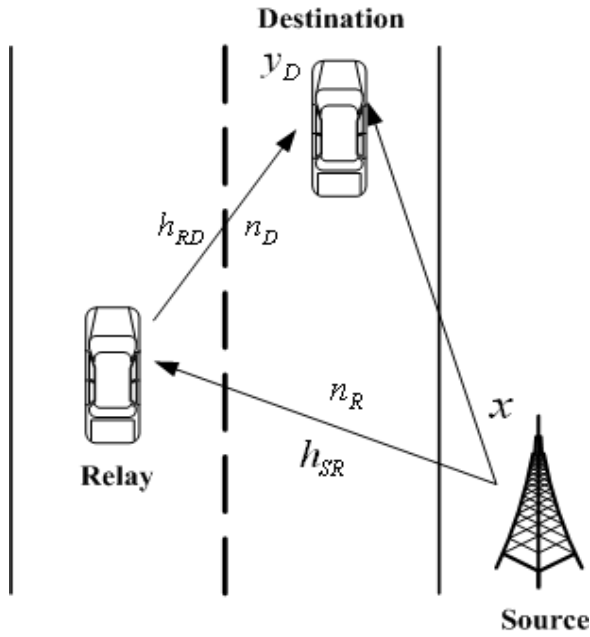
만을 가지고 있는 단말이 다른 사용자의 단말을 이용하여 가상적으로 MIMO 채널을 형성하여 데이터를 전송하는 협력통신 개념이 등장하였다 [5][6].

협력 통신은 정보 이론에서 등장한 중계 채널을 기반으로 발전한 통신 기술로서 데이터를 주고 받는 송신기와 수신기 사이에 중계 역할을 하는 단말을 이용하여 채널 용량을 증가시키고 경로손실을 줄임으로써 수신 성능도 향상시킬 수 있는 기술이다 [7]. 최근에는 ad-hoc 네트워크와 센서 네트워크에서도 협력통신 기술을 이용하고 있다. 이런 흐름에 발맞추어 본 논문은 ITS 환경에서의 협력 통신 전송 방식에 관한 연구에 중점을 두었다.

본 논문에서는 ITS 환경에서 기존의 통신 방식과 협력 통신 방식과의 성능분석을 연구하였다. 도로상에 차량이 정지해 있는 경우, 50km/h의 속도로 달리고 있는 경우, 그리고 100km/h의 경우로 나누어 기존 전송 방식과 AF (Amplify-and-forward) 그리고 DF (Detect-and-forward) 방식 사이의 BER (Bit error rate) 성능을 비교 분석하였다.



<그림 1. 고속도로 이용을 위한 광대역무선 접속 인프라>



<그림 2. ITS 환경에서의 AF 전송 방법>

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템 모델에 대해 자세히 설명하였으며, 3장에서는 실험 결과를 보여주고 마지막으로 4장에서 결론을 맺도록 하겠다.

II. 시스템 모델

1. Amplify-and-forward

AF 기법은 relay에서 수신되는 신호의 파워만 증폭시켜 재전송하는 기법이다. 수신 신호의 파워를 정규화하고 이를 relay에서 전송할 수 있는 파워 레벨로 증폭시켜 전송하는 것으로 구현 측면에서는 간단하나 부가된 잡음이 증폭되는 단점을 지니고 있다.

그림 2는 ITS 환경에서의 AF 전송 시나리오를 나타낸다. Source는 신호 x 를 relay와 destination에 동시에 전송하게 되고, relay는 source의 신호를 받아서 단순히 증폭시킨 후 destination에게 증폭시킨 신호를 재전송한다. Destination은 source와 relay로부터 받은 신호를 combining 하여 원래 신호를 복구한다. Source로부터 전송된 신호를 x 라 할 때 AF 기법을 이용하는 relay를 통하여 destination에 수신된 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$y_D = \alpha h_{SR} h_{RD} x + \beta h_{RD} n_R + n_D \quad (1)$$

여기서 n 은 h_{SR} 과 h_{RD} 은 각각 source와 relay, relay와

destination 사이의 채널이고 n_R 과 n_D 는 각각 relay와 destination의 수신 안테나에 부가되는 잡음으로 동일한 분포를 가지나 서로 독립인 관계이다. 또한 α 와 β 는 채널 계수로서 다음과 같이 표현된다.

$$\alpha = \sqrt{\frac{E_{SR} E_{RD}}{|h_{SR}|^2 E_{SR} + n_S n_D}}, \quad (2)$$

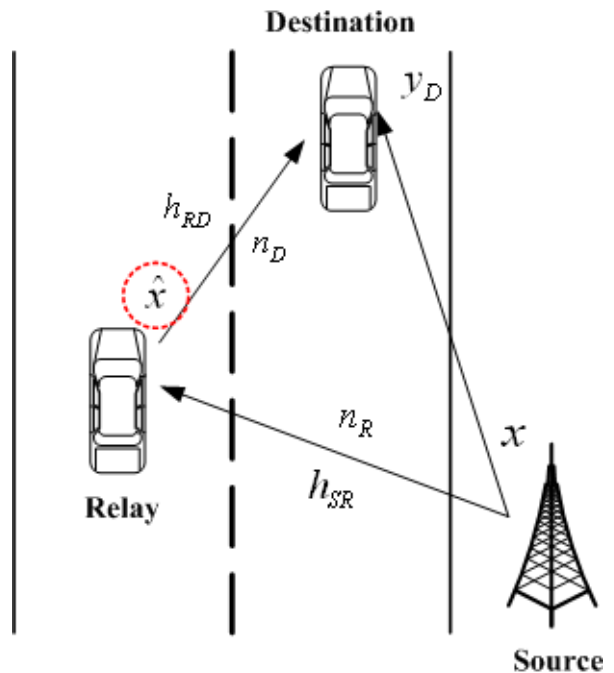
$$\beta = \sqrt{\frac{E_{RD}}{|h_{SR}|^2 E_{SR} + n_S n_D}}. \quad (3)$$

그리고 식 (2),(3)에서 수신 신호의 유효 SNR, ρ_{eff} 는 다음과 같이 계산 된다.

$$\rho_{eff} = \frac{\rho_{SR} \rho_{RD}}{1 + \rho_{SR} + \rho_{RD}}. \quad (4)$$

AF를 사용하는 경우는 relay에서 파워의 증폭으로 인하여 상대적으로 부가 잡음의 파워가 함께 증가함으로써 채널 용량은 다음과 같이 계산된다.

$$C_{AF} = \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\rho_{SR} \rho_{RD}}{1 + \rho_{SR} + \rho_{RD}} \right). \quad (5)$$



<그림 3. ITS 환경에서의 DF 전송 방법>

2. Detect-and-forward

AF 기법은 아날로그 신호 처리 기법 기반이며, 이에 반하여 DF 기법은 디지털 신호 처리 기법으로 relay에서 수신된 신호를 비트 단위까지 복호화하고 이를 다시 변조하여 destination에 재 전송하는 기법이다. AF 기법에 비해 연산량 측면에서 복잡한 기법이지만 단말기에 변복조기가 기본적으로 셋팅되어 있다는 점을 감안하면 이론적으로만 가능한 기법이 아니라 실현 가능한 기법이라 할 수 있다.

그림 3에는 ITS 환경에서의 DF 기법을 이용한 데이터 전송 시나리오가 나타나 있다. AF 전송 기법과 마찬가지로 source는 신호 x 를 relay와 destination에게 동시에 전송한다. 하지만 단순한 AF와는 달리 DF 전송 기법은 relay에서 source로부터 전송된 신호를 복호하여 자체적으로 decision하여 신호 레벨을 결정하고 결정된 신호를 다시 복호하여 \hat{x} 신호를 destination에 전송한다. Destination에서는 source로부터 직접적으로 수신된 신호 x 와 relay로부터 수신된 \hat{x} 를 이용하여 다이버시티 이득을 얻게 된다. DF 전송 기법을 이용하였을 때 destination에 전송된 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$y_D = h_{RD}\hat{x} + n_D \quad (6)$$

여기서 \hat{x} 는 DF에 의해 재 변조된 relay에서의 송신 신호이다.

DF 기법이 적용된 시스템의 채널 용량은 relay와 source사이, relay와 destination 간의 채널 SNR 중 작은 쪽의 채널 용량이 되며 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$C_{DF} = \min \left\{ \frac{1}{2} \log_2(1 + \rho_{SR}), \frac{1}{2} \log_2(1 + \rho_{RD}) \right\}. \quad (7)$$

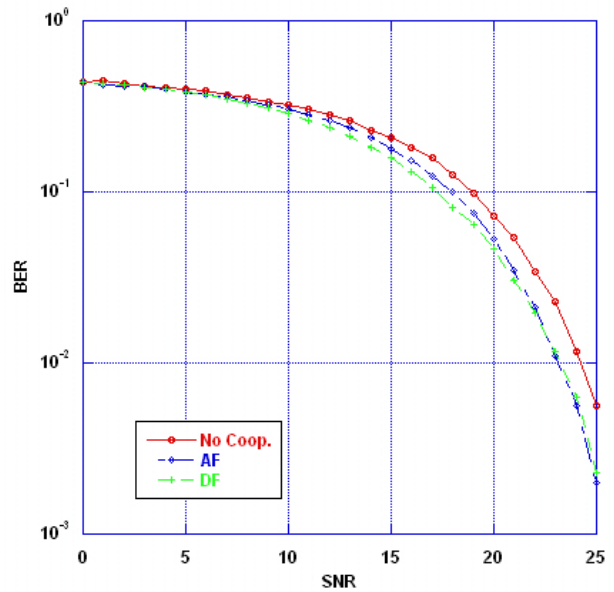
III. 실험 결과

TABLE I. SIMULATION PARAMETERS

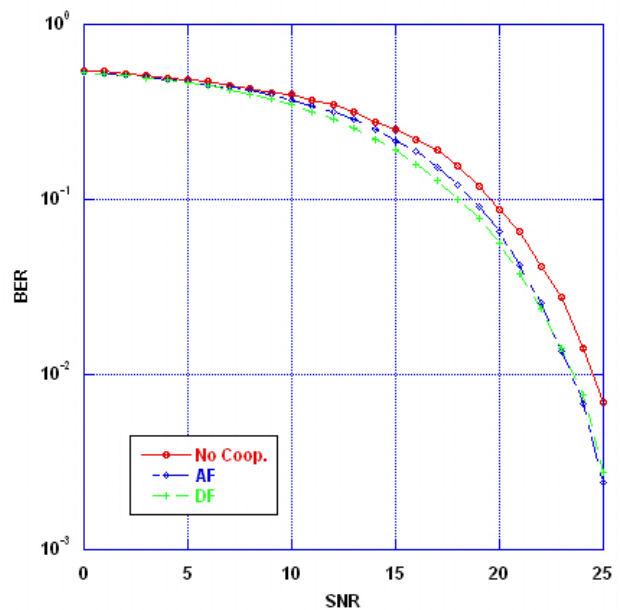
FFT point	128
# of packet	100,000
Cooperation Type	AF / DF
Speed of vehicle	50km/h, 100km/h
Modulation	BPSK

위 TABLE I에 준하여 실험을 하였으며 relay와 destination이 정지하였을 때, 50km/h, 그리고 100km/h로 움직이고 있을 때를 가정하여 실험하였다.

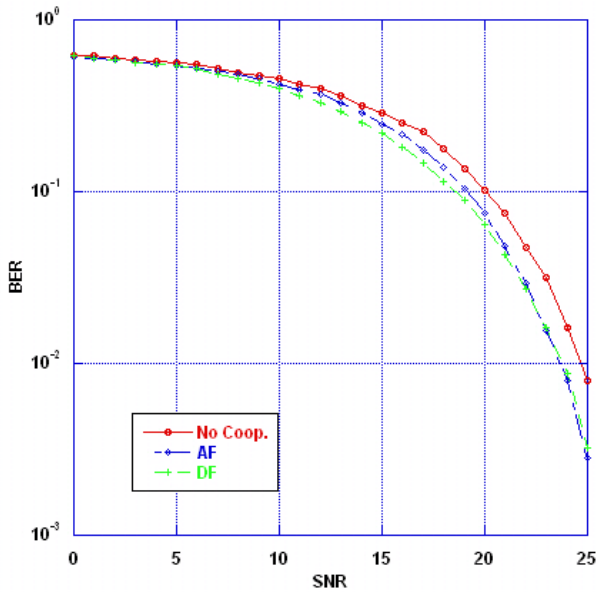
그림 4는 source, relay, 그리고 destination 모두 정지해 있을 때의 BER 성능 비교로서, 비 협력 통신 모드와 AF, DF 통신 방식 간의 BER 성능 차이를 보여준다. 6~18dB까지는 DF 통신 방식의 BER 성능이 AF보다 좋음을 알 수 있다. 하지만 20dB 이상의 high SNR에서는 AF 통신 방식이 미세하게 DF 통신 방식보다 성능이 좋음을 알 수 있었다. 이는 high SNR 상태일 때는 노이즈까지 같이 증폭이 되는 AF 통신 방식의 단점이 개선됨을 의미한다.



<그림 4. ITS 환경에서의 BER 성능 비교 (0km/h)>



<그림 5. ITS 환경에서의 BER 성능 비교 (50km/h)>



<그림 6. ITS 환경에서의 BER 성능 비교 (100km/h)>

그림 5와 6은 각각 relay와 source가 50km/h와 100km/h의 속도로 움직이고 있을 때의 각 협력 통신 방식에 따른 BER 성능을 보여준다. 속도에 따른 fading으로 인해 정지해 있는 경우보다 BER이 약 2~3dB 정도 악화되는 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 지능형 교통 시스템에서의 협력 통신 전송 방식에 관한 연구 및 성능 분석을 하였다. 기존 중계기 시스템과는 다르게 사용자의 단말 또는 그에 상응하는 통신 시스템이 중계기로서의 역할을 하게 되며 이러한 방식을 ITS에 적용하여 BER 성능을 분석하였다. 본 논문에서 사용한 협력 통신 방식으로 AF와 DF 통신 방식을 사용하였으며 relay와 destination이 50km/h와 100km/h의 속도로 움직이고 있다는 가정 하에 BER 성능을 보였다. Low SNR에서는 DF 통신 방식이 AF 통신 방식보다 성능이 좋은 반면 high SNR에서는 AF와 DF 통신 방식의 BER 성능 차이가 거의 없는 것을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

1. S. B. Weinstein and P. M. Ebert, "Data transmission by frequency division multiplexing using the discrete Fourier transform," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 19, pp. 628-634, Oct. 1971.
2. J. Chuang and N. R. Sollenberger, "Beyond 3G: wideband wireless data access based on OFDM and dynamic packet assignment," *IEEE Commun. Magazine*, vol. 38, no. 7, pp. 78-87, July 2000.

3. David Gesbert, Mansoor Shafi, Da-shan Shiu, Peter J. Smith and Ayman Naguib, "From Theory to Practice: An Overview of MIMO Space-Time Coded Wireless Systems," *IEEE J. Select Areas Commun.*, vol.21, no.3, pp.281-301, Apr.2003.
4. Vahid Tarokh and A. R. Calderbank, "Space-Time Codes for High Data Rate Wireless Communication: Performance Criterion and Code Construction," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol.44, no.2, pp.744 - 765, Mar.1998.
5. A. Sendonaris, E. Erkip, and B. Aazhang, "User cooperation diversity, Part I: Sytem description," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 51, pp. 1927-1938, Nov. 2003.
6. A. Sendonaris, E. Erkip, and B. Aazhang, "User cooperation diversity, Part II: Implementation aspects and performance analysis," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 51, pp. 1939-1948, Nov. 2003.
7. J. Laneman, D. Tse, G. Wornell, "Cooperative diversity in wireless networks: Efficient protocols and outage behavior," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 80, pp. 3062-3080, Dec. 2004
8. T. Cover and A. El Gamal, "Capacity theorems for the relay channel," *IEEE Trans. on Inf. Theory*, vol. IT-25, pp. 572-584, Sep. 1979.
9. W. C. Jakes, *Microwave Mobile Communications*, Wiley, 1974.