

OFDM기반의 협력통신에서 초고속 통신을 위한 기법

이의학 유영환 송형규¹

세종대학교

eihak@naver.com yhyou@sejong.ac.kr songhk@sejong.ac.kr¹

An Improved Scheme for High-Throughput in Cooperative Communication Based on OFDM system

Lee, Eui-Hak You, Young-Hwan Song, Hyoung-Kyu¹

Sejong University

요약

최근, 협력통신은 MIMO시스템을 대신하여 신뢰성 있는 통신을 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 기존 통신에 비하여 신뢰성 있는 통신은 가능하지만 중계기에 의한 협력시간은 시간 슬롯(slot)을 낭비시킨다. 그 결과 전송률이 감소되어 최대 전송률을 이룰 수 없다. 또한 전송률이 감소되는 동시에 전송속도도 감소되는 단점을 가지고 있다. 이 논문에서는 협력통신에서 감소된 전송률의 단점을 보완하고자 전송률을 증가시키는 기법을 제안하여, 초고속 통신을 가능하게 하는 기법을 제안한다. 또한 제안된 전송기법에 따른 복조기법을 제안하여 효율적으로 신호를 복조하는 기법을 제안한다. 모의실험을 통하여 제안한 기술의 성능평가를 한다.

1. 서론

현대의 무선통신 시스템에서는 끊임없는 초고속 통신과 신뢰성 있는 통신에 대한 요구를 해결해하는 방안으로 진화되고 있다. 최근에 제안되는 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)시스템은 고속의 통신 혹은 신뢰성 있는 통신을 가능하게 한다. 신뢰성 증대를 위한 MIMO 시스템 중 가장 널리 쓰이는 기술은 STBC(Space-Time Block Code)이다 [4]. STBC는 최대 전송률을 만족하고, 최대 다이버시티(diversity)를 만족한다. 이러한 이점은 안테나 간의 거리가 각각의 채널이 독립적으로 되도록 충분히 확보가 되어야 한다. 그러나 이것은 현실적이지 않다. 왜냐하면 현대의 무선통신 장치들은 그 크기가 충분히 크지 않기 때문에 안테나 간의 거리를 필요한 만큼 확보할 수 없다. 이러한 문제는 협력통신에 관심을 가지게 했다. 협력통신은 사용자들의 자원을 공유함으로써 가상의 MIMO시스템을 형성하여 신뢰성 있는 통신을 가능하게 한다 [1]. 그러나 협력통신은 협력하는 과정에서 협력 시간에 의해 전송률이 떨어지는 문제점이 있다. 몇몇의 기법들은 이러한 문제를 해결하도록 전송률을 증가시키는 기법을 제안하였다. 최근에는 전송률 2/3를 이루는 기법 [3]이 제안되었다. 이 기법은 STBC를 이용하여 기존의 협력통신에 대비하여 신뢰성을 증가시켰다. 그러나 이 기법은 전송률이 2/3로 낮은 전송률을 가지고 있어 초고속통신에는 부적합한 단점이 있다. 이 논문에서 낮은 전송률에 따른 단점을 보완하고자 전송률을 증가시키는 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 아주 약간의 BER(Bit Error Rate)성능의 손실을 가져오지만, 전송률이

증가되어 결과적으로는 전송속도가 증가한다.

2. 전송률 증가를 위한 제안하는 전송기법

이 단락에서는 DF(Decode and Forward)기반의 협력통신에서 새로운 전송 구조를 제안한다 [1]. 중계기는 사용자간의 SNR을 이용하여 채널 상태가 가장 좋은 것으로 선택이 되어있다고 가정한다. 또한 두명의 사용자가 동일한 크기의 서브채널(sub-channel)을 사용하는 것을 고려한다. 제안하는 전송기술의 기본적인 전송 구조는 표 1과 같다. 표 1에서 세로축은 시간 슬롯(slot)을 의미한다. 또한 $x_i, \{i = 1, 2, 3\}$ 는 전송기에서 전송하고자 하는 신호를 의미하며, $\hat{x}_i, \{i = 1, 2, 3\}$ 은 DF 기법에 의해 중계기에서 전송기의 신호를 복조하고 변조한 신호를 의미한다. 또한 $(\cdot)^*$ 는 (\cdot) 의 켈레복소수를 의미한다. 첫 번째 시간 슬롯(slot)에서 전송기는 자신의 첫 번째 신호를 브로드캐스트(broadcast)한다. 그리고 나서 중계기는 전송기로부터 전송된 신호를 복조하여 표 1에 따른 전송 구조에 따라 변조를 하여 전송한다. 전송기 및 중계기에서 전송된 신호는 각각의 채널을 통해 전송되어져서 수신기에 도착한다. 특히 마지막 시간 슬롯(slot)에서 전송기는

표 1. 제안하는 전송구조

phase	1	2	3	4
전송기	x_1	x_2	x_3	$-x_2^*$
중계기		\hat{x}_1^*	\hat{x}_2	\hat{x}_3^*

1 교신저자

두 번째 시간 슬롯(slot)에 보냈던 신호에 마이너스 부호를 하고 켈레 복소수를 취한 신호를 전송한다. 그리고 중계기에서는 세 번째 시간 슬롯(slot)에서 보냈던 전송기의 신호를 복조하여 변조한후 그 신호의 켈레복소수에 해당하는 신호를 전송한다. 이는 STBC기법을 사용하기 위함이다.

3. 제안하는 전송기법에 따른 효율적인 복조기법

표 1의 전송구조에 따라 전송된 신호들은 각각의 채널을 거쳐 수신기에 도착한다. 이때 수신기는 각각의 신호들이 각각의 채널을 겪은 후 더해진 형태로 수신을 하게되고, AWGN(Additive White Gaussian Noise)가 더해진다. 채널은 네 번의 시간 슬롯(slot)동안 동일하다고 가정을 한다. 따라서 수신기에서 수신된 신호는 다음 수식과 같이 나타낼 수 있다.

$$y_1 = h_1x_1 + n_1, \tag{1}$$

$$y_2 = h_1x_2^* + h_2\hat{x}_1 + n_2, \tag{2}$$

$$y_3 = h_1x_3 + h_2\hat{x}_2 + n_3, \tag{3}$$

$$y_4 = -h_1x_2 + h_2\hat{x}_3^* + n_4, \tag{4}$$

수신된 신호는 다음의 규칙에 따라 복조된다.

$$H_1 \approx \hat{H}_1, H_2 \approx \hat{H}_2 \tag{5}$$

여기서 \hat{H}_1 과 \hat{H}_2 는 추정된 채널을 의미하며, 채널추정은 완벽히 되었다고 가정을 한다.

복조는 두 단계에 걸쳐 진행된다. 첫 번째 단계에서 $x_i, \{i = 2,3\}$ 가 전형적인 STBC기법에 의해 조된다. 그리고 나서 $x_i, \{i = 1\}$ 이 SIC(Successive Interference Cancellation)기법과 함께 MRC(Maximum Ratio Combining)기법에 의해 복조된다.

3.1. STBC 복조기법

STBC 복조 기법은 $x_i, \{i = 2,3\}$ 를 복조하기 위하여 수행된다. $x_i, \{i = 2,3\}$ 를 얻기 위하여 다음과 같이 \tilde{x}_2 와 \tilde{x}_3 를 유도한다.

$$\begin{aligned} \tilde{x}_2 &= h_2^*y_3 - h_1y_4 \\ &= (h_1^2 + h_2^2)x_2 + W \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} \tilde{x}_3 &= h_1^*y_3 - h_1y_4 \\ &= (h_1^2 + h_2^2)x_3 + W \end{aligned} \tag{7}$$

여기서 $h_i, \{i = 1,2\}$ 는 추정된 채널을 의미하고, $y_i, \{i = 3,4\}$ 는 수신기에서 세 번째 네 번째 시간 슬롯(slot)에 수신된 신호를 의미한다. 위 수식 (6)과 (7)을 이용하여 최종적으로 $\hat{x}_i, \{i = 1,2\}$ 를 다음과 같이 얻는다.

$$x_2 = \frac{\tilde{x}_2}{(h_1^2 + h_2^2)} \tag{8}$$

$$x_3 = \frac{\tilde{x}_3}{(h_1^2 + h_2^2)} \tag{9}$$

이러한 복조기술은 전형적인 STBC 복조 기술 [4]과 동일하다.

3.2. SIC기법과 MRC 복조기법

마지막으로 x_1 을 복조하기 위하여 SIC기술과 MRC기술이 사용된다. 먼저 SIC기법을 사용하여 α 를 다음과 같이 정의한다.

$$\alpha = y_2 - h_1x_2 \tag{10}$$

여기서 y_2 는 수신기에서 두 번째 시간 슬롯(slot)에서 수신된 신호를 의미하며, x_2 는 복조기법의 첫 번째 단계 STBC 복조기술에 의해 복조된 신호를 의미한다. α 를 이용하여 다음 수식과 MRC기술을 사용한다.

$$\begin{aligned} \tilde{x}_1 &= h_1^*y_1 + h_2^*\alpha \\ &= (h_1^2 + h_2^2)x_1 + W \end{aligned} \tag{11}$$

마지막으로 \tilde{x}_1 을 이용하여 x_1 을 다음 수식과 같이 얻는다.

$$x_1 = \frac{\tilde{x}_1}{(h_1^2 + h_2^2)} \tag{12}$$

4. 모의실험

이번 단락에서는 BER성능과 속도량(Throughput)성능을 평가한다.

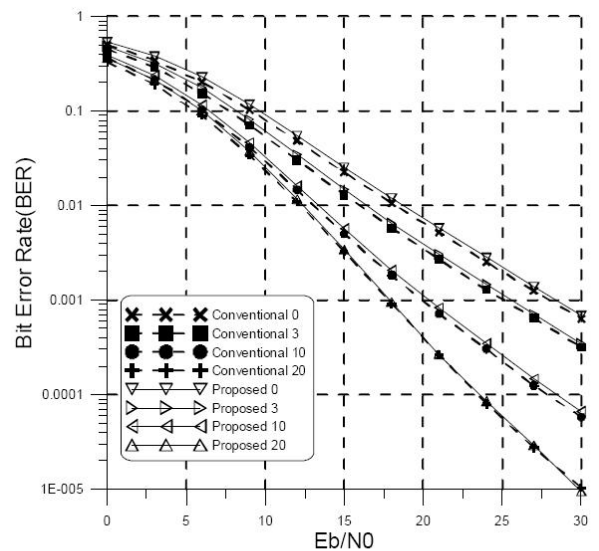


그림 1. 사용자간 SNR값(0, 3, 10, 20[dB])에 따른 기존기술 [3]과 제안하는 기술의 BER성능 그래프

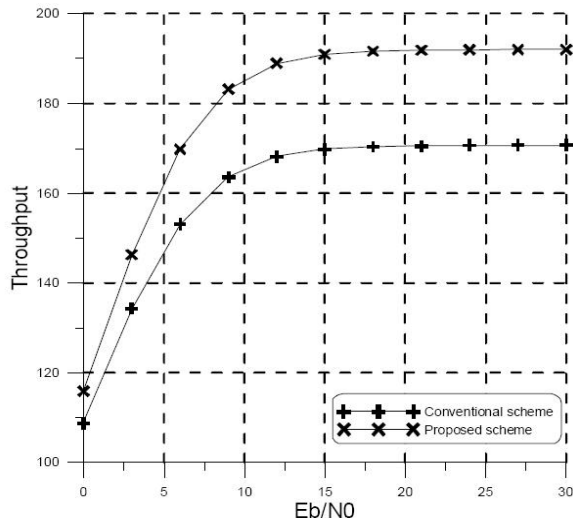


그림 2. 사용자간 SNR값(10[dB])에서 기존기술 [3]과 제안하는 기술의 속도량 그래프

그림 1은 기존 기법 [3]과 제안한 기법의 BER성능을 보여준다. 사용자간 SNR값이 각각 0, 3, 10, 20[dB]일 때의 결과 그래프이다. BER 성능은 기존 기법과 비교하여 0.5[dB]정도 나빠진 것을 볼 수 있다. 그리고 사용자간 SNR값이 20[dB]일 때는 BER성능이 거의 동일하다.

그림 2는 기존 기법 [3]과 제안하는 기술의 속도량(Throughput)을 보여준다. 여기서 사용자간 SNR은 10[dB]이다. 속도량은 다음 수식과 같이 정의된다.

$$G = (1 - R) \cdot R_t \cdot N, \quad (13)$$

여기서 G 는 속도량(Throughput)이고, R 은 BER값, R_t 는 전송률, N 은 한번의 시간 슬롯(slot)당 전송되는 비트(bit)수 이다. 결과적으로 속도량(Throughput)은 한번의 시간 슬롯(slot)당 전송에 성공한 비트(bit)수가 된다.

제안된 기술은 전송률을 2/3에서 3/4로 증가시켰기 때문에 속도량(Throughput)이 기존 기술과 대비하여 약 20[bpp]정도 증가한 것을 볼 수 있다. 그리고 SNR값이 15[dB]이상 부분에서는 속도량(Throughput)이 미비하게 증가되는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

기존에 제안된 기법 [3]은 STBC기법을 사용하여 더욱 신뢰성있는 협력통신을 제안하였다. 그러나 제안된 기법에서는 전송률이 2/3으로 너무 낮은 단점이 있었다. 이것은 속도량(Throughput)에 악영향을 미친다. 따라서 이 논문에서 전송률을 증가시키는 방법을 제시한다. 전송률을 2/3에서 3/4로 증가시키어 더 빠른 통신을 제안한다. 약간의 BER성능 감소는 있었지만, 결과적으로 속도량(Throughput)이 높은 것을 모의실험을 통하여 확인하였다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Materials & Components development program funded by the Ministry of Trade, Industry &

Energy(MOTIE, Korea) and this research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2012-000902).

참 고 문 헌

- [1] A. Nosratinia, T.E. Hunter and A. Hedayat, "Cooperative communication in wireless networks," IEEE Commun. Mag., vol. 42, no. 10, pp. 74-80, Oct. 2004.
- [2] 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.
- [3] Jae-Seon Yoon, So-Young Yeo, Jee-Hoon KIM and Hyoung-Kyu Song, "Cooperative Transmission Technique Using Space Time Delay Code in OFDMA Uplink System," IEICE Trans. Commun., vol. E90-B, no. 5, pp. 1270-1273, May 2007.
- [4] S.M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458, Oct. 1998.