

소형 기지국의 안테나 배열을 이용한 전송 다이버시티 기법

백종호*

Transmission Diversity Scheme Using Antenna Array of Small Cell

Jong-Ho Paik*

요약

본 논문은 모바일 사용자의 신뢰성 향상을 위하여 기지국의 범위 내에 소형 기지국들을 추가적으로 사용하여 전송 다이버시티 이득을 제공하는 방법을 제안한다. 기존의 기지국은 기지국 셀 내에 위치한 소형 기지국들을 중계기로 이용한 협력 통신 기법을 적용하고 전송 다이버시티 이득을 얻기 위한 신호를 구성한다. 모바일 사용자는 결과적으로 기존의 기지국과 릴레이 역할의 소형 기지국들로부터 다중의 채널을 통하여 신호를 수신 받을 수 있게 되고, 이때 수신된 신호들은 전송 다이버시티 기법이 적용됨으로써 신뢰성이 크게 향상 될 수 있다.

Key Words : Cooperative Transmission, Diversity Gain, OFDM, Communication Scheme

ABSTRACT

This paper proposes a method providing diversity gain using small base stations in a cell coverage in order to improve diversity gain. The small base stations and the conventional base station consist a virtual MIMO array by using the cooperative communication scheme. Also, transmission diversity scheme is applied. A mobile user can receive the signals having the improved reliability by the applied transmission diversity scheme and the cooperative communication scheme.

I. 서론

무선 통신 시스템에서 사용자들은 향상된 성능의 서비스를 요구 하고 있다. 무선 통신 기술들은 사용자들의 요구 사항에 맞추어 빠르게 변화 하고 있다. 최근 가장 각광 받고 있는 기술은 크게 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing)과 MIMO(multiple input multiple output) 로 나눌 수 있다. OFDM 기술은 다중의 직교하는 부반송파를 사용하여 주파수 효율 향상과 주파수 선택적인 채널 특성을 극복할 수 있다는 장점을 가지고 있다. MIMO 기술은 송신단과 수신단에서 다수 안테나를 사용하여 전송 속도 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 최근에는 위의 두 가지 기술을 이용한 MIMO-OFDM^[1] 기술들이 널리 사용되어지고 있다. 기존의 MIMO-OFDM 기법은 사용하는 안테나의 수가 증가 할수록 전송 속도 또는 신뢰성이 증가하지만, 다수의 안테나의 사용은 송, 수신단에 크기, 비용, 복잡도 그리고 전력 등의 문제점을 발생 시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에 중계기를 이용한 협력 통신 기법들이 제안되어지고 있다. 협력 통신 기법은 단일 안테나를 사용하는 장치들이 중계기를 이용하여 가상의 MIMO 안테나 배열을 만들어 기존의 MIMO 시스템과 유사한 성능을 제공하는 기법이다.

본 논문에서는 소형 기지국들을 중계기로 이용하는 협력 통신 기법을 사용하여 가상의 MIMO 안테나 배열을 구성하고 전송 다이버시티 기법^[2]을 적용하여 신뢰성을 향상시키는 방법을 제안한다.

II. 시스템 모델

본 논문에서 제안하는 시스템 모델은 그림 1과 같다. 그림 1에서 BS는 base station을 나타내고 기존의 기지국을 의미한다. Relay 1과 2는 중계기 역할을 하는 소형 기지국들을 나타내고 있으며 Mobile은 신호를 수신 받는 모바일 사용자를 의미한다. 시스템 모델에서 모든 장치들은 단일 안테나를 사용한다고 정의한다. 또한, 기존의 기지국과 소형 기지국으로부터 모바일 간의 채널들은 레일리

채널로 가정하고 각 채널들은 모두 독립적이고 동일한 상태를 가지고 있는 것으로 가정한다. 그림 1에

* 이 논문은 2016학년도 서울여자대학교 교내학술연구비의 지원을 받았다.

• First Author : Department of Software Convergence, Seoul Women's University, paikh@swu.ac.kr, 정희원
논문번호 : KICS201-02-037, Received February 26, 2016; Revised March 2, 2016; Accepted March 2, 2016

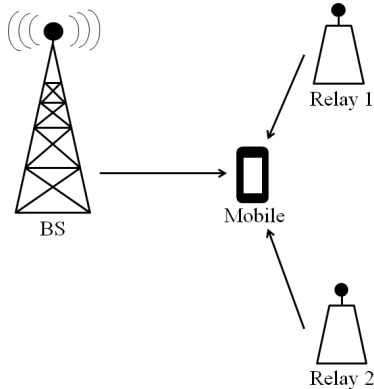


그림 1. 제안된 시스템 모델
Fig. 1. Proposed system model

서 BS는 Relay 1과 2를 이용한 협력 전송을 한다. 그러므로 Mobile 총 3개의 채널을 통하여 신호가 수신되어지게 된다.

III. 제안된 기법

본 논문에서는 소형 기지국을 이용하는 협력 통신 기법을 제안한다. 모바일 사용자는 그림 1과 같이 총 3개의 채널을 통하여 신호를 수신 할 수 있다. 이때 향상된 다이버시티 이득을 획득하기 위하여 본 논문은 Relay 1과 2에서 피드백 정보를 이용하는 SPC(spatial phase coding)^[3]를 적용시킨다. SPC 기법은 전송 다이버시티 기법 중 하나로써 수신단으로부터 '1' 비트의 피드백 정보를 수신 받고 수신된 피드백 정보를 이용하여 프리코딩 벡터를 곱하여 전송 하는 기법이다. 이때 프리코딩 벡터는 수신되는 채널들의 위상을 반전 시켜 수신 신호의 SNR(signal to noise ratio)을 향상 시킨다.

SPC의 기본 원리는 다음과 같다. 두 개의 송신 안테나로부터 신호가 전송 될 때, 송신 신호는 두 개의 채널을 통하여 수신단에 수신되어진다. 수신단에서는 수신된 신호가 겪은 두 채널의 위상차를 구한다. 만약 위상차가 $\pi/2$ 이상이면 피드백 정보에 비트 '1'을 실어 전송하고, 위상차가 $\pi/2$ 미만이면 피드백 정보에 비트 '0'을 실어 전송한다. 송신단에서는 수신된 피드백 정보에 따라 프리코딩 벡터를 결정한다. 만약 피드백 비트가 '1' 이면 프리코딩 벡터는 위상을 반전 시키는 역할을 하고 피드백 비트가 '0'이면 프리코딩 벡터는 아무런 역할을 하지 않는다. 결정된 프리코딩 벡터는 송신단의 한 쪽 안테나에 곱하여 전송되어지고 아래의 수식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_1 = \begin{cases} \exp(-j\pi), & \text{feedback bit} = '1', \\ 1, & \text{feedback bit} = '0'. \end{cases} \quad (1)$$

프리코딩 벡터는 송신 신호에 곱하여 전송되지만 수신단 입장에서는 수신되는 채널의 위상을 반전시키는 역할을 한다. 그림 2는 신호가 채널 h_1 과 h_2 를 통하여 송신되어질 때 SPC 기법의 동작 원리를 나타내고 있다. 만약 피드백 정보가 비트 '1' 이면 프리코딩 벡터는 두 채널 중 h_2 의 위상을 반전 시켜 중첩되는 채널의 크기를 향상시키게 된다.

그림 2는 신호가 두 개의 송신 안테나로부터 전송 될 때의 동작 원리를 나타낸다. 본 논문의 시스템 모델은 그림 1과 같이 기존의 기지국 외에 두 개의 소형 기지국을 이용한 협력 전송을 통하여 총 세 개의 안테나로부터 신호가 전송 된다. 이때 피드백 비트는 1 비트가 추가된 총 2 비트의 정보를 이용하여 세 개의 채널에 대한 SPC 기법을 적용 시킨다. 첫 번째 비트는 BS와 Relay 1으로부터 모바일 사용자로의 채널들의 위상차를 구하여 그에 따른 피드백 정보를 나타내고 두 번째 비트는 첫 번째 비트에 의하여 중첩된 채널과 Relay 2에서 모바일 사용자로의 채널의 위상차에 따른 비트를 전송한다. 그러므로 총 세 개의 채널이 SPC 기법에 의하여 겹쳐져 채널의 크기가 향상되게 된다. Relay 2에서 모바일 사용자로의 채널의 위상차에 따른 비트를 전송한다. 그러므로 총 세 개의 채널이 SPC 기법에 의하여 겹쳐져 채널의 크기가 향상되게 된다. 그림 3은 제안된 시스템 모델에 SPC 기법을 적용하여 채널의 크기가 최종적으로 향상되는 것을 나타낸다. 수신된 신호는 주파수 축에서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} Y_{mobile} &= H_1X + H_2P_1X + H_3P_2X + N, \\ Y_{mobile} &= (H_1 + H_2P_1 + H_3P_2)X + N, \\ Y_{mobile} &= \tilde{H}_2X + N. \end{aligned} \quad (2)$$

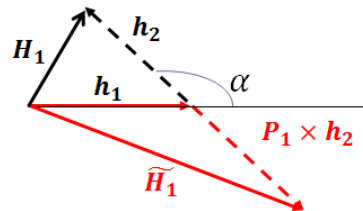


그림 2. 두 개의 송신 안테나로부터 신호가 전송 될 때 SPC 기법의 동작 원리
Fig. 2. Principle of SPC scheme when the signal is transmitted by two transmission antennas

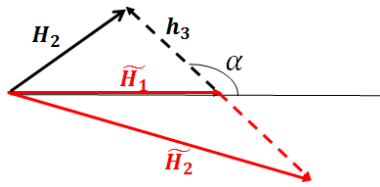


그림 3. 세 개의 송신 안테나로부터 신호가 전송 될 때 SPC 기법의 동작 원리
 Fig. 3. Principle of SPC scheme when the signal is transmitted by three transmission antennas

수식 (2)에서 Y_{mobile} 은 BS, Relay1과 Relay2에서 받은 수신신호를 의미한다. Mobile에서 N 은 가우시안 잡음을 나타내고 X 는 송신 신호 H_n 은 각 채널들을 의미하고 \tilde{H}_2 는 최종적으로 SPC 기법에 의하여 수신단에서 중첩된 채널을 의미한다. 결과적으로, 수신된 신호에서 채널의 크기가 향상되기 때문에 수신 신호의 SNR이 향상된다.

IV. 시뮬레이션 및 결론

본 논문에서는 제안된 기법의 시뮬레이션을 위하여 다음과 같이 시뮬레이션 파라미터를 정하였다. OFDM 기반의 통신에서 FFT(fast Fourier transform) 사이즈는 256으로 하였고 각 채널은 7개의 경로를 갖는 레일리 채널을 생성하였다. 또한, QPSK (quadrature phase shift keying) 변조를 실행하였다.

그림 4는 본 논문에서 제안된 기법의 BER(bit error rate) 성능을 나타내고 있다. 제안된 기법은 기존의 SISO(single input single output) 기법에 비하여 성능

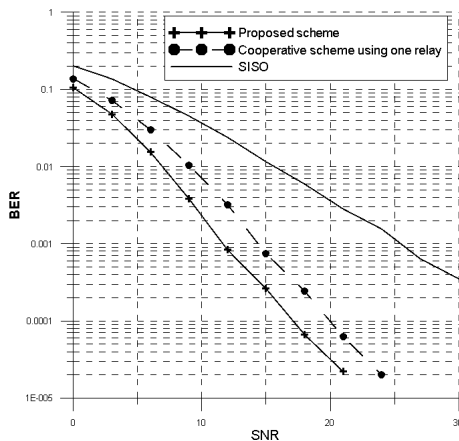


그림 4. 제안된 기법의 BER 성능
 Fig. 4. BER performance of the proposed scheme

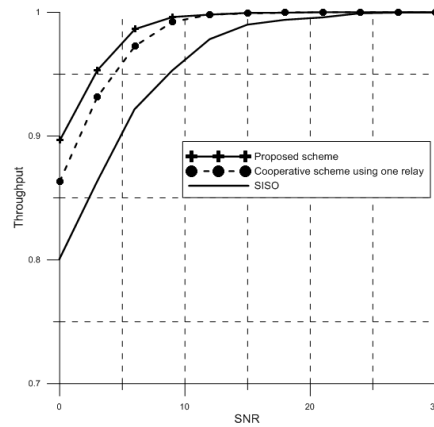


그림 5. 제안된 기법의 throughput
 Fig. 5. Throughput of the proposed scheme

이 월등히 향상되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 중계기를 하나 사용할 경우에 비하여 성능이 약 3 [dB] 정도 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 5는 throughput 성능을 나타내고 있다. 시뮬레이션을 통하여 중계기를 많이 사용 할수록 성능이 향상 될 수 있음을 알 수 있지만 다수의 중계기 사용은 모바일 사용자가 더 많은 피드백 신호를 전송해야 하므로 복잡도가 증가한다.

References

- [1] S. J. Kang, "Inter-cell cooperative transmission scheme for improving reliability at the heterogeneous network," *J. KICS*, vol. 40, no. 10, pp. 1931-1933, Oct. 2015.
- [2] A. Shahzad and R. Liu, "A change-in-modulation based cooperative communication scheme," *ISSPA*, pp. 255-258, Kuala Lumpur, Malaysia, May 2010.
- [3] S. Kaiser, "Performance of spatial phase coding (SPC) in broadband OFDM systems," *IEEE ICC*, pp. 4405-4410, Glasgow, Jun. 2007.