

다중사용자 다중안테나 시스템에서 effective-leakage 기반 송신기와 수신기 결합 설계

*서동준, 이재홍
서울대학교 전기컴퓨터공학부
e-mail : mrchsdj@snu.ac.kr, jhlee@snu.ac.kr

Joint Transmitter and Receiver Design based on Effective-leakage in Multi-user MIMO systems

*Dongjoon Seo, Jae Hong Lee
School of Electrical Engineering and Computer Sciences
Seoul National University

Abstract

We give new definition of the effective-leakage and the signal to effective-leakage plus noise ratio (SELNR) to consider receiver combining motivated by the leakage. We propose a method to find jointly beamforming vector and combining vector for the two linear receivers (maximal ratio combining (MRC) receiver and minimum mean square error (MMSE) receiver) based on the SELNR.

보다 여러 장점을 가지고 있음을 [1]에서 보였다. 만약 leakage에 수신 결합방법의 영향이 포함되어 정의되고 이를 기반으로 빔포밍 한다면 더 좋은 성능을 기대할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 effective-leakage와 signal to effective-leakage plus noise ratio를 수신 결합 방법의 영향을 포함하여 새롭게 정의하고 이를 기반으로 빔포밍 벡터와 수신 결합 벡터를 구하는 방법을 제안한다. 모의실험을 통하여 제안된 기법은 기존 leakage 기반 빔포밍 기법보다 매우 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있다.

I. 서론

다중사용자 다중안테나가 있는 무선 페이팅 채널 환경에서 채널용량은 DPC (Dirty Paper Coding)으로 얻을 수 있다. 하지만 비선형적 특징과 구현상 복잡도로 적용이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이에 대해 선형 기법인 동일채널 간섭을 제거하는 빔포밍 기법과 leakage 기반 빔포밍 기법이 제안되었고, leakage 기반 빔포밍 기법은 동일채널 간섭을 제거하는 빔포밍 기법 이 논문은 BK21 사업 및 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2007-000-11844-0)

II. 본론

2.1 시스템 모델

송신기에서 N_T 개 송신 안테나를 가지고, 다중사용자가 K 명이고 임의의 사용자 k 는 $N_{R,k}$ 개 수신 안테나를 가지고 있는 하향링크 시스템을 고려하자. 임의의 사용자는 자신의 채널 H_k 를 완벽히 알고, 송신기에서는 모든 사용자의 채널을 안다고 가정한다. 시스템의 간소화를 위해 사용자수는 송신 안테나의 수와 같고 송신기에서 각 사용자에게 단일 데이터만 보낸다고 가정하자. 송신기에서는 동일채널 간섭을 제거하기 위

해 사용자 데이터 s_k 에 빔포밍 벡터 w_k 를 곱하여 신호를 전송한다.

2.2 Effective-leakage 기반 빔포밍 기법

사용자 i 의 leakage 와 signal to leakage plus noise ratio (SLNR)는 [1]에서 다음과 같이 정의 되었다.

$$leakage_i = \sum_{k=1, k \neq i}^K \|H_k w_i\|^2,$$

$$SLNR_i = \frac{\|H_i w_i\|^2}{N_{R,i} \sigma_i^2 + \sum_{k=1, k \neq i}^K \|H_k w_i\|^2},$$

여기서 σ_i^2 는 사용자 i 의 수신 안테나에서 잡음의 분산을 나타낸다. $leakage_i$ 는 사용자 i 에서 다른 사용자들에게 누설되는 전력의 합으로 해석될 수 있고, SLNR를 최대로 하는 w_k 를 구할 수 있다 [1]. 만약 수신기의 출력에서 누설 전력을 정의하여 이를 기반으로 빔포밍 한다면 더 좋은 성능을 기대할 수 있다. 이에 본 논문에서는 사용자 i 의 effective-leakage와 signal to effective-leakage plus noise ratio (SELNR)을 수신기의 출력에서 다음과 같이 새롭게 정의하고, MRC 수신기 또는 MMSE 수신기가 사용될 때, SELNR을 최대로 하는 빔포밍 기법을 제안한다.

$$effective-leakage_i \equiv \sum_{k=1, k \neq i}^K w_i^H H_k^H r_k^H r_k H_k w_i,$$

$$SELNR_i \equiv \frac{w_i^H H_i^H r_i^H r_i H_i w_i}{\sigma_i^2 + \sum_{k=1, k \neq i}^K w_i^H H_k^H r_k^H r_k H_k w_i},$$

여기서 r_k 는 수신 결합 벡터를 나타낸다. 주어진 r_k 에 대해 SELNR을 최대로 하는 w_k 는 [1]와 같은 방법으로 구할 수 있고, $(\sigma_i^2 I + \widetilde{H}_{R,i} \widetilde{H}_{R,i}^H)^{-1} H_{R,i}^H H_{R,i}$ 의 최대 고유치에 해당하는 고유벡터로 주어진다. $H_{R,i} = r_i H_i$ 이고

$$\widetilde{H}_{R,i} = [(r_1 H_1)^T \cdots (r_{i-1} H_{i-1})^T \\ (r_{i+1} H_{i+1})^T \cdots (r_K H_K)^T]^T$$

를 나타낸다. 주어진 w_k 대해 MRC 수신기 또는 MMSE 수신기의 결합 방법에 따라 r_k 를 다시 구한다. 이와 같은 방법을 계속하여 w_k 와 r_k 을 찾는다.

III. 모의실험 결과

본 실험에서는 4개의 안테나를 가진 송신기와 2개의 안테나를 가진 4명의 사용자가 있고 flat Rayleigh

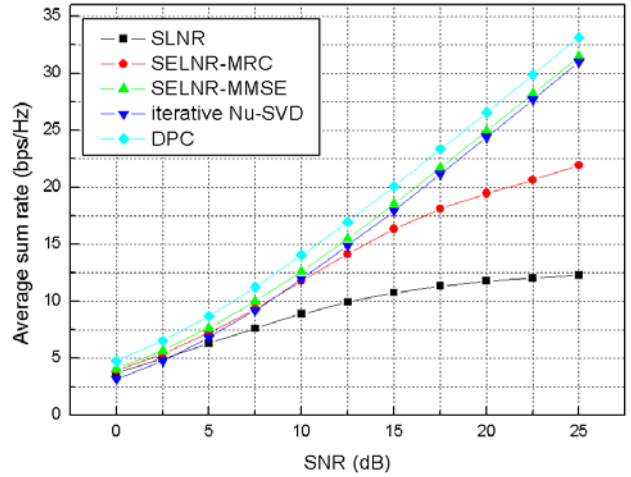


그림 1. 제안된 기법의 SNR에 따른 수율

fading 채널 환경에서 수율을 비교함으로써 제안된 기법의 우수함을 보인다.

그림 1은 SNR에 따른 수율을 나타낸 그림이다. 그림을 통하여 제안된 기법이 leakage 기반 빔포밍 기법보다 많은 수율을 얻을 수 있음을 확인 할 수 있고, 특히, MMSE 수신기를 이용한 제안된 기법은 [2]에서 제안된 iterative Nu-SVD 기법보다 좋은 성능을 나타냄을 확인 할 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 effective-leakage 기반 빔포밍 기법이 제안되었고 기존 leakage 기반 빔포밍 기법보다 매우 많은 수율을 얻을 수 있음을 확인하였다.

향후 연구 방향은 채널정보가 양자화 될 때 제안된 기법을 위한 적합한 귀환정보 대한 연구이다.

참고문헌

- [1] M. Sadek, A. Tarighat, and A. H. Sayed, "A leakage-based precoding scheme for downlink multi-user MIMO channels," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 6, pp. 1711-1721, May 2007.
- [2] Z. Pan, K.-K. Wong, and T.-S. Ng, "Generalized multiuser orthogonal space-division multiplexing," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 3, pp. 1969-1973, Nov. 2004.