

Hybrid Relaying을 위한 Zero-forcing Beamforming 기법

*박종록, 함성준, 이상훈
연세대학교 전기전자공학부

e-mail : bulo22@yonsei.ac.kr, plh1982@yonsei.ac.kr, slee@yonsei.ac.kr

Zero-forcing Beamforming for Hybrid Relaying

*Jongrok Park, Sungjun Ham, Sanghoon Lee
School of Electric and Electronic Engineering
Yonsei University

Abstract

Throughput and quality-of-service (QoS) over multi-cell environments are two of the most challenging issues that must be addressed when developing next generation wireless network standards. Currently, multiple-input/multiple-output (MIMO), inter-cell coordination and multi-hop relay technologies are viable options for improving channel capacity or coverage extension. Nevertheless, severe QoS degradation occurs in the outer region of multi-cells due to significant interference from neighboring cells or relay stations, thereby limiting overall performance. Therefore, we propose a scheme which adapted to hybrid relaying.

I. 서론

최근 WiMAX와 3GPP-LTE를 포함한 차세대 무선 네트워크에서 throughput을 증가시키고 유저들의 QoS를 보장하는 많은 방법들이 개발 되고 있다[1]. MIMO 시스템은 throughput을 확실히 증가시키는 가장 잘 알려진 시스템 중 하나이다. 그 중에서도 beam-forming 기법은 multi-user를 동시에 서비스 할 수 있는 suboptimal strategy로서 MIMO 분야의 대표적 기술이다. 거기에 더하여, 주파수 효율을 개선하기 위하여

Mobile WiMAX와 3GPP-LTE에서는 주로 frequency reuse factor (FRF)가 1인 경우를 주로 고려한다. 따라서 대부분의 beamforming 기법들은 FRF가 1인 single cell 환경을 고려한다. 상대적으로 높은 channel gain을 가지고 서로 orthogonal한 channel vector로 유저 그룹을 구성하는 semi-orthogonal user selection (SUS) algorithm도 그 중 하나이다[2].

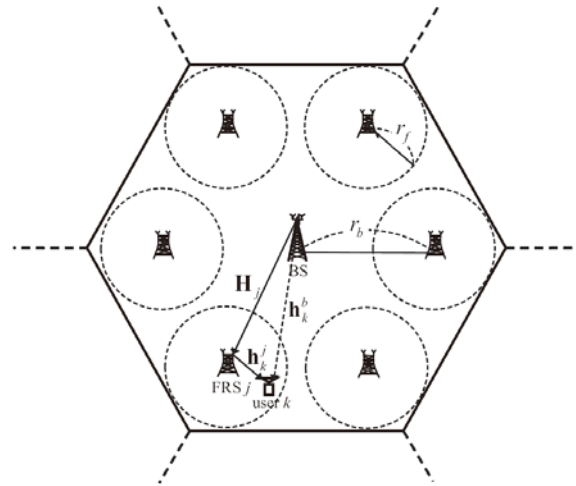


그림 1 전체 시스템 구조

이 논문에서는 외곽 유저의 QoS를 보장 하고 셀 전체의 throughput을 증가 시키며, Hybrid Relaying에 적용 가능한 Hybrid Relaying Zero-forcing Beamforming (HR-ZFBF) 방식을 제안한다. 먼저 우리는 BS와 FRS 사이의 channel을 LOS로 가정한다. 그리고

zero-forcing beamforming (ZFBF) 방식을 이용하여 FRS와 유저에 신호를 전송할 경우, 각각의 relaying 방식에 따른 SINR 값을 구한다[3]. 그 후, SINR 값에 따른 hybrid relaying의 optimal한 weight matrix 구성 방법을 제시한다.

II. 본론

그림 1 은 전체 시스템 구조를 나타낸다. Hybrid Relaying은 BS로 부터 수신 받은 신호를 decoding 하지 않고 weight matrix 만을 곱하여 user에게 신호를 전송 하는 것이다. 따라서 decoding 하는데 걸리는 시간과 complexity를 줄일 수 있다. FRS j 에서 P_j 의 power로 신호를 전송할 경우, user k 에서의 수신 신호는 다음과 같다.

$$y_k^j = \frac{\sqrt{P_j} \mathbf{h}_k^j \mathbf{W}_k^j (\lambda_{j,1} \mathbf{u}_{j,1} \mathbf{v}_{j,1}^H \mathbf{w}_1 s_1 + \mathbf{n}_j + \mathbf{I}_j)}{\sqrt{\rho_{HR}}} + n_k + I_k^j$$

여기서 $\rho_{HR} = \lambda_{j,1}^2 \|\mathbf{W}_k^j \mathbf{u}_{j,1}\|^2 |\mathbf{v}_{j,1}^H \mathbf{w}_1|^2 + \|\mathbf{W}_k^j\|^2 (\hat{N}_j + \hat{I}_j)$ 이다.

따라서 Hybrid Relaying에서 수신 신호에 대한 SINR 값은 다음과 같다.

$$\Gamma_k^j = \frac{P_j \lambda_{j,1}^2 |\mathbf{h}_k^j \mathbf{W}_k^j \mathbf{u}_{j,1}|^2 |\mathbf{v}_{j,1}^H \mathbf{w}_1|^2}{P_j \|\mathbf{h}_k^j \mathbf{W}_k^j\|^2 (\hat{N}_j + \hat{I}_j) + \rho_{HR} (\tilde{I}_k + \tilde{N}_k)}$$

여기서 $\mathbf{W}_k^j = \mathbf{a} \mathbf{b}^H$ 로 나타내고, $\|\mathbf{a}\| = \|\mathbf{b}\| = 1$ 이고, $|\mathbf{h}_k^j \mathbf{a}|^2 = \alpha$, $|\mathbf{b}^H \mathbf{u}_{j,1}^H|^2 = \beta$ 라면, SINR은 다음과 같이 다시 나타낼 수 있다.

$$\Gamma_k^j = \frac{P_j \lambda_{j,1}^2 \alpha \beta |\mathbf{v}_{j,1}^H \mathbf{w}_1|^2}{P_j \|\mathbf{h}_k^j \mathbf{W}_k^j\|^2 (\hat{N}_j + \hat{I}_j) + \rho_{HR} (\tilde{I}_k + \tilde{N}_k)}$$

여기서 $\rho_{HR} = \lambda_{j,1}^2 \beta |\mathbf{v}_{j,1}^H \mathbf{w}_1|^2 + \|\mathbf{W}_k^j\|^2 (\hat{N}_j + \hat{I}_j)$ 이다.

III. 실험

그림 2 는 HR에서 ψ_1 과 ψ_2 값에 따른 average sum-rate를 나타낸다. 전체 유저수는 48이고, $\psi_1=3.5$ 이고 $\psi_2=30$ 일 때 최대의 average sum-rate 값을 가진다. ψ_1 값과 ψ_2 을 적절히 변화시켜 HR의 average

sum-rate 값을 최대화 시키는 ψ_1 과 ψ_2 값을 시뮬레이션을 통해 구하였다.

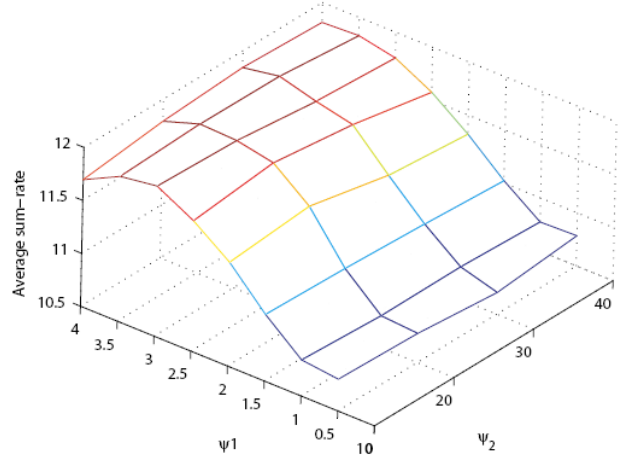


그림 2. 시뮬레이션 결과

IV. 결론 및 향후 연구 방향

제안된 기법에서 FRS는 BS와 셀 경계에 BS와 일정한 거리를 두고 분포하고, FRS와 BS 사이의 channel은 LOS라고 가정 하였다. 이러한 LOS channel의 특성을 고려하여 Hybrid Relaying에서의 SINR 값을 살펴 보았다. 그리고 각각의 SINR의 특성을 고려하여 user scheduling의 설계 방향을 정하고, Hybrid Relaying에서의 optimal한 weight matrix를 유도 하였다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(지식경제부)의 재원으로 IITA의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITA-2008-(C1090-0801-0011)).

참고문헌

- [1] A. Ghosh, D. Wolter, J. Andrews, and R. Chen, "Broadband wireless access with WiMax/802.16 : current performance benchmarks and future potential," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 43, no. 2, pp. 129 - -136, Feb. 2005.
- [2] T. Yoo and A. Goldsmith, "On the optimality of multiantenna broadcast scheduling using zero-forcing beamforming," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 24, no. 3, pp. 528 - -541, Mar. 2006.
- [3] Q. Spencer, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "Zero-forcing methods for downlink spatial multiplexing in multiuser MIMO channels," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 52, no. 2, pp. 461 - -471, Feb. 2004.