

# 다중 사용자 다중 안테나 브로드캐스트 채널에서의 기하평균 블록 대각화 기반의 적응적 변조 기법

최승규, 함재상, 노지환, 이충용  
연세대학교 전기전자공학과

e-mail : seekhide@csp.yonsei.ac.kr, jaesh@csp.yonsei.ac.kr,  
jhnoh@csp.yonsei.ac.kr, clee@csp.yonsei.ac.kr

## Adaptive Modulation for Multi-user MIMO Broadcast Channels with Block Diagonal Geometric Mean Decomposition

Seungkyu Choi, Jaesang Ham,  
Jeehwan Noh, Chungyong Lee

Department of Electrical and Electronic Engineering  
Yonsei university

### Abstract

Exploiting block diagonal geometric mean decomposition (BD-GMD) for the multi-user MIMO broadcast channels, each user can achieve identical received SNRs for its subchannels. Thus, equal rate modulation can be applied to each user. Using BD-GMD, we can apply an adaptive modulation to each user with the required bit error rate (BER). In this paper, we propose an adaptive modulation algorithm for the multi-user MIMO broadcast channels with BD-GMD to maximize the system throughput satisfying the required BER performance.

### I. 서론

기하 평균 블록 대각화 기법 (BD-GMD)은 기하 평균 분해 기법 (GMD) [1][2]을 다중 사용자 다중 안테나 브로드캐스트 채널로 확장시킨 기법이다. 기하 평균 블록 대각화 기법을 적용시키면, 각 사용자는 각 부채널별로 동일한 수신 신호 대 잡음비를 갖고, 이 수신 신호 대 잡음비에 따라 동일 변조 방식을 적용할

수 있다 [3]. 그러나 기하 평균 블록 대각화 기법은 낮은 송신 신호 대 잡음비 하에서 채널이 갖는 최대용량을 전부 이용할 수 없다.

각 사용자의 변조 차수는 순시적인 채널의 부채널 이득에 따라서 다르게 적용 시킬 수 있다. 본 논문에서는 다중 사용자 다중 안테나 브로드캐스트 채널에서 기하 평균 블록 대각화 기법 기반의 적응적 변조 기법을 제안하여 목표 BER 성능을 만족시키면서 전체 시스템 평균 전송률을 향상 시키도록 한다.

### II. 본론

#### 2.1 각 사용자의 부채널 이득 결정

다음의 기하평균 블록 대각화 기법을 고려하자.

$$\hat{\mathbf{H}}_i = \hat{\mathbf{P}}_i \hat{\mathbf{L}}_i \hat{\mathbf{Q}}_i^H, \quad (2.1)$$

여기서 행렬  $\hat{\mathbf{H}}_i$ 는  $\hat{\mathbf{H}}_i = [\mathbf{H}_1^T \dots \mathbf{H}_i^T]^T$ 을 의미하고, 행렬  $\hat{\mathbf{P}}_i$ ,  $\hat{\mathbf{L}}_i$ ,  $\hat{\mathbf{Q}}_i^H$ 는 각각  $\sum_{j=1}^i n_j$ 개의 행을 갖는 유니타리행렬, 하삼각행렬, 유니타리행렬을 의미한다. 여기서  $\mathbf{H}_i$ 는 각 사용자의 채널,  $n_i$ 는 각 사용자의 수신 안테나의 개수를 의미한다. 채널을 통과한 후 각 사용자의 수신신호와 부채널 이득은 다음과 같이 구할 수 있다 [3].

$$y_{i,m} = r_i s_{i,m} + n_{i,m}, m = 1, \dots, n_i \quad (2.2)$$

$$r_i = \left( \frac{\det(\hat{\mathbf{H}}_i^H \hat{\mathbf{H}}_i)}{\det(\hat{\mathbf{H}}_{i-1}^H \hat{\mathbf{H}}_{i-1})} \right)^{-2n_i} \quad (2.3)$$

2.2 각 사용자의 변조 차수 결정.

식 (2.3)과 다음식을 이용하여 각 사용자의 변조 차수를 구할 수 있다.

$$k_i = \log_2 \left( 1 + \frac{1.5\gamma_i}{\ln(0.2 / BER_{tgt})} \right), \quad (2.4)$$

$$b_i^* = \lfloor k_i \rfloor, \quad (2.5)$$

여기서  $\gamma_i = SNR_{input} \times r_i^2$ ,  $BER_{tgt}$ 은 목표 BER 성능,  $\lfloor x \rfloor$ 은  $x$ 보다 작은 가장 큰 정수이다. [4].

III. 모의 실험

모의 실험에서 총 사용자는 3명, 각 사용자의 안테나의 개수는 4개, 목표 BER은  $10^{-3}$ 으로 실험하였다. 그림 1, 2는 제안된 기법에 대한 평균 데이터 전송률과 이에 따른 BER 성능을 나타낸 것이다.

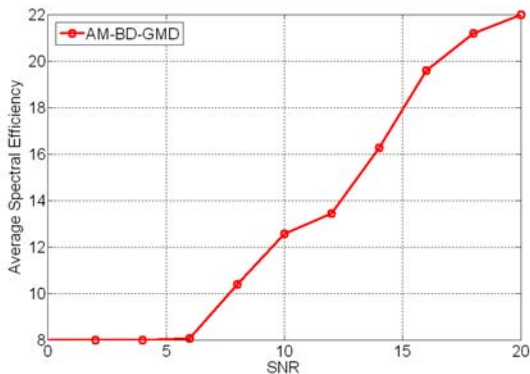


그림 1. 제안된 기법의 평균 데이터 전송률

그래프에서 확인할 수 있듯이 제안된 기법은 가장 낮은 동일 변조 차수의 기존 기법과 BER 성능은 유사하면서 평균 데이터 전송률이 높음을 알 수 있다. 그리고 제안된 기법은 송신 신호 대 잡음비에 적응적으로 각 사용자의 데이터 전송률을 증가시킴으로써 전체적인 시스템 데이터 전송률을 향상시킬 수 있다.

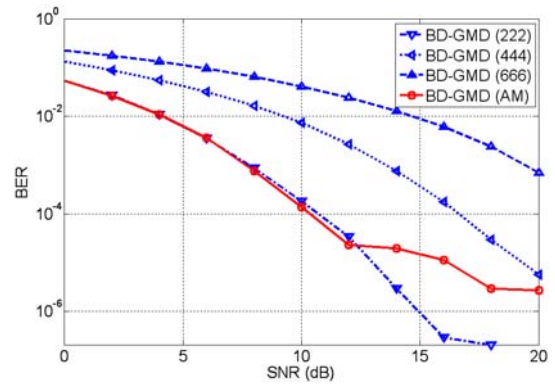


그림 2. 제안된 기법과 기존 기법의 BER 성능 비교

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 다중 사용자 다중 안테나 브로드캐스트 채널에서 시스템 평균 데이터 전송률을 향상시키기 위한 적응적 변조기법에 관한 것으로, 제안하는 기법은 목표 BER을 만족시키면서 기존 기법보다 높은 평균 데이터 전송률을 갖는다. 또한 제안하는 기법은 기하 평균 블록 대각화 기법이 아닌 다른 블록 대각화 기법을 통해 각 사용자의 채널 정보에 따라 좀 더 유연한 적응 기법을 적용시킬 수 있으며 이를 통해 더욱 향상된 평균 데이터 전송률을 가질 수 있다.

참고문헌

[1] Y. Jiang, J. Li, and W. Hager, "Joint transceiver design for MIMO communications using geometric mean decomposition," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 53, no. 10, pt. 1, pp. 3791-3803, Oct. 2005.

[2] Y. Jiang, W. Hager, and J. Li, "The geometric mean decomposition," *Linear Algebra and Its Applications*, vol. 396, pp. 373-384, Feb. 2005.

[3] Shaowei Lin, Ho, W.W.L., and Ying-Chang Liang, "Block-Diagonal Geometric Mean Decomposition (BD-GMD) for Multiuser MIMO Broadcast Channels," in *Proc. 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications* pp. 1-5, Sep. 2006.

[4] Zhendong Zhou, Branka Vucetic, Mischa Dohler, and Yonghui Li, "MIMO Systems With Adaptive Modulation," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 54, no. 5, pp. 1828-1842, Sep. 2005.