

다중 안테나 시스템의 위한 전력 할당에 따른 성능 분석

*조봉균 **한동석

경북대학교

*jbggg1@gmail.com

Performance Analysis of MIMO Systems with Power Allocation Schemes

*Jo, Bong Gyun **Han, Dong Seog

Kyungpook National University

요약

최근 전송량 및 주어진 SNR(signal to noise ratio)에 따른 수신 성능을 향상시키기 위하여 다중 안테나(multi-input multi-output) 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 다중 안테나 시스템은 이론적으로 송신 안테나 개수에 비례해서 전송량이 증가하거나 송·수신 안테나 개수에 비례하여 주어진 SNR에 따른 수신 성능을 향상시킨다. 이러한 MIMO 시스템의 서로 다른 송신단에서 서로 다른 성상을 전송할 때 효율적인 전력 할당은 시스템 성능 향상에 큰 영향을 미친다.

이에 본 논문은 4-QAM 및 16-QAM을 송·수신 안테나가 두 개인 V-BLAST 시스템에 적용하고, 전력을 다르게 할당하여 수신 시스템의 성능을 분석하였다. 이러한 서로 다른 전력 할당에 따른 성능 분석 결과를 이용하여 이동 통신 시스템에 적용하기 위한 가능성 및 활용성에 대하여 논의하였다.

1. 서론

우리나라 방송 시스템인 ATSC(advanced television system committee)는 6MHz 대역폭에 약 19.4Mbps 정도의 전송량을 가지고 있다. 그러나 최근 3DTV 및 일본에서 제안한 UHD TV(ultra high definition television)의 개발로 인하여 현재의 방송 시스템보다 더 높은 전송량이 요구되어지고 있다. 3DTV는 약 30Mbps 급의 전송량을 요구하며, UHD TV는 $4K(3,840 \times 2,160(\text{화소})) \times 24(\text{프레임}) \times 24(\text{RGB}) \times 0.01(\text{H.264 사용시 압축률}) = 48 \text{ Mbps}$ 정도의 전송량을 요구한다. 이러한 높은 전송량을 달성하기 위하여 MIMO(multi-input multi output) 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2].

MIMO 전송 기법은 공간 다이버시티(spatial diversity)를 이용하여 SNR(signal to noise ratio)에 따른 비트오류율(bit error rate, BER)을 향상시키는 시공간부호(space time coding, STC) 기법, 각각의 송신 안테나에서 서로 다른 데이터를 전송하여 전송량을 증가시키는 공간 다중화(spatial multiplexing) 기법으로 나눌 수 있다[3]. 공간 다이버시티를 이용하는 가장 대표적인 MIMO 기법인 STBC(space time block code) 기법은 서로 다른 전송단에서 신호의 직교성을 이용하여 정보를 송신하고 수신단에서는 수신된 정보를 쉽게 분리하여 최우(maximum likelihood, ML) 검파 기법을 사용하여 신호를 검파하는 것이다. 또한 공간 다중화 기법을 이용하는 대표적인 방식에는 V-BLAST (vertical-bell laboratories layered space-time) 기법이 있다. Bell 연구소에서 개발된 V-BLAST 방식은 서로 다른 신호를 여러 개의 전송단에서 전송하며 수신된 신호는 OSIC(ordered successive

interference cancellation) 기법을 이용하여 신호를 검파한다[4].

본 논문에서는 이러한 두 가지 대표적인 MIMO 기법 중에서 V-BLAST(vertical-Bell laboratories layered space time)를 이용하여 서로 다른 성상을 보낼 때, 각각의 송신 안테나마다 다른 전력을 할당하여 수신 성능을 평가하였다. 또한 서로 다른 성상에 따른 비트오류율을 분석하여 전력 할당 방법의 가능성 및 활용성에 대하여 고려하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2절에서는 V-BLAST 시스템 및 전력 할당 방법을 살펴보고 3절에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 두 개의 송신 안테나에 서로 다른 전력을 할당할 경우 나타나는 수신 BER 성능을 비교 및 분석하였다. 마지막으로 4절에서는 비교 분석한 결과를 바탕으로 전력 할당 방법 분석에 대한 결론을 맺는다.

2. 전력 할당 기법을 적용한 V-BLAST

기존의 송·수신 안테나가 두 개인 V-BLAST 시스템으로 신호를 전송하는 방법은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + n \quad (1)$$

식 (1)에서 x_i 는 i 번째 송신 안테나에서 전송되는 데이터를 의미하며 h_1, h_2, h_3, h_4 는 서로 다른 단일 경로의 레일리 채널을 의미한다. 또한 y_i 는 i 번째의 수신기를 의미하며 \bar{n} 은 평균이 0인 열잡음이다. 수신된 신호 y_1, y_2 를 가지고 최우(maximum likelihood) 검파를 통해 신호를

1) 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신미디어 원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2011-10912-02002)

판별하는 것은 다음과 같다.

$$= \min \|y - x\| \quad (2)$$

일반적인 MIMO 시스템은 송신 안테나의 개수와 상관없이 모든 안테나에서 전송하는 전력의 합은 1로 표준화한다. 이유는 송신 안테나 파워를 많이 쓰면 쓸수록 신호를 전송하기 위한 비용이 증가하기 때문이다. 그러므로 본 논문에서는 송신 안테나 두 개 전력의 합을 1로 표준화하고, 각 송신 안테나에서 전송하는 신호의 전력을 다르게 보내어 성능을 분석하였다. 송신 안테나마다 전력을 할당하는 것은 다음과 같다.

$$S = \begin{bmatrix} px \\ \sqrt{1-p}x_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)에서 S 는 전송 벡터 p 는 송신 전력이다. 식 (3)에서와 같이 p 값을 조절하여 수신 성능을 향상시킬 수 있다.

3. 실험 결과

본 절에서는 적절한 전력 할당을 V-BLAST 시스템에 적용하여 수신 성능을 분석 및 비교하였다. 레일리 채널에서 실험하였으며 송수신 안테나가 2개인 V-BLAST 시스템을 사용하였다. 또한 4QAM과 16QAM을 서로 다른 안테나에서 전송하였다. p 값을 동일하게 주거나 다르게 주어 수신 성능을 비교하였다. 실험 결과는 다음 그림과 같다.

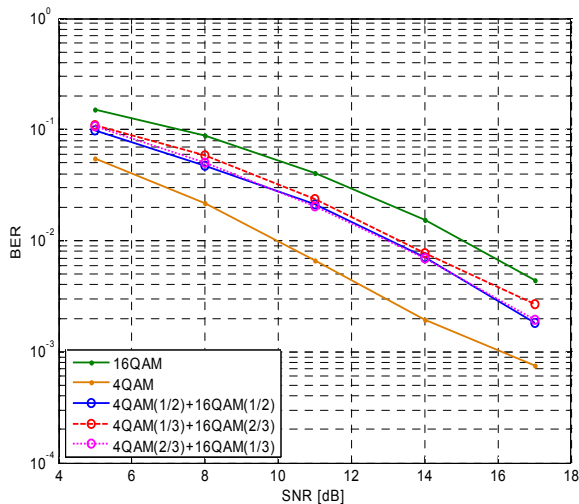
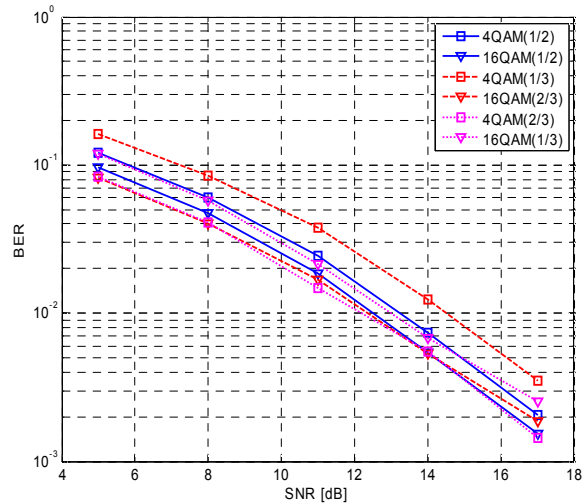


그림 1. 서로 다른 전력을 할당한 V-BLAST 시스템의 성능 비교
Fig. 1. Performance comparison of V-BLAST using different power allocation

그림 1을 살펴보면 서로 다른 전력을 할당한 V-BLAST 시스템의 성능이 거의 동일한 것을 볼 수 있다. 또한 두 개의 송신 안테나에서 4QAM 및 16QAM을 전송했을 경우, 수신 성능의 중간 지점에 위치한다. 똑같은 성능을 보내지 않고 서로 다른 성능을 전송하는 이유는 한 개의 채널 상황이 열악할 경우, 16QAM보다 더 낮은 레벨의 성상인

4QAM을 전송함으로써 데이터 손실을 줄이기 위해서이다. 각각의 성



상에 대한 수신 성능은 다음과 같다.

그림 2. 4QAM과 16QAM의 수신 성능 비교
Fig. 2. Performance comparison between 4QAM and 16QAM

그림 2를 살펴보면 각각의 성상에 대한 수신 성능이 어떻게 전력을 할당하였는지에 따라서 다른 것을 볼 수 있다. 즉 이동 통신의 경우, 채널의 상황이 가변되면 중계기에서 전력을 조금씩 다르게 할당하여 데이터 오류없이 정보를 전송할 수 있다.

4. 결론

MIMO 시스템에서 전력을 적절히 할당하는 것은 수신 성능 관점에서 매우 중요하다. 단일 안테나 시스템과 똑같은 전력을 이용하여 서로 다른 성상을 전송할 경우, 채널 환경이 열악한 경로에 적절하게 전력을 할당하여 수신 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 주어진 전력으로 채널 용량을 효율적으로 활용하면서 수신 성능을 향상시킬 수 있는 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Y. Matsuo and S. Yano, "Converting Ultrahigh-Definition Video into Digital Cinema by Using Time-Expanding Bi-Directional Motion Estimation and Higher Green Frequency," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 20, no. 1, pp. 65 -75, Jan. 2010.
- [2] K. Mitani, M. Kanazawa, K. Hamasaki, Y. Nishida, K. Shogen, and M. Sugawara, "Current Status of Studies on Ultra High Definition Television," *SMPTE Motion Imaging Journal*, pp.377-381, September 2007.
- [3] L. Zhao and V. K. Dubey, "Detection schemes for space-time block code and spatiol multiplexing combined system," *IEEE Commun., Lett.* vol. 9, no. 1, pp. 49-51 Jan. 2005.
- [4] P. W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Golden, and R. A. Valenzuela, "VBLAST: An Architecture for Realizing Very High Data Rates Over the Rich-Scattering Wireless Channel," in *Proc. ISSE, Pisa, Italy, September 1998.*