

LDC를 이용한 하이브리드 MIMO 전송 시스템

*조봉균 **한동석

경북대학교

*jbggg1@ee.knu.ac.kr

**dshan@ee.knu.ac.kr

Hybrid MIMO Transmission System with LDC

*Jo, Bong Gyun **Han, Dong Seog

Kyungpook National University

요약

MIMO(multi-input multi-output) 시스템은 여러 개의 송·수신기를 이용하여 정보를 전송하여 주파수 대역폭의 확장 없이 채널 용량을 증가시킨다. 그러나 공간 다이버시티를 증가시키는 STBC(space time block code)를 제외한 공간 다중화 방식을 사용하는 LDC(linear dispersion code) 시스템은 변조 레벨이 증가할수록 수신기의 복잡도가 기하급수적으로 높아진다. 본 논문에서는 하이브리드 LDC-MIMO 시스템을 적용하여 낮은 변조 레벨에서도 전송량을 증가시키면서 수신기의 복잡도를 감소시킬 수 있는 시스템을 제안한다. 제안된 알고리즘은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

1. 서론

최근 3DTV 및 차세대 UDTV(ultra definition television)에 대한 관심이 폭발적으로 증가하고 있다. 현재의 ATSC 시스템의 약 19.4Mbps 정도의 전송량으로는 풀 HD급 3DTV가 요구하는 약 30Mbps의 전송율을 달성하기 어렵다. 3DTV 및 고화질의 차세대 방송 시스템의 전송량을 달성하기 위해서 MIMO(multi-input multi output) 시스템의 필요성이 대두되고 있다. MIMO 시스템은 여러 개의 안테나를 이용하여 정보를 전송하는 방법으로서 추가적인 주파수 대역폭의 확장 없이 전송량을 증가시킬 수 있다[1].

MIMO 시스템은 공간 다이버시티(spatial diversity)를 이용하여 BER(bit error rate) 성능을 향상시키는 STC(space time coding) 시스템, 각각의 송신 안테나에서 서로 다른 데이터를 전송하여 전송량을 증가시키는 공간 다중화(spatial multiplexing) 시스템 및 공간 다이버시티와 공간 다중화를 둘 다 이용하는 하이브리드(hybrid) 시스템의 세 가지로 나눌 수 있다[2]. STC 시스템 중에 가장 대표적인 STBC(space time block code) 시스템은 송신되는 신호간의 직교성을 이용하여 정보를 송신한다. 또한 공간 다중화 시스템을 이용하는 대표적인 방식에는 V-BLAST 시스템과 LDC(linear dispersion code) 시스템을 들 수 있다. Bell 연구소에서 개발된 V-BLAST 방식은 서로 다른 신호를 각각의 송신기에서 전송하며, LDC 시스템은 선형 분산 행렬을 이용하여 정보를 전송 행렬에 분산 배치시켜 전송한다. 마지막으로 공간 다이버시티와 공간 다중화를 둘 다 이용하는 하이브리드(hybrid) 시스템의 대표적인 하이브리드 STBC는 전송량이 줄어드는 STBC의 단점을 극복하기 위하여 송신기에서 STBC 전송 행렬을 여러 개 배치하여 정보 전송량을 증가시킨다.

본 논문에서는 수신 BER 성능은 가장 우수하지만 변조 레벨이 증가할수록 수신기의 복잡도가 기하급수적으로 증가되는 LDC 시스템의 단점을 극복하기 위하여 하이브리드 시스템을 적용하였다. LDC 전송 행렬을 두 개를 사용하여 송·수신 안테나 개수가 각각 4개인 하이브리드 MIMO 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 LDC 시스템에 대하여 알아보고, 3장에서는 LDC를 적용한 새로운 하이브리드 MIMO 전송 시스템을 제안한다. 4장에서는 제안된 시스템을 송·수신 안테나 개수가 각각 4개인 기존의 하이브리드 STBC와 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 수신 성능을 비교하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. LDC 시스템

공간 다중화 방식은 각각의 안테나에서 서로 다른 정보를 전송하므로 전송량이 송신 안테나의 개수에 비례하여 늘어난다. 그러나 송신기에서 신호를 부호화 하는 STBC와는 달리 아무런 부호화 과정이 없으므로 BER 성능은 떨어지게 된다. 본 장에서는 이러한 공간적 다중화 방식의 단점을 극복하기 위하여 개발된 LDC 시스템을 설명한다[3].

변조된 심볼은 실수와 허수부분으로 나누어지며 분리된 실수와 허수값은 각각 선형분산행렬에 곱하여 신호전송행렬 S 를 구성하게 되며 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$s_q = \alpha_q + j\beta_q, \quad q=1, \dots, Q \quad (1)$$

$$S = \sum_{q=1}^Q (\alpha_q I_q + j\beta_q L_q) \quad (2)$$

$$Q = \min(M, N) \times T \quad (3)$$

* 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신미디어원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2011-10912-02002)

식 (1)과 같이 심볼 s 는 실수 α 와 허수 부분 β 로 나누어지고 식 (2)와 같이 선형분산행렬 I 와 L 을 각각의 실수와 허수 부분에 곱하여 신호 전송행렬 S 를 구성하게 된다. 식 (3)에서 Q 는 신호전송행렬 안에 서로 다른 심볼의 개수를 나타내며 그 값은 송신 안테나 개수 M 과 수신 안테나 개수 N 을 비교하여 구한 최소값과 신호전송행렬 S 의 길이 T 의 곱보다 작거나 같게 정의된다. 선형 분산 행렬을 구하는 방법은 다음과 같다.

$$I_{M(k-1)+p} = L_{M(k-1)+p} = \frac{1}{\sqrt{M}} D^{k-1} \Pi^{p-1} \quad (4)$$

$$k = 1, \dots, M, \quad p = 1, \dots, M$$

여기서

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi}{M}} & & \\ \dots & \dots & \dots & \\ 0 & \dots & \dots & e^{j\frac{2\pi(M-1)}{M}} \end{bmatrix}, \quad \Pi = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

이다.

식 (4)를 살펴보면 선형분산행렬 I 와 L 이 서로 같고 송신 안테나 개수 M 에 따라서 선형분산행렬의 크기가 결정된다. 이렇게 결정된 선형분산행렬을 적용하여 신호를 송신하게 된다. 수신기에서는 수신된 모든 정보를 ISI(inter symbol interference) 제거 없이 검파하므로 복잡도가 변조 레벨에 따라 기하급수적으로 증가하는 단점이 있다.

3. 제안하는 하이브리드 LDC 시스템

기존의 MIMO 전송 시스템인 LDC는 좋은 수신 BER 성능을 나타내지만 변조 레벨이 증가할수록 수신기의 복잡도가 기하급수적으로 높아진다는 단점이 있다[4]. 이러한 단점을 극복하기 위하여 LDC 전송행렬을 두 개를 배치하여 전송량을 증가시키면서 수신기의 복잡도를 줄일 수 있는 하이브리드 LDC 시스템을 제안한다. 제안하는 하이브리드 LDC 시스템의 개념도는 그림 1과 같다.

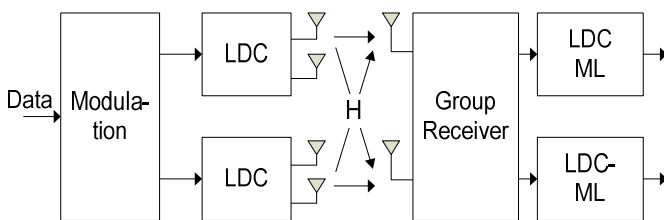


그림 1. 하이브리드 LDC 시스템 개념도
Fig. 1. Hybrid LDC block diagram

그림 1을 살펴보면 4개의 송신기에서 LD 이용하여 변조된 신호는 채널을 통과한 후, 4개의 수신기에 쪼여져 들어오게 된다. 쪼여진 신호는 수신기의 group receiver에 의하여 분리된 후 검파된다. 제안된 하이브리드 LDC는 기존의 LDC 시스템과는 달리, 낮은 변조 레벨을 사용하여도 높은 전송량을 가질 수 있으며 수신기의 복잡도는 신호를 분리하여 검파하기 때문에 감소된다.

4. 실험 결과

제안한 시스템의 수신 BER 성능을 확인하기 위하여 하이브리드

STBC 전송 시스템과 성능 비교를 하였다. 실험 환경은 평균이 0인 평평한 레일리 채널을 사용하였고, 송·수신 안테나 각각 네 개인 MIMO 시스템에서 실험하였다. 또한 수신기에서 채널의 정보를 완벽히 안다고 가정하였으며, 동일한 전송량 관점에서 두 시스템을 비교하기 위하여 STBC 시스템은 16-QAM을, 제안한 시스템은 QPSK 성상을 이용하였다.

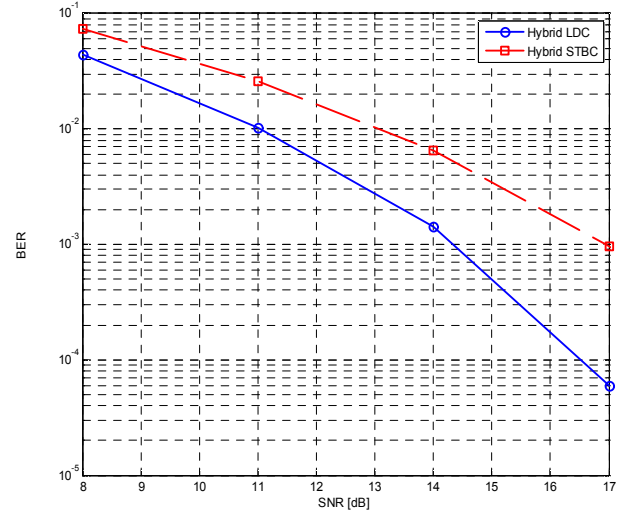


그림 2. 하이브리드 LDC와 하이브리드 STBC 성능 비교

Fig. 2. Compare the performance between hybrid LDC and hybrid STBC

그림 2에서 제안한 시스템의 성능이 기존의 하이브리드 STBC보다 좋음을 알 수 있는데 이유는 STBC는 ISI를 제거하고 검파하지만 LDC는 송신기에서 정보를 분산하여 전송하고, ISI 제거 없이 수신된 모든 정보를 이용하여 검파하기 때문이다.

5. 결론

기존의 하이브리드 STBC와 제안한 시스템 모두 수신기에서 신호를 분리하기 위하여 ZF(zero forcing) 기법이 사용되어 성능의 열화가 발생한다. 이러한 단점을 극복하여 성능을 향상시키기 위하여 MMSE(minimum mean square error) 기법의 적용 및 새로운 기법 개발이 필요하다.

참고 문헌

- [1] C. K. Sung, H. Lee, H. Song, and I. Lee, "Decision feedback detection with error compensation for hybrid space-time block codes," *IEEE Communications Letters*, vol. 9, pp. 882 - 884, October 2005.
- [2] 조봉균, 한동석 "UHDTV를 위한 MIMO 전송 시스템 성능 분석 및 설계" 방송공학회논문지, 제15권, 제4호, pp. 547~554, 2010년, 7월
- [3] B. Hassibi and B. M. Hochwald, "High-rate codes that are linear in space and time," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 48, no. 7, pp. 1804-1824, Jul. 2002.
- [4] L. Zhao and V. K. Dubey, "Detection schemes for space-time block code and spatial multiplexing combined system," *IEEE Commun., Lett.* vol. 9, no. 1, pp. 49-51 Jan. 2005.