

차세대 UHD TV 방송시스템을 위한 회전성상이 적용된 LDC MIMO 전송 기법 성능 평가

*조봉균 **한동석

경북대학교

*jbggg1@gmail.com

The Performance of LDC MIMO Transmission Method by Applying Rotated Constellation for Next Generation UHD TV System

*Jo, Bong Gyun **Han, Dong Seog

Kyungpook National University

요약

본 논문에서는 높은 전송량을 요구하는 차세대 UHD TV(ultra-high definition television) 방송시스템을 위하여 MIMO(multi-input multi-output) 전송 기법을 고려하였다. 이러한 MIMO 전송 기법 중에서 가장 좋은 수신 성능을 나타내며, 송신 안테나 개수에 비례하여 전송량이 증가하는 LDC 전송 기법과 수신 성능 향상을 위하여 회전성상 및 심벌의 지연을 이용하는 기법을 고려하였다. 연속적인 에러가 발생하는 채널환경에서 수신 성능을 향상시키기 위해서는 신호를 분산시켜 전송하거나 신호를 섞어서 보내는 방법이 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 두 가지 기법을 동시에 고려하여 높은 전송량을 달성하면서 수신 성능을 향상시킬 수 있는 회전성상이 적용된 LDC MIMO 전송 기법을 제안하고 수신 성능을 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통하여 분석하였다.

1. 서론

최근 미국 라스베이거스에서 열린 CES2013에서 삼성전자와 LG 전자와 같은 대기업들은 UHD TV(ultra high definition television)를 선보였다[1]. UHD TV는 3840 x 2160(4K 모드) 또는 7680 x 4320 (8K 모드)의 해상도로 기존 HDTV의 1920 x 1080 (2K 모드)보다 4배 또는 16배정도 해상도가 높으며, UHD TV의 프레임 속도는 30에서 60FPS(frame per second)로 HDTV의 24~30FPS보다 높다. 이러한 UHD TV(8K) 방송을 하기 위해서는 $32M(\text{number of pixels}) \times 36(\text{bits/pixel}) \times 60(\text{frames/sec}) = \text{최대 } 69.12(\text{Gbits/sec})$ 정도 필요하다[1]. 압축률에 따라서 필요한 전송량이 차이가 있으나 약 50~200Mbps 정도 필요할 것으로 예상된다. 그러나 현재 우리나라의 방송 시스템인 ATSC(advanced television system committee)의 전송량은 약 19.4Mbps 정도로 차세대 UHD TV 방송을 위해서는 적합하지 않다. 유럽의 최신 방송 표준인 DVB-T2 시스템에서도 변조 방식 256-QAM 사용시, 최대 50Mbps(8MHz 대역폭) 정도를 지원한다. DVB-T2 방송 시스템도 UHD TV 4K 모드는 지원하지만 그 이상은 불가능하다. 그러므로 차세대 UHD TV 방송을 위해서는 획기적인 전송 방식이 요구되며, 이를 충족시키기 위하여 MIMO(multi-input multi-output) 전송 기법이 활발하게 연구되고 있다.

MIMO 시스템은 여러 개의 송·수신 안테나를 이용하여 수신 BER(bit error rate) 성능을 향상시키는 STC(space time coding) 기

법과 여러 개의 송신 안테나를 이용하여 전송량을 증가시키는 공간 다중화(spatial multiplexing) 기법으로 크게 나눌 수 있다. 현재 가장 많이 알려져 있는 공간 다이버시티를 사용하는 STBC 기법은 직교성을 이용하여 정보를 송신하고 수신된 신호를 간단하게 분리하여 검파한다[2]. 또한 송신 안테나 개수에 비례하여 전송량을 증가시킬 수 있는 공간 다중화 기법은 V-BLAST와 LDC(linear dispersion code) 기법으로 크게 나눌 수 있다. 이 중 LDC 기법은 선형 분산 행렬을 이용하여 정보를 전송 행렬에 분산 배치시켜 전송하므로 수신 성능을 향상시킬 수 있다[3]. 그러므로 본 논문에서는 차세대 UHD TV 방송을 위하여 전송량 및 수신 성능을 향상시킬 수 있는 LDC 기법을 고려하였다. 그러나 8K UHD TV 방송을 위해서는 높은 변조 방식을 사용해야 하기 때문에 수신 성능은 떨어지게 된다. 또한 MIMO 전송 기법은 시변 채널 및 다중 경로 환경에서 수신 성능이 떨어지는 문제점이 있기 때문에, 이를 극복하기 위하여 회전성상 및 시간 지연 방식을 LDC 전송 기법에 적용하여 수신 성능을 향상시킨 LDC 전송 기법의 성능을 분석하고 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서 제안하는 회전성상이 적용된 LDC 시스템에 대하여 알아보고 3장에서 결론을 맺는다.

2. 회전성상이 적용된 LDC 전송 기법

기존 LDC 전송 기법은 변조된 심벌들을 전송행렬에 분산시켜 다이버시티 이득을 얻는 방식이다[3]. 그러므로 LDC 전송 기법은 주어진 전송행렬에 몇 개의 변조된 심벌들을 가지고 분산시

1) "본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2013-H0401-13-1005) "

키스나에 따라서 STBC와 같은 수신 성능을 올릴 수 있고, V-BLAST 와 같이 송신 안테나에 따라서 전송량을 증가시킬 수도 있다. 그리고 신호를 분산시켜 전송함으로써 수신 성능을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 연접 에러가 발생하는 환경에서는 수신 성능이 떨어진다. 그러므로 이를 극복하기 위하여 회전 성상 및 시간 지연 방식을 고려했다. 회전 성상 및 시간 지연 방식은 RQD(rotated constellation and Q-delay)라고 지칭되고 있으며 DVB-T2 표준에서 사용되어지고 있다. 이 RQD는 회전 성상 방식과 Q 시간만큼의 지연을 통한 인터리빙 방식을 합한 것이다. 성상을 회전하는 이유는 실수축과 허수축 간의 다중화를 증가시키기 위해서이며, 수신된 신호 모두가 실수와 허수 중 하나를 잃게 되었을 때 성상을 회전시키지 않는다면 서로 다른 심벌들은 하나의 성상으로 겹쳐져 구분되지 않는다. 다음은 DVB-T2에서 사용되어지고 있는 변조레벨에 따른 성상의 회전각이다[4].

표 1. DVB-T2에서 사용하는 변조레벨에 따른 성상의 회전각
Table 1. Rotation angle for each modulation type

변조	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM
Φ (degree)	29	16.8	8.6	$\text{atan}(1/16)$

표 1과 같은 회전 성상 기법에 Q지연을 적용한다. 그렇게 되면 섞여진 성상의 실수와 허수 정보를 모두 잃게 되어도 Q시간만큼 지연된 다른 성상의 정보로 잃어버린 송신 심벌의 복원이 가능하다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Re(R_{RQD}f_q) + jIm(R_{RQD}f_{q-1}) \quad (1)$$

$$R_{RQD} = e^{j\frac{2\pi\Phi}{360}} \quad (2)$$

식 (1)은 RQD가 적용된 하나의 심벌을 표현하고 f_q 는 DVB-T2의 프레임 중 q번째 심벌을 의미한다. 즉 RQD가 적용된 심벌의 실수는 q번째 심벌에 대한 정보이고, 허수는 q-1번째 심벌에 대한 정보이다. 식

(2)의 R_{RQD} 는 표 1에서 나타내고 있는 회전각에 따라서 회전된 정도가 결정이 되고 이 값에 의해 RQD의 수신 성능이 달라지며 각 변조레벨에 따라 최적의 회전각이 다르다. 이와 같은 RQD를 LDC 전송 기법에 적용한 LDC 기법은 아래 그림 1과 같다. 그림 1에서 비트 신호를 변조한 후, 변조 레벨에 따른 회전각을 이용하여 성상을 회전시킨다. 회전시킨 성상을 실수 값 허수 값으로 분리한 후 허수 값을 지연시키고, 실수 값과 결합시킨다. 합쳐진 신호들을 선형분산행렬을 이용하여 분산시켜 전송한다. 수신기에서는 지연된 허수 값을 다시 제 위치로 이동시킨 후에 추정된 채널을 이용하여 검파한다. 여기서 실수축과 허수축 값을 선택하기 위해서는 채널 크기 값을 이용하여 최종적으로 신호를 검파하게 된다. 이러한 알고리즘은 신호를 분산하는 LDC 전송 기법과 RQD의 장점을 이용하므로 연속적인 에러가 발생하는 채널 상황에서 강인하다.

3. 결론

본 논문에서는 연속적인 에러가 발생하는 채널 환경에서 강인한 RQD가 적용된 LDC 전송 기법의 성능을 분석하였다. 그러나 기존 LDC 기법은 송·수신 안테나 개수가 2개일 경우, 최대 4개의 심벌만 분산시켜 전송하므로 그 이상의 연속적인 에러가 발생할 경우 수신 성능이 떨어지게 된다. 그러므로 많은 신호를 분산시킬 수 있는 LDC 전송 기법 연구 및 다른 다중안테나 전송 기법 연구가 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] 조봉균, 한동석, "UHDTV 전송기술 특성과 MIMO 기술", 방송공학회지 제18권 2호 2013년 4월
- [2] V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A. R. Calderbank, "Space-time block codes from orthogonal designs," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 45, no. 5, pp. 1456-1467, Jul. 1999.
- [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] DVB-T2, ETSI EN 302 755 v1.1.1 (2009-09)

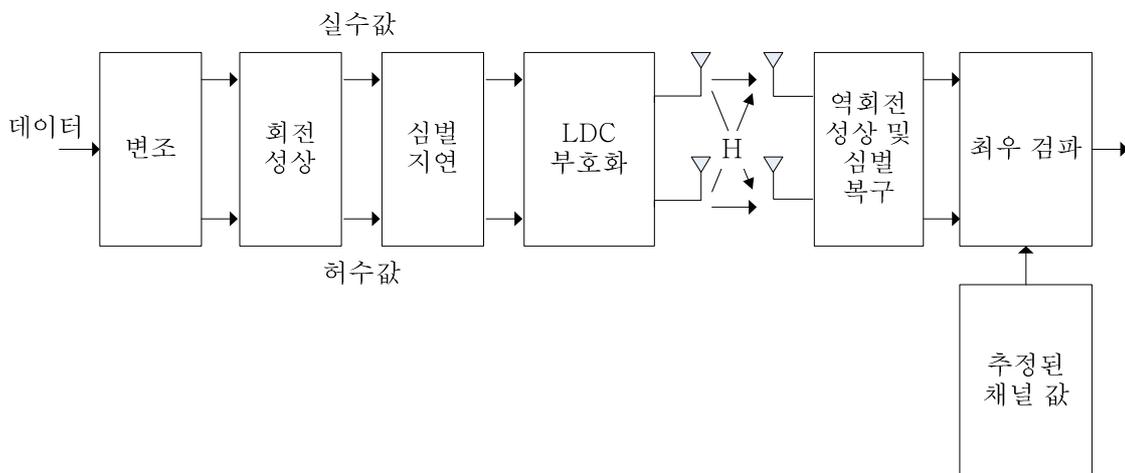


그림 1. 제안하는 LDC 전송 기법 개념도

Fig 1. Proposed LDC transmission method block diagram