

UHDTV를 위한 다중 안테나와 회전 성상 전송 시스템 성능 분석

*박명철 **조봉균 ***한동석

경북대학교

*wncalm@gmail.com

Analysis of MIMO and Rotated Constellation Transmission System for Ultra High Definition Television

*Park, Myung Chul **Jo, Bong Gyun ***Han, Dong Seog

Kyungpook National University

요약

본 논문에서는 MIMO(multi-input multi-output) RQD(rotation constellation and Q-delay) 시스템을 적용하여 지상과 UHDTV 시스템을 구현하기 위한 전송 시스템의 성능을 분석한다. 차세대 UHDTV 시스템이 필요로 하는 높은 전송량을 달성하기 위하여 STBC(space time block code)를 사용하는 기존의 MISO(multi-input single-output)와 MIMO(multi-input multi-output) 시스템에 RQD 기술을 더하여 성능을 개선한다. 개선된 MISO RQD 기법과 MIMO RQD 기법의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비교 분석하였다. 또한 실험 결과를 통하여 앞으로 차세대 지상과 UHDTV를 위한 방향을 제시한다.

1. 서론

UHDTV는 3840 x 2160(4k mode) 또는 7680 x 4320 (8k mode)의 해상도로 HDTV의 1920 x 1080 (2k mode)보다 4배 또는 16배정도 해상도가 높다. 또한 UHDTV의 프레임 속도는 30에서 60FPS(frame per second)로 HDTV의 24FPS보다 높다. UHDTV 방송을 하기 위해서는 약 5Gbps(4k mode) 및 20Gbps(8k mode)의 전송량이 필요하다. 그러나, 코덱을 통하여 100배 정도 압축하면 전송량은 50Mbps와 200Mbps로 줄어든다.[1]

현재 대표적인 방송 시스템은 DVB-T2와 ATSC이다. DVB-T2는 평균 전송량이 40Mbps이고 ATSC는 19.8Mbps이다. 주파수 대역이 제한되었기 때문에 전송량을 증가시키기 위해서는 높은 변조레벨이 필요하다. 그러나, 변조레벨이 높아지면 BER(bit error rate) 수신 성능이 떨어지기 때문에 문제가 된다. 이 문제를 해결하기 위해 DVB-T2에서는 LDPC(low density parity check), BCH, RQD(rotation constellation and Q-delay) 그리고 MISO(multi-input single-output) 기술들을 채택하였다. 현재 수신 성능은 256QAM(5/6 code rate)일 때 25.8dB이다. UHDTV 방송을 위해서는 256QAM보다 높은 변조 레벨의 사용이 필요하므로 수신 성능이 현재보다 떨어진다. 수신 성능을 향상하기 위해 RQD와 MISO의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 전송량 향상을 위해 RQD와 MISO의 성능을 파악하고 원리를 분석한다. 성능의 척도는 BER 수신 성능이고 다중화(Diversity) 관점에서 원리를 분석한다. RQD에서의 다중화는 서로 겹쳐지지 않는 최소 심볼의 개수로 정의하고 MISO에서는 Uncorrelated

fading path로 정의하여 같은 신호가 서로 상관되지 않는 두 개 이상의 채널을 통과함을 의미한다. RQD는 성상의 축 관점에서 다중화를 가지고 MISO는 시간과 공간에서 다중화를 가진다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서 RQD 시스템에 대하여 알아보고, 3장에서 MISO 시스템에 대하여 알아본다. 4장에서 RQD와 MISO의 변조레벨에 따른 BER 성능을 컴퓨터 시뮬레이션으로 비교한다. 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

2. Rotation Constellation and Q-Delay

RQD는 회전 성상 방식과 Q 시간만큼의 지연을 통한 인터리빙 방식을 합한 것이다. 성상을 회전하는 이유는 실수축과 허수축 간의 다중화를 증가시키기 위해서다. 수신된 신호 모두가 실수와 허수 중 하나를 잃게 되었을 때 성상을 회전시키지 않는다면 서로 다른 심볼들은 하나의 성상으로 겹쳐져 구분되지 않는다. 성상을 회전하면 하나의 성상으로 겹쳐지지 않기 때문에 구분이 된다. 회전 성상 기법은 실수와 허수 중 하나의 정보만 가지고도 송신된 심볼의 복원이 가능하다.[2]

실수와 허수 동시에 잃게 된 경우 송신 심볼을 복원할 수가 없다. 실수와 허수 중 하나의 정보만을 가지고도 복원할 수 있는 회전 성상 기법에 Q지연을 적용한다. 그렇게 되면 섞여진 성상의 실수와 허수 정보를 모두 잃게 되어도 Q시간만큼 지연된 다른 성상의 정보로 잃어버린 송신 심볼의 복원이 가능하다.

DVB-T2에서 사용되는 회전 성상과 Q 지연을 합친 RQD를 표현하면 다음과 같다.[3]

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

1) 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신미디어 원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2012-10912-02002)

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

식 (1)은 RQD가 적용된 하나의 심볼을 표현하고 f_q 는 DVB-T2의 프레임 중 q번째 심볼을 의미한다. RQD가 적용된 심볼의 실수는 q번째 심볼에 대한 정보이고, 허수는 q-1번째 심볼에 대한 정보이다. 식 (2)에 의해서 회전된 정도가 결정이 되고 이 값에 의해 RQD의 BER 수신 성능이 달라지며 각 변조레벨에 따라 최적의 회전각이 다르다. DVB-T2에서 사용한 회전각은 표.1과 같다.

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	atan(1/16)

RQD는 Flat Fading Channel에서 BER 수신 성능이 증가한다. 그러나 AWGN에서의 BER 수신 성능은 증가하지 않는다. 변조레벨이 높아질수록 BER 수신 성능이 나빠지는 원인은 AWGN 때문이다. RQD는 이 원인을 해결하지 못하므로 변조레벨이 높아질수록 부호화 이득은 낮아진다. 전송량을 향상시키기 위해서는 높은 변조레벨을 사용해야 하는데 RQD를 적용하여 전송량을 향상시키기는 것은 쉽지 않다.

3. MISO - Alamouti Code

Alamouti Code는 송신 심볼을 부호화하여 시간과 공간에 대해 다중화를 얻어 BER 수신 성능을 향상한다. 부호화하는 방법은 Alamouti가 제안한 것으로 다음과 같이 표현한다.[4]

$$\begin{bmatrix} r_0 \\ r_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_0 & s_1 \\ -s_1^* & s_0^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_0 \\ h_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_0 \\ n_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \tilde{s}_0 \\ \tilde{s}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_0 & h_1 \\ h_1^* - h_0^* \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} r_0 \\ r_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} h_0 & h_1 \\ h_1^* - h_0^* \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} n_0 \\ n_1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\tilde{s}_0 = h_0^* r_0 + h_1^* r_1 \quad (5)$$

$$\tilde{s}_1 = h_1^* r_0 - h_0^* r_1 \quad (6)$$

r_0, r_1 는 수신신호, s_0, s_1 는 송신신호, h_0, h_1 는 채널이득, n_0, n_1 는 열잡음이고 \tilde{s}_0, \tilde{s}_1 은 추정된 송신신호이다. 추정된 신호가 받는 열잡음의 영향은 부호화 형식에 따라 달라진다. 그렇기 때문에 일정한 부호화 형식에서는 변조레벨이 높아지더라도 부호화 이득에는 변함이 없다.

4. 실험 결과

그림 1의 모의실험을 통하여 QPSK부터 256QAM 까지 Flat Fading Channel에서의 성능을 실험하였다. RQD에 의한 성능과 Alamouti Code를 추가한 실험한 결과는 그림 2와 같다.

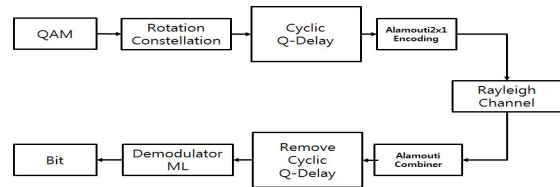


그림 1. Alamouti - RQD 시스템 개념도
Fig 1. Alamouti - RQD block diagram

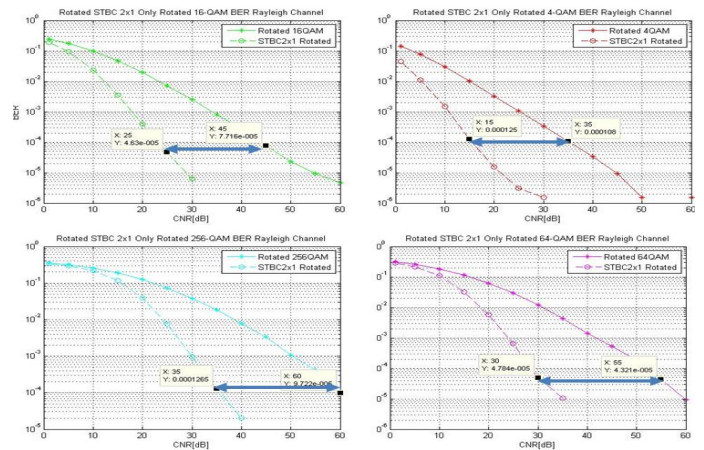


그림 2. Alamouti-RQD와 RQD의 BER 수신 성능 비교
Fig 2. BER performance comparison between Alamouti-RQD and RQD

변조레벨이 증가할수록 RQD의 부호화 이득은 줄어들지만, Alamouti Code는 변화가 없다.

5. 결론

DVB-T2에서 채택된 RQD와 Alamouti Code는 모두 BER 수신 성능을 향상시킨다. UHDTV의 전송량을 얻기 위해 높은 변조레벨을 사용할 때 필요한 수신 성능은 Alamouti code만 사용해도 큰 차이가 없다. RQD와 함께 사용했을 때 변조레벨이 증가할수록 복호화의 복잡도가 증가한다.[2] 수신 성능과 복호화의 복잡도를 고려하면, UHDTV의 프레임 동기화 부분에서는 낮은 변조레벨을 사용하기 때문에 RQD와 함께 사용하는 것이 이득이다. 그리고 영상 정보를 보내는 부분에서는 Alamouti Code만 사용하는 것이 이득이다. 그리고 높은 전송량을 필요로 하는 UHDTV 방송을 하기 위해서는 V-BLAST, Golden code 같은 전송량을 증가시키는 MIMO 기법에 대한 연구도 필요하다.

참고 문헌

- [1] Roh. Sunsik, "Design of out-of-band protocols to transmit UHDTV contents in the CATV network.," International Journal of Communications, Network and systems Sciences (IJNS), May 1, 2012
- [2] 최수기, 박승영, 강중구 "다차원 회전 변조기반의 공간 다중화 MIMO시스템", Telecommunications Review 제14권3호 2004년 6월
- [3] DVB-T2, ETSI EN 302 755 v1.1.1 (2009-09)
- [4] Siavash M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications", IEEE JOURNAL ON SELECT AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 16. NO.8 OCTOBER 1998