

ATSC 3.0 시스템의 MIMO 방식에 대한 연구

이운현, 김정창¹, 박성익*, 김흥목*
한국해양대학교

*한국전자통신연구원

{woonhyun, jchkim}@kmou.ac.kr, {psi76, hmkim}@etri.re.kr,

Study on MIMO Scheme in ATSC 3.0 Systems

Woonhyun Lee, Jeongchang Kim, Sung Ik Park*, and Heung Mook Kim*

Korea Maritime and Ocean University

*Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 ATSC 3.0 시스템의 2x2 MIMO (multiple input multiple output) 방식을 적용한 송수신기 구조에 대해서 살펴본다. ATSC 3.0 시스템의 MIMO 에서 적용된 프리코더 (precoder)는 스트림 결합기 (stream combining), IQ 편파 인터리빙 (I/Q polarization interleaving), 위상 홉핑부 (phase hopping)로 구성된다. 또한, ATSC 3.0 의 2x2 MIMO 방식을 사용함으로써 공간 다중화 (spatial multiplexing) 이득과 공간 다이버시티 (spatial diversity) 이득을 얻을 수 있다.

1. 서론

최근, ATSC (Advanced Television Systems Committee)는 방송사들의 다양한 요구를 충족시키기 위한 차세대 지상파 방송 규격으로서 ATSC 3.0 표준을 마련하였다 [1]. 특히, ATSC 3.0 물리 계층 규격에는 옵션 기술로서 MIMO 기술이 채택되어 단일 RF (radio frequency) 채널에서 서로 다른 2 개의 송신 안테나를 사용하여 2 개의 독립적인 데이터 스트림을 동시에 전송함으로써 공간 다중화 (spatial multiplexing) 이득을 얻을 수 있다 [2] [3]. 또한, MIMO 프리코더 (precoder)를 통하여 공간 다이버시티 (spatial diversity) 이득을 얻음으로써 페이딩에 대한 강인성을 증대시킬 수 있다. ATSC 3.0 의 MIMO 방식은 부트스트랩 (bootstrap), 프리앰블 (preamble) 심볼에는 적용되지 않고 부프레임 (subframe) 신호에만 적용된다 [2].

본 논문에서는 ATSC 3.0 표준의 2x2 MIMO 방식을 적용한 송수신기 구조에 대해서 살펴본다. ATSC 3.0 표준의 2x2 MIMO 송수신기는 역다중화기 (demultiplexer)와 프리코더로 구성된다. 역다중화기는 BICM (bit-interleaved coded modulation) 인코더를 통과한 FEC (forward error correction) 블록을 변조 차수 (modulation order) 및 송신 안테나 수에 따라 병렬 데이터 스트림으로 분할한다. 또한, 3 개의 세부 블록으로 구성된 MIMO 프리코더는 두 데이터 스트림간에 인코딩을 적용함으로써 추가적인 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 장에서는 ATSC 3.0 의 2x2 MIMO 송수신기 구조를 설명한다. 3 장에서는 수신기

구조를 제시하고 4 장에서 결론을 맺는다.

2. ATSC 3.0 2x2 MIMO 송수신기 구조

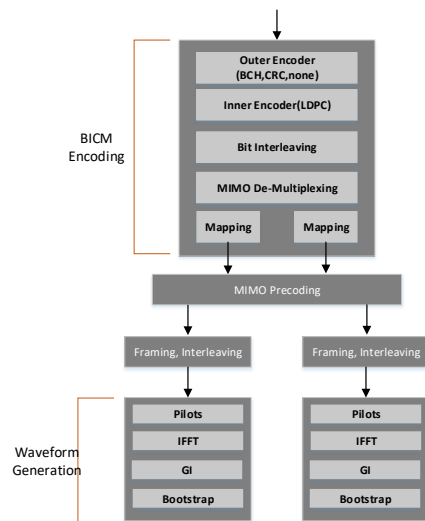


그림 1. MIMO 송수신기 구조

그림 1 은 ATSC 3.0 의 2x2 MIMO 송수신기 구조를 나타낸다. 송신 구조는 크게 BICM 인코딩, MIMO 프리코더, 프레임 (framing), 인터리빙 (interleaving), 파형 생성 (waveform generation) 블록으로 구분된다 [2]. 입력 포매팅

¹ Corresponding Author

(input formatting)으로부터 들어온 신호는 외부 부호 (outer encoder) 인코딩과 내부 부호 (inner encoder) 인코딩을 거쳐 비트 인터리빙된다. 이후 MIMO 역다중화기와 매핑 블록을 거쳐 2 개의 셀 스트림 (cell stream)으로 출력된다. MIMO 프리코더와 프레임/인터리빙 블록을 거친 2 개의 셀 스트림은 파일럿 (pilot) 삽입, IFFT (inverse fast Fourier transform), 보호 구간(guard interval) 삽입을 통해 OFDM 신호로 출력된다.

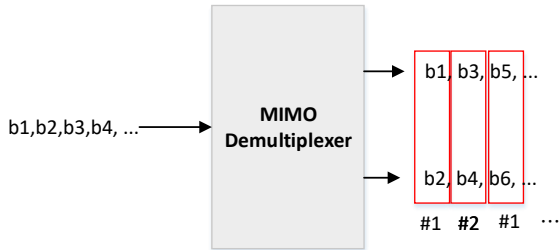


그림 2. MIMO 역다중화기 구조

MIMO 역다중화기의 구조는 그림 2 와 같다. 역다중화기는 비트 인터리빙된 FEC 블록을 입력받는다. 입력된 비트들은 안테나의 개수와 변조 지수에 따라 병렬로 배치된다. 홀수 셀 벡터 (cell vector)는 안테나 1(#1)의 셀 스트림으로 맵핑(mapping)되고, 짝수 셀 벡터는 안테나 2(#2)의 셀 스트림으로 맵핑된다. 이후 각 셀 스트림은 MIMO 프리코딩을 거치게 된다. 그림 3 과 같이 MIMO 프리코더는 스트림 결합기(stream combining), IQ 편파 인터리빙 (IQ polarization interleaving), 위상 홉핑부 (phase hopping)로 구성된다.

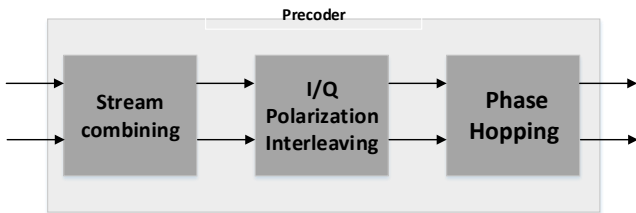


그림 3. MIMO 2x2 프리코더의 구조

스트림 결합기는 MIMO 역다중화기로부터 수신한 셀에 대해 다음과 같은 행렬 연산을 수행하여 위상을 회전시킨다.

$$\begin{bmatrix} Y_{2i}(\#1) \\ Y_{2i+1}(\#2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{2i}(\#1) \\ X_{2i+1}(\#2) \end{bmatrix}$$

여기서, i 는 셀 벡터의 인덱스를 나타내며 θ 값은 회전각을 의미한다. 또한, θ 는 ATSC 3.0 규격을 따르며 부호율 (code rate)과 변조 차수에 따라 다르게 정의되어 있다.

I/Q 편파 인터리빙은 다음과 같이 한 쌍의 입력 셀에 대해 quadrature-phase 성분을 교환하여 출력 셀을 생성한다.

$$Z_{2i}(\#1) = \text{Re}\{Y_{2i}(\#1)\} + j \cdot \text{Im}\{Y_{2i+1}(\#2)\}$$

$$Z_{2i+1}(\#2) = \text{Re}\{Y_{2i+1}(\#2)\} + j \cdot \text{Im}\{Y_{2i}(\#1)\}$$

위상 호핑은 두번째 안테나에서 전송되는 신호의 위상만 회전시킨다. 위상 호핑 블록을 행렬 연산으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} S_{2i}(\#1) \\ S_{2i+1}(\#2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\phi(i)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{2i}(\#1) \\ X_{2i+1}(\#2) \end{bmatrix}$$

위상 회전되는 ϕ 값은 두 번째 안테나에 할당된 셀 개수인 ($N_{cells}/2$)만큼 정의되어 있으며 다음과 같은 수식으로 구성된다.

$$\phi(i) = \frac{2\pi}{N} i, (N = 9), i = 0, \dots, \frac{N_{cells}}{2} - 1$$

위 식의 N_{cells} 는 셀 개수를 나타내며 위상 회전은 매 FEC 블록마다 0 으로 초기화 된다.

3. 2x2 MIMO 수신기 구조

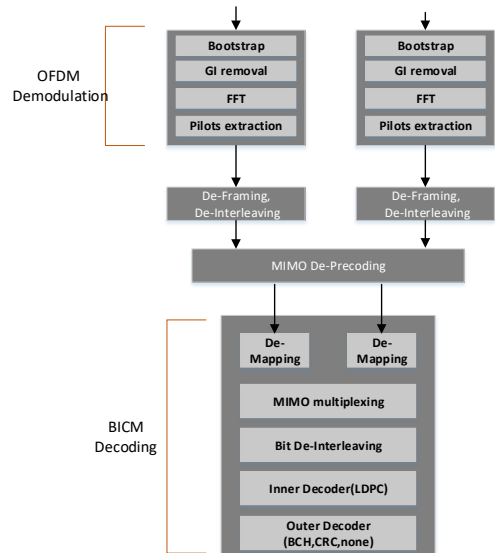


그림 4. MIMO 수신기 구조

그림 4 는 제안하는 2x2 MIMO 수신기 구조이다. 먼저, 2 개의 수신 안테나를 통해 수신된 신호로부터 OFDM 복조가 수행된다. 복조된 신호는 프레임/인터리빙의 역과정을 거친 후 MIMO 역프리코딩 블록에 입력된다. 수신기의 MIMO 역프리코딩은 위상 역홉핑, IQ 편파 역인터리빙, 스트림 분배기를 차례대로 통과함으로써 수신 셀 스트림을 얻게 된다. 역매핑 블록에 입력된 수신 셀 스트림에 대해서 채널 디코딩에 필요한 log-likelihood ratio (LLR) 값을 계산한다. 계산된 LLR 값들은 MIMO 다중화기를 거쳐 하나의 스트림으로 만들어진 후 비트 역인터리빙, 내부 부호 및 외부 부호 디코딩을 차례대로 수행함으로써 송신 데이터가 복원된다.

4. 결론

본 논문에서는 데이터 전송률 향상을 위하여 ATSC 3.0 규격을 바탕으로 2x2 MIMO 방식의 송수신기 구조를 살펴보았다. ATSC 3.0 의 2x2 MIMO 방식은 공간 다중화 이득을 통하여 데이터 전송률을 최대 2 배로 향상시킬 수 있다. 또한, 스트림 결합기, I/Q 편파 인터리버, 위상 호핑으로 이루어진 프리코더를 이용함으로써 추가적인 다이버시티 이득도 얻을 수 있다.

Acknowledgment

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행되었음. [Development of Transmission Technology for Ultra High Quality UHD, 2017-0-00081].

참고문헌

- [1] Fay, Luke, et al. "An overview of the ATSC 3.0 physical layer specification," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 62, no. 1, pp. 159–171, March 2016.
- [2] ATSC, "ATSC Standard: Physical Layer Protocol," Doc.A/322, Feb. 2017.
- [3] Gómez-Barquero, David, et al. "MIMO for ATSC 3.0," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 62, no. 1 pp. 298–305, March 2016.