

차세대 방송 시스템을 위한 협력 기반 다중 안테나 전송 기법

최민지, 박소민, 유철우*
명지대학교

choiminji@mju.ac.kr, thalsi@mju.ac.kr, *cwyou@mju.ac.kr

A Cooperation-based MIMO Transmission Scheme for Next-Generation Broadcasting Systems

Minji Choi, Somin Park, Cheolwoo You*
Myongji University

요 약

향후 풍부한 미디어 콘텐츠 소비는 지속적으로 증가할 것이며, 다양한 기기를 통해 콘텐츠가 소비될 것이기 때문에, 현재 새로운 차세대 디지털 텔레비전 (DTV) 표준화 과정이 여러 나라에서 활발히 진행 중이다. 이러한 풍부한 미디어 콘텐츠 소비를 촉진하기 위해 새로운 기술의 도입이 필요하며, 특히 새로운 다중 안테나 (multiple-input multiple-output: MIMO) 전송 기법이 차세대 방송 시스템을 위한 중요한 기술로 고려되고 있다. 본 논문에서는 저밀도 패리티 검사 (low density parity check: LDPC) 코드를 사용하는 협력 부호화 기법 기반 MIMO 전송 기법을 제안하고, 실험을 통해 제안된 기법이 미래의 DVB (digital video broadcasting) 방송 시스템 개발에 활용될 수 있음을 보인다.

I. 서 론

최근, 차세대 휴대용 방송 시스템을 위해 다양한 기술들이 고려되고 있다 [1]. 특히, MIMO 기술은 기존 시스템보다 우수한 성능, 강인성 및 더 나은 실내 커버리지(coverage)를 달성할 수 있기 때문에 적극적으로 활용하려는 추세이다. 본 논문에서는 Forward error correction (FEC) 기법과 Virtual MIMO 전송을 기반으로 한 협력 부호화 (cooperative coding) 기법 기반의 MIMO 전송 기법을 제안한다. 이 기법은 비율 호환 천공 블록 (rate-compatible punctured block) LDPC 코드를 사용하며, 단일 주파수 네트워크 (single frequency network: SFN) 내 사이트 간 협력을 기반으로 한 분산 다중안테나 (distributed MIMO) 전송 기법을 사용한다. 이 협력 MIMO 전송 기법에서는 사이트들이 FEC 수행 과정에서 협력을 진행한다. 마지막으로, 제안된 기법의 실용적인 구현 방법을 보여주기 위해, 기존의 DVB-T2 (digital video broadcasting second generation terrestrial) 시스템 [2] 아키텍처 하에서 모의 실험을 수행한다.

II. 본 론

일반적으로 무선 전파 환경은 다중 경로 페이딩 (multi-path fading)을 보이며, 이와 관련하여 DVB-T2 시스템 구현 지침에는 세 가지 유형의 무선 전파 시나리오가 포함되어 있다[3]. 여기에서는 전파 채널이 평탄(flat)하고, 하나의 OFDM (orthogonal frequency division multiplex) 심볼 동안 일정한 값을 유지하며, 수신 측은 완벽한 채널 상태 정보를 알고 있지만 송신기에는 제공되지 않는다고 가정한다.

DVB-T2 시스템의 SFBC (Space-Frequency Block Coding) 과정에서, 전송될 비트 스트림은 공간 주파수

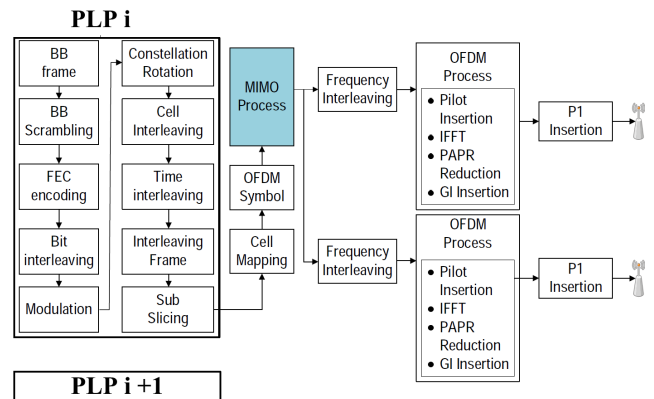


그림 1. 기존 DVB-T2 시스템 기반 수정된 전송 블록도

인코더(space frequency encoder)에 의해 크기 N 의 블록으로 인코딩되고, 데이터 심볼은 SFBC 처리를 통해 전송 다이버시티 (diversity) 이득을 얻기 위해 주파수 인터리버 블록에 의해 인터리빙된다. 본 논문에서는 제안된 기법을 구현하기 위해 DVB-T2 시스템 모델을 일부 수정하였는데, 그림 1에 나타나 있듯이 기존 DVB-T2 시스템에 대한 최소한의 변경만 이루어진다.

앞서 언급한 바와 같이, DVB-T2 시스템은 다이버시티 이득을 얻기 위한 여러 방법을 포함하고 있기 때문에, 본 논문에서는 코딩 이득을 달성하는 데 중점을 두었다. 즉, 코딩 협력을 기반으로 DVB-T2 시스템을 위한 협력 전송 기법을 제안하고자 한다. 이와 관련하여, 두 개의 분산된 기지국의 협력을 통해 전송 다이버시티를 생성하고 활용하여 DVB-T2 시스템의 코딩 이득을 향상시킨다. 제안된 코딩 협력 기법의 $r = 1/3$ 부호화율 (coding rate) 예시는 그림 3과 같다. 해당 그림에 나타난 바와 같이, 각 기지국은 기본적으로 $r = 1/3$ 내측

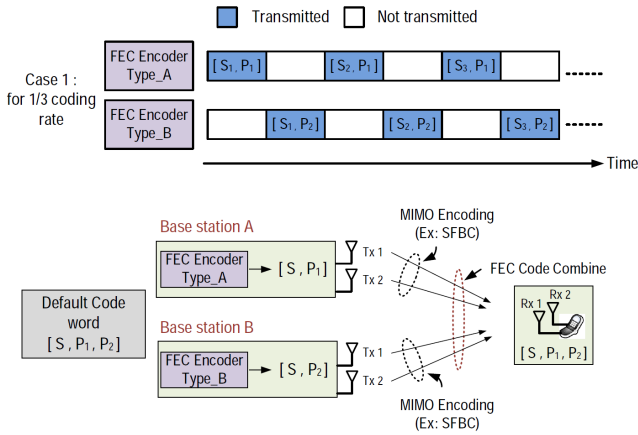


그림 2. 두 개의 기지국 기반 전송 시나리오

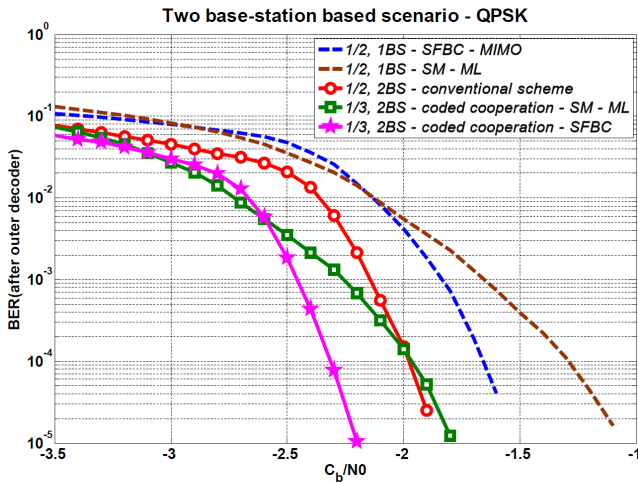


그림 3. QPSK 를 이용한 두 기지국 시나리오의 BER 성능

(inner) LDPC 코드인 $C = [S, P_1, P_2]$ 를 생성한다. 여기서 S 는 시스템 데이터 비트이고, P_1 과 P_2 는 패리티 체크 (parity check) 비트이다. $r = 1/3$ LDPC 코드는 DVB-T2 규격에 구현되어 있지 않기 때문에, 본 논문에서는 다른 유형의 LDPC 코드 생성기를 사용했다. FEC 과정 후, 각 기지국은 자체 FEC 인코딩 유형에 따라 하나의 패리티 비트를 제거한다.

모의 실험에서는 느린 레일리 페이딩 (slow Rayleigh fading) 채널과 이상적인 채널 추정기가 가정되었으며, 향상된 공간 다이버시티를 달성하기 위해 성상도 회전(constellation rotation)이 사용되었다. QPSK 와 16-QAM 의 회전 각도는 각각 29 도와 16.6 도이며, 8K FFT 와 8MHz 채널 대역폭이 사용되었다. 선택된 전송 프레임 크기는 DVB-T2 표준에서 최대 프레임 크기인 250ms 이다.

그림 3 은 그림 2 에 주어진 두 개의 기지국 간의 협력 전송 방식에 대한 비트 오류율 (bit error rate: BER) 성능을 보여주고 있다. 그림 3 에서, [1/2, 1BS-SFBC-MIMO]는 $r = 1/2$ LDPC 코드 및 하나의 기지국을 기반으로 한 SFBC MIMO 전송 방식을 사용하는 경우를 나타낸다. [1/2, 1BS-SM-ML]는 $r = 1/2$ LDPC 코드 및 ML (maximum likelihood) 검파를 사용하는 공간 다중화 (spatial multiplexing: SM) 전송 방식을 나타낸다. 그리고, [1/2, 2BS-conventional scheme]은 두 개의 기지국을 기반으로 한 SFBC MIMO 전송 방식을 나타내는데, 각

기지국은 동일한 데이터를 전송하고 목적지 노드는 동일한 데이터를 반복해서 수신한다. 또한, [coded cooperation]은 제안된 방법을 의미한다. 그림 3 에서 알 수 있듯이, 제안된 방식은 1BS 및 2BS 전통적인 방식과 비교하여 향상된 성능을 나타낸다. 10^{-4} BER 지점에서, 제안된 방식은 1BS SFBC 방식과 비교하여 약 1dB 의 이득, 그리고 2BS 전통적인 방식과 비교하여 약 0.6dB 의 이득을 보여 준다. 이러한 성능 향상은 향상된 수신 다이버시티와 증가된 코딩 이득으로부터 얻어졌다고 판단된다.

III. 결론

이 논문에서는 두 개의 기지국을 기반으로 한 협력 부호화 MIMO 전송 방식을 제안하고, DVB-T2 시스템에 따른 모의 실험을 통해 성능을 평가하였으며, 실험 결과는 제안된 방법이 전통적인 시스템보다 더 유리하다는 것을 보여주었다. 효율적인 전력 할당과 3 차원 MIMO 전송 기법의 활용을 통해 제안된 방법을 최적화한다면, 성능을 보다 개선할 수 있을 것으로 예측되며, 이는 차세대 방송 시스템에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.RS-2023-00229330, 스트리밍 3 차원 디지털미디어 서비스 기술). 또한, 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00368, 6G 서비스를 위한 인공지능/머신러닝 기반 자율형 MAC 개발).

참고 문헌

- [1] DVB Project, Commercial requirement for DVB-T2, DVB Document A114, April (2007)
- [2] DVB Project, <http://www.dvb.org/>
- [3] DVB Project, Implementation guidelines for a second-generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), DVB Document A133, Feb. (2009)