

전송효율 고도화를 위한 MIMO 기반 DVB-T2 시스템에서의 Sphere Decoding 수신 성능 분석

강인웅*, 서기환*, 임형수**, 서재현**, 김홍목**, 김형남*

* 부산대학교 전자전기공학과

** 한국전자통신연구원

Performance Analysis of Sphere Decoding in the MIMO based DVB-T2 System for Higher Data-rate Transmission

In-Woong Kang*, Ki-Hwan Suh*, Hyoungsoo Lim**, Jae Hyun Seo**, Heung Mook Kim**, Hyoung-Nam Kim*

* School of Electrical Engineering, Pusan National University

** Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail: hnkim@pusan.ac.kr

요 약

본 논문에서는 기존 DVB-T2 시스템의 전송 효율 고도화를 위해 MIMO 기술을 적용한 송수신 시스템을 구현하고, 모의실험을 통해 다양한 수신 기법의 성능을 분석한다.

I. 서 론

DVB-T2 시스템은 지상파 방송 시스템 가운데 가장 발전된 형태로 주파수 선택적 페이딩에 강한 OFDM 전송방식의 장점에 LDPC, BCH 채널 코딩의 오류 정정 성능이 더해져 HDTV 수준의 방송 송신을 가능하게 하였다 [1]. DVB 그룹은 기존의 단일 안테나를 이용한 방송 시스템 보다 더 높은 다이버시티 이득과 전송률을 얻기 위해, MIMO 기술을 차세대 방송 표준에 포함하였다 [2].

MIMO 수신기로는 일반적으로 구조가 간단한 선형 수신기와 최적의 성능을 갖는 Maximum-likelihood(ML) 수신기가 고려될 수 있다. 선형 수신기는 비교적 적은 연산량을 가지나 잡음 증폭과 같은 현상으로 인해 필연적으로 수신 성능의 열화가 발생한다. 이에 비해 ML 수신기는 최적의 수신 성능을 보이나 신호 레벨이 증가함에 따라 연산량이 기하급수적으로 증가하므로 구현이 거의 불가능하다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 기술로서 Sphere Decoding(SD)과 같은 수신 기

술[3,4]이 존재한다. 본 논문에서는 MIMO 기법을 적용한 DVB-T2 시스템에서의 ML 기법과 SD 기법의 수신 성능을 비교, 분석한다.

II. 본 론

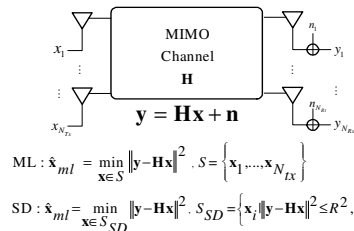


그림 1. AWGN채널에서 SD와 ML의 Uncoded BER

MIMO 시스템은 송신 신호와 채널 계수의 선형 결합으로 표현된다. 수신단에서 검출한 송신 신호와 수신 신호간의 MSE를 최소화 하는 Least Squares (LS) 추정기 최적의 성능을 내며, 오차의 확률 분포가 Gaussian인 경우 LS 추정과 같은 결과를 내는 ML 추정기로 LS 추정치를 구한다. ML 추정이 집합 S에 포함된 모든 원소들을 이용하는 반면 SD 추정은 집합 S에 포함된 원소들 중에서 오직 MSE가 적절하게 정해진 최댓값 이내에 포함되도록 만드는 원소들을 이용한다. SD 추정법의 구체적인 알고리즘은 [6]에서 찾을 수 있으며 개략적으로는 1) Zero-forcing 등화와 2) Decision-feedback 등화가 순서대로 각 수신 안테나에서 반복적으로 수행된다.

표 1. 모의실험 파라미터

FFT size	4K
Guard Interval	1/4
Code Rate	1/2
Modulation Depth	6 bit : 16QAM-QPSK 12 bit: 64-64 QAM 20 bit: 1024-1024 QAM
Channel Model	AWGN Channel Helsinki Channel

표 2. Required CNR(dB) for Uncoded BER = $5 \cdot 10^{-2}$

	AWGN	Helsinki-2
16-4 ML	8.5	12
16-4 SD	8.5	17
64-64 ML	15.5	20
64-64 SD	16	24
1024-1024 SD	26	33

III. 모의실험 및 결론

MIMO 기반 DVB-T2 전송시스템의 ML 기법 및 SD 기법의 수신성능을 분석하기 위해, 표 1과 같은 파라미터를 사용하여 컴퓨터 모의실험을 수행하였다. 그림 1과 2는 각각 AWGN 채널과 Helsinki-2 채널에서의 신호 성상에 따른 ML 수신기와 SD 수신기의 Uncoded BER 성능을 나타낸다. AWGN 채널 환경에서는 표 2에서 정리된 것과 같이 ML과 SD 기법의 수신 성능이 낮은 CNR에서는 거의 동일하고 Helsinki-2 채널에서는 $5 \cdot 10^{-2}$ Uncoded BER 수준에서 ML 성능이 SD 성능보다 4~5dB(CNR) 가량 좋다. 이 차이는 높은 CNR에서 점점 커지는 것을 그림 2에서 확인할 수 있다. 이는 채널에 의한 Noise enhancement로 인해서 SD의 성능이 ML에 비해서 열화를 보이기 때문이며 $5 \cdot 10^{-2}$ 보다 낮은 Uncoded BER은 LDPC에서 완벽하게 정정될 것으로 보여 성능 차이가 큰 의미를 갖지 않는다.

본 논문에서는 전송효율 고도화를 위한 DVB-T2 기반 MIMO-OFDM 방송시스템을 구현하고, ML 수신기가 최적의 수신 성능을 갖는 장점을 갖는 것에 반해 전송률 고도화를 위해 다수의 송신 안테나를 사용하고 높은 레벨로 비트열을 변조하는 경우에 수신기의 연산량이 기하급수적으로 증가하는 단점을 갖는 것을 SD 알고리즘을 이용하여 구현 복잡도는 낮추고 수신기 성능의 열화는 최소화 할 수 있음을 컴퓨터 모의 실험을 통해서 확인해 보았다.

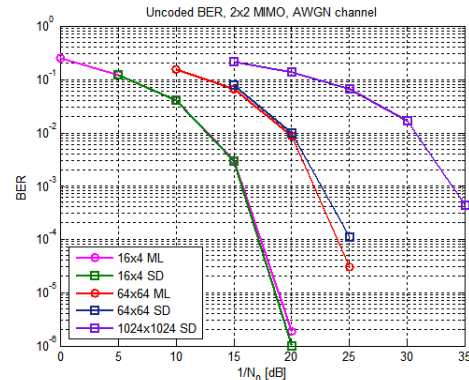


그림 2. AWGN채널에서 SD와 ML의 Uncoded BER

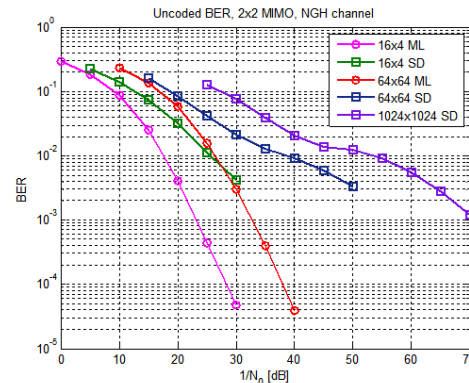


그림 3. Helsinki-2 채널에서 SD와 ML의 Uncoded BER

감사의 글

본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(11921-02001)

참고 문헌

- [1] European Telecommunications Standard Institute, ETSI, "DVB Fact Sheet; DVB-T2 - 2nd Generation Terrestrial Broadcasting", May. 2005.
- [2] Digital Video Broadcasting, DVB, "DVB-NGH Call for Technologies", Nov. 2009.
- [3] Emanuele Viterbo and Joseph Boutros, "A Universal Lattice Code Decoder for Fading Channels", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 45, no. 5, pp. 1639-1642, Jul. 1999.
- [4] Babak Hassibi and Haris Vikalo, "On the Sphere-Decoding Algorithm I. Expected Complexity", IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 53, no. 8, pp. 2806-2818, Aug. 2005.