

DVB-NGH를 위한 새로운 4차원 성상 회전 변조기법

준희원 김 준 호*, 김 호 준*, 종신회원 정 태 진*

New 4-Dimensional Constellation-Rotation Modulation Method for DVB-NGH

Junho Kim*, Hojun Kim* Associate Members, Taejin Jung* Lifelong Member

요 약

본 논문은 Reyleigh 페이딩 채널 환경에서 다이버시티 이득 4를 얻는 새로운 4차원 성상회전(constellation rotation, CR) 기법을 제안한다. 제안된 기법은 기존의 한 번의 CR을 이용한 2차원 CR 기법과 달리 연속된 두 QAM 신호들에 대하여 두 번의 CR을 수행함으로써 동작한다. 전산 실험 결과 새로운 기법은 기존의 기법에 비해 채널 부호화의 전송률과 페이딩 채널 내 erasure 확률 값이 증가할수록 더욱 큰 성능 향상을 보인다. 또한 새로운 기법은 사용되는 각도 값들을 바꾸어 기존의 기법으로 쉽게 전환 가능하며 따라서 송신 시스템 구현 측면에서 큰 장점을 갖는다.

Key Words : Constellation-Rotation, Diversity, Erasure Fading, SFN, DVB-NGH

ABSTRACT

This paper proposes a new 4-dimensional(4D) constellation-rotation(CR) method which obtains diversity gain of 4 under Rayleigh fading channels. The proposed scheme uses two consecutive CR operations for the constellation of QAM signals unlike a conventional 2-dimensional(2D) CR method using only one CR operation. The computer simulation results show that the new method outperforms the conventional one even more as both the channel code rate and the erasure ratio increase. In a point of system flexibility, the proposed scheme has a great advantage since the conventional 2D CR scheme can be simply implemented by only changing rotation angle values used in the proposed scheme.

I. 서 론

성상회전(constellation rotation, CR) 변조기법^[1,2]은 변조된 신호들을 성상회전한 뒤 발생된 신호들을 독립적인 채널 페이딩을 겪도록 전송하여 수신단에서 다이버시티 이득을 얻는 기법이며 현재 DVB-T2 표준^[3]으로 채택되어 있다. 하지만 여기에서 사용되는 CR 기법^[4,5]은 하나의 QAM 변조된 신호에 대하여 성상 회전을 수행하여 2차원 신호 공간으로 전송하는 기법이며 따라서 이 기법은 오로지 다이버시티 이득 2를 얻게 된다. 하지만 현재 유럽에서 차세대 이동 방

송 시스템 표준으로 진행되고 있는 DVB-NGH^[6]는 이동 환경에서 HD급 방송 서비스를 목표로 하고 있으며 따라서 이와 같은 서비스를 위해서는 기존의 DVB-T2에서 사용되는 CR 기법보다 보다 높은 다이버시티 이득을 획득하는 새로운 기법이 필요하게 된다.

이러한 이유로 본 논문에서는 기존의 2차원 CR 변조기법을 확장하여 다이버시티 이득 4를 얻는 새로운 4차원 CR 변조기법을 제안한다. 제안된 기법은 기존의 기법과 달리 2개의 연속된 변조 신호들에 대하여 2번 연속된 CR 기법을 사용하게 된다. 전산 실험 결과 제안된 기법은 기존의 기법보다 높은 다이버시티

* 전남대학교 전자컴퓨터공학과(tjung@chonnam.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-08-398, 접수일자 : 2010년 8월 16일, 최종논문접수일자 : 2010년 10월 21일

이득으로 인하여 모든 실험 환경에서 거의 같거나 향상된 성능을 보이는데, 특히 높은 채널 부호화율과 erasure 채널 환경^[4,5]에서 더욱 큰 성능 향상을 가지게 된다. 특히 제안된 기법은 사용되는 회전 각도 값들을 바꿈으로써 기존의 기법으로 쉽게 전환되며 따라서 송신 시스템 호환 측면에서도 큰 장점을 갖는다.

II. 기존의 CR-BICM

아래 그림 1은 현재 DVB-T2 표준^[3]에 채택되어 있는 기존의 CR-BICM(Bit-Inteleaved Coded Modulation) 시스템^[4,5]의 세부 송수신 블록도를 나타낸다.

그림 1의 기존의 CR-BICM 송신 시스템은 먼저 입력 비트 벡터 \mathbf{u} 를 채널 코딩 한 후 bit interleaver를 통과시킨다. 이렇게 생성된 비트 벡터 \mathbf{x} 는 다이버시티 이득을 얻기 위해 그림 2와 같은 CR 변조 기법이 수행된 뒤 하나의 송신 안테나를 통하여 전송된다.

그림 2의 기존의 CR 기법은 먼저 각 QAM 변조된 신호들을 θ 만큼 상상 회전하여 회전 벡터 \mathbf{r} 을 생성한다. 이와 같이 생성된 회전 신호 r_i 의 실수 및 복소 성분들은 각각 독립적인 페이딩을 위하여 실수 성분은 그대로 전송되고 허수 성분들은 우측으로 1만큼 cyclic shift되어 전송되게 된다. 이와 같이 전송된 신호들은 수신측에서 송신시스템의 역순으로 복호가 수행되어 송신 비트들을 추정한다.

그림 2의 기존의 CR 변조기법은 2차원 기반의 CR 기법으로 인하여 모든 전송 신호는 최대 다이버시티

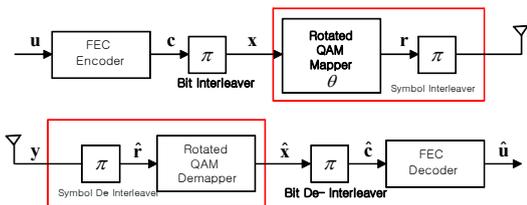


그림 1. 기존의 CR-BICM 시스템

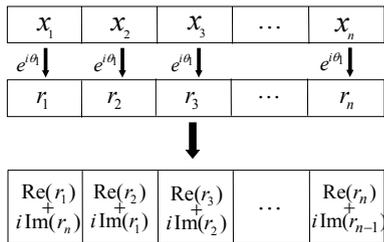


그림 2. 기존의 CR 기법

이득 2를 얻게 된다. 한 예로서 첫 번째 QAM 변조된 신호 성분 x_1 는 CR에 의하여 두 신호 성분들 $\text{Re}(r_1)$ 과 $\text{Im}(r_1)$ 에 포함되는데 이 두 신호들이 인터리버를 통하여 독립적인 페이딩 채널을 통과할 경우 만약 이 두 신호들 중 적어도 한 개의 신호가 오류 없이 수신기에 도착하면 수신단에서는 완벽히 x_1 를 복원 할 수 있다.

특히 그림 2의 CR 변조기법은 SFN(single frequency network)에서 발생할 수 있는 erasure 채널 환경^[4,5]에서 큰 성능 향상을 보이는데 이는 erasure에 의한 신호의 손실을 다이버시티 방법으로 수신단에서의 신호 복원 능력을 향상시키기 때문이다. 이러한 이유로 ^[4,5]에서는 non-erasure 및 erasure 채널 환경 모두에서 최적의 성능을 보이는 θ 값들을 전산 탐색 방법을 이용하여 각 변조방식에 대하여 아래와 같이 제시하였다.

표 1. 각 변조 방식에 따른 최적 회전각

변조	4-QAM	16-QAM	64-QAM	256-QAM
θ	29.0 °	16.8 °	8.6 °	3.6 °

III. 새로운 CR-BICM 시스템

앞장에서 언급하였지만 그림 2의 기존의 CR 기법은 하나의 변조된 신호에 대한 2차원 CR 방법을 적용하여 다이버시티 이득 2를 얻게 된다. 하지만 이 기법은 2보다 높은 다이버시티 이득을 얻는 다차원 CR 방법으로 쉽게 확장 가능하며 이러한 이유로 본 논문에서는 그림 3과 같은 4차원 CR 기법을 이용한 새로운 시스템을 제안하고자 한다.

그림 3의 제안된 CR-BICM 시스템은 CR 방법으로 그림 2의 기존의 2차원 CR 방식을 확장하여 그림 4와 같은 2개의 변조된 신호들에 대하여 2개의 회전 각 θ_1 과 θ_2 을 이용한 4차원 기반의 CR 기법을 사용한다.

그림 4의 새로운 CR 기법은 크게 두 번의 연속된 CR 동작을 수행하는데 먼저 첫 번째 CR로서 기존의 방법처럼 각 QAM 변조된 신호들 x_i 를 θ_1 만큼 회전하

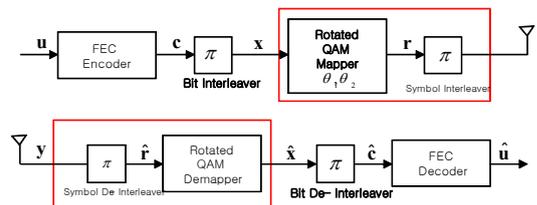


그림 3. 새로운 CR-BICM 시스템

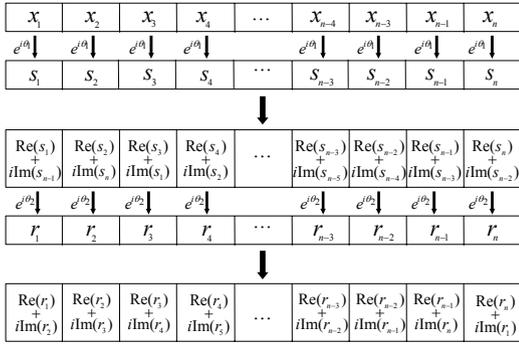


그림 4. 새로운 CR 기법

여 신호 s_i 를 발생한다. 두 번째 CR을 수행하기 이전에 첫 번째 회전으로 발생된 신호 s_i 의 실수 성분들은 그대로 유지하고 허수 성분들만 우측으로 2만큼 cyclic shift 하여 새로운 복소 신호들을 만든다. 이렇게 발생된 새로운 복소 신호들에 대하여 θ_2 를 이용한 두 번째 CR를 적용하여 최종 신호 r_i 를 생성한다. 마지막으로 이와 같이 최종 발생된 r_i 의 실수 및 허수 성분들은 독립적인 페이딩을 겪도록 하기 위하여 그림 4와 같이 실수 성분들은 그대로 전송하고 허수 성분들을 좌측으로 1만큼 cyclic shift 하여 서로 다른 복소 신호들로 재 구성된 뒤 인터리버를 통하여 전송하게 된다. 특히 이와 같은 cyclic shift 방법을 이용하면 그림 4의 제안된 기법은 $\theta_2=0$ 일 경우 그림 2의 기존의 CR 기법과 동일한 송신 구조를 가지게 되며 따라서 제안된 기법은 호환성 측면에서 큰 장점을 가지게 된다.

그림 4의 새로운 CR 기법은 그림 2의 기존의 기법과 달리 두 송신 신호들을 이용한 4차원 CR 기법을 사용하여 최대 다이버시티 이득 4를 얻는다. 한 예로서 그림 4 내의 송신 신호 x_1 는 두 번의 CR로 인하여 r_1 과 r_3 의 총 4개의 실수 및 허수 성분들, $\text{Re}(r_1)$, $\text{Im}(r_1)$, $\text{Re}(r_3)$, $\text{Im}(r_3)$ 에 모두 포함되어 있으며 따라서 연속으로 전송되는 이 4개의 신호들 중 적어도 하나의 신호만 오류 없이 수신측에 도착하면 수신단에서는 x_1 를 완벽히 복조 가능하게 된다. 이와 같은 직관적인 설명은 모든 송신 신호에 동일하게 적용 가능하다.

본 논문에서는 각 변조 방식에 대하여 최적의 성능을 보이는 CR 각도 θ_1 과 θ_2 값들을 전산 실험을 통한 탐색 방법으로 구했으며 이 값들은 아래 표 2와 같다.

표 2. 각 변조 방식에 따른 최적 회전각

변조	4-QAM	16-QAM
(θ_1, θ_2)	$(25.0^\circ, 23.7^\circ)$	$(14.7^\circ, 10.0^\circ)$

IV. 실험 결과

본 장에서는 표 2의 CR 값들을 사용한 그림 3의 새로운 CR-BICM 시스템의 전산 실험 성능을 보여준다. 여기에서 사용되는 채널부호는 DVB-T2^[3]에 사용된 부호화율 1/2, 2/3, 3/4의 frame size=16,200 LDPC 부호를 사용하고 이상적인 bit-interleaver를 가정으로 전송 심볼마다 독립적인 Rayleigh 페이딩 채널 값을 가진다고 가정하였다. 더불어 최대 erasure 확률 $P_b=15\%$ 의 채널환경^[4,5]도 추가로 고려하였다. 또한 수신단에서는 채널 값들을 완벽히 추정 가능하다고 가정하였으며 복호단에서는 이 추정된 채널 값들을 이용하여 최적의 soft LLR을 추출하여 sum-product 방식으로 복호 수행을 하였다.

그림 5와 6은 4-QAM 변조방식으로 각각 $P_b=0\%$ (non-erasure), 15%일 경우 각 부호율에 따른 평균 BER 성능을 보여준다. 실험 결과 제안된 기법은 기존의 기법에 비하여 부호율 1/2에서는 모든 P_b 값들에서 거의 동일한 성능을 보이며 부호율 2/3과 3/4에서는 $P_b=0\%$ 일 경우 평균 BER= 10^{-4} 에서 각각 약 0.2dB, 0.4dB의 성능 향상이 있고, $P_b=15\%$ 일 경우 약 0.4dB, 0.7dB의 성능 향상이 있음을 확인할 수 있다. 즉 제안된 기법은 부호율 값과 P_b 값이 높을수록 수신 성능 이득이 증가하는데 이는 제안된 기법은 기존의 기법에 비하여 높은 다이버시티 이득 4를 얻어 채널 환경이 열악할수록 더 큰 효과를 얻기 때문이다.

그림 7과 8은 그림 5, 6과 동일한 실험 환경으로 16-QAM에 대한 평균 BER 값들이며 실험 결과 16-QAM일 경우에도 앞에서 언급한 4-QAM과 동일한 실험 경향을 보임을 확인할 수 있다.

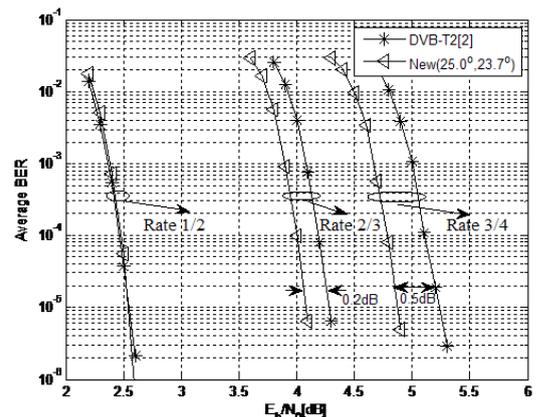


그림 5. 4-QAM, $P_b=0\%$ 에서의 평균 BER

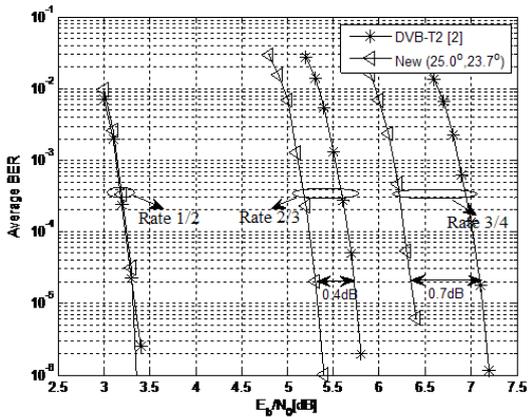


그림 6. 4-QAM, $P_b=15\%$ 에서의 평균 BER

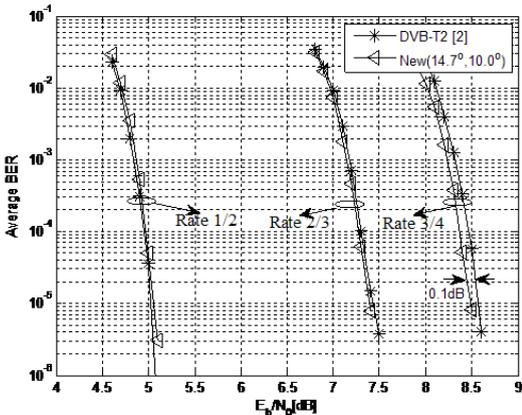


그림 7. 16-QAM, $P_b=0\%$ 에서의 평균 BER

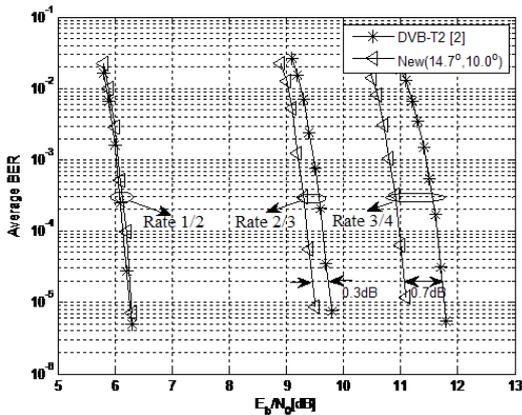


그림 8. 16-QAM, $P_b=15\%$ 에서의 평균 BER

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 2차원 CR 기법을 기반으로

새로운 4차원 CR 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 기존의 기법과 달리 다이버시티 이득 4을 얻어 모든 실험 환경에서 거의 같거나 좋은 성능 향상을 보인다. 특히 제안된 기법은 채널 부호율 값이 높을 경우 또한 erasure 채널 환경일 경우 큰 성능 향상을 보이는데 이는 다이버시티 이득의 효과가 상대적으로 커지기 때문이다.

하지만 제안된 4차원 CR 기법은 한 개의 변조 신호를 이용하는 기존의 방법과 달리 두 개의 변조 신호들을 이용함으로써 기존의 기법에 비하여 수신단에서 복호 복잡도가 증가하는 문제점이 발생하며 따라서 향후 복잡도가 낮은 soft LLR 추출 방법에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] X. Giraud, E. Boutillon, and J. C. Belfiore, "Algebraic tools to build modulation schemes for fading channels," IEEE Trans, Commun., Vol.43, No.3, pp.938-952, May 1997.
- [2] J. Boutros and E. Viterbo, "Signal space diversity: A power- and bandwidth-efficient diversity technique for the Rayleigh fading channel," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol.44, No.4, pp.1453-1467, July 1998.
- [3] "Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)", ETSI EN 302 755, v1.1.1, Sep. 2009.
- [4] C. A. Nour and C. Douillard, "Rotated QAM constellation to improve BICM performance for DVB-T2", IEEE 10th International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications: ISSSTA' 08, Bologna, Italy, pp. 354-359.
- [5] C. A. Nour and C. Douillard, "Improving BICM performance of QAM constellations for broadcasting applications", 5th International Symposium on Turbo Codes and Related Topics, Lausanne, Switzerland, pp.55-60.
- [6] DVB TM-H NGH, "Call for Technologies (CfT)", V1.0, DVB TM-NGH 019r6/TM 4270r2, Nov. 2009.

김 준 호 (Junho Kim)

준회원



2008년 8월 전남대학교 전자
컴퓨터공학부
2009년 3월~현재 전남대학교
전자컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 무선통신, OFDM
시스템

정 태 진 (Taejin Jung)

중신회원



1996년 2월 포항공과대학교 전
자전기공학과
1998년 2월 포항공과대학교 전
자전기공학과 석사
2003년 8월 포항공과대학교 전
자전기공학과 박사
2003년 9월~2004년 2월 한국
전자통신연구원 선임 연구원
2004년 3월~2006년 2월 전남대학교 전임강사
2006년 3월~2010년 2월 전남대학교 조교수
2010년 3월~현재 전남대학교 부교수
<관심분야> 디지털방송, 이동 통신, 무선 통신

김 호 준 (Hojun Kim)

준회원



2009년 8월 전남대학교 전자
컴퓨터공학부
2009년 9월~현재 전남대학교
전자컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 무선통신, MIMO
시스템