

## 차세대방송시스템을 위한 저복잡도의 비균등성상 디매핑 기술

권선형, 박성익, 이재영, 김홍목, 허남호  
한국전자통신연구원

{shkwon, psi76, jeayl, hmkim, namho}@etri.re.kr

## Low Complexity Demapping Scheme in Non-uniform Constellation for the Next Broadcasting System

Sunhyoung Kwon, Sung Ik Park, Jae-young Lee, Heung Mook Kim, Namho Hur  
Electronics and Communications Engineering

## 요 약

본 논문에서는 차세대방송시스템을 위한 저복잡도의 비균등성상 디매핑 기술을 제안한다. 비균등성상기술은 차세대 방송시스템에서 사용될 발전된 형태의 성상 기술로, 기존 균등성상 기술에 비해 개선된 성능을 제공한다. 그러나 비균등성상기술을 사용하는 경우 균등성상기술에 비해 수신기에서 성상신호를 디매핑시 더 높은 복잡도를 요구하게 된다. 본 논문에서 제안되는 저복잡도의 비균등성상신호 복호화 기술은 한 개의 성상심볼을 구성하는 여러 비트들 중에서 실제로 유효한 정보를 담고 있는 일부 비트들만을 성상신호 복호시에 고려함으로써 성능열화 없이 감소된 수신기 복잡도를 제공한다. 제안되는 기술은 높은 차수의 성상과 낮은 부호율이 사용될 때 유용하게 사용될 수 있다.

## 1. 서론

BICM (Bit-interleaved Coded Modulation)은 순방향 오류 정정부호와 인터리버, 그리고 심볼매핑으로 구성되어 있는 간단한 형태에도 불구하고 Shannon 한계에 근접한 성능을 보이는 좋은 방식이다. 게다가 방송사나 서비스제공자에게 높은 수준의 시스템 자유도를 제공함으로써, 다양한 방송서비스 시나리오를 지원하기에도 적합하다. 이러한 BICM 의 좋은 면들로 인해 유럽의 방송표준인 DVB-T2(Digital Video Broadcasting-Terrestrial 2)와 DVB-NGH(Next Generation Handheld)를 비롯하여, 현재 표준화가 진행 중에 있는 북미 방송표준인 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 3.0 시스템에서도 주요 기술로 채택되어 사용되고 있다.

이러한 BICM 의 많은 장점에도 불구하고, 그 동안의 BICM 에서는 균등성상기법을 심볼매핑으로 사용했기 때문에, Shannon 한계와의 성능차이는 여전히 눈에 띄게 존재한다. AWGN (Additive White Gaussian Noise) 채널에서의 BICM 채널용량과 Shannon 한계 채널용량은 그림 1 과 같다. 그림에서 볼 수 있듯이, SNR (Signal-to-Noise Ratio)이 커질수록 BICM 채널용량과 Shannon 한계간에는 더 큰 성능차이를 보이게 된다.

Shannon 한계에 좀더 근접한 성능을 얻기 위한 한가지 방법으로, 심볼매핑분야에서 비균등성상이 제안되었다 [2]. 전송되는 성상도의 분포를 Gaussian 에 가깝게 함으로써, 비균등성상은 기존 균등성상에 비해 최대 1.53dB 에 달하는 Shaping 이득을 얻을 수 있다고 알려져 있다 [3]. 그러나,

비균등성상이 사용되는 경우에는 이차원의 성상신호 복호를 요구하기 때문에, 필연적으로 기존 균등성상신호 복호에 비해 증가된 복호 복잡도를 가지게 된다. 게다가, 이러한 복호 복잡도 증가는 성상차수가 증가함에 따라 더욱더 심해지는 경향이 있다. 본 논문에서는 비균등성상의 복호 복잡도를 낮추기 위한 방법을 제안한다. 해당 방법을 이용하면 낮은 부호율과 높은 성상차수를 가지는 경우 비균등성상도의 다수개의 점들이 하나로 모이는 점을 이용하여, 높은 성상차수의 복호 복잡도를 낮은 성상차수의 복호 복잡도와 동일한 수준으로 낮출 수 있다. 시뮬레이션 결과에서는 복잡도를 크게 줄이면서도 BER(Bit Error Rate) 과 FER(Frame Error Rate) 측면 모두에서 성능저하가 없음을 보여준다.

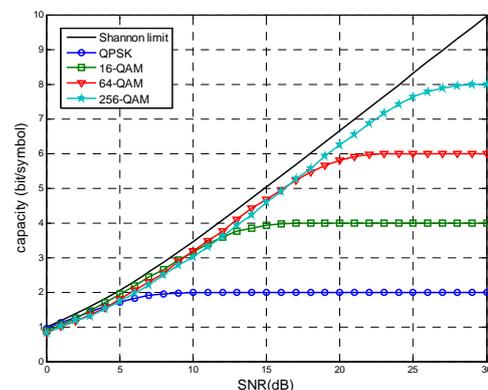


그림 1. AWGN 채널환경에서 BICM 채널용량과 Shannon 한계 채널용량

## 2. 낮은 복잡도를 가지는 비균등성상도 복호기법

LDPC(Low density parity check) 부호는 SNR 대비 BER 성능 곡선이 가파르게 떨어지는 특징을 가지며, 이러한 좋은 특성으로 인해 BICM 의 순방향 오류 정정부호로 널리 사용된다. 한편, 비균등성상도를 설계할 때에는 작동 SNR 에 맞추어 최적의 성상도 모양을 찾게 된다. 여러 SNR 에 따른 비균등성상도를 설계하다 보면 높은 SNR 영역에서는 균등 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)이 최적의 모양임을 알 수 있다. 반면에, 낮은 SNR 영역에서 설계된 최적의 비균등성상도 모양을 살펴보면, 여러 개의 성상점들이 한군데로 모이는 현상을 볼 수 있다.

그림 2 는 부호율 3/15 을 위해 설계된 64-비균등성상도를 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 64 개의 성상점은 16 개의 그룹으로 결집된 형태를 나타내고 있다. 즉, 각 그룹에 속해있는 4 개의 성상점은 거의 동일한 위치에 존재하기 때문에, 수신기에서 이들 성상점들을 구별할 수 없게 된다. 이러한 특징으로부터, 각 심볼을 구성하는 6 개의 비트 중 붉은색으로 표시된 마지막 2 개의 비트는 거의 정보를 가지고 있지 않으며, 나머지 4 개의 비트들에만 실제로 유용한 정보가 담겨 송수신 되고 있음을 짐작할 수 있다.

결과적으로, 이러한 결집형 성상도는 심볼을 구성하는 비트들 중 일부에만 정보를 담고 있는 것을 특징으로 한다. 이 점을 이용하여, 수신기에서 심볼을 구성하는 각 비트에 대한 LLR(Log-Likelihood Ratio)를 계산할 때 마지막 2 비트에 대해서는 계산하지 않고, 나머지 4 비트에 대한 LLR 값만을 계산하는 것을 제안한다. 마지막 2 비트에 대한 LLR 값은 별도의 계산 없이 간단하게 0 으로 설정하면 된다. 이러한 방법을 통해 64-비균등성상신호의 복호복잡도를 그림 2 의 결집된 16-비균등성상신호의 복호복잡도 수준으로 크게 낮출 수 있다. 붉은색의 마지막 2 비트는 성상신호 복호에서는 구별될 수 없으나, 강력한 오류 정정부호의 복호 과정에서 복원될 것이다.

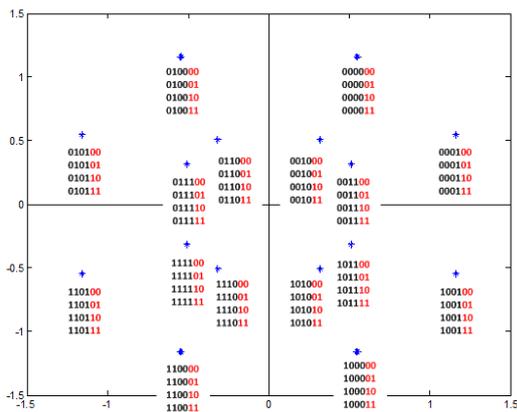


그림 2. 부호율 3/15 인 채널코드를 위한 64-비균등성상도

그림 3 은 부호율 3/15 인 채널코드를 위한 64-비균등성상도의 bit-wise capacity 를 나타낸 그림이다. 그림 2 의 붉은색 비트에 대응되는 5 번째와 6 번째 비트는 bit-wise capacity 측면에서도 0 에 가까운 스펙트럼 효율을 가지는 것을 볼 수 있다. 즉, 각 심볼을 구성하는 마지막

2 개의 비트는 정보를 거의 가지고 있지 않음을 의미한다. 그림 3 을 통해, 마지막 2 비트에 대한 LLR 값은 별도로 계산하지 않아도 될 것임을 다시 한 번 확인 할 수 있다.

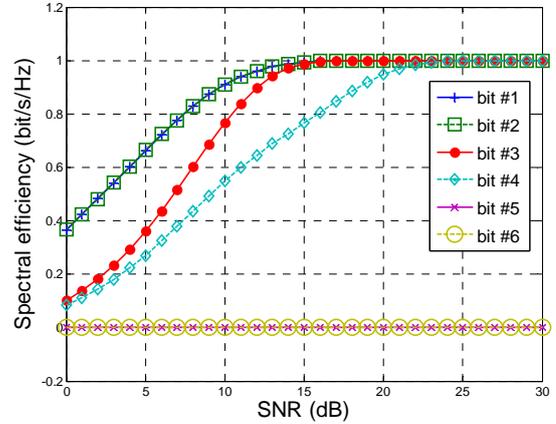


그림 3. 부호율 3/15 인 채널코드를 위한 64-비균등성상도의 bit-wise capacity

그림 4 는 AWGN 채널환경에서 부호율이 3/15 인 LDPC 과 결합된 64-비균등성상의 BER 및 FER 성능을 나타내고 있다. 64-비균등성상은 자신의 작동 SNR 에 맞추어 최적화 되어 설계되었다. 64-비균등성상에 대해 16-비균등성상으로 근사시켜 LLR 복호를 수행하였다. 즉, 성상심볼을 구성하는 비트 중 유효비트는 4 비트이다. 성능그래프에서 검은색사각형은 심볼을 구성하는 모든 6 비트의 LLR 을 계산하였을 때의 성능이며, 붉은색원은 제안된 기법을 사용하여 4 개의 비트에 대한 LLR 만을 계산하고 마지막 2 비트에 대한 LLR 은 별도의 계산없이 0 으로 설정하는 기법을 사용하였을 때의 성능이다. 성능 그래프에서 알 수 있듯이, 제안된 기법을 사용 하였을 때, 어떠한 성능 저하도 발견되지 않았다. 해당 시뮬레이션 결과를 바탕으로, 제안된 복호 기법이 복호 복잡도는 크게 낮추면서도 BICM 의 성능을 그대로 제공하고 있음을 알 수 있다.

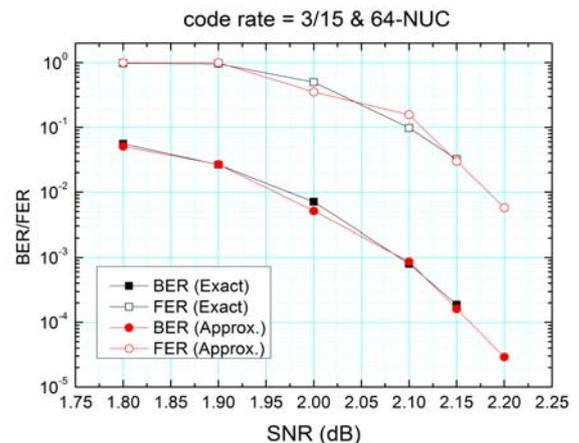


그림 4. 64-비균등성상도에 대한 성능비교

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R0101-15-294, 융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발]

## 참고문헌

- [1] G. Caire, G. Taricco, and E. Biglieri, "Bit-interleaved coded modulation," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 44, no. 3, pp. 927-946, May 1998.
- [2] C. Fragouli, R. D. Wesel, D. Sommer, and G. P. Fettweis, "Turbo codes with nonuniform constellations," *IEEE ICC*, Jun. 2001.
- [3] G. D. Forney Jr. and L.-F. Wei, "Multidimensional constellations – Part I: Introduction, figures of merit and generalized cross constellations," *IEEE Journal on Select. Areas in Commun.*, vol. 1, no 6, Aug. 1989.
- [4] J. Zoellner, N. Loghin, "Optimization of High-order Non-uniform QAM Constellations", *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting 2013 (BMSB 2013)*, mm13-44, June. 2013.
- [5] S. I. Park, H. M. Kim, Y. Wu, and J. Kim, "A Newly Designed Quarter Rate QC-LDPC Code for the Cloud Transmission System," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 59, no. 1, March 2013.
- [6] ETSI. EN 302 755 V1.3.1 (04/12) Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), *European Telecommunications Standards Institute*. Geneva, August 2012.
- [7] ETSI. TS 102 831 V1.2.1 (08/12) Implementation Guidelines for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2), *European Telecommunications Standards Institute*, Geneva. 2012.