

ATSC 지상파 DTV 시스템에서 부가데이터 전송을 위한 계층 변조된 4-Level 진폭 변조 방식

이영준, 이유리, *박성익, *김홍목, 김형남
부산대학교 전자전기공학과, *한국전자통신연구원
e-mail : *hnkim@pusan.ac.kr*

Hierarchically Modulated 4-Level Amplitude Modulation for Additional Data Transmission in the ATSC Terrestrial DTV system

Young-Jun Lee, Yu-Ri Lee, Sung Ik Park*, Heung Mook Kim*, Hyoung-Nam Kim
School of Electrical Engineering, Pusan National University
*Electronics and Telecommunications Research Institute.

Abstract

본 논문은 ATSC 지상파 DTV 시스템에서 기존 채널 부호 기반 부가데이터 전송기법의 데이터 전송용량을 효율적으로 증대시키기 위한 계층변조된 4-Level 진폭 변조 부가데이터 전송기법을 제안한다. BPSK 방식으로 삽입되어 전송되는 기존 부가데이터를 4-Level 진폭 변조 방식으로 삽입하여 전송할 경우, 데이터 전송용량은 2배로 증가시킬 수 있으나 추가된 데이터의 수신 성능 열화가 CNR 기준, 약 7dB 이상 발생하게 된다. 이러한 수신 성능 열화는 다중 레벨 진폭 변조를 적용할 경우 불가피하게 발생하게 되는데, 본 논문에서는 이러한 추가데이터의 수신 성능 열화 정도를 완화시키기 위해, 변조 지수(modulation index)가 0.5보다 큰 계층변조가 적용된 4-Level 진폭 변조로 부가데이터를 전송하는 기법을 제안하고, 다양한 변조 지수에 따른 부가데이터의 수신 성능을 분석한다. 제안된 부가데이터 전송기법은 일반적인 4-Level 진폭 변조 방식으로 삽입하여 부가데이터를 전송하는 기법에 대비 약 2.8 dB의 추가데이터 수신 성능 이득을 가진다.

I. 서론

최근 기존의 ATSC 지상파 DTV 방송망을 이용한 재난 방송, 위치 인식 서비스, 모바일 DTV 방송 또는 비실시간 방송과 같은 차세대 방송 서비스 전송에 대한 요구가 증대되고 있다. 이러한 서비스들을 수용하기 위해, 기존 DTV 방송망에 악영향을 끼치지 않으며 추가적으로 데이터를 전송할 수 있는 기법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 [1-2]. 캐나다 CRC (Communication Research Center)를 중심으로 연구된 TxID 신호 기반 부가데이터 전송기법은 대역 확산 기술을 사용하여 저속으로 데이터를 전송하고, 전송모드에 따라 약 40

~ 160 bps의 데이터 전송률을 가진다. 이 전송기법은 구현이 간편하고 재난 방송과 같은 텍스트 서비스를 제공하기에는 적합하나, 고용량의 멀티미디어 자료를 전송하기에는 부적합하다.

이에 대한 대안으로 국내의 한국전자통신연구원 (ETRI : Electronics Telecommunications Research Institute)을 중심으로 개발된 채널 부호 기반 부가데이터 전송기법은 약 1 Mbps의 높은 전송용량을 가지나, 차세대 방송 서비스를 수용하기 위해서는 보다 높은 2 Mbps의 전송용량이 요구된다. 따라서 기존의 BPSK 변조 방식으로 삽입되는 부가데이터를 4-Level 진폭 변조방식으로 삽입하여 전송함으로써 데이터 전송용량을 2배로 증가시킬 수 있다. 그러나 불가피하게 추가된 데이터의 수신 성능 열화가 CNR 기준, 약 7dB 이상 발생하게 된다.

본 논문에서는 4-Level 진폭 변조 적용으로 인해 발생하는 수신 성능 열화를 완화시키기 위해, 변조 지수(modulation index)가 0.5보다 큰 계층변조가 적용된 부가데이터 전송 기법을 제안하고 다양한 변조 지수에 따른 부가데이터의 수신 성능을 분석한다. 제안된 부가데이터 전송기법은 일반적인 4-Level 변조 방식이 적용된 부가데이터 전송기법 대비 약 2.8 dB의 수신 성능 이득을 가진다.

II. 계층 변조된 4-Level 진폭 변조 부가데이터 전송기법

그림 1은 4-Level 로 삽입되는 부가데이터 신호의 성상을 나타낸다. 4-Level 진폭 변조 방식을 적용할 경우, 데이터 전송용량은 2배 증가시킬 수 있으나 부가데이터 수신 성능의 열화가 불가피하게 발생

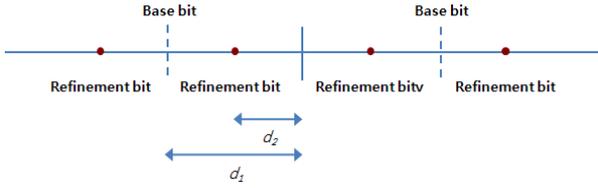


그림 1. 4-Level 진폭 변조된 부가데이터 신호 성상.

한다 [3]. 일반적으로 4-Level 진폭 변조된 심볼간의 거리를 그림 2에 표시된 기호로 나타낸다고 가정하면, 4-Level 진폭 변조로 인해 열화되는 Base bit 및 Refinement bit의 BER (Bit Error Rate) 성능은 각각 식 (1) 및 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{base} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{d}{\sqrt{N_0}} \right) + \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{3d}{\sqrt{N_0}} \right) \right] \quad (1)$$

$$P_{refinement} = \frac{1}{4} \left[2 \operatorname{erfc} \left(\frac{d}{\sqrt{N_0}} \right) - \operatorname{erfc} \left(\frac{5d}{\sqrt{N_0}} \right) + \operatorname{erfc} \left(\frac{3d}{\sqrt{N_0}} \right) \right] \quad (2)$$

이러한 성능 열화를 완화시키기 위해, 본 논문에서는 계층변조가 적용된 채널 부호 기반 부가데이터 전송기법을 제안한다. 일반적으로 계층변조 (Hierarchical Modulation)란 기존 방송 서비스를 그대로 유지하면서 전송 효율을 높이기 위해 고려된 변조방식으로 그림 2와 같이, 기존 신호 (Base bits)에 부가적인 신호 (Refinement bits)를 추가하여 전송하는 방식이다. 계층변조에서 변조 지수 (modulation index), λ 는 다음 식 (3)과 같이 정의되며 변조 지수의 범위에 따라 다음과 같이 Base bit 및 Refinement bit의 수신 성능이 좌우된다.

$$\lambda = 1 - \frac{d_2}{d_1} \quad (3)$$

- 1) λ 가 0인 경우, 기존의 BPSK 방식과 같은 수신 성능을 보인다.
- 2) λ 가 0.5인 경우, 일반적 4-Level 진폭 변조 방식과 같은 수신 성능을 보인다.
- 3) λ 가 0보다 크고 0.5보다 작은 경우, Base bit의 수신 성능은 개선되고, Refinement bit의 수신 성능은 열화된다.
- 4) λ 가 0.5보다 크고 1.0보다 작은 경우, Base bit의 수신 성능은 열화되고, Refinement bit의 수신 성능은 개선된다.

따라서 변조 지수 λ 를 0.5보다 크게 설정하는 경우, 기존 데이터인 Base bit의 수신 성능은 열화되나 추가 데이터인 Refinement bit의 성능 열화 정도를 크게 완화할 수 있다. 그림 2는 CNR (Carrier to Noise Ratio)에 따른 부가데이터의 수신 성능을 나타낸다. 일반적인 4-Level 변조 방식의 경우, 기존의 1 Mbps 부가데이터 전송기법 대비, 10^{-4} BER을 기준으로 Base bit는 약 1.3 dB, Refinement bit는 약 7.1 dB 정도의 수신 성능 열화가 발생한다. 그러나 변조 지수 λ 가 0.8인 제안된 부가데이터 전송기법의 경우, 10^{-4} BER을 기준으로 Base

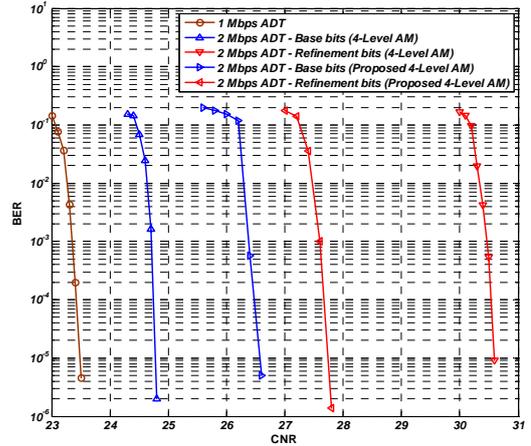


그림 2. CNR에 따른 부가데이터 수신 성능.

bit는 약 2.8 dB, Refinement bit는 약 4.3 dB 정도의 수신 성능 열화가 발생한다. 따라서 제안된 계층변조를 적용한 부가데이터 전송기법은 기존의 기법에 비해 약 2.8 dB의 CNR 성능 이득을 가지는 것을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 ATSC 지상파 DTV 시스템에서 기존 채널 부호 기반 부가데이터 전송기법의 데이터 전송용량을 효율적으로 증가시키기 위한 계층변조된 4-Level 진폭 변조 부가데이터 전송기법을 제안하였다. 제안된 부가데이터 전송 기법은 일반적인 4-Level 진폭 변조 기반 부가데이터 전송기법에 비해 수신 성능 열화를 최소화하면서 2배의 데이터 전송할 수 있다. 따라서 제안된 부가데이터 전송기법은 기존 ATSC 지상파 DTV 방송망의 전송효율 고도화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음 (09912-02001)

참고문헌

- [1] X. Wang, Y. Wu, and J.-Y. Chouinard, "Robust Data Transmission Using the Transmitter Identification Sequences in ATSC DTV Signals," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 1, Feb. 2005.
- [2] S. I. Park, J.-Y. Lee, H. M. Kim, and W. Oh, "Transmitter identification signal analyzer for single frequency network," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 54, no. 3, pp. 383-393, Sept. 2008.
- [3] Pavan K. Vitthaladevuni, Mohamed-Slim Aloumi, "A Closed-form expression for the exact BER for generalized PAM and QAM Constellations," IEEE Transactions on Communications, Vol.52, No. 5, pp. 698-700, 2004.