

일반논문-10-15-5-08

지상파 3D HDTV 전송을 위한 ATSC 전송 시스템의 확장 및 수정에 관한 연구

오종규^{a)}, 김준태^{a)‡}

A Modification of ATSC Transmission System for Terrestrial 3D HDTV Broadcasting

Jong Gyu Oh^{a)} and Joon Tae Kim^{a)‡}

요 약

본 논문에서는 3D HDTV 방송 서비스를 제공하기 위해 필요한 증가된 데이터를 단일 지상파 채널을 통하여 전송하기 위해서, 기존 ATSC 전송 시스템[1]을 확장하고 수정하여 전송 용량 증대의 가능성을 살펴보았다. 이를 위해 기존의 ATSC 8-VSB 전송 시스템의 성능을 살펴보고 이를 지표로 삼은 뒤 기존의 RS + TCM 채널 부호화 대신 BCH + LDPC 부호를 이용하여, 부호화율을 변화시키고 변조 성상도를 증가시키면서 적절한 수준의 TOV(Threshold of Visibility)에서의 전송 용량 증대의 가능성을 확인하였다. 최대한 기존 전송 표준의 요소기술을 유지하고자 하나 최대한의 전송 용량 증대를 위하여 완벽한 역호환성은 유럽의 DVB-T2 시스템처럼 고려하지 않았다.

Abstract

In this paper, we examined the possibility of the transmission capacity increase by an extension and a modification of ATSC 8-VSB transmission system^[1] for broadcasting a 3D HDTV services through 6 MHz terrestrial channel. First we examined the performance and the limit of conventional ATSC 8-VSB transmission system. After that LDPC & BCH code are employed instead of conventional RS & TCM code and the transmission parameter is founded for the capacity increase with reasonable TOV by varying the code-rates and increasing the modulation constellation. We do not consider the perfect backward compatibility for maximum transmission capacity increase like DVB-S2 system.

Keyword : 3D HDTV Terrestrial Broadcasting, Modified ATSC Transmission System, 3D TV

1. 서론

a) 건국대학교 전자공학과 차세대방송통신연구실
Department of Electronic Engineering, Konkuk University
‡ 교신저자 : 김준태(jtkim@konkuk.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI0035618, 차세대 지상파 3D HDTV를 위한 고효율 전송기술 개발] 접수일(2010년7월5일), 수정일(2010년9월10일), 게재확정일(2010년9월10일)

최근 들어 3D TV에 대한 연구가 영상 획득, 영상 압축, 그리고 영상 디스플레이 분야에 걸쳐 매우 활발하게 이루어지고 있다^{[2][3][4]}. 특히 디스플레이 분야에서는 능동식 혹은 수동식 편광 안경을 착용하고 시청 가능한 상용 3D HDTV 제품들이 현재 출시되고 있다^[5]. 또한 한국정보통신

기술협회 (TTA)를 중심으로 3D HDTV 서비스를 위한 동영상 압축방식, 전송 방식, 그리고 디스플레이 인터페이스에 관한 표준화의 필요성을 인식하고 이를 위한 표준화 위원회가 설립되었다^[6]. 그러나 지상파로 어떤 전송 기술을 사용하고 어떻게 채널을 할당하여 3D HDTV 를 서비스 할 것인지에 대한 논의는 아직 미미한 상태이다.

유럽에서는 기존의 지상파 전송 방식인 DVB(Digital Video Broadcasting)-T(Terrestrial) 시스템을 개량하여 약 30% 정도의 전송 용량 증대를 가져오는 DVB-T2 시스템^[8]을 표준화 하여 현재 실험 방송을 수행하고 있다. 이 방식은 최대한의 용량 증대를 위하여 기존의 DVB-T 시스템과의 역 호환성을 가져가지 않았으며 3D 전송 시스템을 목적으로 하여 만들어 진 것은 아니나, 전송 용량의 고효율화로 인하여 차후 3D 서비스가 이루어 질 경우 DVB-T2 시스템이 지상파 전송방식으로 사용될 가능성이 높다. 반면에 국내에서는 미국 ATSC (Advanced Television Systems Committee)에서 제정한 8-VSB (Vestigial Side Band) 전송 시스템^[1]을 국내 지상파 방송 표준으로 사용하고 있으며 6MHz 의 TV 채널 대역폭에서 약 19.2 Mbps의 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 이 전송방식에 사용된 요소기술들은 이미 20년 전에 사용되어 만들어 지던 것으로 차세대 실감 방송 (3D 혹은 UD)을 위한 전송 기술로 적합하지 않다.

본 논문에서는 3D HDTV 방송 서비스를 제공하기 위해 필요한 데이터를 단일 지상파 채널을 통하여 전송하기 위해서, 기존 ATSC 전송 시스템을 확장하고 수정하여 전송 용량 증대의 가능성을 살펴보고자 한다. 최대한 기존 전송 표준의 요소기술을 유지하고자 하나 최대한의 전송 용량 증대를 위하여 완벽한 100% 역호환성은 유럽의 DVB-T2 표준처럼 고려하지 않고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 지상파로 3D HDTV 방송 서비스를 제공할 수 있는 몇가지 시나리오를 검토하여 보고자 한다. 이후 3장에서는 기존 ATSC 전송 시스템을 간단하게 살펴보고 기존 시스템의 성능을 검증해 보고자 한다. 이 성능은 앞으로 소개될 확장된 ATSC 전송 시스템의 전송 용량 증대 및 잡음 특성을 비교하기 위한 지표로 사용될 것이다. 또한 4 장에서는 채널 부호화로 채널 LDPC(Low Density Parity Check) 부호화 및 복호화

^[13], 그리고 변조 정상도의 확대에 따르는 전송 용량의 변화 및 그 사양에서의 끊김 없는 영상을 수신하기 위한 최소 채널의 신호 대 잡음 비(TOV : Threshold of Visibility) 값을 살펴보고자 한다. 5장에서는 모의 실험결과를 토대로 최적의 전송 시스템을 위한 파라미터에 대하여 살펴보고, 끝으로 앞으로 추가 연구되어야 할 부분에 대하여 기술하며 본 논문의 끝을 맺는다.

II. 3D HDTV 서비스를 위한 다양한 전송 구조들

본 장에서는 2D 및 3D HDTV 서비스를 동시에 제공하기 위한 다양한 전송 형태들을 필요한 전송 채널 수, 동영상 압축 방식, 전송 방식, 그리고 역호환성 면에서 살펴보도록 한다.

3D HDTV 방송 서비스를 위한 스테레오 영상신호를 전송하는 가장 간단한 방법은 그림 1의 (a)와 같이 두 개의 지상파 채널을 통하여 왼쪽과 오른쪽의 카메라에서 얻어진 2D 영상들을 각각 MPEG2 동영상 압축방식을 사용하여 압축하고 기존의 알려진 HDTV용 전송기술(국내의 경우는 ATSC 표준의 8-VSB 방식)을 사용하여 두 채널에 나누어 각각 전송하는 것이다. 이 경우 2D 수신기는 둘 중의 한 채널만 수신하고, 3D 수신기는 두 채널을 모두 수신하면 완벽한 역 호환성을 유지하면서 화질의 손상이 없는 최상의 2D 및 3D 방송 서비스가 가능해 질 수 있다. 그러나 이 경우 3D 방송 서비스를 위하여 지상파 채널을 하나 더 사용해야 하는 단점이 있어서 한정된 채널수에 많은 TV 프로그램을 서비스 하고자 하는 경우에 적합하지 않다.

단일 채널을 통해 2D 및 3D HDTV 방송 서비스를 역호환성을 유지하면서 지상파를 통해서 동시에 제공하는 현실적인 일환으로 그림 1의 (b)와 같이 기존 19.2 Mbps의 전송 페이로드 용량 중 약 12Mbps정도를 MPEG2로 압축된 2D 정보(혹은 왼쪽 영상 정보)를 전송하고 나머지 페이로드에 H.264 방식으로 압축된 깊이 정보(혹은 오른쪽 영상정보)와 오디오 정보를 전송하는 방식을 고려해 볼 수 있다. 이 방식은 기존 2D 수신기로는 2D 정보가 담겨있는 ES

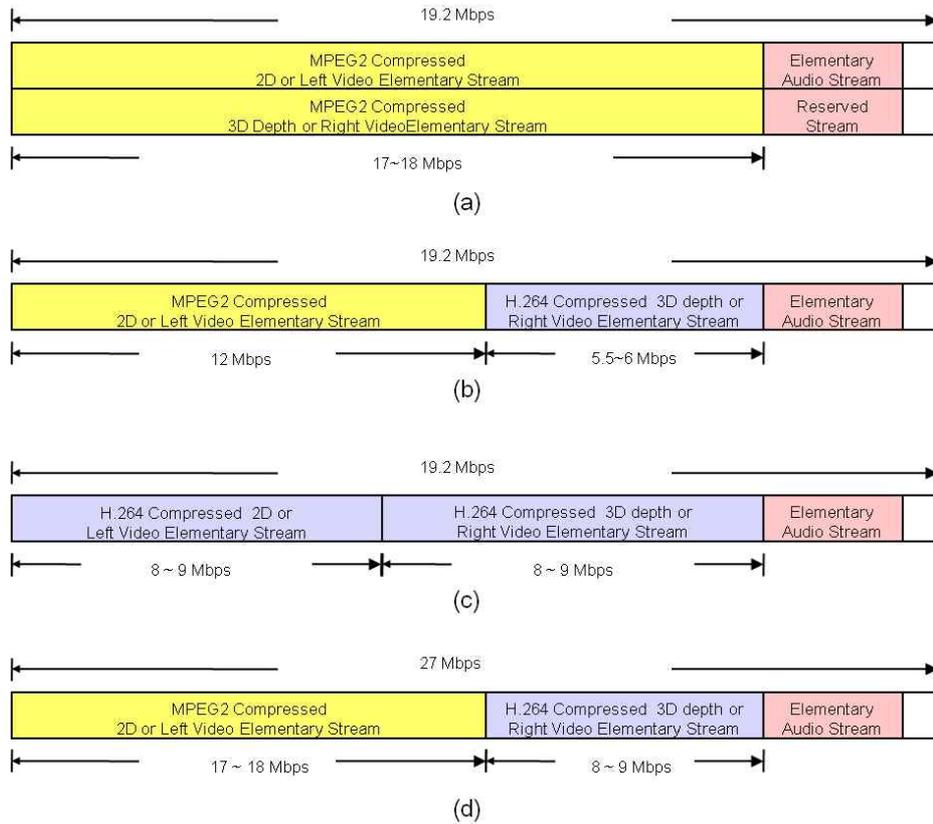


그림 1. 2D 및 3D 방송 서비스를 제공하기 위한 전송 형태들
 Fig. 1. Transmission layers for 2D and 3D broadcasting service

(Elementary Stream)만을 받아서 처리하고, 3D TV 수신기는 양쪽 카메라 정보의 ES를 모두 받아서 처리하면 되므로 완벽한 100% 역 호환성을 보장한다. 이처럼 기존 전송 시스템을 이용하고 3D 서비스 내의 2D 서비스를 위한 역호환성이 유지되며 또한 단일 전송채널에서 서비스 가능하다는 측면 때문에 이 방식을 3D HDTV의 실험 방송 방식으로 채택하여 실험 서비스를 실시하고 있다⁷⁾. 그러나 18Mbps 이상의 고화질로 압축된 HD TV 수신에 익숙한 2D 서비스 사용자들에게는 12Mbps 로 압축 데이터의 양이 줄었을 경우 그로 인한 화질 저하를 느낄 수 있어서 이로 인한 새로운 문제가 야기될 소지가 있다는 단점 또한 내포하고 있다.

한편 화질 저하 없이 단일 채널을 통해 2D 및 3D HDTV 서비스를 하는 방법으로 그림 1의 (c)와 같이 스테레오 HD 영상정보를 각각 최신의 동영상 압축 기술인 H.264 기술을

사용하여 압축하고 압축된 두 영상정보를 함께 다중화 하여 한 채널에 모두 전송하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이 방법은 H.264 의 압축 기술이 기존 MPEG2 기술에 비해 동일 화질을 유지하면서 압축률을 두 배로 높일 수 있다는 사실을 이용하는 것으로 6MHz 대역의 단일 TV 채널에 양쪽 카메라 정보를 함께 전송하는 것이 가능해진다. 이 방법은 2D 및 3D 의 화질 저하 없는 최상의 서비스의 지원을 가능케 하지만 2D 서비스만을 받기 위해서도 비디오 처리부가 H.264 복호 기술을 지원하도록 변경되어야 하기 때문에 역호환성 면에서 큰 무리가 따른다.

또 다른 방법은 기존 2D 정보(혹은 왼쪽 카메라 영상 정보)는 MPEG2 로 압축 하고 3D전용 정보(혹은 오른쪽 카메라 영상정보)는 H.264 압축 부호화 기술로 압축하는 것이다. 이때 왼쪽 및 오른쪽 영상 정보의 화질이 기존 2D

HDTV 의 화질과 동등하게 유지되도록 압축할 경우 3D HDTV 서비스를 위한 총 데이터의 양은 2D 데이터에 비해서 약 40~50% 정도 늘어나게 된다. 이 방식은 전송 스트림 규격을 MPEG2 TS(Transport Stream) 형태를 사용할 경우 기존의 2D 수신기는 2D 정보를 담고 있는 ES만을 수신하여 MPEG2 비디오 복호하여 2D 영상을 얻어내고, 3D 수신기는 2D ES를 추출하여 MPEG2 비디오 복호기로 그리고 3D ES는 H.264 복호기로 복호하여 두 정보를 합쳐 3D 영상을 얻어 낼 수 있다는 면에서 완벽한 역 호환성은 유지되지 않지만 2D 및 3D 서비스를 최고의 화질로 제공할 수 있게 된다는 장점이 있다. 그러나 전송 데이터의 용량이 기존 2D서비스를 위한 데이터 용량보다 약 1.5배가 증가 되게 됨으로써 기존 ATSC 표준인 8VSB 전송 방식을 사용해서는 증가된 데이터를 단일 채널인 6MHz 대역을 통해서 전송하기가 어려워지게 된다.

III. ATSC 표준 8-VSB 전송 시스템

본 장에서는 국내 HDTV의 전송 표준인 ATSC 8-VSB 시스템의 구성도 및 그 성능을 살펴보고자 한다. 전송 신호에서 부가되는 파일럿 신호와 동기 및 채널 등화에 도움을 주는 필드 동기 및 세그먼트 동기 신호는 AWGN (Additive White Gaussian Channel) 채널 상황 하에서의 시스템의 성능에 영향을 끼치지 않으므로 무시하였다. ATSC 전송 시스템의 성능을 살펴보기 위한 이산 등가 송수신 모델의 구

성도를 아래 그림 2와 같이 나타내었다.

MPEG2 TS 형태로 패킷화 된 188 바이트의 전송패킷 (TP: Transport Packet)은 패킷 헤더(0x47 값)를 제외하고 RS(Reed-Solomon) 부호화 (외부부호)^[14]가 이루어 진후 길쌈 바이트 인터리빙을 거쳐 TCM (Trellis Coded Modulation) 부호화(내부 부호)^[15]를 거친다. 위 그림에서는 길쌈 인터리버를 제외하였는데 이는 AWGN 채널에 대해서 특별한 성능 개선을 보이지 않기 때문이다. 2비트의 입력을 받아 3비트로 TCM 부호화된 데이터는 8개의 정상도중의 하나로 펄스 진폭 변조(PAM: Pluse Amplitude Modulation)되어 심벌로 매핑(Mapping)된다. 이때 정상도는 Gray 부호화 형태로 사상되지 않는데 이는 TCM 변조 자체가 부호화 및 심벌 사상을 동시에 수행하면서 부호이득을 얻는 특성 때문이다. 이 시스템의 심벌 데이터 전송률(Data Rate)은 10.76 MHz 이며 Roll-Off 값이 0.1152로 설정된 복소수 펄스 성형 필터를 통하여 아날로그 신호로 변환되고 RF (Radio Frequency) 대역으로 천이된 후 안테나를 통하여 전송되게 된다. 위 그림에서는 펄스 변조 후 아날로그 신호변환 및 주파수 천이과정, 아날로그 대역에서의 AWGN 채널, AD(Analog to Digital) 변환 후의 기저대역으로의 주파수 역천이, 정합필터링 그리고 심벌 순간에서의 샘플링 과정을 이산 등가 AWGN 채널로 단순하게 표현하였다.

이 시스템에서의 데이터 전송률을 살펴보면, TCM 은 부호화율이 2/3 이고 8-PAM 심벌 매핑으로 3비트 정보가 매 심벌에 담겨져 있으므로 매 심벌당 2비트의 정보가 전달된다고 볼 수 있다. 또한 이 데이터 중에 실제 순수 데이터는

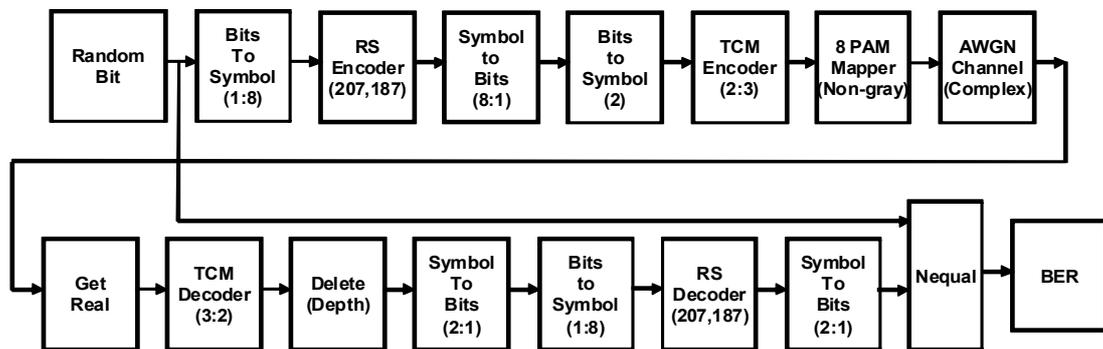


그림 2. 이산 등가 AWGN 채널에서의 ATSC 8-VSB 송수신 시스템 모델
 Fig. 2. Discrete equivalent ATSC 8-VSB transmission system model over AWGN channel

RS 부호화율에 의해서 187/207 만큼 줄어든다. 따라서 필드 및 세그먼트 동기신호를 무시할 경우 이론적인 데이터 전송률을 R 이라고 하면, R 은 다음 식(1) 과 같이 표현된다.

$$R = \frac{187}{207} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10.76\text{Mbps} = 19.44\text{Mbps} \quad (1)$$

참고로 실제 동기 및 채널 추정을 위한 세그먼트 동기 신호를 고려한다면 실제 데이터 전송율은 $R \cdot (312/313) \cdot (828/832) = 19.28\text{Mbps}$ 가 되며 식 (1) 과 비교해 볼 때 전체 페이로드 데이터의 약 1% 정도가 부가 데이터로 보내지고 있음을 알 수 있다^[1]. 즉, ATSC 8-VSB 시스템은 부호화율 0.9 의 값으로 19.44 Mbps 의 데이터를 Roll-Off 값 0.1152 를 사용하여 6MHz의 대역폭을 통해 전송하고 있으며 이 중 실제 페이로드 데이터는 약 99%를 차지하고 수신단의 동기 복구를 위한 보조데이터는 약 1% 미만을 차지하는 것으로 볼 수 있다.

다음은 ATSC 전송 시스템의 성능을 살펴보고 부호화 되지 않은 4-VSB 시스템과의 성능 비교해 보고자 한다. 아래

그림 3은 전송 심벌률(Symbol Rate)을 고정 시킨 상태에서의 비부호화(Uncoded) 4-PAM(4-VSB), TCM 부호화된 8-PAM(8-VSB) 그리고 RS-TCM 부호화된 8-VSB 전송 시스템에 대한 신호대 잡음비 (SNR : Signal To Noise Ratio)에 따른 비트 오류율을 보여 주고 있다. 여기서 비터비 복호시의 복호 깊이는 16 으로 설정하였다. 여기서 4-VSB 와 4-PAM 은 심벌을 아날로그 신호로 변환하기 위한 펄스의 형태에 따라서 구분지어 지는 것으로 대역폭이 양측 대역폭(DSB : Double Side Band)인지 혹은 단측 대역폭(SSB : Single Side Band, VSB : Vestigial Side Band)인지만의 차이를 보이고 실제 전송 성능에는 구분이 없으므로 본 논문에서 혼용하여 쓰일 수 있음을 밝히고자 한다.

일반적으로는 부호화된 시스템이 부호화되지 않은 시스템에 비하여 얼마나 비트정보를 신뢰성 있게 보내는가에 대한 평가 기준으로 E_b/N_0 (Energy per bit to Noise density)의 변화에 대한 BER (Bit Error Rate)의 값을 지표로 삼는다. 이는 동일한 양의 순수 데이터 비트를 보낸다고 가정할 경우의 채널 잡음에 대한 비트 오류율을 비교하는 것

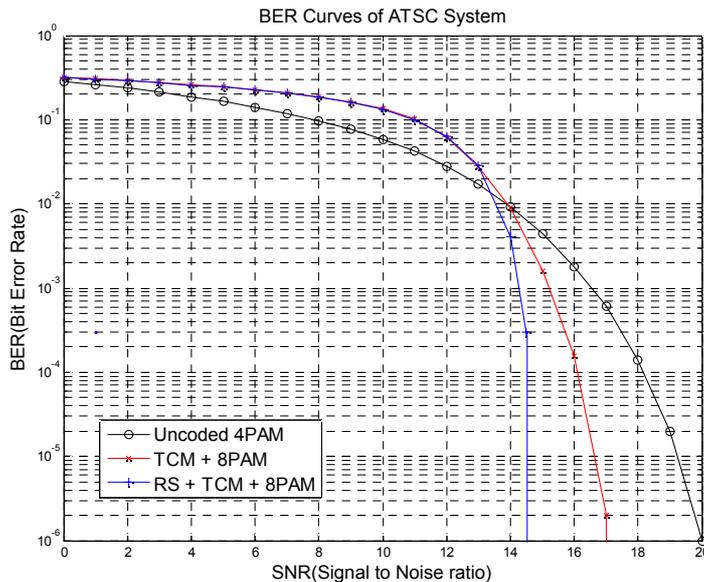


그림 3. ATSC 8-VSB 전송 시스템의 오류 성능 곡선 (a) 비부호화 4-PAM 시스템의 BER (b) TCM 부호화된 8-PAM 시스템의 BER (c) RS + TCM 8-PAM 시스템의 BER
 Fig. 3. BER Performance of ATSC 8-VSB transmission system (a) BER of uncoded 4-PAM system (b) BER of TCM coded 8-PAM system (c) BER of RS + TCM coded 8-PAM system

으로 대역폭의 증가는 고려하지 않게 된다. 따라서 본 본문에서처럼 대역폭이 고정된 상황에서의 (혹은 전송 심벌율이 고정) 시스템 성능 비교에 있어서는 Es/No (Energy per Symbol per Noise power spectral density) 혹은 SNR 을 변화시켜가면서 비트오류율을 조사하는 것이 더욱 용이하며 각 경우의 데이터 전송률은 부호화율 및 심벌 변조 성상도를 통하여 쉽게 얻어진다. 또한 ATSC 시스템에서는 신호를 전송할 시에 8-PAM 매핑 된 심벌에 1.25 값의 DC (Direct Current) 성분을 더해 보내게 된다. 이 성분은 통과대역에서 파일릿 신호로 작용을 하여 반송파 복구시에 사용된다. 그러나 이 성분 또한 수신 성능과는 상관이 없으므로 무시하고자 한다.

그림 3에서 볼 수 있듯이 비부호화 4-PAM (혹은 4-VSB) 시스템의 BER 성능 곡선은 부호화 하지 않는 비트 오류율이 10^{-6} 을 보이기 위해서 필요한 채널의 SNR 값은 20dB 가까이 필요함을 알 수 있다. 물론 이 경우에 대한 데이터 전송량은 심벌율의 2배인 21.52Mbps 가 된다. 반면에 내부 부호인 TCM 부호화된 8-PAM 시스템의 경우 10^{-6} 비트 오류율을 보이기 위해서는 약 17 dB의 SNR 값이 필요하므로, 비부호화 4-PAM 시스템 보다 약 3 dB 의 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다. TCM 부호화된 8-PAM 시스템의 경우, TCM 부호화는 부호로 인한 비트의 증가를 성상도의 증가로 흡수하므로 데이터 전송률은 비부호화 4-PAM 시스템의 경우와 같이 21.52 Mbps로 동일하다. 그러므로 위의 결과를 통해 TCM 부호화된 8-PAM 시스템은 데이터 전송율의 손실 없이 부호 이득을 얻는다는 사실을 알 수 있다. 마지막으로 외부 부호로 (207,187)의 RS 부호를 같이 사용했을 경우의 성능곡선에서 비트 오류율을 10^{-6} 이하로 떨어뜨릴 수 있는 SNR 값은 약 14.5 dB 임을 알 수 있다. 이 값을 일반적으로 영상을 끊김 없이 볼 수 있는 임계치를 일컬으며 TOV (Threshold of Visibility)라고 한다. 물론 이 때의 순수 데이터 전송률은 187/207 만큼 줄어든 19.44 Mbps 가 된다. 한편 AWGN 채널 상황 하에서의 Shannon 극한 값은 아래 식 (2)와 같이 표현되므로

$$\frac{C}{W} = \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (2)$$

SNR 값이 14.5 dB 인 상황에서의 단위 주파수 대역당 전송 효율 (대역 효율이라고 일컬으며 Bandwidth Efficiency로 표현한다)의 극한값은 식 (3)과 같다.

$$\frac{C}{W} = \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (2)$$

$$\log_2 \left(1 + 10^{\frac{14.5 \text{ dB}}{10}} \right) = 4.8671 \quad (3)$$

이 때, 펄스 성형 필터의 이상적 대역폭 (Roll-Off 값이 0으로 임펄스 응답의 길이가 무한대)에 대한 전송률은 $4.8671 * 5.38 * 10^6 = 26.18 \text{ Mbps/Hz}$ 가 된다. 따라서 SNR 14.5 dB 값을 TOV 값으로 고정 시켜 놓는 다고 할 경우 전송시스템의 수정을 통해서 얻어낼 수 있는 추가 전송량의 이상적 최대 증대분은 식 (4)와 같다.

$$26.18 \text{ Mbps} - 19.44 \text{ Mbps} = 6.74 \text{ Mbps} \quad (4)$$

이는 기존 전송율의 34.67%에 해당한다. 이 결과를 Eb/No 상에서 살펴보면 기존 ATSC 8-VSB 시스템의 경우 TOV가 14.5 dB 인 사실로부터 Eb/No는 식 (5)와 같이 구해 질 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{E_b}{N_o} (\text{dB}) &= \frac{S}{N} (\text{dB}) - 10 \log_{10} \left(\frac{187}{207} \cdot 2 \cdot 2 \right) \\ &= \frac{S}{N} (\text{dB}) - 5.58 \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 ATSC 시스템의 Eb/No 값은 $14.5 - 5.58 = 8.92 \text{ dB}$ 이다. 반면에 대역 효율값이 4.8671 인 경우에 대한 SNR 값과 Eb/No 사이에는 식 (6)과 같은 상관관계가 있다.

$$\frac{S}{N} (\text{dB}) = \frac{E_b}{N_o} (\text{dB}) + \frac{R}{W} (\text{dB}) \quad (6)$$

이를 통해 대역 효율값이 4.8671 이면서 비트오류율을 0으로 생성하는 Eb/No 값은 $14.5 \text{ dB} - 6.87 \text{ dB} = 7.63 \text{ dB}$ 이다. 그 결과로 $8.92 \text{ dB} - 7.63 \text{ dB} = 1.29 \text{ dB}$ 의 추가 부호

표 1. ATSC 8-VSB 전송 시스템의 대역 효율 및 새년 극한값과의 차이
 Table 1. Bandwidth efficiency of ATSC 8-VSB transmission system and difference from Shannon limit

◇ ATSC Standard : 8-PAM Systems									
Specification	Coding & Modulation	Eb/No (TOV)	Bandwidth Efficiency	SNR (Real TOV) (dB)	Payload (neglect pilot)	TOV gain/loss	C/W Shannon Limit	Shannon Payload Limit	Difference between the two C/W
ATSC	RS+TCM 8 PAM	8.92	3.61 (5.58dB)	14.5	19.44	reference	4.87	26.2	1.26

화 이득이 새년 극한값의 전송율을 달성하기 위해서 필요하다는 것을 유추해 볼 수 있다. 이상의 ATSC 시스템의 분석된 성능을 정리하면 아래 표<1>과 같다.

TOV를 위한 Eb/No 값은 8.92 dB 이며, 10.76MHz 의 심벌율로 5.38MHz 의 대역폭에서 순수 데이터를 전송하는 비인 대역 효율값은 식 (6)과 같다.

$$\eta = \frac{R}{W} = \frac{187}{207} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot \frac{10.76}{5.38} = 3.61352657 \quad (6)$$

식 (6)에 의해서 TOV를 위한 SNR값은 14.5 dB 가 된다. 또한 그때의 데이터 전송량은 19.44 Mbps 가 되며 SNR 14.5 dB 에서의 새년극한 대역 효율값은 4.87 bps/Hz, 극한 전송율은 26.2 Mbps 이다. 이 데이터는 확장된 ATSC 전송 시스템의 성능개선에 대한 기준값으로 사용될 것이다.

IV. ATSC 8-VSB 전송 시스템의 수정 및 확장

본 장에서는 ATSC 8-VSB 전송 시스템의 요소기술 중의 일부를 새로운 기술로 수정 혹은 확장 했을 경우에 대한 전송 용량의 증가 및 그에 필요한 TOV 의 값을 살펴보고자 한다. 전송 고도화, 혹은 전송데이터의 용량을 늘리는 일반적인 방법은 변조부에서 성상도의 수를 늘려서 심벌당 전송하는 데이터 비트의 수를 증대 시키고, 그 결과로 성상도 간의 간격이 좁아짐으로써 발생하는 증가된 비트 오류율을 강력한 채널 부호화를 사용하여 낮추는 방법이다.

1세대 지상파 방송 시스템의 전송규격과 관련하여 채널

부호화와 관련된 요소기술들을 살펴보면 ATSC 의 8VSB 방식을 비롯하여 일본의 ISDB-T^[11] 그리고 유럽의 DVB-T 시스템^[9] 모두가 외부 부호로 RS 부호화를 사용하고 내부 부호로 TCM (ATSC) 혹은 길쌈 부호 (ISDB-T 및 DVB-T) 를 사용하였다. 그러나 최근 들어서 유럽의 경우 전송 시스템의 고도화를 위한 시스템의 재개정 및 수정이 있었고 그 결과 DVB-T2 (지상파 채널)^[8], DVB-C2 (케이블 채널) 그리고 DVB-S2 (위성채널)^[10]라는 이름의 표준안을 수립하기에 이르렀다. 이 세 가지 방식 모두 채널 부호화로써 기존 방식과 호환성이 없는 BCH 및 LDPC 부호기술을 채택하였다. 또한 중국의 경우도 DMB-T^[12]라고 하는 표준안으로 블록 사이즈만 약간 다른 BCH 및 LDPC 부호를 채널 부호화로 채택하였다. 이처럼 세계적으로 최근에 제정되는 표준안에서 채택되는 채널 부호화 방식이 모두 LDPC 기술을 채용한 데에는 첫째로 그 채널의 부호화 이득이 거의 새년의 채널 용량 극한까지를 보장해 주고 있고 둘째로 그 부호 및 복호를 위한 구현 또한 VLSI 기술의 발달로 실시간 수행이 가능해 진 때문으로 여겨진다. 실제로 LDPC 부호화에 대한 기술은 1967년 Gallager 라는 사람에 의해 처음 소개 되었으나^[8] 연산량의 과다나 구현의 기술적 어려움으로 빛을 보지 못하다가 90년도 후반에 와서 재조명되기 시작하였다.

따라서 본 장에서는 우선 ATSC 시스템의 채널 부호화 기술로 RS + TCM 부호 대신에 BCH + LDPC 부호화를 채택하여 그에 따르는 성능의 변화 및 전송용량의 증가를 살펴보고자 할 것이다. 이와 아울러 ATSC방식의 경우 8개의 고정 성상도(8-VSB)를 사용하였던 것과 달리 M-ary VSB 변조로 다양한 성상도에 대한 고찰이 함께 이루어 질 것이다. 만약 이 결과를 토대로 하여 지상파 3D-HDTV 전

송을 위하여 목표로 하는 전송용량이 지금 채택하고 있는 BCH + LDPC 부호 도입 및 M-ary VSB 변조로 달성하기 어려운 상황에 이르면 학계에서 소개되고 있는 보다 좋은 채널 부호화 상용 기술의 도입을 검토해야 할 것이다.

1. LDPC 채널 부호

본 절에서는 DVB-T2/DVB-S2/DVB-C2 시스템에서 채용하는 BCH 부호화 및 LDPC 부호화를 살펴보기로 한다. 여러 가지 다양한 블록 사이즈의 LDPC 부호화 중에 특별하게 위 표준에서 사용하는 부호사양을 채택한 이유는 우선 부호화 과정과 부호 이득이 잘 알려지고 검증되었으며 또한 이 부호를 채택한 여러 전송 표준이 있어서 본 절에서 다루는 ATSC전송 시스템의 확장 시에 그 시스템과의 공정한 비교를 하기에도 도움이 되기 때문이다. [2]에서 소개하는 LDPC 부호화의 사양은 크게 긴 블록 사이즈 (68400비

트) 및 짧은 블록 사이즈 (16200) 의 두 가지로 소개되고 있는데 본 논문에서는 긴 블록 사이즈를 채택하였다. 짧은 블록 크기의 LDPC 부호화는 긴 부호 크기의 LDPC 부호화에 비하여 약 0.2 ~ 0.3 dB 성능이 저하되는 것이 알려져 있다.

우선적으로 먼저 살펴 볼 것은 [2]에서 소개한 BCH-LDPC 부호의 부호화 이득에 관한 것이다. 아래 그림 4는 부호화된 블록의 구조를 소개하고 있다.

여기서 K_{bch} 는 부호화 되기 전의 순수 기저대역 데이터 비트수를 의미하고, N_{bch} 는 BCH 부호화된 데이터의 비트수를 의미한다. 이 N_{bch} 는 KLDPC 와 동일한 값으로 LDPC 부호화기 측면에서 본 입력 데이터 비트수를, 그리고 NLDPC 는 LDPC 부호화된 부호의 데이터 비트수를 각각 나타낸다. LDPC 부호화율에 따르는 KLDPC의 값들은 아래 표<2>에 나타나 있다.

또한 BCH 부호화를 수행하기 위해 필요한 생성 다항식

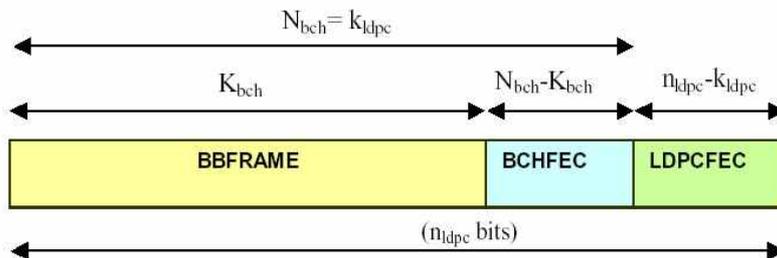


그림 4. BCH 및 LDPC부호화된 블록의 구성도
Fig. 4. Block diagram for BCH and LDPC encoding

표 2. LDPC부호화율에 따르는 BCH 및 LDPC 블록 크기
Table 2. BCH & LDPC block size for various code rate

LDPC code	BCH Uncoded Block K_{bch}	BCH coded block N_{bch} LDPC Uncoded Block k_{ldpc}	BCH t-error correction	LDPC Coded Block n_{ldpc}
1/4	16 008	16 200	12	64 800
1/3	21 408	21 600	12	64 800
2/5	25 728	25 920	12	64 800
1/2	32 208	32 400	12	64 800
3/5	38 688	38 880	12	64 800
2/3	43 040	43 200	10	64 800
3/4	48 408	48 600	12	64 800
4/5	51 648	51 840	12	64 800
5/6	53 840	54 000	10	64 800
8/9	57 472	57 600	8	64 800
9/10	58 192	58 320	8	64 800

의 표는 아래 표<3>에 나타내었다.

표 3. BCH 부호화를 위한 생성다항식
Table 3. Generating polynomials for BCH encoding

$g_1(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^{16}$
$g_2(x)$	$1+x+x^4+x^5+x^6+x^8+x^{16}$
$g_3(x)$	$1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_4(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}+x^{16}$
$g_5(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$g_6(x)$	$1+x^2+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$
$g_8(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_9(x)$	$1+x^5+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_{10}(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_{11}(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^5+x^6+x^7+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$

주어진 생성 다항식에 대한 BCH 부호화 및 복호화 과정은 [16]에 잘 나와있고, LDPC의 패러티 검사 행렬의 1 값의 위치는 [10]의 Annex B에 표로 설명되어 있으며, 주어

진 패러티 검사 행렬에 대한 LDPC 부호화 및 복호화 과정은 [17]에 잘 기술에 되어있으므로 그에 관련한 내용은 본 논문에서는 생략한다.

이와 같은 다양한 부호화율 한 BCH+LDPC부호화의 성능을 그림 5에 나타내었다. 이때 수행된 변조방식은 BPSK이며, LDPC 복호화시에 사용된 반복횟수는 50으로 설정하였다.

참고로 비부호화 시스템에서의 TOV는 약 10.0 dB이다. 그림 5에서 보듯이 부호율이 2/5 인 경우 E_b/N_0 가 0.5 dB 로써 새넨 극한인 -1.6 dB 에 거의 다가서 있는 것을 알 수 있으며 또한 부호율이 9/10 인 경우에도 E_b/N_0 가 3.7 dB 인 지점에서 무오류를 나타내고 있어 비부호화 시스템에 비해서 약 6.3 dB 의 부호 이득을 보이고 있음을 알 수 있다. 이 부호 이득은 ATSC 시스템이 비부호화 시스템에 대한 약 4dB 의 부호 이득이 있다는 사실로부터 동일 전송률에 동일 대역폭을 사용할 때 추가의 2.5 dB 이득이 생긴다는 것을 직관적으로 알 수 있다.

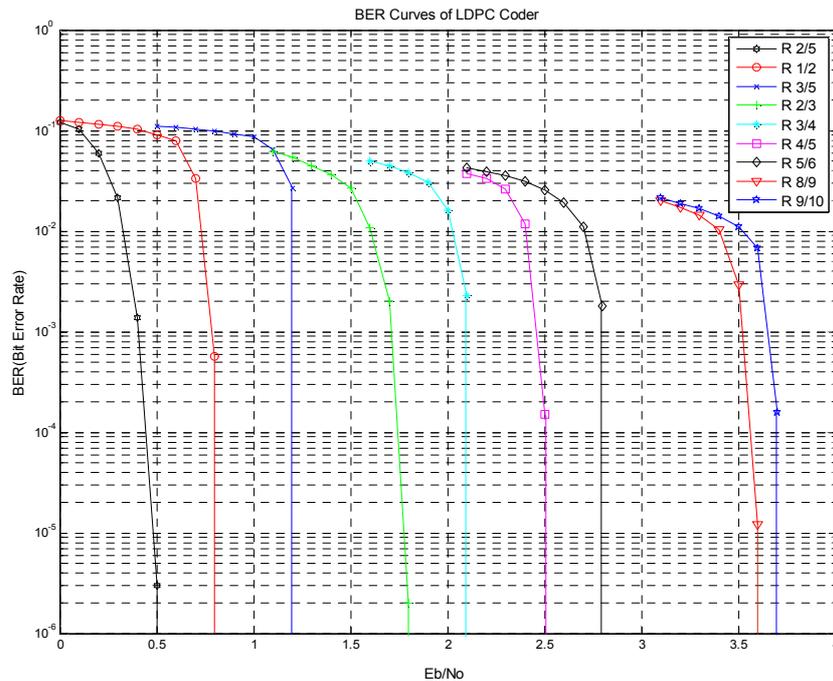


그림 5. [2]에서 사용된 LDPC 부호를 이용한 BPSK 변조 시스템의 AWGN 채널에 대한 오류성능
Fig. 5. BER performance of LDPC encoded BPSK systems over AWGN channel

2. M-ary VSB 심벌 매핑

ATSC 8-VSB 시스템에서는 외곽 부호 기술인 RS 부호화 이후에 내부 부호와 변조를 동시에 최적화 하여 수행함으로써 데이터율 증가 없는 부호 이득을 얻어내는 TCM 방식을 사용하였다. 따라서 TCM 부호화된 3비트를 8VSB 성상도에 매핑 시킬 때는 성상도를 심벌간 최대 이격을 같은 부 성상도로 파티션 되는 과정을 통해 얻어진 Non-Gray 심벌 매핑 방식을 사용한다. 그러나 BCH+LDPC 부호화처럼 모든 채널 부호화가 끝난 상태에서 단순하게 성상도를 맵핑 시킬 때는 Gray 부호화된 성상도를 매핑 시켜야 심벌 오류율이 거의 비트오류율과 같아지게 된다. 따라서 여기서 채택할 Gray 부호화 된 M-ary PAM(VSB) 성상도를 M 값에 따라 살펴보면 아래 그림 6과 같다.

여기서 (a)는 BPSK, (b)는 4PAM, (c)는 8 PAM 그리고

(d)는 16 PAM의 Gray 부호화된 성상도를 나타내며 각 변조 모드에 따르는 정규화 상수는 표 4와 같다.

표 4. M-ary PAM 심벌에 대한 정규화 상수값
Table 4. Normalization factor for M-ary PAM symbol

M 값	정규화 상수
2	1
4	$\sqrt{5}$
8	$\sqrt{21}$
16	$\sqrt{85}$

3. 모의실험을 통한 AWGN 채널에서의 전송용량의 측정

아래 그림 7은 본 확장된 전송 시스템에서 사용되는 시스

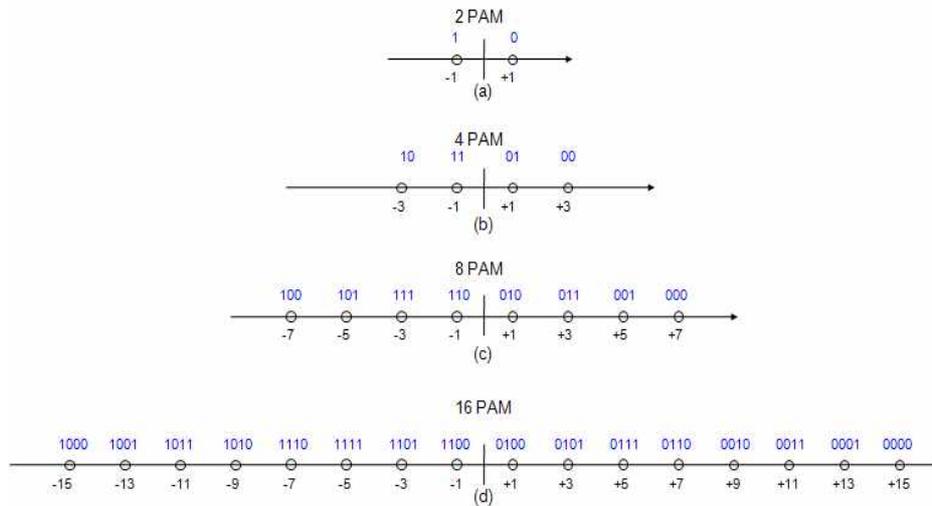


그림 6. Gray 부호화된 M-ary PAM 성상도
Fig. 6. Gray encoded M-ary PAM constellation

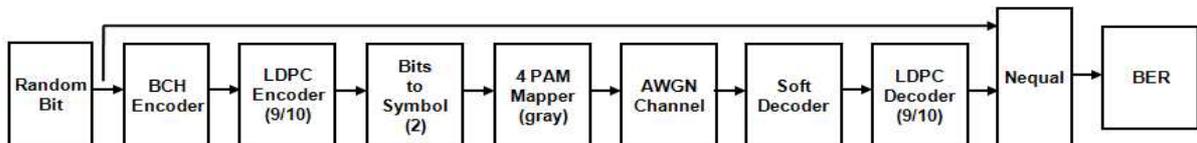


그림 7. BCH + LDPC 부호화를 통한 수정 ATSC 시스템의 모의실험 구성도
Fig. 7. Block diagram of BCH + LDPC encoded ATSC system

템의 구성 블록도 이다.

우선 ATSC의 부호화율을 살펴보면 RS 부호화율이 (187/207), TCM 부호화율이 (2/3) 그리고 성상도를 통한 비트 전송값이 3이므로 전체적인 부호화율은 $187/207 + 4\text{PAM}$ 변조와 동일한 값을 갖게 된다. 따라서 BCH+LDPC 부호율을 이 값과 근사하게 9/10 로 고정 시키고 Gray 부호화 된 4 PAM 성상도를 사용하였을 경우의 성능을 살펴보고자 한다. 아래 그림 8은 Eb/No에 대한 ATSC시스템의 비트 오류율과 BCH + LDPC + 4PAM 의 비트오류율을 나타내고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 ATSC 시스템 (RS + TCM + 8VSB)의 TOV (Eb/No)는 약 9 dB 인 반면에 LDPC + 4PAM 시스템의 경우에는 약 7 dB 로써 2 dB 의 채널 부호화 수정에 따른 추가 이득을 얻을 수 있음을 볼 수 있다. 이 TOV값을 SNR 좌표축으로 환산하면 ATSC 시스템은 14.5 dB, 그리고 LDPC + 4PAM 시스템의 TOV를 위한 SNR 값은 $7.1 \text{ dB} + 5.55 \text{ dB} = 12.65 \text{ dB}$ 가 된다. 이 추가 이득은 전송 신호에 대한 오류 없는 수신을 위한 수신반경

의 확장(커버리지 영역 증대)으로도 사용될 수 있고 또한 전송 성상도의 증대를 통한 비트 전송율의 증가로 사용될 수도 있다. 전송 성상도의 증대 가능성을 위해 다음과 같이 동일한 BCH + LDPC 부호화에 대하여 성상도를 4-PAM에서 8-PAM으로 확장한 시스템의 비트 오류 성능을 조사하였다. 8-PAM으로 확장한 시스템의 경우 전송 데이터의 용량은 $10.76 \text{ Msym/sec} * (3\text{bits} / \text{symbol}) * (9/10 \text{ 부호화율})$ 을 통하여 약 29 Mbps 임을 알 수 있다. 그림 9는 LDPC + BCH 부호화된 4-PAM 및 8-PAM 시스템에 대한 AWGN 채널 상황에서의 비트 오류율을 나타내고 있다. 그림 9에서 알 수 있듯이 BCH + LDPC + 8PAM 시스템의 TOV 상황에서의 Eb/No 값은 11 dB 임을 알 수 있으며 이를 통해 전송 성상도를 1비트 증가시키기 위해선 TOV가 4 dB 증가함을 알 수 있다. 하지만 기존의 시스템의 채널 부호화 수정에 따른 추가 이득은 2 dB 였기 때문에 기존 ATSC 시스템과 동일한 TOV (SNR 15dB) 를 유지하면서 전송용량을 심벌당 2비트에서 3비트로 1.5배 늘리기에는 부족한 값이라는 것을 알 수 있다. 아래 표<5>는 보다 정확

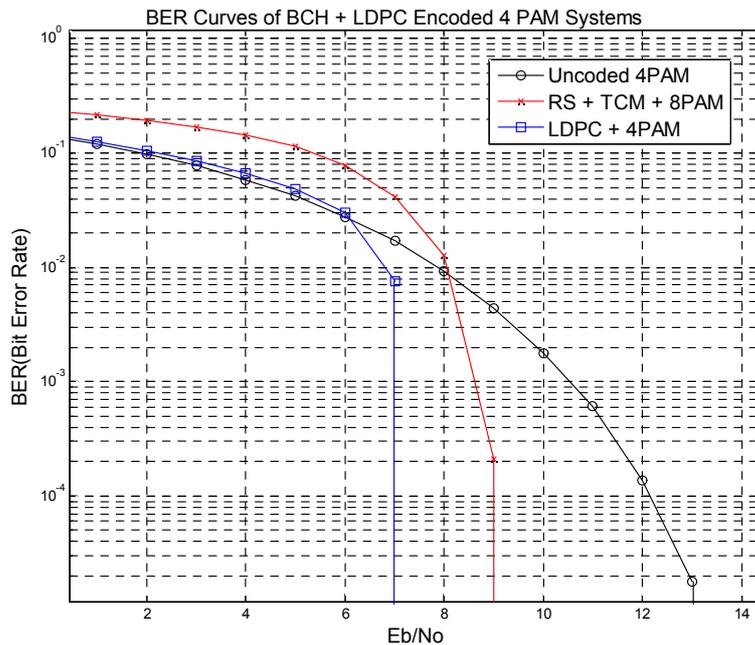


그림 8. 기존 ATSC 시스템과 LDPC + 4PAM 수정 시스템의 BER 곡선 비교도

Fig. 8. BER performance comparison between conventional ATSC system and modified LDPC + 4PAM system

표 5. BCH + LDPC 부호화 PAM 시스템과 ATSC 8-VSB 시스템과의 성능 비교
 Table 5. Comparison of ATSC and BCH & LDPC coded M-ary PAM Systems

◇ Comparison of ATSC and BCH & LDPC coded M-ary PAM Systems									
BCH+LDPC code Rate	Coding & Modulation	Eb/No (TOV)	Bandwidth Efficiency	SNR (Real TOV) (dB)	Payload (neglect pilot)	SNR(TOV) gain/loss (dB)	C/W Shannon LDPC	Shannon Payload Limit	Difference between the two C/W
ATSC	RS+TCM 8 PAM	8.92	3.61 (5.58dB)	14.5	19.44	0.00 (reference)	4.87	26.2	1.26
CR = 9/10	4 PAM	7.1	3.59 (5.55dB)	12.65	19.33	+1.85	4.28	23.0	0.68
	8 PAM	11.1	5.40 (7.3dB)	18.40	28.99	-3.33	6.13	32.9	0.74

한 데이터를 나타내고 있다.

위의 결과를 요약하면 Eb/No 도메인에서 약 4dB의 상대적 부호화 이득 (LDPC 가 RS+TCM 방식에 대한)이 있어야 동일한 SNR 도메인에서 동일 TOV 값을 유지하면서 전송용량을 150% 증대시킬 수 있으며 2 dB의 부호화 이득으로는 SNR 도메인에서 TOV 값이 약 3.3 dB 증가되는 손해를 앓아야 150% 증대된 데이터를 전송할 수 있게 된다는 뜻이다. 위의 모의실험 결과를 기초로 하여 다음과 같은 관심 있는 사양을 찾고자 한다.

- ATSC 시스템과 동일한 SNR TOV 를 갖는 상황에서 최대 데이터 전송률을 보장하는 BCH+LDPC 채널 부호화율과 그때의 M-ary PAM 의 성상도 개수
- 최소의 SNR TOV 증가로 최대의 데이터 전송율을 얻어낼 수 있는 시스템의 전송 파라미터

위 두가지 사양을 만족하는 시스템의 파라미터를 찾기 위하여 [2]에서 BCH + LDPC 부호가 지원하는 모든 채널 부호화율 (1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9,

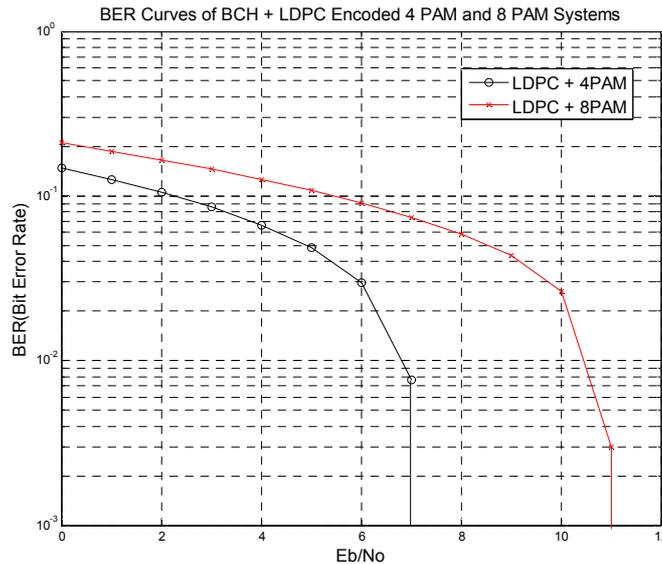


그림 9. LDPC + 4PAM 시스템과 LDPC + 8PAM 시스템의 BER 곡선 비교도
 Fig. 9. BER performance comparison between LDPC + 4PAM system and modified LDPC + 8PAM system

9/10)에 대하여 M 값을 4PAM, 8PAM, 16PAM 으로 변화 시켜 가면서 각 사양에 따르는 시스템의 성능을 모의실험

을 통하여 측정하였다. 아래 표 5는 ATSC 확장 시스템의 모든 전송 파라미터에 따르는 성능을 나타내고 있다.

표 6. 확장된 ATSC M-VSB 시스템의 부호화율 및 M 값에 따르는 성능
Table 6. Comparison of ATSC and BCH & LDPC coded M-ary PAM Systems

◇ Comparison of ATSC and BCH & LDPC coded M-ary PAM Systems									
LDPC code	Coding & Modulation	Eb/No (TOV)	Bandwidth Efficiency	SNR (Real TOV) (dB)	Payload (neglect pilot)	TOV gain/loss	C/W Shannon Limit	Shannon Payload Limit	Difference between the two C/W
ATSC	RS+TCM 8 PAM	8.92	3.61 (5.5dB)	14.5	19.44	0.00	4.87	26.2	1.48
CR = 1/4	4 PAM	2	1.00 (0dB)	1.94	5.32	13.13	1.36	7.26	0.37
	8 PAM	3.2	1.50 (1.71dB)	4.90	7.97	10.17	2.03	10.92	0.55
	16 PAM	4.7	2.00 (2.96dB)	7.65	10.63	7.42	2.77	14.90	0.79
CR = 1/3	4 PAM	2.1	1.30 (1.21dB)	3.30	7.11	11.77	1.65	8.88	0.33
	8 PAM	3.9	2.00 (2.97dB)	6.86	10.66	8.21	2.55	13.71	0.57
	16 PAM	6	2.64 (4.22dB)	10.21	14.22	4.86	3.52	18.94	0.88
CR = 2/5	4 PAM	2.4	1.60 (2.01dB)	4.40	8.54	10.67	1.91	10.28	0.32
	8 PAM	4.9	2.40 (3.77dB)	8.66	12.82	6.41	3.06	16.45	0.68
	16 PAM	7.1	3.20 (5.02dB)	12.11	17.09	2.96	4.11	22.11	0.93
CR = 1/2	4 PAM	3.1	2.00 (2.98dB)	6.07	10.70	9.00	2.34	12.59	0.35
	8 PAM	5.8	3.00 (4.75dB)	10.54	16.04	4.53	3.62	19.48	0.64
	16 PAM	8.6	4.00 (5.99dB)	14.58	21.39	0.49	4.89	26.31	0.92
CR = 3/5	4 PAM	3.9	2.40 (3.78dB)	7.67	12.85	7.40	2.78	14.96	0.39
	8 PAM	6.9	3.60 (5.54dB)	12.43	19.27	2.64	4.21	22.65	0.63
	16 PAM	10.2	4.80 (6.79dB)	16.98	25.70	-1.91	5.67	30.50	0.89
CR = 2/3	4 PAM	4.4	2.66 (4.24dB)	8.63	14.29	6.44	3.05	16.41	0.40
	8 PAM	7.6	4.00 (6.00dB)	13.59	21.44	1.48	4.58	24.64	0.59
	16 PAM	11	5.30 (7.25dB)	18.24	28.59	-3.17	6.08	32.71	0.77
CR = 3/4 (후보 1)	4 PAM	5.2	3.00 (4.75dB)	9.94	16.08	5.13	3.44	18.50	0.45
	8 PAM	8.6	4.50 (6.51dB)	15.10	24.11	-0.03	5.06	27.22	0.58
	16 PAM	12.3	6.00 (7.76dB)	20.05	32.15	-4.98	6.67	35.88	0.70
CR = 4/5	4 PAM	5.6	3.20 (5.04dB)	10.63	17.15	4.44	3.65	19.64	0.46
	8 PAM	9.2	4.80 (6.80dB)	15.99	25.73	-0.92	5.34	28.73	0.56
	16 PAM	13.2	6.40 (8.05dB)	21.24	34.30	-6.17	7.06	37.98	0.69
CR = 5/6 (후보 2)	4 PAM	6.1	3.30 (5.22dB)	11.31	17.88	3.76	3.86	20.77	0.53
	8 PAM	9.8	5.00 (6.98dB)	16.77	26.82	-1.70	5.60	30.13	0.61
	16 PAM	13.8	6.65 (8.23dB)	22.02	35.76	-6.95	7.32	39.38	0.67
CR = 8/9	4 PAM	7	3.55 (5.50dB)	12.49	19.09	2.58	4.23	22.76	0.68
	8 PAM	10.9	5.30 (7.26dB)	18.15	28.63	-3.08	6.05	32.55	0.73
	16 PAM	15.1	7.10 (8.51dB)	23.60	38.17	-8.53	7.84	42.18	0.75
CR = 9/10	4 PAM	7.1	3.60 (5.55dB)	12.64	19.33	2.43	4.28	23.03	0.68
	8 PAM	11.1	5.40 (7.31dB)	18.40	28.99	-3.33	6.13	32.98	0.74
	16 PAM	15.4	7.20 (8.56dB)	23.95	38.65	-8.88	7.96	42.82	0.78

이 표에서 관심 있게 살펴 볼 것은 우선 부호율 (3/4) 인 8-PAM 시스템의 성능이다. 후보 1안이라고 표기된 사양을 보면 TOV 를 위한 SNR 값은 15.1 dB 로 ATSC 시스템에 비해서 약간 0.5 dB 높는데 비하여 데이터 전송량이 24.11 Mbps 로 ATSC 8-VSB 의 19.44 Mbps 에 비하여 24 % 증가되는 것을 볼 수 있다. 또한 부호율 (5/6) 인 8-PAM 시스템의 경우는 TOV SNR 값이 16.77 dB 로 약 2 dB 정도 올라가지만 그 때 지원되는 데이터 전송량은 26.82 Mbps 로 40% 의 전송량 증가를 가능케 하므로 이 시스템 사양도 현실적으로 검토될 수 있을 것으로 여겨진다. 실제로 현재 채택되어 사용되고 있는 1세대 지상파 전송 시스템 인 ISDB-T 의 경우 TOV 값이 AWGN 상황에서 TOV 값이 17 dB 를 넘고 있고 DVB-T 의 경우는 18dB 를 넘는 것으로 알려져 있다. 따라서 확장된 시스템의 17dB TOV 값은 지상파 채널에서 크게 수신에 무리가 가는 상황은 아닌 것으로 여겨진다. 마지막으로 표 6을 이용하여 각각의 M-ary PAM 시스템에 따른 가변 부호화율 상황에서의 대역폭 정

규화된 실제 전송용량과 새년의 극한 전송 용량값을 아래 그림 10과 같이 나타내었다.

위 그림에서 보듯이 4-PAM 시스템의 경우 동일한 전송 용량 측면에서 볼 때 새년 극한에 비하여 약 1dB 의 손실이 있는 것으로 보여지며, 8-PAM 의 경우는 평균적으로 약 1.5 dB 의 손실, 그리고 붉은색으로 표시된 16-PAM 의 경우는 2~2.5 dB 의 손실을 보이는 것으로 나타난다. 다른 측면으로 동일한 SNR 값의 측면에서 볼 때 4 PAM 의 경우 대역 전송 효율값이 새년 극한 대역 효율값에 비하여 약 0.5 bits/Hz 의 손실을 보이고 있으며, 8 PAM 의 경우 약 0.6 bits/Hz 정도의 손실을, 그리고 16-PAM 의 경우는 약 0.7 bits/Hz 정도의 손실을 보여주고 있다. 최적의 전송 시스템 사양 (부호화율 및 정상도의 개수)이 결정되고 나면 다중경로 채널이나 시변 채널 상황에서도 그 성능이 크게 감소되지 않도록 채널을 추정하고 보상할 수 있는 퍼일렛 데이터를 순수 데이터의 일부분을 대신해서 삽입하여 보내야 한다. 삽입률은 전송 시스템이 겪는 채널의 시간적 변화

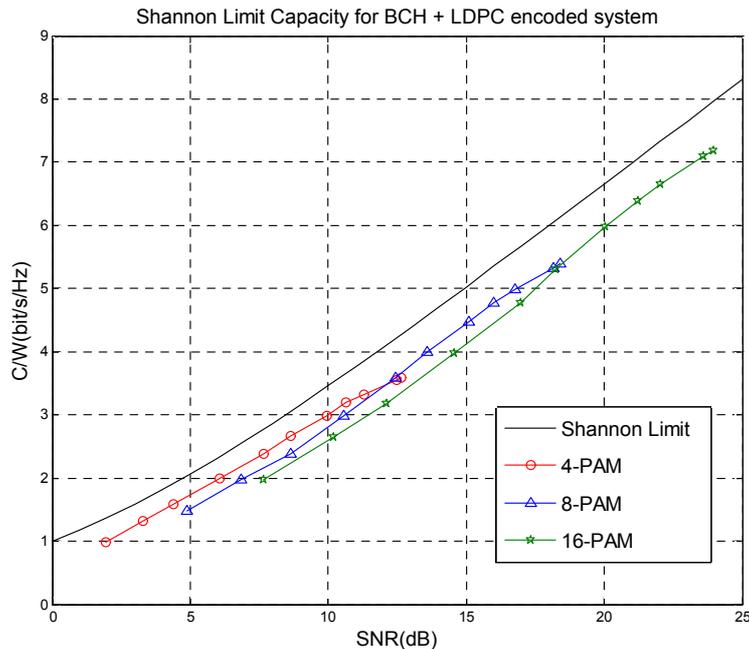


그림 10. BCH + LDPC 부호화된 M-PAM 시스템의 부호화율에 따른 전송용량과 새년 극한 용량
 Fig. 10. Shannon Limit Capacity and Transmission capacity of BCH + LDPC encoded M-PAM system

을 및 최대 지연 경로에서 생기는 주파수 대역의 변화율에 따라서 달라진다. 예를 들면 DVB-T 의 경우 가드영역 및 부반송파 파일럿 삽입으로 도움 데이터가 약 30% 를 차지하고 있는 반면에 ATSC 시스템의 경우는 313 세그먼트 중에 한 개의 필드 세그먼트 및 832 개의 심벌 중에 4개의 데이터 세그먼트 심벌로 약 1% 의 도움데이터가 삽입되어 있다. 따라서 ATSC 시스템은 AWGN 채널에서는 대역 효율이 좋았던 반면에 다중경로 채널이나 시변 채널에서의 성능은 크게 떨어지는 단점을 가진다. 이 때문에 추후 제안되는 프레임 구조는 최대한의 순수 데이터 전송률을 보장하면서 다중 경로 및 시변 채널 모델(TU-6 등)에서 확장된 ATSC 전송 시스템의 성능을 최대한 보장하도록 설계되어야 할 것이다. 또한 최적의 부가 데이터 전송량 혹은 몇 가지 부가 데이터 전송량의 사양이 제안되어야 하며 그때의 성능 곡선도 함께 제시되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 ATSC 8-VSB 전송 시스템이 3D HD-TV 전송에 적합하지 않은 이유로 채널 부호화 기술 및 성상도의 밀도를 변화시키는 시스템의 수정 및 확장에 대하여 다루어 보았다.

일차적으로 ATSC 시스템의 성능을 조사하였고 그 결과 5.38 MHz 의 대역에서 파일럿 데이터 무시하고 약 19.44 Mbps 를 전송하며 TOV 를 위한 SNR 은 약 14.5 dB 임을 소개하였다. 이 때 대역 효율은 3.61 bps/Hz 로써 새년 극한 대역효율값인 4.87 bps/Hz 에 비하여 약 1.26 bps/Hz (5.38 MHz 를 기준으로 할 때 약 6.78 MHz 의 추가 데이터를 이상적으로 오류없이 보낼 수 있는 양)의 차이를 보였다. 그리고 이 값을 기준으로 하여 채널 부호화 과정을 RS + TCM에서 BCH + LDPC (블록 크기=64800 비트) 부호기술로 바꾸고 M 값을 4, 8, 16 으로 변화시켜 가면서 모의실험을 수행하였다. 그 결과 동일한 TOV SNR 값 (약 15dB) 인 상황에서는 부호율 3/4 일때 약 24 % 의 전송데이터 증가를 얻어낼 수 있었으며 TOV가 2dB 정도 증가되는 것을 허락할 경우 약 40% 정도의 전송 용량 증가도 가능하다는

사실을 알아 낼 수 있었다. 앞으로 새로운 채널 부호화 기술을 연구하여 여기서 채택한 부호화 기술에 비하여 동일 부호화율에 대한 부호이득이 생길 수 있는 기술을 소개된다면 추가의 전송용량 증대가 가능하게 될 것이다. 이때 부호화 및 복호화에 대한 현실적 구현 가능성이 고려되어야 그 기술이 확장된 시스템에 적용될 수 있을 것이다.

추후 최적의 전송 시스템 사양에서 다중 경로 및 시변 채널에서 성능을 최대로 보장하도록 채널 추정을 고려한 프레임 구조가 제안되어야 할 것이며, 그때의 확장된 시스템의 성능 또한 측정되어 제시되어야 할 것이다. 이 후 확장된 시스템을 위한 VSB 변조 방식에서의 동기적인 측면에서의 연구도 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ATSC, ATSC DIGITAL TELEVISION STANDARD, Doc. A/53, sep
- [2] 박창섭, 이준용, 함상진, 조인준, 이근식, "3DTV 방송용 카메라 기술 개발 동향", 방송공학회지 제15권 제1호, pp. 12~23, 2010년 3월
- [3] 호요성, 정재일, 강윤석, "3차원 TV와 실감 방송의 기술 동향", 전자공학회지 제36권 제4호, pp. 38~46, 2009년 4월
- [4] 최병호, 김용환, 김제우, 조인준, 이근식, "스테레오 3D 방송을 위한 비디오 부호화 기술", 방송공학회지 제15권 제1호, pp. 24~36, 2010년 3월
- [5] 엄기문, 이광순, 허남호, 유지상, "3DTV 서비스 동향", 인포메이션디스플레이 제10권 3호, pp. 31~41, 2009년
- [6] 한국정보통신기술협회, <http://www.tta.or.kr>
- [7] 3DTV 방송 진흥센터, www.3dtvkorea.or.kr
- [8] Digital Video Broadcasting (DVB): Frame structure channel coding and modulation systems for a second generation digital terrestrial television broadcasting system(DVB-T2), ETSI EN 302 755 v1.1.1 2009-09
- [9] Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETSI EN 300 744 V1.5.1
- [10] Digital Video Broadcasting (DVB): Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications, ETSI EN 307 v1.1.2 2006
- [11] Transmission system for digital terrestrial television broadcasting, ARIB STD-B31 v1.6, 2005-11
- [12] "Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Broadcasting System," Chinese Standard of digital terrestrial television broadcasting (DTTB), GB20600-2006, Aug. 2006.
- [13] R. G. Gallager. Low Density Parity-Check Codes. MIT Press,

Cambridge, MA, 1963.

[14] Reed, I. S. and Solomon, G., "Polynomial Codes Over Certain Finite Fields," SIAM Journal of Applied Math., Vol. 8, 1960, pp. 300-304.

[15] G. Ungerboeck, "Channel coding with multilevel/phase signals,"

IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-28, pp. 55-67, 1982.

[16] Bernard Sklar, "Digital Communications : Fundamentals and Applications," 2nd Ed. Prentice Hall, 2001.

[17] Todd K. Moon, "Error Correction Coding : Mathematical methods and algorithms," John Wiley & Sons, Inc. , 2005

저 자 소 개



오 종 규

- 2007년 : 건국대학교 전자공학과 학사과정 졸업
- 2009년 : 건국대학교 전자공학과 석사과정 졸업
- 2009년 ~ 현재 : 건국대학교 전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 차세대 및 위성 방송통신 시스템, 채널 추정, 동기



김 준 태

- 1990년 : 한국과학기술원 학사과정 졸업
- 1993년 : 한국과학기술원 석사과정 졸업
- 1998년 : 한국과학기술원 박사과정 졸업
- 1998년 ~ 2003년 : LG전자 DTV 연구소 책임연구원
- 2003년 ~ 현재 : 건국대학교 전자공학부 부교수
- 주관심분야 : 차세대 방송통신 융합, 위성 및 이동통신, 통신시스템 설계