

지상파 3D HDTV 전송을 위한 확장된 ATSC 전송 시스템에 대한 연구

*오종규 **신성수 ***전영곤 ****김준태

건국대학교

*riza@konkuk.ac.kr **sungsu56@konkuk.ac.kr ***jyggon@konkuk.ac.kr ****jtkim@konkuk.ac.kr

A study of extended ATSC system for terrestrial 3D HDTV broadcasting

*Oh, Jong-Gyu **Shin, Sung Soo ***Jeon, Young Gon ****Kim, Joon-Tae

Konkuk University

요약

최근 들어 세계적으로 3D TV에 대한 연구가 영상 획득, 영상 압축, 그리고 영상 디스플레이 분야에 걸쳐 매우 활발하게 이루어지고 있다. 국내에서는 한국정보통신기술협회 (TTA)를 중심으로 표준화 움직임이 일어나고 있다. 그러나 어떤 전송 기술을 사용하고 어떻게 채널을 할당하여 3D HDTV 지상파 방송을 가능토록 할 것인지에 대한 논의는 아직 미미한 상태이다. 본 논문에서는 3D HDTV 방송 서비스를 제공하기 위해 필요한 데이터를 단일 지상파 채널을 통하여 전송하기 위해서, 기존 ATSC 전송 시스템 [1]을 확장하고 수정하여 전송 용량 증대의 가능성을 살펴보고자 한다. 최대한 기존 전송 표준의 요소기술을 유지하고자 하나 최대한의 전송 용량 증대를 위하여 완벽한 역호환성은 유럽의 DVB-T2 시스템처럼 고려하지 않았다.

1. 서론

최근 들어 세계적으로 3D TV에 대한 연구가 영상 획득, 영상 압축, 그리고 영상 디스플레이 분야에 걸쳐 매우 활발하게 이루어지고 있다. 국내에서는 한국정보통신기술협회 (TTA)를 중심으로 3D HDTV 서비스를 위한 동영상 압축방식, 전송 방식, 그리고 디스플레이 인터페이스에 관한 표준화의 필요성을 인식하고 이를 위한 표준화 위원회가 설립을 앞두고 있다. 그러나 어떤 전송 기술을 사용하고 어떻게 채널을 할당하여 3D HDTV 지상파 방송을 가능토록 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 시스템을 표준화 하여 현재 실험 방송을 수행하고 있다. 이 방식은 최대한의 용량 증대를 위하여 기존의 DVB-T 시스템과의 역 호환성을 가져가지 않았으며 3D 전송 시스템을 목표로 하여 만들어 진 것은 아니나, 전송 용량의 고효율화로 인하여 차후 3D 서비스가 이루어 질 경우 DVB-T2 시스템이 지상파 전송 방식으로 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 Mbps 의 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 이 방식에 사용된 전송 요소 기술들은 오래전에 사용되던 것들로 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 최대한

의 전송 용량 증대를 위하여 완벽한 역호환성은 유럽의 DVB-T2 시스템처럼 고려하지 않고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 ATSC 전송 시스템을 간단하게 살펴보고 그 시스템의 성능을 확인한다. 이를 바탕으로 3장에서는 최근 강력한 채널 부호화 기술로 각광받고 있는 LDPC (Low Density Parity Check) 부호화 및 복호화 [2], 그리고 변조 성상도의 확대에 따르는 전송 용량의 변화를 구해보고, 그 사양에서 끊임 없이 영상을 수신하기 위해 필요한 최소 채널의 신호 대 잡음 비 (SNR : Signal to Noise Ratio) 값을 살펴본다. 4 장에서는 모의 실험결과를 토대로 최적의 전송 시스템을 위한 파라미터 설정에 대하여 살펴보고, 끝으로 5장에서 앞으로 추가적으로 연구되어야 할 사항에 대하여 기술 하며 본 논문의 끝을 맺는다.

2. ATSC 표준 8-VSB 전송 시스템

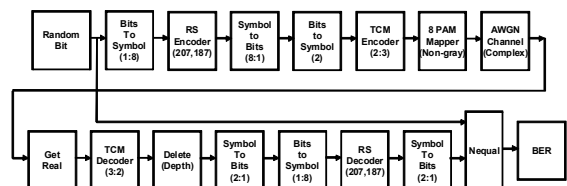


그림 1. 이산 등가 AWGN 채널에서의 ATSC 8-VSB 송수신 시스템

본 장에서는 국내 HDTV의 전송 표준인 ATSC 8-VSB 시스템의 구성도를 살펴보고 그 성능을 분석해보고자 한다. ATSC 전송 시스템의 성능을 살펴보기 위한 이산 등가 송수신 모델의 구성도를 그림 1과 같다. MPEG2 TS(Transport Stream) 형태로 패킷화 된 188 바이트의 전송패킷(TP: Transport Packet)은 패킷 헤더(0x47 값)를 제외하고

RS 부호화(외부부호)가 이루어진 후 길쭉한 바이트 인터리빙을 거쳐 TCM(Trellis Coded Modulation) 부호화(내부 부호)를 거친다. 2비트의 입력을 받아 3비트로 TCM 부호화된 데이터는 8개의 성상도중의 하나로 PAM 매핑(Mapping)되어 심벌로 변환된다. 이때 성상도는 Gray 부호화 형태를 띄지 않는데 이는 TCM 변조 자체가 부호화 및 심벌 매핑을 동시에 수행하면서 부호이득을 얻는 특성 때문이다. 이 시스템의 심벌 데이터 전송율은 10.76 MHz 이며 Roll off 값이 0.1152인 복소수 펄스 성형 필터를 통하여 아날로그 신호로 변환되고 RF 대역으로 천이된 후 안테나를 통하여 전송되게 된다.

이 시스템에서의 데이터 전송율을 살펴보면, TCM 은 부호화율이 2/3 이고 8PAM 심벌 매핑으로 3비트 정보가 매 심벌에 담겨져 있으므로 매 심벌당 2비트의 정보가 전달된다고 볼 수 있고 이 데이터 중에 실제 순수 데이터는 RS 부호화에 의해서 (187/207) 만큼 줄어든다. 따라서 펄드 및 세그먼트 동기신호를 무시할 경우 이론적으로 데이터 전송률을 R 이라고 하면, R 은 다음 식 (1) 과 같이 표현된다.

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

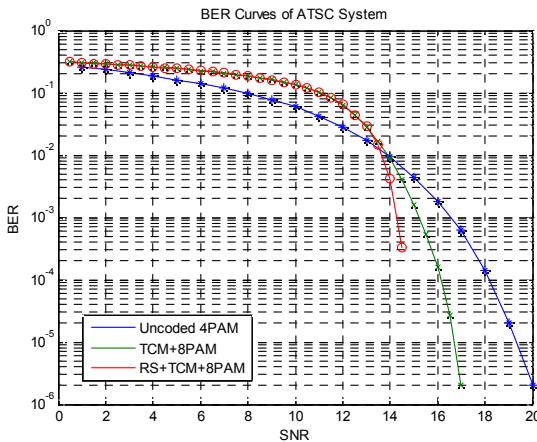


그림 2. ATSC 8-VSB 전송 시스템의 오류 성능 곡선. (a) 부호화되지 않은 4PAM 시스템의 BER (b) TCM 부호화된 8PAM 시스템의 BER, (c) RS+TCM 부호화된 8PAM 시스템의 BER

그림 2는 전송 심벌율을 고정 시킨 상태에서의 비부호화 4PAM, TCM 부호화된 8-VSB(8-PAM), 그리고 RS-TCM 부호화된 8-VSB(8-PAM) 전송 사양에 대한 신호대 잡음비 (SNR : Signal To Noise Ratio)에 대한 비트 오류율(BER: Bit Error Rate)을 보여 주고 있다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 비부호화 4-VSB(4-PAM)에서 10⁻⁶의 비트 오류율을 얻기 위해서 필요한 채널의 SNR 값은 20dB 를 넘어 가고 있음을 알 수 있다. 이 경우 전송 데이터 전송율은 심벌율의 2배인 21.52Mbps가 된다. 반면에 내부 부호인 TCM 부호화 및 8-VSB 성상도를 사용했을 때의 BER 성능을 보면, 비부호화 4-VSB를 사용했을 때보다 10⁻⁶의 비트 오류율 값에서 약 1.5dB 의 이득을 볼 수 있음을 알 수 있다. 여기서 TCM 부호화는 부호로 인한 비트의 증가를 성상도의 증가로 상쇄하므로 데이터 전송율은 비부호화 4VSB 시스템의 경우와 같이 21.52 Mbps로 동일하며 따라서 전송 데이터율의 손실 없이 부호 이득을 볼 수 있다. 외부 부호로 (207,187)의 RS 부호화를 같이 사용했을 경우를 보면, 비트 오류를 0로 만드는 값은 약 14.5 dB 임을 알 수 있다. 이 값을 일반적으로 영상을 끊김 없이 볼 수 있는 임계치로 일컫으며 TOV(Threshold of Visibility) 라고 한다. 이때 순수

데이터 전송율은 (187/207) 만큼 줄어든 19.44 Mbps 가 된다.

3. ATSC 8-VSB 전송 시스템의 확장 및 수정

전송 고도화, 혹은 전송데이터의 용량을 늘리는 일반적인 방법으로는 변조부에서의 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 방법이 있다.

세계적으로 최근에 제정되는 표준안(DVB-T2/C2/S2, DMB-T)에서 채택되는 채널 부호화 방식이 모두 LDPC 기술을 채용하였고, LDPC 기술은 새년의 채널 용량 극한값에 거의 근접한 성능을 보인다. 따라서 ATSC 시스템의 채널 부호화 기술로 RS+TCM 부호 대신에 BCH + LDPC 부호화를 채택하여 그에 따르는 성능의 변화 및 전송용량의 증가를 살펴보도록 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.

가. LDPC 채널 부호 기술

본 절에서는 DVB-T2/DVB-S2/DVB-C2에서 채용하는 BCH 부호화 및 LDPC 부호화를 살펴보기로 한다. [3]에서 소개하는 LDPC 부호화의 사양은 크게 긴 블록 사이즈 (68400비트) 및 짧은 블록 사이즈 (16200) 의 두 가지로 소개되고 있는데 본 연구에서는 긴 블록 사이즈를 채택하였다. LDPC 부호화에 따르는 블록의 값들은 표<1>과 같다. 그림 4는 이와 같은 부호화 사양에 대해서 다양한 부호화에 대한 BCH+LDPC부호화의 성능을 나타낸 그림이다. 이때 수행된 변조방식은 BPSK 이며, 비교를 위하여 비부호화된 BPSK 의 성능을 비교를 위하여 함께 나타내었다. 그림 4에서 모두가 부호율이 2/5 인 경우 Eb/No 가 0.5 dB 로써 새년 극한인 -1.6 dB 에 거의 다가서 있는 것을 알 수 있으며 또한 부호율이 9/10 인 경우에도 Eb/No 가 3.6 dB 인 지점에서 무오류를 나타내고 있어 비부호화 시스템에 비해서 약 6.5 dB 의 부호 이득을 보이고 있음을 알 수 있다.

나. 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 나눠지는 과정을 통해 얻어진 Non-Gray 심벌 매핑 방식을 사용한다. 그러나 BCH+LDPC 부호화처럼 모든 채널 부호화가 끝난 상태에서 단순히 성상도를 매핑 시킬때는 Gray 부호화된 성상도를 매핑 시켜야 심벌 오류가 거의 비트오류율과 같아지게 된다. 따라서 여기서 채택할 Gray 부호화 된 M-ary PAM(VSB) 성상도는 M값에 따라 그림 5와 같다.

4. 모의실험을 통한 AWGN 채널에서의 전송용량 측정

그림 6은 본 논문에서의 확장된 전송 시스템의 구성 블록도이다. 이 장에서는 ATSC 시스템과 동일한 SNR TOV 를 갖는 상황에서 최대 데이터 전송율을 보장하는 BCH+LDPC 채널 부호화와 그때의

M-ary PAM의 성상도 개수를 알아보고자 한다. 이 조건을 만족하는 시스템의 파라미터를 알아 보기 위하여 BCH+LDPC가 지원하는 모든 채널 부호화율 (1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10)에 대하여 M값을 4PAM, 8PAM, 16PAM으로 변화시켜 가면서 각 사양에 따르는 시스템의 성능을 모의실험을 통하여 측정하였다. 이를 통해 두 개의 전송 파라미터 상정할 수 있는데, 우선 부호율 (3/4)인 8-PAM 시스템의 성능이다. 부호율 (3/4)인 8-PAM 시스템에서 TOV를 위한 SNR 값은 15.1 dB로 ATSC 시스템에 비해서 약간 0.5 dB 높았는데 비하여 데이터 전송율이 24.11 Mbps로 ATSC 8-VSB의 19.44 Mbps에 비하여 24% 증가되는 것을 볼 수 있다. 또한 부호율 (5/6)인 8-PAM 시스템의 경우는 TOV SNR 값이 16.77 dB로 약 2 dB 정도 올라가지만 그 때 지원되는 전송 데이터 전송량은 26.82 Mbps로 40%의 데이터 전송율 증가를 가능케 하므로 이 시스템 사양도 검토될 수 있을 것으로 보인다.

ATSC 시스템은 AWGN 채널에서 대역 효율이 좋은 반면에 다중 경로 채널이나 시변 채널에서의 성능은 크게 떨어지는 단점을 가지고 있는데, 최적의 전송 시스템 사양 (부호화율 및 성상도의 개수)이 결정되고 나면 다중경로 채널이나 시변 채널 상황에서도 그 성능이 크게 감소되지 않도록 채널을 추정하고 보상할 수 있는 파일럿 데이터를 순수 데이터의 일부분을 대신해서 삽입하여 보낼 수 있도록 결정해야 할 것이다.

5. 결론

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

일차적으로 ATSC 시스템의 성능을 조사하였고 그 결과 5.38 MHz의 대역에서 파일럿 데이터 무시하고 약 19.44 Mbps를 전송하며 TOV를 위한 SNR은 약 14.5 dB임을 소개하였다. 그리고 이 값을 기준으로 하여 채널 부호화 과정을 RS+TCM에서 BCH+LDPC (블록 크기=64800 비트) 부호기술로 바꾸고 M값을 4, 8, 16으로 변화시켜 가면서 모의실험을 수행하였다. 그 결과 동일한 TOV SNR 값 (약 15dB)인 상황에서는 부호율 3/4일 때 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.

Acknowledgement

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0000634)

참조 문헌

- [1] ATSC, ATSC DIGITAL TELEVISION STANDARD, Doc. A/53, sep.
- [2] R. G. Gallager. Low Density Parity-Check Codes. MIT Press, Cambridge, MA, 1963.
- [3] 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

표 1. LDPC 부호화율에 따른 BCH 및 LDPC 블록 크기

LDPC code	BCH Uncoded Block K_{bch}	BCH coded block N_{bch} LDPC Uncoded Block K_{ldpc}	BCH correction 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

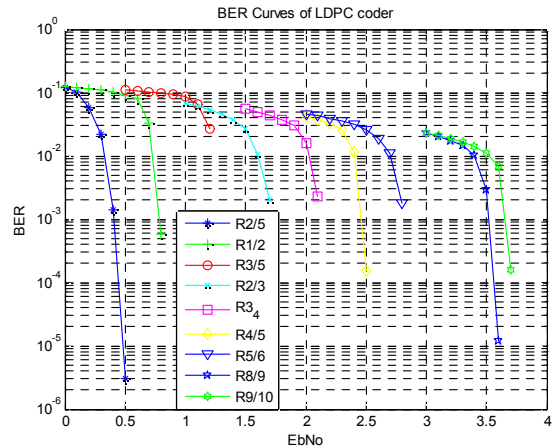


그림 4. [3]에서 사용된 LDPC 부호 + BPSK 변조 시스템의 AWGN 채널에 대한 오류 성능

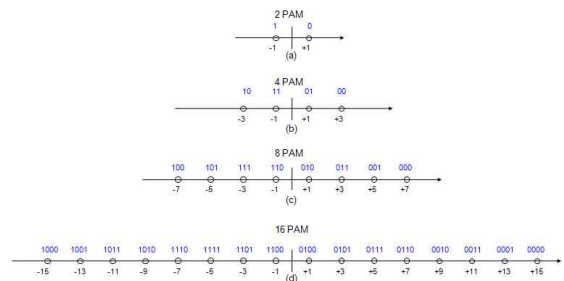


그림 5. Gray 부호화된 M-ary PAM 성상도

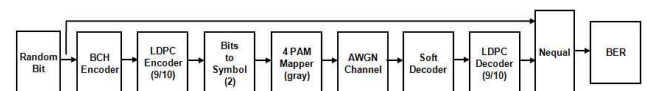


그림 6 BCH+LDPC 부호화를 통한 수정 ATSC 시스템의 모의실험 구성도