

## 블록 LDPC 부호를 사용한 3D HDTV 전송을 위한 성능개선 방안에 관한 연구

\*김민기 \*\*김동호

서울과학기술대학교 NID융합기술대학원

\*gosussy@hanmail.net \*\*dongho.kim@snut.ac.kr

## Performance Improvement of 3D HDTV Transmission with Block LDPC Codes

\*Minki Kim \*\*Dongho Kim

Seoul National University of Science and Technology

The Graduate School of NID Fusion Technology

## 요약

최근 ATSC방식의 디지털 방송에서 HD급의 3D 방송 서비스에 대한 관심이 증가 되고 있는 추세이다. HD급의 3D 방송 서비스(이하 3D HDTV)를 제공하기 위해 [2]에서는 ATSC 전송 시스템을 확장하고 BCH 부호와 IRA 타입의 LDPC를 사용하는 수정된 ATSC 전송 시스템을 제안하였다. 본 논문에서는 BCH와 IRA 타입의 LDPC 부호 대신 Reed Solomon 부호와 Block LDPC 부호를 사용하고 16QAM 변조를 사용하여 전송 용량을 증대할 수 있다는 사실을 확인하였다. AWGN 채널에서 모의 실험한 결과 BCH부호와 LDPC부호 및 4PAM을 적용한 수정된 ATSC 전송시스템의 TOV는 약 7dB로 19.33Mbps로 전송되지만 [2] 본 논문에서 제안한 RS(207, 187)과 부호율 3/4인 Block LDPC 및 16QAM의 TOV는 약 5.4dB로 29Mbps로 전송되어 기존시스템에 비해 약 1.5배의 전송 용량 증대가 가능한 것으로 확인되었다. 이로서 6MHz의 한정된 대역에서 HD급의 3D 방송서비스 실현이 한층 더 가까워지게 될 것으로 예상된다.

## 1. 서론

최근 실감 미디어에 대한 관심이 높아짐에 따라 3D방송에 관한 연구가 현재 활발히 이루어지고 있고, 많은 논문과 연구 결과들이 나오고 있다. 3D 방송에는 Single Stream방식과 Dual Stream방식이 있다. Single Stream방식은 side by side, top bottom, line/column interleave방식들이 있다. 이러한 방식들은 현재 기존 DTV에서 사용하고 있지만 HD 제현의 어려움, 기존 TV에서는 시청이 어려운 단점이 있다. Dual Stream방식은 새로운 입출력 및 압축 시스템이 필요한 단점이 있지만 추가 주파수 없이 현재 방송채널(6MHz)을 통해 2D(기존 MPEG-2)와 3D(H.264, MPEG-4) 영상을 모두 수신할 수 있어서 주파수 효율성이 좋고 3DTV를 보유하지 않은 사용자의 시청권도 보장할 수 있다는 장점이 있다.

KBS에서 2010년 5월(프레임 호환방식)과 10월(서비스 호환 방식)을 두 번에 걸쳐 3DTV 실험 방송 서비스를 실시하였다. 5월에 실시한 프레임 호환방식은 좌우 카메라에서 획득한 HD 영상의 해상도를 만으로 줄여 하나의 HD 화면으로 구성하여 3D영상을 구현하는 방식으로 기존의 방송시스템을 그대로 사용할 수 있는 장점이 있으나 역호환성을 유지하지 못하는 단점이 있다. 10월에 실시한 서비스 호환 방식은 좌우 카메라에서 획득한 두 개의 HD 영상을 해상도 저하없이 분리하고 압축하여 Full HD Dual Stream으로 서비스하는 방식으로 기존 시청자들이 2D 좌영상만을 볼 수 있어 역호환성이 있는 장점이 있으나, 기존의 방송시스템을 사용할 수 없고 Dual Stream전송을 위해 새로운

방송장비로 교체하여야 하는 단점이 있다.[3]

6MHz대역에서 HD급의 3D방송 서비스를 제공하기 위해서는 기존의 2D HD방송서비스의 데이터 전송률인 19.39Mbps를 획기적으로 증가시키는 것이 필요하다. 현재 ATSC는 Trellis 부호와 8-VSB 변조 기법을 사용하고 있다. 2개 입력 비트 중 1개의 비트만 Convolution 부호를 사용하여 두 개의 비트를 생성하고 나머지는 1개의 비트는 부호화하지 않는다. 부호화된 3비트로 8-ary 심볼 1개가 얻어지는데 이를 전송한다. 즉, 디지털 부호셋을 8레벨의 VSB 신호에 매핑(mapping)시켜 전송하는 방식이다. 그러나 이 기법은 이미 20년 전에 나와 있던 기술로 데이터 전송률 및 오류정정능력 측면에서 효율적이지 않은 방식이다. 그래서 고효율의 변조 방식인 16QAM이상의 변조기법을 사용하면 한정된 대역폭에서 많은 데이터를 전송할 수 있다. 하지만 16QAM 이상의 고수준 변조를 사용하면 오류에 취약한 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 고성능의 오류정정부호 기법을 사용하는 것이 필요하다.

[2]에서는 ATSC 전송 시스템을 확장하고 DVB-T2에서 사용하고 있는 BCH 부호와 IRA 타입의 LDPC(low density parity check) 부호를 사용하는 수정된 ATSC 전송 시스템을 제안하였다. 본 논문에서는 DVB에서 사용하고 있는 IRA 타입의 LDPC 부호보다 성능이 더 좋은 채널 부호화 기법인 Block LDPC와 ATSC에서 사용하는 RS(Reed Solomon)부호를 결합하여 ATSC 전송 방식의 채널 용량을 증대하는 방식을 제안한다. 기존의 ATSC의 RS부호를 Outer Code로 사용하였기 때문에 전송 시스템을 구현하는데 RS부호의 출력 값 정보

와 LDPC부호의 입력 정보가 맞도록 코드율과 변조를 잘 고려한다면 전송 시스템 및 방송장비의 교체는 최소화하고 전송용량 증대를 달성할 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안한 내용을 살펴보고 3장에서는 실험 결과를 살펴보고 끝으로 추가 연구 되어야 할 내용으로 끝을 맺는다.

## 2. 고성능 3D HDTV 전송을 위한 제안 방식

본 장에서는 3D HDTV를 서비스하기 위한 전송 구조에 대해 서술한다. 또한 ATSC 전송구조를 기본으로 하여 RS부호와 LDPC 부호 및 16QAM이상의 고수준 변조를 활용한 3D HDTV 제안방식에 대해 서술하고자 한다. 우선 기본적인 ATSC 전송 방법은 참고문헌 [1]을 따른다.

### 가. 2D 및 3D 서비스를 하기 위한 전송구조

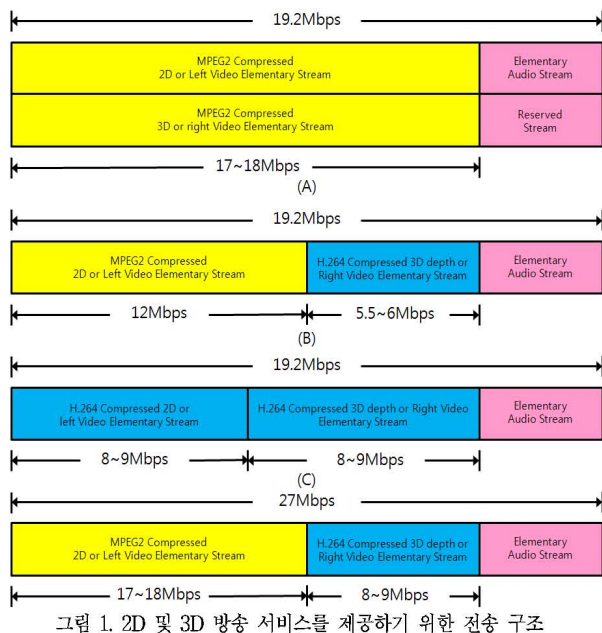


그림 1. 2D 및 3D 방송 서비스를 제공하기 위한 전송 구조

2D 및 3D 방송 서비스를 위해 고려되는 전송방식을 그림 1과 같이 4가지로 나누어 간단히 살펴본다.

그림 1의 (a)와 같은 방법은 두 개의 지상파 채널을 통과한 2D 좌/우 영상들이 각각 MPEG-2로 압축되어 두 개의 채널로 전송되는데 이 방법은 역호환성은 보장되나 채널을 두 개 사용하므로 많은 프로그램 전송이 어렵다.

(b)와 같은 방법은 약 19.2Mbps의 payload 용량 중 12Mbps를 MPEG-2로 나머지 payload 용량을 H.264로 압축하여 각각 좌/우 영상을 전송하는 방법이다. 이 방법은 100% 역호환성이 보장되어 3D HDTV 실험 방송에 사용되고 있으나 18Mbps에서 12Mbps로 데이터가 줄어들어 화질 저하로 인한 문제가 발생할 수 있고 두 화질이 차이가 나므로 구토, 어지럼증을 쉽게 느낄 수 있다.

(C)는 좌/우 영상정보를 각각 H.264 기술을 사용하여 압축하고 다중화하여 한 채널에 전송하는 방법이다. 이 방법은 기존에 사용되는

MPEG-2보다 동일한 화질을 유지하면서 압축률을 두 배로 높일 수 있고 6MHz 대역에 양쪽 영상정보를 전송하는 것이 가능하다. 그러나 2D 서비스만을 받을 경우 H.264의 복호 기술이 지원되도록 시스템의 변경이 필요하다는 단점을 내포하고 있다.

마지막으로 (D)는 (B)와 같은 형태로 전송하나 MPEG-2는 18Mbps로, H.264는 8~9Mbps로 전송하여 2D와 3D 영상화질이 동등하게 유지되도록 제안된 방법이다. 이 방법을 사용하면 데이터의 양이 2D 서비스를 위한 데이터 용량 보다 약 1.5배 증가하게 되고 8-VSB 전송 방식을 사용해서는 증가된 데이터를 단일 채널인 6MHz 대역을 통해서 전송하기가 어렵고 완벽한 역호환성도 유지되지 않는다. 그러나 2D 및 3D 서비스 모두를 최고의 화질로 제공하는 것이 가능하다는 장점을 가지고 있다[2].

이 4가지 방법 중 본 논문에서는 그림 1의 (D)방식을 고려하여 3D 실험 방송에서 사용한 (B)방식에 비해 데이터 전송률을 1.5배 이상 증가시켜 전송하는 3D HDTV 전송방식 구조를 제안한다.

### 나. RS와 BLDPCC 부호 결합 및 고수준 변조 전송 방식

[2]에서는 ATSC 전송 시스템을 확장하고 DVB-T2에서 사용하고 있는 BCH 부호와 IRA 타입의 LDPC(low density parity check)[7] 부호를 사용하는 수정된 ATSC 전송 시스템을 제안하였다. 본 절에서는 3D HDTV를 서비스하기 위해 [2]의 시스템 구조에서 BCH 대신 RS 부호를 삽입하고 IRA 타입의 LDPC 대신 Block LDPC를 적용하는 전송 시스템을 제안하였다. 제안한 전송 시스템의 블록도는 그림 2와 같다.

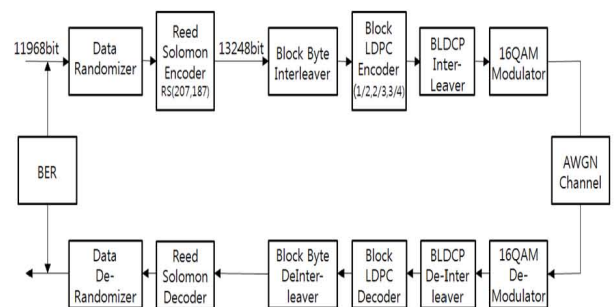


그림 2. RS와 Block LDPC를 사용한 제안된 ATSC 전송 시스템 블록도

우선 기존 ATSC의 RS 부호화 방식인 RS(207,187)을 그대로 사용하였다. 그 이유는 RS 부호가 오류정정능력이 뛰어나고 LDPC와 함께 차세대 방송 시스템의 FEC(forward error correction)로 사용될 가능성이 가장 큰 부호이며 동시에 기존 ATSC 시스템에 사용되기 때문에 기존 방송장비와 방송시스템의 교체를 최소화할 수 있기 때문이다. DVB-T2에서 사용되는 IRA 타입의 LDPC 부호는 부호화된 블록의 길이가 64800비트로 고정되어 있어 다양한 부호화율과 정보블록의 길이를 적용하기 어려운 문제점이 있다. 반면에 ATSC의 전송방식에 따른 payload 크기를 적용하기 위해서는 시스템 유연성이 상대적으로 큰 Block LDPC를 적용하는 것이 유리하다. 또한 Block LDPC는 IRA 타입의 LDPC보다 성능이 더 좋으며 다양한 부호율 1/2, 2/3, 3/4 등을 지원한다. 본 논문에서는 8개의 세그먼트를 RS 부호화한 13,248 비트

표1. RS+BLDPC 부호화 및 16QAM 전송시스템과 기존 ATSC 및 [2]의 전송시스템 성능 비교

방식	Coding/ Modulation	Eb/No(dB)	Bandwidth Efficiency(bps/Hz)	SNR(dB)	Payload(Mbps)	TOV gain/lose(dB)
ATSC	RS+Trellis+ 8PAM	8.92	3.61	14.5	19.44	기준
BCH+LDPC	4PAM	7.1	3.59	12.65	19.33	+1.85
	8PAM	11.1	5.40	18.40	28.99	-3.33
RS+BLDPC+ 16QAM	r=1/2	2.95	3.61	8.53	19.44	+5.97
	r=2/3	4.47	4.82	11.29	25.92	+3.21
	r=3/4	5.4	5.42	12.74	29.16	+1.76

를 Block LDPC에 입력하여 인코딩을 수행한다. 긴 블록사이즈를 선택한 이유는 Shannon limit에 거의 근접할 뿐 아니라 터보코드와의 성능과 비슷한 특징이 있기 때문이다. Block LDPC의 패리티 체크 행렬 H는 IEEE 802.16e와 802.11n에서 사용된 행렬과 유사한 방식으로 새롭게 제안하였다[8]. 예를 들어 부호율 1/2인 경우 H행렬은 (48z x 96z), z=207에 해당한다.

그리고 채널은 AWGN을 사용하였고 전송신호에 추가되는 필터링 신호와 동기 및 채널 등화에 도움을 주는 필드 동기 및 세그먼트 동기신호는 무시하였다.

### 3. 모의실험 및 성능비교 검증

그림 3은 기존의 ATSC 시스템과 [2]에서 제안한 수정된 ATSC 전송방식의 성능 결과, 그리고 본 논문에서 제안하는 방식의 성능을 비교한 그래프이다. RS부호와 TCM 및 8PAM을 사용하는 기존 ATSC 시스템인 TOV는 약 9dB이고, [2]에서 제안한 BCH와 IRA LDPC 및 4PAM의 TOV는 약 7dB로 기존의 ATSC 전송방식에 비해 대략 2dB 가량 좋아진 것을 볼 수 있다. 그리고 본 논문에서 제안한 RS와 BLDPC 및 16QAM의 성능 검증용 위해 부호율 1/2, 2/3, 3/4에 대해 각각 모의실험 하였다. 이때 TOV는 각각 2.95dB, 4.47dB, 5.4dB임을 확인하였다. 모의실험을 통해 얻은 TOV를 기반으로 본 논문에서 제안한 내용의 데이터 값을 표1에 나타내었다. BLDPC의 부호화율이 1/2이고 16QAM인 경우 payload는 기존 ATSC 전송율과 같지만 TOV(Eb/No)는 2.95이고 SNR로 환산한 식은 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{S}{N} &= \frac{E_b}{N_o} + 10\log_{10}\left(\frac{187}{207} \times \frac{1}{2} \times 4 \times 2\right) \quad (1) \\ &= 2.95 + 5.5793 \\ &= 8.5293 \end{aligned}$$

위 식에서 알 수 있듯이 payload 전송률이 같은 상황에서 기존 ATSC 전송방식에 비해 5.97dB의 TOV(SNR)이득을 얻는 것을 알 수 있다. 위 식으로부터 3/4 부호화율의 SNR을 환산하면 12.74dB로 기존 ATSC보다 1.76dB의 이득을 얻는 것을 알 수 있고 payload 전송률은 29.16Mbps로 기존 ATSC 전송방식에 비해 약 1.5배 증가하였다.

RS와 BLDPC 및 16QAM을 사용하고 부호화율이 3/4인 경우의 대역효율은 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$\frac{R}{W} = \frac{187}{207} \times \frac{3}{4} \times 4 \times \frac{10.76}{5.38} = 5.42 \quad (2)$$

BCH와 LDPC 및 4PAM을 사용한 경우, 비슷한 SNR에서 대역효율이 3.59로 1.5배 대역 효율이 증가된 것으로 나타났다. 또한 BCH와 LDPC

및 8PAM을 사용한 방식에서 대역효율은 5.4이고 TOV는 기존 ATSC보다 3.33dB의 손실이 있다. 그러나 RS와 3/4인 부호화율을 가진 BLDPC 및 16QAM을 사용한 대역효율은 5.42로 거의 유사하나 TOV는 오히려 1.76dB의 이득이 있어 BCH와 LDPC 및 8PAM을 사용한 방식보다 TOV가 약 5dB정도의 이득이 있음을 표1과 그림3을 통하여 알 수 있다.

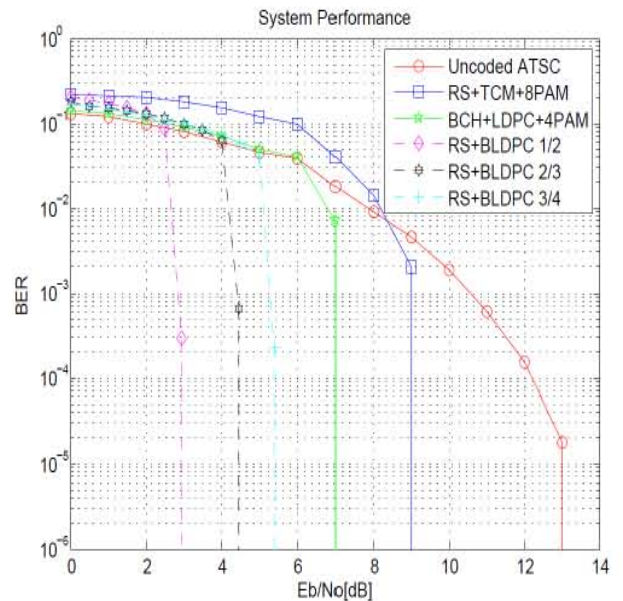


그림 3. BER 비교 그래프

### 4. 결론

본 논문에서는 최근 ATSC방식의 디지털 방송에서 HD급의 3D 방송 서비스에 대한 관심이 높아짐에 따라 HD급의 3D 방송 서비스를 제공하기 위해 기존 ATSC의 채널 부호와 변조를 수정하여 제안하였다. [2]에서는 ATSC 전송 시스템을 BCH와 IRA 타입의 LDPC를 사용하고 변조는 4PAM과 8PAM을 적용하여 수정하였다. [2]에서 제안한 수정된 ATSC 전송시스템의 Eb/No TOV가 약 7.1dB로 19.33Mbps의 전송률을 나타내고, 8PAM을 사용하였을 경우 TOV는 약 11.1dB이고 전송률은 28.99Mbps를 나타낸다.

본 논문에서 제안한 RS와 Block LDPC 및 16QAM 전송 방식을 적용하였을 때 부호율이 1/2인 경우 Eb/No TOV는 약 2.95dB이고 19.44Mbps의 전송률을 달성할 수 있어 [2]의 4PAM을 사용하여 유사한 payload 전송률을 얻는 경우 비교하여 4.12dB의 SNR 이득을 얻을 수 있다. 또한 [2]의 8PAM을 사용하여 대략 29Mbps의 payload 전송

를 얻는 경우와 비교하여 제안한 방식의 부호율 3/4의 경우 유사한 payload 전송률을 달성하며 대략 5.09dB의 SNR 이득을 얻을 수 있는 것을 확인하였다.

또한 제안한 방식의 부호율 3/4을 사용하였을 경우 SNR TOV는 12.74dB이며 대역폭 효율은 5.42를 나타냈다. [2]에서 유사한 SNR TOV를 갖는 경우가 4PAM을 사용하는 경우로 이 때의 대역폭 효율은 3.59를 나타냈다. 이로써 제안한 방식의 부호율 3/4의 경우는 [2]에 비해 1.5배 정도의 대역 효율이 증가한 것으로 나타났다. 이와 같이, 기존의 ATSC 전송 시스템을 기반으로 BLDPC와 16QAM의 변조 기법을 사용한다면 HD급 3D방송의 실현에 한층 더 가까워 질 수 있으리라 기대한다.

현재 DVB-T2는 변조방식이 64QAM, 256QAM까지 사용할 수 있어 6비트 또는 8비트를 한 심볼로 전송하므로 이 방식을 사용하여 추가적으로 전송용량을 더 증가할 수 있고 전송용량 증가에 따른 성능을 관찰하는 연구가 필요할 것으로 보인다. 그리고 본 논문에서 제안한 RS부호 대신 BCH를 적용하여 본 논문의 모의실험 결과와 성능을 비교하는 연구가 필요할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] ATSC. (2007). "A53 ATSC Digital Television Standard".
- [2] 오종규, 김준태. (2010), "지상파 3D HDTV 전송을 위한 확장된 ATSC 전송 시스템에 대한 연구", 한국방송공학회, 방송공학회는 문지, 제15권 제5호 2010.9, pp. 681-696
- [3] [http://tri.kbs.co.kr/2011/publication/pub\\_06\\_03.php](http://tri.kbs.co.kr/2011/publication/pub_06_03.php), "3DTV 실험 방송"
- [4] 김남수, 강환만, 조성호, "UMM(Unitary Matrix Modulation)을 이용한 LDPC(Low Density Parity Check) 코디드 OFDM 시스템", 한국통신학회, 한국통신학회논문지, 제30권 5A호 2005.5, pp. 436-444
- [5] Hao Zhong, Tong Zhang (2005)."Block-LDPC: a practical LDPC coding system design approach".Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on. Volume: 52, Issue: 4, pp.766 - 775
- [6] Futaki, H, Ohtsuki, T.(2002)." Performance of low-density parity-check (LDPC) coded OFDM systems". Communications, 2002. ICC 2002. IEEE International Conference on. ume: 3, pp. 1696-1700
- [7] Todd K. Moon, "Error Correction Coding : Mathematical methods and algorithms," John Wiley & Sons, Inc. , 2005
- [8] IEEE Std 802.16e-2005 and IEEE STD802.16-2004/Cor1-2005Air, Interface for Fixed and Mobile BroadBand Wireless Access System