

DVB-C2 채널 부복호 시뮬레이터를 통한 오류정정 부호 성능 검증

*정준영 **최동준 ***허남호

한국전자통신연구원

*jungjy@etri.re.kr

Performance Evaluation of Error Correcting Code through DVB-C2 Channel Encode/Decode Simulator

*Jung, Joon-Young **Choi, Dong-Joon ***Hur, Namho

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요약

최근 들어 케이블 방송망을 기반으로 한 디지털 방송, VoIP(Voice over Internet Protocol), VOD(Video on Demand), 영상 전화, 이동전화, 무선 랜 로밍 등의 다양한 멀티미디어 서비스의 출현과 향후 도입될 새로운 융합형 멀티미디어 서비스의 수용을 위해 케이블 망의 고도화에 대한 요구가 제기되었다. 특히 유럽을 중심으로 이러한 요구를 만족시키기 위해 DVB(Digital Video Broadcasting)-C2 규격의 개발이 진행되었다. DVB-C2 규격에서는 기존의 케이블 전송 규격인 DVB-C에 대해 30% 이상의 전송 효율을 높이고자 새로운 변조 방식과 채널 오류정정 부호 방식을 도입하였다.

이에 본 논문은 본 논문에서는 DVB-C2 규격에서 도입된 채널 오류정정 부호인 BCH(Bose, Chaudhuri, and Hocquenghem) 부호와 LDPC(Low Density Parity Check) 부호의 연결 방식에 대한 성능을 검증하고자 한다. 이를 위해 개발된 시뮬레이터의 소개와 이를 통한 시험결과를 제시한다.

1. 서론

케이블 방송망은 광대역을 가진 유선망이라는 매체 특성으로 동일한 망을 이용하여 방송뿐만 아니라 통신까지 제공할 수 있는 양방향 방송 서비스가 가능하여 방송/통신 융합을 위한 최적의 망으로 거론되고 있다. 서비스 관점에서 케이블 방송망은 도입초기 단순히 지상파 방송의 난시청 해소를 위한 수단이었으나 프로그램 공급업자와 종합 유선 방송국의 등장으로 독립적인 방송 매체로 발전하였으며, 북미 주도하에 1990년대 중반 통신법이 개정된 이후 방송/통신 시장의 개방에 대비하기 위해 케이블방송 사업자들은 케이블 방송망에서 양방향 고속 데이터 서비스를 제공할 수 있는 방안으로 케이블 모뎀을 개발하여 방송과 통신을 동시에 수용하는 통합 망으로 발전시켜왔다.

최근 들어 케이블 방송망을 기반으로 한 디지털 방송, VoIP(Voice over Internet Protocol), VOD(Video on Demand), 영상전화, 이동전화, 무선 랜 로밍 등의 다양한 멀티미디어 서비스의 출현과 향후 도입될 새로운 융합형 멀티미디어 서비스의 수용을 위해 케이블 망의 고도화에 대한 요구가 제기되었다. 특히 유럽을 중심으로 이러한 요구를 만족시키기 위해 DVB(Digital Video Broadcasting)-C2 규격의 개발이 진행되었다. DVB-C2 규격에서는 기존의 케이블 전송 규격인 DVB-C에 대해 30% 이상의 전송 효율을 높이고자 새로운 변조 방식과 채널 오류정정 부호 방식을 도입하였다.

본 논문에서는 DVB-C2 규격에서 도입된 채널 오류정정 부호인 BCH(Bose, Chaudhuri, and Hocquenghem) 부호와 LDPC(Low Density Parity Check) 부호의 연결 방식에 대한 성능을 검증하고자 한다. 이를 위해 개발된 시뮬레이터의 소개와 이를 통한 시험결과를 제시한다.

2. DVB-C2 개요

기존의 케이블 전송 표준에서는 채널 오류정정 방식으로 RS(Reed Solomon) 부호를 사용하며 단일 반송파에 기반한 64/256QAM(Quadrature amplitude modulation) 변조를 사용하였다. 이에 반해 DVB-C2에서는 전송 효율을 획기적으로 높이기 위하여 더욱 성능이 강화된 채널 오류정정 부호로 BCH와 LDPC 부호가 연결되어 사용되며, 변조 포맷도 최대 4096QAM까지 적용하였다. 그리고 다중 반송파에 기반한 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용하는 것을 특징으로 한다[1-2].

DVB-C2 전송 시스템 구조는 그림 1과 같이 입력 처리(Input Processing), 채널 부호 및 변조(Bit Interleaved Coding and Modulation: BICM), 데이터 슬라이스 및 프레임 생성(Data Slice + Frame Builder), 그리고 OFDM 생성(OFDM Generation)으로 크게 4 블록으로 구분할 수 있다 [3].

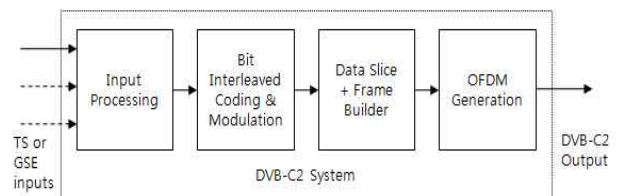


그림 1. DVB-C2 시스템 구조도

입력 처리 블록은 전송을 위해 입력 데이터를 처리하는 기능을 수행하며, 방송 데이터인 또는 IP(Internet Protocol) 데이터 등을 입력받

아 베이스밴드 프레임(Baseband Frame)을 생성하여 채널 부호 및 변조 블록으로 전달한다. 채널 부호 및 변조 블록에서는 입력되는 베이스밴드 프레임에 대해 BCH 부호, LDPC 부호 및 인터리빙을 수행하고 이에 대한 QAM을 맵핑을 수행하여 FEC(Forward Error Correction) 프레임을 생성한다. 입력 처리 블록과 채널 부호 및 변조 블록을 거치는 과정을 PLP(Physical Layer Pipe)라 하며, 하나의 PLP는 독립적인 논리적 채널을 구성하게 된다. 다음으로 데이터 슬라이스 및 프레임 생성 블록은 하나 또는 여러 개의 PLP를 통해 입력되는 FEC 프레임을 입력받아 데이터 슬라이스를 생성하게 되며, 또한 하나 또는 여러 개의 데이터 슬라이스를 결합하여 DVB-C2 프레임을 생성하게 된다. 생성된 DVB-C2 프레임은 OFDM 생성 블록에서 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 및 DAC (Digital-Analog Conversion)을 통하여 RF(Radio Frequency) 신호로 전송된다.

3. DVB-C2 채널 부호화 시뮬레이터 개발

DVB-C2에서는 채널 오류정정을 위해 BCH 부호와 LDPC 부호를 연결하여 사용한다. 특히 여기에 사용된 LDPC 부호는 변경 가능한 변수 노드(bit node) degree를 가지는 불규칙(irregular) LDPC 부호로 64,800 (Normal) 비트 또는 16,200 (Short) 비트의 부호어를 생성한다. 불규칙 LDPC의 채택은 높은 degree를 가지는 변수 노드들이 인접한 검사 노드들로부터 더 많은 정보를 수집하도록 하여 적은 수의 반복 복호를 수행하더라도 충분한 정보를 얻도록 해준다. 또한 IRA (Irregular Repeat Accumulate) 방식을 적용하여 매우 간단한 과정으로 부호어 생성이 가능하여 저장 공간 및 부호화 복잡도를 부분적으로 해결하였다. BCH 부호는 낮은 오류정정 능력을 가지고 있으나 LDPC 복호에서 발생하는 오류-마루(error-floor)를 방지한다.

그림 2는 개발된 DVB-C2 채널 부호화 시뮬레이터의 구성도이다. 그림 2와 같이 시뮬레이터 구성은 FEC 부호 모듈, FEC 복호 모듈, 채널 모델, 그리고 사용자 인터페이스로 나누어진다.

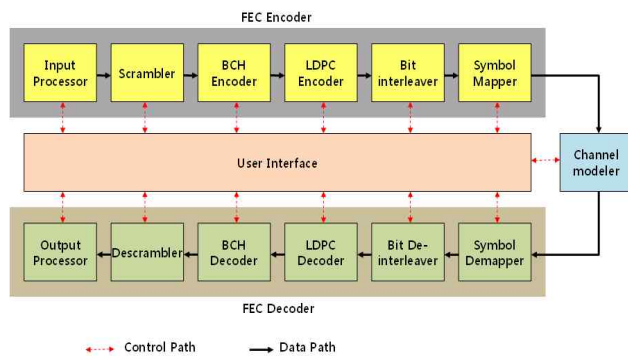


그림 2. DVB-C2 채널 부호화 시뮬레이터 구성도

FEC 부호 모듈은 BCH 부호, LDPC 부호, 인터리빙 및 QAM 심볼 맵핑 등의 기능을 수행한다. BCH와 LDPC 부호 조합은 Normal 프레임의 경우에 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 그리고 9/10의 부호율을 가지며, Short 프레임의 경우에 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 그리고 8/9의 부호율을 가지는 총 11개의 조합이 존재한다. 또한 QAM 변조 포맷과 부호율 간 조합이 있으며, 이는 채널 상태에 따라 변조 포맷과 부호율의 다양한 조합이 가능하도록 해 준다. 표 1에 사용 가능한 변조 포맷과 부호율 간의 조합을 나타내었다.

표 1. 사용가능한 부호율과 변조포맷 조합

구분	Code Rate	16 QAM	64 QAM	256 QAM	1024 QAM	4096 QAM
Normal 프레임 N=64,800	2/3	-	o	-	-	-
	3/4	-	-	o	o	-
	4/5	o	o	-	-	o
	5/6	-	-	o	o	o
Short 프레임 N=16,200	1/2	o	-	-	-	-
	2/3	-	o	-	-	-
	3/4	-	-	o	o	-
	4/5	o	o	-	-	-
	5/6	-	-	o	o	o
	8/9	o	o	o	o	o
		o : 사용가		- : 사용불가		

FEC 부호 모듈은 BCH 복호, LDPC 복호, 디인터리빙 및 QAM 심볼 디맵핑 등의 기능을 수행한다. BCH 복호를 위해 Berlekamp Masser 알고리즘을 적용하였다. 또한 LDPC 복호를 위해 Sum Product 알고리즘과 Min-Sum 알고리즘을 선택하여 사용하도록 구현하였다. 그리고 수신 심볼에 대한 QAM 디맵핑은 간소화된 연관성 LLR(Log Likely hood Ratio) 알고리즘이 적용되었다. 여기서 알고리즘에 대한 구체적인 내용은 생략한다.

채널 모델은 일반적인 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널을 적용하였다. 즉 OFDM에 대한 수신은 완벽하게 이루어 졌다는 가정 하에, QAM 심볼에 대한 SNR(Signal to Noise Ratio)에 따라 성능을 검증할 수 있도록 하였다.

마지막으로 사용자 인터페이스는 시뮬레이션 환경(ex, 부호율, 변조포맷, 신호 대 잡음 비, 복호 알고리즘, 반복 복호 횟수 등) 설정과 시뮬레이션 결과의 확인 및 저장 등의 기능이 가능하도록 개발하였다. 그림 3은 개발된 시뮬레이터의 사용자 인터페이스를 보여준다. 사용자 인터페이스를 수신된 QAM 심볼의 위치를 확인할 수 있으며, BER(Bit Error Rate) 성능을 실시간 확인할 수 있도록 하였다. 특히 BER 성능에 대한 변경 추이를 통하여 해당 SNR에 대해 얻어진 결과 값이 신뢰할 수 있는 값을 판단하도록 하였으며, 시뮬레이션의 편의를 위해 시뮬레이션의 중지 및 저장, 중지 시점에서의 재시작 등이 가능하도록 하였다.

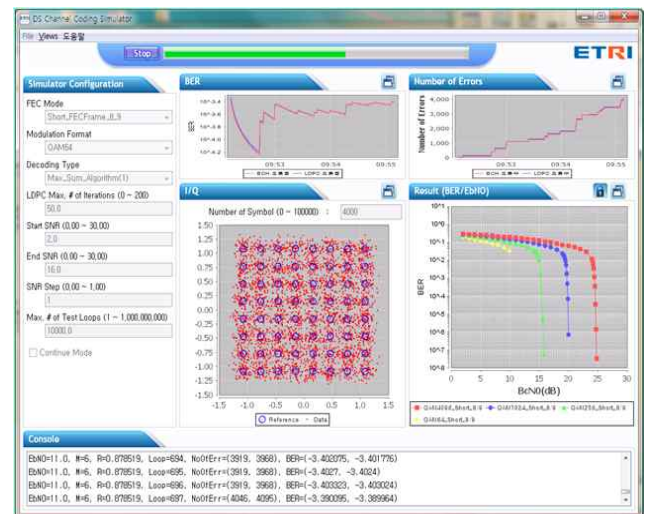


그림 3. DVB-C2 채널 부호화 시뮬레이터 사용자 인터페이스

4. 시뮬레이션 결과 및 논의

DVB-C2 채널 부호화에 대한 시뮬레이션은 Normal 프레임 모드와 Short 프레임 모드에 사용되는 모든 변조 포맷 및 부호율에 대해 수행하였다. LDPC 부호 알고리즘으로 Min-Sum을 사용하고 반복 부호 횟수는 실제 구현을 가정하여 20회로 한정하였다. 그림 4와 그림 5는 Normal 프레임 모드의 결과이며, 그림 6과 그림 7은 Short 프레임 모드에 대한 결과이다.

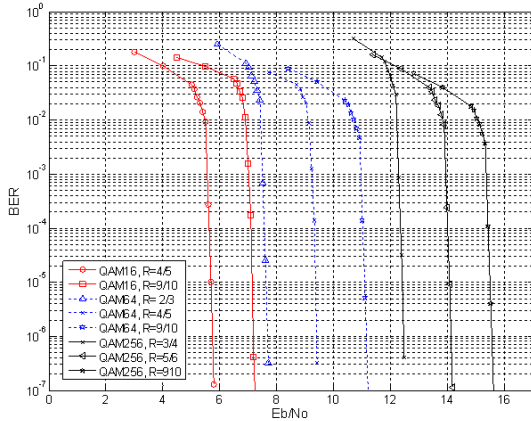


그림 4. Normal 프레임 모드에서 BER 성능(1)

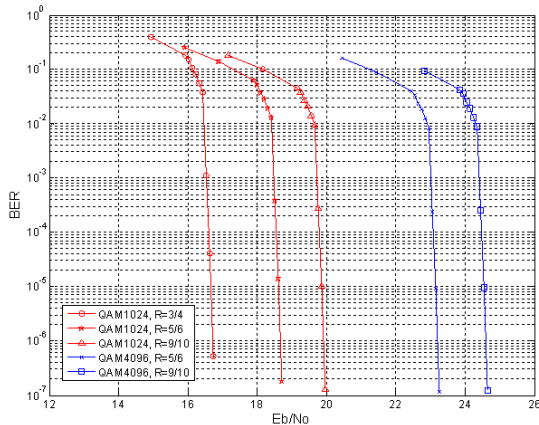


그림 5. Normal 프레임 모드에서 BER 성능(2)

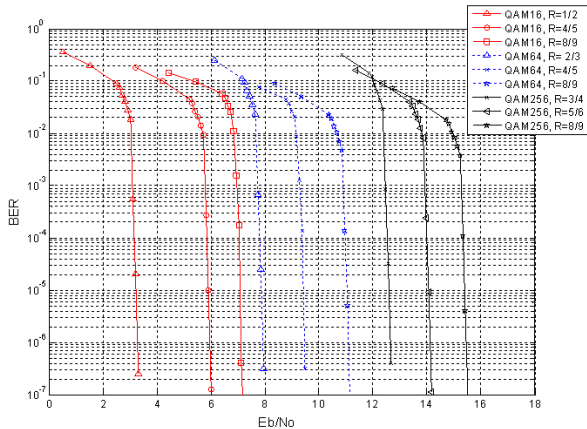


그림 6. Short 프레임 모드에서 BER 성능(1)

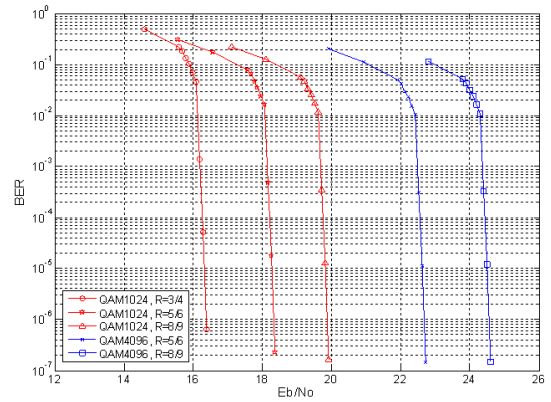


그림 7. Short 프레임 모드에서 BER 성능(2)

시뮬레이션 결과를 통해 얻어진 결과로부터 LDPC와 BCH 연결 부호가 상당히 효과적인 BER 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있었다. 특히 큰 블록 길이에 대해 장점을 가지는 LDPC 부호로 인해 BER 성능이 10^{-2} 근처에서 급속도로 향상되는 것을 알 수 있다. 또한 BCH 부호의 연결로 인해 오류마루 현상이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었다. Normal 프레임 모드와 Short 프레임 모드 간의 성능차이는 현저하지 않지만, 같은 변조 포맷과 부호율에서 Normal 프레임 모드의 성능이 좀 더 좋은 것을 확인할 수 있다. 즉 블록 길이가 큰 수록 더 좋은 성능을 가진다는 것을 입증한다.

또한, 각 변조 포맷과 부호율 조합이 가지는 BER 성능을 살펴보면 거의 1-2dB 정도의 차를 보여주며 위치하고 있다. 즉 DVB-C2 시스템이 대부분의 채널 환경을 모두 지원할 수 있도록 설계되었음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 유럽의 차세대 디지털 케이블 방송 표준인 DVB-C2 규격의 채널 오류정정 부호에 대한 성능을 검증하였다. 특히 DVB-C2 규격에서 도입된 채널 오류정정 부호인 BCH 부호와 LDPC 부호의 연결 방식에 대한 성능 평가를 위해 개발된 시뮬레이터의 소개 하였으며 이를 통한 시험결과를 제시하였다. 제시된 결과를 통해 LDPC와 BCH 연결 부호가 상당히 효과적인 BER 성능을 보여줌을 알 수 있었으며, 대부분의 채널 환경을 모두 지원할 수 있도록 설계되었음을 파악할 수 있었다.

참고문헌

[1] DVB, "Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2)," A138, March 2010
 [2] DVB, "Implementation Guidelines for a second generation digital cable transmission system (DVB-C2)," A147, March 2010.
 [3] J. Robert, C. Schaaf, L. Stadelmeier, "DVB-C2 - The Standard for Next Generation Digital Cable Transmission," Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, 2009. BMSB '09.