

이동형 DVB-S2 기반 상위 계층 부호화 방식 성능 분석

Performance Analysis of Upper Layer Coding Method Based on DVB-S2 for Mobility

최석순 · 배종태 · 김민혁 · 정지원 · 이성로* · 최명수*

Seok-Soon Choi · Jong-Tae Bae · Min-Hyuk Kim · Ji-Won Jung ·
Seong-Ro Lee* · Myeong-Soo Choi*

요 약

차세대 위성 통신은 이동체에 대한 위성 방송 및 인터넷 서비스를 지속적으로 제공하기 위해 기존의 DVB-S2 표준화에 DVB-H와 DVB-T를 결합한 새로운 DVB-S2M 표준화에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 터널 등에 의해 발생하는 deep fading을 극복하기 위한 방안에 대해 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 deep fading 극복을 위해 physical layer 부호화 방식과 upper layer 부호화 방식을 결합한 cross layer 부호화 방식을 사용하고 있다. 본 논문에서는 DVB-S2 short frame의 부호화 방식을 physical layer 부호화 방식으로 고정시키고, upper layer 부호화 방식과 이동체의 속도, 데이터 전송 속도, packet size 등을 변화시켜가면서 시뮬레이션하여 최적의 upper layer 부호화 방식을 제안하였다.

Abstract

Recently, it is studied actively that DVB-S2 for mobility standard(DVB-S2M) is combined with DVB-H, DVB-T and conventional DVB-S2 standard for continuous satellite broadcasting and internet service. Especially, overcoming deep fading by tunnel is main subject. For overcoming deep fading, DVB-S2M proposed cross layer system is consist of upper layer and physical layer. Thus, this paper proposed optimal upper layer coding system fixing the physical layer coding under the simulation results by coding methods, train speed, data rate, interleaver size and IP packet size.

Key words : DVB-S2, Cross Layer, Train Interruption, LDPC, RS Coding, Turbo Code

I. 서 론

차세대 위성 통신은 소형 이동형 지상파 방송 및 고정형 지상파 방송과 위성과의 융합에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 특히 위성을 이용한 쌍방향 통신, 즉, 무선 인터넷과의 융합, 이동체에 대한 위성 방송 및 인터넷 통신을 하기 위한 연구가 제안되고 있다. 이동체에 대한 위성 방송 및 인터넷 서

스를 지속적으로 제공하기 위해 기존의 DVB-S2^[1] 표준화에 DVB-H^[2]와 DVB-T^[3]를 결합한 새로운 DVB-S2M 표준화에 대한 연구와 함께, 여기서 생기는 deep fading을 극복하기 위한 방안에 대해 함께 연구하고 있으며^[4], Eu-IST FP5 프로젝트인 FIFTH^[5] (Fast Internet for Fast Train Host) 프로젝트가 현재 이동체 위성 방송 분야에 연구가 활발히 진행되고 있다. 이의 연구를 위해서는 우수한 성능을 만족하면

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(계약번호 UD070054AD).

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2008-C1090-0804-0007).*

한국해양대학교 전자공학과(Department of Radio Communication Engineering, Korea Maritime University)

*목포대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Mokpo National University)

· 논문 번호 : 20080422-052

· 수정완료일자 : 2008년 9월 26일

서 가입자가 이동하더라도 방송을 지속적으로 제공하기 위해서는 DVB-S2 표준화 등에서 논의되고 있는 LDPC^{[6],[7]}(Low Density Parity Check) 부호와 interleaver, 외부 부호와 결합한 새로운 부호화 방식의 연구가 필수적이다. 이동형 DVB-S2의 표준화는 DVB-S2M이라 불리며, 이는 기차와 선박 등의 이동체에 대한 위성을 이용한 통신 방식을 규정하고 있으며, 기차와 같은 고속 이동체에서 발생하는 deep fading을 극복하기 위해 cross layer 부호화 방식을 적용하고 있다. Cross layer 부호화 방식은 PL(Physical Layer)와 UL(Upper Layer)의 두 단계로 부호화 및 복호화하는 방식으로 UL은 링크 layer에서 부호화 및 복호화 한다. Deep fading으로 인해 PL에서 정정하지 못한 오류를 UL에서 정정함으로써 더욱더 오류 정정 능력이 뛰어나도록 할 수 있다. DVB-S2에서는 PL 부호화 방식을 DVB-S2 및 DVB-T 규격의 조합으로, UL의 부호화 방식을 DVB-H에서 적용한 MPE(Multi Protocol Encapsulation)-FEC를 적용하고 있다. 본 논문에서는 DVB-S2 short frame LDPC 부호를 physical layer 부호(PL-FEC)로 고정하고, upper layer 부호(UL-FEC)로 RS 부호뿐만 아니라, 최근 강력한 오류 정정 능력으로 여러 무선 통신 규격에서 적용되고 있는 turbo 부호 및 LDPC 부호를 적용하고, 기차의 속도뿐만 아니라 interleaver의 크기와 데이터 전송 속도, 패킷 전송시 IP 패킷 크기를 변화시켜, 시뮬레이션을 통해 그 성능을 평가하였다. 이에 본 논문에서는 각 상황에 맞는 최적의 상위 계층 부호화 방식의 모델을 제안하고자 한다.

II. DVB-S2M 제안 모델^[8]

DVB-S2M에서 제안한 시스템 블록 다이어그램은 다음 그림 1과 같다.

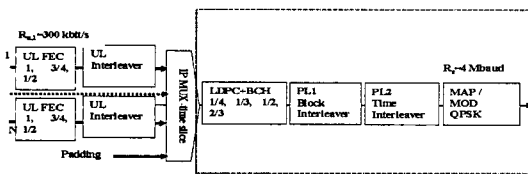


그림 1. 시스템 블록 다이어그램
Fig. 1. System block diagram.

여기에서 UL-FEC는 RS 부호이고, UL interleaver는 virtual interleaver, PL1은 block interleaver, PL2는 time interleaver를 나타낸다. 시스템 블록 다이어그램의 interleaver에 대하여 다음에서 자세히 설명한다.

2-1 Virtual Interleaver

그림 2는 MPE-FEC 프레임을 나타낸다. MPE-FEC 메모리는 DVB-H의 입력인 IP(Internal Protocol) 데이터가 입력되는데, IP 데이터의 최대 길이는 헤더를 포함한 4,080 바이트이며, UL-FEC 후에 12 바이트의 헤더와 4 바이트의 CRC를 포함한 최대 4,096 바이트이다. Frame을 구성하는 하나의 심벌은 8 비트로 구성되며, column의 개수는 255개의 심벌로 고정되어 있고, column의 길이는 최고 1,024개의 심벌까지 유동적으로 설정 가능하다. 따라서 총 프레임의 크기는 최대 약 2 M 비트를 가질 수 있다. 191개의 심벌로 이루어진 프레임 왼쪽의 부분은 정보 비트 부분이고, 64개의 심벌로 이루어진 프레임의 오른쪽 부분은 RS 부호화 과정으로 생겨난 RS 패리티 부분이다. IP 데이터가 최대 4,080 바이트로 입력되면 프레임의 가장 왼쪽에 위치한 column을 채우면서 오른쪽 방향의 column에 데이터를 저장하고, 저장되지 않은 부분이 생긴다면 이 부분은 '0'으로 채워 넣는다. 데이터를 모두 저장하고 난 후에, row 단위로 191개의 데이터 심벌을 이용하여 64 심벌의 RS 패리티를 만든다. 부호화가 끝난 데이터는 column 방향으로, 즉, 가장 왼쪽의 column부터 가장 오른쪽의 column까지 블록에 입력된 순서 차례대로 전송된다. 전송되는 IP 데이터는 RS 부호 후 CRC 헤더를 붙여 PL-FEC 부분으로 전송된다.

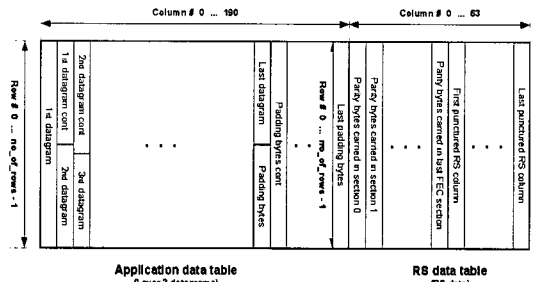


그림 2. 가상 인터리버
Fig. 2. Virtual interleaver.

RS 부호화 과정의 전후로 하여 interleaver와 de-interleaver 과정을 수행하지만, 프레임으로 입력되는 순서와 출력되는 순서가 같아 가시적으로 interleaver 과정이 들어나지는 않기 때문에 이를 'virtual interleaver'라고 한다.

2-2 DVB-T 기반의 내부 인터리버^[3]

아래와 같이 내부 인터리버에는 block interleaver와 time interleaver 두 종류가 사용된다. 그림 3은 block interleaver를 나타내고 아래와 같이 수행된다. 입력 비트 열은 x_i 로 표현할 수 있고, x_i 는 LDPC의 데이터 길이($N=16,200$)와 같다.

제한하고자 하는 block interleaver는 표 1에서 나타난 바와 같이 4가지의 사양이 있다.

그림 4는 Forney가 제안한 time interleaver의 모습으로, 여기서 I 는 interleaver의 depth이고, M 은 레지스터가 가지고 있는 저장 장소 하나의 크기로 LDPC의 데이터 길이($N=16,200$)를 I 로 나눈 값과 같다($M=16,200/I$). 그리고 j 는 time interleaver의 인덱스이다.

I 와 M 의 크기는 표 2와 같이 8개 중 하나로 설정할 수 있다.

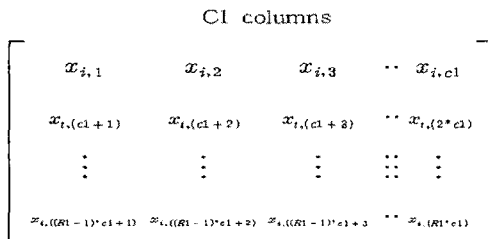


그림 3. 블록 인터리버
Fig. 3. Block interleaver.

표 1. Block interleaver의 선택 사양
Table 1. Specification of block interleaver.

	Number of columns C1	Inter-column permutation patterns $\langle P1_{a(0)}, \dots, P1_{a(a-1)} \rangle$
10 ms	1	0
20 ms	2	0, 1
40 ms	4	0, 2, 1, 3
80 ms	8	0, 4, 2, 6, 1, 5, 3, 7

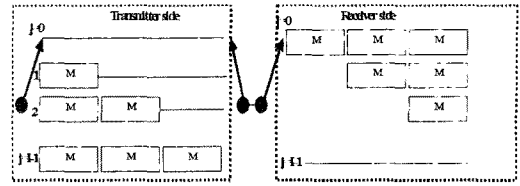


그림 4. 타임 인터리버
Fig. 4. Time interleaver.

표 2. Time interleaver의 선택 사양
Table 2. Specification of time interleaver.

$I=1$	$I=2$	$I=5$	$I=10$
No time Int	$M=8,100$	$M=3,240$	$M=1,620$
$I=20$	$I=40$	$I=81$	$I=162$
$M=810$	$M=405$	$M=200$	$M=100$

III. Train Interruption 채널 모델링^{[5],[8]}

본 논문에서 연구하고자 하는 기차 선로의 단면을 그림 5에 나타내었다. 기차가 선로 위를 달릴 때, electronic line supporter에 의해 위성의 신호의 감쇄가 일어나게 되는데, 그 때의 신호의 상태는 그림 6과 같고, electronic line supporter의 주기인 50 m마다 신호의 감쇄가 발생한다고 가정한다. 본 논문에서 채널 모델은 터널 환경이 아니라 달리는 선로 위에서 또는 기차의 속도가 감쇄되는 기차역 부근이라 가정한다.

기차의 속도가 300 km/h라고 한다면 다음 식 (1)과 같이 속도의 단위를 m/s로 나타낼 수 있다.

$$300 \text{ km/h} = \frac{300 \times 10^3 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 83.333 \text{ m/s} \quad (1)$$

즉, 기차는 1초에 83.333 m를 진행한다. 따라서

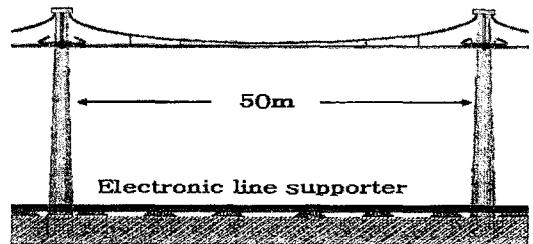


그림 5. 열차의 선로 환경
Fig. 5. Electronic line support environment.

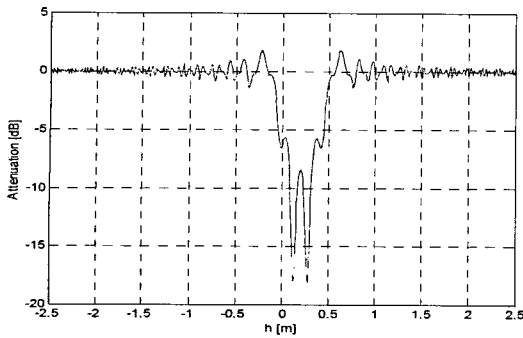


그림 6. TI channel 특성
Fig. 6. Property of TI channel.

electronic line supporter의 영향을 받지 않는 구간의 시간은 다음 식 (2)와 같이 계산될 수 있다.

$$1s:83.333 \text{ m} = xs:49.5 \text{ m}$$

$$x = 0.594s \tag{2}$$

그리고 electronic line supporter의 영향을 받는 구간의 시간은 식 (3)의 방법과 같이 계산할 수 있다.

$$1s:83.333 \text{ m} = xs:0.5 \text{ m}$$

$$x = 0.006s \tag{3}$$

데이터의 속도를 5 Mbps라고 한다면 electronic line supporter의 영향을 받지 않는 구간의 데이터 량은 다음 식 (4)와 같다.

$$5 \times 10^6 \text{ bit} : 1s = x \text{ bit} : 0.6s$$

$$x = 3 \times 10^6 \text{ bit} \tag{4}$$

또한, electronic line supporter의 영향을 받는 구간의 데이터 량은 다음 식 (5)와 같다.

$$5 \times 10^6 \text{ bit} : 1s = x \text{ bit} : 0.006s$$

$$x = 30 \times 10^3 \text{ bit} \tag{5}$$

여기에서 기차의 속도가 느려지게 되면, ELS의 영향을 받아 신호의 수신이 어려운 구간을 지나가는 시간이 길어지게 되고, 식 (5)에 의해서 ELS의 영향을 받는 구간의 데이터 량이 늘어나서 error가 증가하게 된다.

IV. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 최적의 상위 계층 모델을 찾기 위한

표 3. PL-FEC와 UL-FEC의 파라미터
Table 3. Parameter of PL-FEC and UL-FEC.

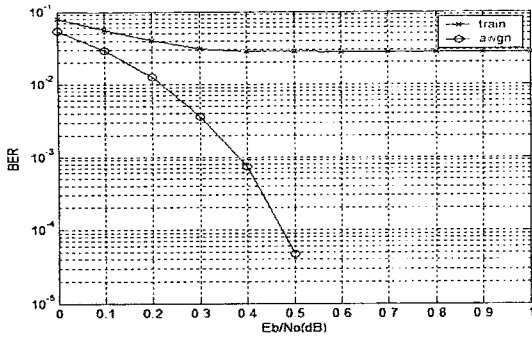
	부호화 방식	부호화 율	인터리버 사이즈
PL coding 방식	LDPC (DVB-S2)	$N=16,200$, $R=1/2$	
UL coding 방식	RS 부호	$(255,191,64)$, $R=3/4$	$2,040 \times D$
	Turbo 부호	$(N=768)$, $R=8/11$	$2,112$ $(N \times 2 \times 11/8) \times D$
	LDPC (802.16e)	$N=2,040$, $R=3/4$	$2,040 \times D$
	LDPC (DVB-S2)	$N=16,200$, $R=3/4$	$16,200 \times D$
Train speed	10, 30, 150, 300 km/h		
Virtual Interleaver size	256, 512, 640, 768, 896, 1,024 bytes		
Data rate	5~50 Mbps		
IP packet size	184, 256, 512, 1,024, 1,536, 2,048 bytes		

시뮬레이션의 파라미터는 표 3과 같다. PL-FEC는 DVB-S2 규격의 LDPC 부호로 고정하였고, 이동체에 대한 도플러 효과 등의 채널 추정 및 복조 동기는 완벽하다는 가정하에 기차의 속도와 UL-FEC의 부호화 방법, data rate, virtual interleaver size, IP packet size를 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 tool은 visual c++을 사용하였다.

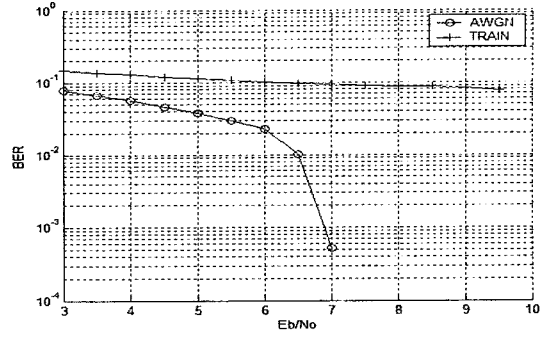
실제로 이동체의 속도가 증가하면 도플러 효과 등의 영향으로 인해 코덱의 성능 또한 저하되는 것이 보통이다. 하지만 본 논문에서의 연구 목적은 cross layer 시스템에서 상위 계층의 최적 부호화 시스템을 선정하는 것으로, 도플러 효과를 배제한 상황을 설정해 FEC의 효과만을 평가, 최적의 상위 계층 부호화 시스템을 선정하고자 한다.

4-1 TI Channel에서 LDPC, RS 부호 성능

LDPC와 RS를 AWGN 환경과 train electronic line supporter에 의한 train interruption(TI) 환경 하에서 시뮬레이션 한 BER 그래프를 그림 7에 비교하였다. 그래프를 통하여 알 수 있듯이 부호화 방식을 단독 사용하였을 경우, train에 의한 deep fading 극복이 불가능함을 알 수 있다. 이는 ELS에 의한 error의 개수가



(a) LDPC performance



(b) RS performance

그림 7. AWGN과 TI 환경 하에서 성능 비교

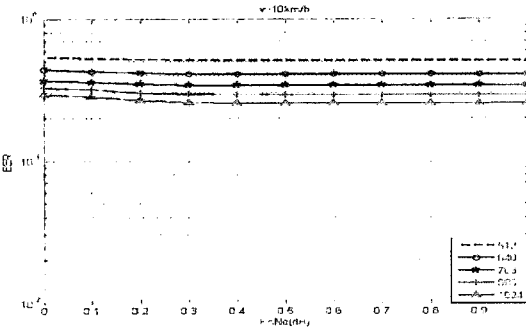
Fig. 7. Performance of AWGN and TI channel.

LDPC 부호 및 RS 부호의 오류 정정 범위를 넘어서면서 오류 정정을 하지 못하고 error가 계속 유지되기 때문이다.

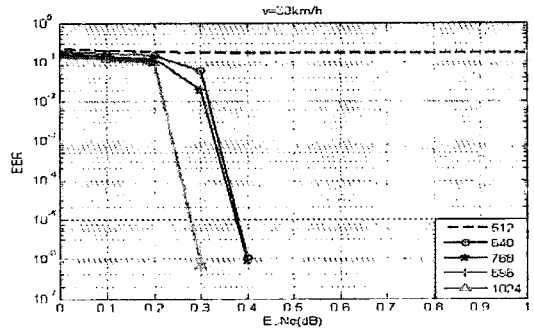
4-2 UL-FEC 부호화 방식에 따른 성능 분석

그림 8부터 그림 11까지는 기차의 속도와 virtual

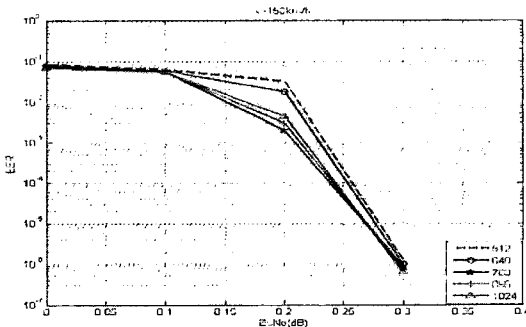
interleaver size를 변화시켜가면서 사용된 UL-FEC의 부호화 방법에 따른 성능을 나타내었다. 그 성능들을 살펴보면, 기차의 속도가 느릴 때는 앞서 3장에서 설명하였듯이 ELS의 영향을 받는 시간이 길어지면서 그에 의한 손실된 데이터 양이 증가하게 된다. 따라서 한 프레임 내에서 error의 수가 증가하여, 사



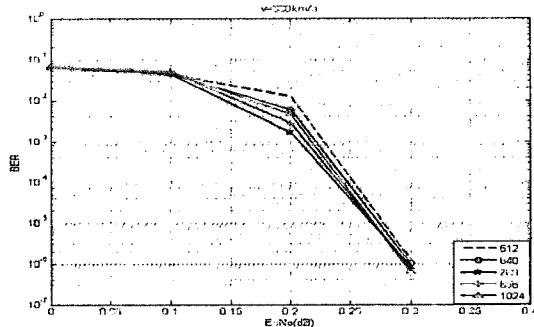
(a) Speed=10 km/h



(b) Speed=30 km/h



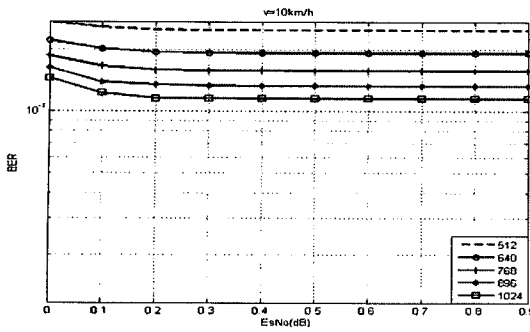
(c) Speed=150 km/h



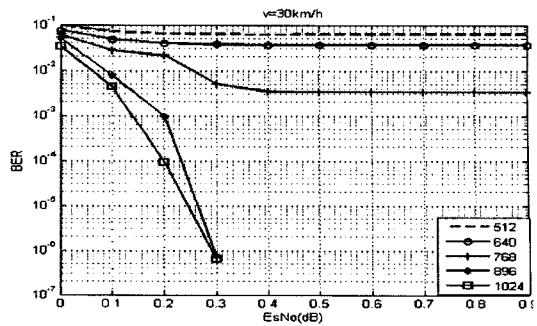
(d) Speed=300 km/h

그림 8. RS code를 적용하였을 때의 성능

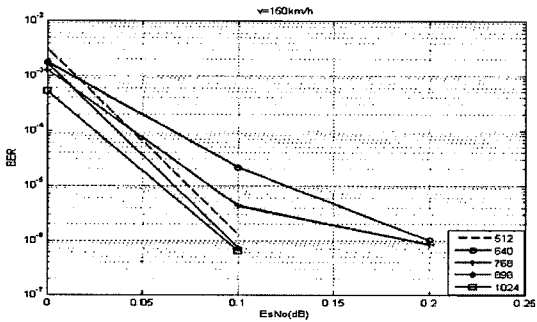
Fig. 8. Performance of RS code.



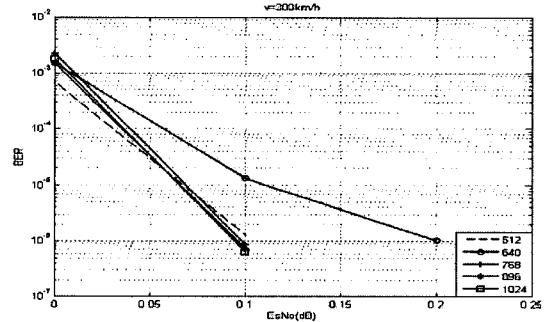
(a) Speed=10 km/h



(b) Speed=30 km/h

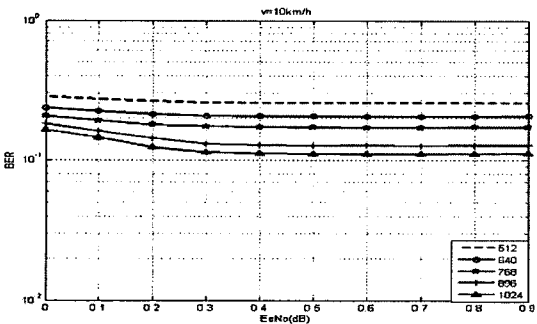


(c) Speed =150 km/h

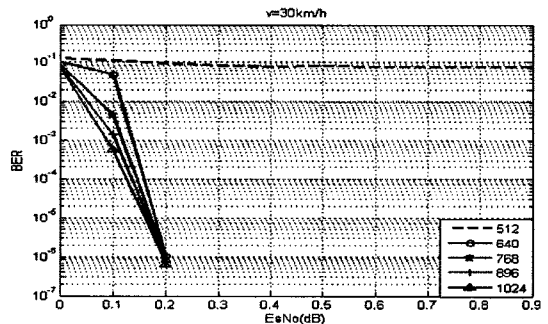


(d) Speed=300 km/h

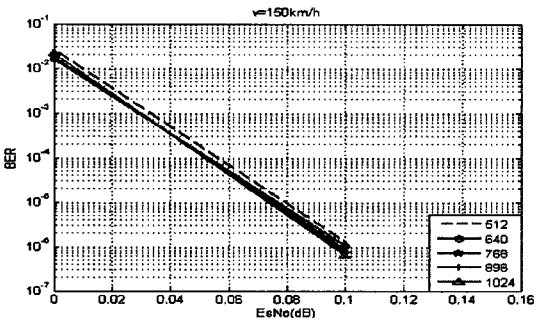
그림 9. Double binary turbo를 적용하였을 때의 성능
Fig. 9. Performance of double binary turbo code.



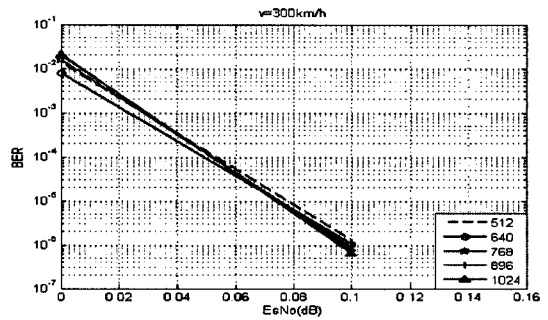
(a) Speed=10 km/h



(b) Speed=30 km/h



(c) Speed=150 km/h



(d) Speed=300 km/h

그림 10. IEEE 802.16e 기반 LDPC를 적용하였을 때의 성능
Fig. 10. Performance of LDPC of IEEE 802.16e.

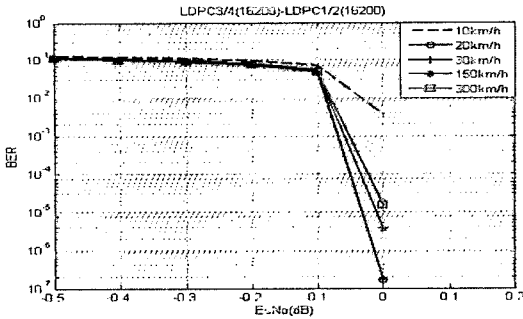


그림 11. Virtual interleaver size가 512일 때
Fig. 11. Virtual interleaver size=512 bytes.

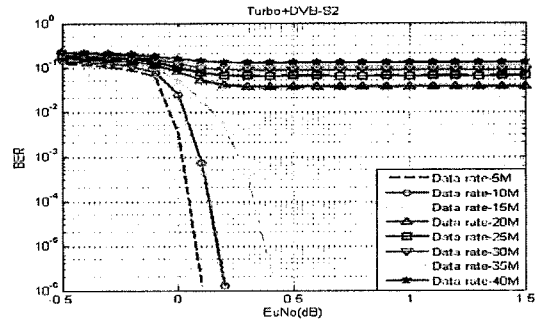


그림 13. Turbo code 성능
Fig. 13. Performance of turbo code.

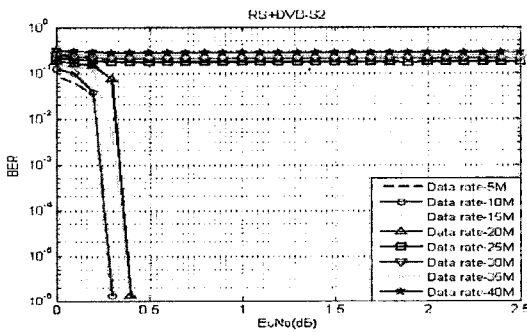


그림 12. RS code 성능
Fig. 12. Performance of RS code.

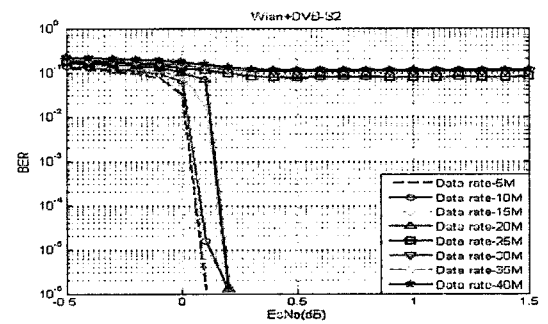


그림 14. IEEE 802.16e 규격의 LDPC 성능
Fig. 14. Performance of LDPC of IEEE 802.16e.

용된 부호의 오류 정정 능력을 넘어서게 되어 error를 정정하지 못하게 된다. ELS에 대한 error는 AWGN과는 다르게 송신 신호의 출력 크기와는 무관하므로 E_c/N_0 를 높이더라도 이러한 error를 정정하지 못하는 error floor 현상으로 나타나게 된다. 그리고 virtual interleaver size가 커지게 되면 발생한 error의 분산 효과가 커지게 되므로 사용된 부호의 에러 정정 능력 범위 안에 들어오게 되어 error 정정 효과를 볼 수 있게 된다. 그림 12에서는 기차의 속도가 10 km/h일 때도 오류를 정정하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 UL-FEC를 DVB-S2 규격의 LDPC를 사용하면서 한 개의 부호어의 길이(N)가 16,200 bit가 되면서 오류를 정정할 수 있는 개수가 절대적인 수치상으로 많아지게 되기 때문이다.

4-3 Data Rate에 따른 성능 분석

그림 12부터 그림 15까지는 기차의 속도를 150 km/h, virtual interleaver size를 512 bytes로 고정하고,

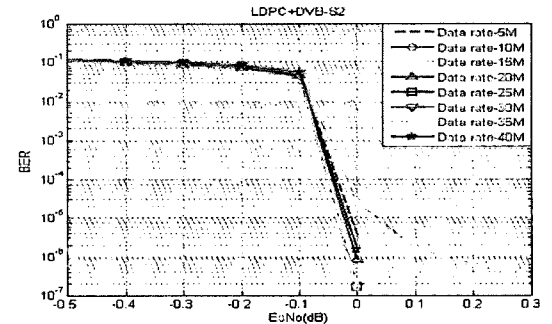


그림 15. DVB-S2 규격의 LDPC 성능
Fig. 15. Performance of LDPC of DVB-S2.

UL-FEC의 부호화 방법과 데이터의 전송 속도를 달리 하면서 시뮬레이션을 한 결과이다. 이번 시뮬레이션을 통해서, 부호화 방법에 따른 전송 가능한 최대 전송 속도를 예측할 수 있다. 시뮬레이션 결과 데이터 전송 속도가 높아질수록 성능이 나빠지는 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 2절의 식 (6)에서 전송 속도가 빨리지면, 같은 시간 동안 ELS의 영향을 받는

데이터의 개수가 늘어나기 때문이다. UL-FEC의 부호화 방법으로 RS 부호를 사용할 경우 최대 20 Mbps, DVB-RCS 규격의 turbo 부호를 사용할 경우 최대 15 Mbps, IEEE 802.16e 규격의 LDPC를 사용할 경우 최대 20 Mbps의 전송 속도로 전송을 할 수 있고, DVB-S2 규격의 LDPC를 사용할 경우는 40 Mbps 까지도 전송이 가능한 것을 알 수 있다. 그리고 LDPC와 RS 부호를 UL-FEC의 부호화 방법으로 사용할 경우, 그림 12, 14, 15에서 보는 것처럼 오류 정정 범위 내에서는 데이터 전송 속도에 따른 성능의 영향이 그림 15의 turbo 부호를 사용하였을 경우에 비해 비교적 적은 것을 알 수 있다.

4-4 MPE-FEC Memory Size에 따른 성능 분석

그림 16부터 그림 19까지는 virtual interleaver size에 따른 최대 전송 속도를 알아보기 위해 UL-FEC의 부호화 방법을 RS 부호로, 기차의 속도를 150 km/h로 고정하고, virtual interleaver size와 데이터 전송 속도를 변화시켜가면서 시뮬레이션한 결과이다. 데이터의 전송 속도는 5 Mbps에서부터 40 Mbps까지 5 Mbps 단위로 증가시켰고, virtual interleaver size가 1,024 bytes일 때만 50 Mbps까지 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과, virtual interleaver size가 256 bytes, 512 bytes, 768 bytes, 1,024 bytes일 때, 각각 15 Mbps, 25 Mbps, 40 Mbps, 50 Mbps 이상에서 error floor 현상이 나타나기 시작하였으며, virtual interleaver의 size가 커질수록 최대 전송량도 비례 증가하는 것을 알 수 있다.

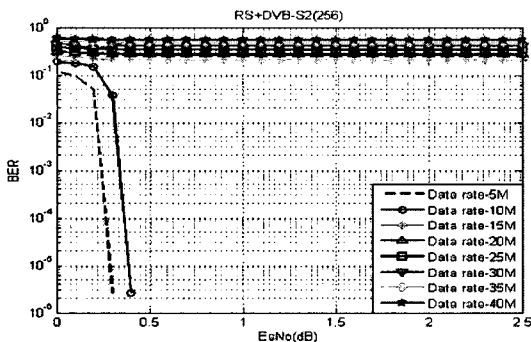


그림 16. 가상 인터리버 크기=256 bytes
Fig. 16. Virtual interleaver size=256 bytes.

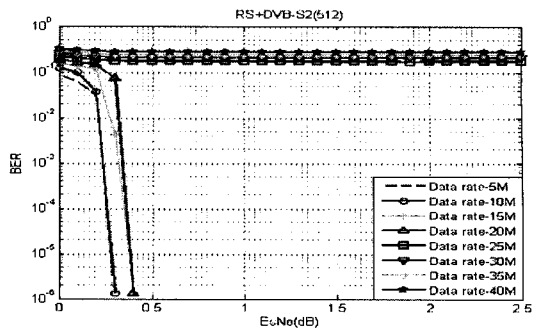


그림 17. 가상 인터리버 크기=512 bytes
Fig. 17. Virtual interleaver size=512 bytes.

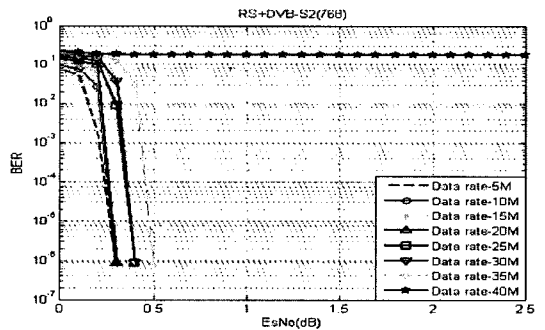


그림 18. 가상 인터리버 크기=768 bytes
Fig. 18. Virtual interleaver size=768 bytes.

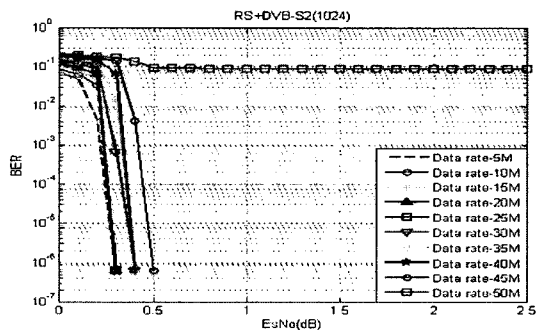


그림 19. 가상 인터리버 크기=1,024 bytes
Fig. 19. Virtual interleaver size=1,024 bytes.

4-5 IP 패킷 길이에 따른 성능 분석

그림 20에서는 전송되는 IP 패킷의 최적 size를 알아보기, 전송되는 IP 패킷의 size에 따른 패킷의 에러율을 시뮬레이션해 보았다. 표준안에서는 최대 4,280 바이트의 IP 데이터를 허용한다. UL-FEC의 부호화 방식은 RS 부호를 사용하였고, virtual interleaver

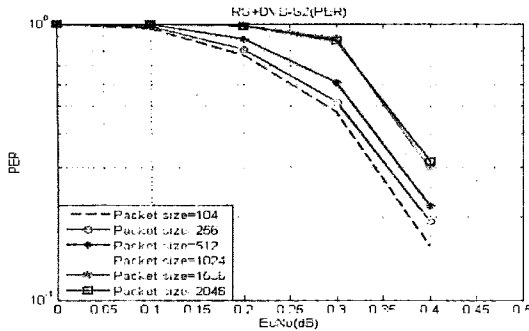


그림 20. IP 패킷의 size에 따른 패킷 에러율
Fig. 20. Packet error rate of IP packet size.

ver의 size는 1,024 bytes, 기차의 속도는 150 km/h, data rate는 45 Mbps로 고정을 하고 IP 패킷의 size를 184 bytes, 256 bytes, 512 bytes, 1,024 bytes, 1,536 bytes, 2,048 bytes로 변화시키면서 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션 결과, IP 패킷의 size가 작을수록 패킷의 에러율이 적은 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 IP 패킷의 size가 작을수록 error 구간을 피해가는 패킷의 수가 늘어나기 때문이다. 하지만 패킷의 size를 작게 하면 PID의 삽입 등으로 데이터 전송 효율이 떨어질 수 있기에 이에 따른 고려가 필요할 것이다.

4-6 최적의 Upper Layer 전송 방식

표 4는 4-1절부터 4-5절까지의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 최적의 파라미터를 결정하여 정리하였다.

V. 결 론

우수한 성능을 만족하면서 가입자가 이동을 하더라도 지속적으로 방송을 제공하기 위해서는 DVB-S2 표준화 등에서 논의되고 있는 LDPC 부호화 방식과 interleaver, 외부 부호와 결합한 새로운 부호화 방식의 연구가 필수적이다. 본 논문에서는 최근 논의되고 있는 cross layer 구조에서 최적의 upper layer FEC 시스템을 선정하기 위해 시뮬레이션을 통한 성능 평가를 하였다. PL-FEC는 DVB-S2의 short frame LDPC(N=16,200)으로 고정시키고 UL-FEC를 RS(255, 191, 32), Double Binary Turbo-Code(N=2,112, R=8/11, Iteration=6), IEEE 802.16e를 기반으로 하는 LDPC(N=2,040, R=3/4, Iteration=40), DVB-S2를 기반으로 하는 LDPC(N=16,200, R=3/4, Iteration=40)를 적용하

표 4. 최적의 파라미터

Table 4. Optimal parameter.

파라미터	범위	최적
UL 인터리버 길이	256, 512, 768, 1,024	1,024
IP 패킷 길이 (RS+LDPC, v=150 km/h, 1,024)	Up to 2,048 bytes	184 bytes
UL coding method	RS, LDPC, Turbo	RS, LDPC
Maximum data rate (by virtual interleaver size) RS+LDPC, v=150 km/h	Virtual interleaver size=256	10 Mbps
	Virtual interleaver size=512	20 Mbps
	Virtual interleaver size=768	35 Mbps
	Virtual interleaver size=1,024	45 Mbps
Maximum data rate (by UL coding method) Virtual interleaver size=512 bytes, v=150 km/h	RS + LDPC	20 Mbps
	Turbo + LDPC	15 Mbps
	Wlan + LDPC	20 Mbps
	LDPC + LDPC	40 Mbps 이상

여 시뮬레이션을 하였다.

그 결과, UL-FEC의 최적 부호화 방식으로는 RS 부호와 DVB-S2 기반 LDPC 부호의 성능이 타 알고리즘에 비해 우수하였으며, 모든 시뮬레이션 결과에서 virtual interleaver size가 커질수록, 기차의 속도가 빨라질수록 에러 정정율이 좋아지는 것을 볼 수 있다. 그리고 IP packet size가 작을수록 error 구간을 피해가는 packet의 개수가 많아지면서 패킷의 에러율이 적은 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] ETSI EN 301 210, "Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for Digital Satellite News Gathering(DS-NG) and other contribution applications by satellite(DVB-S2)".
[2] G. Faria et al., "DVB-H: Digital broadcast services

to handheld devices", *Proc. of the IEEE*, vol. 94, no. 1, Jan. 2006.

[3] ETSI EN 300 744: "Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television(DVB-T)".

[4] DVB-TM Study Mission on Satellite Services to Portable devices(SSP) Draft Technical Report, Mar. 2006.

[5] V. Schena, G. Losquadro, and A. Basili, "A satellite network for train environment in the FIFTH demonstration", *IST Mobile & Wireless Telecommunication Summit 2003*, Aveiro(Portugal), pp. 603-607, Jun.

2003.

[6] R. G. Gallager, "Low-density parity-check codes", *IRE Trans. Information Theory*, vol. 8, pp. 21-28, 1962.

[7] D. J. C. Mackay, R. M. Neal, "Near Shannon limit performance of low-density parity-check codes", *Electron. Letter*, vol. 32, pp. 1645-1646, Aug, 1996.

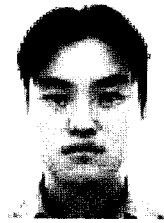
[8] Jin-Hee Jeong, Min-Hyuk Kim, and Ji-Won Jung, "A study of interleaver construction to overcome deep fading for satellite communication", 한국마린 엔지니어링학회 2006년도 후기학술대회 논문집, pp. 197-198, 2006년 11월.

최 석 순



2007년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2007년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

김 민 혁



2006년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2008년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학석사)
 2008년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 박사과정
 [주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

배 중 태



2007년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2007년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

정 지 원



1989년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학석사)
 1995년 2월: 성균관대학교 정보공학과 (공학박사)
 1991년 1월~1992년 2월: LG 정보통신연구소 연구원
 1995년 9월~1996년 8월: 한국통신위성통신연구실 선임 연구원
 1997년 3월~1998년 12월: 한국전자통신연구원 초빙연구원
 1996년 9월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 정교수
 2001년 8월~2002년 8월: 캐나다 NSERC Fellowship(Communication Research Center 근무)
 [주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

이 성 로



1987년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)

1990년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1996년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

2005년 3월~현재: 목포대학교 정보공학전공 부교수

[주 관심분야] 디지털 통신시스템, 이동 및 위성 통신시스템, USN/텔레매틱스 응용 분야, 임베디드 시스템, 생체 인식 시스템

최 명 수



2000년 2월: 목포대학교 전자공학과 (공학사)

2002년 2월: 목포대학교 전자공학과 (공학석사)

2005년~현재: 목포대학교 전자공학과 박사과정

[주 관심분야] 디지털 통신시스템, 무선통신분야(USN, 배열신호처리), 임베디드 시스템, 생체 인식 시스템