혼합된 위성 및 지상 전송 시스템에서 새로운 상위 계층 복호 알고리즘

A New Upper Layer Decoding Algorithm for a Hybrid Satellite and Terrestrial Delivery System

김민혁 · 박태두 · 김남수 · 김철승 · 정지원 · 천승룡*

Min-Hyuk Kim · Tae-Doo Park · Nam-Soo Kim · Chul-Seung Kim · Ji-Won Jung · Seung-Young Chun*

요 약

이동체에 대해서 위성을 이용한 통신 방식을 규정하고 있는 DVB-SSP(Satellite Services for Portable devices) 표준화에서는 physical layer와 upper layer의 두 단계로 부호화 및 복호화를 한다. 수신단에서 physical layer의 복호 방식인 LDPC 복호후 upper layer의 erasure RS 복호를 위해, CRC 검사를 수행하여 수신된 데이터에서 1 bit의 오류에도 IP 패킷 모두를 삭제함으로써 복호시 오류가 발생하지 않은 정보가 손실될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 두 가지 방식의 복호 알고리즘을 제안하며, LDPC 복호기에 출력되는 LLR 값을 이용하여 IP 패킷 전체를 삭제하는 것이 아니라 LLR 값이 낮은 비트만 선택적으로 삭제하는 방식과 삭제되는 개수에 따라 복호 알고리즘을 혼합하는 혼합형 복호 알고리즘을 제안하며, 이를 시뮬레이션하여 기존의 CRC 방식과 비교하였다. 그 결과 제안한 알고리즘이 Gaussian 채널일 때, 성능이 약 0.2 dB 개선됨을, 이동하는 철도의 환경에서는 오류 마루현상이 제거됨을 알 수 있다.

Abstract

DVB-SSP is a new broadcasting system for hybrid satellite communications, which supports mobile handheld systems and fixed terrestrial systems. However, a critical factor must be considered in upper layer decoding which including erasure Reed-Solomon error correction combined with cyclic redundancy check. If there is only one bit error in an IP packet, the entire IP packet is considered as unreliable bytes, even if it contains correct bytes. If, for example, there is one real byte error, in an IP packet of 512 bytes, 511 correct bytes are erased from the frame. Therefore, this paper proposed two kinds of upper layer decoding methods; LLR-based decoding and hybrid decoding. By means of simulation we show that the performance of the proposed decoding algorithm is superior to that of the conventional one.

Key words : DVB-SSP, RS Code(Reed-Solomon Code), LDPC Code, MPE-FEC, Cyclic Redundancy Check(CRC)

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

「본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소(계약번호 UD070054AD), 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(IITA-2008-C1090-0902-0010) 그리고 한국학술진흥재단(KRF-2008-313-D00698)의 지원으로 수행되었으며, 이에 대해 깊이 감사를 드립니다.」

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

*국방과학연구소(Agency for Defense Development)

· 논 문 번 호 : 20090413-039

· 수정완료일자 : 2009년 8월 7일

위성 방송 및 인터넷 통신을 하기 위한 연구가 제안되고 있다. 이동체에 대한 위성 방송 및 인터넷 서비스를 지속적으로 제공하기 위해 기존의 DVB-S2 표준화에 DVB-H[1]와 DVB-T[2]를 결합한 새로운 DVB-SSP[3],[4] 표준화에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 이는 이동체에 대해서 위성을 이용한 통신 방식을 규정하고 있으며, PL(Physical Layer)와 UL(Upper Layer)의 두 단계로 부호화 및 복호화하는 방식인 cross layer 부호화 방식을 적용하고 있다. PL에서 정정하지 못한 오류를 UL에서 정정함으로써 오류 정정 능력이 뛰어남을 알 수 있다.

고속 이동중인 물체에 대해 IP(Internet Protocol) 데이터를 전송하기 위한 DVB-SSP 시스템에서 적용되고 있는 부호화 방식은 UL-FEC로는 참고문헌 [1]에서의 erasure RS(e-RS) 부호와 virtual interleaver를 결합한 DVB-H의 MPE-FEC 구조를 사용한다. e-RS 부호의 장점은 기존의 RS 부호보다 더 많은 오류 정정이 가능하다는 점이다. PL-FEC로는 N=16,200인 LDPC(Low Density Parity Check) 부호를 적용하고 있다. 기존의 방식 경우, e-RS 부호 후 CRC(Cyclic Redundancy Check)를 포함하여 virtual interleaver를 한 후에 LDPC 부호화되어 전송된다. 수신측에서는 LDPC 복호후 CRC 검사를 수행하여 수신된 데이터에서 1 bit의 오류에도 IP 패킷 모두를 삭제를 하게 된다. 이것은, 만약 IP 패킷의 크기가 512 바이트라면, 512 바이트의 IP 패킷 중에서 만약 1 바이트의 오류가 존재한다고 판단되어지면, 1 바이트를 제외한 나머지 511 바이트의 정상적인 데이터도 삭제됨을 뜻한다. 이는 e-RS 복호시 복호 능력의 한계 안에 있음에도 불구하고, 오류 한계를 벗어나는 원인이 될 수 있으므로 복호의 비효율성을 나타낼 수 있으며 또한 성능 열화의 원인이 된다. 따라서 본 논문에서는 두 가지 방식의 상위 계층 복호화 방식을 제안한다. 첫째로, LDPC 복호기에 출력되는 LLR(Log Liklihood Ratio) 값을 이용하여 IP 패킷 전체를 삭제하는 것이 아니라 LLR 값이 낮은 비트만 선택적으로 삭제하는 방식을 제안하며, 이는 512 바이트의 IP 패킷 중에서 만약 1바이트의 오류가 존재한다고 하더라도 512 바이트의 전체를 삭제하는 것이 아니라 해당 바이트만 삭제할 수 있는 방법이다. 두 번째 방식은 기존의 CRC 방식을 그대로 수용하되 오류 능력 범위 한계에 들어오면 e-RS 복호기를 이용하여 복호하며, 오류 한계 범위를 벗어나면 삭제시키지 않고 수신된 심볼 자체를 이용하여, RS 복호기를 이용하는 혼합형 복호 방식을 제안한다. 이는 삭제된 심볼의 개수가 오류 정정 능력을 벗어난다고 할지라도 오류 없는 심볼이 삭제된 경우의 수가 있으므로, 삭제전의 수신 심볼을 이용하여 기존의 RS 복호 방식을 이용하면 오류 정정이 가능할 확률이 있다. 두 번째 방식은 기존의 표준안을 변형시키지 않으면서 적용 가능하므로 표준안 측면에서 보면 효율적이다. 제안한 두 가지 방식을 시뮬레이션하여 기존의 CRC 방식과 비교하였다.

Ⅱ. DVB-SSP 시스템 모델

DVB-SSP에서 제안한 시스템 블록 다이어그램은 그림 1과 같다. 그림 1에서 UL interleaver는 가상 인터리버(virtual interleaver)를 의미하며, 각 블록도의 세부 기술을 다음 각 절에서 설명한다.

2-1 e-RS 부호

UL의 부호화 방식으로는 RS 부호에서 삭제 기능을 가지는 e-RS 부호를 이용한다. 기존 RS 부호에서는 에러 정정 능력을 t, 에러 심볼 수를 x라 두면 $t=(n-k)/2$, $t>x$일 경우 에러 정정이 가능하다. e-RS 부호의 경우, 삭제 에러 복구 능력을 t, 삭제된 심볼 수를 x라 두면 $t=n-k$, $t>x$일 경우 삭제에러 정정이 가능하게 된다. 본 논문에서 사용하고자 하는 e-RS(255, 192, 64)는 최대 64개의 삭제된 심볼의 경우, 삭제된 심볼안에 오류가 발생한 심볼이 모두 포함될 경우 64개 모두 오류 정정이 가능한데 비해, 64개의 심볼을 제외한 수신 심볼이 오류가 발생하면 정정이 불가능하다. 따라서 e-RS 부호는 삭제에러 복구 능력이 강한 대신 삭제 위치를 정확하게 알지 못할 경우

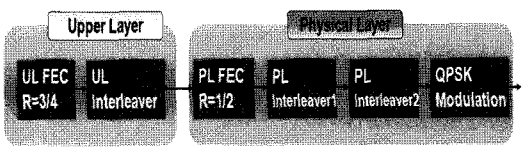


그림 1. 시스템 블록 다이어그램
Fig. 1. System block diagram.

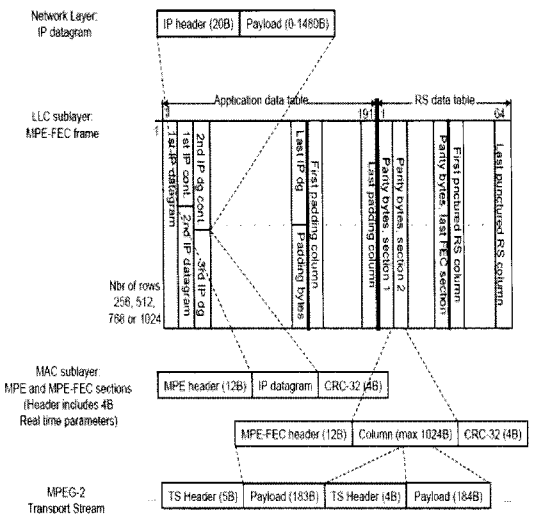


그림 2. MPE-FEC 메모리 구조
Fig. 2. Structure of MPE-FEC memory.

그 성능이 RS 부호보다 성능이 저하될 수 있다.

2-2 Virtual Interleaver

그림 2는 MPE-FEC 프레임을 나타낸다. MPE-FEC 메모리는 DVB-H의 입력인 IP 데이터가 입력되는데 IP 데이터의 최대 길이는 헤더를 포함한 4080 바이트이며, UL-FEC 후에 12 바이트의 헤더와 4 바이트의 CRC를 포함한 최대 4,096 바이트이다. 프레임을 구성하는 하나의 심볼은 8 비트로 구성되며, 열의 개수는 255개의 심볼로 고정되어 있고, 행의 길이는 최고 1,024개의 심볼까지 유동적으로 설정 가능하다. 따라서 총 프레임의 크기는 최대 약 2 M 비트를 가질 수 있다. 191개의 심볼로 이루어진 프레임 왼쪽의 부분은 정보 비트 부분이고, 64개의 심볼로 이루어진 프레임의 오른쪽 부분은 RS 부호화 과정으로 생겨난 RS 패리티 부분이다. 전송되는 IP 데이터는 RS 부호 후 CRC 헤더를 붙여 PL-FEC로 전송된다.

RS 부호화 과정은 우선 그림 2의 메모리에 세로 방향으로 데이터를 입력한 후, 데이터 입력이 완료되면 가로 방향으로 RS 부호화 과정을 거쳐 RS data table 부분에 parity 심볼이 생성이 되고, 그 후 다시 세로 방향으로 데이터를 출력한다. 이와 같이 데이터의 입출력 순서와 부호화 순서가 틀리게 되어 interleaver의 효과를 볼 수 있기 때문에 이를 'virtual interleaver'라고 한다.

2-3 LDPC 부호

최근 모든 무선 통신 분야에서 관심이 되고 있는 채널 부호화 방식인 LDPC 부호화 방식은 터보 부호에 비해 복호화의 복잡도가 낮을 뿐 아니라 좋은 거리 특성으로 오류 마루 현상이 나타나지 않고, 완전 병렬 처리로 고속 처리가 가능한 장점이 있다. 본 논문에서는 PL-FEC로는 DVB-S2에서 제안하는 부호화 비트수 N=16,200이며, 정보화 비트 수 K=8100을 가지는 부호화율 1/2인 LDPC 부호를 적용하였다[6]. LDPC 부호는 복호 부분보다는 부호화기 구성에의 복잡도를 가지고 있는데, DVB-S2에서는 parity 부분을 address를 지정하여 쉽게 부호화하고 있으며, 802.16(e) 등에서도 패리티 체크 행렬 등의 정의로 간단히 구현되고 있다[5]~[7].

Ⅲ. 제안한 MPE-FEC 복호 알고리즘

3-1 LLR 기반의 상위 계층복호 방식

수신측에서는 LDPC 복호 후 CRC 검사를 통해 오류가 있는 경우 IP 패킷을 모두 삭제시켜 e-RS 복호를 수행한다. 이는 비록 수신된 데이터에서 1 비트의 오류가 있을지라도 IP 패킷 모두를 삭제함으로써 복호시 비효율성을 나타낼 수 있다. 그림 3에서는 CRC 기법의 시스템 구조와 IP 패킷 전체가 삭제된 MPE-FEC 메모리 형태를 나타내고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 방식에서 CRC를 제외한, LDPC 복호기에서 출력되는 LLR 값을 이용하여 IP 패킷 전체를 삭제하는 것이 아니라, LLR 값이 낮은 비트만 삭제하여 패킷에서 삭제된 비트가 포함된 심볼 단위의 삭제 방식을 제안한다. 그림 4

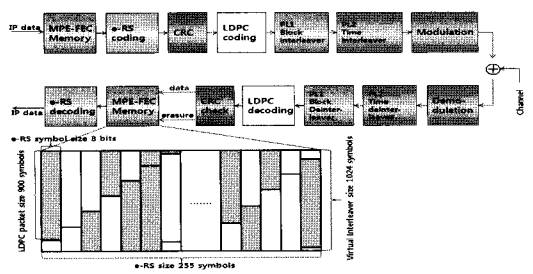


그림 3. CRC 기법의 시스템 구조 및 삭제된 MPE-FEC 메모리 형태
Fig. 3. MPE-FEC memory based on the CRC method.

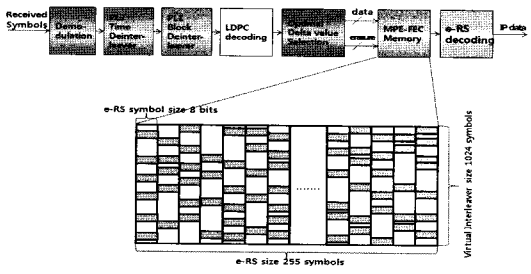


그림 4. LLR 기법의 수신단 구조 및 삭제된 MPE-FEC 메모리 형태

Fig. 4. MPE-FEC memory based on the LLR method.

는 제안한 LLR 기법의 수신단 구조와 IP 패킷에서 심볼 기반의 삭제된 MPE-FEC 메모리를 나타낸다.

PL-FEC의 LDPC 복호기에서는 N개의 비트 노드 및 $M(=N-K)$개의 체크 노드에서의 정보를 상호 교환하면서 이를 반복함으로써 성능을 향상시키는데, 최종 반복 후, LDPC 복호기 출력인 LLR 값은 식 (1)과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} LLR &= \ln\left(\frac{q_n}{p_n}\right) = \ln\left(\frac{f_n^0}{f_n^1}\right) + \ln\left(\prod_{m\in M(n)}\right) \\ &= L_{f_n} + \sum_{m\in M(n)} \ln\left(\frac{r_{m,n}^0}{r_{m,n}^1}\right) \\ &= L_{f_n} + \sum_{m\in M(n)} L_{r_{m,n}} \end{aligned} \quad (1)$$

q_n, p_n은 n번째 비트 노드에서의 0과 1의 사후 확률, f_n^0, f_n^1은 0과 1의 채널 전송 확률, $r_{m,n}^0$, $r_{m,n}^1$은 n번째 비트 노드에서 m번째 체크 노드를 연결하는 edge에서의 0과 1의 패리티 노드의 확률, L_{f_n}은 채널 전송 확률의 LLR, $L_{r_{m,n}}$은 패리티 노드 확률의 LLR을 나타낸다. 결국 최종적으로 출력되는 LLR 값은 각각의 0과 1의 확률 값에 로그를 취한 비율에 의해 나타내어진다. 여기서 LLR 값은 비트의 신뢰도를 나타내고 있기 때문에 그 절대치가 크다는 의미는 오류 확률이 낮다는 의미가 된다. 이러한 점에서 PL-FEC의 LDPC 복호기에서 출력되는 LLR 값의 삭제 여부를 판단하는 기준인 LLR threshold δ는 식 (2)와 같이 적용된다.

$$\begin{aligned} &\text{if } r_s \geq \delta, \quad unerased, \\ &\text{if } r_s < \delta, \quad erased. \end{aligned} \quad (2)$$

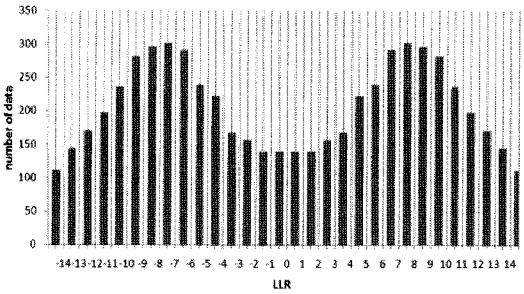


그림 5. LDPC 복호 후 LLR값 분포도

Fig. 5. Distribution of LLR at LDPC decoder.

r_s는 LLR 값의 절대값이며 δ값은 매우 중요한 역할을 한다. 만약 δ값이 너무 크게 되면 각 IP 패킷에서 삭제되는 심볼의 개수가 e-RS의 정정 능력을 초과하게 되고 오류가 아닌 심볼을 삭제할 수 있게 된다. 반대로 δ값이 너무 작으면 e-RS에서 오류 정정에 실패하게 된다. 따라서 δ값의 결정이 시스템의 성능에 매우 영향을 주는 것을 알 수 있다.

그림 5는 LDPC 복호 후 LLR 값의 분포도이다. UL-FEC의 e-RS 복호를 위해 오류라 판단되는 심볼의 삭제를 위해서는 그림 5의 LLR 값 분포도에서 적절한 레벨에서의 삭제를 위한 LLR값의 범위를 정하는 것이 중요하다.

그림 6은 δ 값에 따른 성능을 시뮬레이션한 결과이다. 시뮬레이션 결과 δ=4일 때 최적임을 알 수 있으며, 이는 LDPC 복호기의 LLR 값의 절대값이 4 이하인 심볼만 삭제시키는 것이 최적임을 알 수 있다.

그림 7은 δ 값이 4인 경우의 삭제된 LLR 값의 분포도이다.

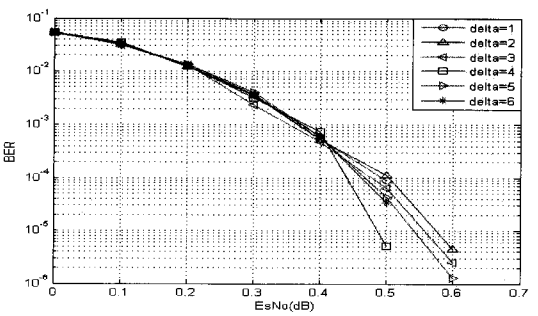


그림 6. δ 값에 따른 LLR 방식의 성능 곡선

Fig. 6. Performance of LLR method according to δ.

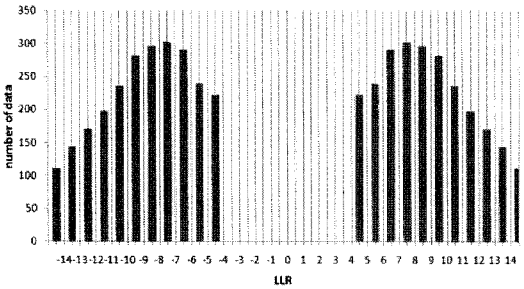


그림 7. LDPC 복호 후 δ=4일 때 삭제된 LLR값 분포도

Fig. 7. Distribution of erasured LLR by δ.

3-2 혼합형 상위 계층 복호 방식

표준안에 기술되어 있는 기존의 방식은 e-RS(255, 191, 64)에서 삭제된 심볼 수가 64개 이하이면 에러 정정이 가능하다. 삭제된 심볼 수가 64개를 초과하면, 정정 범위를 벗어나기 때문에 수신된 심볼을 경판정하여 복호하지 않는다. 혼합형 상위 계층 복호 방식은 기존의 CRC 방식을 그대로 수용하되 오류 능력 범위 한계에 들어오면 e-RS 복호기를 이용하여 복호하며, 오류 한계 범위를 벗어나면 삭제시키지 않고 수신된 심볼 자체를 이용하여, RS 복호기를 이용하는 복호 방식이다. 이는 삭제된 심볼의 개수가 오류 정정 능력을 벗어난다고 할지라도 오류 없는 심볼이 삭제된 경우의 수가 있으므로, 삭제전의 수신 심볼을 이용하여 기존의 RS 복호 방식을 이용하면 오류 정정이 가능할 확률이 있다. 이러한 방식은 기존의 표준안을 변형시키지 않으면서 적용 가능하므로 표준안 측면에서 보면 효율적이다. 그림 8에서는 혼합형 상위 계층 복호 방식의 블록도를 나타낸다. LDPC 복호 후, CRC-32 체크 후 MPE-FEC 메모리에 저장시킨 후 삭제된 심볼의 수가 64개 이하이면 e-RS 복호기를, 64개 이상이면 RS 복호기를 이용하여 복호하는 방식이다. 이는 기존의 방식에 비해 메모리의 변화가 없으며, RS 복호기와 e-RS 복호기의 신드롬 다항식 구하는 과정 등의 몇 가지만 추가하면 되므로 하드웨어 측면에서도 기존의 방식과 거의 비슷하다.

그림 9는 그림 2의 MPE-FEC 메모리에서 가로축의 255 심볼 내에 삭제된 비트 수 안에 실제로 오류가 나지 않은 심볼 수, Pc'의 평균을 E_b/N_o에 따라 나타낸 그림이다.

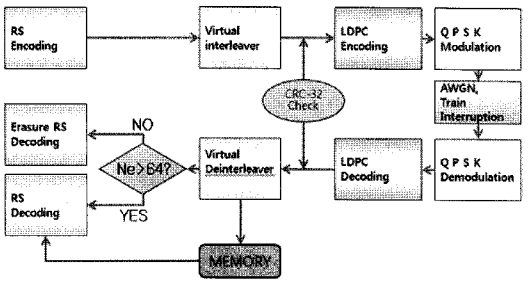


그림 8. 혼합형 상위 계층 복호 방식 블록도

Fig. 8. Structure of hybrid MPE-FEC decoding method.

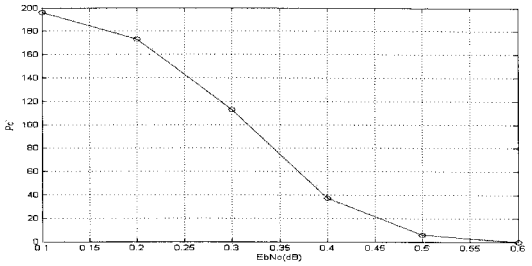


그림 9. SNR에 따른 삭제 심볼에서 오류 심볼의 평균수

Fig. 9. Number of error symbols from erasure symbol according to SNR.

예를 들어 E_b/N_o가 0.2 dB일 때에는 255개의 삭제된 심볼 중에 170개 정도의 심볼이 오류가 나지 않았음을 의미하며, E_b/N_o가 높을수록 정확하게 삭제함을 알 수 있다.

Ⅳ. Train Interruption(TI) 채널 모델링[7]

본 논문에서 연구하고자 하는 기차 선로의 단면을 그림 10에 나타내었다. TI 채널을 적용한 이유는

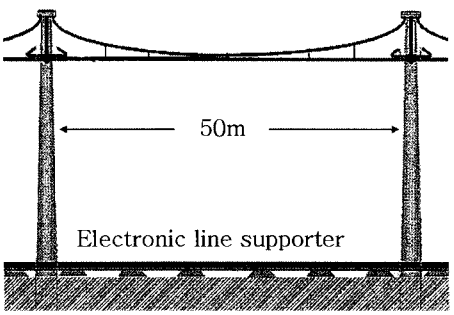


그림 10. 열차 선로 환경

Fig. 10. Train railway environment.

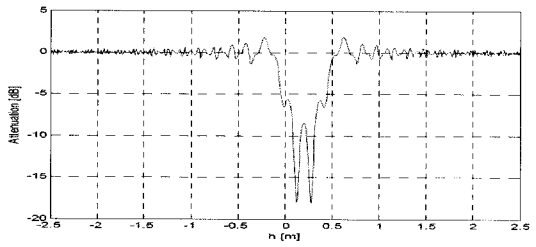


그림 11. TI channel 특성
Fig. 11. Specific of TI channel.

DVB-SSP 표준안이 이동하는 선박이나 철도의 경우 위성과 지상의 혼합형 통신에 대한 성능을 나타내므로 본 논문에서는 이동하는 기차를 이용하여 채널 모델링 하였다. 기차가 선로 위를 달릴 때, electronic line supporter에 의해 위성의 신호의 감쇄가 일어나게 되는데, 그 때의 신호의 상태는 그림 11과 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. 감쇄가 발생하는 부분에 대해서는 수신 신호를 아무런 정보를 갖지 않은 "0"으로 설정하였다.

기차의 속도가 v km/h라고 한다면 이를 초당 환산을 한 v' m/s라 하고, 그림 10에서 electronic line supporter의 영향을 받지 않는 구간을 l, 영향을 받는 구간을 l', 전송되는 데이터 속도를 d 라 두었을 때, 감쇄가 되는 비트의 수, d_v는 아래 식 (3)과 같다. 이는 시뮬레이션 시에 주기적으로 위의 비트 수만큼을 "0"으로 할당하여 수신부에 전송되어진다.

$$d_v = l' \times d / v' \tag{3}$$

V. 시뮬레이션 결과

그림 12는 기존의 CRC 방식을 사용하여 시뮬레이션한 결과와 본 논문에서 제안한 LLR 값에 따른 방식을 사용한 성능을 비교 분석한 결과이다. MPE-FEC 메모리의 열의 길이를 256 심볼, 행의 길이를 1,024 심볼로 고정하여 UL-FEC로는 e-RS(255, 191, 64) 부호와 PL-FEC로는 DVB-S2 규격의 LDPC (N =16,200) 부호를 사용하였다. 시뮬레이션 결과로부터 LLR 값에 따른 방식을 사용할 경우 성능이 약 0.2 dB 개선됨을 알 수 있다. 이는 기존의 CRC 방식

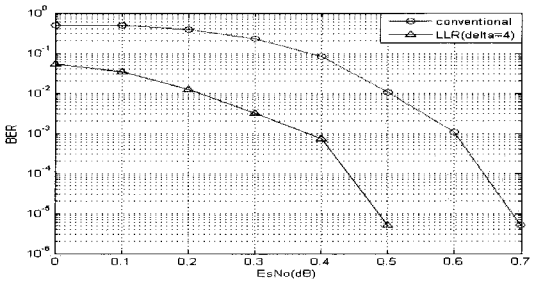


그림 12. CRC 방식과 LLR 방식의 성능 비교
Fig. 12. Performance comparison in AWGN channel.

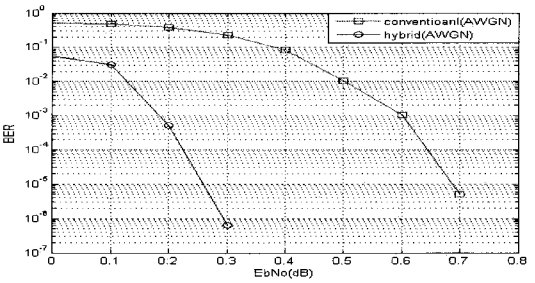


그림 13. 혼합형 상위 계층 복호 방식과 CRC 방식의 성능 비교
Fig. 13. Performance comparison in AWGN channel.

에서 오류가 존재한다고 판단되는 해당 IP 패킷 전체를 삭제하는 것이 오류가 아닌 데이터를 포함한 모든 데이터를 삭제하기 때문에 비효율성을 나타내기 때문이다.

그림 13은 두 번째 제안 방식인 혼합형 상위 계층 복호 방식과 기존의 방식의 성능을 비교한 그림이다. 제안 방식이 기존 방식에 비해 0.4 dB 개선됨을 알 수 있으며, LLR 방식에 비해서는 약 0.2 dB 개선됨을 알 수 있다. 이는 삭제된 비트로 인해 IP 패킷 전체가 삭제된 경우의 수가 많음을 의미하며, 삭제된 IP 패킷 내에는 오류가 없는 바이트 정보가 많이 내포함을 알 수 있다.

그림 14는 TI 채널에서의 성능을 나타낸 그림이다. TI 채널에서는 LLR 방식과 기존의 방식은 오류마루(error floor) 현상이 발생함을 알 수 있으며, 혼합형 상위 계층 복호 방식만이 오류를 정정함을 알 수 있다. 많은 정보 비트 부분의 신호 감쇄를 야기하는 TI 채널에서 기존의 방식은 삭제되는 심볼 수가 오류 정정 범위를 초과하는 경우가 많으며, LLR 방식은 삭제 유무를 결정하는 경계 값을 정하는 기준이

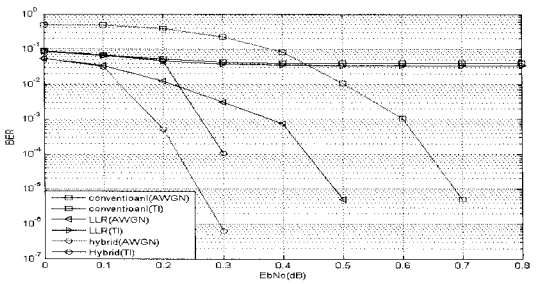


그림 14. TI 채널에서 제안한 복호 알고리즘 성능 분석
Fig. 14. Performance comparison in TI channel and AWGN channel.

어려우며, LLR을 이용한 삭제는 비효율적임을 의미한다. 혼합형 상위 계층 복호 방식이 성능이 우수한 이유는 TI 채널에서 야기되는 수신 심볼의 삭제의 개수가 비록 64개를 벗어나더라도, 삭제된 심볼 안에 오류가 나지 않은 정확하게 수신된 심볼 수가 존재한다는 의미이다.

Ⅵ. 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 기존의 CRC 검사를 통한 IP 패킷 전체를 삭제하는 것이 아니라, LDPC 복호기에 출력되는 LLR 값을 이용하여 LLR 값이 낮은 비트만 선택적으로 삭제하는 LLR 방식과 발생되는 삭제된 심볼수를 판단하여 e-RS 부호와 RS 부호를 혼합하여 적용하는 혼합형 상위 계층 부호화 방식, 두 가지를 제안하였다. 시뮬레이션 환경으로는 UL-FEC로는 e-RS(255,191,64), PL-FEC는 DVB-S2 규격의 LDPC 부호(N=16,200)를 적용하여 두 가지 방식을 성능 분석한 결과, 가우시안 채널에서는 LLR 방식에서 δ=4일 때 최적임을 알 수 있으며, CRC 방식과 LLR 방식을 비교한 결과 LLR 방식을 사용할 경우 성능이 0.2 dB, 혼합형 상위 계층 부호화 방식의 경우에는 0.4 dB 개선됨을 알 수 있다. TI 채널에서는 혼합형 상위 계층 부호화 방식의 성능이 우수함을 알 수 있었다. 본 연구에서의 결과는 향후 DVB-SSP 및 DVB-SH 규격 등의 반복 부호와 e-RS 부호의 결합이 되는 연접 부호 방식에서 유용한 자료가 되리라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] G. Faria et al., "DVB-H: Digital broadcast services to handheld devices", *Proc. of the IEEE*, vol. 94, no. 1, Jan. 2006.

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

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

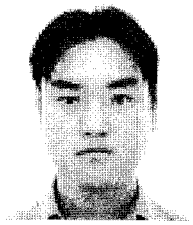
[4] ETSI EN 301 210: "Digital video broadcasting (DVB): framing structure, channel coding and modulation for digital satellite news gathering(DSNG) and other contribution applications by satellite (DVB-S2)".

[5] Arkko Paavola, Heidi Himmanen, "Performance analysis of MPE-FEC decoding methods at the DVB-H link layer for efficient IP packet retrieval", *IEEE Transactions Broadcasting*, vol. 35, no. 1, pp. 263-275, Mar. 2007.

[6] 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.

[7] 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.

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

김 철 승

2009년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

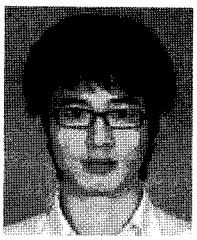
박 태 두

2008년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
2008년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널코딩, 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: 한국통신위성 통신연구실 선임연구원
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·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

김 남 수



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

천 승 용

1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2007년 8월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학박사)
1990년 3월~현재: 국방과학연구소 선임연구원
[주 관심분야] 디지털 신호처리