

DVB-SSP 기반 혼합형 MPE-FEC 복호 알고리즘

준회원 박 태 두*, 김 민 혁*, 김 남 수*, 김 철 승*,
정회원 정 지 원*, 이 성 로**

A Hybrid Decoding Algorithm for MPE-FEC based on DVB-SSP

Tae Doo Park*, Min Hyuk Kim*, Nam Soo Kim*, Chul Sung Kim* *Associate Members*,
Ji-Won Jung*, Seong-ro Lee** *Regular Members*

요 약

이동체에 대해서 위성을 이용한 통신 방식을 규정하고 있는 DVB-SSP 표준화에서는 physical layer 와 upper layer 의 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 bit 의 오류에도 IP 패킷 모두를 삭제함으로써 복호시 비효율성을 나타낼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 CRC 방식을 그대로 수용하되 오류 능력 범위 한계에 들어오면 e-RS 복호기를 이용하여 복호하며, 오류 한계 범위를 벗어나면 삭제 시키지 않고 수신된 심볼 자체를 이용하여, RS 복호기를 이용하는 복호 방식을 혼합하는 혼합형 복호알고리즘을 제안하며, 이를 가우시안 채널환경과 TI 채널환경에서 시뮬레이션 하여 기존의 CRC 방식과 비교하였다.

Key Words : DVB-SSP, Cyclic Redundancy Check, LDPC Code, RS Code

ABSTRACT

DVB-SSP is a new broadcasting system for hybrid satellite communications, which supports mobile handheld systems and fixed terrestrial systems. An upper layer, including erasure Reed-Solomon error correction combined with cyclic redundancy check. However, a critical factor must be considered in upper layer decoding. 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 upper layer decoding methods; hybrid decoding. By means of simulation we show that the performance of the proposed decoding algorithm is superior to that of the conventional one in AWGN channel and TI channel.

1. 서 론

차세대 위성통신은 소형 이동형 지상과 방송 및 고정형 지상과 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 위성방송 및 인터넷 서비스를 지속적으로 제공하기 위해 기존의 DVB-S2 표준화에 DVB-H^[1]와 DVB-T^[2]를 결합한 새로운 Digital Video Broadcasting-Satellite Services to Portable(DVB-SSP)^{[3],[4]}, 표준화에 대한 연구와

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-C1090-0902-0010). 이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2008-313-D00698).

* 한국해양대학교 전자공학과 위성통신 연구실(ms43bjt@hhu.ac.kr), ** 목포대학교 전자공학과
논문번호 : KICS2009-06-245, 접수일자 : 2009년 6월 9일, 최종논문접수일자 : 2009년 9월 10일

함께, 이는 이동체에 대해서 위성을 이용한 통신 방식을 규정하고 있으며, physical layer(PL) 와 upper layer(UL) 의 두 단계로 부호화 및 복호화하는 방식인 cross layer 부호화 방식을 적용하고 있다. PL 에서 정정하지 못한 오류를 UL 에서 정정함으로써 오류 정정 능력이 뛰어난을 알 수 있다.

이동중인 물체에 대해 Internet Protocol(IP) 데이터를 전송하기 위한 DVB-SSP 시스템에서 적용되고 있는 부호화 방식은 UL-FEC로는 [2]에서의 erasure RS(e-RS) 부호와 가상 인터리버(virtual interleaver) 를 결합한 DVB-H 의 MPE-FEC 구조를 사용한다. e-RS 부호의 장점은 기존의 RS 부호보다 더 많은 오류 정정이 가능하다는 점이다. PL-FEC 로는 $N=16200$ 인 LDPC 부호를 적용하고 있다. 기존의 방식 경우, e-RS 부호 후 cyclic redundancy check(CRC) 를 포함하여 가상 인터리버를 거친 후에 LDPC 부호화되어 전송된다. 수신 측에서는 LDPC 복호후 CRC 검사를 수행하여 수신된 데이터에서 1 bit 의 오류에도 IP 패킷 모두를 삭제할 하게 된다. 이것은, 만약 IP 패킷의 크기가 512 바이트라면, 512 바이트의 IP 패킷 중에서 만약 1바이트의 오류가 존재한다고 판단되어지면, 1바이트를 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 기존의 CRC 방식을 그대로 수용하되 오류능력 범위 한계에 들어오면 e-RS 복호기를 이용하여 복호하며, 오류 한계 범위를 벗어나면 삭제 시키지 않고 수신된 심볼 자체를 이용하여, RS 복호기를 이용하는 혼합형 복호 방식을 제안한다. 이는 삭제된 심볼의 개수가 오류 정정 능력을 벗어난다 할지라도 오류 없는 심볼이 삭제된 경우의 수가 있으므로, 삭제전의 수신 심볼을 이용하여 기존의 RS복호방식을 이용하면 오류정정이 가능할 확률이 있다. 또한 기존의 표준안을 변형시키지 않으면서 적용 가능하므로 표준안 측면에서 보면 효율적이다. 또한 제안하는 방식을 사용하여 가우시안 채널환경과 TI 채널환경에서 시뮬레이션을 통해 기존의 CRC 방식과 비교하였다.

II. DVB-SSP 시스템 모델

서론에서 제시한 두 가지 연구방향의 부가서비스

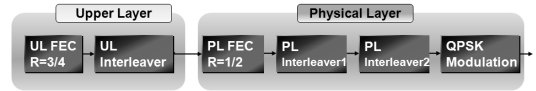


그림 1. 시스템 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of system

및 끊임없는 방송을 제공하기 위해서는 적응형 부호화 방식과 결합된 적응형 변조방식의 적응형 시스템을 구성하여야 한다^[5]. DVB-SSP에서 제안한 시스템 블록 다이어그램은 다음 그림 1과 같다. 그림 1에서 UL 인터리버는 가상 인터리버를 의미하며, 각 블록도의 세부기술을 다음 각 절에서 설명한다.

2.1 e-RS 부호

UL의 부호화 방식으로는 RS 부호에서 RS 부호에서 삭제 기능을 가지는 e-RS부호를 이용한다. 기존 RS 부호에서는 오류 정정 능력을 t , 오류 심볼 수를 x 라 두면 $t=(n-k)/2$, $t>x$ 일 경우 오류 정정이 가능하다.

e-RS 부호의 경우, 삭제오류 복구 능력을 t , 삭제된 심볼 수를 x 라 두면 $t=n-k$, $t>x$ 일 경우 삭제 오류 정정이 가능하게 된다. 본 논문에서 사용하고 자 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 삭제오류 복구 능력이 강한 대신 삭제 위치를 정확하게 알지 못할 경우 그 성능이 RS 부호보다 성능이 저하될 수 있다.

2.2 가상 인터리버

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 CRC 를 포함한 최대 4096 바이트이다. 프레임을 구성하는 하나의 심볼은 8 비트로 구성되며, 열의 개수는 255 개의 심벌로 고정되어 있고, 행의 길이는 최고 1024 개의 심벌까지 유동적으로 설정 가능하다. 따라서 총 프레임의 크기는 최대 약 2M 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 부분이

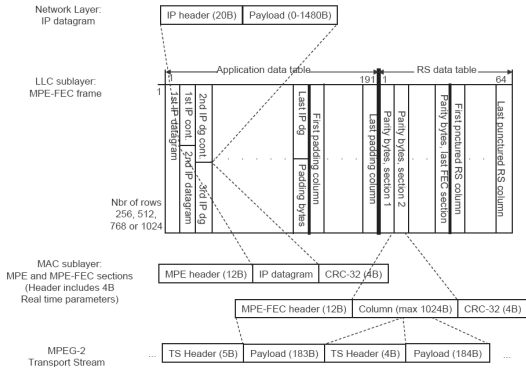


그림 2. MPE-FEC 메모리
Fig. 2. MPE-FEC memory

다. 전송되는 IP 데이터는 RS 부호 후 CRC 헤더를 붙여 PL-FEC 로 전송된다.

RS 부호화 과정의 전후로 하여 인터리버와 디인터리버 과정을 수행하지만, 프레임으로 입력되는 순서와 출력되는 순서가 같아 가시적으로 인터리버 과정이 들어나지는 않기 때문에 이를 ‘가상 인터리버’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 오류마루 현상이 나타나지 않고, 완전 병렬 처리로 고속 처리가 가능한 장점이 있다. 본 논문에서는 PL-FEC로는 DVB-S2 에서 제안하는 부호화 비트수 $N=16200$ 이며 정보화 비트 수 $K = 8100$ 을 가지는 부호화율 1/2인 LDPC 부호를 적용하였다⁶⁾. LDPC 부호는 복호 부분 보다는 부호화기 구성에의 복잡도를 가지고 있는데, DVB-S2에서는 패리티 부분의 주소를 지정하여 쉽게 부호화하고 있다^{5),6)}.

III. 제안한 혼합형 복호방식

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

표준안에 기술되어 있는 기존의 방식은 e-RS

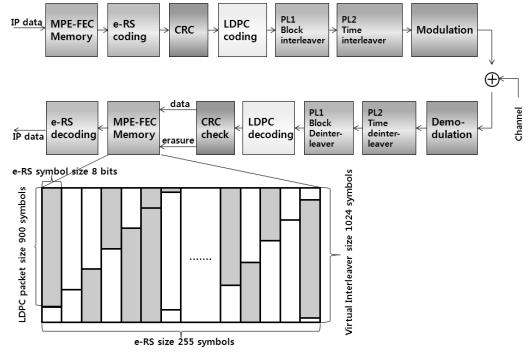


그림 3. CRC 기법의 시스템 구조 및 삭제된 MPE-FEC 메모리 형태
Fig. 3. MPE-FEC memory based on the CRC method

(255,191,64)에서 삭제된 심볼 수가 64개 이하이면 오류정정이 가능하다. 삭제된 심볼 수가 64개를 초과하면, 정정 범위를 벗어나기 때문에 수신된 심볼을 경관정하여 복호하지 않는다. 혼합형 복호 방식은 기존의 CRC 방식을 그대로 수용하되 오류능력 범위 한계에 들어오면 e-RS 복호기를 이용하여 복호하며, 오류 한계 범위를 벗어나면 삭제 시키지 않고 수신된 심볼 자체를 이용하여, RS 복호기를 이용하는 복호 방식이다. 이는 삭제된 심볼의 개수가 오류 정정 능력을 벗어난다 할지라도 오류 없는 심볼이 삭제된 경우의 수가 있으므로, 삭제전의 수신 심볼을 이용하여 기존의 RS복호방식을 이용하면 오류정정이 가능할 확률이 있다. 이러한 방식은 기존의 표준안을 변형시키지 않으면서 적용 가능하므로 표준안 측면에서 보면 효율적이다.

그림 4에서는 혼합형 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. 기존의 방식과의

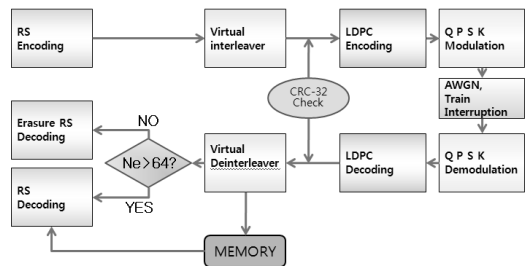


그림 4. 혼합형 복호 방식 블록도
Fig. 4. Structure of hybrid MPE-FEC method

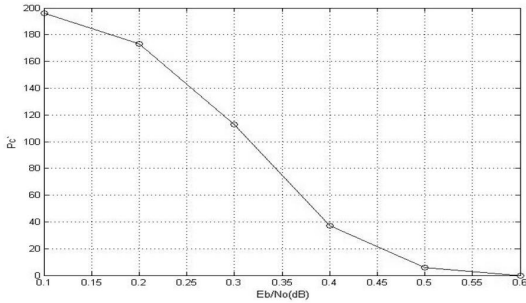


그림 5. SNR에 따른 삭제 심볼에서 오류가 아닌 심볼의 평균수
Fig. 5. According to SNR, average number of non-error symbol

차이점은 CRC 체크 후 1bit 오류가 있을 경우 전체 IP 패킷을 삭제한 점은 동일하나, 오류 개수를 체크하여 64개 이하이면 e-RS 복호 방식을, 64개 이상이면 삭제된 비트를 복구하여 e-RS 복호 대신 경판정(Hard decision)한 수신 심볼을 원래의 RS 복호를 한다는게 차이점이다. 이는 하드웨어적인 측면에서 기존의 방식에 비해 메모리의 변화가 없으며, RS 복호기와 e-RS복호기의 신드롬 다항식 구하는 과정 등의 몇 가지만 추가하면 되므로 하드웨어 측면에서도 기존의 방식과 거의 비슷하다.

그림 5는 그림 2의 MPE-FEC 메모리에서 가로축의 255 심볼내에 삭제된 비트 수 안에 실제로 오류가 나지 않은 심볼 수, P_c' , 의 평균을 E_b/N_0 에 따라 나타낸 그림이다.

예를 들어 E_b/N_0 가 0.1 dB 일 때에는 255개의 삭제된 심볼 중에 196개의 심볼이 오류가 나지 않았음을 의미하며, E_b/N_0 가 높을수록 정확하게 삭제함을 알 수 있다.

IV. Train interruption (TI) 채널 모델링^[9]

계측 본 논문에서 연구하고자 하는 DVB-SSP에서의 표준안은 고속으로 이동하는 이동체에 대한 통신을 정의하므로, 본 논문에서는 이동체를 기차로 설정하여 연구 하였다. 기차선로의 단면을 그림 6에 나타내었다. 기차가 선로 위를 달릴 때, electronic line supporter에 의해 위성의 신호의 감쇄가 일어나게 되는데, 그 때의 신호의 상태는 그림 7과 같고, electronic line supporter의 주기인 50m마다 신호의 감쇄가 발생한다고 가정한다. 본 논문에서 채널 모델은 터널 환경이 아니라 달리는 선로 위에서 또는 기차의 속도가 감쇄되는 기차역 부근이라 가정한다.

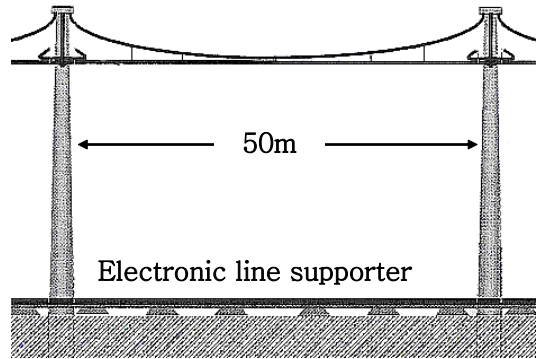


그림 6. 열차 선로 환경
Fig. 6. Cross-section of train railway line

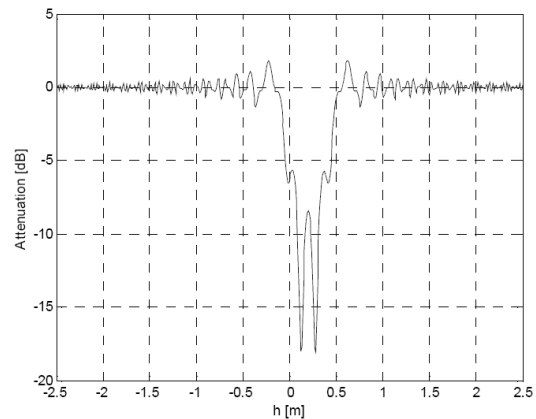


그림 7. TI channel 특성
Fig. 7. Reduction of signal by electronic line supporter

기차의 속도가 v km/h라고 한다면 이를 초당 환산을 한 v' m/s 라 하고, 그림 6에서 electronic line supporter의 영향을 받지 않는 구간을 l , 영향을 받는 구간을 l' 라 하고, 전송되는 데이터 속도를 d 라 두었을 때, 감쇄가 되는 비트의 수, d_v 는 아래 식(1)과 같다. 이는 시물레이션 시에 주기적으로 위의 비트 수만 크롬을 "0"으로 할당하여 수신부에 전송되어진다.

$$d_v = l' \times d / v' \quad (1)$$

V. 시물레이션 결과

그림 8은 가우시안 채널 환경에서 혼합형 복호방식과 기존의 CRC 방식의 성능을 비교한 그림이다. 제안 방식이 기존의 CRC 방식에 비해 0.4 dB 개선됨을 알

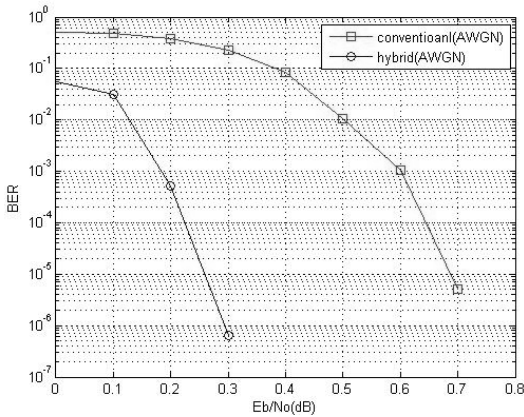


그림 8. 가우시안 채널환경에서 혼합형 복호방식과 CRC 방식의 성능 비교
Fig. 8. Performance comparison in AWGN channel

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 9는 TI 채널에서의 성능을 나타낸 그림이다. TI 채널에서 기존의 방식은 오류 마루 (error floor) 현상이 발생함을 알 수 있으며, 혼합형 상위계층 복호 방식의 경우 오류를 정정함을 알 수 있다. 많은 정보 비트 부분의 신호 감쇄를 야기하는 TI 채널에서 기존의 방식은 삭제되는 심볼 수가 오류 정정 범위를 초과하는 경우가 많으므로 비효율적임을 의미한다. 혼합형 상위계층 복호 방식이 성능이 우수한 이유는 TI 채널에서 야기 되는 수신 심볼의 삭제의 개수가 비록 64개를 벗어나더라도, 삭제된

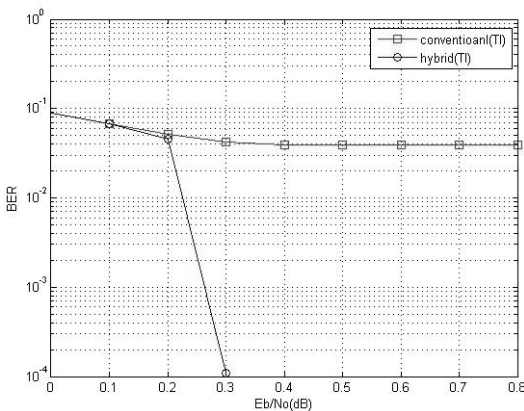


그림 9. TI 채널환경에서 혼합형 복호방식과 CRC 방식의 성능 비교
Fig. 9. Performance comparison in train interruption channel

심볼 안에 오류가 나지 않은 정확하게 수신된 심볼 수가 존재한다는 의미이다.

VI. 결론

성능평가시 우수한 성능을 만족하면서 가입자가 이동을 하더라도 지속적으로 방송을 제공하기 위해서는 DVB-S2 표준화 등에서 논의되고 있는 LDPC 부호화 방식과 인터리버, 외부 부호와 결합한 새로운 부호화 방식의 연구가 필수적이며, 본 논문에서는 기존의 CRC 검사를 통한 IP 패킷 전체를 삭제하는 것이 아니라, 기존의 CRC 방식을 그대로 수용하되 오류능력 범위 한계에 들어오면 e-RS 복호기를 이용하여 복호하며, 오류 한계 범위를 벗어나면 삭제 시키지 않고 수신된 심볼 자체를 이용하여, RS 복호기를 이용하는 복호 방식을 제안하였다. 시뮬레이션 환경으로는 UL-FEC 또는 e-RS(255,191,64), PL-FEC는 DVB-S2 규격의 LDPC 부호 (N=16200)를 적용하여 성능 분석 한 결과, 가우시안 채널에서는 0.4dB 개선됨을 알 수 있다. TI 채널에서는 기존의 CRC 방식으로는 오류를 정정할 수 없었던 것을, 제안한 혼합형 복호방식을 적용하였을 경우 우수한 성능을 만족하며 오류를 정정함을 알 수 있다. 본 연구에서의 결과는 향후 DVB-SSP 및 DVB-SH 규격 등의 반복부호와 e-RS 부호의 결합이 되는 연접부호 방식에서 유용한 자료가 되리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] 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)
- [2] G. Faria et al. "DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices," Proc. Of the IEEE, Vol. 94, No. 1, January 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, March, 2006.
- [5] 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)

- [6] J 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, March, 2007.
- [7] Tero Jokela, Jarkko Paavola, Heidi Himmanen and Valery Ipatov “Performance Analysis of Difference Reed-Solomon Erasure Decoding Strategies at the DVB-H Link Layer,” The 17thAnnualIEEEInternationalSymposiumPersonal,IndoorandMobileRadioCommunications 2006.
- [8] D. J. C. Mackay and R. M. Neal, “Near Shannon Limit Performance of Low-Density Parity-Check Codes,” Electron. Letter, Vol. 32, pp. 1645-1646, Aug., 1996.
- [9] V. Schena, G. Losquadro, A. Basili: “A satellite network for train environment in the FIFTH Demonstration,” IST Mobile & Wireless Telecommunication Summit 2003, Aveiro (Portugal), pp. 603-607, June, 15~18, 2003.

박 태 두 (Tae Doo Park)

준회원



2008년 2월 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2008년 3월~현재 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 <관심분야> 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

김 민 혁 (Min Hyuk Kim)

준회원



2006년 2월 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2008년 2월 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 2008년 3월~현재 한국해양대학교 전파공학과 박사과정
 <관심분야> 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

김 남 수 (Nam Soo Kim)

준회원



2008년 2월 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2008년 3월~현재 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 <관심분야> 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

김 철 승 (Chul Seung Kim)

준회원



2009년 2월 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2009년 3월~현재 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 <관심분야> 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

정 지원 (Ji-Won Jung)

정회원



1989년 2월 성균관대학교 전자
공학과(공학사)

1991년 2월 성균관대학교 전자
공학과(공학석사)

1995년 2월 성균관대학교 정보
공학과(공학박사)

1991년 1월~1992년 2월 LG

정보통신연구소 연구원

1995년 9월~1996년 8월 한국통신 위성통신연구실
선임연구원

1997년 3월~1998년12월 한국전자통신연구원 초빙
연구원

1996년 9월~현재 한국해양대학교 전파공학과 정교수

2001년 8월~2002년 8월 캐나다 NSERC Fellowship
(Communication Research Center 근무)

<관심분야> 위성통신, 이동통신, 변.복조기술, 채널
코딩, FPGA 기술 등

이 성 로 (Seong-ro Lee)

정회원



1987년 2월 고려대학교 전자공
학과

1990년 2월 한국과학기술원 전
기및전자공학과 석사

1996년 8월 한국과학기술원 전
기및전자공학과 박사

2005년 3월~현재 목포대학교

정보공학부 정보전공학전공 부교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시
스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템,
생체인식시스템