

Convolutional 부호를 이용한 UEP 알고리즘

배종태* · 김민혁* · 최석순* · 박태두* · 김남수* · 정지원* · 김성연**

*한국해양대학교 전자공학과, **한국해양대학교 산업기술연구소

Unequal Error Protection Algorithm using Convolution code

Jong-Tae Bae* · Min-Hyuk Kim* · Suk-Soon Choi* · Tae-Doo Park* · Nam-Soo Kim*
Ji-Won Jung* · Seong-Yeon Kim**

*Department of Radio Communication Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Research Institute of Industrial Technology, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 본 논문에서는 Ka대역 초고속 위성방송 시스템에서 강우감쇠에 대처하면서 가입자에게 지속적으로 방송을 제공하기 위해 Unequal Error Protection(UEP) 방식을 이용한 계층적 부호화 방식에 대한 연구를 하였다. 신호의 중요도에 따라 변조 방식 및 채널 코딩 방식을 달리하는 time sharing 방식과 달리 하나의 변조 방식을 이용하여 성상도 위치에서 신호의 중요도에 따라 신호간의 최소거리를 다르게 배치하는 UEP 방식에 대한 구조 및 성능을 분석하였으며, 성능분석을 토대로 최적의 방식을 제시하였다.

핵심용어 : Unequal Error Protection, Timing sharing, 강우감쇠, 위성방송

ABSTRACT : In this paper, we studied hierarchical channel coding scheme using unequal error protection method for consecutively broadcasting service under the rain attenuation of Ka band satellite broadcasting. Unlike time-sharing methods, which are design for different channel coding scheme in according to different modulation, unequal error protection method is made in such way that minimum distance between signals are different for importance of signals with same modulation. Consequently we proposed optimal method according to performance analysis.

KEY WORDS : Unequal Error Protection, Timing sharing, rain attenuation, satellite broadcasting

1. 서 론

Ka 대역 위성 방송에서 채널상태가 좋을 때는 HDTV, 열악할 때는 DTV 및 데이터/오디오 서비스를 제공함으로써 어떠한 채널 환경에서도 위성방송 서비스로 가입자에게 끊임 없이 제공하기 위해서는 위의 서비스별로 부호화 방식 및 변조 방식이 다르게 전송되어야 한다. 이러한 적응형 방식으로는 크게 time sharing 방식과 UEP를 이용한 계층적 부호화 방식이 있다. time sharing 방식은[1][2] 강우감쇠가 높은 환경에서는 부호화율이 작은 오류정정방식의 적용이 필요하고, 강우감쇠가 낮은 환경에서는 부호화율이 큰 오류정정방식의 적용이 필요하다. 각 부호율 마다 서로 다른 변조 방식을 적용시키는 time sharing 방식에 비해 1977년 Imai-Hirakawa 부호[2]에서 처음 소개된 이후에 현재까지 계속 연구 되어지고 있고 같은 변조

방식을 사용하여 신호의 중요도가 작은 부분과 높은 부분과의 신호간의 최소거리를 다르게 배치하는 방식이다[3]. Fig. 1은 계층적 부호화 방식의 블록도이다. 전송되는 TS(Transport Stream)를 MIB(Most Important Bit)와 LIB(Least Important Bit)로 분리하여 각각의 다른 정정능력을 가진 부호화기를 이용하여 부호화 시키고 8PSK변조하여 전송한다. MIB는 가장 중요한 정보로 어떠한 채널 환경에서도 복호 가능하게끔 강력한 오류정정 능력을 가지는 부호화 알고리즘을 적용하고 LIB는 채널 환경이 좋을 때 복호 가능하기 때문에 MIB에 적용한 부호화 알고리즘 보다 오류 정정 능력이 떨어진 부호화 알고리즘을 적용한다. 기존의 방식[2]은 블록 부호를 이용하는 반면에 본 논문에서는 convolutional 부호를 이용하여 계층적 부호화기를 구성 연구하였다.

* ms43bjt@hhu.ac.kr 051410-4920

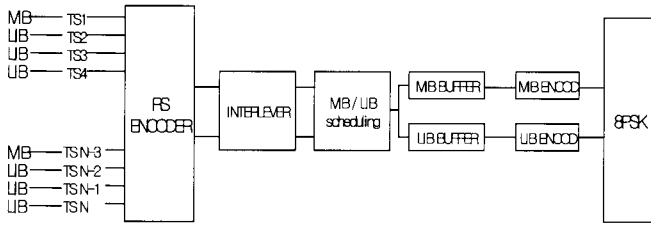


Fig. 1 Transmitter structure of general UEP method

2. Convolutional 부호를 이용한 계층적 부호화 방식 제안 및 모의 실험

기존의 방식은 주로 블록 부호를 이용하는데 반해 본 연구에서는 convolutional 부호를 이용하여 계층적 부호화기 구성을 제안한다. 방식1 에서 방식4 까지로 여러 가지 8PSK 성상도 위치와 MB, LIB를 복호하는 규칙에 따라 성능 분석 하였으며 이중 최적의 방식을 선정하였다.

2.1 방식 1

Fig. 2에서 부호화기 모델은 pragmatic TC-8PSK와 흡사하나[4], 다른점은 8PSK Mapping 시 첫 번째 비트가 I축을 기준으로 배치하였고(오른쪽 1, 왼쪽 0), 두 번째 비트는 Q축을 중심으로 배치하였고(윗쪽 1, 아래쪽 0), 이 방식의 맵핑은 Fig. 3과 같다.

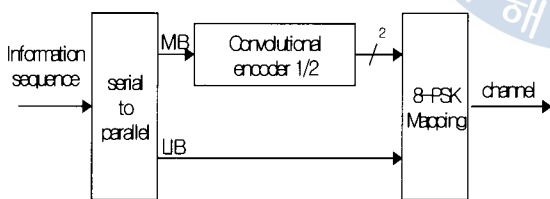


Fig. 2 Modulation of method 1

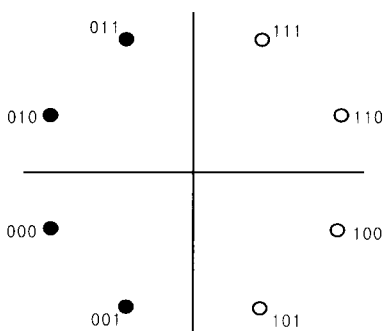


Fig. 3 8PSK mapping of method 1

Fig. 3과 같이 매핑을 하고 채널을 통해서 신호를 보내면 수

신측에서 다음 Fig. 4와 같은 방식으로 신호를 복호해 낸다.

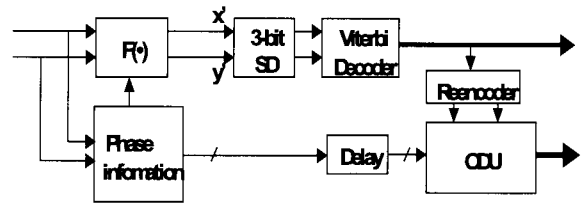
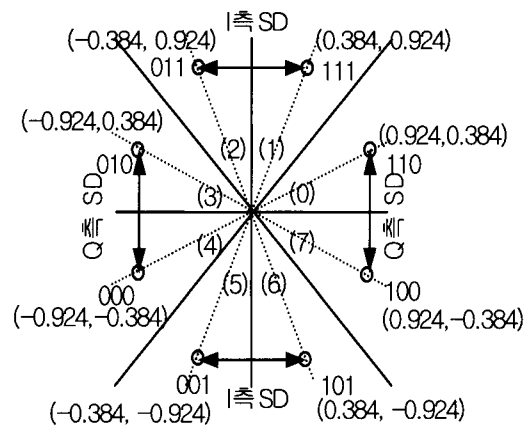


Fig. 4 Decoding structure of method 1.

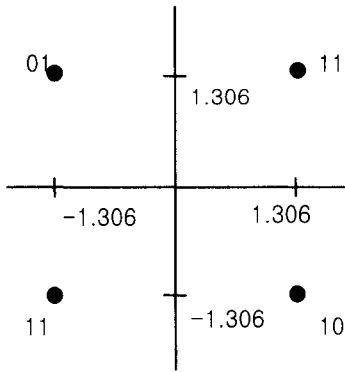
Fig. 4에서 MIB를 복호하기 위해서는 입력되는 8PSK 심볼을 QPSK 성상도로 변환해야만 기존의 비터비 복호기를 적용할 수 있는데, QPSK 성상도로 변환하기 위한 $F(\cdot)$ 함수는 다음과 같다. MIB는 수신신호에 의해서 다음 식(1) 과 같이 된다. Fig. 5(b)는 x' , y' 변환후의 성상도이다.

$$\begin{aligned} (x > 0) \quad x' &= x + y & (x < 0) \quad x' &= -(x + y) \\ (y > 0) \quad y' &= x + y & (y < 0) \quad y' &= -(x + y) \end{aligned} \quad (1)$$

Fig. 5(a)와 같이 성상도에서 첫 번째 두 번째 비트가 MIB를 부호화된 비트 이므로 MIB가 점선 영역에 있을 시 오류가 발생하기 쉽다. 따라서 점선 영역에 수신신호가 있을 때 Fig. 5(a)와 같이 각각의 I, Q 채널에 대해 0.386 ~ +0.386 구간에서 soft decision한다. $F(\cdot)$ 함수의 x' , y' 신호는 변환되어져서 3bit 연판정을 한 이후에 비터비 복호기로 입력되어지고 부호화 비트에 대한 복호 비트가 출력된다. Fig. 4의 phase information 블록은 수신신호가 Fig. 5(a)에서 어느 분면에 있는지를 나타낸다. Fig. 5(a)에서 (0)~(7)이 위상 정보를 나타내며 이는 재부호화 비트와 함께 마지막 비트인 LIB를 복호하기 위해 사용된다. 비부호화 비트는 재부호화 비트에 따라 위상 정보에 의해 복호 된다. 예를 들어 재부호화 된 비트가 "11"일 때 위상 정보가 0이면 LIB는 "0"이고 위상 정보가 1이면 비부호화 된 비트는 "1"로 복호 된다.



(a) 8PSK mapping and phase signal



(b) Converting MIB

Fig. 5 Mapping of coded bit by method 1

2.2 방식 2 (r=1/2)

2.1의 방식 1에서 인접한 LIB의 거리가 작아져서 성능 열화를 초래 할 수 있으므로, LIB의 성능 열화를 보완하기 위해 다소 정보율은 손해 보더라도 부호화를 1/2인 콘볼루션 부호화를 병렬로 2개 사용한 방식이다. 첫 번째 콘볼루션 부호화의 결과를 8PSK mapping 첫 번째와 두 번째 비트로 사용하고 두 번째 콘볼루션 부호화의 결과 중 하나의 비트를 8PSK mapping의 마지막 비트로 사용하고 다른 하나의 비트는 첫 번째 콘볼루션의 다음 결과와 8PSK mapping을 이루게 된다. 이것의 부호화 방식과 매핑 그림을 Fig. 6과 Fig. 7과 같이 나타낸다.

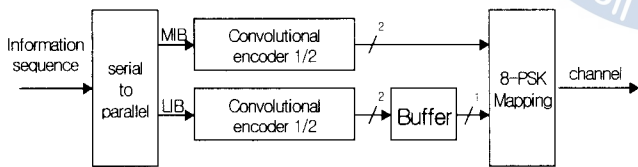


Fig. 6 Modulation of method 2

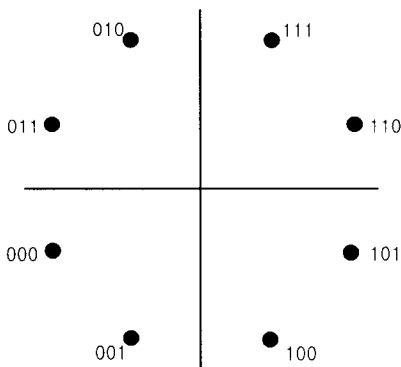


Fig. 7 8PSK mapping of method 2

Fig. 7과 같이 매핑을 하고 채널을 통해서 신호를 보내면 수신측에서 다음 Fig. 8과 같은 방식으로 신호를 복호해낸다. MIB 복호방식은 방식 1과 같으며, LIB복호 방식은 BPSK형태로 변환하여 연관정해서 비터비 복호기에 입력한다. LIB의 BPSK로 변환하기 위한 공식은 식 (2)과 같다.

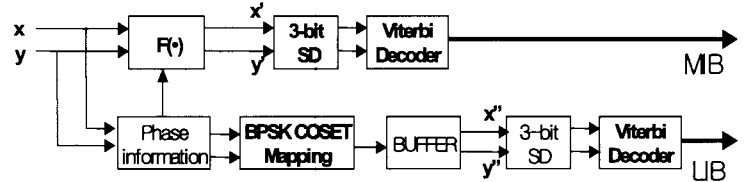


Fig. 8 Decoding structure of method 2

$$\begin{aligned}
 x' &= \cos(\phi' - \pi/2) \\
 y' &= \sin(\phi' - \pi/2) \\
 \phi' &= 4\phi, \phi = \tan^{-1}(y/x)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

식(2)는 Fig. 7의 마지막 비트인 LIB를 0일 때는 1, 1일 때는 +1로 배치함으로써 BPSK 정상도로 바꾸기 위한 식이다.

2.3 방식 3 (r=1/2)

부호화 과정은 방식 2와 같다. 방식 2는 8PSK로 매핑 되었을 때 인접 신호와의 마지막 비트가 다르기 때문에 약간의 잡음 성분만 첨가 되므로 성능이 열화 되었는데 방식 3에서는 Fig. 9와 같이 인접한 분면의 마지막 비트는 같게 배치하여 2사분면과 4사분면의 마지막 비트가 방식 2와 달리 매핑되었다. 그리고 같은 분면 안에서는 마지막 비트에 대해서 연관정하여 성능을 개선시키고자 했다. 따라서 정상도를 phase information 블록에서 16 sector로 나누어서 각 sector가 (1,2), (5,6), (9,10), (13,14)에 있으면 연관정을 하고, 나머지 sector 3, 4, 11, 12는 +1로 정하고 0, 15, 7, 8은 -1로 결정해서 비터비 복호기에 입력해서 LIB를 결정한다.

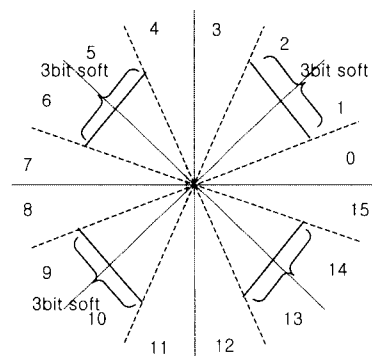


Fig. 9 Constellation of method 3

2.4 방식 4 (r=1/2)

이런 방식 역시 부호화 방식은 방식 3과 같다. 방식 3의 연 판정 구간이 0.54이기 때문에 성능에 열화 할 수 있으므로 방식 4에서는 이의 성능을 개선시키기 위해 연판정 구간을 Fig. 10과 같이 - 0.5412 ~+ 0.5412로 확장 시켰다. 이를 위해서는 위치 정보를 4개 sector로 나누어 각 sector 정보에 따라 표 1과 같이 수신 신호의 영역을 4사분면으로 나누어 LIB 비트를 변환 시킨다.

Table 1 LIB calculation equation

(r_x, r_y are value of receive signal's I and Q channel)

sector	LIB
1사분면	$r_y - r_x$
2사분면	$r_x + r_y$
3사분면	$r_x - r_y$
4사분면	$-(r_x - r_y)$

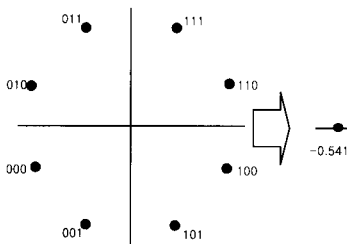


Fig. 10 LIB mapping of method 4

2.5 모의실험 결과

Fig. 11부터 Fig. 14까지는 앞 절에서 설명한 각각의 방식에 대한 성능 곡선이다. Fig. 11은 방식 1에 대한 성능곡선으로, MIB에 대해서는 성능이 우수하지만 LIB에 대해서는 MIB에 비해 성능 차이가 많다. 이유는 LIB의 인접 신호거리가 매우 짧아 MIB를 복호를 제대로 했다 하더라도 비부호화 비트 복호와는 밀접한 관계가 없기 때문이다. 앞에서 설명한 방식들에 대한 성능으로 볼 때 방식 4가 최적임을 알 수 있다.

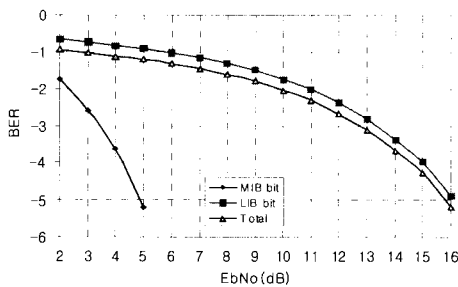


Fig. 11 Performance of method 1

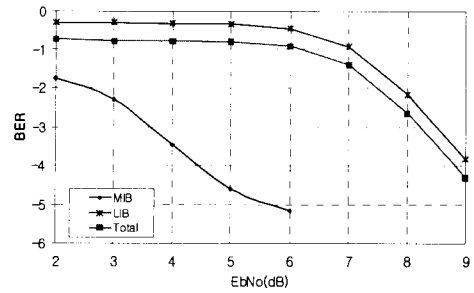


Fig. 12 Performance of method 2

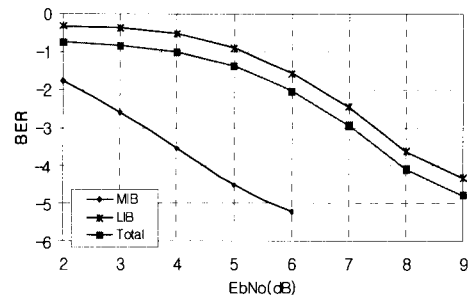


Fig. 13 Performance of method 3

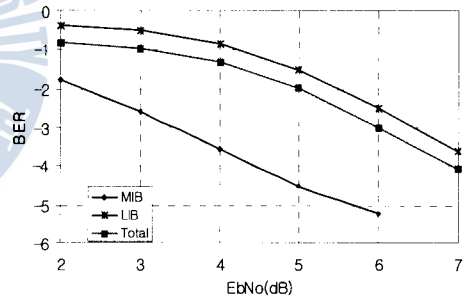


Fig. 14 Performance of method 4

3. 펄쳐드 부호를 이용한 계층적 부호화방식

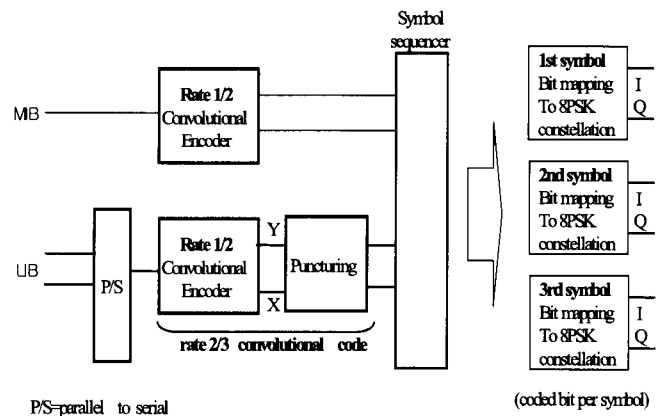
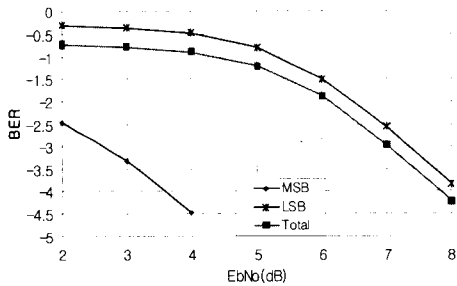
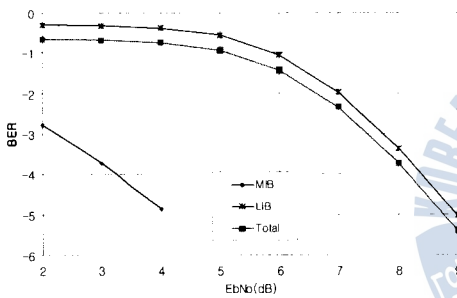


Fig. 15 UEP system of r=3/5

앞의 모의실험을 토대로 방식 4가 가장 적합한 방식임을 알 수 있다. 이 절에서는 방식 4를 이용해서 평쳐드 부호를 적용 하였다. Fig. 15은 $r=3/5$ 를 가지는 부호화기이며, MIB를 부호화 하여 나온 비트가 8PSK의 첫 번째 두 번째 비트가 되고 LIB는 $2/3$ 평쳐링 시켜 3비트가 출력되면 각각의 비트는 MIB의 비트와 결합되어 8PSK 성상도에 매핑된다.



(a) $r = 3/5$



(b) $r=2/3$

Fig. 16 Performance of UEP ($r=3/5$, $r=2/3$)

Fig. 16 LIB의 성능이 방식 4에 비해 약 0.7dB로 열화 되고 이유는 LIB는 평쳐드 시켰기 때문이며, MIB는 Eb/No 증가로 성능이 향상 되었다. LIB를 $3/4$ Puncturing 시켜 4비트가 출력 되면 각각의 비트는 MIB의 비트와 결합되어 8PSK 성상도에 매핑된다. LIB를 $3/4$ puncturing 부호화함으로써 전체 부호화율이 $2/3$ 가 된다. Time sharing 방식은 MIB에는 $r=1/2$ 콘블루션 부호와 QPSK 변조 방식을, LIB에는 $r=2/3$ 인 TC-8PSK를 적용하고 있으므로 Fig. 17에서는 UEP를 이용한 계층적 부호화 방식($r=2/3$)과 비교 분석 하였다. 계층적 부호화 방식과 time sharing 방식을 비교해 볼 때, MIB는 약 $r=1/2+QPSK$ 보다 약 0.8dB, $r=2/3+8PSK$ 보다 2dB의 성능 향상을 가져옴을 알 수 있다. 그리고 LIB는 약 2.5 dB 정도 열화 됨을 알 수 있다. UEP 방식의 성능 척도는 LIB의 성능 보다는 어떠한 채널 환경에서도 수신이 제대로 되기 위해 MIB의 성능이 척도이고, Ka 대역의 강우감쇠는 Ku 대역보다 크므로 MIB와 LIB의 성능 차이가 있는 UEP의 방식이 적합하다.

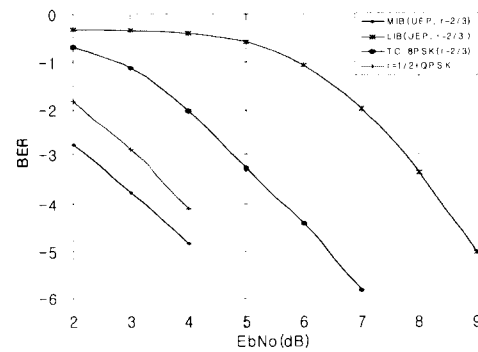


Fig. 17 Comparison with time sharing method and UEP

4. 결 론

본 논문에서는 Ka대역 초고속 위성방송 시스템에서 강우 감쇠에 대처하면서 가입자에게 지속적으로 방송을 제공하기 위해 convolutional 부호화기를 이용하여 UEP방식을 이용한 계층적 부호화 방식에 대한 연구를 하였다. 네 가지의 방식을 제안 하였으며, 각 방식을 성능분석 한 결과 네 번째 방식이 우수함을 알 수 있었으며, 이를 이용하여 평쳐드 부호화기를 접목시켜 기존의 같은 부호화율을 가지는 time sharing 방식과 비교한 결과 성능 열화는 LIB에 존재하지만, 강우 감쇠 환경에서 성능 척도는 MIB에 있으므로 MIB로 약 1(dB)의 성능 향상을 가져옴을 알 수 있다. 전체적으로 계층적 부호화 방식은 time sharing 방식에 비해 번복조기가 한 개만 필요하며, 대역폭 또한 효율성이 있다. Ka대역의 강우감쇠 마진이 Ku 대역에 비해 상대적으로 크므로, MIB와 LIB의 성능차이가 큰 계층적 부호화 방식이 Ka대역 위성방송 시스템에 유리한 면을 가지고 있다.

후 기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.(계약번호 UD070054AD)

참 고 문 헌

[1] "Digital Video Broadcasting(DVB): Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Satellite News Gathering(DSNG) and Other Contribution Applications by Satellite", ETSI EN 301 210 :European Standard
 [2] H. Imai and S.Hirakawa, "A New Multilevel Coding Method Using Error-Correcting Codes", IEEE Trans. on info. Theory, Vol. IT-23, No. 3, pp. 371-377, 1977.

- [3] Robert H. Morelos et al. "Coded Modulation for Satellite Broadcasting", Communication Theory Mini-Conference Record (GLOBECOM'96), pp. 31-35, London, U.K., November 19-21, 1996.
- [4] Carden, Frank, and Brian Kopp, "A Quantized Euclidean Soft Decision Maximum Likelihood Sequence Decoder of TCM", IEEE Military Communications Conference, Vol. 2, pp. 279-682, OCT. 1988.

원고접수일 : 2008년 1월 28일

원고채택일 : 2008년 1월 31일

