

Unequal Error Protection 이용한 계층적 부호화 방식

정회원 정 지원*, 최 은 아**, 박 상 진*, 이 인 기*, 김 내 수**

Hierarchical channel coding scheme Using Unequal Error Protection

Ji-Won Jung*, Eun-A Choi**, Sang-Jin Park*, In-Ki Lee*, Nea-Su Kim** *Regular Members*

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 UEP방식에 대한 구조 및 성능을 분석하였으며, 성능분석을 토대로 최적의 방식을 제시하였다.

Key words: Unequal Error Protection, Timing sharing, 강우감쇠, 위성방송

ABSTRACT

In this paper, we studied hierarchical channel coding scheme using unequal error protection method for consecutively broadcastingservice 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

I. 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⁾ 강우 감쇠가 높은 환경에서는 부호화율이 작은 오류정정

방식의 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 현재 까지 계속 연구 되어지고 있고 같은 변조 방식을 사용하여 신호의 중요도가 작은 부분과 높은 부분과의 신호간의 최소거리를 다르게 배치하는 방식이다⁽³⁾. 그림 1은 계층적 부호화 방식의 블록도이다. 전송되는 TS(Transport Stream)를 MIB(Most Important Bit)와 LIB(Least Important Bit)로 분리하여 각각의 다

* 한국해양대학교 전파공학과 위성통신 연구실

** ETRI 디지털 방송연구단 광대역 멀티미디어 연구팀
논문번호 : 030303-0722, 접수일자 : 2003년 7월 22일

른 정정능력을 가진 부호화기를 이용하여 부호화시키고 8PSK 변조하여 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.

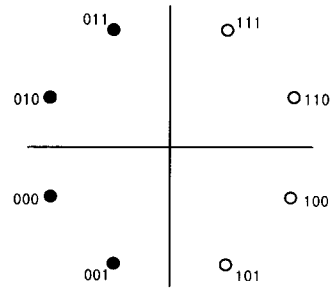


그림 3. 방식1의 8PSK 매핑

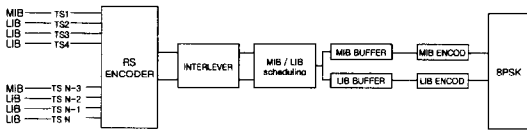


그림 1. 계층적 부호화 방식의 전송단 구조도

그림 3와 같이 매핑을 하고 채널을 통해서 신호를 보내면 수신측에서 다음 그림 4와 같은 방식으로 신호를 복호해 낸다.

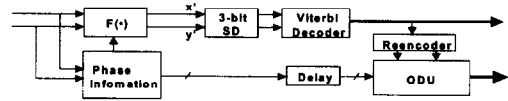


그림 4. 방식 1의 복호 방식

II. 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. 방식1에서 방식4까지로 여러가지 8PSK 성상도 위치와 MIB, LIB를 복호하는 규칙에 따라 성능 분석하였으며 이중 최적의 방식을 선정하였다.

2.1 방식 1

그림 2에서 부호화기 모델은 pragmatic TC-8PSK와 흡사하나^[4], 다른점은 8PSK Mapping 시 첫번째 비트가 I축을 기준으로 배치하였고(오른쪽 1, 왼쪽 0), 두번째 비트는 Q축을 중심으로 배치 하였으며(위쪽 1, 아래쪽 0), 이 방식의 매핑은 그림 3와 같다.

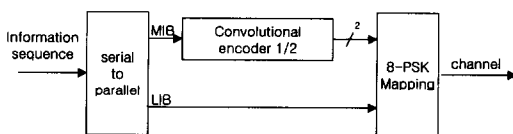


그림 2. 방식 1의 변조 방식

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

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

그림 5(a)와 같이 성상도에서 첫번째 두번째 비트가 MIB를 부호화된 비트 이므로 MIB가 점선 영역에 있을 시 오류가 발생하기 쉽다. 따라서 점선 영역에 수신신호가 있을 때 그림 5(a)와 같이 각각의 I, Q채널에 대해 0.386 ~ +0.386 구간에서 soft decision한다. F(·)함수의 x', y' 신호는 변환되어져서 3bit 연판정을 한 이후에 비터비 복호기로 입력되어지고 부호화 비트에 대한 복호 비트가 출력된다. 그림4의 phase information 블록은 수신신호가 그림5(a)에서 어느 분면에 있는지를 나타낸다. 그림 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.

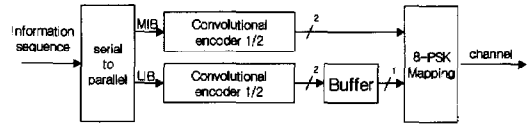
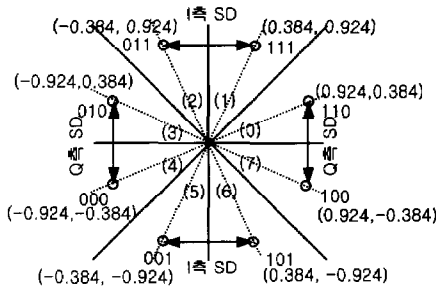


그림 6. 방식2의 변조 방식



(a)8PSK매핑 및 위상신호

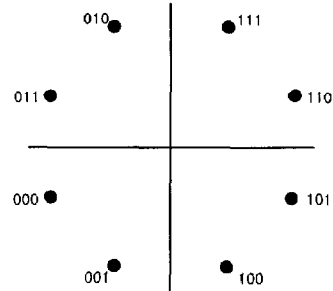
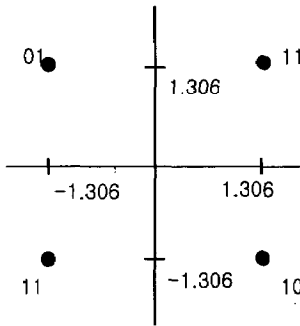


그림 7. 방식2의 8PSK매핑



(b)MIB변환

그림 5. 방식 1의 부호화 비트의 매핑

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

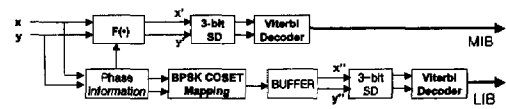


그림 8. 방식 2의 복호 방법

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

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

2.3 방식 3 (r=1/2)

부호화 과정은 방식 2와 같다. 방식2는 8PSK로 매핑 되었을 때 인접 신호와의 마지막 비트가 다르기 때문에 약간의 잡음 성분만 첨가 되므로 성능이 열화 되었는데 방식3에서는 그림 9와 같이 인접한 분면의 마지막 비트는 같게 배치하여 2사분면과 4사분면의 마지막 비트가 방식 2와 달리 매핑되었다.

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 부호화율 1/2인 콘볼루션 부호화기를 병렬로 2개 사용한 방식이다. 첫번째 콘볼루션 부호화기의 결과를 8PSK mapping 첫 번째와 두 번째 비트로 사용하고 두 번째 콘볼루션 부호화기의 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 그림 6과 그림 7과 같이 나타낸다.

그리고 같은 분면 안에서는 마지막 비트에 대해서 연관정하여 성능을 개선 시키고자 했다. 따라서 성상도를 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.

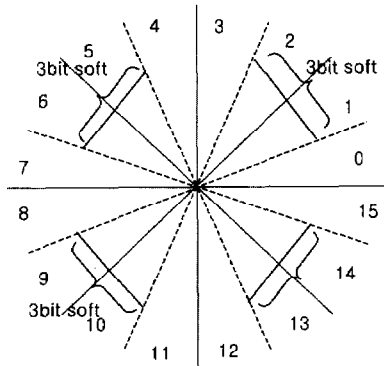


그림 9. 방식 3의 성상도

2.4 방식 4 (r = 1/2)

이번 방식 역시 부호화 방식은 방식3과 같다. 방식 3의 연관정 구간이 0.54이기 때문에 성능에 열화 할 수 있으므로 방식 4에서는 이의 성능을 개선 시키기 위해 연관정 구간을 그림 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.

표 1 각분면에 따른 LIB 계산식 (rx, ry 는 수신신호의 I, Q 채널 값)

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

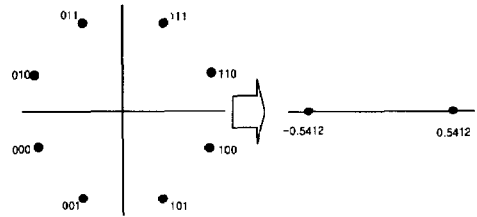


그림 10. 방식 4에서 LIB 맵핑

2.5 모의 실험 결과

아래의 그림은 앞에서의 각각의 방식에 대한 성능 선이다. 그림 11에서는 방식 1에 대한 성능 곡선이다. MIB에 대해서는 성능이 우수하지만 LIB에 대해서는 MIB에 비해 성능 차이가 많다. 이유는 LIB의 인접 신호거리가 매우 짧아 MIB를 복호를 제대로 했다 하더라도 비부호화 비트 복호는 밀접한 관계가 없기 때문이다. 앞에서 설명한 방식들에 대한 성능으로 볼 때 방식 4가 최적임을 알 수 있다.

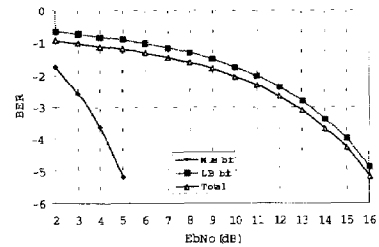


그림 11. 방식 1의 성능 곡선

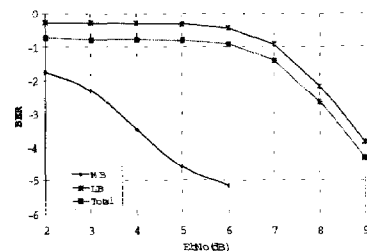


그림 12. 방식 2의 성능 곡선

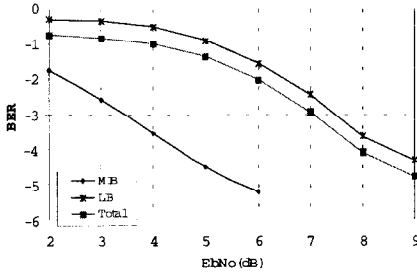


그림 13. 방식 3의 성능 곡선

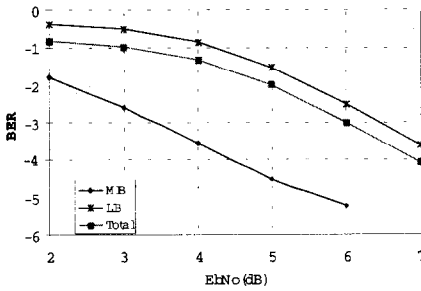
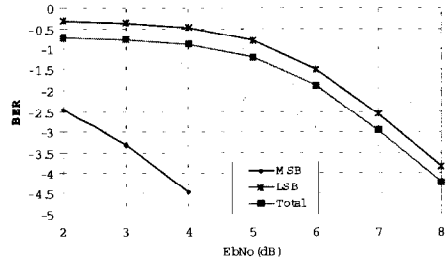
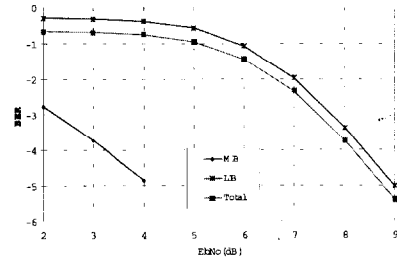


그림 14. 방식 4의 성능 곡선



(a) $r = 3/5$



(b) $r=2/3$

그림 16. $r=3/5, r=2/3$ 일 때 계층적 부호화 성능 곡선

III. 핑처드 부호를 이용한 계층적 부호화방식

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

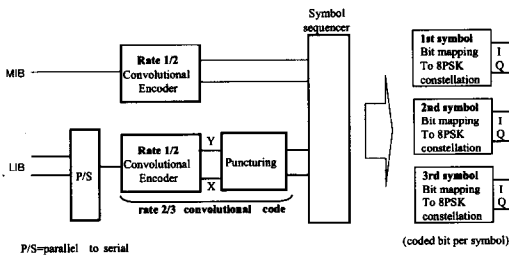


그림 15. $r=3/5$ 인 계층적 부호화방식

그림 16 LIB의 성능이 방식 4에 비해 약 0.7dB로 열화 되고 이유는 LIB는 핑처드 시켰기 때문이며, MIB는 E_b/N_0 증가로 성능이 향상 되었다.

LIB를 3/4 Puncturing 시켜 4비트가 출력되면 각각의 비트는 MIB의 비트와 결합되어 8PSK 성상도에 매핑된다. LIB를 3/4 puncturing 부호화 함으로써 전체 부호화율이 2/3가 된다. Time sharing 방식은 MIB에는 $r=1/2$ 콘블루션 부호와 QPSK 변조 방식을, LIB에는 $r=2/3$ 인 TC-8PSK를 적용하고 있으므로 그림 17에서는 UEP를 이용한 계층적 부호화 방식($r=2/3$)와 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 가져올음을 알 수 있다. 그리고 LIB는 약 2.5 dB 정도 열화 됨을 알 수 있다. UEP 방식의 성능 척도는 LIB의 성능 보다는 어떠한

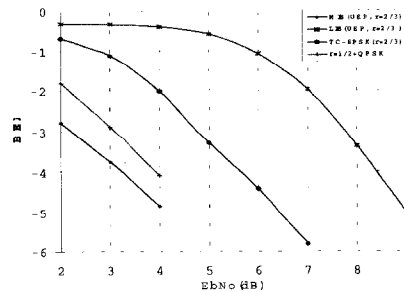


그림 17. time sharing 방식과 성능 비교

한 채널 환경에서도 수신이 제대로 되기 위해 MIB의 성능이 척도이고, Ka대역의 강우감쇠는 Ku 대역보다 크므로 MIB와 LIB의 성능 차이가 있는 UEP의 방식이 적합하다.

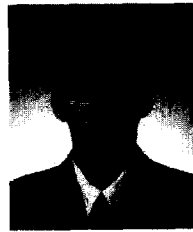
IV. 결론

본 논문에서는 Ka대역 초고속 위성방송 시스템에서 강우감쇠에 대처하면서 가입자에게 지속적으로 방송을 제공하기 위해 convolutional 부호화기를 이용하여 UEP방식을 이용한 계층적 부호화 방식에 대한 연구를 하였다. 네가지의 방식을 제안하였으며, 각 방식을 성능분석 한 결과 네번째 방식이 우수함을 알 수 있었으며, 이를 이용하여 펄스 부호화기를 접목시켜 기존의 같은 부호화율을 가지는 time sharing 방식과 비교한 결과 성능 열화는 LIB에 존재하지만, 강우 감쇄 환경에서 성능 척도는 MIB에 있으므로 MIB로 약 1(dB)의 성능 향상을 가져 올 수 있다. 전체적으로 계층적 부호화 방식은 time sharing 방식에 비해 변복조기가 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.

참고 문헌

- [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.

정 지원(Ji-Won Jung)



정회원

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 : 한국통신 위성통신연구실 선임연구원
 1997년 3월 ~ 1998년12월 : 한국전자통신연구원 초빙 연구원
 1996년 9월 ~ 현재: 한국해양대학교 전파공학과 부교수
 2001.8 ~2002.8 : 캐나다 NSERC Fellowship (Communication Research Center 근무)
 <주관심분야> 위성통신, 이동통신, 변.복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

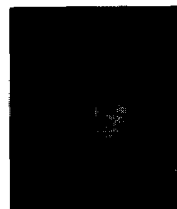
최 은 아(Eun-A Choi)



정회원

1998년 2월: 전북대학교 수학과(이학사)
 2000년 2월: 전북대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
 2000년 4월 ~ 현재: 한국전자통신연구원 광대역 멀티미디어 연구팀 연구원
 관심분야 : 채널코딩, 디지털통신, 위성통신 등

박 상 진(Sang-Jin Park)



정회원

2003년 2월: 정보통신공학과
 2003년~현재: 한국해양대학교 전파공학과(석사과정)
 <주관심분야> 위성통신, 이동통신, 변.복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

이 인 기(In-Ki Lee)

정회원



2003년 8월: 한국해양대학교
전파공학과(공학사)
2003년~현재: 한국해양대학교
전파공학과(석사과정)
<주관심분야> 위성통신, 이동
통신, 변.복조기술, 채널코
딩, FPGA 기술 등

김 내 수(Nea-Su Kim)

정회원



1976년~1990년: 국방과학원구
소 근무
1990년~현재: 한국전자통신연
구원 디지털방송연구단 통
신위성연구그룹 책임연구
원/과제책임자
<관심분야> 위성통신방송, 컴
퓨터네트워크, 통신프로토콜>