

# 위성통신에서 강우 감쇠 보상을 위한 UEP 방식의 계층적 부호화 방식

## Hierarchical Channel Coding Scheme Using UEP Method for Rain-Attenuation Compensation in Satellite Communication

정 지원

Ji-Won Jung

### 요 약

본 논문에서는 Ka 대역 초고속 위성 방송 시스템에서 강우 감쇠에 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 정상도 위치에서 신호의 중요도에 따라 신호간의 최소 거리를 다르게 배치하는 UEP 방식에 대한 구조 및 성능을 분석하였으며, 성능 분석을 토대로 최적의 방식을 제시하였다.

### 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 채널 상태가 좋을 때는 HDTV, 열악할 때는 DTV 및 데이터/오디오 서비스를 제공함으로써 어떠한 채널 환경에서도 위성 방송 서비스로 가입자에게 끊임없이 제공하기 위해서는 위의 서비스별로 부호화 방식 및 변조 방식이 다르게 전송되어야 한다. 강우 감쇠에 대한 보상 방식으로는 크게 나누어 전력을 적응적으로 조절하는 방법과 코딩 및 변조 방식을 적응적으로 조절하는 (ACM: Adaptive Coding and Modulation) 방식으로 크게 나눌 수 있으며, 무선 통신의 전력 제한으로 후자

가 각광을 받고 있다. 그림 1에서 알 수 있듯이 강우 감쇠 정도는 수신되는 C/N에 영향을 미치므로 수신되는 C/N의 값에 따라 변조 및 코딩 방식이 정해진다. C/N이 11 [dB]보다 높을 경우 HDTV 신호를 8-PSK 변조된 수신 심볼을 복조 및 복호하여 가입자에게 전송되고, 여기서 HDTV 경우는 영상 및 오디오가 결합된 신호를 의미하며, C/N이 11 [dB]보다 낮을 경우에는 최소한의 음성이라도 가입자에게 전송하기 위해 오류 정정 능력이 뛰어나고 낮은 차수의 변조 방식이 적용되어 전송되어진다. 여기서 C/N을 11 [dB]로 설정한 이유는 link budget 상에서 요구되는 BER( $<10^{-11}$ )을 유지하기 위한 최소한의 경계 값

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

· 논문 번호 : 20060329-029

· 수정완료일자 : 2006년 8월 9일

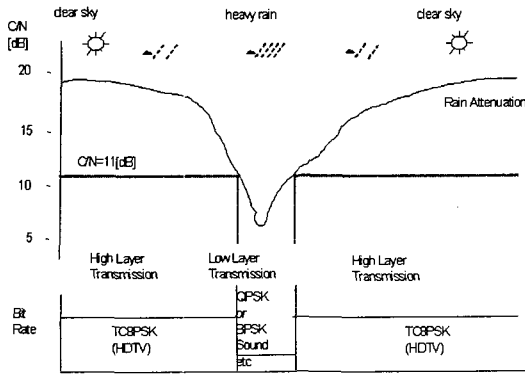


그림 1. 강우 감쇠에 따른 변조 방식 할당  
Fig. 1. Assignment of modulation method according to rain attenuation.

이다. 따라서 수신되는 패킷에는 동일한 신호를 HDTV용, DTV용, 데이터/오디오용으로 규정하여 각각 다른 코딩 및 변조 방식으로 적용하여 전송되며, 수신부에서는 수신되는 C/N 값에 따라 정해진 패킷을 불러 들여 가입자에게 전송한다.

이러한 적응형 방식으로는 크게 time sharing 방식과 UEP를 이용한 계층적 부호화 방식이 있다. Time sharing 방식은<sup>[1],[2]</sup> 강우 감쇠가 높은 환경에서는 부호화율이 작은 오류 정정 방식의 적용이 필요하고, 강우 감쇠가 낮은 환경에서는 부호화율이 큰 오류 정정 방식의 적용이 필요하다.

각 부호율마다 서로 다른 변조 방식을 적용시키는 time sharing 방식에 비해 1977년 Imai-Hirakawa 부호<sup>[2]</sup>에서 처음 소개된 이후에 현재까지 계속 연구되어지고 있고 같은 변조 방식을 사용하여 신호의 중요도가 작은 부분과 높은 부분과의 신호간의 최소 거리를 다르게 배치하는 방식이다<sup>[3]</sup>. 그림 2는 계층적 부호화 방식의 블록도이다. 전송되는 TS(Transport Stream)를 MIB(Most Important Bit)와 LIB(Least Important Bit)로 분리하여 각각의 다른 정정 능력을 가진 부호화기를 이용하여 부호화시키고 8 PSK 변조하여 전송한다. MIB는 가장 중요한 정보로 어떠한 채널 환경에서도 복호 가능하게끔 강력한 오류 정정 능력을 가지는 부호화 알고리즘을 적용하고 LIB는 채널 환경이 좋을 때 복호 가능하기 때문에 MIB에 적용한 부호화 알고리즘보다 오류 정정 능력이 떨어진 부호화 알고리즘을 적용한다. 기존의 방

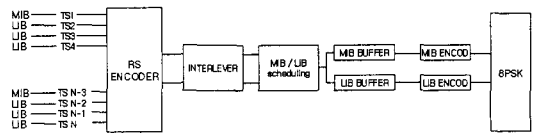


그림 2. 계층적 부호화 방식의 전송단 구조도  
Fig. 2. Transmitter structure of hierarchical channel coding scheme.

식<sup>[2]</sup>은 블록 부호를 이용하는 반면에 본 논문에서는 convolutional 부호를 이용하여 계층적 부호화기를 구성 연구하였다.

## II. Convolutional 부호를 이용한 계층적 부호화 방식 제안 및 모의실험

### 2-1 기존의 블록 부호를 이용한 계층적 부호화 방식

UEP(Unequal Error Protection) coding scheme란 개념을 응용하여 부호화 방식은 1977년 Imai-Hirakawa 부호에서 처음 소개된 이후에 현재까지 계속 연구되어지고 있다<sup>[2]~[4]</sup>. 1996년 하와이대에서 발표된 논문에 의하면 block coded 8 PSK 변조 방식을 위성 방송에 적용시켰는데 이의 블록도는 그림 3과 같다<sup>[4]</sup>. 그림 3에서는 3-level block coded 8 PSK 변조 방식을 이용하여 위성 방송에 적용시켰으며, 이의 구조는 오류 정정 능력이 큰 블록 부호는 MIB 부호화로써, 오류 정정 능력이 작은 블록 부호는 LIB 부호화로 적용함으로써, 계층적 부호화기를 구성하였다.

$C_1, C_2, C_3$ 는 서로 다른 오류 정정 능력을 가지는 블록 부호이며 항상  $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3$ (여기서  $\delta_i$ 는  $C_i$ 의 오류 정정 능력)를 만족한다. 블록 부호는 주로 BCH 부호를 이용하는데 여기서  $C_1$ 는(64, 18, 22),  $C_2$ 는(64,

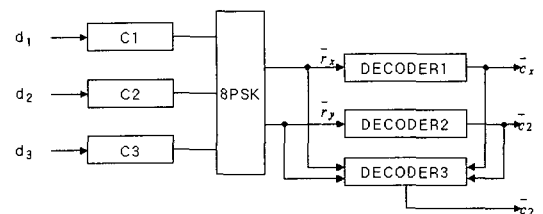


그림 3. Block coded 8 PSK 변조 방식  
Fig. 3. Block coded 8 PSK modulation scheme.

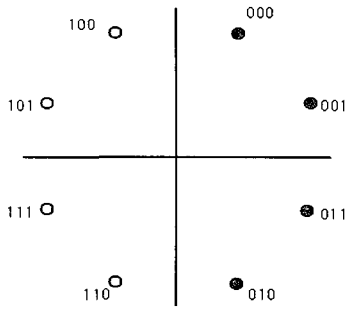


그림 4. UEP 방식의 8 PSK 매핑  
Fig. 4. 8 PSK mapping based on UEP method.

45, 8) 그리고  $C_3$ 는(64, 63, 2) 패리티 부호를 이용하였다. 8 PSK 매핑은 그림 4와 같다.

여기서는 송신 신호를 세 가지 부류로 나누었고 가장 중요한 비트는  $C_1$ 으로 가장 중요하지 비트는  $C_3$ 로 부호화 하였다.  $d_1$ 은 Q채널의 절반 기준으로 배치하였고  $d_2$ 는 I 채널을 절반 기준으로 배치하였으며 LIB인  $d_3$ 는 4사분면 안에 배치하였다. 그러므로  $\bar{r}_x, \bar{r}_y$ 를 그대로 DECODER1 DECODER2를 이용해서 복호하며, 복호된 비트  $\bar{C}_1, \bar{C}_2$  그리고  $\bar{r}_x, \bar{r}_y$ 를 이용하여 LIB 신호를 복호한다.  $d_3$ 를 복호하기 위해서는 x-y차원 평면에서 1차원 평면으로 변환해야 하는데 이의 변화 규칙은 표 1과 같다.

$d_3$ 가 '0'일 때는 0.54, '1'일 때는 +0.54의 값을 가지게 하여 DECODER3으로 입력된다. 따라서 기존의 방식은 주로 블록 부호를 이용하여 계층적 부호화 방식을 연구하였으나, 최근의 위성 방송 관련 표준화 문서인 DVB-S, DVB-S2 등에서는 convolutional 부호를 이용함을 권장하고 있어 본 연구에서는 convolutional 부호를 이용하여 계층적 부호화기 구성을 제안한다.

본 연구에서는 위성 방송의 유럽 표준안인 DVB-S

표 1. LIB 복호 위한 변화 규칙  
Table 1. Transformation rules for LIB decoding.

	$\bar{C}_{2j}$	$r'_{xj}$
0	0	$-(r_{xi} - r_{yi})$
0	1	$-(r_{xi} + r_{yi})$
1	1 $\bar{C}_{1j}$	$(r_{xi} - r_{yi})$
1	0	$(r_{xi} + r_{yi})$

등의 표준안에 제시된 다양한 부호화율을 근거로 하여 방식 1에서 방식 4까지로 여러 가지 8 PSK 성상도 위치와 MIB, LIB를 복호하는 규칙에 따라 성능 분석 하였으며 이중 최적의 방식을 선정하였다.

## 2-2 방식 1

그림 5에서 부호화기 모델은 pragmatic TC-8 PSK와 흡사하나<sup>[4]</sup>, 다른 점은 8 PSK mapping 시 첫 번째 비트가 I축을 기준으로 배치하였고(오른쪽 1, 왼쪽 0), 두 번째 비트는 Q축을 중심으로 배치하였고(윗쪽 1, 아래쪽 0), 이 방식의 매핑은 그림 6과 같다.

그림 6과 같이 매핑을 하고 채널을 통해서 신호를 보내면 수신측에서 그림 7과 같은 방식으로 신호를 복호해 낸다.

그림 7에서 MIB를 복호하기 위해서는 입력되는 8 PSK 심볼을 QPSK 성상도로 변환해야만 기존의 비터비 복호기를 적용할 수 있는데, QPSK 성상도로 변환하기 위한  $F(\cdot)$  함수는 다음과 같다. MIB는 수신 신호에 의해서 다음 식 (1)과 같이 된다. 그림 8(b)는  $x', y'$  변환후의 성상도이다.

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

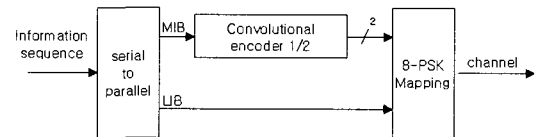


그림 5. 방식 1의 변조 방식  
Fig. 5. Modulation scheme for method 1.

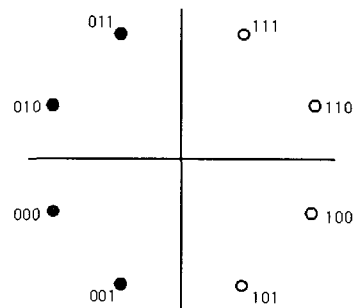


그림 6. 방식 1의 8 PSK 매핑  
Fig. 6. 8 PSK mapping of method 1.

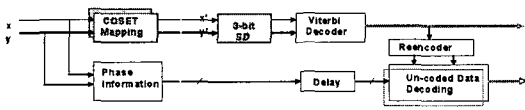
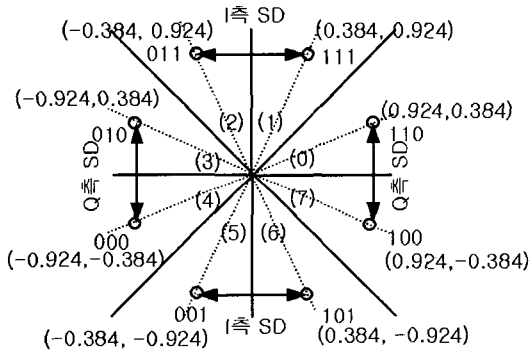


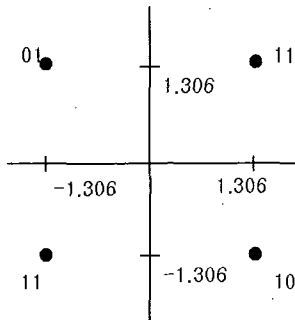
그림 7. 방식 1의 복호 방식  
Fig. 7. Decoding scheme of method 1.

식 (1)은 그림 7의  $F(\cdot)$  함수이며, 여기서  $x, y$ 는 수신된 I 채널과 Q 채널 값을 의미하며,  $x', y'$ 는 MIB를 QPSK 성상도로 바꿔주기 위한 식이다. 그림 8(a)와 같이 성상도에서 첫 번째와 두 번째 비트가 MIB를 부호화된 비트이므로 MIB가 점선 영역에 있을 시 오류가 발생하기 쉽다.

따라서 점선 영역에 수신 신호가 있을 때 그림 8(a)과 같이 각각의 I, Q 채널에 대해  $0.386 \sim +0.386$  구간에서 soft decision한다. 예를 들어 그림 8(a)에서, 수신 심볼이 "110"과 "100" 사이에 위치한다고 가정할



(a) 8 PSK 매핑 및 위상신호  
(a) 8 PSK mapping and phase information



(b) MIB 변환  
(b) MIB transformation

그림 8. 방식 1의 부호화 비트의 매핑  
Fig. 8. Mapping of coded bit for method 1.

때, 첫 번째 비트 "1"은 두 개의 심볼 모두 "1"이므로 영향을 받지 않으나, 두 번째 비트는 판정에 따라 "1"과 "0"이 될 수 있기 때문에 성능에 영향을 미치는 요소이다. 이런 경우 두 번째 비트에 대해서는 Q 축을 기준으로  $-0.386 \sim +0.386$  구간에서 soft decision(SD) 한다.  $F(\cdot)$  함수의  $x', y'$  신호는 변환되어져서 3 bit 연판정을 한 이후에 비터비 복호기로 입력되어지고 부호화 비트에 대한 복호 비트가 출력된다. 그림 7의 phase information 블록은 수신 신호가 그림 8(a)에서 어느 분면에 있는지를 나타낸다. 그림 8(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 복호된다. 예를 들어 재부호화된 비트가 "11"일 때 위상 정보가 0이면 LIB는 "0"이고 위상 정보가 1이면 비부호화 된 비트는 "1"로 복호 된다.

### 2-3 방식 2( $r=1/2$ )

2-1의 방식 1에서 인접한 LIB의 거리가 작아져서 성능 열화를 초래할 수 있다. 예를 들어 그림 8(a)에서, 재부호화 된 비트가 "10"이라고 가정 할 때, LIB를 복호 하기 위해서는 MIB가 "10"인 두 점인 "100"과 "101"을 선택하여 위치 정보인 phase information 정보인 "0"~"7"를 이용하여 LIB를 복호한다. 그림 8(a)에서 알 수 있듯이 LIB의 정보는 매우 인접해 있어 성능 열화를 초래한다. 다음 방식 2는 LIB의 성능 열화를 보완하기 위해 다소 정보율은 손해보더라도 LIB도 부호화하기 위해 부호화율 1/2인 콘볼루션 부호화기를 병렬로 2개 사용한 방식이다. 첫 번째 콘볼루션 부호화기의 결과를 8 PSK mapping 첫 번째와 두 번째 비트로 사용하고 두 번째 콘볼루션 부호화기의 결과 중 하나의 비트를 8 PSK mapping의 마지막 비트로 사용하고 다른 하나의 비트는 첫 번째 콘볼루션의 다음 결과와 8 PSK mapping을 이루게 된다. 8 PSK 심볼에 매핑하기 위해서는 세 비트의 부호화된 비트가 요구되는데, 2 비트는 MIB의 부호화된 비트를 이용하고 나머지 한 비트는 LIB 두 비트 중 1비트를 이용하고 나머지 한 비트는 버퍼에 저장하여 다음 MIB 두 비트와 결합하여 8 PSK 성상도에 매핑된다. 두 번째 방식의 부호화 방식과 매핑

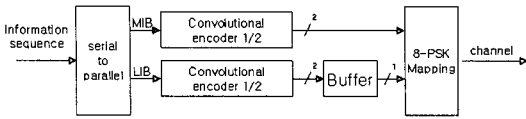


그림 9. 방식 2의 변조 방식  
Fig. 9. Modulation scheme for method 2.

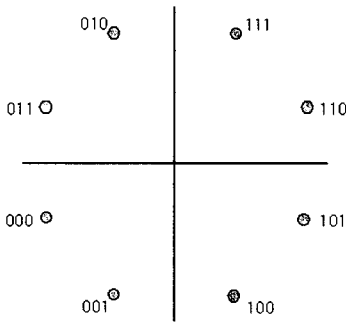


그림 10. 방식 2의 8 PSK 매핑  
Fig. 10. 8 PSK mapping of method 2.

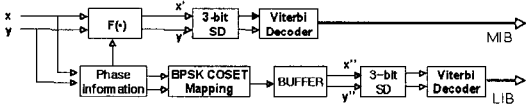


그림 11. 방식 2의 복호 방법  
Fig. 11. Decoding scheme of method 2.

그림을 그림 9 및 그림 10과 같이 나타낸다.

그림 10과 같이 매핑을 하고 채널을 통해서 신호를 보내면 수신측에서 다음 그림 11과 같은 방식으로 신호를 복호해낸다. MIB 복호 방식은 방식 1과 같으며, LIB 복호 방식은 BPSK 형태로 변환하여 연판정해서 비터비 복호기에 입력한다. LIB의 BPSK로 변환하기 위한 공식은 식 (2)와 같다.

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

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

### 2-4 방식 3(r=1/2)

부호화 과정은 방식 2와 같다. 방식 2는 8 PSK로

매핑되었을 때 인접한 LIB 정보가 서로 다르기 때문에 약간의 잡음 성분만 추가되어도 LIB의 성능이 열화되었는데 방식 3에서는 그림 12와 같이 인접한 분면의 마지막 비트는 같게 배치하여 2사분면과 4사분면의 마지막 비트가 방식 2와 달리 매핑되었다. 그리고 같은 분면 안에서는 마지막 비트에 대해서 연판정하여 성능을 개선시키고자 했다. 따라서 성상도를 phase information 블록에서 16 sector로 나누어서 각 sector가 (1, 2), (5, 6), (9, 10), (13, 14)에 있으면 연판정을 하고, 나머지 sector 3, 4, 11, 12는 +1로 정하고 0, 15, 7, 8은 -1로 결정해서 비터비 복호기에 입력해서 LIB를 결정한다.

### 2-5 방식 4(r=1/2)

이번 방식 역시 부호화 방식은 방식 3과 같다. 방식 3의 연판정 구간이 0.54이기 때문에 성능에 열화할 수 있으므로 방식 4에서는 이의 성능을 개선시키기 위해 연판정 구간을 그림 13과 같이 -0.5412~

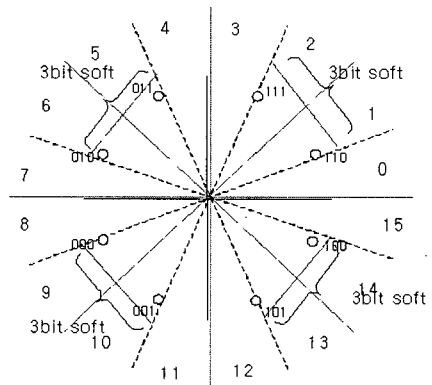


그림 12. 방식 3의 성상도  
Fig. 12. Constellation of method 3(비트값 표시).

표 2. 각 분면에 따른 LIB 계산식( $r_x, r_y$ 는 수신 신호의 I, Q 채널 값)

Table 2. LIB calculation formula for each sector( $r_x, r_y$  are received I and Q symbols).

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

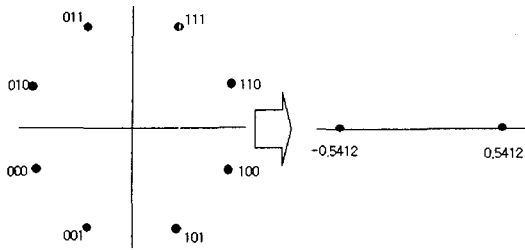


그림 13. 방식 4에서 LIB 맵핑  
Fig. 13. LIB mapping of method 1.

+0.5412로 확장시켰다. 이를 위해서는 위치 정보를 4개 sector로 나누어 각 sector 정보에 따라 표 2와 같이 수신 신호의 영역을 4사분면으로 나누어 LIB 비트를 변환시킨다.

### Ⅲ. Convolutional 부호를 이용한 계층적 부호화 방식에 대한 모의실험 및 결과

Ⅱ장에서 살펴본 네 가지 방식은 방식 1을 기본 알고리즘으로 하여 LIB 부분의 성능을 어떤 방식으로 하여 개선시키느냐에 초점을 맞추어 제안하였다. 방식 1에서 LIB의 거리가 좁아 방식 2에서는 LIB에 대해서도 부호화 시켰으며, 방식 3에서는 8 PSK 맵핑을 달리하여 LIB의 거리를 넓혀 soft decision 하였으며, soft decision 하기 위해서는 각 분면의 LIB가 교대로 매핑시켜야 하는 단점, 즉 LIB 사이의 거리가 좁아진다는 단점을 보완하여, 방식 4에서는 표 2의 공식을 이용하여 LIB 거리를 넓혀 줌으로써 성능을 개선시켰다. 시뮬레이션 파라메타는 변조 방식은 8-PSK이며, 채널은 가우시안 잡음 채널로 모델링하였으며,  $10^{-5}$ 의 BER을 산정하기 위해 약 106개의 데이터를 이용하여 MC(Monte-Carlo) 기법을 이용하여 각 방식별로 시뮬레이션을 하였다. 그림 14에서는 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 복호와는 밀접한 관계가 없기 때문이다. 방식 2에서 방식 4까지는 MIB 부분은 약간 성능이 방식 1에 비해 성능이 감소하더라도 LIB 부분의 성능이 개선됨을 알 수 있다. MIB 부분의 성능이 약간 감소하는

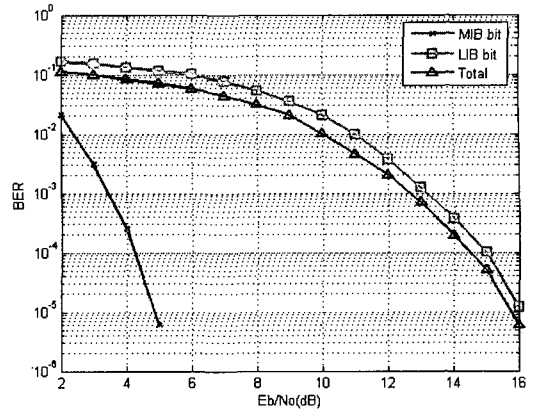


그림 14. 방식 1의 성능 곡선  
Fig. 14. BER curve of method 1.

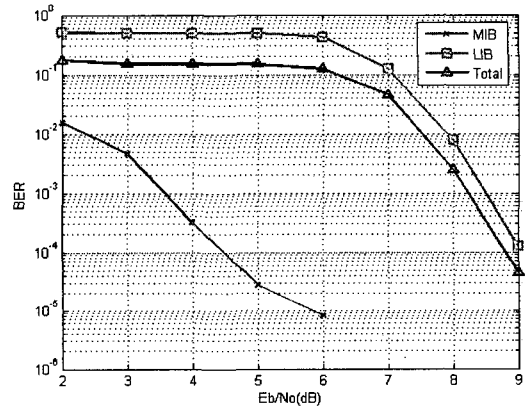


그림 15. 방식 2의 성능 곡선  
Fig. 15. BER curve of method 2.

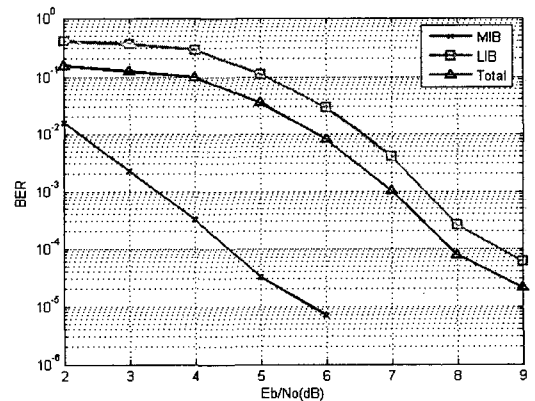


그림 16. 방식 3의 성능 곡선  
Fig. 16. BER curve of method 3.

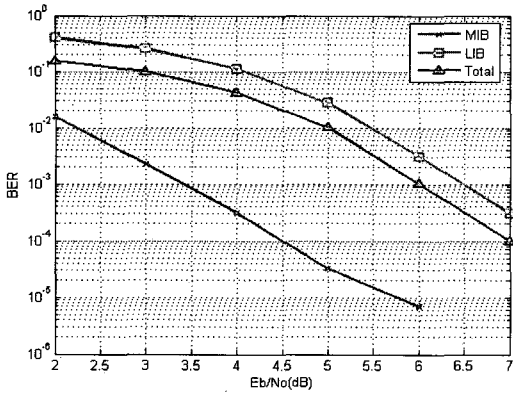


그림 17. 방식 4의 성능 곡선  
Fig. 17. BER curve of method 4.

이유는 방식 1의 QPSK 변환 후의 성상도와 방식 2~4까지의 QPSK 성상도의 거리 차이 때문이다. 그림 14부터 그림 17까지 알 수 있듯이, 네 가지 방식 중 성능 측면에서 방식 4가 최적임을 알 수 있다.

#### IV. 평처드 부호를 이용한 계층적 부호화 방식

앞의 모의 실험을 토대로 방식 4가 가장 적합한 방식임을 알 수 있다. IV장에서는 방식 4를 이용해서 평처드 부호를 적용하였다. DVB-S 및 DVB-S2 등에서는 다양한 부호화를 적용이 고려되기 위해서는 부호화율 1/2을 기준으로 부호화된 비트를 평처링 시킴으로써 다양한 부호화율을 지원한다. 따라서 본 절에서는 평처링 부호율 3/5을 예를 들어 II장에서 제시된 방식을 기초로 적용시키고자 한다. 그림 18은  $r=3/5$ 을 가지는 부호화기이며, MIB를 부호화 하여 나온 비트가 8 PSK의 첫 번째 두 번째 비트가 되고 LIB는 2/3 평처링 시켜 3비트가 출력되면 각각의 비트는 MIB의 비트와 결합되어 8 PSK 성상도에 매핑된다. MIB와 LIB의 부호화기의 부호화 속도를 달리하여 즉 MIB 부호화 부분의 속도를 LIB 부호화기 속도에 비해 3배 빠르게 하여 MIB 6비트의 부호화 비트가 출력될 때, LIB에서는 2비트 입력하여 2/3 평처링 부호화기를 이용하여 3비트가 출력되면 MIB 2비트와 LIB 1비트가 결합되어 총 3개의 8 PSK 심볼이 출력하게 된다.

그림 19 LIB의 성능이 방식 4에 비해 약 0.7 dB로 열화되고 이유는 LIB는 평처드 시켰기 때문이며,

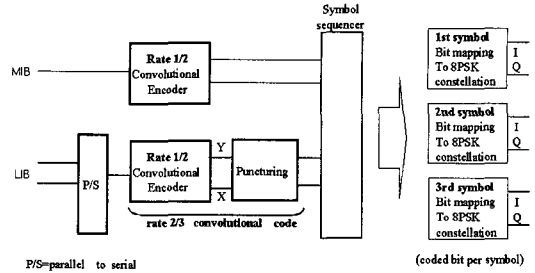
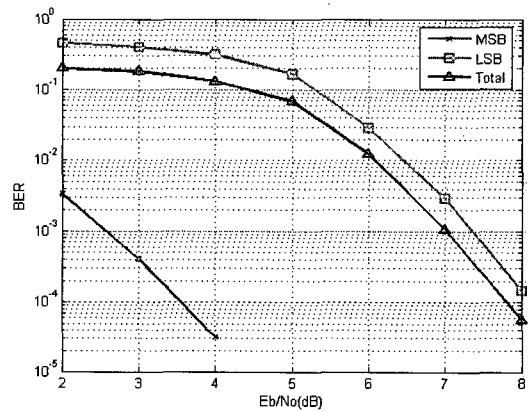
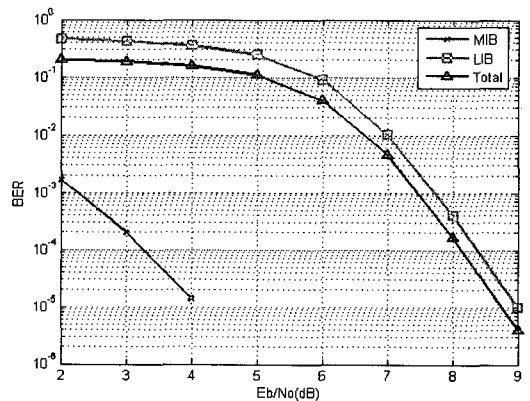


그림 18.  $r=3/5$ 인 계층적 부호화 방식  
Fig. 18. Hierarchical channel coding scheme for  $r=3/5$ .



(a)  $r=3/5$



(b)  $r=2/3$

그림 19.  $r=3/5$ ,  $r=2/3$ 일 때 계층적 부호화 성능 곡선  
Fig. 19. BER curve of hierarchical channel coding scheme for  $r=3/5$  and  $r=2/3$ .

MIB는  $E_b/N_0$  증가로 성능이 향상되었다.

LIB를 3/4 Puncturing 시켜 4비트가 출력되면 각각의 비트는 MIB의 비트와 결합되어 8 PSK 성상도에 매핑된다. LIB를 3/4 puncturing 부호화함으로써 전체

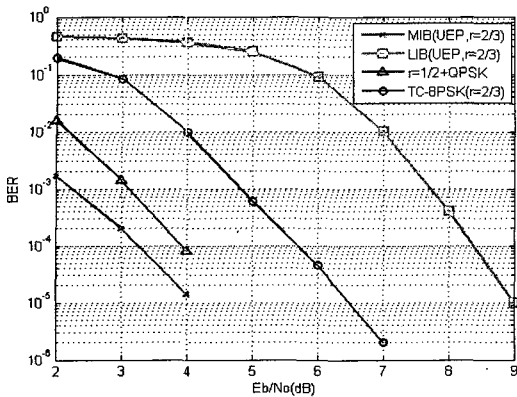


그림 20. Time sharing 방식과 성능 비교  
Fig. 20. Performance comparison between time sharing and Hierarchical scheme.

부호화율이 2/3가 된다. Time sharing 방식은 MIB에는  $r=1/2$  콘블루션 부호와 QPSK 변조 방식을, LIB에는  $r=2/3$ 인 TC-8 PSK를 적용하고 있으므로 그림 20에서는 UEP를 이용한 계층적 부호화 방식( $r=2/3$ )와 비교 분석하였다. 계층적 부호화 방식과 time sharing 방식을 비교해 볼 때, MIB는 약  $r=1/2+QPSK$ 보다 약 0.8 dB,  $r=2/3+8$  PSK보다 2 dB의 성능 향상을 가져올 수 있다. 그리고 LIB는 약 2.5 dB 정도 열화 됨을 알 수 있다. UEP 방식의 성능 척도는 LIB의 성능보다는 어떠한 채널 환경에서도 수신이 제대로 되기 위해 MIB의 성능이 척도이고, Ka 대역의 강우 감쇠는 Ku 대역보다 크므로 MIB와 LIB의 성능 차이가 있는 UEP의 방식이 적합하다.

### V. 결 론

본 논문에서는 Ka 대역 초고속 위성방송 시스템에서 강우 감쇠에 대처하면서 가입자에게 지속적으로 방송을 제공하기 위해 convolutional 부호화기를 이용하여 UEP 방식을 이용한 계층적 부호화 방식에 대한 연구를 하였다. 네 가지의 방식을 제안하였으며, 각 방식을 성능 분석한 결과 네 번째 방식이 우수함을 알 수 있었으며, 이를 이용하여 평처드 부호

화기를 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 가져올 수 있다. 전체적으로 계층적 부호화 방식은 time sharing 방식에 비해 변복조기가 한 개만 필요하며, 대역폭 또한 효율성이 있다. Ka 대역의 강우 감쇠 마진이 Ku 대역에 비해 상대적으로 크므로, MIB와 LIB의 성능 차이가 큰 계층적 부호화 방식이 Ka 대역 위성 방송 시스템에 유리한 면을 가지고 있다.

### 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, 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] N. Kawai et al., "Performance of multimedia broadcasting through ISDB transmission system", *IEEE Transaction on Broadcasting*, vol. 42, no. 3, pp. 151-158, Sep. 1996.
- [4] L. F. Wei, "Coded Modulation with Unequal Error Protection", *IEEE Trans. on Comm.*, vol. 41, no. 10, pp. 1439-1449, 1993.
- [5] Robert H. Morelos et al., "Coded modulation for satellite broadcasting", *Communication Theory Mini-Conference Record (GLOBECOM'96)*, pp. 31-35, London, U.K., Nov. 1996.
- [6] Carden, Frank, 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 지 원



1989년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학사)

1991년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학석사)

1995년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학박사)

1991년 1월~1992년 2월: LG 정보

통신연구소 연구원

1995년 9월~1996년 8월: 한국통신 위성통신연구실 선임 연구원

1997년 3월~1998년 12월: 한국전자통신연구원 초빙연구원

1996년 9월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 부교수

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

[주 관심분야] 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등