

# 차세대 T-DMB 방송의 부가서비스 제공을 위한 계층적 전송방식에 대한 연구

준회원 김민혁\*, 박태두\*, 김남수\*,  
정회원 정지원\*, 이성로\*\*, 최명수\*\*

## The Study of Hierarchical Transmission Method for Additional Service of Advanced T-DMB

Minhyuk Kim\*, Taedoo Park\*, Namsoo Kim\* *Associate Members*,  
Jiwon Jung\*, Seongro Lee\*\*, Myeongsoo Choi\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 기존의 Eureka-147 표준안 기반 지상파 DMB 방송의 성능을 저하시키지 않으면서도 부가서비스를 첨가하기 위하여, UEP 방법과 계층적 변조기법을 적용하여 차세대 지상파 DMB 방송 시스템을 제안하였다. 비균등 16QAM 방식을 사용한 차세대 지상파 DMB 방송 시스템에 다양한 비트분리 방법과 부가서비스 스트림에 DVB-RCS 규격의 double binary turbo code와 DVB-S2 규격의 LDPC등을 적용하여 그 성능을 시뮬레이션 하여 보았다. 그 결과 기존의 지상파 DMB 채널 코딩방식에 비해 double binary turbo code와 LDPC 부호화 각각 2dB, 3.5dB의 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

**Key Words** : AT-DMB, Hierarchical modulation, Bit split, Double binary turbo code, LDPC

### ABSTRACT

In this paper, we proposed advanced T-DMB system which is based on Eureka-147 using UEP coding methods and hiererchical modulation for providing additional services while maintaining BER performance. We simulated the proposed advanced T-DMB system using unequal 16QAM modulation scheme combined with various bit split methods and coding methods such as double binary turbo code of DVB-RCS standard and LDPC code of DVB-S2 standard. In the simulation results, double binary turbo code and LDPC code of proposed advanced T-DMB system have coding gain of 2dB and 3.5dB compared to conventional T-DMB system respectively.

### 1. 서 론

지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)는 유럽에서 기 개발된 DAB(Digital Audio

Broadcasting) 시스템을 근간으로 하여 스트림 모드(Stream mode)를 이용한 MPEG-4A/V 스트림을 전송할 수 있도록 확장된 구조로 되어 있다. 또한 지상파 DMB에는 추가적인 채널 코딩이 추가되어 있

※ 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(계약번호 UD070054AD).

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2008-C1090-0804-0007).

※ 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 : KICS2008-04-186, 접수일자 : 2008년 4월 22일, 최종논문접수일자 : 2008년 10월 31일

어서 기존 DAB보다 낮은 에러율을 확보할 수 있도록 설계되어 있다.

현재 지상파 DMB는 전용수신기를 비롯하여 휴대폰, 노트북, PDA, PMP(Portable Multimedia Player)등 다양한 제품에 구현되고 있으며, 향후에는 휴대가능하고 화면만 부착되어 있다면 어느 제품이나 지상파 DMB기능이 추가된 모습을 볼 수 있을 것으로 기대된다<sup>[1][2][3]</sup>.

지상파 DMB의 한 개의 주파수 블록은 약 1.7Mbps의 대역폭을 가진다. 그러나 주파수 혼신을 방지하기 위한 가드밴드(guard band)나 신뢰할 수 있는 수신을 보장하기 위한 오류 정정 부호등을 고려하면 실제로 1.152Mbps 대역만이 사용가능하다. 그리고 이대역에 소형 휴대 단말기를 위한 1개의 비디오 채널과 3개의 오디오 채널을 할당할 수 있다<sup>[4]</sup>.

차세대 지상파 DMB 방송은 현재 두 가지 관점에서 연구되어 지고 있다. 첫째로, 기존의 지상파 DMB 방송 방식과 역호환성을 유지하는 동시에 고전송효율 및 고품질 서비스를 제공하기 위한 기법에 대한 연구이고, 둘째로, 기존의 지상파 DMB 방송 서비스 뿐만 아니라 DVB-T, DVB-H등과 같은 부가서비스를 기존의 T-DMB 서비스와 동시에 가입자에게 제공하고자 한다.

기존의 논문에서는 역호환성 유지와 부가서비스 전송에 유리한 계층변조 방식을 적용하고, 부가서비스 전송을 위해 연접부호방식 방식을 사용하여 연구가 진행되었다<sup>[4]</sup>.

이에 본 논문에서는 기존의 연구를 바탕으로 비균일 16QAM 성상도에서 기존의 Eureka-147 기반의 지상파 DMB 방식에 네비트중 두비트를 할당하여 어떠한 채널 상황에서도 꾸준히 수신할 수 있도록 넓은 성상도를 가지면서 표준안에 제시된 convolutional 부호를 적용하였으며, 나머지 두비트는 부가서비스에 할당하여 가입자에게 어느 정도의 성능을 수신할 수 있도록 다양한 부호화 기법을 통한 최적의 부호화 기법 선정을 제시한다. 또한 부가서비스에 할당되는 비트를 convolutional 부호화 알고리즘과 turbo code 뿐만 아니라 최근 위성통신용으로 개발되어 그 성능의 우수성을 입증하고 있는 DVB-RCS 규격의 double binary turbo code, DVB-S2 규격의 LDPC를 적용하여 차세대 지상파 DMB 시스템을 구성하고, 이를 시뮬레이션 하여 그 성능을 평가하였다.

## II. UEP를 이용한 계층적 부호화 방식

서론에서 제시한 두 가지 연구방향의 부가서비스 및 끊임없는 방송을 제공하기 위해서는 적응형 부호화 방식과 결합된 적응형 변조방식의 적응형 시스템을 구성하여야 한다<sup>[5]</sup>.

이러한 적응형 방식으로는 크게 time sharing 방식과 UEP(Unequal Error Protection)를 이용한 계층적 부호화 방식이 있다. Time sharing 방식은 강우감쇠가 높은 환경에서는 부호화율이 작은 오류정정방식의 적용이 필요하고, 강우감쇠가 낮은 환경에서는 부호화율이 큰 오류정정방식의 적용이 필요하다.

UEP 방식은 각 부호율마다 서로 다른 변조 방식을 적용시키는 time sharing 방식에 비해 1977년 Imai-Hirakawa 부호에서 처음 소개된 이후에 현재까지 계속 연구되어지고 있고 같은 변조 방식을 사용하여 신호의 중요도가 작은 부분과 높은 부분과의 신호간의 최소거리를 다르게 배치하는 방식이다<sup>[6]</sup>.

그림 1은 계층적 부호화 방식의 일반적인 전송단의 구조를 나타내고 있다.

기존의 UEP 방식은 전송되는 TS(Transport Stream)를 HP(High Priority)와 LP(Low Priority)로 분리하여 각각의 다른 정정능력을 가진 부호화기를 이용하여 부호화 시키고 8PSK변조하여 전송한다. HP는 가장 중요한 정보로 어떠한 채널 환경에서도 복호 가능하게끔 강력한 오류정정 능력을 가지는 부호화 알고리즘을 적용하고 LP는 채널 환경이 좋을 때 복호 가능하기 때문에 HP에 적용한 부호화 알고리즘 보다 오류 정정 능력이 떨어진 부호화 알고리즘을 적용한다.

하지만 본 논문에서는 차세대 지상파 DMB 방송의 부가서비스 송신에 적용할 수 있게끔 그림 2와 같은 계층적 부호화 방식을 사용하였다. 어떠한 경우에서도 기존 서비스는 가입자에게 제공하여야 하므로, 기존 서비스인 Eureka-147 시스템을 HP로 할당하고, 부가서비스를 LP로 하여 LP의 채널 부호화

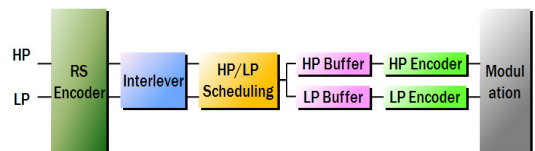


그림 1. 일반적인 계층적 부호화 방식의 전송단 구조도  
Fig. 1. Structure of general UEP transmitter

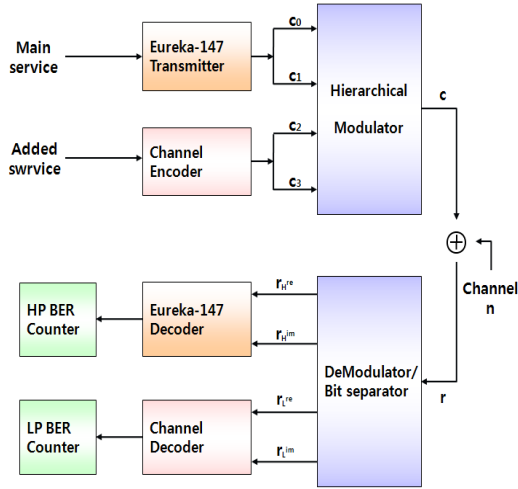


그림 2. 차세대 지상파 DMB에 대한 성능분석 시스템 블록도  
Fig. 2. Block diagram for analysis of Advanced T-DMB system performance

방식을 변화하면서 성능분석을 한다. 이 때, LP에는 DVB-RCS규격의 터보부호 및 LDPC 부호를 적용하여, HP와 LP간의 성능차이를 줄이고자 하였다.

### III. 계층적 변조방식

계층변조는 서로 다른 두 가지의 데이터 스트림을 하나의 데이터 스트림으로 변조하는 방법을 말한다. 기존의 지상파 DMB의 변조방식은  $\pi/4$  D-QPSK 사용하는 반면에, 본 논문에서는 비균일 16QAM(non-uniform 16 quadrature amplitude modulation)을 이용하는 계층변조 방식을 사용하였다. 이는 차세대 지상파 DMB방송 시스템에서 기존의 방송 서비스를 HP(High Priority) 스트림으로 전송하고, 추가적인 부가서비스를 LP(Low Priority) 스트림으로 구별하여 전송함으로써 기존 방송 서비스의 효율을 떨어뜨리지 않으면서 부가서비스의 전송을 하고자 하였다<sup>[7][8]</sup>.

본 논문에서 제안하는 차세대 지상파 DMB방송 시스템에 적용하고자 하는 비균일 16QAM의 정상도를 살펴보면 그림 3과 같다. 그림 3에 나타난 것처럼 계층 변조된 심볼은 네 개의 비트로 구성되며 최상위 두 비트( $c_0, c_1$ )는 HP 스트림에 의해 결정되고 나머지 두 비트( $c_2, c_3$ )는 LP 스트림에 의해 결정된다<sup>[4]</sup>.

그림 3에서  $\alpha$ 는 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 심볼사이의 최소거리와 비균일 16QAM 심

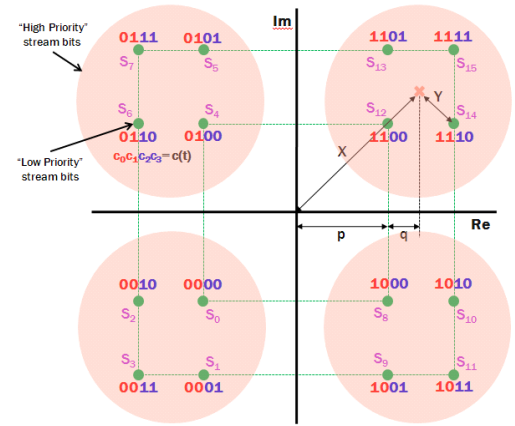


그림 3. 차세대 지상파 DMB의 비균일 16QAM 정상도  
Fig 3. Unequal 16QAM constellation for advanced T-DMB system

볼사이의 최소거리의 비로 정의되며,  $p$ 를 HP 성상점간의 최소 거리,  $q$ 를 LP 성상점간의 거리라고 할 때,  $\alpha$ 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{p}{q} = \alpha \quad (1)$$

그림 3에서  $\alpha=1$ 인 경우는 QPSK 심볼사이의 거리와 비균일 16QAM 심볼사이의 거리가 일정해져서 균일 16QAM 시스템이 된다. 그리고  $\alpha$ 의 값이 증가하면 첫 번째 데이터 스트림을 이루는 심볼사이의 거리는 증가하게 되고, 두 번째 데이터 스트림을 이루는 심볼사이의 거리는 감소하게 되어,  $\alpha=0$ 인 경우는 QPSK의 정상도와 같게 된다.

$\alpha$ 의 변화에 따른 계층변조의 constellation를 구하기 위해  $p$ 와  $q$ 는 다음 식 (2)~(5)를 통해서 구할 수 있다.

$$p+q = \cos \frac{\pi}{4} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$p = \alpha \cdot q \quad (3)$$

$$p = \frac{\alpha}{\sqrt{2}(1+\alpha)} \quad (4)$$

$$q = \frac{1}{\sqrt{2}(1+\alpha)} \quad (5)$$

계층변조 시뮬레이션에서 AWGN의 잡음분산을 계산하기 위한 심볼에너지의 계산은 식 (6)~(9)와 같다. 그림 3의 16QAM 정상도는 normalizing된 QPSK의 값을  $X$ 라고 하고, 알파의 값에 따라  $Y$ 의 길이를 변화시켜 비균일 16QAM의 정상점을 정하게 된다. 여기서 원점에서 normalizing된 QPSK의 심볼까지의 거리를  $X$ ,  $p+q$ 의 값은 normalizing된

QPSK 심볼의 I값 또는 Q값으로 식 (3)과 같이  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 이 된다. 따라서 X의 에너지의 크기(E{X})는 1이 되고, +1과 -1이 균등하게 분포하므로, 그 평균은 0이 된다. 이와 같은 방법으로 Y 또한  $+\frac{1}{\sqrt{2}}q$ ,  $-\frac{1}{\sqrt{2}}q$ 가 확률적으로 균등하게 분포하므로, Y의 평균 에너지(E{Y}) 또한 0이 된다. 분산은 제곱의 평균이므로, X<sup>2</sup>의 에너지 평균값은 1이 되고, Y<sup>2</sup>의 에너지 평균값은 2q<sup>2</sup>이 된다. 여기에 식 (5)의 q값을 대입하면 AWGN의 잡음분산을 계산할 수 있다.

$$Z \equiv X + Y \tag{6}$$

$$E\{Z\} = E\{X\} + E\{Y\} = 0 + 0 = 0 \tag{7}$$

$$\begin{aligned} E\{Z^2\} &= E\{X + Y\}^2 \\ &= E\{X^2\} + E\{Y^2\} \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} \sigma_z^2 &= E\{Z^2\} + E\{Z\}E\{Z\} \\ &= E\{X^2\} + E\{Y^2\} \\ &= \sigma_x^2 + \sigma_y^2 = 1 + \sigma_y^2 = 1 + 2q^2 \\ &= 1 + \frac{1}{(1+\alpha)^2} \end{aligned} \tag{9}$$

#### IV. 부가서비스 복조를 위한 비트분리 방법

계층 변조된 신호는 16QAM 심볼의 형태로 전송이 되어 채널 에러를 포함하여 수신단에 수신된다. 이렇게 수신된 심볼 단위의 신호는 복조기에서 비트단위로 분리하여야 하는데, 수신 심볼의 I(In-phase)와 Q(Quadrature) 성분을 이용하여 각각의 비트로 분리되어야 하며, 성능은 각각의 비트의 거리와 관계가 있기 때문에 비트로 분리하는 방식이 성능에 영향을 미치게 된다. 이러한 비트분리 방식에는 LLR 방법과 MAX 방법이 있다<sup>9)</sup>.

수신신호를 각각 16개의 심볼에 관하여서 잡음이 AWGN이라고 가정하였을 때, 수신신호와 원형 신호 벡터사이의 최소호차 확률에 의한 구하는 방법이 LLR 방법이고, LLR 방법에서 수신 비트를 결정하기 위한 복잡한 연산 과정중 log연산을 좀 더 단순화 시킨 것이 MAX방법이다. 하지만 본 논문에서 사용하고 있는 16QAM 정상도에서 효율적으로 비트를 분리할 수 있는 Center focusing 방법을 제안하였다.

그림 3에서 보면 인접 심볼간의 영향을 최소화하기 위해 변조시 대칭적인 구조를 사용하였다. 이러

한 대칭적인 구조로 인해 16개의 정상점을 중심으로 4개의 사분면에 퍼져 있는 수신 신호들을 절대치를 구하게 되면 조그마한 QPSK의 형태를 가지게 된다. 이를 이용하면 LP 스트림 디코더 입력에 해당되는  $r_L^{re}$ ,  $r_L^{im}$ 의 값을 구할 수 있게 된다. 이를 식 (10)과 식(11)과 같이 표현할 수 있다.

$$r_L^{re} = |r^{re}| - (p+q) = |r^{re}| - \frac{1}{\sqrt{2}} \tag{10}$$

$$r_L^{im} = |r^{im}| - (p+q) = |r^{im}| - \frac{1}{\sqrt{2}} \tag{11}$$

이러한 center focusing 방법은 LLR, MAX 방법과 달리 계산량이 많은 exponential연산과 log연산, channel estimation이 필요하지 않기 때문에 처리속도가 빨라지고 하드웨어 구현이 용이하다는 장점을 가지고 있다.

그림 4는  $\alpha=3$ ,  $E_s/N_0=20\text{dB}$ 일 때, AWGN 채널 내에서 수신신호의 center focusing 방법에 의한 비트 분리과정을 보여주고 있다. Center focusing 방법에 의해 16QAM의 수신심볼이 QPSK의 심볼의 형태로 바뀌게 되고, 이는 곧바로 LP 스트림의 디코더 입력으로 사용할 수 있게 된다. 여기서  $E_s/N_0$ 란 잡음대비 심볼에너지 값으로, 송신단에서의 출력 파워를 의미한다.

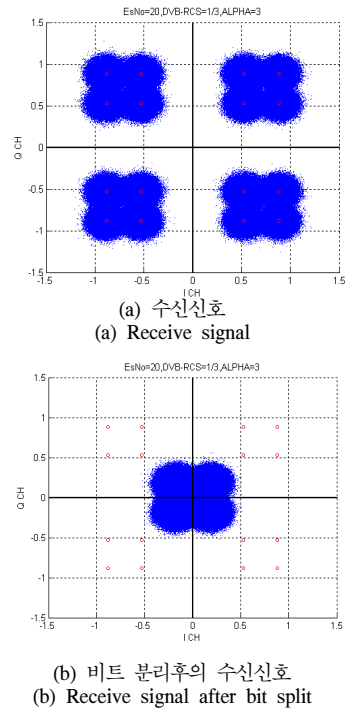


그림 4. Center focusing 비트 분리 과정  
Fig. 4. Bit split process of center focusing method

표 1. 비트 분리 방법별 연산량 (N/A : Not Applicable)  
 Table 1. The number of operation of bit split methods (N/A : Not Applicable)

Operation	Bit Split method	LLR	MAX	Center focusing
Exponential Estimation		$2^M$	N/A	N/A
Log Estimation		M/2	N/A	N/A
Channel Estimation		$2^M$	$2^M$	N/A
Distance Estimation		$2^M$	$2^M$	N/A

제시된 세 가지의 비트 분리 방식의 계산량을 표 1에 비교하였다.

LLR을 이용한 방법을 이용할 시, 수신 신호와 성상점 간의 거리를 구하기 위해서는  $2^M$ 번의 euclidian 거리를 구해야 하고, 또한  $2^M$  번의 exponential과 M/2번의 로그를 계산해야만 한다. MAX 방법에서는 exponential과 로그 연산을 제거할 수 있다. 마지막으로 제안된 center focusing 방법은 절대치만으로 거리를 계산하므로 상당히 계산량이 줄어들음을 알 수 있다.

표 1의 내용을 통해 center focusing 방법이 LLR, MAX 방법 보다 M이 커질수록 계산량이 그에 따라 현저히 줄어들음을 알 수 있다.

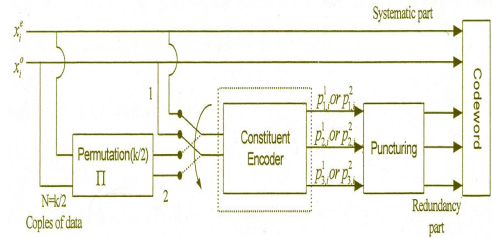
### V. 부가서비스에 고려되는 채널 부호화 방법

#### 5.1 Double binary turbo code

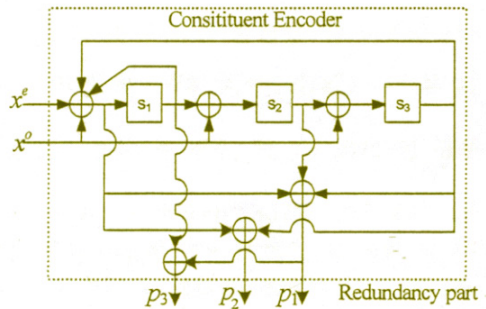
1993년 Berrou에 의해서 제안된 터보코드는 LDPC 부호와 함께 Shannon의 이론적 한계에 근접하는 부호화 방식이다<sup>[10]</sup>.

기존의 convolutional turbo code와는 달리 DVB-RCS(Digital Video Broadcasting Return Channel via Satellite)규격으로 사용되고 있는 double binary turbo code는 CRSC(Circular Recursive Systematic Convolutional) code에서 제안하는 Circular States tail-biting Principle을 이용하여 tail-bit의 첨가 없이도 수신단에서 FSM, BSM계산이 가능하다<sup>[11]</sup>.

본 논문에서는 차세대 지상파 DMB 방송에 적용할 수 있게끔 기존의 지상파 DMB방송의 부화율인 R=1/4을 지원하는 double binary turbo code의 encoder의 구조를 그림 5에 나타내었다.



(a) Double binary turbo code의 인코더 구조  
 (a) Double binary Circular Recursive Systematic Convolutional Encoder



(b) Recursive Systematic Convolution(RSC)의 구조  
 (b)Structure of Recursive systematic Convolution (RSC)

그림 5. Double binary turbo code의 인코더 구조  
 Fig. 5. Double binary turbo encoder block diagram.

#### 5.2 DVB-S2 규격의 LDPC

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 [12]. 실제로 위성 고선명 TV(HDTV) 표준안인 DVB-S2(Digital video Broadcasting) 시스템은 LDPC를 오류정정부호화 방식으로 권고하고 있다.

반면에 부호화의 높은 복잡도가 LDPC 코드의 중요한 문제점이었으나 DVB-S2에서는 현재 DVB-S2 규격에서는 HNS(Hughes Network Systems)사에서 제안한 parity accumulate 방식을 사용하여 쉽게 부호화하고 있다<sup>[13]</sup>.

LDPC의 복호 순서는 그림 6과 같이 수신 비트 에다 채널 추정 값을 구하는 초기화 과정, Check node 확률을 구하는 CNU(check Node Update), 비트 확률을 구하는 BNU(Bit Node Update)의 다음 세 가지 단계를 거쳐 복호하게 된다<sup>[13]</sup>.

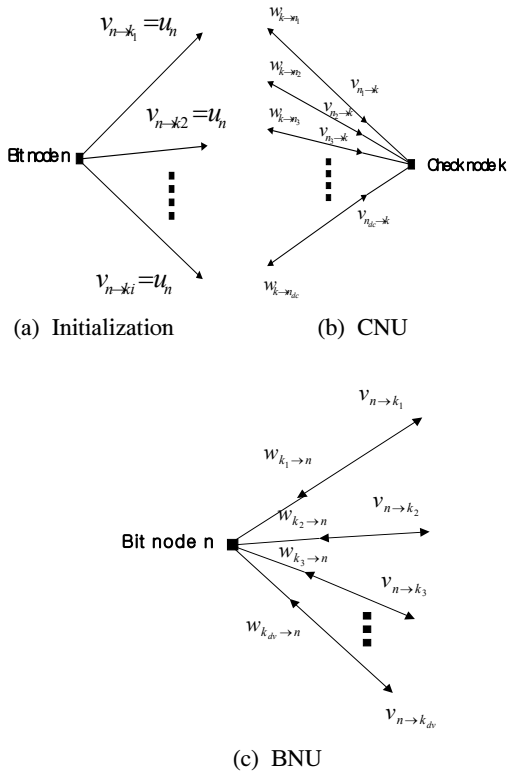


그림 6. LDPC의 복호 과정  
Fig. 6. Decoding procedure of LDPC

VI. 시뮬레이션 결과

성능평가지 고려해야할 사항은 오디오 전송프레임이 8kbps와 32kbps의 배수로 전송시 프레임의 길이는 1536비트이다. 그러므로 채널부호화 비트의 입력을 K=1536으로 고정시키고, 터보부호 적용시 Double binary turbo code이므로 768심볼이 입력되며, LDPC의 경우 K=7200이므로 1536비트로 구성된 프레임 4개를 묶고, 나머지로 dummy데이터로 삽입하여 프레임을 구성하였다.

표 2에는 시뮬레이션에 사용된 HP 및 LP의 채널부호에 대한 파라미터를 나타내었다.

그림 7과 그림 8은 각각 부가서비스에 적용된 double binary turbo code와 LDPC부호에 3장에서 언급된 세 가지의 비트분리 방법에 대한 성능을 나타내었다. 시뮬레이션 결과 LLR 방법이 center focusing이나, MAX 방법에 비해 성능이 현저히 좋지 않은 것을 볼 수 있는데, 이는 LLR 방법을 사용하게 될 때, unequal 16QAM constellation에서 전체 신호의 분포가 0과 1의 확률이 균등하지 못하기 때문이다. 하지만 LLR 방법에서 기인한 MAX

표 2. 시뮬레이션 환경

Table 2. Simulation coding parameter

Channel Codes		Coding Parameter	
HP	Convolutional code	G(x)	(171,133) <sub>8</sub>
		Coding Rate(R)	1/2
LP	Convolutional code	G(x)	(133,171,145,133) <sub>8</sub>
		Coding Rate(R)	1/2(punctured)
	Binary turbo code	state	4 or 8
		Block size(N)	1536
Iteration		5	
LP	Double binary turbo code (DVB-RCS)	Coding Rate(R)	1/2
		Block size(N)	1536
		Iteration	5
	LDPC (DVB-S2)	Coding Rate(R)	1/2, 1/3, 1/4
		Block size(N)	16200(K=7200)
		Iteration	80
		Coding Rate(R)	1/2

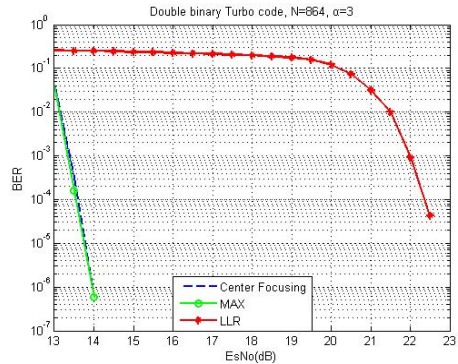


그림 7. Double binary turbo code에 적용한 비트분리방법 성능비교

Fig. 7. Bit split methods' BER performance curves applying double binary turbo code

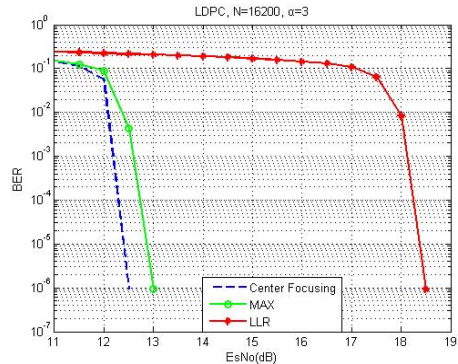


그림 8. LDPC에 적용한 비트분리방법 성능비교

Fig. 8. Bit split methods' BER performance curves applying LDPC

방법에서는 그 중 0과 1 각각 8개씩의 확률중에서 최대 확률만을 선택을 하기 때문에 비균등하게 분포된 확률에 의한 영향을 줄일 수 있게 된다.

종합적으로 살펴본다면, center focusing 방법으로 비트를 분리하는 것이 계산량이나 성능면에서 우수함을 알 수 있다. 이후의 시뮬레이션에서는 비트분리방법으로 center focusing 방법을 사용하였다.

그림 9는 HP 스트림과 LP 스트림에 모두 (2,1,7) convolutional code를 사용하면서  $\alpha$ 값을 변화시켰을 때의 성능을 나타낸 것이다. 그래프에서 보면  $\alpha$ 값이 커짐에 따라서 HP 스트림의 성능은 좋아지는 반면에 LP 스트림의 성능은 열화되고 있음을 알 수 있는데  $\alpha$ 가 2에서 3, 3에서 4로 갈 때 마다 LP 스트림의 성능이  $10^{-4}$ 을 기준으로 각각 2.5dB, 2dB가 열화되었다.

그리고 그림 10은 HP 스트림에는 (2,1,7) convolutional code를 사용하고 LP 스트림에는 T-DMB 스펙의 (4,1,7) convolutional code를 사용하여 부화율이 1/2이 될 수 있도록 puncturing하여 얻은 성능 그래프이다. 이 그래프에서도 역시  $\alpha$ 의 값에 따른 HP 스트림과 LP 스트림의 성능 변화를 확인할 수 있다.

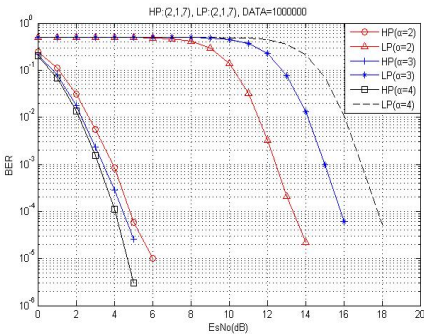


그림 9. HP, LP에 (2,1,7) convolutional code 사용  
Fig. 9. BER performance of HP:(2,1,7) convolutional code, LP:(2,1,7) convolutional code

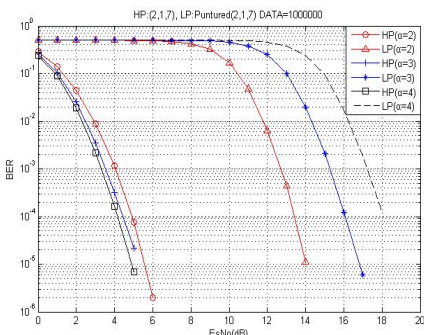
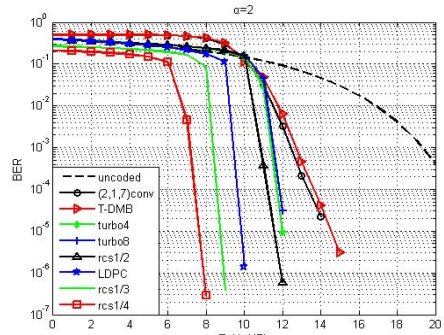
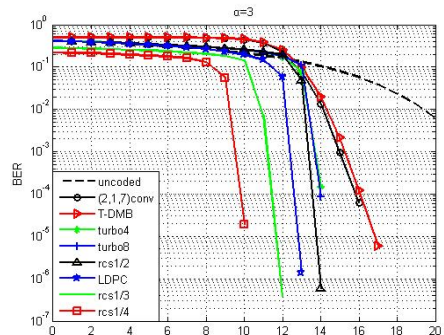


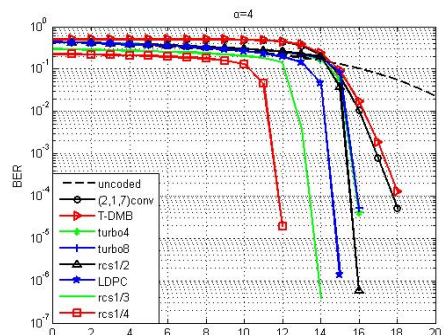
그림 10. HP와 LP에 각각 (2,1,7) convolutional code와 punctured (2,1,7) convolutional code를 사용  
Fig. 10. BER performance of HP:(2,1,7) convolutional code, LP:punctured (2,1,7) convolutional code



(a)  $\alpha=2$



(b)  $\alpha=3$



(c)  $\alpha=4$

그림 11. LP의 부호화 방법에 따른 성능 비교  
Fig. 11. BER performance by LP coding method

그림 11은 LP 스트림의 부호화 방법과  $\alpha$ 값을 달리하면서 LP 스트림의 성능을 비교한 그래프이다. 그래프에서 살펴보면 LP 스트림의 부호화 방법으로 T-DMB 스펙의 convolutional code를 1/2로 puncturing하여 사용할 때 보다 (2,1,7) convolutional code를 사용하는 것이 성능이 조금 더 좋은데 그 이유는 1/2부화율을 맞추기 위해 puncturing을 하면서 복호시 소프트 디지전에 임의의 값을 주기 때문에 약간의 puncturing error를 가지기 때문이다.

LP 스트림의 부호화 방법으로 부화율이 작은

double binary turbo code를 사용하였을 때와 LDPC 부호를 사용하였을 때, 성능이 좋아짐을 알 수 있다. Double binary turbo code는 BER의 값이  $10^{-4}$ 을 기준으로 하였을 때, 기존의 지상파 DMB 부호화 방법과 비교하여 2dB, 최대 6dB정도의 이득이 있음을 알 수 있다. 그리고 LDPC 부호도 기존의 지상파 DMB 부호화 방법과 비교하여 3.5dB 정도 이득을 갖는다.

## VII. 결 론

본 논문에서는 UEP 방식과 unequal 16QAM 방식이 결합된 계층변조가 적용된 차세대 지상파 DMB 방송 시스템을 제안하고 부가서비스 스트림에 기존의 지상파 DMB 채널코딩 대신, DVB-RCS 규격의 double binary turbo code와 DVB-S2 규격의 LDPC등을 적용하여 시뮬레이션하여 그 성능을 평가하였다.

시뮬레이션 결과 계층변조의  $\alpha$ 의 값이 커짐에 따라서 LP의 인접 정상점간의 거리가 가까워지면서 부가서비스의 성능이  $10^{-4}$ 에서 약 2dB씩의 성능열하가 발생하였고, 계층변조된 신호를 center focusing 방법으로 비트분리를 할 때, 계산량이 적 으면서도 우수한 성능을 보였다. 그리고 부가서비스에 다양한 채널 부호화 방식을 적용하여 시뮬레이션한 결과, 같은 부호율일 때 기존의 지상파 DMB 채널코딩방식에 비해, double binary turbo code와 LDPC 부호가 각각 2dB, 3.5dB의 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

LDPC의 경우 부호어의 길이가 터보부호에 비해 커서 성능이 우수함은 당연한 결과이며, 오디오 프레임의 길이 조정에 따른 dummy 데이터로 말미암은 전송효율이 다소 떨어질 수 있으므로 차후 터보부호와 부호어 길이가 동일한 Wibro 등의 시스템에 적용되는 short-LDPC를 적용해야 할 것으로 사료된다.

본 논문의 전체적인 성능을 볼 때, 기존의 지상파 DMB 방송 시스템의 성능을 유지하면서도 부가서비스의 전송을 할 수 있음을 알 수 있다.

## 참 고 문 헌

[1] ETSI EN 300 401 ver. 1.3.3 "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting(DAB) to mobile, portable and fixed receivers", May. 2001.  
 [2] ETSI TS 102 428 v1.1.1, Digital audio

broadcasting (DAB); DMB video service; User application specification, ETSI, Jun. 2005.  
 [3] 배성수, 한중수, 김철목, 최규태, "DMB 기술과 시스템", *세화*, pp.38~62, pp.164~179, 2006.3.  
 [4] 임형택, 이상훈, 김정구, 주언경, "계층변조를 포함한 개선된 지상파 DMB 시스템에서 연결 부호들의 오류 성능 분석", *대한전자공학회논문지*, pp. 10-17, 2007.1.  
 [5] 정지원, "위성통신에서 강우 감쇠 보상을 위한 UEP 방식의 계층적 부호화 방식", *한국전자과학회논문지*, 17권, pp. 795-803, 2006.9.  
 [6] 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.  
 [7] Jeff Gledhill, Peter Macavock, Roger Miles, "DVB-T; Hierarchical Modulation", *DVB*, March 2000.  
 [8] A. Schertz and C. Weck, "Hierarchical modulation - the transmission of two independent DVB-T multiplexes on a single frequency", *EBU Techn.*, April 2003.  
 [9] 배중태, 정지원, 최석순, 김민혁, 장대익, "반복 부호의 다차 변조방식 적용을 위한 최적의 비트 분리 방법 및 성능평가", *한국통신학회 논문지*, 제 32권 제3호, 2007.3.  
 [10] C. Berrou, A. Glavieux, and P.Thitimajshima, "Near Shannon Limit Error-Correcting Code and Decoding: Turbo Codes", in Proc. Of ICC'93, 1993.  
 [11] ETSI EN 301 790 ver. 1.3.1 "Digital Video Broadcasting(DVB); Interaction channel for satellite distribution systems", March 2003.  
 [12] R. G. Gallager, "Low-Density Parity-Check Codes," *IRE trans.information theory*, vol.8, PP.21-28, 1962  
 [13] ETSI EN 302 707 ver. 1.1.1 "Digital Video Broadcasting(DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications", June 2004.



