

논문 2010-5-10

## 고품질 지상파 DMB를 위한 오류정정방식 연구

### Study on Error Correction Method for Advanced Terrestrial DMB

최규석\*, 전병찬\*\*, 박인규\*\*\*

GyooSeok Choi\*, ByungChan Jeon\*\*, InKyo Park\*\*\*

**요 약** 새로운 휴대 이동 방송 방식인 고품질 지상파 DMB(Advanced T-DMB)시스템은 계층변조 방식을 이용하여 기존 T-DMB와 역호환성을 유지하면서 동일한 주파수 대역폭에서 전송률을 최대 2배로 높이기 위해 개발되었다. 이러한 고품질 지상파 DMB 시스템은 T-DMB의 DQPSK 변조신호에 새로운 변조가 적용된 BPSK 또는 QPSK 신호를 향상 계층으로 중첩하여 전송함으로써 기존 T-DMB의 고품질화를 실현한다. AT-DMB의 향상계층에 새로 추가되는 신호는 T-DMB와 역호환성 유지 및 방송권역 축소를 최소화하기 위해 크기가 충분히 작아야하는데, 추가되는 크기가 작은 신호는 전송채널에 존재하는 페이딩에 의해 쉽게 왜곡될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 새로 추가되는 신호에는 오류정정 성능이 우수한 이중이진터보 (turbo) 부호를 적용하여 채널왜곡을 보상하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 이의 적용가능성을 분석하였다.

**Abstract** Advanced T-DMB(Terrestrial DMB) system which is a new portable mobile broadcasting system has been developed to increase data rate up to double of conventional T-DMB in same bandwidth while maintaining backward compatibility, using hierarchical modulation method. The Advanced T-DMB system realize high qualification of conventional T-DMB system by adding BPSK signal or QPSK signal as enhanced layer to existing DQPSK signal. The enhanced layer signal should be small enough to maintain backward compatibility and to minimize the coverage loss of existing T-DMB service area. But this causes the enhanced layer signal of Advanced T-DMB susceptible to fading effect in transmission channel. In this paper we applied the duo-binary turbo code which has powerful error correction capability to the enhanced layer signal for compensating channel distortion. And the computer simulation results about the performance of the duo-binary turbo code in Advanced T-DMB system are presented along with analysis comments.

**Key Words :** T-DMB, Hierarchical modulation, Error correction, Turbo code

## 1. 서 론

디지털 방송기술의 실현 이후 방송과 통신의 융합으로 인해 전 세계적으로 언제 어디서나 고품질 디지털 TV 서비스와 고품질 오디오 및 영상을 포함한 부가 데

이터 서비스가 가능한 차세대 디지털 멀티미디어 전송 방식 개발을 다양하게 시도하고 있다. 이러한 환경변화의 일환으로 이동환경에서 CD 수준의 고품질 오디오 서비스, 교통 및 광고 등 다양한 부가 데이터 서비스는 물론 선명한 화질의 영상 서비스를 언제 어디서나 제공할 수 있는 디지털 멀티미디어 방송기술의 개발이 전 세계적으로 급격히 이루어지고 있다. 현재 국내에서 서비스를 제공하고 있는 T-DMB 시스템은 최대 CIF급 해상도

\*중신회원, 청운대학교 컴퓨터학과

\*\*정회원, 청운대학교 방송영상학과 (교신저자)

\*\*\*정회원, 중부대학교 컴퓨터학과

접수일자 2010.8.22 수정일자 2010.9.20

게재확정일자 2010.10.15

(최대 가로 352 화소 × 세로 288 화소의 화면을 초당 최대 30 장 전송)의 동영상을 384 Kbps 정도의 비트율로 압축하여 비디오 CD급의 화질을 제공하고 있다[1]. 큰 화면을 통해 T-DMB 방송을 시청할 경우 해상도 부족 등으로 인한 화질 열화를 느낄 수 있다. 따라서 이러한 단점을 극복하고 T-DMB와의 역호환성을 유지하며 보다 나은 화질을 제공해줄 수 있는 고품질 지상파 DMB(Advanced T-DMB) 시스템이 국내에서 그동안 몇 년의 연구를 통해 개발되어왔다<sup>[2]</sup>. 고품질 지상파 DMB 시스템에서는 T-DMB와 역호환성을 보장하고 SD(standard definition)급의 고품질 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 Scalable Video Coding (SVC)[3,4]된 계층적 비트 스트림을 계층변조(hierarchical modulation)[5]를 통해 서로 다른 채널을 통해 전송하는 방안을 도입한다. 계층변조는 T-DMB의  $\pi/4$ -DQPSK의 기본계층의 각 성상에 항상계층이라 불리는 심벌을 매핑(mapping)하여 동일 주파수 대역에서 T-DMB 방송에 비해 최대 2배까지의 가용 서비스 수를 증가시킬 수 있으며, 또한 SD급의 해상도로 제작된 비디오 콘텐츠를 고품질 지상파 DMB 시스템을 통하여 VGA 크기의 화면으로 제공이 가능하다.

그러나 고품질 지상파 DMB 상용 서비스를 위해서는 T-DMB와의 역호환성이 반드시 보장되어야 하며, T-DMB 서비스 커버리지에 대한 영향을 최소화하여야 하는 전제조건을 갖고 있다. 고품질 지상파 DMB에서 기본계층의 각 성상에 새로운 성상이 매핑이 되면 T-DMB 시스템의 오류성능이 저하될 수 있는데 이 영향을 최소화하기 위해서는 항상계층 심벌의 성상 거리는 가능한 가깝게 유지되어야 한다. 반면 항상계층 심벌의 성상 거리가 가까우면 항상계층의 성능이 크게 저하된다. 따라서 항상계층에는 오류성능의 개선을 위하여 강력한 오류 제어 부호의 사용이 요구된다. 즉 기존의 T-DMB 시스템에 적용된 RS 부호와 길쌈 부호의 연접부호 대신 낮은 신호 대 잡음비에서 우수한 성능을 보이는 터보 부호<sup>[6]</sup>와 같은 강력한 오류 정정 부호의 연접 부호가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 기존의 이진 터보 부호(binary turbo code)가 아닌 이중이진(duo-binary) 터보부호를 Advanced T-DMB 시스템의 오류정정방식으로 사용하였으며 그 적용가능성을 연구하기 위해서 다양한 사용 환경에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 적용된 이중이진터보부호의 성능을 분석하였다. 또한 사용된 이중이진터보

부호와 WCDMA (wideband code division multiple access)에 적용된 기존의 이진 터보 부호와 성능을 비교하였다.

## II. 고품질 지상파 DMB 기술

### 1. 계층변조 기법

계층변조 기법은 하나의 채널에 서로 다른 변조 방식을 적용하여 서비스하는 방식으로 계층변조기법을 사용하면 방송사는 1개의 채널에 2개의 다른 형태를 가진 전혀 다른 2가지의 서비스를 제공할 수 있다. 계층 변조는 잡음에 매우 민감하게 작용하는데, 이는 방송 서비스 영역의 크기(또는 반경)에 영향을 미친다. 계층 변조는 원래 위성방송에서 발생하는 다중 경로(Multipath)로 인한 간섭을 줄이기 위해, 높은 계층(High Hierarchical, HH)으로 사용된 변조 방식을 낮은 계층(Low Hierarchical, LH)으로 변조시켜 전송시키는 방법으로 사용되어 왔다. 즉, 역호환성(backward compatibility)을 유지하는 계층 변조를 적용하기 위해서는 기존 시스템의 서비스를 제공하는 HP(high priority) 스트림과 새로 추가된 LP(low priority) 스트림으로 나누어진다.

$$S_H(n) = S_{hp}(n) + S_{lp}(n) \quad (1)$$

HP 스트림은 데이터율이 낮지만 서비스 반경이 크기 때문에 휴대 수신 및 이동 수신 서비스에 사용하며(이동 차량의 경우 TV화면이 작기 때문에 데이터양이 많을 필요 없음), LP 스트림은 서비스 반경은 작지만 데이터율이 높아서 고정 수신을 위한 서비스에 사용하게 된다. 이에 따라 계층 변조는 다른 전송 성능을 갖는 2개의 데이터 스트림을 허용할 뿐만 아니라, 1개의 TV 주파수 채널 안에 2개의 독립된 데이터 전송이 가능하다. 한편, 낮은 디지털 변조방식인 4-PSK는 높은 디지털 변조 방식인 64-QAM보다 성상점들 사이의 폭이 넓기 때문에 잡음에 덜 민감하다.

### 2. Advanced T-DMB 개념

현재 사용되고 있는 지상파 DMB(T-DMB) 시스템에서는 최대 CIF급 해상도의 동영상을 384 Kbps 정도의 비트율로 압축하여 제공한다. 큰 화면을 통해 T-DMB

방송을 시청할 경우 해상도 부족 등으로 인한 화질 열화를 느낄 수 있다. 특히 향후 출시될 이동단말은 고해상도를 지원하는 추세이므로 디스플레이에 보다 나은 화질의 표현이 요구될 것으로 전망된다. 따라서 이러한 단점을 극복하고 T-DMB와의 역호환성을 유지하며 보다 나은 화질의 디지털 방송서비스와 광대역 네트워크의 보편화에 따른 사용자들의 요구에 부응하는 고품질의 이동 멀티미디어 방송 기술의 개발이 필요하게 된다. 이러한 필요성에 부응하고자 향후 새롭게 진화되는 T-DMB 전송 고도화 망에서는 기존 T-DMB 와의 역호환성을 유지함과 동시에 고전송효율/고품질의 서비스를 제공할 수 있도록 개발된 시스템을 고품질 지상파 DMB(Advanced T-DMB)라 칭하고 있다.

Advanced T-DMB 시스템에서는 T-DMB 시스템과의 역호환성을 유지하면서 전송용량을 증대시키기 위하여 계층변조 방법을 적용한다. 즉, T-DMB 신호를 기본 계층으로 하고 여기에 부가적으로 향상계층 신호를 새로 추가하여 전송하는 방식이다. 현재의 T-DMB는  $\pi/4$ -DQPSK 변조 기법을 이용하고 있으므로, 계층변조를 통하여 이를 16APSK 또는 8APSK로 확장하면 T-DMB와의 역호환성 보장과 유효 데이터 전송률 증대 효과를 동시에 얻을 수 있다. 향상계층은 수신환경을 고려하여 계층변조 B-모드와 계층변조 Q-모드로 나뉘어진다. 계층변조 B-모드는 계층변조에서 새로 추가되는 신호에 BPSK 심벌 매핑을 적용한 것이고, Q-모드는 새로 추가되는 신호에 QPSK 심벌 매핑을 적용한 것이다. 계층변조 B-모드는 Q-모드와 비교하여 채널 유효 전송 용량은 줄어든다, 이동 채널에서의 수신 성능이 더 우수한 장점이 있다. 그림 1과 그림 2는 증대된 데이터 전송율을 이용하여 다채널 및 고품질 서비스를 위한 Advanced T-DMB 서비스 개념도를 보여준다. 그림 1과 그림 2에서 기본계층 (base layer, BL) 채널은  $\pi/4$ -DQPSK로 변조되는 T-DMB의 전송채널을 의미하며, 향상계층 (enhancement layer, EL) 채널은 계층변조를 통해 추가적으로 확보되는 전송채널을 의미한다. 이와 같은 방법으로 현재 T-DMB의 유효 데이터 전송률을 갖는 기본계층 채널 외에 향상계층 채널에서 추가로 데이터를 얻을 수 있다.

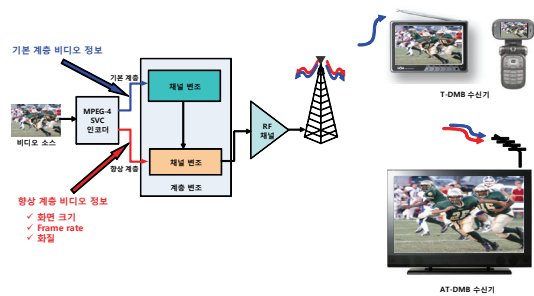


그림 1. Advanced T-DMB 서비스 다이어그램  
Fig. 1. Advanced T-DMB service diagram (high quality).

계층변조에 의해 새롭게 추가된 향상계층 채널은 현재의 T-DMB에 비해 더 많이 서비스 채널로 사용될 수 있지만, 그림 2에서와 같이 스케일러블 (scalable) AV 부호화 기술을 이용하면 역호환성이 보장된 고품질 및 고음질의 서비스가 가능해진다. 여기서 스케일러블 부호화 기술에 사용되는 향상 정보는 프레임률, 화면 해상도, 비트율 등이 될 수 있다. 스케일러블 AV 부호화기에서 출력되는 기본계층 및 향상계층 스트림은 각각 기본계층 채널 및 향상계층 채널로 입력되어 계층변조된다. 이러한 경우 T-DMB 단말은 기본계층 채널을 통해 변조되는 기본계층의 AV 스트림을 복호화하게 되어 기본 품질의 AV 서비스를 제공받게 되는 반면, 새롭게 개발되는 AT-DMB 단말은 계층변조에 의해 기본계층 채널 및 향상계층 채널을 통해 전송되는 기본계층 및 향상계층의 AV 스트림을 동시에 복호화하여 고품질의 AV 서비스를 제공받게 된다.

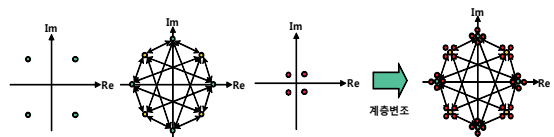


그림 2. Advanced T-DMB의 계층변조된 신호  
Fig. 2. Hierarchical modulated signal of Advanced T-DMB.

### 3. Advanced T-DMB 시스템의 구성

Advanced T-DMB 시스템은 기본계층과 향상계층의 두 계층으로 구성된다. T-DMB 서비스를 지원하는 기본계층 신호는 T-DMB 수신기와 AT-DMB 수신기로 수신될 수 있다. 향상계층은 T-DMB의 데이터 전송용량을 증대시키기 위하여  $\pi/4$ -DQPSK 방식으로 변조된 기본

계층 위에 계층변조 기법을 적용하여 QPSK 또는 BPSK 변조를 추가한 방식으로 향상계층의 신호는 Advanced T-DMB 수신기뿐만 수신이 가능하다. T-DMB 시스템은 그림 3에 나타낸 바와 같이 송신단과 수신단으로 구성되며, 송신단은 기본계층 프레임 발생부, 향상계층 프레임 발생부, 계층변조, OFDM 변조, 지상파 링크 등으로 구성된다.

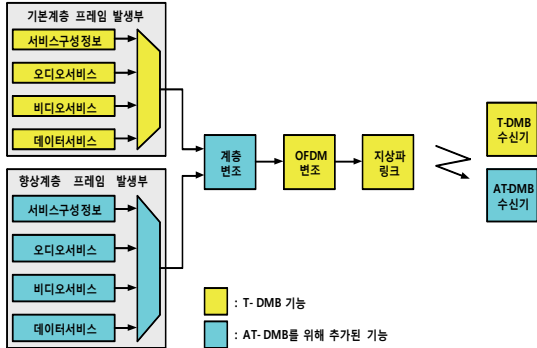


그림 3. Advanced T-DMB 시스템 블럭다이어그램  
Fig. 3. Advanced T-DMB system block-diagram.

### III. 고품질 지상파 DMB에 적용된 오류정정방식

#### 1. 이중이진터보부호

Advanced T-DMB의 계층변조에서 기본계층과 향상계층은 송신 전력의 관점에서 상충적인 관계에 있어서 기존의 서비스를 유지하면서 향상계층의 수신율을 보장하기 위해 향상계층에 보다 강력한 오류 정정방식이 요구된다. 따라서 기존의 T-DMB 시스템에 적용된 RS 부호와 길쌈 부호의 연결부호 대신 낮은 신호 대 잡음비에서 우수한 성능을 보이는 터보 부호<sup>[6]</sup>와 같은 강력한 오류 정정 부호의 연결 부호가 필요하다. 그러나 기존의 이진 터보 부호는 MAP (maximum a posteriori) 알고리즘을 이용하여 복호하는 경우 입력 프레임의 크기가 커질수록 계산량이 기하급수적으로 증가하여 실시간 처리가 불가능한 문제점을 가진다<sup>[7]</sup>. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 기존의 이진 터보 부호가 아닌 이중이진터보부호를 Advanced T-DMB 시스템의 오류정정 방식으로 적용하여 사용한다. 이중이진 터보부호의 경우 한 비트 입력이 아닌 여러 비트의 입력 값에 대해 부호

화 작업을 수행함에 따라 기존의 이진 터보 부호에 비해 짧은 수행시간을 가지기 때문이다. 계층변조가 적용된 Advanced T-DMB 시스템의 향상계층에서 채널 부호화 과정은 강력한 오류제어 능력을 부여하기 위해 천공을 바탕으로 하는 이중이진 (duo-binary) 터보부호를 사용한다. 이 부호는 기본계층과는 달리 균등 오류보호 (equal error protection, EEP)만 지원한다.

이중이진터보부호는 이진터보부호와 같이 길쌈 부호 (convolutional code)의 병렬 연결을 통해 구현되며 두 비트의 이중이진 신호가 입력된다. 이중이진터보부호는 순회 재귀 조직 길쌈 (circular recursive systematic convolutional, CRSC) 부호기와 내부 인터리버로 구성된다. 구성 부호기로 사용된 CRSC는 순환 트렐리스 종료 (circular trellis termination)를 하므로 꼬리 비트를 사용하지 않는다. 순환 트렐리스 종료는 선부호화를 통해 메모리를 순환 상태 값으로 설정함으로써 가능하다. 선부호화 과정에서 패리티 정보는 발생하지 않는다.

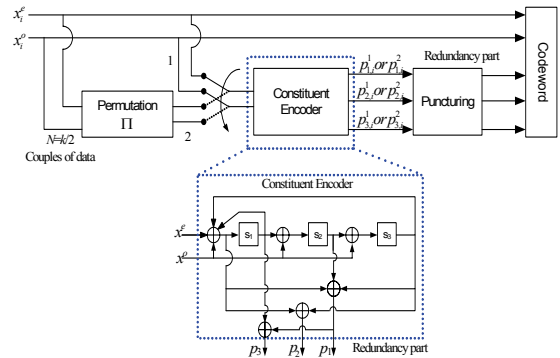


그림 4. 이중이진터보부호기 구조  
Fig. 4. Structure of duo-binary turbo encoder.

### IV. 모의실험 및 성능분석

#### 1. 이중이진 터보부호의 오류성능

이중이진 터보부호의 오류성능을 분석하기 위한 모의 실험은 가우시안 환경에서 QPSK 변조를 사용하고 모든 동기 조건이 완벽하다고 가정하고 수행하였다. 이중이진 터보부호는 Advanced T-DMB 서비스에 맞는 길이의 이중이진 쌍을 입력으로 받아서 1/4 부호율로 모부호어를 생성하고 표 1과 같은 방식으로 천공하였다. Advanced T-DMB 서비스에 맞는 입력 프레임 길이

는 384 (768 bits), 768 (1536 bits), 1152 (2304 bits), 1536 (3072 bits) 이중이진 쌍이고 부호율은 1/4, 1/3, 2/1 이다.

표 1. 천공 벡터  
Table 1. Puncturing vectors

Puncturing vector (PI)	code rate (R)	$V_{PI}^{p_1} =$	$V_{PI}^{p_2} =$	$V_{PI}^{p_3} =$
		$(v_{PI,0}^{p_1}, \dots, v_{PI,7}^{p_1})$	$(v_{PI,0}^{p_2}, \dots, v_{PI,7}^{p_2})$	$(v_{PI,0}^{p_3}, \dots, v_{PI,7}^{p_3})$
8	8/16	1 1 1 1 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
		1 1 1 1 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
12	8/20	1 1 1 1 1	1 0 1 0	0 0 0 0
		1 1 1 1 1	1 0 1 0	0 0 0 0
16	8/24	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	0 0 0 0
		1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	0 0 0 0
24	8/32	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1
		1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1

그림 5는 부호율이 1/4일 때 모든 입력 프레임 길이에 대한 오류 능이다. 비트 오류율 (Bit Error Rate, BER)  $10^{-4}$ 을 기준으로 프레임의 길이가 384, 768, 1152, 1536일 때 각각 신호 대 잡음비가 약 -1.9 dB, -2.15 dB, -2.3 dB, -2.4 dB 정도 요구된다.

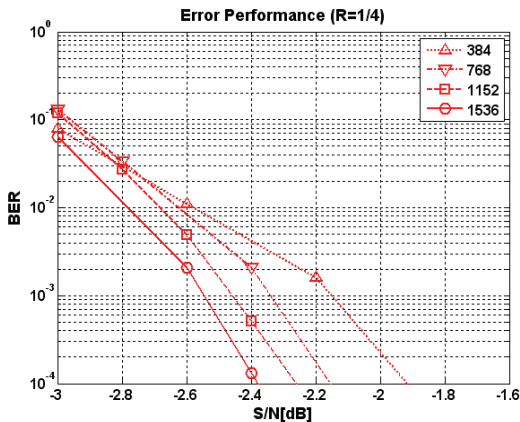


그림 5. 부호율 1/4에서의 이중이진 터보부호의 BER  
Fig. 5. BER of duo-binary turbo code with code rate 1/4.

프레임의 길이가 384에서 768, 768에서 1152 그리고 1152에서 1536으로 증가함에 따라 각각 약 0.2 dB, 0.15 dB, 0.1 dB의 성능차이를 보인다. 그림 6은 부호율이 1/3 일 때의 성능으로 BER  $10^{-4}$ 을 기준으로 역시 동일한 프레임 길이의 입력에 대해 각각 신호 대 잡음비가 -0.5

dB, -0.7 dB, -0.8 dB, -0.9 dB가 요구됨을 보여준다. 프레임 길이의 증가에 따른 성능 차이는 부호율이 1/4일 때와 유사하게 각각 약 0.2 dB, 0.1 dB, 0.1 dB이다. 그림 7을 보면 부호율이 1/2일 때의 성능으로 BER  $10^{-4}$ 에 도달하는 신호 대 잡음비 값은 차이가 있으나 성능 차이는 거의 유사함을 알 수 있다.

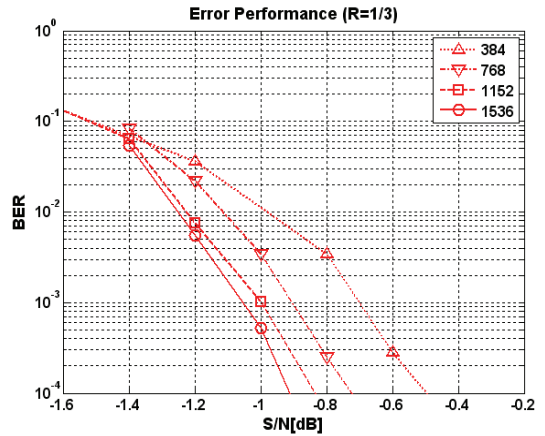


그림 6. 부호율 1/3에서의 이중이진 터보부호의 BER  
Fig. 6. BER of duo-binary turbo code with code rate 1/3.

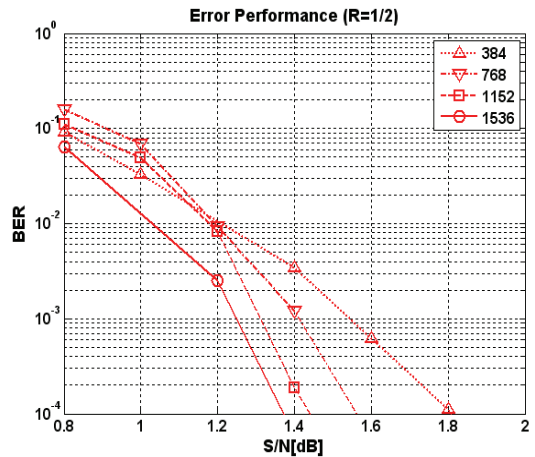


그림 7. 부호율 1/2에서의 이중이진 터보부호의 BER  
Fig. 7. BER of duo-binary turbo code with code rate 1/2.

## 2. 기존의 이진 터보부호와 오류 성능 비교

본 논문에서 사용된 이중이진터보부호와 WCDMA에 적용된 기존의 이진 터보 부호와 성능을 비교하였다. 사용

된 이진 터보부호는 생성다항식이  $(7,5)_8$ 이며 구성부호기의 메모리 개수가 2개, 프레임 인터리버를 사용한 터보부호이며 최대 반복 복호 횟수는 8로 하였다.

그림 8은 입력 프레임의 길이가 각각 1536 이중이진 쌍일 때에 모든 부호율에 대한 기존의 이진 터보 부호와 이중이진터보부호의 오류 성능을 보여준다. 그림에서 WCDMA에 적용된 터보부호는 이진터보부호이고, NB는 이중이진터보부호를 나타내며 괄호안의 숫자는 부호율이다. 실험 결과에 따르면 기존의 이진 터보 부호와 이중이진터보부호가 경우에 따라 0.1dB 정도의 성능차이를 보이기도 하지만 거의 대부분의 경우에서 유사한 성능을 보인다. 이중이진터보부호는 이중이진 입력을 받으므로 이진 입력을 받는 이진 터보 부호에 비해 최소 거리가 증가하므로 오류 성능이 개선될 수 있다. 하지만 이중이진 터보부호의 경우 오류 성능은 이진 터보 부호의 MAP 방식에 비해 떨어지지만 복잡도가 낮은 Max-log-MAP 복호 방식을 사용한다. 따라서 복호 방식에 따른 성능 열화와 최소 거리 증가에 따른 성능 개선이 서로 상쇄된 결과로 유사한 성능을 보이는 것으로 사료된다.

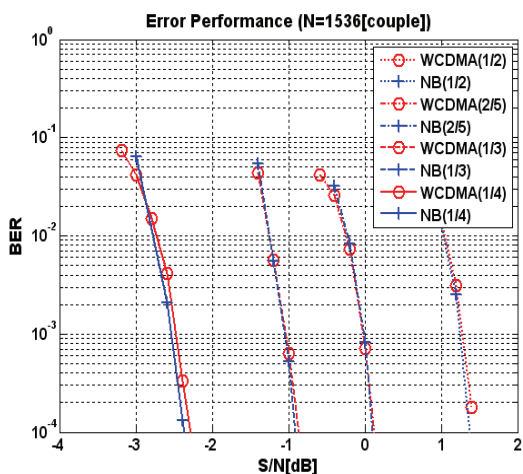


그림 8. 프레임 길이 1536쌍에서의 이진 및 이중이진 터보부호의 BER 비교

Fig. 8. BER comparison of duo-binary and binary turbo code with frame length 1536 couples.

## V. 결론

고품질 지상파 DMB(Advanced T-DMB)의 기본계층

과 향상계층은 상충관계에 있어 기본계층의 전송품질을 유지하면서 향상계층의 전송품질을 보장하기 어렵다. 그러므로 향상계층에 현재 T-DMB에 사용되고 있는 RS-길쌈 연결 부호보다 강력한 RS-터보 연결 부호 같은 오류정정부호가 요구된다. 그러나 터보 부호의 성능과 직접적인 연관성을 가지는 내부 인터리버의 경우 T-DMB에서 지원하는 모든 서비스를 지원하기 위해 모든 인터리버를 메모리에 저장해야하는 하드웨어적인 문제점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 향상 계층의 신뢰할 수 있는 수신을 보장하기 위해 T-DMB 시스템에 적합한 이중이진 터보부호를 향상계층에 사용하고 그 적용가능성을 검토하기 위해 모의실험을 통해 이진이중 터보부호의 성능(BER)을 분석하였다.

성능 분석에 따르면 본 논문에서 제시한 이중이진 터보부호의 내부 인터리버의 경우 기존의 인터리버에 비해 낮은 복잡도를 가진다. 또한 내부 인터리버를 적용한 이중이진터보부호는 WCDMA에 적용된 이진 터보부호와 거의 유사한 오류 성능을 보인다. 그러나 이진 터보부호에서 사용하는 MAP 복호 방식에 비해 복잡도 낮은 Max-log-MAP 복호 방식을 사용하고 있어 복호 복잡도가 낮다. 또한 한 번에 이중이진 입력을 처리함에 따라 부호화에 따른 지연시간 또한 이론상으로 거의 반으로 줄어들게 된다. 따라서 제안된 이중이진 터보부호를 고품질 지상파 DMB(Advanced T-DMB)의 향상계층에 적합한 오류정정 부호라 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] S. Cho, G. Lee, B. Bae, K. Yang, C.-H. Ahn, S.-I. Lee, and C. Ahn, "System and Services of Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (T-DMB)," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 53, no. 1, pp. 171-177, Mar. 2007.
- [2] H. Choi, I. Shin, J. Lim, and J. Hon, "SVC Application in Advanced T-DMB," *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 55, no. 1, Mar. 2009.
- [3] ITU-T document, "Joint Scalable Video Model JSVM-7," Joint Video Team JVT-T202, JVT 20th meeting, Klagenfurt, Austria, Jul. 2006.
- [4] Heiko Schwartz, Detlev Marpe and Thomas

- Wiegand, "Overview of the Scalable Video coding Extension of the H.264/AVC Standard," IEEE Trans. On circuits and System For Video Technology, vol. 17. no. 9, pp. 1103 -1120, Sep. 2007.
- [5] A. Schertz and C. Weck, "Hierarchical modulation- the transmission of two independent DVB-T multiplexes on a single frequency," EBU Techn. Apr. 2003.
- [6] C. Berrou, et. al., "Near Optimum Error Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes," Proc. IEEE ICC '93, Geneva, Switzerland, vol. 20, pp. 1063-1070, May 1993.
- [7] M. R. Soleymani, et. al., Turbo Coding for Satellite and Wireless Communications, Kluwer Academic Publishers, Assinippi Park, Massachusetts, 2002.

### 저자 소개

#### 최 규 석(중신회원)



- 제9권 6호 참조
- 현 청운대학교 컴퓨터학과 교수

<주관심분야 : 인공지능, 이동통신, 디지털방송시스템, 이동 컴퓨팅>

#### 전 병 찬(정회원)



- 제9권 6호 참조
- 현 청운대학교 방송영상학과 교수

<주관심분야 : 컴퓨터구조, 홈 네트워크, 모바일, 이크로프로 세서 등>

#### 박 인 규(정회원)



- 1985년 원광대학교 전기공학과 공학사
- 1987년 연세대학교 일반대학원 전기 공학과 공학석사
- 1997년 원광대학교 일반대학원 전자공학과 공학박사
- 현 중부대학교 컴퓨터학과 교수.

<주관심분야 : 영상처리, 인공지능>