

논문 2010-5-17

# 길쌘 부호화기를 이용한 T-DMB 워터마킹 기법의 성능개선 기법

## Performance Improvement Scheme of T-DMB Watermarking Technique Using Convolutional Codes

차재상\*, 노정규\*\*, 강장묵\*\*\*, 김 건\*\*\*\*, 박소라\*\*\*\*, 이용태\*\*\*\*, 배정남\*\*\*\*\*©, 김진영\*\*\*\*\*

Jae Sang Cha\*, Jung Kyu Rho\*\*, Mook Jang Kang\*\*\*, Gun Kim\*\*\*\*,  
So Ra Park\*\*\*\*, Yong Tae Lee\*\*\*\*, Jung Nam Bae\*\*\*\*\*©, Jin Young Kim\*\*\*\*\*

**요약** 본 논문에서는 T-DMB 워터마킹 시스템에 길쌘 부호화기를 적용하여 부가 정보를 전송하는 알고리즘의 성능을 개선하는 방법에 알아보았다. 길쌘 부호화기를 제안된 기법에 적용함으로써 오류 성능을 개선할 수 있었고, 그로 인해 부가 정보 전송량이 증가하는 효과를 가져왔다. 모의실험을 통하여 채널 부호화기가 적용된 제안 기법의 성능을 분석하였고 유용성을 확인하였다.

**Abstract** In this paper, we propose the performance improvement technique using convolutional codes for T-DMB watermarking system. By applying the channel coding, the error performance is improved and the capacity of additional data is increased. We certified availability of our proposed technology by using various simulation.

**Key Words** : Convolutional codes, OFDM, T-DMB, Watermarking

### 1. 서론

우리나라의 디지털 방송 시스템은 유럽의 DAB (Digital Audio Broadcasting) 방식을 기반으로 고품질의 음성 및 영상 서비스를 제공하는 이동 멀티미디어 방식인 T-DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting)를 채택하였다. T-DMB 방식에서는 다중 경로 페이딩에 강하고 SFN (Single Frequency Network) 구축이 가능

한 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용한다<sup>[1-3]</sup>.

대역 확산을 이용한 워터마킹 기법은 무선 채널에서 잡음에 강하고 신호 검출이 상관기에 의해 쉽게 이루어지기 때문에 널리 사용되는 방식이다<sup>[4-6]</sup>. T-DMB 시스템은 기존의 Eureka-147 DAB 시스템에 멀티미디어 데이터 서비스를 부가한 것으로 주파수 대역이 협소하다. 워터마킹 기법을 T-DMB 시스템에 적용하면 추가적인 주파수 자원을 사용하지 않고 부가적인 정보의 전송이 가능하여 주파수 효율을 증가 시킬 수 있고 부가적인 정보를 통해 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 제안된 T-DMB 워터마킹 기법에 오류 정정 부호인 길쌘 부호화기를 적용하여, 기존 T-DMB 신호가 채널의 영향 및 워터마킹 정보로 인한 간섭에 의

\*서울과학기술대학교 매체공학과

\*\*서경대학교 컴퓨터공학과

\*\*\*동국대학교 전자상거래연구소

\*\*\*\*한국전자통신연구원 방송시스템연구부

\*\*\*\*\*광운대학교 전자공학과

©교신저자 : 배정남 jn1112@kw.ac.kr

접수일자 2010.9.10 수정일자 2010.10.6

게재확정일자 2010.10.15

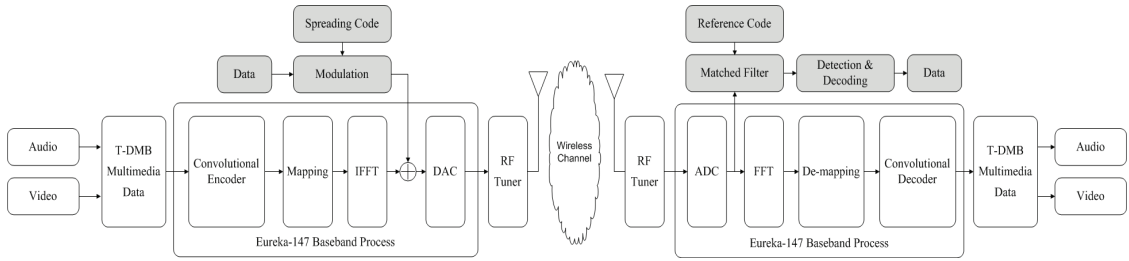


그림 1. 부호화된 T-DMB 워터마킹 시스템의 블록도  
Fig. 1. Block diagram of coded-T-DMB watermarking system

해 성능이 열화 되는 것을 개선시켜주는 기법에 대해 연구하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 T-DMB 워터마킹 기법에 대해 소개하고, 3장에서는 제안된 시스템의 성능 개선을 위해 적용된 길쌈 부호화기에 대해 설명한다. 4장에서 제안한 기법에 대한 시뮬레이션 결과를 분석하여 마지막 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고자 한다.

## II. T-DMB 워터마킹 기법

그림 1은 부호화된 T-DMB 워터마킹 시스템의 블록도를 나타낸다.

T-DMB 워터마킹 기법은 기존의 T-DMB 시스템과 주파수를 공유하면서 정보를 전송할 수 있는 주파수 공유 기법이다. 송신단에서는 워터마킹용 데이터를 확산 코드를 통해 대역 확산시킨 후 호스트 시스템인 T-DMB 시스템의 성능에 거의 영향을 주지 않는 범위의 낮은 진폭 값으로 전송을 하게 된다. 부가 정보는 낮은 진폭 값을 가지지만, 대역 확산의 특징으로 인해 잡음에 강인한 특성을 지닌다. 수신단에서는 기존의 T-DMB 데이터를 복원하기 전에 정합필터를 통해 워터마킹 데이터를 검출하게 된다. 참조 코드와 수신된 신호를 상관처리를 통해 상관값을 도출하게 되고, 그 값을 이용해 워터마킹 데이터를 복원하게 된다.

T-DMB 워터마킹 기법은 다음과 같이 나타낼 수 있으며, T-DMB의 데이터 신호는 다음 식(1)와 같이 표현할 수 있다<sup>[7]</sup>.

$$d(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} x(k) e^{j2\pi \left(\frac{nk}{N}\right)}, n = 0, 1, \dots, N-1. \quad (1)$$

각각의 OFDM 심벌은 IFFT (Inverse Discrete Fourier Transformation)를 통한 복소 변조 신호 벡터로 나타낼 수 있으며,  $N$ 은 IFFT 변환시 포인트 수를 의미한다.

T-DMB 데이터 신호에 위치인식용 확산코드  $x_i(n)$ 을 워터마킹하기 전과 후의  $i$ 번째 송신기에서의 T-DMB 신호를 각각  $d_i(n)$ 와  $d'_i(n)$ 라 정의하면 식(2)과 같다<sup>[7]</sup>.

$$d'_i(n) = d_i(n) + \rho x_i(n), \quad (2)$$

여기서  $n$ 은 이산적인 신호의 값을 나타내며,  $\rho$ 는 T-DMB 신호에 영향을 주지 않는 범위의 전력 스케일링 값을 의미한다. 이러한 식(2)의 T-DMB 신호가  $i$ 번째 송신기로부터 송출되어 채널  $h_i$ 를 거쳐서 수신기에 수신된 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_i(n) = d'_i(n) \otimes h_i + n_i(n). \quad (3)$$

$n_i(n)$ 은  $i$ 번째 송신기에 대한 가우시안 잡음이며, 전체 수신 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$r(n) = \sum_{i=1}^T [d'_i(n) \otimes h_i + w_i(n)], \quad (4)$$

여기서,  $T$ 는 송신기의 전체 수이다. 또한, 전송된 신호에 대한 상관처리를 통해 워터마킹 데이터의 세부 사항을 파악할 수 있다.

### III. 길쌈 부호화기

길쌈 부호화기 (Convolutional Codes)는 오류정정 코드의 일종으로 각  $m$  개의 비트 정보 심벌을  $n$  개의 심벌로 변환하여 인코딩 한다. 여기서  $m/n$ 을 코딩율 이라고 한다. 변환 과정은 마지막  $k$  개의 정보 심벌에 대한 합수로 표현되는데 여기서  $k$ 를 코드의 구속장 (Constraint) 길이라고 한다. 길쌈 부호화기는 최소화된 회로로 구성될 수 있기 때문에 이동 통신 시스템에서 폭넓게 사용되고 있다<sup>[8]</sup>.

그림 2는 길쌈 부호화기의 인코더를 나타낸다. 길쌈 부호화기는 현재의 입력과 과거의 입력 간의 상호 연관성을 바탕으로 부호화하는 방법이다. 따라서 부호기에는 입력 값을 저장하는 레지스터가 있어야 하고 레지스터 값을 출력 부분과 연결할 때 이용되는 polynomial이 필요하다. 레지스터의 개수를  $l$ 이라 하고  $l = k + 1$  이 된다.

송신단에서 길쌈 부호화기를 통해 인코딩된 데이터는 수신단에서 비터비 (Viterbi) 알고리즘을 통해 복조된다. 비터비 알고리즘은 각 간선의 출력 값을 가중치로 환산하여 가장 적은 가중치를 갖는 경로를 취하고 그 경로와 인코딩된 데이터를 비교하여 에러를 보정하는 방법이다<sup>[9,10]</sup>.

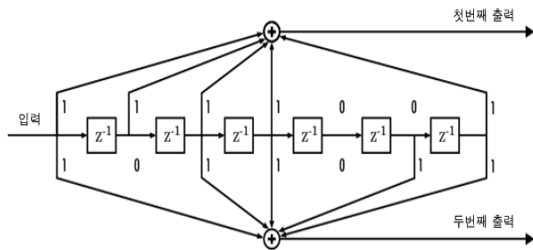


그림 2. 길쌈 부호화기 인코더  
Fig. 2. Encoder of convolutional codes

### IV. 모의실험

모의실험을 통하여 T-DMB 시스템에 부가 정보 전송을 위한 워터마킹 기법을 사용할 경우의 성능에 대해 알아보고자 한다. 모의실험을 위한 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 모의실험 파라미터

Table 1. The parameters of simulation

변조 방식	QPSK-OFDM
채널 코딩	Convolutional codes (1/2)
채널	AWGN, Rayleigh
확산코드	PN code
코드주기	255

그림 3은 길쌈 부호화기가 적용된 T-DMB 워터마킹 시스템의 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 채널에서의 워터마킹 레벨에 따른 BER (Bit Error Rate) 성능을 나타낸다. 길쌈 부호화기의 코딩율은 1/2을 사용하였다. 모의실험 결과, 길쌈 부호화기를 적용할 경우의  $10^{-3}$  지점에서 6dB의 성능 개선을 보였다. 워터마킹 레벨이 증가할수록 성능의 열화가 발생하였지만, 채널 코딩의 효과로 워터마킹 데이터의 전력이 -5dB의 값을 가져도 원신호의 성능에 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다. 워터마킹 데이터의 전력이 증가하면, 확산 코드의 주기가 짧아져도 검출이 가능하기 때문에 부가 정보의 전송량이 증가하게 된다.

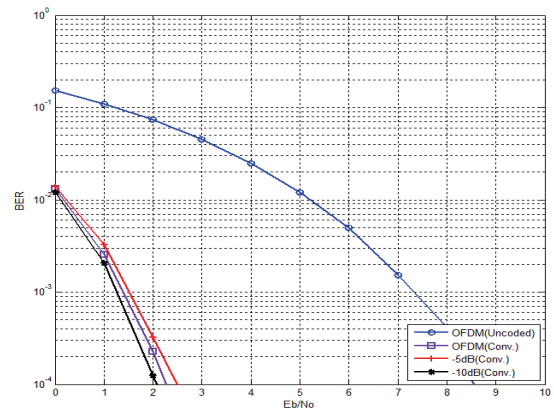


그림 3. 길쌈 부호화기가 적용된 T-DMB 워터마킹 시스템의 BER 성능 (AWGN)

Fig. 3. BER performances of T-DMB watermarking system with convolutional codes for AWGN

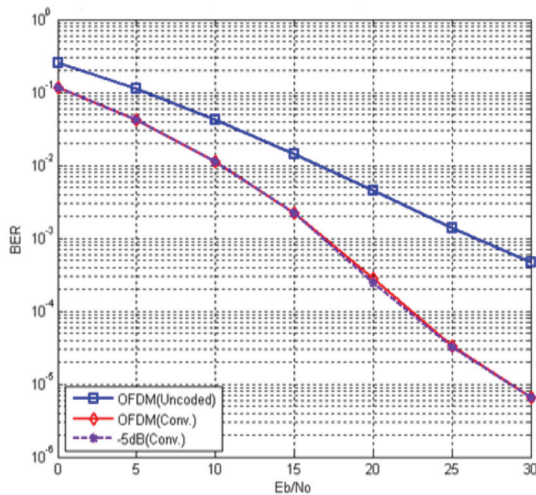


그림 4. 길쌈 부호화기가 적용된 T-DMB 워터마킹 시스템의 BER 성능 (Rayleigh)  
 Fig. 4. BER performances of T-DMB watermarking system with convolutional codes for Rayleigh

그림 4는 길쌈 부호화기가 적용된 T-DMB 워터마킹 시스템의 Rayleigh 채널에서의 워터마킹 레벨에 따른 BER 성능을 나타낸다. 길쌈 부호화기의 코딩율은 1/2을 사용하였다. 모의실험 결과, 길쌈 부호화기를 적용할 경우의 10<sup>-3</sup> 지점에서 8dB의 성능 개선을 보였다. AWGN 채널에서의 성능에서와 같이 채널 코딩의 효과로 워터마킹 데이터의 전력이 -5dB의 값을 가져도 원신호의 성능에 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 T-DMB 워터마킹 시스템에 길쌈 부호화기를 적용하여 부가 정보를 전송하는 알고리즘의 성능을 개선하는 방법에 알아보았다. 길쌈 부호화기를 제안된 기법에 적용함으로써 오류 성능을 개선할 수 있었고, 그로 인해 부가 정보 전송량이 증가하는 효과를 가져왔다. 모의실험을 통하여 채널 부호화기가 적용된 제안 기법의 성능을 분석하였고, 유용성을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 기술은 OFDM을 사용하는 통신 시스템에서 워터마킹 기법을 이용한 주파수 공유 기술 연구를 위한 유용한 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] J. Y. Kim, *Wireless Multimedia Digital Broadcasting Systems*, Hongreung Science Publishers, Seoul, Korea, 2009.
- [2] P. Alinikula, "Wireless for the convergence era," *IEEE Vehicular Tech Conference'06*, pp. 1-4, Sept. 2006.
- [3] C. Y. Yeun, "Mobile TV technologies," *IEEE ICICT'07*, pp. 2-9, Dec. 2007.
- [4] S. Sedghi, M. Khademi, and N. Cvejic, "Analysis of channel capacity of spread spectrum audio watermarking system," in *Proc. on Int' Symp. on Intelligent Signal Processing and Commun.*, pp. 175-178, Dec. 2006.
- [5] J. S. Cha, S. J. Choi, S. H. Lee, K. J. Lee, Y. T. Lee and G. M. Park, "A Study of Spreading code for Watermarking of TxID of ATSC-DTV," *Journal of Korean Broadcast Engineering*, Vol. 11, No. 1, PP. 100-106, Mar. 2006.
- [6] X. Wang, Y. Wu, and B. Caron, "Transmitter Identification Using Embedded Pseudo Random Sequences," *IEEE Trans. on broadcasting*, Vol. 50, No. 3, pp. 244-252, Sept. 2004.
- [7] X. Wang, Y. Wu, and J. Y. Chouinard, "Robust Data Transmission Using the Transmitter Identification Sequences in ATSC DTV Signals," *IEEE Trans. on Consumer Elec.*, Vol. 51, No. 1, pp. 41-47, Feb. 2005.
- [8] P. J. Lee, "New short constraint, rate 1/N convolutional codes which minimize the required SNR for given desired bit error rate," *IEEE Trans. Commun. Tech.*, pp. 171-177, Feb. 1985.
- [9] J. G. Proakis, *Digital Communications*, Mc-Graw Hill, 4 edition, 2001.
- [10] A. J. Viterbi, "Convolutional codes and their performance in communications system," *IEEE Trans. Commun. Tech.*, pp. 751-772, Oct. 1971.

※ 본 연구내용의 일부는 방송통신위원회, 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음.

저자 소개

차 재 상 (정회원)



- 2000년 : 일본 東北대학교 전자공학과 공학박사
- 2002년 : ETRI 이동통신연구소 무선 전송기술팀 선임연구원
- 2008년 : 미국 플로리다 대학교 방문교수
- 2009년~현재 : 서울과학기술대학교 매체 공학과 교수

<주관심분야 : 디지털 방송 전송 기술, Cognitive Radio, UWB, 홈네트워크 무선통신기술, 대역확산 및 다중 접속기술, 4세대 이동통신기술>

강 장 목 (정회원)



- 2005년 : 고려대학교 정보보호전공 공학박사
- 2009년 : 세종대학교 컴퓨터공학과 조빙교수
- 2010년~현재 : 동국대학교 전자상거래 연구소 조빙교수

<주관심분야 : IT융합기술, 유비쿼터스 네트워크, 정보보호기술, 방송통신 기술>

박 소 라 (정회원)



- 1995년 : 성균관대학교 전자공학과 학사
- 1995년~1996년 : 삼성전자 연구원
- 1999년 : 성균관대학교 전기전자 컴퓨터공학부 석사
- 1999년~현재 : 한국전자통신연구원

<주관심분야 : 디지털 통신/방송 시스템, 멀티미디어 전송기술>

배 정 남(정회원)



- 2009년 : 광운대학교 전파공학과 학사
- 2009년~현재 : 광운대학교 전파 공학과 석사과정

<주관심분야 : 디지털 방송 시스템, 디지털통신, 무선통신>

노 정 규 (정회원)



- 1991년 : 서울대학교 계산통계학과학사
- 1993년 : 서울대학교 전산학과 석사
- 1999년 : 서울대학교 전산학과 박사
- 2002년~현재 : 서경대학교 컴퓨터학과 교수

<주관심분야 : 분산처리, 방송/통신 데이터 처리 기술>

김 건 (정회원)



- 1997년 : 중앙대학교 전자공학과 학사
- 1999년 : 중앙대학교 전자공학과 석사
- 1999년~현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 선임연구원

<주관심분야 : DAB/DMB, 디지털 신호처리, RF 신호 처리, FPGA 설계, VLSI>

이 용 태 (정회원)



- 2007년 : 연세대학교 전기전자공학과 박사
- 1995년~현재 : 한국전자통신연구원 방송 시스템연구부 책임연구원
- 2008년~현재 : 한국 방송공학회 학회지 편집위원장

<주관심분야 : DTV, DMB, 디지털라디오 시스템>

김 진 영(정회원)



- 1998년 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 2000년 : 미국 Princeton University, Research Associate
- 2001년 : SK 텔레콤 네트워크연구원 책임연구원
- 2009년 : 미국 MIT 공대 Visiting Scientist

• 2001년~현재 : 광운대학교 전자 융합공학과 교수  
<주관심분야 : 디지털통신, 무선통신, 채널부호화>