

논문 2009-5-17

MOK-SS매핑 기반의 T-DMB 부가데이터 전송기법

Additional Data Transmission Technology for T-DMB Systems using MOK-SS mapping

차재상*, 이민호*, 김건**, 박소라**, 이용태**, 김진영***, 배정남***

**Jae-Sang Cha, Min-Ho Lee, Gun Kim, So-Ra Park, Yong-Tae Lee,
Jin-Young Kim, Jung-Nam Bae**

요 약 본 논문에서는 지상파DMB(T-DMB)전송신호에 고효율로 부가적인 데이터의 전송을 가능하게 하는 기술로서 MOK-SS(Mary Orthogonal Keying- Spread Spectrum)매핑 기반의 T-DMB 부가데이터 전송기법을 새롭게 제안하였다. 본 논문에서는 T-DMB에 기존의 ATSC(Advanced Television Systems Committee)방식 디지털 TV에서 다루던 송신기 식별기술(TxID; Transmitter Identification)용 워터마킹기법을 T-DMB에 적용함과 동시에 MOK-SS매핑기술까지 활용하여 부가적인 데이터 전송율을 획기적으로 증가시켰다. 본 논문에서는 제안한 기술에 대하여 몇가지 사례에 대한 모의 실험 및 성능분석을 통하여 제안기술의 유용성을 확인하였다.

Abstract In this paper, we suggested new additional data transmission technology for T-DMB system using MOK-SS(Mary Orthogonal Keying- Spread Spectrum)mapping method. We applied revised watermarking method of TxID(Transmitter Identification) technology mainly had been used for conventional ATSC-DTV(Advanced Television Systems Committee - Digital TV). And proposed schemes enhanced additional data rate using MOK-SS mapping method. We certified availability of our proposed technology by using various simulation and error rate performance analysis.

Key Words : MOK-SS, T-DMB, watermarking

I. 서 론

최근의 방송기술이 기존의 고화질의 고정 수신만을 대상으로 하는 형태에서 벗어나 좀 더 개인화 되어가고 고화질의 멀티미디어 정보를 이동환경에서 수신하는 형태로 진화해 감에 따라 T-DMB기술이 각광을 받고 있다. 또한 단일주파수망(SFN)환경하에서 이동성과 송신기 식별기술(TxID; Transmitter Identification)을 부여하기 위하여 ATSC방식의 8VSB기반 방송신호에 워터마킹

을 접목시키는 기법 또한 제시되어 있는 상태이다^[1-4].

방송용 전송신호에 워터마킹을 행하는 기술은 방송용 송신기를 식별하는 기능과 동시에 부가적인 데이터 전송율을 개선하고자 하는 목적으로 사용되었다^[1-4]. 기존^[1-4]의 연구에 있어서는 부가데이터에 관하여 1차변조로서 진폭변조 또는 위상변조를 행한 후 워터마킹용 룬코드를 이용하여 2차 확산변조를 행한 후 전송처리를 행하고, 수신부에서는 룬코드에 대한 참조신호를 준비하여 이를 상관처리후 판정 및 데이터를 복원하는 과정을 거쳤다. 기존의 방식에 있어서는 그 적용기술이 주로 8VSB기반의 ATSC방식에 국한됨은 물론이거니와, 부가적인 데이터 정보의 전송용량이 수kbps이하급으로서 부가정보인 텍

*정회원, 서울산업대학교 매체공학과

**정회원, 한국전자통신연구원 방송시스템연구부

***정회원, 광운대학교 전파공학과 (교신저자)

접수일자 2009.9.10, 수정일자 2009.10.8

스트정보의 전송조차 쉽지 않은 수준에 머물러 있었다. 따라서 본 논문에서는 이동수신이 용이한 T-DMB를 대상으로 하면서도 기존의 워터마킹알고리즘이 갖고 있는 낮은 부가데이터 전송율을 개선할수 있는 MOK-SS매핑 기반의 T-DMB 부가데이터 전송기법을 제시하고 그 유용성을 밝히고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 T-DMB 전송구조, 3장에서는 T-DMB의 고효율 부가데이터 워터마킹 기법을 각각 소개하고, 4장에서는 이 논문에서 제안한 MOK-SS매핑 기반의 T-DMB 부가데이터 전송기법을 설명하고자 한다. 5장에서 제안한 기법에 대한 시뮬레이션 결과를 분석하여 마지막 6장에서는 최종적으로 결론을 맺고자 한다.

II. T-DMB의 전송프레임 구조

T-DMB의 전송 신호는 그림 1에서 나타낸 바와 같이 동기(Synchronization)채널을 비롯한 3개 채널로 구분될 수 있으며, 각 채널들은 여러 개의 송신부(source)로부터 데이터를 제공받고, 이 데이터들을 이용해서 각 채널에 해당하는 전송프레임을 형성한다.

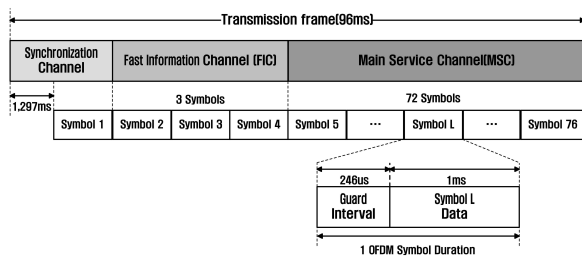


그림 1. T-DMB 전송프레임 및 심벌구조
Fig 1. Transmission Frame and SymbolStructure of T-DMB

T-DMB시스템의 전송 프레임은 연속하는 (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing)심벌들로 구성된다. 하나의 전송 프레임 내의 OFDM 심벌의 개수는 전송 모드에 따라 다르며, T-DMB의 경우 동기채널에 1심벌, 고속 정보 채널에 3심벌, 주 서비스 채널에 72 심벌을 차한다.

전송 프레임의 첫 번째 OFDM 심벌은 길이 T_{NLL} 의 널 심벌(null symbol)에 해당한다. 전송 프레임의 나머지 부분은 길이 T_S 을 가는 OFDM 심벌들로 구성한다. 여

기서 각 OFDM 심벌은 반송파 $1/T_U$ 간격을 갖는 동일 간격의 반송파들로 구성한다. 주 신호(main signal) $s(t)$ 는 다음 식(1)과 같이 정의한다.

$$s(t) = Re \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=0}^L \sum_{k=-K/2}^{K/2} Z_{m,l,k} \cdot g_{k,l}(t - mT_F - T_{NLL} - (l-1)T_S) \right\} \quad (1)$$

$$g_{k,l}(t) = \begin{cases} 0 & \text{for } l = 0 \\ e^{j2\pi k(t-\Delta)/T_U} \cdot \text{Rect}(t/T_S) & \text{for } l = 1, 2, \dots, L \end{cases} \quad (2)$$

$$T_S = T_U + \Delta \quad (3)$$

로 표현할 수 있다.

III. T-DMB 워터마킹 기법

T-DMB 워터마킹 기술은 T-DMB 송수신시스템의 “Baseband process” 과정에서 워터마킹코드를 삽입 및 복원하는 과정을 통해 이루어지며, 송수신 구조를 살펴보면 다음과 같다.

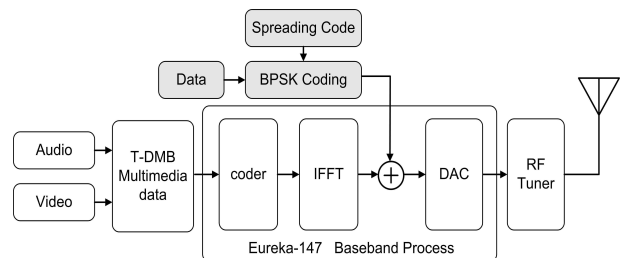


그림 2. T-DMB 워터마킹 기반 송신단 블록도
Fig 2. Transmitter Block diagram of T-DMB TxID

T-DMB에 룭코드를 워터마킹시키는 경우 그 송신단은 오디오 신호와 비디오 신호에 대한 MPEG-4코딩과정을 거친 후, OFDM을 위한 IFFT처리가 행해진다. 이후 IFFT출력신호에는 OFDM 신호의 평균적력 대비 -33dB 낮은 워터마킹용 룭코드가 더해지는 과정을 거친다. 한편, 그림 3에서 나타낸 수신단 구조에서는 송신기 정보를 가진 워터마킹 코드가 삽입된 T-DMB 수신 신호를 ADC과정을 거친 후, OFDM 신호 복조과정 전에 정합필터를 이용한 자기상관을 통해 피크치를 도출하면,

이 피크치를 통해 송신기 식별 정보 및 부가데이터 정보가 복원된다^[1].

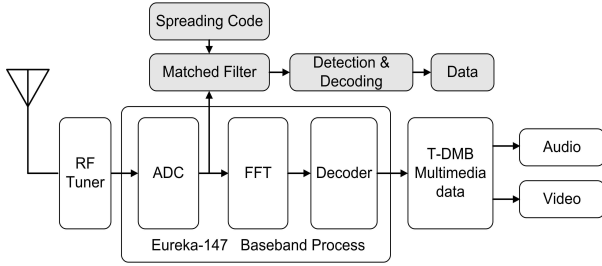


그림 3. T-DMB 위터마킹 기반 수신단 블록도
Fig 3. Receiver Block diagram of T-DMB TxID

IV. T-DMB 부가데이터를 개선 기법

MOK-SS매핑 기반의 T-DMB 부가데이터 전송기법은 T-DMB 데이터 프레임에 확산코드를 위터마킹 하는 대신에 코드셋으로 바꾸고 보내고자하는 비트에 따라 매핑되는 코드로 확산변조하는 방식이다^[5]. 그리하여 M-ary SS의 특징인 종래 확산코드의 패밀리 사이즈와 직교성을 충분히 활용하여 정보 전송률을 올릴 수 있다. 데이터를 복원하기 위한 수신단의 판정법은 기존 정합필터(MF; Matched Filter)에서 쓰이는 Hard Decision 대신 Maximum Likelihood Decision("MF bank" & "Select the largest")로 전환하는 Soft Decision 방식으로 전환된다.

이 경우 검출되는 상관 피크값의 극성은 데이터 변조와는 무관하게 항상 '+'로 나온다. 그림 4는 MOK 기반 위터마킹 기법의 송수신 블록도를 나타낸다. MOK기반의 위터마킹 기법의 전송률은 식(3)에 의해 정해지며 AWGN 환경에서의 에러율 P_{ec} 는 식(4)와 같다.

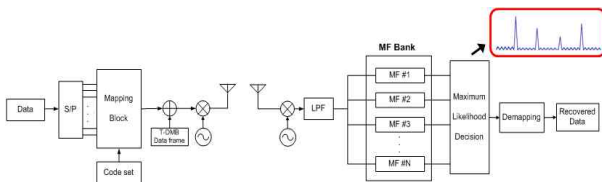


그림 4. MOK-SS 송수신 블록도
Fig 4. TRx Block diagram of MOK-SS

$$DR_{MOK} = \frac{DR \times m}{AveN} \quad (3)$$

DR_{MOK} : MOK 위터마킹 기반 T-DMB 기법의 Data Rate

DR : 기존^[1-4] 위터마킹 시스템의 Data Rate

m : 심벌당 Bit 수

$AveN$: 에버리징 수

$$P_{ec} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) \left\{ 1 - \Phi^u\left(u + \sqrt{\frac{2mE_b}{N_0}}\right) \right\}^{M-1} du \quad (4)$$

m : 정보 비트의 수

$M=2^m$: 확산코드의 수

N : 코드 길이

E_b/N_0 : 신호에너지와 잡음파워밀도의 비

$$\Phi^u(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) dZ$$

: 정규분포의 누적밀집함수

확산코드의 수를 2^m 만큼 증가시킬 경우 심벌 주기당 전송되는 비트의 수가 m 으로 증가하게 되고 같은 길이의 심벌을 전송하는데 필요한 시간은 이에 반비례하여 감소하게 된다. 이는 동일한 네트워크에서 실질적으로 부가 데이터를 위하여 전송하는 비트의 양이 m 에 비례하여 증가함을 뜻하고 데이터 전송속도와 직결된다. 하지만 m 이 증가함에 따라 하드웨어의 복잡도나 시스템의 소비전력은 증가한다. 따라서 MOK 기반의 T-DMB 위터마킹 기법은 데이터 전송률을 효과적으로 개선할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

V. 모의실험

1. 위터마킹 진폭에 따른 BER 성능

모의실험을 통하여 T-DMB 전송신호에 위터마킹용 코드를 적용할 경우 진폭 변화에 따른 BER값을 도출하고 성능을 분석하였다. 또한, 모의실험을 위해 진폭의 변화값은 -12dB ~ -36dB로 정하고, 확산코드로 카사미 65535칩 코드를 사용하였으며, AWGN채널환경에서 실험을 실시하였다.

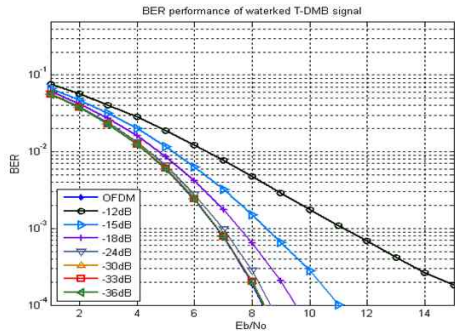


그림 5. 진폭 변화에 따른 BER 성능(Eb/No 0~15dB)
Fig 5. BER Performance by Amplitude variation(Eb/No 0~15dB)

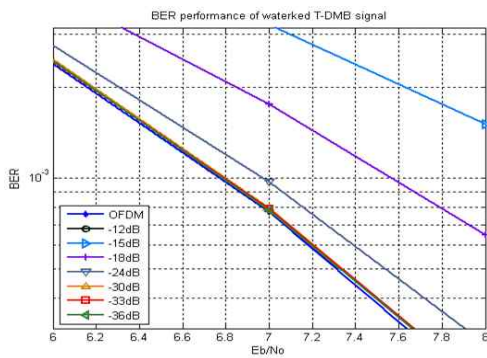


그림 6. 진폭 변화에 따른 BER 성능 (Eb/No 6~8dB)
Fig 6. BER Performance by Amplitude variation(Eb/No 6~8dB)

모의실험결과 워터마킹을 하지 않았을 경우 10^{-3} 지점에서, 6.8dB가 나왔으며, 워터마킹용 코드가 -18dB일 때, T-DMB 신호와 0.2dB의 성능 차이를 보였다. 워터마킹용 코드의 진폭을 -24dB 이하의 낮은 값으로 정하면, T-DMB 원신호에 거의 영향을 주지 않음을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있다.

2. m 값의 변화에 따른 DER 성능

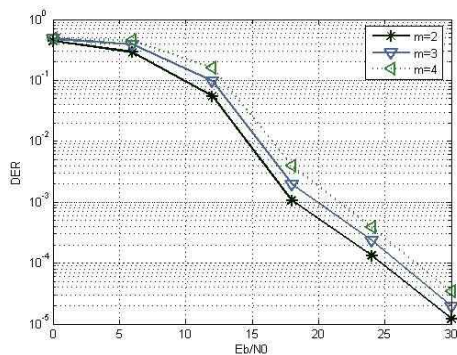


그림 7. m값의 변화에 따른 DER 성능
Fig 7. DER Performance by m variation

모의실험결과 DER이 10^{-3} 일 때 m=2일 경우 18dB, m=3일 경우 19.7dB, m=4일 경우 21.5dB의 DER 성능이 도출되었으며, m값이 증가함에 따라 DER 성능이 약 1.7dB 열화되는 것을 확인하였다. 이는 m값이 증가함에 따라 검출 레벨간 간격이 줄어들어 Detection시 에러율이 증가하여 성능이 열화 된 것으로 사료된다.

VI. 결론

본 논문에서는 T-DMB시스템의 부가적인 데이터 전송을 증가시킬수 있는 방안으로서 MOK-SS매핑 기반의 T-DMB 부가데이터 전송기법을 새롭게 제안하였다. 또한 본 논문에서 제안한 기술의 몇 가지 사례에 대한 다양한 모의 실험 및 성능분석을 통하여 제안기술의 유용성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] X. Wang, Y. Wu, and B. Caron, "Transmitter Identification Using Embedded Pseudo Random Sequences," IEEE Transactions on broadcasting, Vol. 50, No. 3, pp. 244-252, Sept. 2004.
- [2] X. Wang, Y. Wu, and J. Y. Chouinard, "Robust Data Transmission Using the Transmitter Identification Sequences in ATSC DTV Signals," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 1, pp. 41-47, Feb. 2005.
- [3] 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.
- [4] J. S. Cha, S. K. Kim, Y. T. Lee, and S. W. Kim, "New Partial Correlation-type Matched Filter for Zero Correlation Duration Sequence and its Advanced Television Systems Committee-Digital TV Application," Japanese Journal of Applied Physics(JJAP), Vol. 45, No. 4B, pp. 3343-3348, April, 2006.
- [5] P. Fan and M. Darnell, "Sequence design for communications applications," Research Studies Press LTD, England, 1996

※ 본 연구내용의 일부는 방송통신위원회, 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2009-S-021-01, 동일주파수망에서의 터널용 T-DMB 재난방송 기술개발]

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 서울산업대학교 매체공학과 조교수

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

이 민 호(정회원)



- 2007. 02: 한국개발원 전자공학사
 - 2009. 02: 서울산업대학교 매체공학과 공학석사
- <주관심분야: UWB, 홈네트워크 무선 통신기술>

김 건(정회원)



- 1997. 2: 중앙대학교 전자공학과 학사
 - 1999. 2: 중앙대학교 전자공학과 석사
 - 1999. 4~현재: 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 선임연구원
- <주관심분야: DAB/DMB, 디지털 신호 처리, RF 신호 처리, FPGA 설계, VLSI>

박 소 라(정회원)



- 1995년 2월: 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1995년 ~ 1996년: 삼성전자 연구원
- 1999년 2월: 성균관대학교 전기전자 컴퓨터공학부 졸업(공학석사)
- 1999년 2월 ~ 현재: 한국전자통신연구원

<주관심분야: 디지털 통신/방송 시스템, 멀티미디어 전송기술>

이 용 태(정회원)



- 2007년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 박사
- 1995년 8월~현재: 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 책임연구원
- 2008년~현재: 한국방송공학회 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
- 2001년 현재 광운대학교 전파공학과

부교수
• 2009년 현재 미국 MIT 공대 Visiting Scientist
<주관심분야: 디지털통신, 무선통신, 채널부호화>

배 정 남(정회원)



- 2009년 2월: 광운대학교 전파공학과 공학사
 - 2009년 2월~현재: 광운대학교 전파공학과 석사과정
- <주관심분야: DTV, AT-DMB, 디지털 통신>