

MBOK 확산 스펙트럼 기반의 지상파 DMB 워터마킹 성능 향상 기법 연구

A Study on the Performance Improvement Technique for Terrestrial DMB Watermarking based on MBOK Spread Spectrum

차재상* 이민호** 이경근*** 김종태*** 김건**** 박소라**** 이용태**** 배정남*****
(Jae-Sang Cha) (Min-Ho Lee) (Kyong-Gun Lee) (Jong-Tae Kim) (Gun Kim) (So-Ra Park) (Yong-Tae Lee) (Jung-Nam Bae)

요약

본 논문에서는 MBOK 확산 스펙트럼 기반의 지상파 DMB 워터마킹 성능 향상 알고리즘에 대해 알아보았다. 제안된 기법을 지상파 DMB 시스템에 적용함으로써 워터마킹 확산코드를 통한 부가 정보 전송이 가능하고 주파수 효율도 개선되었다. MBOK 확산 스펙트럼 방식을 사용할 경우 기존의 직접 확산 방식에 비해 속도가 2m배 향상되지만, m값이 커질수록 하드웨어의 복잡도가 증가하기 때문에 최적 상황에 맞게 검토하여 사용해야 한다. 모의실험을 통하여 MBOK 확산 스펙트럼 기법 및 데이터를 반복하여 전송하는 에버리징을 적용한 성능을 분석하였고, 유용성을 확인하였다. 모의실험을 통하여 MBOK 확산 스펙트럼 기법의 DER 성능 및 에버리징의 수가 증가할수록 성능이 향상되는 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 기술은 전송 방식으로 OFDM을 사용하는 통신 시스템에서 워터마킹을 이용한 부가 정보 전송 기술 연구를 위한 유용한 자료로 활용할 수 있다.

Abstract

In this paper, we proposed analysis performance improvement technique for T-DMB watermarking based on MBOK spread spectrum. By applying the proposed scheme to T-DMB system, it allows additional data transmission and improves spectral efficiency of data transmission through watermarking spreading code. Using MBOK spread spectrum technique, data rate improved 2m-times existing direct sequence spread spectrum. However, since hardware complexity increase as the value of m becomes large, the method should be used with optimal situation. We analyze T-DMB watermarking techniques performance with MBOK spread spectrum and averaging. As a result, we confirm DER performance of MBOK spread spectrum scheme and it is shown system performance is improved as the number of averaging increases. The results of the paper can be applied to wireless multimedia digital broadcasting system.

Key words: MBOK, Terrestrial digital multi-media broadcasting (T-DMB), watermarking, spread spectrum, averaging

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

* 주저자 : 서울산업대학교 매체공학과 교수

** 공저자 : 서울산업대학교 매체공학과 석사

*** 공저자 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

**** 공저자 : 한국전자통신연구원

***** 공저자 및 교신저자 : 광운대학교 전자공학과 석사과정

† 논문접수일 : 2010년 1월 20일

† 논문심사일 : 2010년 2월 16일

† 게재확정일 : 2010년 2월 22일

I. 서론

우리나라의 방송 시스템은 유럽의 DAB 방식을 기반으로 고품질의 음성 및 영상 서비스를 제공하는 이동 멀티미디어 방식인 지상파 DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting)를 채택하였다. 지상파 DMB 방식에서는 다중 경로 페이딩에 강하고 SFN (Single Frequency Network) 구축이 가능한 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용한다 [1].

최근의 방송 전송 기술의 추세는 기존의 고정 수신만을 대상으로 하는 형태에서 벗어나 좀 더 개인화 되고, 고품질의 멀티미디어 정보를 이동 환경에서 수신하는 형태로 발전해 가고 있다. 또한 방송 기술은 통신기술과 융합되어 양방향 전송 기술이나 음영지역 해소, 위치인식기능 제공, 주파수 이용 효율을 제고하기 위한 중계기 개발 등이 활발히 연구되고 있다 [2].

방송 신호에 워터마킹 기법을 적용하는 기술은 송신기를 식별하는 기능과 동시에 부가 정보를 전송하는 목적으로 사용되었다 [3]. 기존의 지상파 DMB 시스템에 적용된 워터마킹 기법은 송신부에서 부가 정보 데이터를 진폭 및 위상 변조를 행한 후 확산코드를 이용하여 전송 처리를 행하고, 수신부에서는 확산코드에 대한 참조 코드를 이용하여 상관 처리 후 판정 및 데이터를 복원하는 과정을 거쳤다 [4]. 기존의 워터마킹 방식은 부가 정보 전송을 위한 속도가 높지 않아 텍스트 정보의 전송 정도의 수준에 머물러 있었다. 따라서 본 논문에서는 기존의 워터마킹 알고리즘이 갖고 있는 낮은 부가 정보 전송률을 개선할 수 있는 M-ary 확산코드 기반의 지상파 DMB 워터마킹 기법을 제시하고 그 유용성을 밝히고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 지상파 DMB 시스템에 대해 소개하고, III장에서는 지상파 DMB 워터마킹 성능 향상 기법에 대해 설명한다. IV장에서 제안한 기법에 대한 모의실험 결과를 분석하여 마지막 V장에서 본 논문의 결론을 맺고자 한다.

II. 지상파 DMB 시스템

지상파 DMB시스템은 국내 아날로그 TV 방송대역에서 사용하는 VHF (Very High Frequency) 주파수 대역을 이용하여 유럽의 Eureka-147 DAB (Digital Audio Broadcasting) 시스템에 멀티미디어 데이터 서비스를 추가한 것으로, 200km/h의 고속 이동시에도 끊김 없는 고품질 오디오와 비디오 서비스, 그리고 데이터 서비스를 무료로 제공한다. 지상파 DMB는 Eureka-147 DAB 기술 기반으로 기존의 DAB 서비스 또한 동시에 제공될 수 있다. 한국에서 상용화된 지상파 DMB 단말기를 이용하면 지상파 DMB 뿐만 아니라 DAB 오디오와 데이터 서비스까지 동시에 수신 가능하다. 한국형 지상파 DMB 방식은 Eureka-147 전송모드 I을 사용한다 [5]. <표 1>은 지상파 DMB 전송모드의 파라미터를 나타낸다 [6]. 여기서 $T=1/2,048,000$ 을 사용한다.

<표 1> 지상파 DMB 전송모드 파라미터

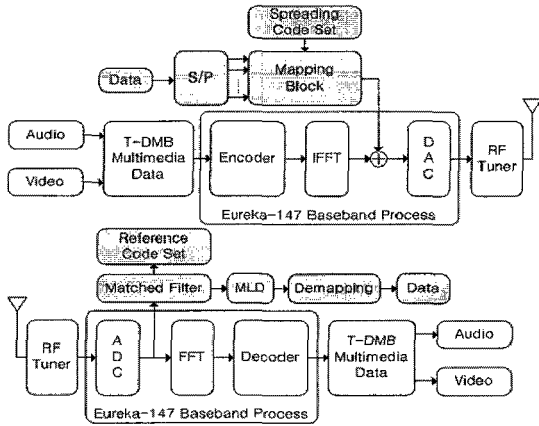
<Table 1> The parameters of T-DMB transmission mode

파라미터		전송모드 I
L	OFDM 심벌수	76
K	부반송파 수	1536(2048)
T _F	전송 프레임 주기	196,608T (96 ms)
T _{NULL}	Null 심벌 지속 시간	2,656T (~1,297 ms)
T _S	OFDM 심벌 지속 시간	2,552T (~1,246 ms)
T _U	반송파 간격의 역수	2,048T (1 ms)
△	보호 구간 지속 시간	504T (~246 us)

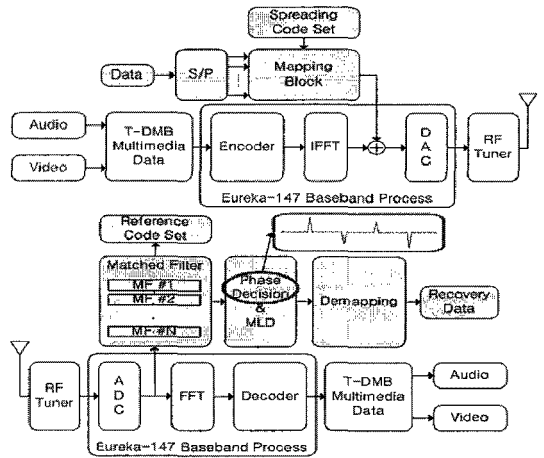
III. 지상파 DMB 워터마킹 성능 향상 기법

1. M-ary 확산 스펙트럼 기법

M-ary 확산 스펙트럼 방식은 직접 확산 방식을 다치화한 방식이다. 정보비트에 여러 개의 확산 코드 중 매칭 되는 코드 한 개를 송신하는 방식이다. 이 방식은 직접 확산 방식에 비해서 데이터 전송 속도가 향상되는 장점을 가진다 [7,8].



<그림 1> M-ary 확산 스펙트럼 방식의 송·수신 블록도
 <Fig. 1> Block diagram of M-ary spread spectrum



<그림 2> MBOK 확산 스펙트럼 방식의 송·수신 블록도
 <Fig. 2> Block diagram of MBOK spread spectrum

<그림 1>에 나타난 송신부에서는 먼저 m 비트의 정보비트가 심벌 그룹 되어 2^m 개의 직교하는 확산코드 중 하나로 매핑 된다. 이후 각 심벌은 확산코드에 의해 확산된 후 채널 상으로 전송하게 된다. 수신부에서는 채널을 통과한 신호를 받아들여 2^m 개의 정합필터가 병렬로 구성되어 있는 정합필터 블록을 통과하여 상관처리가 이루어진다.

상관처리가 된 출력 값들은 그들 중에서 가장 큰 값을 선택하게 되고, 매핑 테이블에 의해 정보 비트를 복원하게 된다.

2. MBOK 확산 스펙트럼 기법

<그림 2>는 MBOK (M-ary Biorthogonal Keying) 기반의 지상파 DMB 워터마킹 기법의 송수신 블록도를 나타낸다. MBOK 기반 지상파 DMB 워터마킹 기법은 MOK (M-ary Orthogonal Keying) 기반의 워터마킹 기법과 비슷하다 [9]. 다른 점은 기존 확산코드 셋과 위상이 반전된 확산 코드 셋을 함께 이용하여 병렬 데이터에 매핑 하여 전송하는 방식인 MBOK을 워터마킹 기법에 적용한 것이다. MBOK 기반 워터마킹 기법의 경우 수신단에서 검출되는 상관 피크 값의 구성은 (+, -) 두 가지로 나올 수 있으며, 이진 위상을 사용하여 MOK 기반의 워터마킹 기법보다 데이터 전송률을 2배 향상시킬 수 있다는 장점이 있다 [10].

3. MBOK 확산 스펙트럼 성능 분석

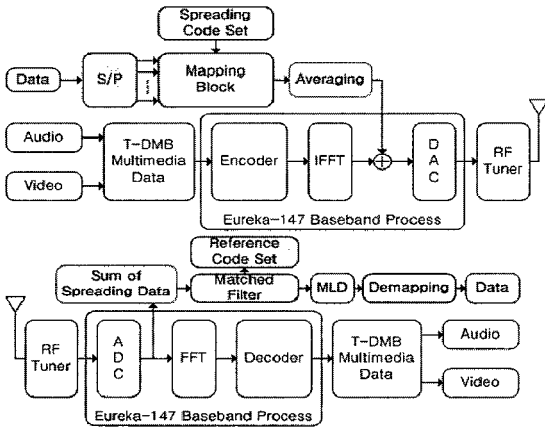
MOK기반의 워터마킹 기법의 전송률은 식 (1)에 의해 정해지며 확산코드의 수를 2^m 만큼 증가시킬 경우 심벌 주기당 전송되는 비트의 수가 2^m 만큼 증가하게 되어 MOK 워터마킹 기법에 비해 데이터 전송률이 2배만큼 증가함을 알 수 있다. 따라서 MBOK 기반의 지상파 DMB 워터마킹 기법은 데이터 전송률을 MOK 기반의 시스템에 비해 효과적으로 개선할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

$$DR_{MBOK} = 2 \times DR \times m \tag{1}$$

여기서 DR_{MBOK} 는 MBOK 기반 지상파 DMB 워터마킹 기법의 전송 속도, DR 은 기존 지상파 DMB 워터마킹 시스템의 전송 속도, m 은 심벌당 비트수를 나타낸다.

확산코드의 수를 2^m 만큼 증가시킬 경우 심벌 주기당 전송되는 비트의 수가 $2m$ 으로 증가하게 되고, 필요한 시간은 이에 반비례하여 감소하게 된다. 이는 동일한 네트워크에서 실제 부가 데이터를 위하여 전송하는 비트의 양이 m 에 비례하여 증가하고 이는 전송속도의 증가를 뜻한다. 하지만 m 이 증가함에 따라 하드웨어의 복잡도와 소비전력은 증가한다.

4. 에버리징 기법



<그림 3> 에버리징 기법이 적용된 지상파 DMB 워터마킹기법의 블록도
 <Fig. 3> Block diagram of T-DMB watermarking technique with averaging

<그림 3>은 에버리징 기법이 적용된 지상파 DMB 워터마킹 기법의 송·수신 블록도를 나타낸다. 에버리징 기법은 지상파 DMB 신호의 간섭을 제거하기 위해 데이터를 반복 전송해 신뢰성을 높이는 기술로써, 에버리징 기법이 적용된 워터마킹 기법의 전송률은 다음과 같다.

$$DR_{MBOK} = 2 \times \frac{DR \times m}{Ave.N} \quad (2)$$

여기서 Ave.N은 에버리징 수를 나타낸다. 식에서 보듯이 에버리징 기법을 적용하면 데이터의 신뢰성은 높아지지만, 워터마킹 전송률은 그에 반비례해서 감소하게 된다. 실험을 통하여 효율적인 에버리징 수를 선정하는 것이 중요하다.

IV. 모의실험

모의실험을 통하여 지상파 DMB 워터마킹 시스템의 성능 향상을 위한 기법이 적용된 시스템의 DER (Detection Error rate) 성능에 대해 알아보고자 한다. 모의실험 파라미터는 <표 2>와 같다.

<표 2> 모의실험 파라미터
 <Table 1> The parameters of simulation

변조 방식	MBOK
m (M-ary 수)	2, 3, 4
확산코드	PN 코드 (255)
에버리징 횟수	1, 3, 5
채널 환경	AWGN

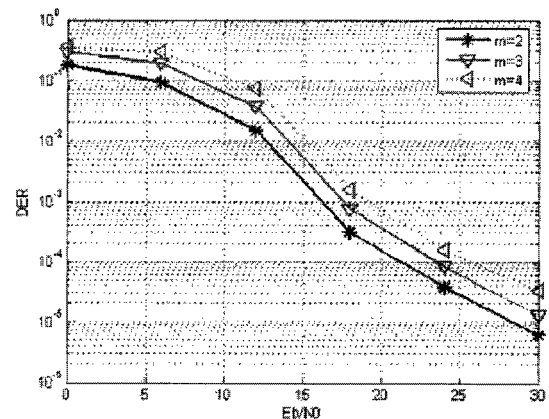
1. m값에 따른 지상파 DMB MBOK 성능 분석

<그림 4>는 MBOK 확산 스펙트럼 기법의 DER 성능을 보여준다. 모의실험 결과 m값이 증가할수록 DER 성능이 열화 되는 것을 확인할 수 있었다.

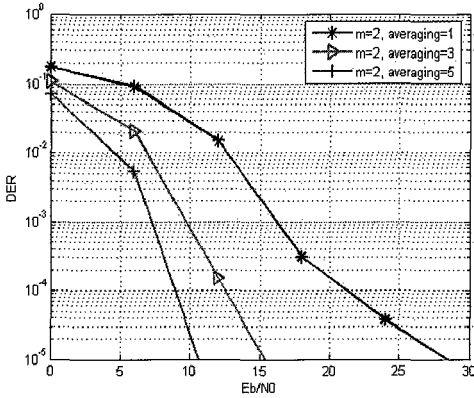
모의실험결과 DER 10-3지점에서 m이 2, 3, 4일 때 각각 16dB, 18dB, 19dB의 성능이 나왔으며, m값이 증가함에 따라 성능이 약 1dB 열화 되는 것을 확인하였다. 이는 m값이 증가함에 따라 부가데이터 신호 검출 간격이 줄어들어 예러가 증가하게 된다. 부가데이터 양은 m값이 증가할수록 2m배 증가하지만 성능은 감소하는 트레이드오프 관계에 있다.

2. 에버리징 수에 따른 성능 분석

워터마킹 신호의 신뢰성 향상을 위해 에버리징 기법을 적용하여 모의실험을 실시하였다.



<그림 4> MBOK 확산 스펙트럼 방식의 DER 성능
 <Fig. 4> DER performance of MBOK spread spectrum



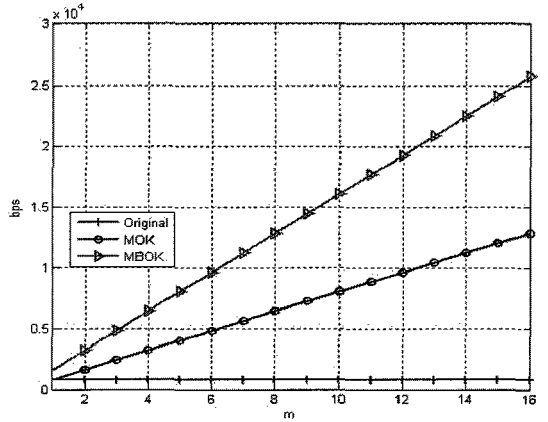
<그림 5> 에버리징 수에 따른 지상파 DMB 워터마킹 기법의 DER 성능
 <Fig. 5> DER performance of T-DMB watermarking technique by averaging value

<그림 5>는 에버리징 기법이 적용된 지상파 DMB 워터마킹 시스템에서의 DER 성능을 나타낸다. 모의 실험결과 DER 10⁻³ 지점에서 에버리징 횟수가 1일 때 약 18dB, 3일 때 약 13dB, 5일 때 약 7dB 지점에서 수렴됨을 확인 할 수 있다. 따라서 에버리징의 수가 증가할수록 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있고, 이는 곧 데이터의 신뢰성이 향상됨을 알려준다.

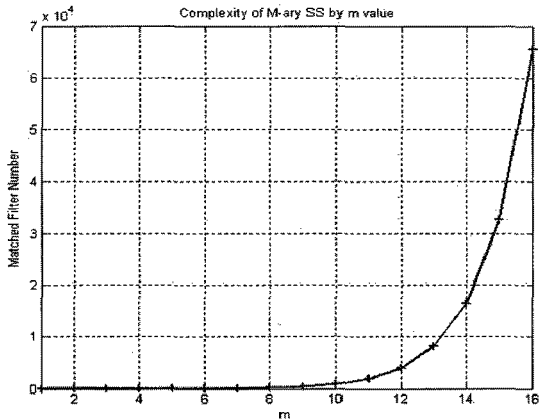
3. 워터마킹 데이터 전송률 비교

M-ary 확산코드 방식의 m 값에 따른 워터마킹 전송 속도를 보면 <그림 6>과 같이 m 값이 증가할수록 전송 속도는 m (MOK), $2m$ (MBOK)에 비례하여 증가한다. 하지만 m 값이 증가하면 워터마킹 데이터 복조 시 판단해야할 요소가 많아지므로 성능의 열화가 생긴다.

<그림 7>은 m 값에 따른 하드웨어 복잡도를 나타낸다. 정합필터의 수가 2^m 개 필요하게 되어 하드웨어의 복잡도가 증가하는 단점이 있다. 모의실험을 통하여 전송률과 하드웨어의 복잡도를 고려한 최적의 솔루션을 도출하고, 정합필터를 통한 하드웨어 구조의 개선방안에 대해서도 연구가 필요하다고 생각된다.



<그림 6> m값에 따른 워터마킹 데이터 전송률
 <Fig. 6> Data rate of watermarking by m value



<그림 7> m값에 따른 하드웨어 복잡도
 <Fig. 7> Hardware complexity by m value

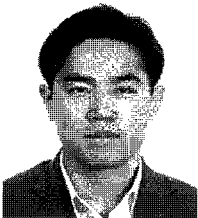
V. 결 론

본 논문에서는 지상파 DMB 시스템에서 부가 정보 전송률 증가를 위한 MBOK 확산 스펙트럼 기반의 워터마킹 알고리즘을 제시하고, 유용성을 확인하였다. 제안된 기법을 지상파 DMB 시스템에 적용함으로써 워터마킹 확산코드를 통한 부가 정보의 전송이 가능하고, 한정된 자원 안에서 주파수 효율을 높일 수 있다. 본 논문에서 제안한 기술은 전송 방식으로 OFDM을 사용하는 다양한 방송 및 통신 시스템에서 워터마킹 기법을 이용한 부가 정보 전송 기술 연구를 위한 유용한 자료로 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] B. Furht, and S. Ahson, *Handbook of Mobile Broadcasting: DVB-H, DMB, ISDB-T, AND MEDIAFLO*, Taylor & Francis Group, 2008.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] X. Wang, P. Ho, and Y. Wu, "Location-Aware Cross-Layer Design Using Overlay Watermarks," *Hindawi Publishing Corporation Advances in Multimedia*, Vol. 2007, pp. 9, Mar. 2007.
- [5] G. S. Lee, S. M. Cho, K. T. Yang, Y. K. Hahm, and S. I. Lee, "Development of Terrestrial DMB Transmission System based on Eureka-147 DAB System," *IEEE Trans. on Consumer Elec.*, Vol. 51, No. 1, pp. 63-68, Feb. 2005.
- [6] European Standard, "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to Mobile, Portable and Fixed Receivers," *ETSI EN 300 401 V1.4.1*, June 2006.
- [7] L. Chuna, L. Chengshu, "Performance Analysis of M-ary Spread Spectrum Data Transmission System based on Phase Modulating a PN sequence," *in proc. on International Conference on Communication Technology*, Vol. 1, pp. 607-610, May 1996.
- [8] S. Tachikawa and G. Marubayashi, "Spectral Efficiency of M-ary Spread Spectrum Multiple Access Communication Systems," *Electronics and Communications in Japan*, Vol. 74, pp. 65-77, Mar. 2007.
- [9] J. S. Cha, M. H. Lee, G. Kim, S. R. Park, Y. T. Lee, J. Y. Kim, and J. N. Bae, "Additional Data Transmission Technology for T-DMB Systems using MOK-SS mapping," *Journal of IWIT*, Vol. 9, No. 5, pp. 123-127, Oct. 2009.
- [10] M. Kutterm, "Performance Improvement of Spread Spectrum Based Image Watermarking Schemes through M-ary Modulation," *in proc. on LNCS*, pp. 237-252, Dec. 2006.

저자소개



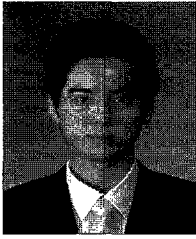
차 재 상 (Cha, Jae-Sang)

2000년 일본 동북대학교 전자공학과 박사
 2002년 ETRI 이동통신연구소 무선 전송기술팀 선임연구원
 2002년 ~ 2005년 : 서경대학교 정보통신공학과 교수
 2008년 미국 플로리다 대학교 방문교수
 2005년 ~ 현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수



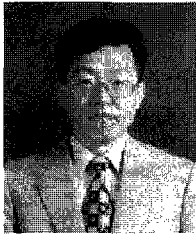
이 민 호 (Lee, Min-Ho)

2007년 한국개발원 전자공학과 학사
 2009년 서울산업대학교 매체공학과 석사



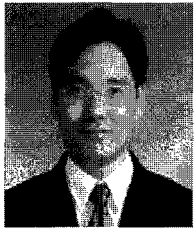
이 경 근 (Lee, Kyoung-Kun)

2010년 한국의국어대학교 학사
2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 석사과정



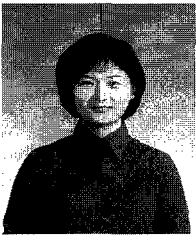
김 종 태 (Kim, Jong-Tae)

1982년 성균관대학교 전자공학과 학사)
1987년 University Of California at Irvine 전기 및 컴퓨터공학과 석사
1992년 University Of California at Irvine 전기 및 컴퓨터공학과 박사
1991년 ~ 1993년 : 미국 The Aerospace Corporation 연구원
1993년 ~ 1995년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수
1995년 ~ 현재 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수



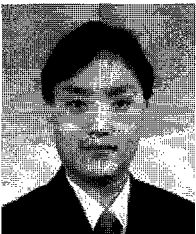
김 건 (Kim, Gun)

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



박 소 라 (Park, So-Ra)

1995년 성균관대학교 전자공학과 학사
1995년 ~ 1996년 : 삼성전자 연구원
1999년 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학부 석사
1999년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원



이 용 태 (Lee, Yong-Tae)

2007년 연세대학교 전기전자공학과 박사
1995년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 책임연구원
2008년 ~ 현재 : 한국방송공학회 학회지 편집위원장



배 정 남 (Bae, Jung-Nam)

2009년 광운대학교 전파공학과 학사
2009년 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정