

T-DMB 재난방송을 위한 다양한 확산 수열 자기상관특성 비교 연구

이승호*, 이용태**, 김 건**, 양충모***, 김완식****, 조주필****, 박용운***[Ⓢ], 차재상* 정회원

A study on ACF Comparison to Various Spreading Sequence for T-DMB Emergency Broadcasting

SeungHo Lee*, YongTae Lee**, Geon Kim**, ChungMo Yang***, Wansik Kim****, JuPhil Cho****,
YongWoon Park****[Ⓢ], JaeSang Cha* *Regular Members*

요 약

본 논문은 T-DMB 재난방송에서 데이터 전송 기술 향상을 위해 확산코드를 이용하여 각 코드들의 자기상관특성(Auto Correlation Feature) 성능을 비교해 보았다. 일반적으로 DMB와 같은 무선 이동 통신 환경은 수신기에서 송신기의 식별 과정에서 발생하는 인접코드 간섭(Inter Code Interference) 및 다중경로 간섭(Multi-Path Interference)이 일어난다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 확산코드 기법을 이용하여 비화 특성을 개선시킬수 있고, 코드의 주기를 조절하여 가변시킬수가 있어 신호처리 다분야에서 활용 할 수가 있다. 이에 본 논문은 직교성이 우수한 Golay코드와 Kasami코드, ZCD(Zero Correlation Duration)코드에 성능을 비교하는 연구를 하였다.

Key Words : T-DMB, 확산코드, ACF, Kasami, Golay, Ternary ZCD

ABSTRACT

In this paper, there was compared to the performance of the Auto Correlation Feature of each code using Spreading code for improving the data transmission technology in T-DMB disaster broadcasting. Generally, wireless mobile communication environment such as DMB occur the Inter Code Interference and the Multi-Path Interference in the process of the identification of the transmitter from the receiver. To solve this problem, spreading code technology was able to improve the security property. Also, it will be able to use in many fields of signal processing, because to control a period of the code can be variable. Therefore, in this paper, we studied to compare the performance of excellent orthogonal Golay code, Kasami code and ZCD(Zero Correlation Duration) code.

I. 서 론

국내에 제정된 T-DMB 자동재난경보방송 서비스(T-DMB Automatic Emergency Alert Service: AEAS) 표준은 DMB와 같은 미디어를 활용한 국내 최초의 재난정보 전달 서비스이다. 표준은 T-DMB시스템을 이용해 국민의

인명 및 재산을 보호하기 위한 자동재난경보 방송 서비스를 실시하는데 필요한 기준을 정하기 위해 제정되었다. DMB수신기는 이동형이기 때문에 빠르게 이동하는 지하철이나 자동차에서도 수신이 가능하여 수신 영역이 매우 넓고, 휴대전원이 장착되어있기 때문에 정전시에도 방송수신이 가능하다. 이러한점을 활용하여 DMB를 사용한 재난경보방송 서비스에 대해 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다[1][2].

* 서울과학기술대학교 매체공학과

** ETRI 차세대모바일방송기술연구팀

*** 삼성전기 중앙연구소

**** LIG 넥스원

***** 국립군산대학교 전파공학과

Ⓢ 교신처자 moniwall1@naver.com

※ “본 연구성과의 일부는 방송통신위원회의 방송통신미디어원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음”(과제번호 : KCA-2011-11912-02002)

“접수일자 : 2011년 11월 23일, 수정완료일자 : 2011년 12월 8일, 최종게재확정일자 : 2011년 12월 15일”

하지만 무선 이동통신 기술의 성장으로 인해 무선 주파수 이용 포화 현상이 발생하고 있으며, 무선 이동통신 특성으로 인해 수신기에서 송신기를 식별하는 과정에서 발생하는 인접코드 간섭과 다중경로 간섭이 일어나는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방편으로 송·수신간 간섭을 제거하는 확산코드들의 상관특성을 이용하고 있다[3].

기존의 확산코드는 코드간의 침동기가 조금이라도 어긋난 환경에서는 직교특성이 붕괴되기가 쉬워 시스템상에서 BER(Bit Error Rate) 성능에 열화가 일어난다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위해서 본 논문에서는 자기상관특성에서 직교성이 우수한 Golay 코드[4]와 Kasami 코드[5], Ternary ZCD[6]의 성능을 비교하여 효율성이 좋은 확산코드를 확인하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 Golay 코드 특성을 설명하고 3장에서는 Kasami 코드 특성, 4장에서는 Ternary ZCD 코드 특성을 설명하고, 5장에서는 모의실험을 통해 각 확산코드에 대한 성능을 비교 및 분석한다. 6장에서는 본 논문을 결론을 맺는다.

II. Golay 코드 특성

Golay 코드는 같은 길이의 서로 보완이 되는 상보적인(Complementary) 한 쌍의 이진 코드로 구성되어 있다. 상보적인 수열은 두 종류의 원소로 구성된 유한개의 수열들의 집합들로 이루어져 있으며 각 수열들은 같은 길이를 가진다. 길이 N 인 상보적인 수열들을 $a_1(n), a_2(n), \dots, a_M(n) (n = 0, 1, 2, \dots, N-1)$ 라 고 한 후 이 수열들의 자기 상관함수들의 합은 식(1)과 같다.

$$\sum_{l=1}^M \Psi_{a_l}(k) = \Psi_{a_1}(k) + \Psi_{a_2}(k) + \dots + \Psi_{a_M}(k) = MN\delta(k) \quad (1)$$

골레이 코드는 $M=2$ 이고 각 수열들이 +1과 -1로만 이루어진 상보적인 수열로 구성되며, 따라서 한 쌍의 골레이 코드 $a_1(n), a_2(n)$ 은 식(2)와 같은 자기상관 함수의 합을 갖는다.

$$\sum_{l=1}^2 \Psi_{a_l}(k) = \Psi_{a_1}(k) + \Psi_{a_2}(k) = 2N\delta(k) \quad (2)$$

예로써, 길이가 4인 골레이 코드 한 쌍과 자기 상관 함수의 합은 다음과 같다.

$$a_1(n) = [1111-1], a_2(n) = [11-11], 0 \leq n \leq 3$$

$$\sum_{l=1}^2 \Psi_{a_l}(k) = \Psi_{a_1}(k) + \Psi_{a_2}(k) = 8\delta(k) \quad (3)$$

실제로 사용되는 골레이 코드는 식(4)와 같다.

$$a_1(t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_1(n)\delta(t-nT)$$

$$a_2(t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_2(n)\delta(t-nT) \quad (4)$$

길이가 4인 골레이 코드를 나타내면 그림 1.과 같다.

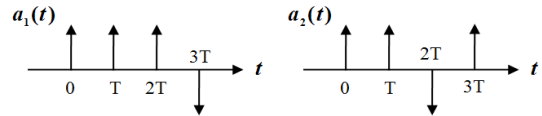


그림 1. 한 쌍의 골레이 코드

실제로 사용하는 골레이 신호는 식(5)와 같이 변조함수 $m(t)$ 를 이용하여 나타 낼 수 있다.

$$g_{a_1}(t) = a_1(t) * m(t)$$

$$g_{a_2}(t) = a_2(t) * m(t) \quad (5)$$

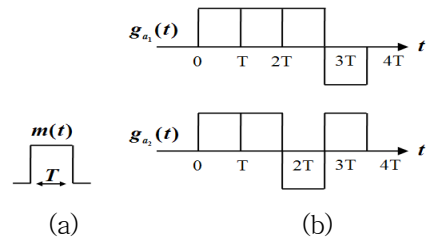


그림 2. 골레이 신호 : (a) 주기 T인 사각 창 함수, (b) 골레이 신호 한 쌍

골레이 신호는 스위칭 펄서(pulser)로 발생시켜 $m(t)$ 를 그림 2(a)와 같이 폭이 T인 사각 창(rectangular window)함수로 나타낼 수 있고, 발생된 골레이 신호 한 쌍은 그림 2(b)와 같다.

III. Ternary ZCD 코드 특성

Ternary ZCD 코드는 일정한 시간구간동안 연속적인 직교특성을 갖는 ZCD(Zero Correlation Duration)확산코드를 기반으로 한다.

기존의 제로상관구간을 가진 2진 확산코드는 임의의 주기 N 의 2진 수열, $S_N^{(x)} = (s_0^{(x)}, \dots, s_{N-1}^{(x)})$ 와 $S_N^{(y)} = (s_0^{(y)}, \dots, s_{N-1}^{(y)})$ 가 존재할 때, 주기상관함수는 Shift τ 에 대해 식(6)과 같다.

$$\theta_{x,y}(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} S_n^{(x)} S_{(n+\tau, \text{mod } N)}^{(y)} \quad (6)$$

식(6)에서 $x = y$ 인 경우는 자기상관 함수(ACF)가 되고, $x \neq y$ 이면 상호상관 함수(CCF)가 된다.

Ternary ZCD 코드는 +1, -1, 0의 3개요소로 구성되어지며, $ZCD \leq (0.75N + 1)$ 을 만족하는 M개의 패밀리를 갖는 수열과 $(0.75N + 1)$ 의 ZCD 구간을 갖는 주기 ($N=4 \times 2n(n=1,2,3,\dots)$)의 TPP(Ternary Preferred Pairs)가 있다. 본 논문에서는 Ternary ZCD 패밀리를 이용하여 자기상관특성 성능을 실험하였으므로 Ternary ZCD 패밀리를 설명하고자 한다.

Ternary ZCD 패밀리를 수열의 짝은 $\{C_N^{(a)}, C_N^{(b)}\}$ 를 이용하여 Chip-shift시켜 구성할 수 있다. Chip-shift하는 동작을 T1이라고 하면, 주기적으로 1chip만큼 왼쪽으로 이동시켜 생성된 N 주기를 갖는 M Ternary ZCD 수열의 짝은 식(7)과 같이 표현된다.

$$\{C_N^{(a)}, C_N^{(b)}, T^\Delta[C_N^{(a)}], T^\Delta[C_N^{(b)}], T^{2\Delta}[C_N^{(a)}], T^{2\Delta}[C_N^{(b)}], \dots, T^{(k-1)\Delta}[C_N^{(a)}], T^{(k-1)\Delta}[C_N^{(b)}], T^{k\Delta}[C_N^{(a)}], T^{k\Delta}[C_N^{(b)}]\} \quad (7)$$

Δ 는 Chip-shift되는 자리 수를 의미하고 k는 수열에서 Chip-shift할 수 있는 최대 숫자이다. Δ 와 k는 $|(k+1)\Delta| \leq \lfloor \frac{3N}{8} + 1 \rfloor$ 을 만족하는데, 여기서 Δ 양수이고 k는 음이 아닌 정수가 된다. 생성된 수열의 M과 ZCD는 식(8)에 의해 구해진다.

$$M = 2(k+1) \text{ 이고 } ZCD = |2\Delta - 1RIGHT| \quad (8)$$

생성된 수열은 0.5의 ACF 피크값을 가진다. 예제를 들어 16chip 주기를 갖는 Ternary ZCD 코드의 ACF 특성에 대해 설명하면 다음과 같다.

① 예제 1

$4 \times 22 = 16$ 인 주기와 $ZCD=13$ 을 갖는 TPP는 식(9)와 같은 경우,

$$\begin{cases} C_{16}^{(a)} = (++zz-+zz--zz-+zz) \\ C_{16}^{(b)} = (+-zz--zz-+zz--zz) \end{cases} \quad \text{또는} \quad \begin{cases} C_{16}^{(a)} = (+-+zzzz---+zzzz) \\ C_{16}^{(b)} = (+---zzzz-+---zzzz) \end{cases} \quad (9)$$

로 표현 할 수 있다.

Ternary ZCD는 Zero Padding의 수를 변경하여 ZCD 구간을 조절할 수 있을 뿐 만 아니라 코드의 길이도 가변할 수 있다는 특징도 가지고 있다.

IV. Kasami 코드 특성

Kasami 코드는 Gold 코드에 의해 두 다항식의 곱

$h(x) = h_1(x)h_2(x)$ 에 의해 발생되므로 이들의 발생 구조가 매우 유사하다. 본 논문에서는 Kasami Large Set로 코드를 생성하였으므로 Kasami Large Set기준으로 설명하겠다.

Kasami Large Set인 $K_L(a, b, c)$ 는 m에 대해서 세 원시 다항식(primitive polynomial)의 곱 $h(x) = h_1(x)h_2(x)h_3(x)$ 에 의해 발생하는 주기 $N = 2^m - 1$ 인 수열 집합이다. $a = \{a_n\}$ 는 $h_1(x)$ 로 발생된 수열, $b = \{a_{f_n}\}$ 는 $h_2(x)$ 로 발생되거나 $\{a_n\}$ 을 $f = 1 + 2^{\lfloor (m/2)/2 \rfloor}$ 로 샘플한 수열, $c = \{a_{f'n}\}$ 는 $h_3(x)$ 로 발생되거나 $\{a_n\}$ 을 $f' = 1 + 2^{m/2}$ 로 샘플한 수열이라면 $K_L(a, b, c)$ 의 수열은 $a \oplus b \oplus c$ 로 얻어질 수 있다.

$m \equiv 2 \pmod{4}$ 의 경우 Kasami Large Set은 식(10)과 같다.

$$K_L(a, b, c) = \left\{ G(a, b), G(a, b) \oplus c, G(a, b) \oplus Tc, \dots, G(a, b) \oplus T^{2^{m/2}-2}c \right\} \quad (10)$$

여기서 $G(a, b)$ 는 Gold 수열 set이고, $G(a, b) \oplus T^i c$ 는 set $\{d \oplus c : d \in G(a, b)\}$ 로 표현된다.

$m \equiv 0 \pmod{4}$ 의 경우의 Kasami Large Set은 식(11)과 같다.

$$K_L(a, b, c) = \{ H(a, b), H(a, b) \oplus c, H(a, b) \oplus Tc, \dots, H(a, b) \oplus T^{2^{m/2}-2}c; b^{(0)} \oplus c, b^{(0)} \oplus Tc, \dots, b^{(0)} \oplus T^{(2^{m/2}-1)/3-1}c; b^{(1)} \oplus c, b^{(1)} \oplus Tc, \dots, b^{(1)} \oplus T^{(2^{m/2}-1)/3-1}c; b^{(2)} \oplus c, b^{(2)} \oplus Tc, \dots, b^{(2)} \oplus T^{(2^{m/2}-1)/3-1}c \} \quad (11)$$

$H(a, b)$ 는 Gold 수열 set이며, $H(a, b) \oplus T^i c$ 는 set $\{d \oplus c : d \in H(a, b)\}$ 이고 $b^{(k)}$ 은 샘플러 $f = 1 + 2^{(m+2)/2}$ 로 $T^k a$ 를 샘플링한 결과다. set $K_L(a, b, c)$ 의 크기는 $m \equiv 2 \pmod{4}$ 의 경우 $M = 2^{m/2}(2^m + 1)$ 이고, $m \equiv 0 \pmod{4}$ 의 경우 $M = 2^{m/2}(2^m + 1) - 1$ 이다.

Kasami Large Set 수열이 Small Set과 Gold 수열 Set의 두 집합을 부분집합으로 포함하지만, 상관특성의 상한은 $R_{\max} = 1 + 2^{(m+2)/2}$ 로서 Gold 수열과 동일한 것을 알 수 있다.

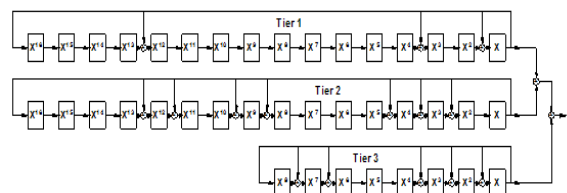


그림 3. Kasami 코드 생성기

그림 3과 같이 Tier1, 2, 3으로 나누어지며, Tier1을 고정시키고, Tier2, Tier3의 각각의 주기(Tier2: $2^{m/2} + 1$, Tier3: $2^{(m+2)/2} + 1$)만큼 왼쪽으로 순환시켜가면서 상호배타연산(Exclusive OR)시켜 결과값을 구한다.

생성기를 통해 생성된 Kasami 코드의 상관값은 항상 5개의 값을 가진다.

$$-t(n), -s(n), -1, s(n) - 2, t(n) - 2 \quad (12)$$

여기서 $t(n) = 1 + 2^{(n+2)/2}$, $s(n) = 1/2[t(n) + 1]$ 을 나타낸다.

V. 모의실험 및 성능평가

본 장에서는 2~4장에서 연구한 3개의 코드에 각각 자기 상관 특성을 보이고, 성능을 측정해 보았다. 성능 측정을 위해 PSLR(Peak to Sidelob Ratio), PSAR(Peak to Average Sidelob Ratio)로 도출하였다.

성능 측정을 위한 코드들의 Chip Length는 255chip(Kasami), 256chip(Ternary ZCD, Golay), 1023chip(Kasami), 1024chip(Ternary ZCD, Golay)로 성능 비교 하였다.

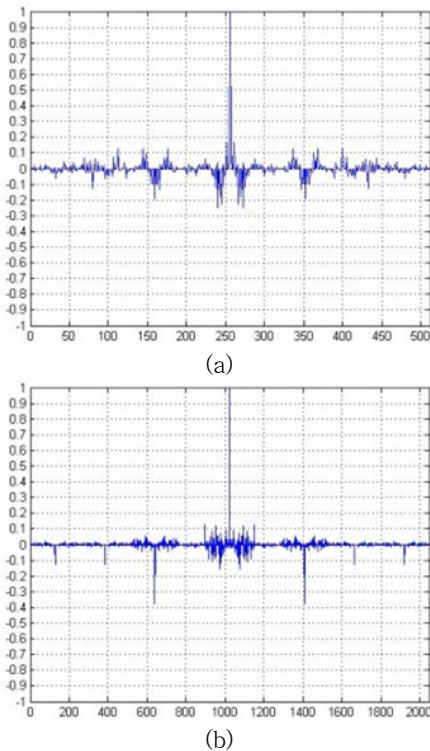


그림 4. Length 256(a), 1024(b)Chip인 Golay 코드의 ACF

성능 비교를 위해 각 코드의 그래프에서 도출한 데이터를 토대로 ACF의 성능측정기준으로 PSLR, PSAR을 사용하여 비교해 보았다. PSLR인 경우에는 ACF가 도출되었을 때, Peak의 주변 값들인 sidelobe들 중에서 최대값의 이격

거리 수치를 도출하게 되고, PSAR의 경우는 잡음값인 sidelobe들의 평균값과 Peak와의 이격거리 수치를 나타내는 방식으로 되어 식(14)와 같이 표현 할 수 있다.

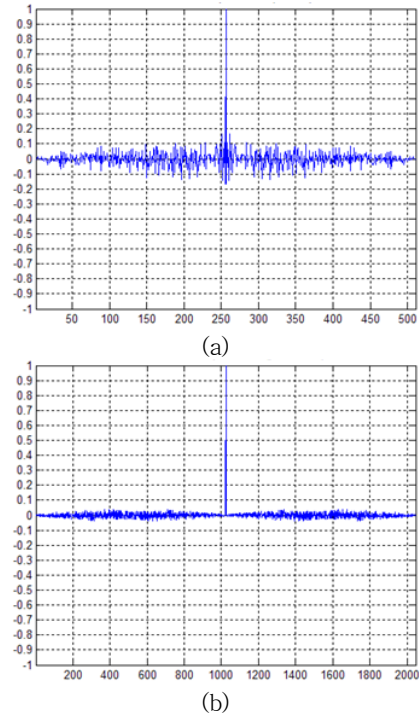


그림 5. Length 255(a), 1023(b)Chip인 Kasami 코드의 ACF

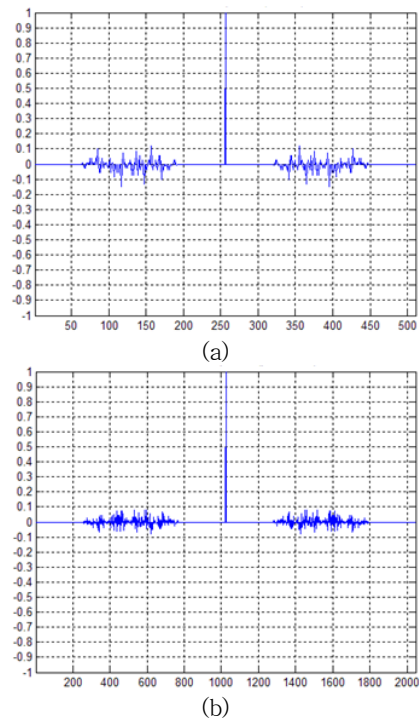


그림 6. Length 256(a), 1024(b)Chip인 Ternary ZCD 코드의 ACF

$$PSLR = \text{Mainlobe} / \text{Max}(\text{sidelobe})$$

$$PSAR = \text{Mainlobe} / \text{Average}(\sum(\text{sidelobe})) \quad (14)$$

식(14)를 이용하여 각 코드의 성능 수치를 표로 정리하였다..

표 1. Length 255, 256chip 성능비교

종류 분류	255, 256chip length		
	Golay	Kasami	Ternary ZCD
PSLR	4	7.75	6.73
PSAR	20.58	15.7	49.95

표 2. Length 1023, 1024chip 성능비교

종류 분류	1023, 1024chip length		
	Golay	Kasami	Ternary ZCD
PSLR	4	24.98	12.48
PSAR	62.01	52.69	110.7

성능 비교 결과 PSLR의 255, 256chip일 경우 Kasami 코드가 높은 수치가 나온것을 볼수 있고, PSAR은 Ternary ZCD 코드가 높게 나온것을 볼수 있다. 1023, 1024chip일 경우는 PSLR에서 마찬가지로 Kasami가 높게 나왔고, PSAR은 Ternary ZCD가 높게 나온것을 볼수 있다. 이러한 결과가 나온 이유는 Sidelobe가 전체적으로 Kasami 코드가 작기 때문에 PSLR에서 유리한것이고, Ternary ZCD 코드는 전체 Chip 구간에서 Zero 구간이 있기 때문에 평균값이 유리하게 나온 것이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 확산코드를 이용하여 T-DMB 재난방송에 데이터 전송 기술 향상을 위한 각 코드들의 자기상관 특성에 성능을 비교 분석해 보았다. 비교를 위해서 PSLR과 PSAR의 성능측정기준을 이용하였다. 비교 결과 PSLR에서는 Kasami 코드가 우세하게 나왔으며, PSAR에서는 Ternary ZCD 코드가 우수하게 도출되었다. 본 실험을 통해 T-DMB 재난방송 기술에 쓰일수 있는 적합한 확산코드는 Ternary ZCD 코드와 Kasami 코드임을 확인하였다. 향후 재난방송 분야에서 쓰일수 있게 좀더 다양한 코드를 연구하여 자기상관특성 뿐만이 아닌 상호상관특성이 우수한 효율적인 코드 도출 연구를 도출해야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] X. Wang, Y. Wu, and B. Caron, "Transmitter Identification Using Embedded Pseudo Random Sequences," IEEE Trans. Broadcast., 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 Trans. Consum. Elect., Vol.51, No.1, pp.41-47, Feb., 2005.

[3] Yu Wang, Zhenyao Zheng, "The research of Spread Spectrum in deep space communication", Informatics in Control, Automation and Robotics(CAR), vol. III, 2010, pp. 500-504.

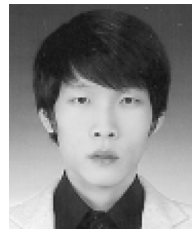
[4] Srdjan Budisin, "Golay Complementary Seq. Are superior to PN Seq.", IEEE, 1992.

[5] A.M.D. Turkmani, U.S. Goni, "Performance Evaluation of Maximal-length, Gold and Kasami Codes as Spreading Sequences in CDMA Systems", ICUPC93, IEEE, 1993.

[6] Jae-Sang Cha, Tsubouchi. K, "New ternary spreading codes with zero-correlation duration for approximately synchronized CDMA", ISIE 2001 IEEE International Symposium on, vol. I, 2001, pp. 312-317.

저 자

이 승 호 (SeungHo Lee) 정회원



2011년 : 을지대학교 의료전산학과 (공학사)
2011년~현재 : 서울과학기술대 NID 융합대학원 석사과정

<주관심분야> DMB, 디지털 신호처리, 디지털 방송 전송 기술, 대역확산 기술

이 용 태 (YongTae Lee) 정회원



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

<주관심분야 > DTV, DMB, 디지털라디오 시스템

김 건 (Geon Kim)

정회원



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

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

박 용 운 (YongWoon Park)

정회원



1996년 : 인하대학교 전기공학과
(공학사)
2004년 : 일본 東北대학교 전자공학과
(공학석사)
2007년 : 일본 東北대학교 전자공학과
(공학박사)

2007년~현재 : 삼성전기 중앙연구소 책임연구원

<주관심분야> Cognitive Radio, 60GHz 무선통신용 ADC,
무선통신기술

양 충 모 (ChungMo Yang)

정회원



1998년 : 경북대학교 대학원 공학석사
2004년 : 일본 東北대학교 전자공학과
공학박사
2004년~현재 : 삼성전기 중앙연구소
eMD Lab. 공정개발센터 책임
연구원

<주관심분야> 무선통신용 LSI, 무선통신시스템, 디지털
방송 전송 기술>

차 재 상 (JaeSang Cha)

정회원



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

<주관심분야> 디지털 방송 전송 기술, UWB, 홈네트워크
무선통신기술, 대역확산 및 이중 접속기술,
4세대 이동통신기술

김 완 식 (Wansik Kim)

정회원



1991년 : 건국대학교 전자공학과
(공학사)
1993년 : 건국대학교 전자공학과
(공학석사)
·2004년 : 건국대학교
전자정보통신공학과(공학박사)

현재 : (주)LIG넥스원 수석연구원

<주관심분야> RF/MW 및 밀리미터파 시스템/레이더 응용

조 주 필 (JuPhil Cho)

정회원



1991년 : 전북대학교 전자공학과
(공학박사)
2005년 : 한국전자통신연구원
선임연구원
·2009년~현재 : 국립군산대학교
전파공학과 교수

<주관심분야> OFDM, Wibro, Cognitive Radio, 차세대 무
선 LAN, PAN 기술, MIMO, AMC, MMR>