

일반논문-06-11-1-09

ATSC-DTV의 송신기 식별을 위한 워터마킹용 확산코드에 관한 연구

차재상^{a)}, 최성진^{a)}, 이선희^{a)}, 이광직^{a)}, 이용태^{b)}, 박구만^{a)†}

A Study of Spreading code for Watermarking of TxID of ATSC-DTV

Jaesang Cha^{a)}, SeongJin Choi^{a)}, Seonhee Lee^{a)}, KwangJik Lee^{a)}, Yongtae Lee^{b)}, and Goo Man Park^{a)†}

요 약

본 논문에서는 지상파 디지털 방송시스템의 단일 주파수망 (SFN; Single Frequency Network) 구성을 위해 DTV (Digital Television)의 TxID (Transmitter Identification)용 저간섭 ZCD (Zero Correlation Duration) 확산코드를 제시하였다. ZCD 확산 코드는 코드발생기의 구현이 용이함과 동시에 ZCD특성을 가짐으로 인해서, TxID에서 발생하는 인접코드 간섭 (ICI; Inter Code Interference) 및 다중경로 간섭 (MPI; Multi-Path Interference) 문제를 확산코딩기법을 이용하여 근원적으로 해결해주는 역할을 하고 있으며, 주기를 가변적으로 조절할 수 있어 TxID를 위한 워터마킹 (Watermarking)시에 발생하는 Truncated error 를 제거할 수 있다. 본 논문에서는 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 잡음 및 ICI, MPI와 같은 다양한 간섭환경을 모 의실험에 반영하여 도출된 DER (Detection Error Rate)특성을 분석함으로써, TxID용 저간섭 ZCD 확산코드의 유용성을 입증하였다.

Abstract

In this paper, we proposed a TxID(Transmitter Identification) system using ZCD (Zero Correlation Duration) code as interference-cancelled spread codes for single frequency network of ATSC terrestrial DTV broadcasting. ZCD codes are simply implemented and have ZCD characteristics. Then, Proposal system can fundamentally solve interference problems caused by ICI(Inter Code Interference) and MPI(Multi-Path Interference) which happens in TxID system using spread coding method. Also, those can cancel truncated error which happens at watermarking for TxID since those can remove its period. In this paper, we identified the availability of TxID system applying interference-cancelled ZCD codes by analyzing DER (Detection Error Rate) which is simulated in various interference environments such as AWGN, ICI, and MPI.

Keyword: DTV, ZCD, TxID, 워터마킹, 확산코딩기법

I. 서 론

최근, ATSC (Advanced Television System Committee) 기반의 DTV방식의 주파수이용 효율을 개선시키기 위한

SFN의 추진^[1]과 동시에 ATSC DTV 시스템에서의 간섭문제를 해결하기 위한 중요한 방편중의 하나로서 TxID 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[2][3]}.

TxID는 Distributed transmission이 고려되는 각 Tx (Transmitter)의 전송 데이터 스트림에 그림 1과 같이 각 Tx 별의사잡음코드 (PN; Pseudo Noise Code)를 낮은 진폭값의 형태로 만들어 워터마킹한 후, 수신단에서는 자기 상관 (Auto Correlation)조작을 통해 역확산시켜서 복원한 후

a) 서울산업대학교 매체공학과
Dept. of Media Engineering, Seoul National Univ. of Technology
b) 한국전자통신연구원(ETRI) 방송시스템연구그룹
Digital Broadcasting Research Division, Broadcasting System Dept., ETRI
* 본 논문의 일부성과물은 산업자원부 05년도 신기술실용화기술개발사업의 지원으로 이루어 졌습니다.
† 교신저자 : 박구만(gmpark@snut.ac.kr)

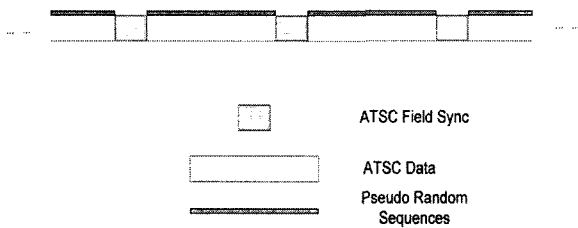


그림 1. 확산코드가 워터마킹된 ATSC-DTV신호의 예
Fig 1. An example of ATSC-DTV signal watermarked spreading code

피크치를 이용한 판별과정을 거쳐 각 Tx간 간섭을 제거하기 위한 기술로써, 그 성능은 이용되는 확산코드들의 상관특성에 절대적으로 의존하게 된다. 그러나 현재 제시된 워터마킹용 Kasami 확산코드^[4]는 상호상관의 특성은 다소 양호하지만 완벽한 제로 상호상관특성(직교특성)을 갖지는 못한다. 특히 DTV 전송 데이터에 끝부분이 절단된 (Truncated) 상태의 확산코드를 적용하는 기존의 제안 방법으로는 코드간 칩동기가 조금이라도 어긋난 환경 (예를 들면 셀 내 역방향 링크와 같은 다중역세스환경이나 셀 내 멀티패스환경과 같은 지연파 성분이 존재하는 실제적인 무선채널 환경)에서는 직교특성의 붕괴가 심하여 시스템 상에서 심각한 BER (Bit Error Rate) 성능의 열화가 야기된다고 판단된다. 따라서 이러한 단점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 일정시간 구간동안 ZCD 상관특성을 가지면서 Truncated error도 존재하지 않는 TxID용 저간섭 Ternary ZCD (Zero Code Correlation) 확산코드를 새롭게 제시하고, 제안코드의 유용성을 확인하고자 한다.

본 논문의 순서는 다음과 같이 구성하였다. 우선, 1절의 서론에 이어 2절에서는 본 연구에 적용할 Truncation error가 극소화된 워터마킹용 저간섭 확산코드인 ZCD 확산코드의 특성 및 생성법에 관해서 살펴본다. 이어서 3절에서는 DTV TxID를 위한 시스템 모델링을 한 후, 4절에서는 Ternary ZCD 코드기반의 TxID 성능분석을 위한 모의실험 환경을 설정한다. 다음으로 5절에서는 모의실험기반의 성능분석을 통한 유용성 검증에 관한 내용을 기술한다. 끝으로 6절에서는 결론을 내리고 본 논문의 끝을 맺는다.

II. DTV TxID를 위한 워터마킹용 저간섭 확산코드

1. 제로상관 특성을 갖는 ZCD 확산코드

임의의 주기 N의 2진 수열, $S_N^{(x)} = (s_0^{(x)}, \dots, s_{N-1}^{(x)})$ 및 $S_N^{(y)} = (s_0^{(y)}, \dots, s_{N-1}^{(y)})$ 가 존재할 때, 주기상관함수는 Time shift τ 에 대해서 다음과 같이 정의된다.

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

식(1)에서 $x=y$ 경우는 자기상관함수 (ACF; Auto Correlation Function)가 되며, $x \neq y$ 경우는 상호상관함수 (CCF; Cross Correlation Function)가 된다. 여기서 ACF의 사이드러브의 최대치와 CCF의 최대치 사이에는 Trade-off관계에 있다는 것이 증명되어 있다^[5]. 그러나 $\tau=0$ 을 주변으로 일정시간구간내에서는 연속적으로 ACF 사이드러브와 CCF가 0이 되게 하는 확산코드를 만드는 것이 가능하다. 이러한 연속적인 직교성이 유지되는 시간구간을 ZCD라고 정의한다. 이러한 ZCD특성은 특히 직교코드 시스템의 상향링크 (Up-link)에서 다중사용자간섭 (MAI; Multi Access Interference)이 없는 준동기구간을 확립하게 해준다는 사실이 몇몇 논문^{[6]-[8]}에서 밝혀져 있다. 그러므로 본 논문에서는 TxID시스템을 위해서 ZCD특성을 갖는 새로운 확산코드를 제시하고자 하는데, 이 경우에 ZCD라는 일정시간 구간동안에서는 연속적으로 확산신호간의 직교성이 유지되므로, 단일주파수내의 DTV시스템의 문제점인 신호 간 간섭이나 지연파 성분 등의 문제를 근원적으로 해결해줄 수 있다는 큰 이점을 갖는다.

2. DTV field 규격에 맞는 Watermarking용 ZCD 확산코드

본 절에서는 DTV TxID를 위한 DTV Field 규격에 적합한 Ternary ZCD 확산코드의 생성법을 소개한다.

참고문헌 [9]-[12]에 제시된 방법에 의해 64,896칩 (=0.25 Field time)의 주기를 갖는 DTV TxID용 TZPP (Ternary ZCD Preferred Pair)를 생성할 수 있는데, 그 생성식을 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 C_{64896}^{(A)} &= \pm \rho_c \times \{ABZ_i, A - BZ_i, ABZ_i, - ABZ_i, \\
 &\quad ABZ_i, A - BZ_i, - A - BZ_i, A - BZ_i, \\
 &\quad ABZ_i, A - BZ_i, ABZ_i, - ABZ_i, \\
 &\quad - A - BZ_i, - ABZ_i, ABZ_i, - ABZ_i, \\
 &\quad ABZ_i, A - BZ_i, ABZ_i, - ABZ_i, \\
 &\quad ABZ_i, A - BZ_i, - A - BZ_i, A - BZ_i, \\
 &\quad - A - BZ_i, - ABZ_i, - A - BZ_i, A - BZ_i, \\
 &\quad ABZ_i, A - BZ_i, - A - BZ_i, A - BZ_i\} \\
 C_{64896}^{(B)} &= \pm \rho_c \times \{CDZ_i, C - DZ_i, CDZ_i, - CDZ_i, \\
 &\quad CDZ_i, C - DZ_i, - C - DZ_i, C - DZ_i, \\
 &\quad CDZ_i, C - DZ_i, CDZ_i, - CDZ_i, \\
 &\quad - C - DZ_i, - CDZ_i, CDZ_i, - CDZ_i, \\
 &\quad CDZ_i, C - DZ_i, CDZ_i, - CDZ_i, \\
 &\quad CDZ_i, C - DZ_i, - C - DZ_i, C - DZ_i, \\
 &\quad - C - DZ_i, - CDZ_i, - C - DZ_i, C - DZ_i, \\
 &\quad CDZ_i, C - DZ_i, - C - DZ_i, C - DZ_i\}
 \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, ρ_c 는 처리이득 (Process Gain)을 보정해주는 계수^{[9]-[12]}이며, A, B, C, D는 DTV TxID용 확산코드를 생성하기 위한 기본 seed코드으로써, 512칩의 주기를 갖는 Binary ZCD 확산코드^{[6][7]}이다. 식(2)에서 $Z_i = 1004$ 개의 Zero들이며, ZCD 구간은 49,133칩이 된다. 즉, Ternary ZCD 확산코드는 Binary ZCD 확산코드의 패턴에 따라 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 이러한 확산코드들은 상호간에 ZCD구간을 갖는 코드셋으로 형성되어, 코드셋을 구성하는 코드들은 각각의 OCR (On Channel Repeater)에 할당될 수 있다. 이 경우 ZCD 구간 내에서는 코드간의 제로 상관특성이 연속적으로 유지되므로 ICI 및 MPI의 영향을 받지 않으며, 확산코드의 1주기가 정확히 0.25필드인 64,896칩이 됨으로써 Truncation error 또한 발생하지 않게 된다.

III. DTV TxID를 위한 시스템 모델링

DTV data field에 Ternary ZCD 확산코드 $x_i(n)$ 을 워터마킹하기 전과 후의 i 번째 송신기에서의 DTV 신호를 각각 $d_i(n)$ 와 $\hat{d}_i(n)$ 라 정의하면 식(3)과 같다^[3].

$$d_{i(n)}^{\hat{}} = d_{i(n)} + \rho x_{i(n)} \quad (3)$$

여기서 n 은 이산적인 신호의 값을 나타내며, ρ 는 삽입할 PN코드의 Gain 조절 계수로 DTV의 Field data의 정보 전송용 DTV신호보다 30dB 낮은 전력값을 갖는다^{[2][3]}.

이러한 식(3)의 DTV 신호가 i 번째 Tx로부터 송출되어 채널 h_i 를 거쳐서 수신기에 수신이 된다면, 이때 수신신호 r_i 는 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$r_i(n) = \hat{d}_i(n) \otimes h_i + w_i(n) \quad (4)$$

여기서, $w_i(n)$ 은 i 번째 송신기에 대한 잡음이며, 전체 수신 신호 $r(n)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$r(n) = \sum_{i=1}^T [\hat{d}_i(n) \otimes h_i + w_i(n)] \quad (5)$$

여기서, T는 송신기의 전체 수이다.

또한, 전송된 신호에 대한 상관함수의 도출을 통해 전송기의 위치 및 신호의 크기 등의 세부사항을 파악할 수 있다. 예를 들어, 식(1)에 의거하여 $r(n)$ 과 $x_j(n)$ 사이의 상호 상관 값은 식(6)과 같으며 i 번째 송신기의 전송 data의 존재 및 수신신호의 크기를 제공한다.

$$\begin{aligned}
 R_{rx_j}(k) &= \sum_{n=0}^{N-1} r(n)x_j(n-k) \\
 &= \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \sum_{i=1}^T \hat{d}_i(n) \otimes h_i + w_i(n) \right\} x_j(n-k) \\
 &= \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \sum_{i=1}^T [(d_i(n) + \rho x_i(n)) \otimes h_i + w_i(n)] \right\} x_j(n-k) \\
 &= \rho R_{x_j} \otimes h_j + \sum_{i=1, i \neq j}^T \rho R_{x_i} \otimes h_i \\
 &\quad + \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{i=1}^T [d_i(n) \otimes h_i + w_i(n)] x_j(n-k)
 \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 N은 본 시스템에서 활용되는 Ternary ZCD 확산코드의 한 주기이며, 선택된 Ternary ZCD 확산코드가 직교

할 때, R_{x,x_j} 는 Kronecker delta 함수에 접근한다. 결과적으로, 식(6)의 우측 첫 번째 요소인 $\rho R_{x,x_j}$ 는 ρh 로 근사화되며, 두 번째와 세 번째 요소들은 동일 Tx 또는 다른 Tx들의 DTV신호로부터 송출되는 잡음과 유사한 시퀀스가 된다. 그러므로 j 번째 Tx로부터 수신된 채널 응답 h_j 는 R_{x,x_j} 로 근사화될 수 있다. 따라서 R_{x,x_j} 는 식(7)과 같다.

$$R_{x,x_j} = Ah_j + noise \quad (7)$$

여기서 A 는 R_{x,x_j} 와 Gain 계수 ρ 에 의해 결정되는 상수이며, j 번째 송신기로부터 수신된 채널 응답 h_j 역시 R_{x,x_j} , ρ 와 마찬가지로 쉽게 구해질 수 있다. 한편, 본 논문에서 제시한 TxID시스템은 "제로상관 구간(ZCD)" 특성이 유지됨으로써, 식(6)에서 기술된 상관관계의 수식 안에서 TxID용 코드 상호간에 상호상관특성이 영(0)이 되어 ICI와 MAI의 영향을 받지 않는다는 특성을 가진다. 즉, ICI 및 MPI가 ZCD 구간 내에 존재하는 경우, 본 논문에서 제시한 Ternary ZCD 확산코드기반의 DTV TxID 기법은 다양한 간섭신호의 영향을 확산코딩의 직교특성만으로 완벽하게 제거할 수 있다는 특징을 갖게 된다.

IV. 모의실험

1. 모의실험 환경

본 절에서는 제안한 Ternary ZCD 확산코드기반의 DTV TxID의 유용성을 증명하기 위하여 여러 가지 간섭을 고려한 모의실험 환경을 제시하였다. 그림 2는 Tx 1번~3번의 셀 반경 내에 수신기가 존재할 경우의 DER (Detection Error Rate)을 판단하기 위해 구성한 것이다.

본 모의실험을 위하여 40km의 셀 반경을 갖는 Tx 3개와 ICI를 고려하여 12km의 셀 반경을 갖는 3개의 OCR, MPI를 발생시키는 3개의 Reflector를 고려하여 그림 2와 같은

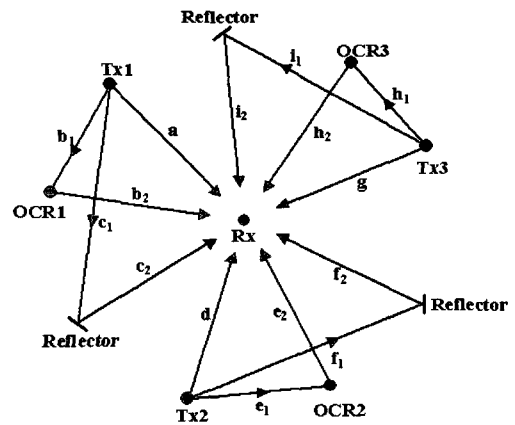


그림 2. Small cell system
Fig 2. Small cell system

Small cell system을 구성해 보았다. 이와 같은 환경에서 수신기는 자신이 속한 Cell 및 인접 Cell 내에 있는 전송기 및 OCR로 인하여 ICI의 영향을 받는다.

모의실험에 있어서 수신기는 Tx 1의 신호를 받기로 되어 있다고 가정하면 Tx 2, 3과 OCR 1번부터 3번에서 전송되는 신호, Reflector에 의해 발생하는 다중경로신호는 모두 간섭성분으로 간주한다. 본 모의실험에서 사용된 모의실험용 파라미터들을 정리하면 다음 표 1과 같다.

표 1. 모의실험용 파라미터들^[14]
table 1. Simulation parameters^[14]

경로	전송거리 (km)	경로손실 (dB)	전송시간 (μs)
a	27	128.5	90
b ₁	15	117.5	50
b ₂	33	156.8	110
c ₁	14	116.8	46.67
c ₂	17	119.2	56.67
d	31	129.5	103.3
e ₁	16	119.2	53.33
e ₂	28	145.3	93.33
f ₁	13	115.5	43.33
f ₂	20	123.3	65.67
g	29	129.1	96.67
h ₁	14	116.8	46.67
h ₂	25	144.2	83.33
i ₁	17	119.2	56.67
i ₂	19	121.8	63.33

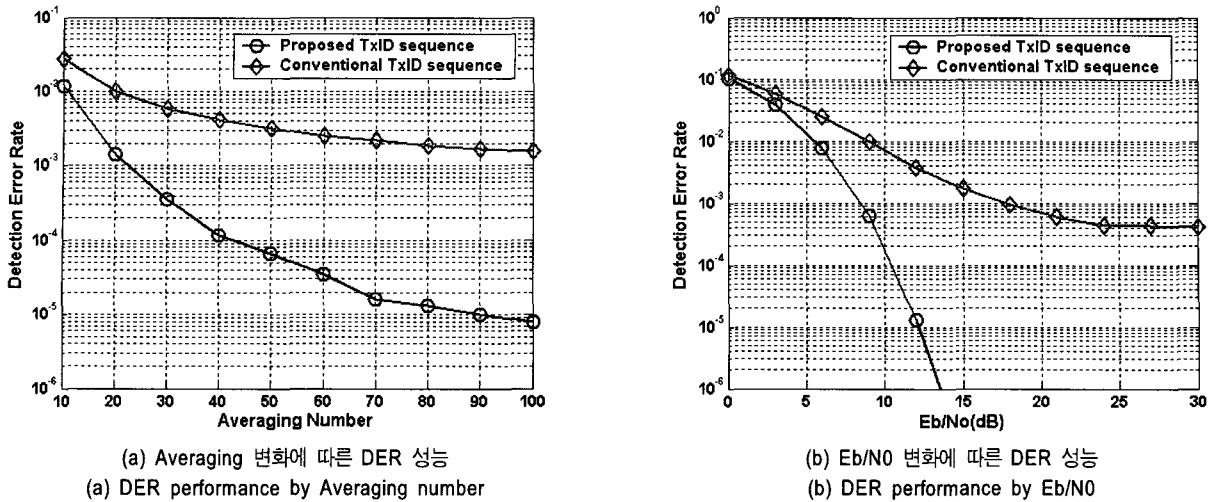


그림 3. ZCD 확산코드와 Kasami 확산코드의 비교
Fig 3. Competition of ZCD and Kasami spreading code

2. 모의실험 결과

본 절에서는 앞 절에서 설정한 모의실험 환경을 반영했을 때의 DER 결과의 분석을 통해 제안한 Ternary ZCD 확산코드기반의 DTV TxID 기법에 대한 유용성을 입증하고자 한다.

그림 3은 Truncated Kasami 확산코드와 본 논문에서 제안한 Ternary ZCD 확산코드의 Averaging 변화 및 Eb/N0 변화에 따른 DER 성능에 대한 컴퓨터 모의실험 결과를 나타내고 있다.

그림 3의 (a)에서 Averaging 횟수 80을 기준으로 Ternary ZCD 확산코드의 DER은 1.3×10⁻⁵로서 DER이 10⁻⁵에 근접한 반면, Truncated Kasami 확산코드의 DER은 1.69×10⁻³로서 10⁻³에도 이르지 못하고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 이 경우 제안한 확산코드가 기존의 Truncated Kasami 확산코드보다 130배 더 좋은 성능을 가짐을 알 수 있다.

그림 3의 (b)는 Eb/N0의 변화에 따른 DER을 표시한 것으로, DER이 10⁻³을 기준으로 Ternary ZCD 확산코드의 Eb/N0는 8.44dB이고 Truncated Kasami 확산코드의 Eb/N0는 17.64dB로서 Ternary ZCD 확산코드가 기존의

Truncated Kasami 확산코드보다 DER이 10⁻³에서 Eb/N0가 약 9.20dB정도가 좋다는 것을 확인할 수 있다. 또한, Truncated Kasami 확산코드의 DER은 Eb/N0가 20dB이상에서는 DER이 줄지 않고 오히려 발산해버리는 결점을 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 이는 ICI의 영향이 심한 곳에서 Truncated Kasami 확산코드를 사용할 경우는 TxID에 대한 DER 성능에 큰 한계성이 있음을 명확히 보여주는 결과이다. 이러한 다양한 성능분석 결과를 통해서 본 논문에서 제안한 저간섭 Ternary ZCD 확산코드기반의 TxID 기법이 Truncated Kasami 확산코드기반의 TxID 기법에 비해 우수한 성능을 가짐을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 Kasami 확산코드를 이용한 기존의 워터마킹 TxID기법과 확산코드들 간의 직교특성이 우수한 코드인 Ternary ZCD 확산코드의 특성 및 생성법에 관하여 알아보았다. 앞에서도 언급하였듯이 기존의 DTV TxID의 워터마킹용 PN코드로 제시된 Kasami 확산코드는 직교하는 한 점 이외의 구간에서는 상호상관 값이 존재하고, DTV

data 신호에 삽입되는 과정에서 Truncated error를 발생하기 때문에, ICI 및 MPI환경에서 직교성의 붕괴가 심하게 일어난다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위한 하나의 대안으로 일정시간구간 안에서 연속적으로 ZCD 특성을 갖는 확산코드인 DTV TxID용 Ternary ZCD 확산코드를 제안하였으며, AWGN 및 ICI, MPI와 같은 다양한 간섭환경을 모의실험을 행하고 도출된 결과를 분석함으로써 제안한 확산코드의 간섭완화 능력을 입증하고 그 유용성을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] 박성익, 이용태, 김홍목, 음호민, 서재현, 김승원, "지상파 방송의 단일 주파수 방송망 구성을 위한 기술", 전자통신동향분석 제19권 제4호, Aug. 2004.
 [2] Advanced Television Systems Committee, "Working Draft Recommended Practice: Design Of Multiple Transmitter Networks", Doc. T3S9-222r10_clean, May 2004.
 [3] X. Wang, Y. Wu, B. Caron, "Transmitter identification using embedded pseudo random sequences", IEEE Transaction on broadcasting, Vol. 50, No. 3, pp. 244-252, Sept. 2004.
 [4] T. Kasami, "Combinatorial Mathematics and Its Applications", chapter on Weight distribution of Bose-Chaudhuri-Hocquenghem codes. Chapel Hill, NC: Univ. of North Carolina Press, 1969.
 [5] P. Fan and M. Darnell, "Sequence Design for Communications Applications", Research Studies Press LTD, England, 1996.

[6] J.S. Cha, S. Kameda, K. Takahashi, M. Yokoyama, N. Suehiro, K. Masu and K. Tsubouchi, "Proposal and Implementation of Approximately Synchronized CDMA System Using Novel Biphase Sequences", Proc. ITC-CSCC '99, Sado Island, Japan, Vol. 1, pp. 56-59, May 1999.
 [7] J.S. Cha, S. Kameda, M. Yokoyama, H. Nakase, K. Masu and K. Tsubouchi, "New binary sequences with zero-correlation duration for approximately synchronized CDMA", IEE Electronics Letters, Vol. 36, No. 11, pp. 991-993, May 2000.
 [8] P.Z. Fan, N. Suehiro, N. Kuroyanagi and X.M. Deng, "Class of binary sequences with zero correlation zone", IEE Electronics Letters, Vol. 35, No. 10, pp. 777-779, May 1999.
 [9] J.S. Cha and K. Tsubouchi, "New ternary spreading codes with zero-correlation duration for approximately synchronized CDMA", Proc. IEEE ISIE 2001, Vol. 1, pp. 312-317, Jun. 2001.
 [10] J.S. Cha, "Class of ternary spreading sequences with zero correlation duration", IEE Electronics Letters, Vol. 37, No. 10, pp. 636-637, May 2001.
 [11] J.S. Cha, S.I. Song, S.Y. Lee, M.G. Kyeong and K. Tsubouchi, "A class of zero-padded spreading sequences for MAI cancellation in DS-CDMA systems", Proc. IEEE VTC 2001, Vol. 4, pp. 2379-2383, Oct. 2001.
 [12] J.S. Cha, S.Y. Choi, J.W. Seo, S.Y. Lee and M.C. Shin, "Novel Ternary ZCD Codes With Enhanced ZCD Property and Power-efficient MF Implementation", Proc. IEEE ISCE 2002, Vol. 1, pp. F117-122, 2002.
 [13] D.V. Sarwate and M.B. Pursley, "Cross Correlation Properties of Pseudorandom and Related sequences", Proc. IEEE, Vol. 68, No. 5, pp. 593-619, May 1980.
 [14] 차재상 "지상파 DTV 채널 모델링 연구", 한국전자통신연구원 2002년도 위탁과제 최종연구보고서, Nov. 2002.

저 자 소 개



차 재 상

- 1991년 : 성균관대학교 전기공학과(공학사)
- 1997년 : 성균관대학교 전기공학과(공학석사)
- 2000년 : 일본 東北(Tohoku)대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 10월~2002년 09월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원
- 2002년 03월~2005년 08월 : 서경대학교 정보통신공학과 교수
- 2005년 10월~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수
- 주관심분야 : 유무선통신시스템, 디지털방송전송기술

 저 자 소 개

**최 성 진**

- 1982년 : 광운대학교 전자공학과(공학사)
- 1984년 : 광운대학교 전자공학과(공학석사)
- 1991년 : 광운대학교 전자공학과(공학박사)
- 1992년~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수
- 주관심분야 : 3차원영상, 영상통신

**이 선 희**

- 1978년 : 동국대학교 전자공학과(공학사)
- 1982년 : 동국대학교 전자공학과(공학석사)
- 1990년 : 동국대학교 전자공학과(공학박사)
- 1990년~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수
- 주관심분야 : 음향공학, 전자공학

**이 광 직**

- 1971년 2월 : 동국대학교 전자공학과 학사
- 1981년 2월 : 동국대학교 전자공학과 석사
- 1982년~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수
- 주관심분야 : 영상공학, 방송기기, 전자회로

**이 용 태**

- 1993년 : 한국항공대학교 항공전자공학과 공학사
- 1995년 : 한국항공대학교 항공전자공학과 공학석사
- 2002년 8월~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 1995년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 선임연구원
- 주관심분야 : RF 신호처리, 디지털 신호처리, DTV 전송시스템

**박 구 만**

- 1984년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1986년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1991년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년 3월~1996년 8월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1996년 9월~1999년 7월 : 호남대학교 전자공학과 조교수
- 1999년 8월~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 부교수
- 2003년 1월~현재 : 한국방송공학회 학회지편집위원
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오부호화, 디지털TV, 멀티미디어통신, 차세대네트워크