

이진 ZCD확산코드를 이용한 저간섭 CDMA시스템에 관한 연구

(A Study of the Interference-Cancelled CDMA System
Using Binary ZCD Spreading Codes)

차재상*

(Jae-Sang Cha)

요 약

본 논문에서는, 구내용 저간섭 무선통신설비용 시스템으로서 이진 ZCD(zero-correlation duration) 확산코드를 이용한 저간섭 CDMA(code division multiple access)시스템을 제시하였다. 이진 ZCD확산코드는 확산코드의 주기가 N인 경우 그 값이 4부터 2의 배수로 계속 확장이 가능하기 때문에 코드발생기의 구현이 용이함과 동시에 ZCD 특성을 가짐으로 인해서, CDMA무선통신 시스템을 구내용 무선설비로 사용할 경우에 발생하는 다중접속 및 다중 경로로 인한 간섭문제를 확산코딩기법을 이용하여 근원적으로 해결해주는 역할을 한다. 본 논문에서는 제안한 이진 ZCD확산코드기반의 구내용 저간섭 CDMA시스템의 간섭완화 성능을 확인하기 위하여, AWGN(additive white gaussian noise) 및 MAI(multiple access interference), MPI(multi path interference)와 같은 잡음 및 다양한 간섭 환경하에서의 BER(bit error rate)특성을 정량적으로 분석하고, 모의실험을 통해 제안시스템의 간섭완화 능력을 입증하였다.

Abstract

In this paper, Interference-Cancelled CDMA system using binary ZCD spreading codes is introduced. Proposed Interference-Cancelled CDMA system can be usefully used for the intra-cellular Interference-Cancelled wireless communication systems. Binary ZCD spreading code sets have various sequence period and family sizes and the ZCD properties of them are very effective for Interference-cancelled CDMA Systems. In this paper, we mathematically analyzed the system performance of our proposed Interference-Cancelled CDMA system in the AWGN channel and various interference environments such as MAI and MPI. Furthermore, using the BER performance simulation we certify the available interference cancellation properties of the proposed system.

Key Words : Interference, Wireless communication, ZCD, CDMA, spreading code, interference

1. 서 론

CDMA통신시스템은 확산코드간의 직교성을 이용한 다중접속시스템으로서, 최근에는 IS-95 및 IMT-2000과 같은 디지털 셀룰러 이동통신시스템은 물론이고, WPAN(wireless personal area network)

* 주저자 : 서경대학교 정보통신공학과 전임강사

Tel : 02-940-7468, Fax : 02-940-7468

E-mail : chajs@skuniv.ac.kr

접수일자 : 2004년 5월 11일

1차심사 : 2004년 5월 17일

심사완료 : 2004년 6월 3일

과 같은 구내용 무선 홈네트워크설비용 다중접속 기술[1]로서도 활발하게 이용되고 있다. 이러한 CDMA 방식의 다중접속시의 시스템의 비트오율(BER; Bit Error Rate) 성능은 다중화에 적용되는 확산코드들의 상관특성에 절대적으로 의존하므로 상관특성이 우수한 확산코드의 개발 및 적용기술의 연구는 CDMA시스템의 전송용량 증대 및 성능향상을 위해서 절실하다고 할 수 있다. 한편, 현재까지 주로 상용화가 진전된 IS-95 및 IMT-2000용 시스템의 경우, 확산코드로서 하다마드-왈쉬(hadamard-walsh)코드 또는 하다마드-왈쉬코드의 변형형인 OVSF(orthogonal variable spreading factor)코드[2] 등이 데이터 및 유저채널 구분용으로 사용하고 있으나, 이들 확산코드들의 직교특성은 코드간의 동기가 확립된 시점에서만 유지된다는 한계점을 가진다. 그러므로 이러한 한계성은 다중접속간섭(MAI; multiple access interference)이나 멀티패스에 의한 지연과가 발생하는 실제적인 무선채널환경에서는 심각한 BER(bit error rate)성능의 열화를 유발시킨다. 이러한 BER성능의 열화문제는 주원인이 종래의 확산코드들의 직교성붕괴현상에 기인하므로 근본적으로 새로운 확산코딩기법이 절실함에도 불구하고, 지금까지는 주로 코드와는 관련없는 MUD(multi user detection)기술과 같은 간섭제거기술로서 이 문제를 해결하려는 시도들이 많았다[3]. 그러나 이들 간섭제거기술들은 하드웨어 구현상의 어려움이나 시스템의 복잡도를 증가시킨다는 면에서도 실용화상의 큰 부담을 주고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 CDMA용 확산코드의 직교성 상실에 따른 성능열화현상은 새로운 확산코딩기법을 이용하여 원천적으로 해결하는 것이 효율적이라는 사고의 토대 위에서, 2진 ZCD(zero correlation duration)확산코드를 이용하는 저간섭 CDMA시스템의 구현기술을 제시한다. 본 연구에서는 종래의 상용화된 CDMA시스템은 대부분 그대로 유지시키고 하드웨어적으로 복잡한 MUD기술을 적용하지 않고, 종래의 확산코드모듈을 제로상관구간특성을 가지는 2진의 ZCD코드로 치환하여 시스템이 간단하면서도 간섭완화성능은 크게 향상된 저간섭 CDMA시스템의 구현알고리즘을 제시하고 시스템의 BER성능분석을

통하여 그 유용성을 명확히 밝히고자 한다.

2. ZCD특성 및 이진 ZCD확산코드

2.1 ZCD의 특성 및 잇점

두 개의 확산코드 $S_N^{(x)} = (s_0^{(x)}, \dots, s_{N-1}^{(x)})$ 과 $S_N^{(y)} = (s_0^{(y)}, \dots, s_{N-1}^{(y)})$ 의 시간 τ 에 대한 주기 상관은 식(1)과 같이 정의된다.

$$\theta_{x,y}(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} s_n^{(x)} s_{n+\tau}^{(y)} \quad (1)$$

여기서 N 는 확산코드의 1주기이며, \oplus 는 modulo N 연산을 의미하고, $x=y$ 일 경우 이 수식은 자기상관함수(ACF)가 되며, $x \neq y$ 일 경우 상호상관함수(CCF)가 된다. ZCD(zero-correlation duration)[4]라는 것은 $\tau=0$ 주변의 특정시간 영역이내에서 연속적으로 θ_{xx} 와 θ_{yy} 가 0이 되는 시간구간을 의미한다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 ZCD특성을 갖는 확산코드를 이용한 CDMA시스템인 ZCD-CDMA시스템을 제시하고자 하는데, ZCD-CDMA시스템의 경우에는 ZCD라는 일정시간 구간동안에서는 연속적으로 확산신호간의 직교성이 유지되므로, IS-95나 IMT-2000과 같은 종래의 왈쉬코드기반의 CDMA시스템의 고질적인 문제점인 MAI 및 MPI의 문제를 근원적으로 해결해줄 수 있다는 큰 잇점을 갖는다.

2.2 이진 ZCD확산코드

본 논문에서는 ZCD-CDMA시스템을 구성하기 위한 ZCD확산코드로서 본 저자가 생성법[4]-[7]을 제시한 이진 ZCD확산코드를 이용한다. 이진 ZCD확산코드는 코드의 레벨이 이진으로서 코드발생기의 하드웨어적인 구현이 용이하면서도, $(0.5N+1)$ 칩이라는 최대 ZCD구간을 갖는다는 특성을 가지고 있다. 그림 1에서는 주기가 64칩인 이진 ZCD확산코드가 갖는 ZCD특성을 도시하였다.

그림 1에서 보듯이 $N=64$ 일 경우, $(0.5 \times 64 + 1)$ 에 해당하는 33칩 구간동안 ACF의 사이드러브와 CCF가 연속적으로 0의 값이 되는 ZCD특성이 유지되는 것을 확인할 수 있다. 이하에서는 다양한 이진 ZCD코드들 중에서 예로서, 본 논문에서 사용한 $S_{64}^{(a)}, S_{64}^{(b)}$

의 주기 64칩의 이진ZCD코드 페어와, 6개의 코드로 이뤄진 주기 32칩의 이진ZCD코드세트를 나타냈다. 여기서 +는 1, -는 -1을 의미한다.

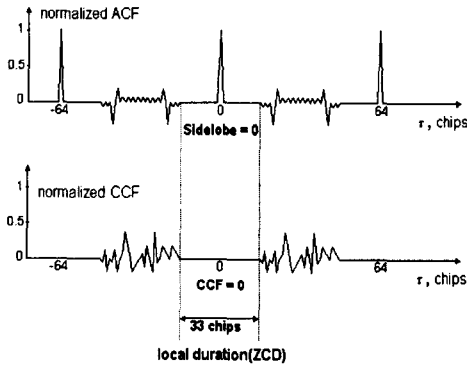


그림 1. 이진 ZCD 코드의 ZCD특성의 예

예 1) 주기64칩의 이진ZCD코드 페어

$$\begin{cases} S_{64}^{(a)} = c d c - d c d - c d c d c - d - c - d c - d \\ S_{64}^{(b)} = u v u - v u v - u v u v u - v - u - v u - v \end{cases}$$

여기서, $u = (- - - +)$, $v = (- - + -)$,
 $c = (- + - -)$, $d = (- + + +)$

예 2) 주기32칩의 이진ZCD코드 세트

- $M_1 = (- - + - + + - + + - + + + + -$
 $+ + - + - - - + + - + + + + -)$
- $M_2 = (- + + + + - + + + - - + + + +$
 $+ - - - - + - + - - - + - + +)$
- $M_3 = (- + + + + - + + - + + + + - + +$
 $+ - - - + + + + - + + + + - - +)$
- $M_4 = (+ - + + + - - - + - + + + + -$
 $- - + - - - - - - + - + + + +)$
- $M_5 = (+ + + + - + + + + - + + - -$
 $- + + + - + + + + - + + - + +)$
- $M_6 = (+ + + + - - - + + + + - - - + +$
 $- - + - - - - + - + + - + + + -)$

3. 저간섭 CDMA 시스템의 모델링

저간섭 CDMA시스템에서 코드 주기 n 을 갖는 각 유저용 확산코드 $a^k(t)$ 는 저간섭 ZCD확산코드로서 식(2)와 같이 주어진다.

$$a^k(t) = \sum_{n=0}^{N_r-1} a_n^{(k)} p_{T_c}(t - nT_c) \quad (2)$$

여기서 $k=0, \dots, K-1$ 이며, K 는 총 유저수, T_c 는 1개의 칩구간, $a_n^{(k)} \in \pm 1$ 는 k 번째 유저의 확산코드의 칩용 부호이며, p_{T_c} 는 직각펄스로서 $0 \leq t < T_c$

동안만 칩이 1이 되고 나머지구간에서는 0이 되게 한다. 이진 ZCD 확산코드 $a^k(t)$ 는 k 번째 유저의 전송 데이터심볼 $b^k(t)$ 를 확산시켜서 식(3)과 같은 확산 신호 $s^k(t)$ 를 생성한다.

$$s^k(t) = b^k(t) \sum_{n=0}^{N_r-1} a_n^{(k)} p_{T_c}(t - Nr \cdot T_c) \quad (3)$$

여기서, $0 \leq t < T_c$ 이며, 확산 신호의 진폭은 1로 가정하였고, Nr 은 확산코드의 주기, $b_n^{(k)} \in \pm 1$ 은 k 번째 유저를 위한 데이터 심볼, T_b 는 한 개의 데이터 심볼구간으로서 $T_b = Nr \cdot T_c$ 의 값을 가진다. 실제 데이터의 전송과정에서 발생하는 대역제한을 위하여 직각펄스형태의 확산코드의 칩은 펄스정형 (pulse shaping)된 신호 $Z(t)$ 로 대체하여 전송하게 된다. 정보데이터의 수열을 확산코드를 가지고 확산하는 경우에는 비트간의 동기나 K 명의 유저 상호간의 동기의 확립이 중요하며, 시스템전체의 전송신호 $s(t)$ 는 식(4)와 같이 된다.

$$s(t) = \sum_{k=0}^{K-1} s^k(t) \quad (4)$$

실질적인 CDMA이동통신시스템의 무선 전송 채널 환경하에서 전송신호는 다중접속 환경하에서 확산코드들의 직교특성 붕괴로 인해서 MAI(multiple access interference)와 다중경로에 의한 MPI(multi-path interference)를 겪게 된다.

수신단에서는 해석의 편의상, 다중경로페이딩에 의한 시간지연성분이 최단 경로 분해능 시간 T_m 의 정수배의 시각에 도달한다고 가정하면, 이때 MAI 및 MPI가 고려된 수신 파형은 식(5)과 같이 표현된다.

$$r(t) = \sum_{l=0}^{L-1} c_l^s s^s(t - lT_m - \tau^l) + \sum_{k=0}^{K-1} \sqrt{P_k} \sum_{l=0}^{L-1} c_l^k s^k(t - lT_m - \tau^l) + n(t) \quad (5)$$

여기서, 수식의 두 번째 항목은 MAI성분이며, L 은 MPI를 일으키는 다중 경로의 개수, c_l^k 는 l 번째 경로에서의 진폭이며, 다중 경로 지연은 $\tau^l = q_l T_m$ 로 기술되고, q_l 는 구간 $[0, N_r \cdot N_c - 1]$ 에서 균일하게 분포되는 정수이고, $n(t)$ 는 백색가우시안잡음 (AWGN : additive white gaussian noise)이며, $N_c = T_c / T_m$ 이다. 이때 경로지연은 $0 \leq \tau^l < T$,

의 범위에 존재하며 T_r 은 최대지연시간을 의미한다. 수신기는 하나의 심볼단위로 입력 $x(t)$ 에 대한 K 개의 유저별 확산코드의 1주기에 해당되는 참조신호를 이용한 정합필터의 출력을 수집해서 얻은 식(6)과 같은 통계 벡터 y 를 산출한다.

$$y = RWCb + n \quad (6)$$

여기서, 정규화된 특징 파형 벡터(Normalized Signature Waveform Vector)의 상호 상관 행렬(Cross-Correlation Matrix)은 식(7)과 같이 표현된다.

$$R = \int_0^{T_r} d(t) d^H(t) dt \quad (7)$$

이때, n 은 행렬 R 과 등가인 공변 행렬을 갖는 가우시안 0-평균 K -벡터이고, C 는 레일레이 무작위 변수의 다중 채널 행렬이다. 행렬 C 및 W 는 각각 다음의 식(8) 및 (9)로 표현되며, 벡터 d 는 식(10)과 같이 주어진다.

$$C = \begin{bmatrix} c^0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & c^1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \ddots & \dots \\ \dots & 0 & 0 & c^K \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$W = \begin{bmatrix} w^0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & w^1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \ddots & \dots \\ \dots & 0 & 0 & w^K \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$d(t) = [a_0^T(t) \ a_1^T \ a_k^T(t)]^T \quad (10)$$

여기서, $w^k = \sqrt{P_k} I_{L_k}$, $c_k = [c_k^0 \ c_k^1 \ \dots \ c_k^{L_k-1}]^T$ 이고, $a_k(t) = [a_k^0 z(t) \ a_k^1 z(t-T) \ \dots \ a_k^{L_k} z(t-(N_r-1)T)]^T$ 이다.

식(7)로 정의된 상호 상관 행렬 R 의 성분은 식(11)과 같이 표현될 수 있다.

$$R_{i,j} = \beta \rho_{i,j} = E\{\overline{d}(t) \overline{d}^H(t)\} \quad (11)$$

여기서, β 는 정규화된 처리 이득으로 결정되어지는 다양한 계수로 정의된다. 이진 코드를 위한 $\beta=1$ 이고, 삼진 코드를 위한 $\beta \leq 1$ 이 되며, $\overline{d}(t) = [p_0^T(t) \ p_1^T(t) \ \dots \ p_k^T(t)]^T$ 이다. 여기서, 파형 $P_k(t)$ 는 식(12)와 같이 표현된다.

$$p_k^T(t) = [\overline{s}_k(t) \ \overline{s}_k(t-T) \ \overline{s}_k(t-LT)] \quad (12)$$

여기서, $\overline{s}_k(t) = \sum_{n=0}^{N_r-1} a_n^k z(t-nT)$ 이다.

한편, 식(11)에서 알 수 있는 바와 같이, 본 논문에서 제시한 저간섭CDMA시스템은 "제로상관 구간(ZCD)" 특성이 유지되는 이진 ZCD확산코드를 이용하였으므로, ZCD 구간내에서는 확산신호들의 상호상관특성이 영(0)이 된다. 또한, MAI 및 MPI가 ZCD 구간 내에 존재하는 경우에는 본 논문에서 제시한 저간섭CDMA시스템은 이들 간섭신호의 영향을 확산코딩의 직교특성만으로 완벽하게 제거할 수 있다는 특징을 갖게 된다.

4. 저간섭 CDMA시스템의 BER 성능분석

본 절에서는 앞에서 제시한 저간섭CDMA시스템의 BER(bit error rate)성능이 하드웨어적으로 복잡한 MUD(multi user detection)기능을 이용하지 않고, 단순한 정합필터만을 이용하는 SUD(single user detection)환경하에서도 이진 ZCD확산코드의 간섭 제거능력에 힘입어 제로상관구간 이내에서는 MAI 및 MPI의 영향을 전혀 받지 않는다는 것을 정량적인 분석을 통해 입증하도록 하겠다.

4.1 정합필터만 적용되는 SUD환경에서의 BER성능

저간섭 CDMA시스템에서 AWGN 채널안의 k 번째 유저의 SUD환경하에서의 이론적인 BER[3]을 기술하면 식(13)과 같다.

$$P^k(\sigma) = \frac{1}{2} \sum_{n=1,1,1} \dots \sum_{n=1,1,1} \dots \sum_{n=1,1} Q\left(\frac{c_k}{\sigma} + \sum_{n \neq k} e_j \frac{c_k}{\sigma} \beta_{jn}\right) \quad (13)$$

여기서, $Q(x)$ 는 단위 정규화 변수의 상보적 누적 분포 함수이다. AWGN외에 MPI특성을 반영하는 레일레이 페이딩 채널까지 고려하여 BER을 표현하면 식(14)와 같다.

$$Q(x) = \int_x^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt \quad (14)$$

본 논문의 ZCD-CDMA 시스템의 BER성능은 다중접속에 이용된 확산코드 상호간에 제로상관구간 동안 연속적으로 직교성이 유지되므로 MAI가 존재하지 않는다. 그러므로 AWGN과 레일레이 페이딩

환경하에서의 BER 성능은 각각 다음의 식(15)와 (16)으로 표현될 수 있다.

$$P^k(\sigma) = \frac{1}{2} Q\left(\frac{c_k}{\sigma}\right) \quad (15)$$

$$P^{Fk}(\sigma) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{c_k}{\sqrt{\sigma^2 + c_k}}\right) \quad (16)$$

$Q(x)$ 함수는 변수 x 에 대한 단조롭게 감소하는 함수이므로, 제안한 알고리즘을 적용한 시스템의 BER 값은 MAI나 MPI환경하에서 코드간의 동기가 확립되는 한점에서만 직교성을 갖는 왈쉬확산 코드기반의 CDMA시스템에 비하여 항상 작은 값을 갖게 된다.

4.2 MUD를 적용한 경우의 BER 특성

본 논문에서 제안한 ZCD-CDMA 시스템에 MUD를 적용하게 되면 시스템의 BER 성능은 AWGN 환경에서 식(17)과 같이 표현될 수 있다.

$$P_d^k(\sigma) = \frac{1}{2} Q\left(\frac{c_k}{\sigma} \sqrt{1 - a_k^T R_k^{-1} a_k}\right) \quad (17)$$

여기서, a_k 는 대각 성분을 가지지 않은 행렬 R 의 k 번째 열이며, R_k^{-1} 는 행렬 R 에서 k 번째 행과 열을 제거한 $(K-1) \times (K-1)$ 행렬이다. ZCD-CDMA 시스템에서는 확산코드의 ZCD특성으로 인해서, $a_k^T R_k^{-1} a_k$ 는 영이 되므로 결국 시스템의 BER은 식(18)과 같이 된다.

$$P_d^k(\sigma) = \frac{1}{2} Q\left(\frac{c_k}{\sigma}\right) \quad (18)$$

즉, 식(18)의 오류확률은 SUD를 적용한 경우의 오류 확률을 나타내는 식(15)와 동일하다.

마찬가지로, 레일레이 페이딩 채널 환경하에서 MUD를 적용한 시스템의 BER 성능 역시 식(19)와 같이 표현되어 SUD를 적용한 경우의 오류 확률인 식(16)과 동일해짐을 확인할 수 있다.

$$P_d^k(\sigma) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\sigma^2}{c_k^2} \frac{1}{(1 - a_k^T R_k^{-1} a_k)}}}\right) \quad (19)$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{c_k}{\sqrt{\sigma^2 + c_k}}\right)$$

즉, 식(18), (19)를 통해서 본 논문에서 제시한 ZCD-CDMA시스템은 굳이 간섭제거기에 대한 하드웨어적인 구현이 어렵고 시스템이 복잡해지는 MUD

알고리즘을 적용하지 않고, 단순한 정합필터기반의 SUD시스템을 이용해도, 이진 ZCD확산코드의 ZCD 특성에 의해서 MAI나 MPI를 제거하여 동일한 BER 성능을 유지한다는 것을 확인할 수 있다.

5. 모의실험 결과

본 절에서는 4절에서 제시한 ZCD-CDMA시스템의 BER 성능을 검증하기 위하여, MPI 및 MAI가 반영된 전송채널 환경하에서 컴퓨터를 이용한 BER 성능에 대한 모의실험을 행하였으며, 그 결과를 그림 2와 그림 3에 나타냈다.

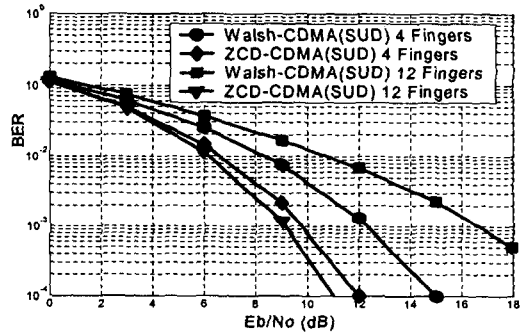


그림 2. ZCD-CDMA시스템과 Walsh-CDMA시스템의 MPI 환경하에서의 BER성능비교(1user multi-path, $N_r = 32$, Rake combining : equal gain combining(EGC))

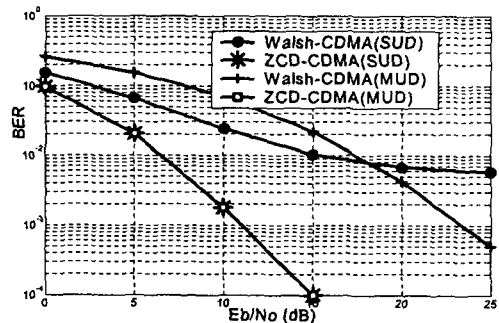


그림 3. ZCD-CDMA시스템과 Walsh-CDMA시스템의 MAI 및 MPI환경하에서의 BER성능비교(SUD와 MUD를 모두 고려, 2 user multi-path, $N_r = 64$, EGC with 4 Fingers)

그림 2에서는 MPI환경하에서 SUD만을 적용한 경우의 왈쉬코드기반의 CDMA시스템과 본 논문에

서 제시한 ZCD-CDMA시스템간의 BER성능을 레이크 컴바이닝(Rake Combining)의 핑거(finger)수를 4와 12로 구분하여 적용한 경우의 성능평가 결과를 나타내고 있다. 그림 2의 BER커브에서 확인할 수 있는 바와 같이, ZCD-CDMA시스템이 MPI환경하에서 핑거수가 4 및 12인 경우 모두 왈쉬코드기반의 종래의 DS-CDMA 시스템인 Walsh-CDMA시스템에 비하여 BER이 10^{-3} 에서 E_b/N_0 가 각각 약 1.2[dB] 및 7.3[dB] 개선되는 효과를 보임으로써 저간섭효과가 탁월함을 확인할 수 있었다.

그림 3은 다중접속을 위한 유저수가 2명인 경우, SUD와 MUD를 사용하여 MPI 및 MAI가 모두 고려된 환경하에서의 BER성능을 비교한 결과를 나타냈다. 그림 3의 결과에서 Walsh-CDMA시스템에 SUD를 적용한 경우는 BER값이 수렴하지 못해 발산되어 지고, MUD를 적용해야만 BER값이 수렴하나, 이 값도 ZCD-CDMA에 비하여 약 23[dB] 열화 된 값을 알 수 있다. 한편 ZCD-CDMA시스템은 MAI 및 MPI가 존재할 때 BER이 10^{-3} 에서 E_b/N_0 가 약 11[dB]로서 SUD나 MUD 모두 동일한 값이 도출되었다. 그러므로 ZCD-CDMA시스템이 Walsh-CDMA시스템에 비하여 저간섭 성능이 우수함은 물론이고, SUD나 MUD 조건 모두 동일한 BER 성능을 나타냄으로써 하드웨어적으로 복잡한 MUD를 이용하지 않고 SUD만을 이용하여도 저간섭특성이 유지됨을 확인하였다. 즉, 결론적으로 앞의 4절에서 언급한 바와 같이 ZCD-CDMA시스템은 복잡한 구조를 가진 MUD를 사용하지 않더라도 MAI 및 MPI와 같은 간섭문제를 이진 ZCD확산코드의 ZCD특성을 이용하여 제거할 수 있음을 모의실험을 통해서 확인할 수 있었다.

6. 결 론

본 논문에서는 구내용 근거리 무선통신설비로서 이용될 수 있는 이진 ZCD확산코드기반의 저간섭 CDMA시스템을 제안하였다. 본 논문에서 제시한 ZCD-CDMA시스템은 MAI 및 MPI와 같은 이동통신시스템의 고질적인 간섭문제를 하드웨어적으로 복잡한 MUD기술을 이용하지 않고, 확산코드가 갖고 있는 제로상관구간특성을 이용하여 해결할 수 있

다는 큰 장점을 갖고 있다. 본 연구에서는 수식적인 모델링과 모의실험을 통하여 제시한 ZCD-CDMA시스템의 알고리즘의 우수성을 입증하였다. 본 논문에서 제안한 저간섭 ZCD-CDMA시스템은 최근 급부상하고 있는 근거리 저간섭 무선통신설비의 핵심기술로서 유용하게 활용될 수 있으리라 기대된다.

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구 되었음(KRF-2002-003-D00212).

References

- [1] <http://www.ieee802.org/15/pub/TC3.html>.
- [2] Mun Geon Kyeong, Suwon park, Jae Kyun Kwon, Dan Keun Sung, and Jae-sang Cha, "3G Enhancements with a view towards 4G", Tutorial. CIC 2002, Seoul, Korea, Tutorial-3, pp.91~245,2002.
- [3] Sergio Verdu, Multiuser Detection, Cambridge university press, 1998.
- [4] Cha, J.S., Kameda, S., Yokoyama, M., Nakase, H., Masu, K., and Tsubouchi, K.: 'New binary sequences with zero-correlation duration for approximately synchronized CDMA'. Electron. Lett., 2000, Vol. 36, no.11, pp.99,1993.
- [5] Cha, J.S., Kameda, S., Takahashi, K., Yokoyama, M., Suehiro, N., Masu, K. and Tsubouchi, K., "Proposal and Implementation of Approximately synchronized CDMA system using novel biphase sequences", Proc. ITC-CSCC 99, Vol. 1, pp.56-59, Sado Island, Japan, July13-15, 1999.
- [6] Cha, J.S. and Tsubouchi, K, "Novel binary ZCD sequences for approximately synchronized CDMA", Proc. IEEE 3G Wireless01, Sanfransisco, USA, Vol. 1, pp.810-813, May 29, 2001.
- [7] Cha, J.S, "Class of ternary spreading sequences with zero correlation duration", IEE Electronics Letters, Vol. 36, no.11, pp. 991-993, 2001.5.10.

◇ 저자소개 ◇

차재상 (車載祥)

1968년 1월생. 1991년, 1997년 성균관대학교 공학사 및 공학석사. 2000년 일본 東北(Tohoku)대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 2000~2002년 한국전자통신연구원 이동통신연구소 선임연구원. 2002년 3월~현재 서울 서경대학교 정보통신공학과 전임강사.