

# 상관값의 크기와 부호에 기반한 O-CDMA 부호 획득 알고리즘

준회원 정다해\*, 윤태웅\*, 이영포\*, 이영윤\*, 송정헌\*,  
종신회원 박소령\*\*, 윤석호\*

## O-CDMA Code Acquisition Algorithm Based on Magnitude and Sign of Correlation Values

Dahae Chong\*, Taeung Yoon\*, Youngpo Lee\*, Youngyoon Lee\*,  
Chonghan Song\* Associate Members, So Ryoung Park\*\*, Seokho Yoon\*<sup>o</sup> Lifelong Members

### 요 약

평균 부호 획득 시간은 (mean acquisition time: MAT) 부호 획득 시스템의 성능을 나타내는 가장 중요한 지표이며, MAT가 짧을수록 부호 획득 시스템의 성능이 좋다고 일컬어진다. 광 부호 분할 다중 접속 (optical code division multiple access: O-CDMA) 시스템의 부호 획득을 위해 Keshavarzian과 Salehi가 제안한 multiple-shift (MS) 알고리즘은 부호 획득을 두 단계로 나누어 수행함으로써, 기존 serial-search (SS) 알고리즘에 비해 짧은 MAT를 제공한다. 본 논문에서는 효율적으로 결합된 로컬 신호와 그에 따른 상관값 및 부호를 이용하여 기존 MS 알고리즘에 비해 더 짧은 MAT를 제공할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 또한, 모의실험을 통해 제안한 알고리즘이 기존 MS 알고리즘에 비해 더 짧은 MAT를 제공함을 보인다.

**Key Words** : Optical Code Division Multiple Access (O-CDMA); Code Acquisition, Optical Orthogonal Code (OOC); Mean Acquisition Time (MAT); Multiple Access Interference (MAI)

### ABSTRACT

Mean acquisition time (MAT) is the most important performance measure for code acquisition systems, where a shorter MAT implies a better code acquisition performance. Keshavarzian and Salehi proposed the multiple-shift (MS) algorithm for code acquisition in optical code division multiple access (O-CDMA) systems. Performing two steps acquisition, the MS algorithm has a shorter MAT than that of the conventional serial-search (SS) algorithm. In this paper, we propose a rapid code acquisition algorithm for O-CDMA systems. By using an efficient combination of local signals, correlation value, and the sign of correlation value, the proposed algorithm can provide a shorter MAT compared with that of the MS algorithm. The simulation results show that the proposed algorithm presents a shorter MAT than that of the MS algorithm.

### I. 서 론

부호 획득이란 (code acquisition) 부호 획득, 부호 추적적으로 (code tracking) 나누어지는 동기화 과정

정의 첫 단계로써 수신 신호의 위상과 수신기에서 발생하는 로컬 신호의 위상을 일정 시간 간격 이내로 맞추는 것을 의미한다<sup>[1-3]</sup>. 광 부호 분할 다중 접속 (optical code division multiple access: O-CDMA)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2009-C1090-0902-0005).

\* 성균관대학교 정보통신공학부<sup>o</sup> : 교신저자, syoon@skku.edu), \*\* 가톨릭대학교 정보통신전자공학부

논문번호 : KICS2009-03-102, 접수일자 : 2009년 3월 10일, 최종논문접수일자 : 2009년 4월 6일

시스템을 비롯한 CDMA 기반 시스템은 신호 전송을 위해 확산 부호를 사용하기 때문에 신호의 동기가 맞았을 때에만 역확산이 가능하며, 따라서 부호 획득은 CDMA 기반 시스템에서 없어서는 안 되는 매우 중요한 과정 중 하나이다.

부호 획득 과정은 데이터 복조 과정의 전 단계 중 하나이기 때문에, 부호 획득된 결과를 다음 단계로 빠르게 넘겨주는 것이 중요하다. 따라서 평균 부호 획득 시간이 (mean acquisition time: MAT) 짧을수록 부호 획득 시스템의 성능이 좋다고 말할 수 있다.

O-CDMA 시스템에서 부호 획득 시에 사용되는 대표적인 알고리즘으로는 serial-search (SS) 알고리즘이 있다. SS 알고리즘은 CDMA 기반 시스템에서 널리 알려진 알고리즘으로, [4]에서 Keshavarzian과 Salehi가 optical orthogonal code를 (OOC) 확산 부호로 사용하는 O-CDMA 시스템에 맞게 수정하여 제안하였다. 그러나 SS 알고리즘은 사용하는 OOC의 주기가 증가함에 따라 MAT가 비례하여 증가하므로, 긴 OOC를 사용할 경우 부호 획득에 너무 긴 시간이 걸린다는 단점을 갖는다. 이러한 단점을 극복하기 위해 [5]에서 Keshavarzian과 Salehi는 multiple-shift (MS) 알고리즘을 제안하고, 이를 SS 알고리즘과 비교하였다. MS 알고리즘은 부호 획득 과정을 두 단계로 나누어 수행하며, 첫 번째 단계에서 결합된 로컬 신호를 사용하여 빠르게 대략적인 부호 획득을 수행하고 두 번째 단계에서 첫 번째 단계의 결과를 바탕으로 정확한 부호 획득을 수행함으로써 SS 알고리즘에 비해 짧은 MAT를 갖는다.

본 논문에서는, 첫 번째 단계에서 사용되는 로컬 신호를 보다 효율적으로 결합함으로써 MS 알고리즘보다 더 빠른 부호 획득이 가능한 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 첫 번째 단계에서 효율적으로 결합된 로컬 신호와 수신 신호의 상관값을 구한 뒤, 상관값의 절댓값이 문턱값을 넘는가를 판단한다. 상관값의 절댓값이 문턱값을 넘을 경우, 상관값의 부호를 이용하여 두 번째 단계의 검사 시작 위치를 조정하며, 이는 결과적으로 두 번째 단계에 필요한 검사 구간의 크기를 줄이는 효과를 갖는다. 따라서 제안한 알고리즘은 효율적으로 결합된 로컬 신호, 그에 따른 상관값 및 부호의 정보를 모두 이용함으로써 MS 알고리즘에 비해 MAT를 단축시킬 수 있으며, 본 논문에서는 모의실험을 통해 이를 증명한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어있다. 서론에 이

어, 2장에서는 시스템 모형에 대해 설명하며, 3장에서는 기존의 MS 알고리즘과 제안한 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서 모의실험을 통해 두 알고리즘의 성능을 비교하며 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 시스템 모델

O-CDMA 시스템에서는 잡음, 다중경로 성분, 타 사용자의 신호로 인한 간섭 (multiple access interference: MAI) 등이 존재하며, 이들의 영향 때문에 빠른 부호 획득이 쉽지 않다. 이들 중 잡음과 다중 경로 성분은 통신 매체의 발달과 함께 그 영향이 많이 완화되었으나, MAI는 타 사용자의 신호로 인해 발생하므로 통신 매체의 발달과 무관하게 여전히 빠른 부호 획득을 방해하는 요소이다<sup>[6],[8]</sup>. 따라서 본 논문에서는 시스템 모형을 위해 통신 방해 요소로 MAI를 고려하며, 또한 다음과 같은 상황을 고려한다.

1. 부호 획득 과정 동안에는 데이터가 변조되지 않은 신호가 사용된다.
2. 모든 사용자들의 신호 전송률은 같다.
3. 수신 신호의 시간 지연은 OOC 한 주기보다 작으며 칩 동기화를 고려한다.

위와 같은 상황들을 고려하여, 수신 신호  $r(t)$ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$r(t) = \sum_{n=1}^N s^{(n)}(t - \tau^{(n)}), \quad (1)$$

식 (1)에서,  $s^{(n)}(t)$ 는  $n$ 번째 사용자의 전송 신호,  $\tau^{(n)} \in [0, T_c]$ 는  $n$ 번째 사용자 신호의 시간 지연,  $T_c$ 는 OOC의 주기 (칩 수),  $N$ 은 사용자의 총 수를 의미한다. 부호 획득 과정 동안, 데이터를 고려하지 않으므로  $s^{(n)}(t)$ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$s^{(n)}(t) = \sum_{j=0}^{T_c-1} a_j^{(n)} p(t - jT_c), \quad (2)$$

여기에서,  $T_c$ 는 OOC 한 칩의 주기이며,  $a_j^{(n)} \in \{0, 1\}$

은  $\sum_{j=0}^{T_c-1} a_j^{(n)} = K$ 의 특징을 (부호 가중치:  $K$ ) 갖는 이진 수열로 구성된  $n$ 번째 사용자의 OOC이다.

$p(t)$ 는 주기  $T_c$ 를 갖는 펄스로 다음과 같이 정의된다.

$$p(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T_c \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

일반적으로 OOC는  $(F, K, \lambda_a, \lambda_c)$ 로 표기하며,  $\lambda_a$ 와  $\lambda_c$ 는 각각 autocorrelation constraint, crosscorrelation constraint이다<sup>6)</sup>. OOC의 완벽한 직교성을 위해서는,  $\lambda_a$ 와  $\lambda_c$ 는 0이 되어야 한다. 그러나 OOC는 ‘0’ 칩과 ‘1’ 칩으로 구성되기 때문에,  $\lambda_a$ 와  $\lambda_c$ 는 0이 될 수 없으며, 따라서 본 논문에서는  $\lambda_a$ 와  $\lambda_c$ 를 각각 1로 설정한다.

### III. 부호 획득 알고리즘

이 장에서는, SS 알고리즘의 단점, MS 알고리즘 및 제안한 알고리즘의 동작 과정에 대해 설명하며, 알고리즘의 명확한 설명을 위해 사용자가 한 명인 경우를 (MAI가 존재하지 않는 상황) 고려한다.

#### 3.1 Multiple-shift 알고리즘

수신기에서 한 칩 단위로 로컬 신호가 업데이트 될 경우, 부호 획득 과정을 위해 조사해야할 최대 셀의 개수는  $F$ 개 이다. 따라서 수신 신호의 지연이 한 주기 내에서 균일하게 분포될 때,  $F$ 개의 셀을 순차적으로 검사할 경우 (SS 알고리즘), 부호 획득을 위해서는 평균적으로  $(F+1)/2$ 회의 검사가 필요하다. 즉 SS 알고리즘은 부호 획득까지 필요한 검사의 횟수가 OOC의 주기에 비례하여 증가하기

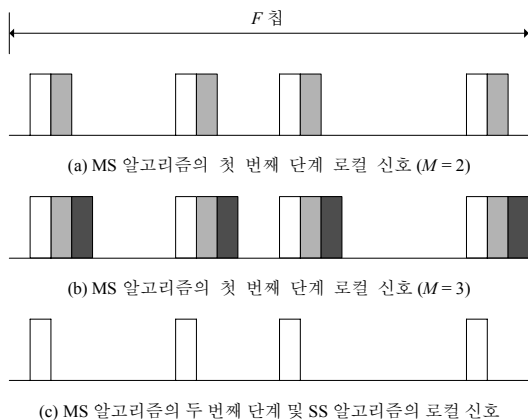


그림 1. (32,3,1,1) OOC를 사용하였을 경우, MS 알고리즘의 로컬 신호

때문에, 긴 OOC를 사용할 경우, 부호 획득에 걸리는 시간이 너무 많이 든다.

MS 알고리즘은, 이러한 SS 알고리즘의 단점을 극복하기 위해 제안된 알고리즘으로 로컬 신호를 결합하여 사용함으로써 SS 알고리즘에 비해 빠른 부호 획득이 가능하다. MS 알고리즘은 두 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 대략적으로 부호 획득을 수행한 후, 두 번째 단계에서 첫 번째 단계의 결과를 바탕으로 정확한 부호 획득을 수행한다.

첫 번째 단계를 위해, 수신기에서는 SS 알고리즘에서 사용되던 로컬 신호를 (사용자의 OOC)  $M$ 개 생성한 뒤, 각각 한 칩 씩의 지연을 두어 결합한다. 즉 그림 1.(c)의 신호를 이용하여  $M$ 에 따라 그림 1.(a) 또는 그림 1.(b)의 로컬 신호를 생성한다. 첫 번째 단계에서는 이렇게 생성된 로컬 신호와 수신 신호의 상관값을 검사한다. 로컬 신호는 매 검사 시마다  $M$ 칩 씩 업데이트되며 최대  $\lceil F/M \rceil$  회 업데이트 된다 ( $\lceil \cdot \rceil$ : 올림 연산자). 상관값이 문턱값  $TH_{MS,first}$ 을 넘게 되면 첫 번째 단계는 종료되며, 첫 번째 단계가 올바르게 수행되었을 경우, 수신 신호와 로컬 신호의 위상차는 첫 번째 단계가 종료된 위치로부터 최대  $M$ 칩 이내가 된다. 두 번째 단계에서는 그림 1.(c)의 로컬 신호를 이용한다. 로컬 신호는 매 검사 시마다 한 칩 씩 업데이트되며 최대  $M$ 회 업데이트 된다. 로컬 신호와 수신 신호의 상관값이 문턱값  $TH_{MS,second}$ 를 넘게 되면 부호 획득이 되었다고 판단하며, 부호 획득 과정은 종료된다.

부호 획득 시간은 부호 획득 과정에 걸린 상관값 검사 횟수로 정의하며, 따라서 MS 알고리즘을 사용하였을 때 걸리는 MAT,  $T_{MS}$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T_{MS} = \frac{\lceil F/M \rceil + 1}{2} + \frac{M+1}{2}. \quad (4)$$

식 (4)로부터,  $F \gg 1$ 이고  $M = \sqrt{F}$ 일 때, 최소  $T_{MS}$ 값  $\sqrt{F}+1$ 을 얻을 수 있다.

#### 3.2 제안한 알고리즘

본 논문에서 제안한 알고리즘은 MS 알고리즘과 비슷하게 두 단계로 나누어 부호 획득을 수행한다. 그러나 제안한 알고리즘은 로컬 신호의 효율적인 결합 및 상관값의 부호를 이용함으로써 MS 알고리즘에 비해 더 짧은 MAT를 갖는다.

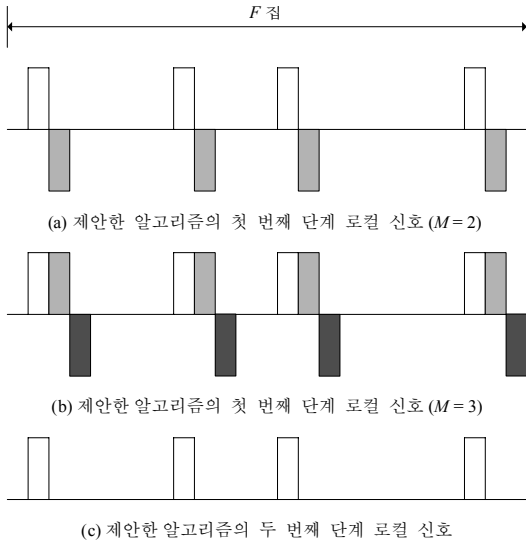


그림 2. (32,4,1,1) OOC를 사용하였을 경우, 제안한 알고리즘의 로컬 신호

제안한 알고리즘의 첫 번째 단계에서는,  $M$ 에 따라 그림 2.(a) 또는 그림 2.(b)의 로컬 신호가 생성된다. 단 MS 알고리즘과는 달리  $M/2$ 개의 로컬 신호와  $M/2$ 개의 -1이 곱해진 로컬 신호가 사용된다.  $M$ 이 홀수 일 경우, -1이 곱해진 로컬 신호가 한 개 적게 사용된다(그림 2.(b) 참고). 첫 번째 단계에서는 로컬 신호와 수신 신호의 상관값을 검사하며, 로컬 신호는 매 검사 시마다  $M$ 칩 씩 업데이트된다. MS 알고리즘과는 달리, 제안한 알고리즘의 첫 번째 단계에서는 상관값의 절댓값이 문턱값  $TH_{proposed, first}$ 을 넘게 되면 첫 번째 단계가 종료된다. 첫 번째 단계가 올바르게 수행되었을 경우, 상관값이 양수였다면 두 번째 단계에서는 최대  $M/2$  개의 칩만 조사하면 되며, 상관값이 음수였을 경우에도 두 번째 단계에서는 최대  $M/2$  개의 칩만 조사하면 된다. 즉, 상관값의 부호를 이용함으로써 두 번째 단계에 필요한 검사 횟수를 약 절반 정도로 줄일 수 있다. 두 번째 단계는 MS 알고리즘과 동일한 방식으로 상관값이 문턱값  $TH_{proposed, second}$ 와 비교되며 로컬 신호는 최대  $M/2$ 회 업데이트 된다. 따라서 제안한 알고리즘을 사용하였을 때 걸리는 MAT,  $T_{proposed}$ 는 다음과 같다.

$$T_{proposed} = \frac{\lceil F/M \rceil + 1}{2} + \frac{M+2}{4}. \quad (5)$$

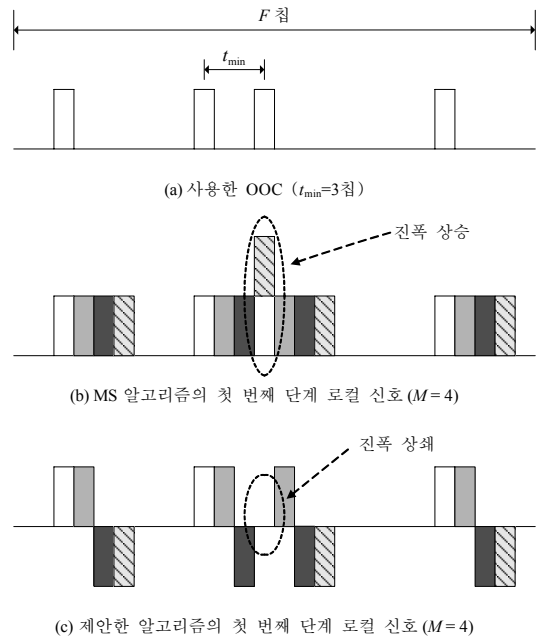


그림 3.  $M > t_{min}$  일 때, MS 및 제안한 알고리즘의 로컬 신호

식 (5)에서 보는 것과 같이, 두 번째 단계에 걸리는 부호 획득 시간이 절반 정도 줄어든 것을 알 수 있으며,  $F \gg 1$ 이고  $M = \sqrt{2F}$ 일 때, 최소  $T_{proposed}$  값  $\sqrt{F/2} + 1$ 을 얻을 수 있다.

단, MS 알고리즘 및 제안한 알고리즘의 올바른 작동을 위해서는  $M \leq t_{min}$ 을 ( $t_{min}$ : OOC의 '1' 칩과 '1' 칩 간의 최소 간격) 만족해야 한다. 그렇지 않을 경우, 로컬 신호의 '1' 칩들이 서로 겹치는 경우가 발생한다. 그림 3은 이러한 경우를 묘사해놓은 그림으로  $t_{min}$ 이 3,  $M$ 이 4인 경우를 나타내었다. 그림 3.(a), 3.(b), 3.(c)는 각각 사용한 OOC, MS 알고리즘의 로컬 신호, 제안한 알고리즘의 로컬 신호를 나타낸 것이며, 그림 3.(b), 3.(c)에서 타원으로 표시된 부분이 로컬 신호의 '1' 칩들이 겹치는 것을 표현한 것이다. 그림 3.(b)에서는 '1' 칩들이 겹친 위치에서 진폭이 상승하게 되며, 그림 3.(c)에서는 '1' 칩들이 겹친 위치에서 진폭이 상쇄되는 것을 볼 수 있다. 진폭이 상승할 경우, 동기가 맞지 않았을 때의 상관값이 커지게 되므로 오정보가 발생할 수 있으며, 결과적으로 MAT가 증가하게 된다. 반면, 진폭이 상쇄될 경우, 동기가 맞았더라도 상관값이 줄어들게 되므로 문턱값을 넘지 못할 경우가 발생하며, 이 또한 MAT 증가의 원인이 된다. 즉, 이럴 경우 두 알고리즘 모두 성능이 떨어지기 때문에

$M \leq t_{\min}$  을 만족하도록  $M$  을 설정해야 한다.

#### IV. 모의실험 결과

이 장에서는, 모의실험을 통해서 MS 알고리즘과 제안한 알고리즘의 MAT 성능을 구하고 이를 비교, 분석한다. 단일 사용자 환경, 다중 사용자 환경 모두에서 모의실험을 수행하였으며, 모의실험을 위해  $F=200$ ,  $K=5$ , 사용자의 수는 최대 4명, 모든 문턱값은  $K$ 와 같게 설정하였다. 오경보로 인해 발생하는 페널티 시간은 상관값을 5회 검사하는 데 걸리는 시간과 같게 설정하였으며, 칩 동기화 상황을 가정하였다.

그림 4는 단일 사용자 환경에서,  $M$ 의 변화에 따른 MS 알고리즘 및 제안한 알고리즘의 MAT를 나타낸 그림이다. 점선과 실선은 각각 모의실험을 통해 구한 MS 알고리즘과 제안한 알고리즘의 MAT이며,  $\nabla$ 와  $\circ$  표시는 각각 수식 (4), (5)를 통해 얻은 MS 알고리즘과 제안한 알고리즘의 MAT이다. 그림 4에서 보는 바와 같이, 수식을 통해 얻은 성능과 모의실험을 통해 얻은 성능이 일치함을 확인할 수 있으며, 또한, MS 알고리즘, 제안한 알고리즘은 각각  $M=14$ ,  $M=20$  부근에서 최소 MAT를 갖는 것을 확인할 수 있다. 전체적으로 제안한 알고리즘의 MAT가 MS 알고리즘의 MAT보다 짧은 것을 확인할 수 있으며,  $M$ 이 커질수록 두 알고리즘의 MAT 차이는 더욱 커진다.

그림 5는 다중 사용자 환경에서,  $M$ 의 변화에 따른 MS 알고리즘 및 제안한 알고리즘의 MAT를 나타낸 그림이다. 그림 5에서, 점선 및 실선은 각각 MS 알고리즘 및 제안한 알고리즘의 MAT이며,  $*$ ,

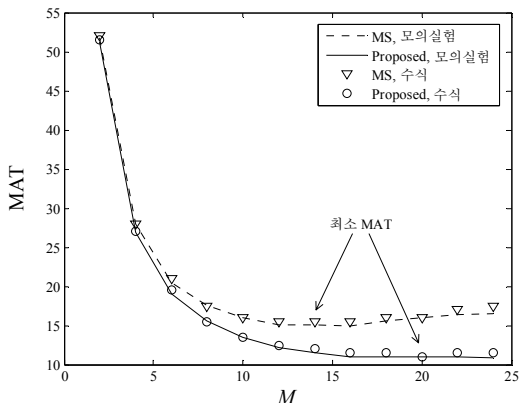


그림 4. 단일 사용자 환경에서 MS 알고리즘 및 제안한 알고리즘의 MAT

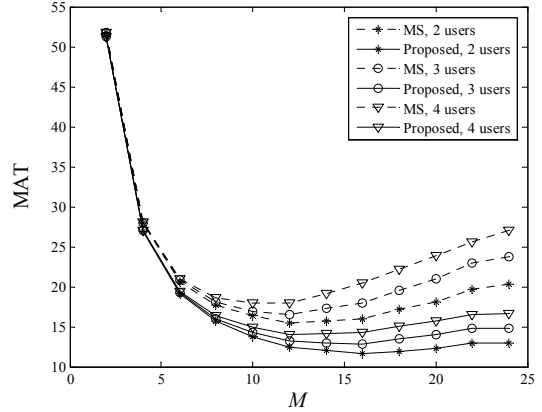


그림 5. 다중 사용자 환경에서 MS 알고리즘 및 제안한 알고리즘의 MAT

$\circ$ ,  $\nabla$  표시는 각각 사용자가 두 명, 세 명, 네 명 존재하는 경우의 MAT이다. 그림 5에서 보는 바와 같이, 제안한 알고리즘은 MS 알고리즘에 비해 짧은 MAT를 가지며,  $M$ 이 커질수록 두 알고리즘의 MAT 차이는 더욱 커진다. 또한, 두 알고리즘의 MAT는 사용자의 수가 늘어날수록 증가하나, MAT 차이는 사용자의 수에 무관하게 전체적으로 비슷한 경향을 보인다.

#### V. 결론

본 논문에서는 O-CDMA 시스템에서 빠른 부호 획득을 위한 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 기존 MS 알고리즘과 비슷하게 두 단계의 부호 획득 과정을 가지나, 첫 번째 단계에서 사용되는 로컬 신호를 효율적으로 결합하고 그에 따른 상관값 및 부호를 이용함으로써 MS 알고리즘에 비해 빠르게 부호 획득을 할 수 있다. 또한, 모의실험을 통해 두 알고리즘의 성능을 비교한 결과, 단일 사용자 환경, 다중 사용자 환경 모두에서 제안한 알고리즘이 MS 알고리즘보다 짧은 MAT를 갖는 것을 확인하였으며, 사용자의 수에 관계없이  $M$ 이 커질수록 두 알고리즘의 MAT 차이는 더욱 커지는 것을 확인할 수 있었다.

#### 참고 문헌

[1] A. Polydoros and C. L. Weber, "A unified approach to serial search spread spectrum code acquisition-Part I: General theory," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 32, no. 5, pp. 542-549, May 1984.

- [2] B. Sklar, *Digital Communications: fundamentals and applications*, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2001.
- [3] 정다해, 이병윤, 김상훈, 정영빈, 송익호, 윤석호, “CDMA 시스템에서 부호 획득을 위한 위상 변이 네트워크 기반의 차동 순차 추정 기법,” *한국통신학회논문지*, 32권, 3호, 281-289쪽, 2007년 3월.
- [4] A. Keshavarzian and J. A. Salehi, “Optical orthogonal code acquisition in fiber-optic CDMA systems via the simple serial-search method,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 50, no. 3, pp. 473-483, Mar. 2002.
- [5] A. Keshavarzian and J. A. Salehi, “Multiple-shift code acquisition of optical orthogonal codes in optical CDMA systems,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 53, no. 3, pp. 687-697, Apr. 2005.
- [6] J. A. Salehi, “Code division multiple-access techniques in optical fiber networks - Part I: Fundamental principles,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 37, no. 8, pp. 824-833, Aug. 1989.
- [7] J. A. Salehi and C. A. Brackett, “Code division multiple-access techniques in optical fiber networks - Part II: Systems performance analysis,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 37, no. 8, pp. 834-842, Aug. 1989.
- [8] A. Stok and E. H. Sargent, “Lighting the local area: Optical code-division multiple access and quality of service provisioning,” *IEEE Network*, vol. 14, no. 6, pp. 42-46, Dec. 2000.

정 다 해 (Dahae Chong) 준회원



2006년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사  
 2008년 2월 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 공학석사  
 2008년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 박사과정  
 <관심분야> 통신 이론, 이동 통신, 통계학적 신호 처리

신, 통계학적 신호 처리

윤 태 응 (Taeung Yoon) 준회원



2008년 2월 성균관대학교정보통신공학부 공학사  
 2008년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 석사과정  
 2008년 11월 IEEE Seoul Section Student Paper Contest 대상 수상

<관심분야> 통신 이론, 통계학적 신호처리, MIMO, 협력 통신

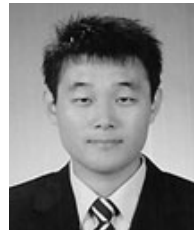
이 영 포 (Youngpo Lee) 준회원



2008년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사  
 2008년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 석사과정  
 2008년 11월 한국통신학회 하계종합학술발표회 우수논문상 받음

<관심분야> 통신 이론, 무선 통신, 통계학적 신호 처리

이 영 윤 (Youngyoon Lee) 준회원



2007년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사  
 2007년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 공학석사  
 2009년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 박사과정  
 2008년 7월 성균관대학교 우수

논문상 받음

<관심분야> 통신 이론, 이동 통신, 통계학적 신호 처리

송 정 한 (Chonghan Song) 준회원



2009년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사  
 2009년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 석사과정  
 <관심분야> OFDM, 통계학적 신호 처리, 추정 및 검파

박 소 령 (So Ryoung Park)

중신회원



1997년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사  
1999년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학석사  
2002년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학박사  
2003년 3월~현재 가톨릭대학교

정보통신전자공학부 전임강사, 조교수, 부교수  
2007년 IEEE 선임회원  
<관심분야> 이동통신, 다중접속, 통계학적 신호처리

윤 석 호 (Seokho Yoon)

중신회원



1997년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학사 (최우등)  
1999년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학석사  
2002년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학박사  
2002년 4월~2002년 6월 MIT

박사후 연구원  
2002년 7월~2003년 2월 하버드대학교 박사후 연구원  
2003년 3월~현재 성균관대학교 정보통신공학부 전임강사, 조교수, 부교수  
2000년 2월 삼성 휴먼테크 논문대상 동상 받음  
2007년 Marquis Who's Who in Asia에 등재  
2007년 IEEE 선임회원  
2008년 Marquis Who's Who in World에 등재  
<관심분야> 통신 이론, 이동 통신, 통계학적 신호 처리