

2차원 데이터의 병렬전송을 위한 광부호분할 다중접속 시스템의 성능에 관한 연구

정회원 이태훈*, 박영재*, 박진배*

A Study On Performance of Fiber Optic CDMA System for Parallel Transmission of Two Dimensional Data

Tae-hoon Lee*, Yeong-jae Park*, Jin-bae Park* *Regular Members*

요 약

일반적으로 일차원 광부호분할 다중접속 시스템은 광직교코드를 사용하여 부호화와 복호화를 수행하지만 이차원 광부호분할 다중접속 시스템에서는 병렬 데이터의 전송을 위하여 이차원의 광직교패턴코드를 사용하여 부호화와 복호화를 수행한다. 이 때 사용되는 광직교패턴코드는 자기상관값과 상호상관값 특성이 좋아야 하지만, 송수신단간의 시간에 대한 정보나 패턴의 동기화가 보장된다면 자기상관값에 대한 조건을 완화시킬 수 있으며 생성할 수 있는 패턴코드의 수도 늘어나게 된다. 본 논문에서는 2차원 데이터의 병렬전송을 위한 광부호분할 다중접속 시스템을 소개하고 2차원 패턴코드의 생성방법에 대하여 알아보고 제시된 생성방법에 대하여 다른 사용자의 간섭잡음에 의한 확률밀도함수와 그에 다른 각 패턴코드의 비트오율을 유도한다. 임계치 및 동시사용자수에 대한 비트오율을 통해 시스템의 성능을 확인하여 최적의 광직교패턴코드 생성의 조건을 제안한다.

ABSTRACT

Generally, one-dimensional fiber optic code-division multiple-access(CDMA) system is encoded and decoded using optical orthogonal codes(OOC's), whereas two-dimensional fiber optic CDMA system uses optical orthogonal signature pattern codes(OOSPC's) for parallel data link process. The OOSPC's should have good autocorrelation and cross-correlation properties. However, if timing information or synchronization of OOSPC's can be obtained by other means, the property of autocorrelation may not be restricted and we can increase the number of pattern codes. In this paper we introduce the fiber optic CDMA system for parallel transmission of two-dimensional data and investigate methods of generation of two-dimensional pattern codes. The probability density function of interference noise is calculated in interfering OOSPC's of other users and the corresponding bit error rate is derived. We compare each OOSPC's by plotting bit error rate versus threshold values and the number of simultaneous users, from the result, we propose the optimal OOSPC's conditions for the parallel transmission of two-dimensional data.

I. 서론

광부호분할 다중접속 시스템(광CDMA)은 비동기식으로 여러 사용자가 동시에 하나의 광채널에 접속

하여 데이터를 전송하는 통신 시스템을 말한다[1-3]. 그림 1은 일반적인 광CDMA 시스템을 보여준다. 시간영역의 광CDMA 시스템에서는 입력 신호의 한 bit은 광부호기를 사용하여 다른 사용자에게 의한 간섭을 최소화하기 위해 광직교성을 만족하는 광직교코드

* 연세대학교 전기컴퓨터공학과 제어공학연구소(hoon@control.yonsei.ac.kr),

논문번호 : 99181-0514, 접수일자 : 1999년 5월 14일

※ 본 연구는 정보통신연구진흥원 대학기초연구지원사업 연구비 지원으로 수행되었습니다. (과제번호: 99-138)

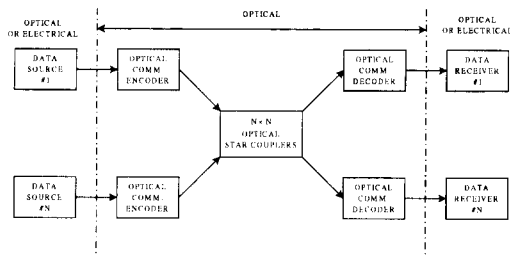


그림 1. 일반적인 광CDMA의 블록선도

(OOC: Optical orthogonal codes)를 곱하여 부호화를 수행하며 광채널을 통해 원하는 사용자에게 전송된 후 복호기를 통해 데이터의 복원이 이루어진다.

Fiber-optic CDMA는 광섬유의 광대역 특성의 장점을 이용하여 데이터의 고속전송을 가능케 한다. 그러나 현재의 광전자 소자의 속도 제한으로 인해 정보 비트율은 수백 Mb/s 를 초과하지 못하나 미래의 고속 다중접속 시스템의 응용에 있어 특히 의료 영상전송, 디지털 비디오 방송과 같은 대용량의 영상 데이터 전송을 필요로 하는 다중접속 시스템은 수 Gb/s 이상의 정보 비트율을 요구한다. 이러한 대용량 전송을 위해 제안된 2차원 광CDMA는 1차원 광CDMA 시스템을 2차원으로 확장한 것으로서, 1차원 광CDMA 시스템에서 광직교코드를 사용하는 것과 마찬가지로 2차원 광직교패턴코드(OOSPC's : Optical orthogonal signature pattern codes)를 사용하여 공간적 부호화와 복호화를 수행한다^[4,5].

2차원 광CDMA에서 전송하려는 영상의 픽셀은 공간광변조기(SLM : Spatial light modulator)를 통하여 원하는 패턴코드로 부호화되며 렌즈를 통하여 수 만 가닥의 광섬유로 이루어진 광섬유 다발(image fiber)에 다중접속 된다. 수신단에서 수신된 다중영상들은 SLM을 통하여 곱하여진 자기 패턴코드에 의해 자기 영상을 복원한다. 그림 2는 광섬유 다발을 통한 영상 병렬 전송 과정을 나타낸 2차원 광CDMA 시스템의 개략도이다.

이 때 사용되는 광직교패턴코드는 자기상관값과 상호상관값 특성이 보장되어야 한다. 서로 다른 패턴코드끼리는 낮은 상관값을 가져야 하며 이동된(shifted) 자기 패턴코드끼리는 낮은 상관값을 가져야 한다. 하지만 자기상관값에 대한 특성은 수신단에서 자신의 신호의 시간에 대한 정보나 정렬(alignment)을 위하여 즉, 패턴코드의 동기화를 이루기 위하여 필요한 조건이다. 이러한 송수신단간의 시간에 대한 정보나 패턴의 동기화가 전송전 스케줄링(pre-transmission scheduling) 이나 채널배치 프로토

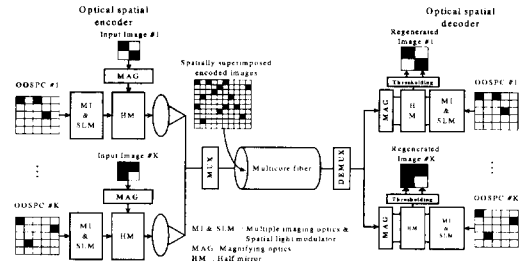


그림 2. 2차원 광CDMA의 부호화와 복호화

콜(channel-setup protocols) 등의 방법으로 보장된다면 자기상관값에 대한 조건을 완화시킬 수 있으며 생성할 수 있는 패턴코드의 수도 늘어나게 되며 그만큼 수용할 수 있는 사용자 수도 늘어나게 된다.

이러한 완화된 자기상관값 조건과 함께 다른 사용자의 간섭에 의한 오류를 최소화하기 위한 최적 광직교패턴코드의 생성에 대한 수학적 방법이 제시되었으나^[6], 생성된 패턴코드에 대한 성능분석에 대한 접근은 이루어진 적이 없다. 따라서 본 논문에서는 다중 사용자에게 의한 간섭을 나타내는 확률밀도함수를 구하고 이를 이용하여 비트오율(bit error rate)을 유도하며 기존에 제안된 수학적 방법에 의하여 생성된 패턴코드들에 대하여 임계치(threshold value)에 대한 비트오율을 구하고 비트오율에 대한 각 패턴코드들의 동시사용지수를 구하여 도표로 나타낸다. 결과적으로 각 패턴코드의 성능을 분석하여 원하는 시스템 사양에 맞는 최적의 광직교패턴코드 생성방법을 제안한다.

II. 2차원 광부호분할 다중접속시스템

1. 광직교패턴코드

2차원 광CDMA는 미래의 병렬 컴퓨터 네트워크를 위한 광 데이터 전송이나 광 메모리간의 데이터 교환을 위하여 제안된 기술이다. 기존의 1차원 광CDMA에서 데이터 비트를 광직교코드를 사용하여 부호화 하는 것과 마찬가지로, 그림 2에서 각 2진(binary) 입력영상의 픽셀은 광직교패턴코드를 사용하여 부호화 된다.

N명의 사용자가 보내는 영상은 공간광변조기(SLM)를 통하여 할당된 광직교패턴코드로 부호화되며 부호화된 각 패턴영상은 다중채널을 거친 후 광섬유다발을 통해 전송된다. 수신단에서는 다중화된 영상과 할당된 자신의 광직교패턴코드와의 비교를 행한 후 면적적분(surface integral)과 임계치 과정을

통하여 원래의 입력 영상을 복원한다.

2차원 광CDMA은 직·병렬(serial-parallel) 변환 과정을 거치지 않고 2차원 영상의 병렬 전송이 가능하기 때문에 광채널에서 발생하는 직·병렬변환과정의 입·출력 병목현상을 해결할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

광직교패턴코드는 다중화된 패턴 영상들끼리 이동(shift)이 있더라도 N 명의 사용자에게 나뉘져 원하는 입력영상을 복원하기 위해서는 패턴코드간에서 광직교성이 보장되어야 한다. 따라서 다음과 같은 두 가지 조건을 만족해야 한다.

- (i) 자기상관성: 자기 자신의 패턴코드가 행·열방향 이동을 갖더라도 구분되어야 한다.
- (ii) 상호상관성: 어떠한 서로 다른 2개의 패턴코드는 행·열방향 이동을 갖더라도 구분되어야 한다.

두 가지 조건에서 광직교성을 만족하기 위해서는 패턴코드의 행·열방향의 이동이 있더라도 자기상관값의 피크치(peak value)는 상호상관값 보다 커야 한다. 이러한 조건은 식 (1)과 식 (2)로 나타낸다.

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M e_{i,j}^{(q)} e_{i \oplus k, j \oplus l}^{(q)} \begin{cases} = w_a & \text{for } k=l=0 \\ \leq \lambda_a & \text{for } 1 \leq (k,l) \leq M-1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M e_{i,j}^{(q)} e_{i \oplus k, j \oplus l}^{(q')} \leq \lambda_c \quad \text{for } q \neq q', 1 \leq (k,l) \leq M-1 \quad (2)$$

여기서 $e_{i,j}^{(q)}$ 는 광직교패턴코드 $E^{(q)}$ 행렬의 i 번째 행, j 번째 열의 원소이며 $e_{i \oplus k, j \oplus l}^{(q)}$ 은 $E^{(q)}$ 의 행·열방향의 이동된 패턴코드의 원소를 나타내며 \oplus 는 modulo- m 을 뜻한다. w_a 는 행·열방향의 이동이 없는 광직교패턴코드의 자기상관값으로 이를 가중치(weight)라 하며 M 은 광직교패턴코드의 행 또는 열의 길이를 나타낸다. 예를 들면, 패턴코드는 식 (1)에서 행·열방향의 이동이 없을 경우에는 w_a , 이동이 있을 경우에는 λ_a 이하이어야 하며 식 (2)에서 상호상관값은 λ_c 이하이어야만 직교성을 만족하는 광직교패턴코드라 한다. 광직교패턴코드의 크기가 M^2 이고 가중치를 u , 자기상관값과 상호상관값이 모두 $\lambda_a = \lambda_c = 1$ 이라고 가정할 경우에 직교성을 만족하는 광직교패턴코드의 수 $N(M^2, w, \lambda_a = 1, \lambda_c = 1)$ 은 다음과 같은 상한값을 갖는다.

$$N(M^2, w, \lambda_a = 1, \lambda_c = 1) \leq \frac{M^2 - 1}{w(w-1)} \quad (3)$$

예를 들어 $M=5, w=3, \lambda_a=1, \lambda_c=1$ 일 경우에 최대 광직교패턴코드의 수 N 은 4이다.

일반적으로 자기상관값과 상호상관값을 모두 1로 정하고 직교성을 만족하는 패턴코드를 생성하나 이중 자기상관값은 송수신간에 보내는 신호의 시간에 대한 정보를 알아내거나 패턴코드간의 정렬을 위하여 필요한 특성이지만, 서론에서 언급한 방법에 의하면 자기상관값 조건을 완화시킬 수 있다. 즉, 1보다 큰 자기상관값을 가질 수 있다. 따라서 자기상관값과 상호상관값이 각각 λ_a, λ_c 라고 할 경우의 생성 가능한 최대 광직교패턴코드 수 N 은 다음의 두 경우로 나누어 생각할 수 있다[6]. 첫 번째 경우는 크기가 $(m \times n)$ 인 광직교패턴코드에서 $\lambda_a = \lambda_c = \lambda$ 인 경우, 생성 가능한 최대 광직교패턴코드의 수 $N(mn, w, \lambda, \lambda)$ 은 다음과 같다.

$$N(mn, w, \lambda, \lambda) \leq \frac{(mn-1)(mn-2) \cdots (mn-\lambda)}{w(w-1) \cdots (w-\lambda)}, \quad \text{for } \lambda_a = \lambda_c = \lambda \quad (4)$$

두 번째로 $\lambda_a \neq \lambda_c$ 인 경우, 즉 $\lambda_a = \lambda_c + s, \lambda_c = \lambda$ 인 경우의 생성 가능한 최대 광직교패턴코드의 수 $N(mn, w, \lambda + s, \lambda)$ 은 다음 식과 같다.

$$N(mn, w, \lambda + s, \lambda) \leq \frac{(mn-1)(mn-2) \cdots (mn-\lambda)(\lambda+s)}{w(w-1) \cdots (w-\lambda)}, \quad \text{for } \lambda_a = \lambda + s, \lambda_c = \lambda \quad (5)$$

여기서 s 는 양의 정수이며 광직교패턴코드의 크기가 $(M \times M)$ 인 경우 $mn \rightarrow M^2$ 로 바뀐다. 따라서 완화된 자기상관값 조건하에서는 생성할 수 있는 최대 패턴코드의 수가 더 커지며 더 많은 사용자 수를 가지게 된다.

$\lambda_a \neq \lambda_c$ 인 경우까지 포함한 광직교패턴코드의 생성에 대하여 Yang[6]이 수학적으로 접근하였으며 제안한 생성방법은 생성할 수 있는 코드의 수가 최대가 된다는 관점에서 최적이다. 각 생성방법에 대한 광직교패턴코드의 파라미터는 표 1. 과 같다

2. 부호화와 복호화 과정

그림 2의 공간적 부호화의 입력 영상에 광직교패턴코드를 곱하는 부호화과정은 공간광변조기를 이용

표 1. 각 생성방법에 의한 파라미터 비교

construction method	parameters of pattern code
BIBD (balanced incomplete block design)	$N(4m+3)^2, 2m+1, m, 1$: $4m+3$ is a prime number for some integer m
Finite projective geometry	$N\left(\left(\frac{q^{n+1}-1}{q-1}\right)^2, \frac{q^n-1}{q-1}, \frac{q^{n-1}-1}{q-1}, 1\right)$: q is a prime number from PG(n,q)
Wilson's method	$N(n^2, w, 1, 1)$: $n = w(w-1)t+1$ is a prime number for some integers w and t

하여 광학적으로 처리한다. 패턴의 크기가 $(M \times M)$ 인 광직교패턴코드 $E^{(1)}$ 과 $E^{(1)}$ 코드를 할당받은 크기가 $(N \times N)$ 인 사용자 1의 입력영상 $A^{(1)}$ 은 다음과 같다.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{M1} & \dots & a_{MN} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$E = \begin{bmatrix} e_{11} & \dots & e_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{M1} & \dots & e_{MM} \end{bmatrix} \quad (7)$$

단, 여기서 광직교패턴코드와 입력영상은 모두 0, 1만을 갖는 2진영상이다.

광직교패턴코드를 할당받은 사용자의 입력영상을 부호화하기 위해서는 확장된 입력영상 A_{mag} 와 여러 개의 같은 패턴을 합쳐놓는 과정인 multiple imaging을 거친 광직교패턴코드 E_{mli} 은 다음과 같이 정의한다.

$$A_{mag} = \begin{bmatrix} A_{11} & \dots & A_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{M1} & \dots & A_{MN} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$E_{mli} = \begin{bmatrix} E & \dots & E \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E & \dots & E \end{bmatrix} \quad (9)$$

여기서 A_{mag} 의 A_{ij} ($i, j=1, 2, \dots, N$)는 입력영상 A 의 원소 a_{ij} 를 값으로 하며 광직교패턴코드의 크기와 같은 $(M \times M)$ 행렬이며, E_{mli} 의 E 는 입력영상의 크기 $(N \times N)$ 을 갖는 블록행렬이다. 따라서 A_{mag}, E_{mli} 는 $(MN \times MN)$ 의 크기를 갖는 정방행렬이다. 위에서 정의된 A_{mag} 와 E_{mli} 를 이용하여 N 명의 사용자를 부호화하고 다중화하는 과정은 식 (10)으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= \sum_q A_{mag}^{(q)} \otimes E_{mli}^{(q)} \\ &= \begin{bmatrix} \sum_q A_{11}^{(q)} \otimes E^{(q)} & \dots & \sum_q A_{1N}^{(q)} \otimes E^{(q)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_q A_{M1}^{(q)} \otimes E^{(q)} & \dots & \sum_q A_{MN}^{(q)} \otimes E^{(q)} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \sum_q a_{11}^{(q)} \otimes E^{(q)} & \dots & \sum_q a_{1N}^{(q)} \otimes E^{(q)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_q a_{M1}^{(q)} \otimes E^{(q)} & \dots & \sum_q a_{MN}^{(q)} \otimes E^{(q)} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 \otimes 는 크기가 같은 두 행렬의 행과 열이 같은 원소의 곱인 하다마드곱(Hadamard product)을 나타내며 동시에 다중화되는 q 개의 영상에 대하여 행하여 진다.

부호화과정은 수신단에서 광채널을 통해 전송되어온 공간적으로 다중처리된 부호화 패턴을 반다중화(demultiplexing)한 후 할당받은 광직교패턴코드를 곱하여 얻어지는 자기 영상을 컴퓨터를 통한 면적 적분과 임계치 과정을 거친후 복원한다.

사용자 q 에서의 부호화 과정은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있으며, 광선로를 통해 전송되는 과정에서 빛의 세기가 감소하게 되므로 \tilde{A} 로 나타낸다.

$E^{(q)}$ 는 행·열방향의 이동이 없는 사용자 q 에 할당된 광직교패턴코드이며 $\sum_{M \times M}$ 는 M^2 크기의 행렬의 모든 원소에 대하여 이루어진다.

$$\begin{aligned} &\sum_{M \times M} [\tilde{A} \otimes E_{mli}^{(q_0)}] \\ &= \begin{bmatrix} \sum_{M \times M} \sum_q [A_{11}^{(q)} \otimes E^{(q)}] \otimes E^{(q_0)} & \dots & \sum_{M \times M} \sum_q [A_{1N}^{(q)} \otimes E^{(q)}] \otimes E^{(q_0)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{M \times M} \sum_q [A_{M1}^{(q)} \otimes E^{(q)}] \otimes E^{(q_0)} & \dots & \sum_{M \times M} \sum_q [A_{MN}^{(q)} \otimes E^{(q)}] \otimes E^{(q_0)} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (11)$$

III. 간섭잡음에 대한 확률밀도함수와 비트오율

2차원 광CDMA에서 자기 영상의 복원 과정 중 다른 사용자들의 간섭잡음에 의해 후처리 과정에서 임계치 이상의 값을 가짐으로 인하여 값이 0인 입력영상 픽셀을 1로 복원될 때 발생한다. 이러한 간섭잡음에 대한 확률밀도함수로부터 비트오율을 유도하며 전체 시스템의 성능을 평가한다.

2개의 서로 다른 광직교패턴에서 패턴의 크기가 $(M \times M)$ 이고 가중치가 u 이며 상호상관값 $\lambda_c=1$, 자기상관값 $\lambda_a=1$ 인 경우의 2개의 패턴코드의 한 픽셀이 중복될 확률은 $\frac{w^2}{M^2}$ 이다. 또한 입력영상의 각 픽셀이 같은 확률을 가지고 ON-OFF Keying에 의해 변조된다면 한 픽셀이 중복될 확률은 $\frac{w^2}{2M^2}$ 이며, 따라서 2개의 광직교패턴코드의 각 픽셀이 중복되지 않을 확률은 $\left(1 - \frac{w^2}{2M^2}\right)$ 이다. 중복되는 픽셀 u 에 대한 2명의 사용자의 간섭잡음에 대한 확률밀도함수는 다음과 같다⁷⁾.

$$P_u(u) = \left(1 - \frac{w^2}{2M^2}\right) \delta(u) + \frac{w^2}{2M^2} \delta(u-1) \quad (12)$$

여기서 $\delta(u)$ 는 Dirac delta 함수이며 광직교패턴 코드의 행·열방향 이동이 칩 픽셀 크기의 정수배만큼 이동하는 칩 픽셀 동기화(chip pixel synchronization)가 되었다고 가정한다. 동기화인 경우에 중복되는 픽셀의 면적이 제일 크기 때문에 식 (12)는 간섭잡음이 가장 클 때의 확률밀도 함수이다. 실제로는 칩 픽셀 비동기화인 경우도 고려를 하여야 하지만 이러한 경우는 N 개의 광직교패턴코드에 대해 $\binom{M}{2} = \frac{N(N-1)}{2}$ 개의 서로 다른 확률밀도 함수를 유도해야 하기 때문에 매우 어려운 일이다. 따라서 식 (12)를 실제 간섭잡음의 확률밀도함수에 대한 근사식으로 사용한다.

I_1 을 사용자 1에 대하여 $N-1$ 명의 다른 사용자에 의한 간섭잡음의 세기라하면, 확률변수 I_1 은 이항분포를 나타내므로 $N-1$ 명의 간섭잡음에 대한 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$P_{I_1}(I_1) = \sum_{i=0}^{N-1} \binom{N-1}{i} \left(\frac{w^2}{2M^2}\right)^i$$

$$\left(1 - \frac{w^2}{2M^2}\right)^{N-1-i} \delta(I_1 - i) \quad (13)$$

식 (13)은 광직교패턴코드 $N(M^2, w, \lambda_a=1, \lambda_c=1)$ 인 경우의 확률밀도함수를 나타낸다.

이러한 간섭잡음의 세기가 임계치 이상일 때 오류가 발생하므로 비트오율을 다음과 같이 정의한다.

$$BER = \frac{1}{2} \int_{\tau_k}^{\infty} P(I_1) dI_1 \quad (14)$$

식 (12)의 근사식이 간섭잡음의 세기가 가장 클 때이므로 비트오율의 상한값을 다음과 같이 정의한다.

$$BER < \frac{1}{2} \sum_{i=\tau_k}^{N-1} \binom{N-1}{i} \left(\frac{w^2}{2M^2}\right)^i \left(1 - \frac{w^2}{2M^2}\right)^{N-1-i} \quad (15)$$

IV. 성능분석 및 결과

표 1 에서 명시한 생성방법은 광직교패턴코드의 수에서 최적이지만 패턴의 크기나 가중치에 대하여 제약이 있다. 따라서 표 1의 세가지 방법으로 생성할 수 있는 코드 중에서 패턴의 크기가 같은 것을 선택하여 비트오율을 비교하였으며 각각의 광직교패턴코드에 대하여 임계치의 변화에 따라 동시사용자수에 대한 비트오율도 함께 관찰하였다.

그림 3은 패턴크기가 같고 가중치와 자기상관값이 다른 세가지 생성법에 대해 동시 사용자수를 32로 했을 때 임계치에 대한 비트오율 비교를 나타낸다. 각 생성방법에 의한 패턴코드의 파라미터와 최대 패턴코드의 수는 표 2와 같다.

표 2. 각 생성법에 대한 파라미터와 최대 생성코드수

생성법	파라미터	최대 패턴코드수
BIBD	$(31^2, 15, 7, 1)$	32
FPG	$(31^2, 6, 1, 1)$	32
Wilson	$(31^2, 3, 1, 1)$	160

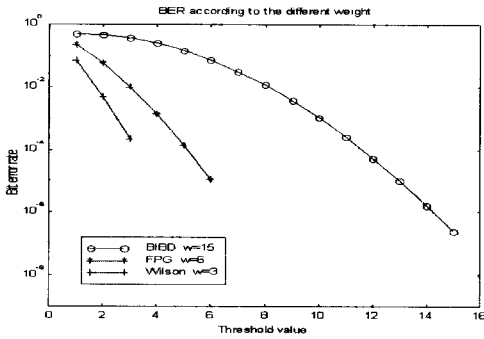


그림 4. 임계치에 따른 비트 오류 비교

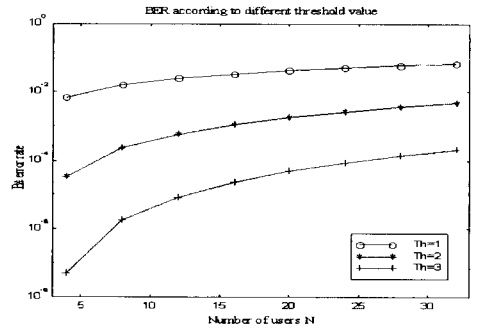


그림 7. 임계치에 따른 동시 사용자 수에 대한 비트오류 비교(Wilson 방법)

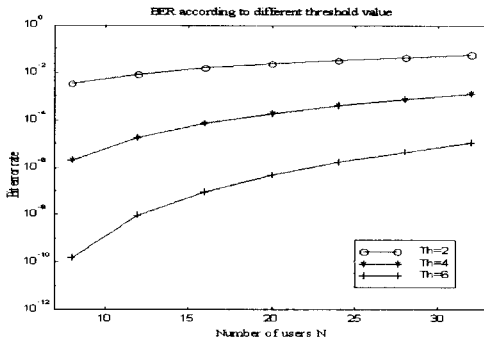


그림 5. 임계치에 따른 동시 사용자수에 대한 비트오류 비교 (FPG 방법)

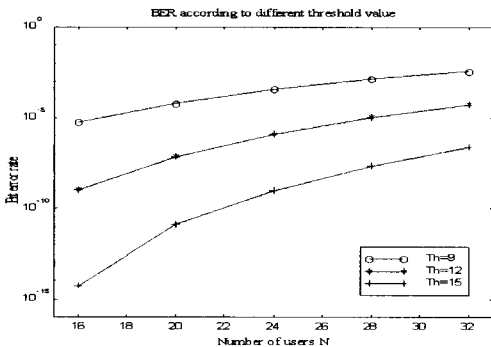


그림 6. 임계치에 따른 동시 사용자 수에 대한 비트오류 비교(BIBD 방법)

그림 3과 표 2에서, Wilson 방법에 의하면 같은 크기에 대하여 패턴코드를 최대한 많이 생성할 수 있으나 보장할 수 있는 비트오율이 다른 두 방법에 비해 낮음을 알 수 있다. 또한 BIBD 방법에 의한 패턴코드는 가중치가 크지만 자기상관값의 조건을 완화시켰으므로 FPG 방법에 의한 생성패턴코드의 수와 같음을 볼 수 있다.

그림 4, 5, 6은 표 2에 명시한 BIBD, FPG, Wilson 생성법에 의한 패턴코드의 임계치에 따라 동시 사용자 수에 대한 비트오류 비교를 각각 나타낸다. 세가지 방법 중 BIBD 생성법에 의해 만들어진 패턴코드는 가중치가 크면 임계치를 크게 선택할 수 있으므로 동일한 동시 사용자 수에 대하여 최소 비트오율을 지닌다.

V. 결론

2차원 광CDMA 시스템의 성능을 평가하기 위해 다중 사용자의 간섭잡음의 확률밀도함수를 구하고 완화된 자기상관값 조건을 포함하는 3가지 패턴코드 생성방법에 의해 생성되는 패턴코드의 비트오율을 관찰하였다. 같은 크기의 패턴코드에 대하여 임계치에 따른 비트오율을 살펴보았으며, 각 패턴코드의 동시사용자수에 대한 성능을 평가하였다.

관찰 결과, 비트오율을 줄이기 위하여 임계치를 크게 하려면 가중치가 커야 하지만 자기상관값에 대한 제약을 덜어줌으로써 생성코드의 수와 동시사용자 수를 보장할 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] J. A. Salehi, "Code Division Multiple-Access Techniques in Optical Fiber Networks-Part I : Fundamental Principles," *IEEE Trans. On Comm.*, Vol. 37, No. 8, pp. 824-833, Aug. 1989.
- [2] J. A. Salehi, "Code Division Multiple-Access Techniques in Optical Fiber Networks-Part II : Systems Performance Analysis," *IEEE Trans.*

On Comm., Vol. 37, No. 8, pp.834-842, Aug. 1989.

- [3] F. R. K. Chung, J. A. Salehi, and V. K. Wei, "Optical Orthogonal Codes: Design, Analysis, and Applications," *IEEE Int. Symp. On Inform. Theory*, Vol. 35, No. 3, pp. 595-604, May 1989.
- [4] Ken-ichi Kitayama, "Novel Spatial Spread Spectrum Based Fiber Optic CDMA Networks for Image Transmission," *IEEE J. On Selected Areas In Comm.*, Vol. 12, No. 4, pp.762-772, May 1994.
- [5] Ken-ichi Kitayama, Moriya Nakamura, Yasunori Igasaki, and Keiji Kaneda, "Image Fiber-Optic Two-Dimensional Parallel Links Based Upon Optical Space-CDMA : Experiment," *J. of Lightwave Technology*, Vol. 15, No. 2, pp. 202-212, Feb. 1997.
- [6] Guu-Chang Yang and Wing C. Kwong, "Two-Dimensional Spatial Signature Patterns," *IEEE Trans. on Comm.*, Vol. 44, No. 2, pp. 184-191, Feb. 1996.
- [7] Moriya Nakamura and Ken-ichi Kitayama, "System performances of optical space code-division multiple-access-based fiber-optic two-dimensional parallel data link," *Applied Optics*, Vol. 37, No. 14, pp. 2915-2924, May 1998.

박 영 재(Yeong-jae Park)

준회원



1998년 2월 : 연세대학교 전기
공학과 졸업

1998년 3월~현재 : 연세대학교
전기컴퓨터공학과
석사과정

박 진 배(Jin-bae Park)

정회원

1977년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업

1985년 : 미국 Kansas State Univ. 전기 및 컴퓨터
공학과 졸업(공학석사)

1990년 : 미국 Kansas State Univ. 전기 및 컴퓨터
공학과 졸업(공학박사)

1992년 3월~현재 : 연세대학교 기계전기공학부 부
교수

이 태 훈(Tae-hoon Lee)

정회원



1992년 2월 : 연세대학교 전기
공학과 졸업

1995년 2월 : 연세대학교 전기
공학과 석사

1995년 3월~현재 : 연세대학교
전기컴퓨터공학과
박사과정