

# 데이터속도에 무관하게 동일 성능을 보장하는 광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 광 가입자망의 제안

박 상 조\* · 김 봉 규\*\*

## 요 약

다양한 데이터 속도와 버스트 타입과 같은 다양한 형태의 신호가 혼재하는 멀티미디어 서비스를 전송하기 위한 초고속 광 가입자망을 구축하기 위하여 수정한 PN 코드를 사용한 주파수영역에서 확산하는 광 CDMA 시스템을 제안한다. 광 멀티미디어 가입자망에서 동시 가입자의 수를 늘리고, 간섭잡음을 경감시키기 위하여 수정한 PN 코드를 사용한 FBG형 광 CDMA에 대하여 광원의 SPD(spectral power distortion)에 의한 특성변화를 수치적으로 분석한다. 다양한 데이터의 속도의 신호가 혼재한 멀티미디어 시스템에서 데이터의 속도에 관계없이 동시 가입자의 수가 같을 경우 BER 특성이 동일하다는 것을 알 수 있다. 그리고 제안한 광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 네트워크에서의 BER 특성이 종래방식보다 훨씬 향상되는 것을 알 수 있다.

## Proposal of Ultra-fast Multimedia Optical Subscriber Access Network to Guarantee the same Performance Regardless of Data Rates using Optical Frequency Domain CDMA Method

SangJo Park\* · Bong Kyu Kim\*\*

## ABSTRACT

In this paper, we propose ultra-fast multimedia optical subscriber access network using optical frequency domain CDMA method in order to access the multimedia with multiple data rates. We numerically analyze the effects of spectral power distortion in the light source for the optical CDMA system modified PN codes and FBG(Fiber Bragg Grating)s. In the proposed multiple-rate multimedia access optical networks, the performances such as BER(Bit Error Rate) are the same for all data regardless of data rates in the case of the same number of simultaneous ONU. In the proposed ultra-fast multimedia optical subscriber access network, the performances for all data are much more improved than those in the conventional system.

**키워드 :** PN 부호(PN Sequence Code), 광 가입자망(Optical Subscriber Network), 광 CDMA(Optical CDMA), 간섭잡음(Interference Noise), 멀티미디어(Multimedia), FBG(Fiber Bragg Grating), PN 코드

### 1. 서 론

최근의 인터넷은 사용자의 수가 급증하고 있으며, 보다 많은 정보를 보다 많은 가입자에게 전송하기 위한 광 가입자망이 도입되어 일본에서는 FTTH(Fiber To The Home)이 서비스되고 있다[1]. 고화질 주문형 영상과 같은 광대역 신호와 검침미터 및 음성 등의 다양한 데이터 속도의 협대역 신호가 혼재하는 멀티미디어 서비스가 요구되고 있다. 또한 멀티미디어 서비스에는 영상 및 음성과 같은 연속적인 형태와 문자 및 이미지와 같은 버스트 타입의 트래픽이 동시에 포함되어 있다. 이러한 다양한 형태의 신호를 서비

스할 수 있는 초고속 멀티미디어가 요구되고 있는 광 가입자망에서 많은 가입자가 동시에 사용할 수 있도록 하는 방법에는 WDMA(Wavelength Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), SCM(SubCarrier Modulation), CDMA(Code Division Multiple Access)가 있다. 이 중에서 1980년대 무선 CDMA 기술을 광통신에 도입한 광 CDMA 기술은 비동기, 우수한 보안성, 여러 개의 동일한 파장의 광원을 사용할 수 있는 등 많은 장점을 지니고 있어서, 향후 고속의 데이터를 많은 인터넷 가입자에게 보내주는 방법 중의 하나로 각광받고 있다. 광 CDMA 기술에는 시간지연을 이용한 방법[2], 광 스위치를 이용한 방법[3], 공간필터를 이용한 방법[4], FBG(Fiber Bragg Grating)/AWG(Arrayed Waveguide Grating)을 이용한 방법[5-8], 간섭계형 필터를 이용한 방법[9] 등이 있으며, 이 중에서 코드 추출

\* 정 회 원 : 서울대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수  
\*\* 정 회 원 : 한국전자통신연구원 선임연구원  
논문접수 : 2003년 7월 31일, 심사완료 : 2004년 7월 19일

을 위한 동기가 필요 없는 FBG형 광 CDMA에 관한 연구가 최근에 가장 활발히 진행되고 있다.

지금까지 다양한 데이터 속도를 가진 멀티미디어 서비스에 적용된 광 CDMA 방식으로는 직접확산 광 CDMA 방식[10,11]과 주파수 호핑 CDMA 방식[12]이 있다. 이러한 종래 방식들은 시간영역 확산방식과 시간적으로 주파수 확산방식으로 데이터를 저속 데이터와 고속 데이터로 구분하여 처리율을 역으로 조정하여 확산신호의 전송률을 일정하게 유지하고 있다. 따라서 고화질 주문형 영상과 같은 광대역 신호의 특성이 저하되고, 음성과 같은 협대역 신호의 특성이 향상되는데, 현실적으로는 영상신호가 음성신호보다 고품질을 요구하고 있다. 또한 문자와 이미지와 같은 버스트 타입의 신호가 혼재한 멀티미디어 서비스를 종래 방식에 적용할 경우 시간영역에서 확산된 신호의 데이터 속도가 일정하지 않기 때문에 역확산 시 간섭잡음성분의 제거가 어렵다.

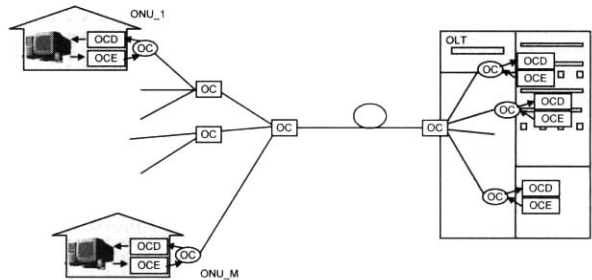
따라서 다양한 데이터 속도와 버스트 타입과 같은 다양한 형태의 신호가 혼재하는 멀티미디어 서비스를 가입자당 100Mbps이상의 전송속도를 가지는 저가의 초고속 광 가입자망을 구축하기 위하여 수정된PN 코드를 사용한 광 주파수영역에서 확산하는 광 CDMA 시스템을 제안한다. 종래 방식과 달리 광학 주파수영역에서 확산하는 광 CDMA 방식을 이용하기 때문에 다양한 데이터 속도와 버스트 타입과 같은 다양한 형태의 신호가 혼재하는 멀티미디어 서비스에 적용할 수 있다. 향후 LED와 FBG의 가격은 기존의 광원과 필터에 비하여 저가로 될 가능성이 매우 높으며, 또한 FBG를 이용한 광 CDMA는 FBG 사이의 간격을 좁게하여 10Gbps 이상의 전송속도를 제공할 수 있다[13]. 또한 본 논문에서 제안된 방식에서 실제적으로 사용되는 광원이 모든 파장에 출력세기가 일정하지 않은 것을 고려하여 제안 시스템에서의 SIR(Signal to Interference Ratio)과 BER(Bit Error Rate) 특성을 분석하고, 사용 가능한 동시 가입자의 수를 분석한다.

## 2. 광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 광 가입자망의 제안

광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 광 가입자망은 (그림 1)과 같다. M개의 ONU(Optical Network Unit)가 광 결합기에 의해 1심외의 광섬유를 통해 OLT에 접속되어 있다. 제안한 광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 광 가입자망에서는 155.52Mb/s와 622.2Mb/s 등의 멀티 레이트의 데이터가 혼재하는 멀티미디어 서비스를 제공하게 된다.

OLT(Optical Line Termination)에는 CDMA encoder(OCE)와 CDMA decoder(OCD)가 내장된 M개의 광 송수신 모듈이 있으며, 가입자의 ONU에는 각 ONU당 하나의 광 송수신 모듈이 있다. OLT 및 ONU에 있는 각각의 광 송수신

모듈은 광 결합기(OC : Optical Coupler)로 결합이 되며, 가입자의 모듈들은 위치에 따라 서로 다른 여러 개의 광 결합기를 통하여 결합되어질 수도 있다. 결합된 신호들은 하나의 광섬유를 통하여 OLT와 ONU간에 데이터가 전송이 된다.



(그림 1) 광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 광 가입자망

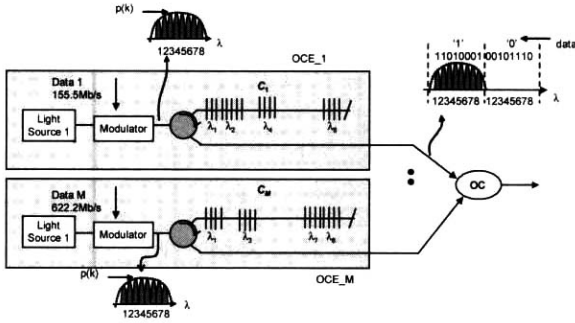
OCE와 OCD에서 무선 CDMA에 널리 사용되는 PN 부호를 사용하여 광 CDMA를 수행한다. PN계열 부호는 Pseudo-random Noise의 약칭으로 이름이 보여주듯이 랜덤 노이즈 기본성질을 가진다. PN계열 부호는 시프터 레지스터를 사용하여 발생시키는 것이 가능한데, 그렇기 때문에 발생 과정은 확정적(deterministic)이고 랜덤성을 갖지 않는다. 그러나 랜덤성을 확인하는 사후 확률에 관한 판정을 만족하기 때문에 유사 랜덤(Pseudorandom)이라고 부른다. 부호장이 7일 때 원시 다항식  $x^3 + x^2 + 1$ 을 시프터 레지스터로 구성하여 PN 부호  $c_1(n) = (1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0)$ 을 생성할 수 있다. PN 부호를 광 CDMA에 적용할 경우 '1'의 개수가 홀수여서 두 개의 광검출기를 이용한 광 CDM 디코더(OCD : Optical CDM Decoder)에서 간섭이 일어나게 된다[13]. 따라서 코드간의 간섭을 제거하기 위하여 PN 계열 부호의 상보부호를 사용하면 간섭이 없는 광 CDMA 시스템을 구성할 수 있다. 한편, SIK(sequence inversion keying) 방식의 광 CDMA에서는 "1"과 "0"의 개수가 동일하지 않으면 코드간의 간섭이 일어나게 된다[14]. SIK 방식의 광 CDMA에서 코드간의 간섭을 제거하기 위하여 <표 1>과 같이 1비트씩 천이된 부호에 stuff bit '1'를 사용하여 '1'과 '0'의 수를 같도록 한 수정된 PN 부호를 사용하면 채널간의 간섭을 없앨 수 있다. 본 논문에서는 OOK(on off keying) 방식과 SIK 방식을 모두 수용하는 수정된 PN 부호를 적용한 광 CDMA 시스템에 대하여 고려하였다.

<표 1> 수정된 PN 부호

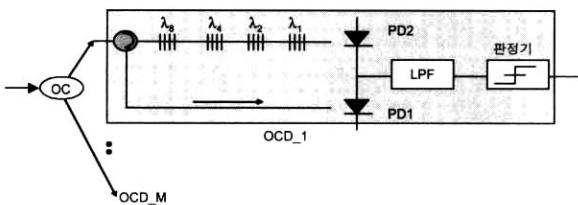
Code No.	Code						
C <sub>1</sub>	1	1	0	1	0	0	1
C <sub>2</sub>	1	0	1	0	0	0	1
C <sub>3</sub>	0	1	0	0	0	1	1
C <sub>4</sub>	1	0	0	0	1	1	0
C <sub>5</sub>	0	0	0	1	1	0	1
C <sub>6</sub>	0	0	1	1	0	1	0
C <sub>7</sub>	0	1	1	0	1	0	0

← PN code
← stuff bit

수정된 PN 부호를 이용한 FBG형 광 CDMA에서 광 CDM 인코더(OCE : Optical CDM Encoder)와 광 CDM 디코더의 구성은 각각 (그림 2)와 (그림 3)과 같다.



(그림 2) OCE의 구성



(그림 3) OCD의 구성

광대역 스펙트럼을 갖는 LED를 광원으로 사용하고, 광 변조기를 이용하여 On-off shift keying 방식으로 데이터를 생성한다. 생성된 광 신호를 FBG를 이용하여 부호화하며, 반사되어 나오는 부호화된 광 신호는 서큘레이터 등과 같은 광소자를 이용하여 전송매질의 광섬유로 전달된다. 이때 레이블된 FBG의 반사파장들 사이의 간격은 일정한 간격을 가지며, 사용되는 FBG의 레이블은 PN 부호에 의하여 결정된다. (그림 2)의 상단부에서 출력되는 광 신호는 코드길이 8인 수정된 PN코드 중의 하나인  $c_1(n) = (1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1)$  을 사용하였을 때 출력모양이다. 전송 데이터가 '1'인 경우 파장  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_4$  및  $\lambda_8$ 이 출력이 되고,  $\lambda_3, \lambda_5, \lambda_6$  및  $\lambda_7$ 은 출력이 되지 않는다. (그림 3)의 OCD에서는 OCE에서 생성된 광신호가 입력이 되면 FBG의 반사파장과 일치하는 파장은 반사되어 광 서큘레이터를 통하여 광 검출기 PD1에 입력되고, FBG의 반사파장과 다른 파장은 FBG를 통과하여 광 검출기 PD2에 입력이 된다. 여기서 사용된 FBG의 레이블은 encoder와 마찬가지로 수정된PN 부호에 의하여 결정된다. 만약 OCE와 OCD에 사용된 PN 부호가 동일하다면 광 신호는 광 검출기 PD1에만 입력이 되고 PD2에는 입력이 되지 않는다. OCE와 OCD의 PN 부호가 서로 동일하지 않다면 광 신호는 광 검출기 PD1과 PD2에 나누어져서 입력되게 된다. 두 광 검출기에서 출력되는 전기신호의 크기는 PN 부호의 특성상 동일하게 된다. 따라서 두 광 검출기에서 출력되는 전기신호의 차이 신호를 저대역필터(LPF : Low Pass Filter)를 통과시키면, 동일한 수정된 PN 부호의 경우에는 판정기에서 송신 데이터를 정상적으로 재생하게 되고,

동일한 수정된 PN 부호가 아닌 경우에는 두 광 검출기에 출력되는 신호의 크기가 같기 때문에 아무런 출력이 되지 않는다. 즉다른 부호를 가진 OCE에서 생성된 신호는 출력 신호에 아무런 영향을 미치지 않게 된다. 그러나 광원에서 출력되는 광 세기가 파장에 따라 동일하지 않을 경우에는 두 개의 광 검출기에 검출되는 신호크기가 같지 않기 때문에 잡음으로 작용하게 된다.

### 3. 신호 대 간섭잡음비 분석

일반적인 광시스템의 성능분석에서는 상대강도변조잡음, 열잡음, 샷잡음, 간섭잡음 등을 모두 고려하여야 된다. 그러나 제한한 광 CDMA 시스템에서는 동시 사용가능한 ONU 수를 늘리기 위하여 높은 광전력을 가정할 경우 ONU간 간섭잡음이 시스템에 영향을 가장 많이 미치기 때문에 본 논문에서는 간섭잡음을 제외한 다른 잡음성분은 고려하지 않았다[13]. 따라서 신호대 간섭잡음비(SIR : Signal-to-Interference Power Ratio)만 고려하여 BER(Bit Error Rate) 특성을 분석한다.

광원의 출력이 파장에 따라 일정할 경우 제안시스템에서는 '1'과 '0'의 수를 같도록 생성한 수정된 PN 부호를 사용하기 때문에 간섭잡음 성분이 제거된다. 실제적으로 사용되는 광원이 모든 파장에 출력세기가 일정하지 않은 것을 고려하여 이론적으로 분석하여 보았다. 각각 파장에 따른 광 출력세기가  $P_k$ (여기서  $k$ 는 1에서  $n$ 이며, 특정한 파장을 지칭)인 광원을 이용하여  $j$ 번째 ONU에서 부호장이  $n$ 인 수정된 PN 코드  $C_j = (c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jn})$ 로 암호화하면,  $j$ 번째 ONU의 OCE에서 출력되는 광 신호  $OP_k$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$OP_k = P_k \times c_{jk} \quad (1)$$

여기서 PN 코드  $c_{jk}$ 는 0과 1의 값을 가지며,  $j$ 번째 ONU의 OCE에서 출력되는 신호가 수정된 PN  $C_i = (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{in})$ 를 지닌 수신단의 OLT의  $i$ 번째 OCD에 입력되면 광 검출기 PD1과 PD2에서 검출되는 전기신호  $E_1$ 과  $E_2$ 는 각각 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$E_1 = \alpha \sum_{k=1}^n P_k \times c_{jk} \times c_{ik} \quad (2)$$

$$E_2 = \alpha \sum_{k=1}^n P_k \times c_{jk} \times \overline{c_{ik}} \quad (3)$$

여기서  $\alpha$ 는 광 검출기의 광전변환계수이며,  $\overline{c_{ik}}$ 는  $c_{ik}$ 의 상보부호로써  $(1 - c_{ik})$ 로 표시된다. 파장에 따른 광원의 출력세기가 일정, 즉  $P_1 = P_2, \dots, = P_n$ 이고, OCD와 OCE에서 꼭 같은 수정된 PN 코드를 사용하는 경우( $j = i$ )에는 광 검출기 PD2에서 출력되는 전기신호  $E_2$ 는 0이며, PD1에서

출력되는 전류값  $E_1$ 은 수정된 PN 코드의 특성상  $P_k \times n/2$  이 된다. 한편 파장에 따른 광원의 출력세기가 일정하고, OCE와 OCD가 다른 경우( $j \neq i$ )에는  $E_1$ 과  $E_2$ 의 값은 각각  $P_k \times n/4$ 의 동일한 값을 가지기 때문에 두 광 검출기에서 출력되는 전기신호의 차이 값은 0이 되며, 서로 다른 채널에 의한 간섭잡음이 생기지 않는다. 그러나 실제적으로는 파장에 따른 광원의 출력세기  $P_k$ 가 일정하지 않기 때문에 간섭잡음이 생긴다.

OCE와 같은 수정된 PN 코드를 사용하는  $i$ 번째 OCD에서 재생하는 신호의 크기는 다음과 같다.

$$E_{s_i} = \alpha \sum_{k=1}^n P_k \times c_{jk} \quad (4)$$

따라서  $i$ 번째 OCD에서 재생하는 신호의 전력성분은 다음과 같다.

$$S = \langle E_{s_i} \rangle^2 \quad (5)$$

그리고  $j$ 번째 OCE에서 입력된 CDMA 신호가  $i$ 번째 OCD에서 발생하는 간섭잡음의 크기는 다음과 같다.

$$E_{I_{ij}} = \alpha \sum_{k=1}^n P_k \times c_{jk} \times (c_{ik} - \overline{c_{ik}}) \quad (6)$$

따라서 동시 가입자수가  $M$ 일 때 간섭잡음의 전력성분은 다음과 같다.

$$I = \sum_{j=1, j \neq i}^M \langle E_{I_{ij}} \rangle^2 \quad (7)$$

따라서 동시 가입자수가  $M$ 일 때 신호대 간섭잡음비(SIR : Signal-to-Interference Power Ratio)는 다음과 같이 주어진다.

$$SIR = \frac{S}{I} \quad (8)$$

OCD의 저대역통과필터(LPF)의 출력전력이 신호성분  $S$ 와 간섭잡음 성분  $I$ 의 합이 된다. 간섭잡음 성분  $I$ 는 정규랜덤변수이므로 저대역통과필터(LPF)의 출력은 신호성분  $S$ 와 간섭잡음 성분  $I$ 를 가진 정규분포함수라고 가정한다. OCD에서 상관한 데이터가 1과 0일 때 저대역통과필터(LPF)의 출력전압의 평균치는 각각  $\sqrt{S}$ , 0이 된다. 데이터가 1과 0이 될 확률을 각각 0.5로 가정하면 OCD의 판정기에서 평균오차율(BER: bit Error Rate),  $P_e$ 는 다음과 같이 표시할 수가 있다 [14].

$$P_e = \frac{1}{4} \left( \operatorname{erfc} \left( \frac{I_1 - I_D}{\sqrt{2}\sigma_1} \right) + \operatorname{erfc} \left( \frac{I_D - I_0}{\sqrt{2}\sigma_0} \right) \right) \quad (9)$$

여기서  $I_1$ ,  $I_0$  및  $I_D$ 는 각각 데이터 '1', 데이터 '0' 및 판

별치의 전류값이고,  $\sigma_1$ 과  $\sigma_0$  각각 데이터 "1"과 데이터 "0"의 잡음과 간섭의 편차이다. 본 논문에서 제안된 광 CDMA는 '0'의  $I_0$  값을 가지고  $\sigma_1$ 과  $\sigma_0$ 이 서로 같은 값을 가지는 PIN 광 검출기를 사용하는 경우,  $I_D = I_1/2$ 일 때 가장 효율적으로 데이터를 복원할 수 있다. 이 경우 BER과 SIR의 관계는 다음과 같이 표시된다[14].

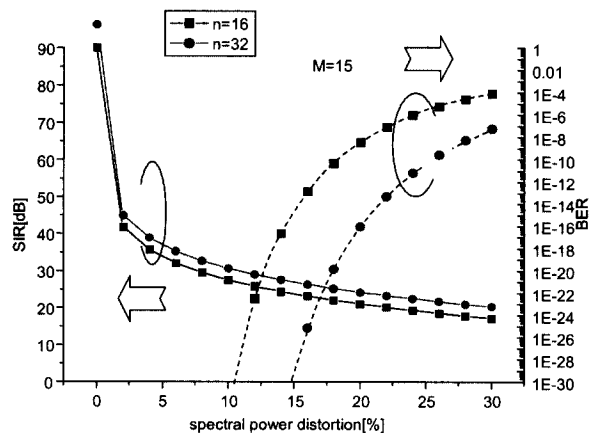
$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{I_1}{2\sqrt{2}\sigma_1} \right) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{SIR}{8}} \right) \quad (10)$$

여기서  $\operatorname{erfc}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\lambda^2/2} d\lambda$  이다.

#### 4. 컴퓨터를 이용한 수치 결과 및 분석

이론적 성능분석의 결과를 C 언어로 프로그램을 작성하여 수치 계산을 수행하였다. 제안한 광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 광 가입자망에서는 LED(light emitting diode)와 같은 넓은 선폭을 가지는 광원을 사용한다. 실제적인 광원의 출력의 세기는 (그림 2)의 스펙트럼처럼 파장에 따라 일정하지 않다. 본 논문에서는 광원의 출력 스펙트럼 모양이 파장변화에 따라 가우시안 정규분포라고 가정한다. 식 (1)의  $P_k$ 의 값이 중심파장( $k = n/2$ )에 대하여 가우시안 정규분포로 가정하여 간섭잡음을 수치적으로 분석하였다.

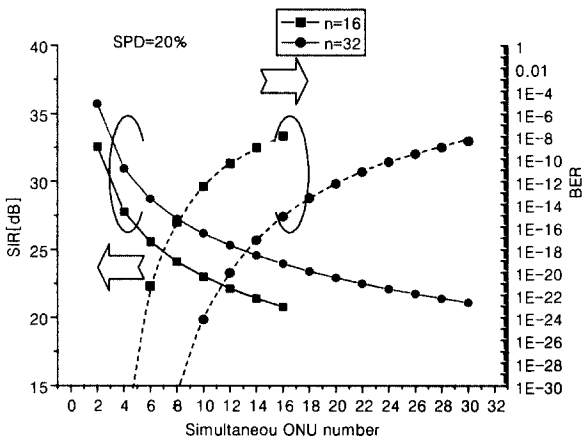
(그림 4)는 동시사용 ONU수가 15개이고 부호장  $n$ 이 16과 32인 경우, 광원의 스펙트럼전력왜곡률(SPD : Spectral Power Distortion)에 따른 SIR값과 BER값을 계산한 결과이다. 여기서SPD는 중심파장의 최대출력 세기에 대한 최대 출력세기와 최소출력세기 차의 비율, 즉  $(P_{n/2} - P_1)/P_{n/2}$ 를 나타낸다. 부호장  $n$ 이 커질수록 SIR 값이 커지며, 광원의 SPD가 증가할수록 SIR 값이 작아진다. 부호장은 동시사용 ONU수보다 커야 SIR이 0보다 크다는 것을 고려하여 도시하였다.



(그림 4) SPD에 대한 SIR과 BER 특성(M=15, n=16, 32)

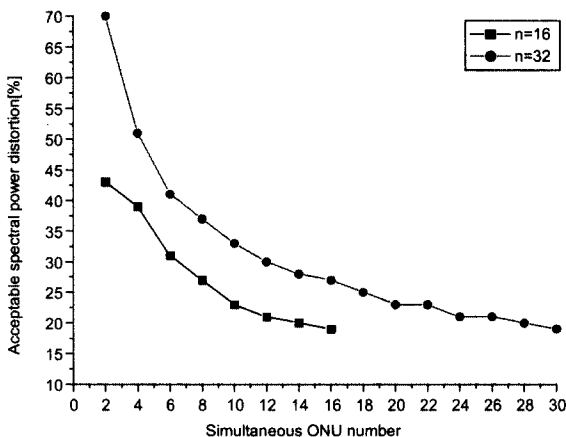
동시사용 ONU수가 15이고 부호장이 16과 32인 경우, 멀티미디어 가입자망에 사용하기 위하여 BER 값이  $10^{-9}$  이상이 되려면 SPD가 각각 20% 와 28% 이내로 한정되는 것을 알 수 있다.

(그림 5)는 SPD가 20%이고 부호장이 16과 32인 경우, 동시사용 ONU수에 따른 SIR값과 BER값을 도시하였다. SPD가 20%이고 부호장이 16과 32일 경우, 멀티미디어 가입자망에 사용하기 위하여 BER 값이  $10^{-9}$  이상이 되려면 동시사용 ONU수가 각각 14와 28 이하여야 함을 알 수 있다.



(그림 5) 동시사용 ONU수에 대한 SIR과 BER특성 (SPD=20%, n=16, 32)

(그림 6)은 동시사용 ONU수에대한 허용 가능한 SPD를 나타내고 있다. 여기서 허용 가능한 SPD는 멀티미디어 가입자망에 적합하기 위하여 BER을  $10^{-9}$ 을 기준으로 하였다. 각각의 부호장에 동시사용 ONU 수를 증가시키면 허용 가능한 SPD는 감소하는 것을 알 수 있다.



(그림 6) 동시사용 ONU수에대한 허용 가능한 SPD(BER= $10^{-9}$ )

동시사용 ONU 수가 14이고 부호장이 16과 32일 경우, 멀티미디어 가입자망에 사용하기 위하여 BER 값이  $10^{-9}$  이상이 되려면 허용 가능한 SPD는 각각 20%와 28%가 되는 것을 알 수 있다.

<표 2>는 이미 제안된 주파수 호핑 CDMA 방식을 멀티미디어 시스템에 적용하였을 경우 BER 특성을 보여주고 있다[12]. 여기에서는 광원의 스펙트럼 왜곡을 고려하지 않았다.

<표 2> 종래 방식의 BER 특성

	Low rate	High rate
Data rate	500Mb/s	1Gb/s
Channel number	9	6
Code length	12	6
BER	$10^{-17}$	$10^{-7}$

<표 2>에서 보여 주듯이 다양한 데이터의 속도의 신호가 혼재한 멀티미디어 시스템에서 고속 데이터의 BER 특성이 저속 데이터보다 훨씬 저하되는 것을 알 수 있다. <표 3>은 SPD가 0%와 20%일 때, 제안방식에서의 BER 특성을 보여주고 있다.

<표 3> 제안 방식의 BER 특성

	Low rate	High rate
Data rate	500Mb/s	1Gb/s
Channel number	9	
Code length	16	
BER	SPD = 20%	$1.58 \times 10^{-14}$
	SPD = 0	0

높은 광전력을 사용한 것을 가정하여 간섭잡음을 제외한 다른 잡음성분은 고려하지 않았을 경우, BER 특성은 부호장과 사용하는 채널 수에 의하여 결정되어 진다. 다양한 데이터 속도의 신호가 혼재한 멀티미디어 시스템에서 데이터의 속도에 관계없이 같은 부호장을 설정할 수 있으므로 사용하는 채널 수가 동일하다면, 동일한 BER 특성을 얻을 수 있다. 광원의 SPD가 0인 이상적인 광원을 사용한 멀티미디어 시스템에서 제안방식이 종래방식보다 BER 특성이 훨씬 향상된다. 그리고 제안 시스템에서 SPD가 20%인 광원을 사용한 경우에도 부호장을 16으로 설정하면 저속 및 고속 데이터 모두의 BER 특성이 종래방식에 비하여 향상되는 것을 알 수 있다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 멀티 레이트의 데이터가 혼재하는 멀티미디어 서비스를 전송하기 위한 초고속 광 가입자망을 구축하기 위하여 수정한 PN 코드를 사용한 주파수영역에서 확산하는 광 CDMA 시스템을 제안하였다. 광 멀티미디어 가입자망에서 동시 가입자의 수를 늘리고, 간섭잡음을 경감시키기 위하여 수정한 PN 코드를 사용한 FBG형 광 CDMA에 대하여 광원의 SPD(spectral power distortion)에 의한 특성변화를 수치적으로 분석하였다. 다양한 데이터의 속도

의 신호가 혼재한 멀티미디어 시스템에서 데이터의 속도에 관계없이 동시 가입자의 수가 같을 경우 BER 특성이 동일하다는 것을 알 수 있었다. 그리고 제안한 광주파수영역 CDMA를 이용한 초고속 멀티미디어 네트워크에서의 BER 특성이 종래 방식보다 훨씬 향상되는 것을 알 수 있었다.

**참 고 문 헌**

[1] ITU-T Recommendation G.983.1, Broadband optical access systems based on PON, Oct., 1998.  
 [2] K. Kitayama, H. Sotobayashi and N. Wada, "Optical code division multiplexing (ODCM) and its applications to photonic networks," IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E82-A, No.12, pp.2616-2626, 1999.  
 [3] S. Park, K. Tsukamoto and S. Komaki, "Polarity-reversing type photonic receiving scheme for optical CDMA signal in radio highway," IEICE Trans. Electron, Vol.81-C, No.3, pp.462-467, 1998.  
 [4] T. Dennis and J. F. Young, "Optical implementation of bipolar codes," IEEE J. of Quantum Electronics, Vol.35, No.3, pp.287-291, 1999.  
 [5] H. Fathallah, L. A. Rusch and S. LaRochelle, "Passive optical fast frequency-hop CDMA communications system," IEEE J. of Lightwave Tech., Vol.17, No.3, pp397-405, 1999.  
 [6] K. Yu, J. Shin and N. Park, "Wavelength-time spreading optical CDMA system using wavelength multiplexers and mirrored fiber delay lines," IEEE Photonics Tech. Lett., Vol. 12, No.9, pp.1278-1280, 2000.  
 [7] S. Kim, "Cyclic optical encoders/decoders for compact optical CDMA networks," IEEE Photonics Tech. Lett., Vol.12, No.4, pp.428-430, 2000.  
 [8] L. R. Chen, "Flexible fiber Bragg grating encoder/decoder for hybrid wavelength-time optical CDMA," IEEE Photonics Tech. Lett., Vol.13, No.11 pp.1233-1235, 2001.  
 [9] M. J. L. Cahill, G. J. Pendock and D. D. Sampson, "Hybrid coherence multiplexing/coarse wavelength-division multiplexing passive optical network for customer access," IEEE Photonics Lett., Vol.9, No.7, pp.1032-1034, 1997.  
 [10] S. Maric, O. Moreno and C. Corrada, "Multimedia transmission in fiber optical LAN's using optical CDMA," IEEE J. of Lightwave Tech., Vol.14, pp.2149-2153, 1996.

[11] J. G. Zhang, "Flexible optical CDMA networks using strict optical orthogonal codes for multimedia broadcasting and distribution applications," IEEE Trans. Broadcast., Vol.45, pp.106-115, 1999.  
 [12] E. Inate, H. Shalaby, P. Fortier and L. Rusch, "Multirate optical fast frequency hopping CDMA system using power control," IEEE J. of Lightwave Tech., Vol.20, No.2, pp.166-177, 2002.  
 [13] J. Huang and D. Hsu, "Fiber-grating-based optical CDMA spectral coding with nearly orthogonal M-sequence codes," IEEE Photonics Tech. Lett., Vol.12, No.9, pp.1252-1254, 2000.  
 [14] B. K. Kim, S. Park, Y. Yeon and B. W. Kim, "Radio-over-fiber system using fiber-grating-based optical CDMA with modified PN codes," IEEE Photonics Tech. Lett., Vol.15, No.10, pp.1485-1487, 2003  
 [15] G. P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems, 2nd edition, John Willey & Sons Inc., pp.170-172, 1997.

**박 상 조**



e-mail : parks@seowon.ac.kr  
 1983년 서울대학교 제어계측공학과(공학사)  
 1985년 서울대학교 대학원 제어계측공학과(공학석사)  
 1999년 일본 오사카대학(공학박사)  
 1984년~1991년 삼성전자 종합연구소 과장  
 1992년~2000년 한국전자통신연구원 선임연구원  
 1995년~1996년 일본 국립 오사카대학 연구생  
 2000년~현재 서원대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수  
 2003년~현재 한국전자통신연구원 초빙책임연구원  
 관심분야 : 광무선 액세스 네트워크, 광 CDMA 방식, 무선 LAN

**김 봉 규**



e-mail : bongkim@etri.re.kr  
 1989년 한양대학교 물리학과(이학사)  
 1992년 한국과학기술원 물리학과(이학석사)  
 1996년 한국과학기술원 물리학과(이학박사)  
 1996년~1999년 한국과학기술연구원 광기술연구센터 Postdoc.  
 1999년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원  
 관심분야 : 광 CDMA 방식, 광통신시스템, 광계측시스템