

CDMA-PON을 이용한 가입자 통신망에 관한 연구

정회원 안 병 구*, 조 철 희**, 박 영 일*

A Study on the Access Network Using CDMA-PON

Byung-gu Ahn*, Cheolhee Cho**, Youngil Park* *Regular Members*

요 약

광가입자망은 가입자 데이터의 트래픽이 증가하면서 점차 필요성이 증가하고 있으며, CDMA-PON 시스템은 이러한 광가입자망을 효과적으로 구현하기 위해 제안되었다. CDMA-PON은 여러 가입자를 수용할 수 있으며 SCM 방식과 달리 Optical beat noise에 의한 영향을 적게 받는다. 본 연구에서는 여러 가입자의 Optical beat noise를 분석하고, CDMA-PON의 상하향 변조방법과 수신방법을 제시하고 시뮬레이션 하였으며, 여러 가입자를 위한 송수신 모듈을 제작하여 실험한 결과를 제시하였다.

ABSTRACT

A CDMA-PON system is proposed to be used for the optical access network, which is becoming indispensable to keep up with the subscriber's uprising data traffic. CDMA technique is efficiently used not just to deliver multiple channels to each remote unit, but also to suppress the optical beat noise. In this study, multiple beat noises environments was analysed, modulation schemes for both forward and reverse links were suggested and a simulation and basic experiment for multiple channels was performed successfully.

I. 서론

지난 수년간 인터넷의 폭발적인 수요로 말미암아 통신망은 양적으로 크게 성장하였다. 특히, 대용량의 트래픽을 경제적으로, 신뢰할만하게 전송할 수 있다는 이유로 인해 광통신망은 비약적인 발전을 이루어 왔다. 그런데 지금까지의 광통신망은 주로 국사간을 연결하는 국간망에 상대적으로 비중이 컸다고 할 수 있다. 2.5 Gbps, 10 Gbps, 혹은 이들을 여러 파장으로 다중화하여 전송하는 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 전송장치 등은 모두 국간망을 위한 것이었다. 그러나 최근 들어서는 중소기업 및 가정에서의 인터넷 트래픽의 증가로 가입자망의 중요성이 크게 부각되고 있다. 가입자 선로의 기반은 TP(Twisted Pair)이었고 TP에 고도의 변조기술을 적용하여 HDSL(High data-rate Digital Subscriber Line), ADSL(Asym-

metric Digital Subscriber Line), VDSL(Very high-data rate Digital Subscriber Line)등 여러 가지 고속 가입자망이 얻어졌다. 이러한 기술은 전송거리, 대역폭 등의 제약이 있지만 기존의 선로시설의 변경이 필요 없이 해당 전환 장치를 사용하므로 비용과 성능에 좋은 평가를 받아왔다. 그러나 최근 급격한 트래픽의 증가로 TP기반의 가입자망에서 광선로를 기반으로 한 광가입자망이 필요하게 되었다. 최근까지의 광가입자망 구성방식은 국사에서 대규모 수요 단지에 있는 원격장치까지는 광케이블로 구성되고 이곳부터 각 가정까지는 동선으로 연결되는 하이브리드 형태였다. 그러나 향후에는 멀티미디어 서비스 수요 증가로 인해 각 가정에서 요구하는 트래픽이 더욱 늘어날 전망이다. 이에 따라 궁극적으로는 각 가정까지 광케이블이 공급되어야 할 것이다. 이러한 광가입자망은 FTTC(Fiber To The Curve) 와 FTTO(Fiber To The Office)를 선두로

* 국민대학교 전자공학부 광통신연구실(lucky73@empal.com)
논문번호 : K01187-0827, 접수일자 : 2001년 8월 27일

** (주)피엘컴 기업부설연구소

하여 1990년대 후반부터 상용화가 시작되었고 ATM-PON(Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network), DWDM-PON(Dense Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network)등이 제안되어 현재 FTTH(Fiber To The Home)를 향해 진화해 가고 있다. 광 선로와 CO(Center Office)의 광트랜시버를 공유하여 시스템을 저가, 소형화 할 수 있는 이러한 PON 구조가 앞으로의 IP/이더넷 중심 가입자망의 큰 축이 될 것이다. 그러나 DWDM 소자가 아직 ONU(Optical Network Unit)를 구현하는 데는 상당히 고가이고 ATM-PON의 경우 복잡하고 비싼 회로 및 프로토콜이 필요하기 때문에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 방식 대신 수십 개의 채널을 CDMA 다중화하여 송수신함으로써 값싸고 간단하게 이들 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

II. CDMA-PON의 특징

가입자망의 경제성을 위해서는 한 개 국가에서 사용하는 가입자의 수가 늘어나야 하는데, 이를 위해서는 그림1과 같이 2단계의 원격장치를 두고, 국간과 이들 원격장치 사이를 광케이블을 이용해 구성해야 한다.

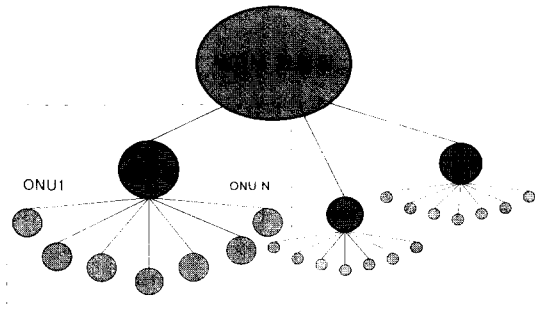


그림 1. WDM 환형망의 PON 구조

위 경우 여러 목적지를 향한 광신호가 어떤 형태로든 다중화되어 원격장치까지 전송되어야 한다. 이러한 다중화의 방법은 WDM, ATM, SCM등이 있다. 가입자 망의 변화 단계에서 CDMA-PON은 기존 PON의 문제점을 해결할 수 있는 좋은 방법이라 할 수 있다. 아래 표1의 비교와 같이 DWDM-PON의 경우 원격장치의 파장이 엄격히 관리되어야 하고 AWG(Arrayed Waveguide Grating), DWDM용 LD(Laser Diode)등, WDM 광 소자의 가격도 너무 비싸기 때문에 가입자망에 적용하기에는 현실적으로

적합하지 않다. 또한 ATM-PON 전송을 위해서는 burst-mode 수신기, 고속동작과 정밀한 타이밍을 요구하는 송신기 등 복잡하고 값비싼 회로들이 많이 요구되며, 중심국과 원격장치 사이에 복잡한 프로토콜이 요구된다. CDMA 기술 기반으로 한 CDMA-PON 방식은 고가의 광 소자를 필요로 하지 않고 송수신 회로가 보다 간단해지므로 구현이 쉽고 가격이 절감된다. 그리고 이더넷, ATM 등의 프레임에 상관없이 적용이 가능하기 때문에 기존 망에 더욱 효과적인 접근이 가능하다.

표 1. 여러 PON 방식의 비교

	TDMA -PON	DWDM -PON	CDMA -PON
Hardware	복잡	단순	보통
Protocol	복잡	단순	단순
Bandwidth	넓음	매우넓음	넓음
Cost	높음	매우높음	보통

III. 비트잡음이 시스템성능에 미치는 영향

CDMA PON에서는 그림2의 상황의 경우 여러 파장의 광신호가 1개의 PD(Photo Diode)에 수신되기 때문에 이 과정에서 각 파장의 차이를 중심 값으로 하는 optical beat를 발생한다.

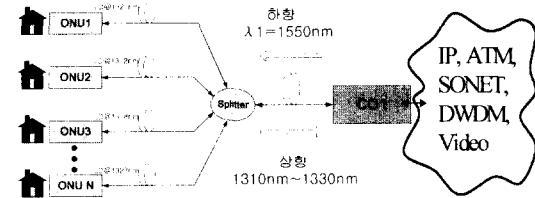


그림 2. CDMA-PON 구조

상황에서 LD의 분포를 1310nm~1330nm라 가정하였을 경우 이를 주파수 대역폭으로 나타내면 식(1)과 같다.

$$\Delta f = \frac{c \times \Delta \lambda}{\lambda^2} = \frac{3 \times 10^8 \times 20 \times 10^{-9}}{(1320 \times 10^{-9})^2} = 3444 GHz \quad (1)$$

위와 같은 넓은 대역폭에서 두 LD의 beat noise가 수신 대역폭 내에서 발생할 경우는 그리 많지 않지만, ONU의 수가 증가하면서, 그런 현상이 나타날 경우에 신호의 성능을 저하시키는 요인으로 작용할

수 있다. 두 개의 LD에 의해 Optical beat noise가 발생하는 과정은 다음과 같다.

$$E_1(t) = A_1 \sqrt{1 + m_1 x_1(t)} e^{j\omega_1 t} \hat{P}_1(t) \quad (2)$$

$$\text{, where } A_1 = |A_1| e^{j\phi_1(t)}$$

$$E_2 = A_2 \sqrt{1 + m_2 x_2(t)} e^{j\omega_2 t} \hat{P}_2(t) \quad (3)$$

$$\text{, where } A_2 = |A_2| e^{j\phi_2(t)}$$

여기서 E 는 전계, A는 진폭, ϕ 는 instant phase , m은 변조지수, x는 변조신호, ω 는 LD의 중심 각 주파수, P(t)는 편광을 의미한다. 수신단에서 식 (4)와 같이 전기 신호로 바뀌게된다.

$$I_{PD}(t) = k \cdot R [E_1(t) + E_2(t)] \cdot [E_1(t) + E_2(t)] \quad (4)$$

여기에서 k는 PON에 의한 손실등을 포함하고 있고, R은 responsivity를 의미한다. 수식을 단순화하기 위해 식(2)-(4)의 변수들을 식(5)와 같이 가정하기로 한다.

$$A_1 = A_2, m_1 = m_2 = m, \langle \hat{P}_1 \cdot \hat{P}_2 \rangle = 1/2, \quad (5)$$

$$k \cdot R \cdot |A_1|^2 = k \cdot R \cdot |A_2|^2 = I$$

이 경우 식(4)의 전기신호를 식(5)를 이용해 다시 정리하면 식(6)과 같다.

$$I_{PD}(t) = I \cdot mx_1(t) + I \cdot mx_2(t) + I \cos(\omega_1 - \omega_2)t \sqrt{1 + mx_1(t)} \sqrt{1 + mx_2(t)} \quad (6)$$

Optical beat 잡음은 위 전기신호에서 주파수 차이가 신호대역 내에 있는 경우 발생한다. 신호가 CDMA인 경우는 식 (7)과 같이 표현된다.

$$x_1(t) = b_1(t)c_1(t), \quad x_2(t) = b_2(t)c_2(t) \quad (7)$$

식 (7)에서 b(t)는 signal(bit 값)을 나타내고 c(t)는 CDMA 코드를 구성하는 chip(확산코드)을 말하며

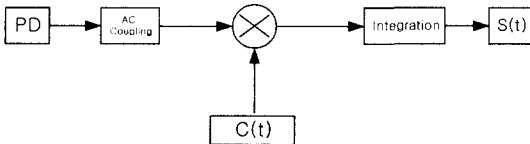


그림 3. CDMA 수신부 구성

두 경우 모두 '+1' 혹은 '-1'의 값을 갖는다. 수신단의 구성은 그림 3과 같다.

PD에 검출된 전류신호가 1번 가입자의 수신단을 통과하여 얻어진 신호 S₁(t)는 다음과 같다.

$$S_1(t) = \int_0^T I_{PD}(t) \cdot c_1(t) dt \quad (8)$$

$$= \int_0^T \{I \cdot mx_1(t) + I \cdot mx_2(t)\} \cdot c_1(t) dt$$

$$+ \int_0^T I \cos(\omega_1 - \omega_2)t \sqrt{1 + mx_1(t)} \sqrt{1 + mx_2(t)} \cdot c_1(t) dt$$

$$= \int_0^T I \cdot mb_1(t) \cdot c_1(t) \cdot c_1(t) dt + \int_0^T I \cdot mb_2(t) \cdot c_1(t) \cdot c_2(t) dt$$

$$+ \int_0^T I \cos(\omega_1 - \omega_2)t \sqrt{1 + mx_1(t)} \sqrt{1 + mx_2(t)} \cdot c_1(t) dt$$

마지막 식에서 첫 번째 항은 자기신호이므로 식(9)와 같이 정리된다.

$$I \cdot m \int_0^T b_1(t) dt = \pm I \cdot m \cdot T \quad (9)$$

또한 두 번째 항은 다른 신호이므로 간섭잡음이 되지만 Optical beat 잡음에 비해서 매우 적은 양이므로 무시하며, 마지막 항은 중심주파수가 $\omega_1 - \omega_2$ 인 beat 잡음에 해당하며 식(10)와 같이 단순화하여 분석할 수 있다.

$$\int_0^T I \cos(\omega_1 - \omega_2)t \sqrt{1 + mx_1(t)} \sqrt{1 + mx_2(t)} \cdot c_1(t) dt \cong \int_0^T I \cos(\omega_1 - \omega_2)t (1 + mx(t)) \cdot c_1(t) dt \quad (10)$$

위 beat잡음은 다시 다음 두 식으로 나누어서 분석한다.

$$\int_0^T I \cos(\omega_1 - \omega_2)t \cdot c_1(t) dt \quad (11)$$

$$\int_0^T I \cos(\omega_1 - \omega_2)t \cdot mx(t) \cdot c_1(t) dt \quad (12)$$

전자는 두 광원의 dc 성분에 의해 만들어진 선폭이 매우 좁은 잡음이므로 Jamming 신호와 같이 작용한다. 또한 후자의 경우 x(t)는 x₁(t)와 x₂(t)가 곱해진 CDMA 신호이므로 주파수 영역에서 본다면 $\cos(\omega_1 - \omega_2)t$ 와 $mx(t)$ 가 convolution 되어 원래 적용된 CDMA 신호 대역폭의 2배에 걸쳐 확산된 신호가 되므로 백색가우시잡음(White Gaussian

Noise)으로 근사화할 수 있다. Jamming 신호가 CDMA 수신단에 미치는 잡음의 크기는 식(13)과 같다.

$$E(J_0^2) = \frac{P_J T^2}{2N_c}, \quad P_J = \frac{I^2}{2} \quad (13)$$

$$E(J_0^2) = \frac{\frac{1}{2} I^2 \left(\frac{1}{B_s}\right)^2}{2N_c} = \frac{I^2}{4N_c B_s^2}$$

$$N_c = \text{Processing Gain} = \frac{\text{chip rate}}{\text{bit rate}}, \quad T = \frac{1}{B_s}$$

B_s = baseband signal bandwidth

또한 White Gaussian Noise가 CDMA 수신단에 미치는 잡음의 크기는 식(14)와 같다.

$$E(W_0^2) = \frac{P_w T}{2B_w}, \quad P_w = \frac{1}{2} I^2 (mx(t))^2 = \frac{1}{2} I^2 m^2,$$

$$B_w = 2N_c B_s, \quad (x(t))^2 = (b(t) \cdot c(t))^2 = 1,$$

$$E(W_0^2) = \frac{I^2 m^2}{8N_c B_s^2} \quad (14)$$

두 개 LD에 의한 beat 잡음이 가장 큰 경우는 파장이 일치할 때이며, 이 때 위 두 종류의 beat 잡음 영향은 식(15)와 같이 더해진다.

$$\sigma_{beat}^2 = \frac{I^2}{4N_c B_s^2} + \frac{I^2 m^2}{8N_c B_s^2} = \frac{I^2(2+m^2)}{8N_c B_s^2} \quad (15)$$

신호 및 beat 잡음의 크기가 디지털 신호의 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 Q-factor를 다음 식(16)과 같이 살펴볼 수 있다.

$$Q = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_0 + \sigma_1}, \quad I_1 = +I \cdot m \cdot T, \quad I_0 = -I \cdot m \cdot T$$

$$\sigma_0 = \sigma_1 = \frac{I\sqrt{(2+m^2)}}{B_s\sqrt{8N_c}}, \quad Q = \frac{m\sqrt{8N_c}}{\sqrt{2+m^2}} \quad (16)$$

위 식으로부터 신호의 성능은 변조지수 및 chip rate에 비례하는 것을 알 수 있으며, 이를 그림으로 나타내면 그림4와 같고 그림으로부터 $N_c=50$ 의 경우 변조지수가 0.5 이상 되어야 $Q>6$ (혹은 $BER<10^{-9}$)의 성능을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

지금까지는 beat 잡음이 2개의 LD에 의해서 발

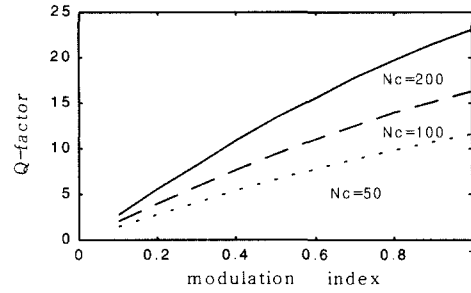


그림 4. 변조지수 및 Chip rate에 따른 Q-factor

생하는 경우에 대해서만 살펴보았는데, LD의 개수가 늘어남에 따라 beating을 일으키는 LD의 개수도 증가하게 된다. 각 beat 잡음의 크기는 동일하며 beat noise를 발생하는 LD 쌍의 개수를 N이라 할 때, 총 beat 잡음의 크기는 식(17)과 같이 증가한다.

$$\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_{12}^2 + \sigma_{34}^2 + \dots} = \sqrt{N} \sigma_{12} \quad (17)$$

이 경우 Q-factor는 식(18)과 같이 단일 beat 잡음의 경우에 비해 $1/\sqrt{N}$ 로 감소한다.

$$Q = \frac{1}{\sqrt{N}} \frac{m\sqrt{8N_c}}{\sqrt{2+m^2}} \quad (18)$$

변조지수 $m=0.8$ 및 $m=1.0$ 인 경우 N의 변화에 따른 Q-factor의 변화를 살펴보면 그림 5와 같게 되며, $BER<10^{-9}$ (혹은 $Q>6$)을 만족하기 위해 허용되는 N의 개수는 $m=0.8$ 및 $m=1.0$ 일 때 각각 $N=5$ 및 $N=7$ 이 된다.

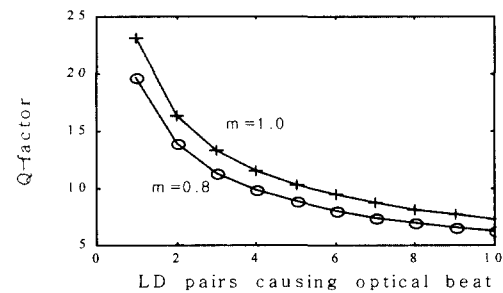


그림 5. Beat잡음 증가에 따른 Q-factor의 변화($N_c=50$)

이러한 분석을 통하여 CDMA 변조한 신호의 경우 변조지수 및 Chip rate를 크게 함으로서 beat잡음이 신호성능에 미치는 영향을 매우 작게 할 수 있음을 알 수 있었다.

IV. CDMA-PON 모듈 알고리즘 및 구현

1. 하향 구조 코딩 (Down Link Coding)

하향구조는 DS/SS 방식을 사용하였고 확산 신호는 Walsh 코드(가입자 구분용), Short PN 코드(동기 포착용)가 사용되었다. 식(19)에서 $Y(N,i)$ 는 가입자(채널)N 신호 중 i 번째 Chip의 확산 값을 나타낸다. 식(20)은 여러 가입자의 확산된 Chip이 더해지는 것이고 식(21)은 역확산을 나타낸다.

$$Y(N,i) = D(N) \oplus PN(i) \oplus W(N,i) \quad (19)$$

$$Y(i) = Y(1,i) + Y(2,i) + \dots + Y(N,i) \quad (20)$$

$$X = \sum_i^n Y(i) \oplus PN(i) \oplus W(1,i) = D(1) \quad (21)$$

그림4 는 36개의 가입자를 가정하여 위 식에 의해 신호를 확산시킨 후 다시 역확산 시킨 시뮬레이션 결과이다. 동기가 맞을 경우에는 데이터가 복원되었고 동기가 맞지 않았을 경우에는 데이터는 복원되지 않았다.

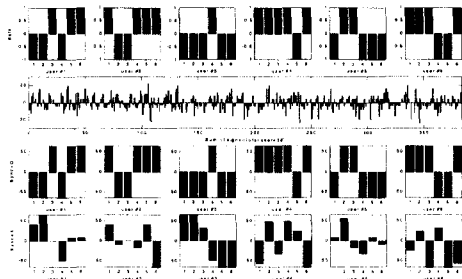


그림 6. 위로부터 아래로 송신데이터, 확산된 데이터의 합, 동기 일치 시 역확산, 동기 불일치 시 역확산

2. 상향 구조 코딩 (Up Link Coding)

상향 전송시에는 하향과 다르게 Long PN만을 이용하여 확산하였다. 하향에서 사용한 채널 구분용 Walsh 코드는 가입자간 거리 차이가 있어서 사용할 수 없으며, PN 코드의 주기를 모두 이용하는 경우 수신단에서 다른 채널을 잘못 수신하는 오류를 일으킬 수 있으므로 장주기 PN을 선택하여 그 중 일부의 chip을 코드로 활용하였고 이 과정이 식 (22)-(24)에 기술되었다.

$$Y(N,i) = D(N) \oplus PN(N,i) \quad (22)$$

$$Y(i) = Y(1,i) + Y(2,i) + \dots + Y(N,i) \quad (23)$$

$$\begin{aligned} X &= \sum_{i=1}^n Y(i) \oplus PN(1,i) \quad (24) \\ &= D(1) + D(2) \sum_{i=1}^n [PN(2,i) \oplus PN(1,i)] + \\ &\dots + D(N) \sum_{i=1}^n [PN(N,i) \oplus PN(1,i)] \\ &= D(1) + N \times NOISE \end{aligned}$$

이때 PN 코드의 주기를 사용하지 않는 관계로 채널간 correlation이 커지므로 코드 길이를 길게 하여 이를 극복하였다. 상향 전송시에 사용된 Long PN은 그림5의 방법과 같이 $2^{10}-1$ 의 주기를 갖는 1023길이의 PN코드 중에서 시작점을 달리하는 400 Chip 길이를 갖는 확산코드를 64개 선택하여 사용하였다. 여기에서 400 Chip 길이는 64가입자를 대상으로 하여 시뮬레이션 한 결과, 오류 없이 역확산이 가능한 400 Chip을 토대로 결정하였다.

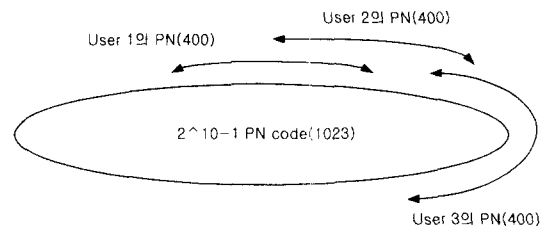


그림 7. 상향에서 사용될 사용자의 Chip을 결정하는 방식

그림8의 시뮬레이션과 같이 400 Chip 이상으로 확산된 데이터는 오류 없이 데이터를 복원할 수 있었다

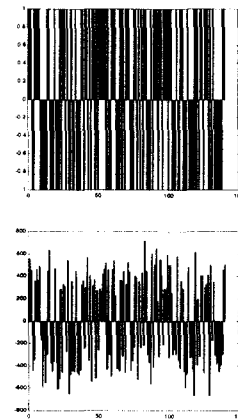


그림 8. 상향에서 400Chip으로 확산된 데이터(그림 좌), 역확산 데이터(그림 우)

3. 수신부 동기포착 과정

동기과정은 그림9과 같이 상향, 하향 모두 Acquisition 은 Fixed-dwell 을 사용하여 Chip 동기를 얻고, Tracking 은 Delay-Lock Loop을 사용하여 더욱 정밀하게 동기를 유지하였다. Acquisition 과정은 연속적인 비트(N)의 역확산값이 임계값 이상으로 유지하는지를 판단하여 가입자를 확인하고 Chip 동기가 맞는지를 결정한다. Tracking 과정은 1/5 Chip 빠르고 느린 Chip Delay 의 역확산값을 비교하여 역확산값이 큰 방향으로 동기를 유지한다.

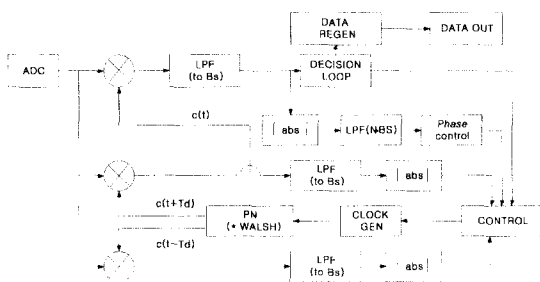


그림 9. 수신단의 블록도 (하향 PN*Walsh, 상향 Long PN)

4. CDMA-PON의 실험 모듈 구현

송수신을 위한 확산 및 역확산 과정은 FPGA를 이용하였고 VHDL 언어를 이용하여 시뮬레이션과 실험을 수행하였다. 입력 데이터는 BER TEST 모듈을 이용하여 발생시키고 복원된 데이터를 통하여 에러를 모니터링 하였다. 하향 송신시 4가입자를 하나의 모듈로 구현하였는데 BERT 에서 들어오는 데이터를 FPGA를 이용 하여 서로 다른 4개의 코드로 확산시키고 BERT의 클럭을 FPGA의 메인 클럭의 기준으로 삼았다. 이렇게 확산된 신호는 아날로그 MUX를 이용하여 하나의 신호로 합해져 광트랜시버를 통과하여 광전송후 가입자의 광트랜시버에 수신된다.

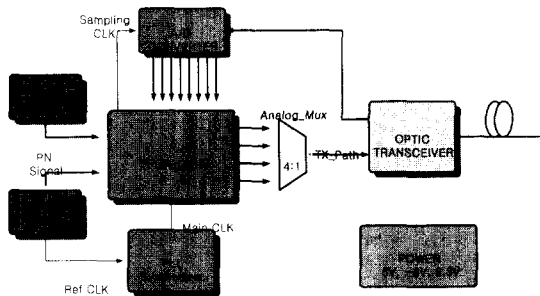


그림 10. 본 연구에서 사용된 CDMA-PON 모듈 블록도

이렇게 수신되어 전기적 신호로 변환된 신호는 A/D 변환기를 통과한 후 FPGA에 의해 역확산과 동기화 과정이 수행되어 데이터를 복원한다.

V. CDMA-PON을 위한 광트랜시버 구현

광트랜시버는 우선 디지털 통신용과 아날로그 통신용으로 나누어 생각할 수 있고 또한 WDM용과 아닌 것까지도 구분이 가능하다. 최근은 다양한 종류의 광트랜시버가 여러 회사에서 출시되고 있다.

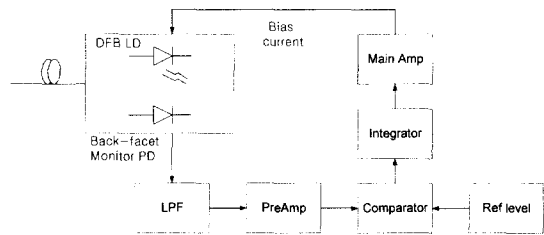


그림 11. LD의 APC(Automatic Power Control)블록도

CDMA-PON을 위한 가입자용 광트랜시버는 우선 저가로 구현되어야 하고 확산된 신호의 특성을 위해 넓은 대역폭에서의 송수신이 가능해야 한다. 그러기 위해서는 가입자용 광트랜시버의 송신용 LD가 온도 보상이 아닌 모니터링된 광 출력을 피드백 시키는 APC 회로로 구현하여 가격을 낮추어야 하고 수신부에서는 넓은 대역에서 동일한 이득을 얻을 수 있어야 한다. 그림12는 LD의 온도에 따른 광출력 파워의 변화를 막기 위해 설계된 회로의 블록도이고 회로는 아날로그 소자를 이용하여 구현하였다.

회로 설계의 검증을 위한 시뮬레이션은 LD Monitor PD의 출력을 변화시킬 때 Main Amp의 출력이 LD의 출력파워를 안정시키는 방향으로 변하는지를 확인하였다. 그림12의 결과에서 Monitor PD의 출력이 기준 값보다 커질 때 LD의 출력파워를 줄이는 방향으로 회로가 동작하고, 기준 값보다 작을 때에는 LD의 출력파워를 크게 하는 방향으로 회로가 동작한다

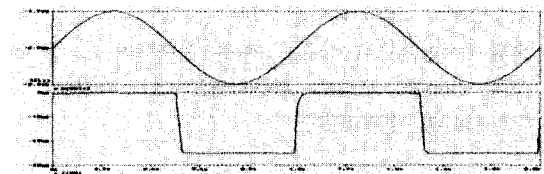


그림 12. Pspice를 이용한 LD 바이어스 시뮬레이션, Monitor PD출력(위), LD 공급 전류(아래)

VI. 실험결과

본 연구의 궁극적인 전송목표는 64가입자 상하향 25Mbps로 하고 있으나 본 연구에서는 알고리즘의 검증 위해 100Kbps를 전송하는 실험을 수행하였다.

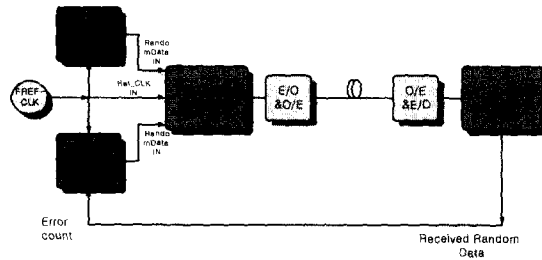


그림 13. 실험용 CDMA-PON 구현

실험은 하향 2가입자(ONU1,2)를 대상으로 하였고 입력신호는 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)망의 하위계층으로 가정하였기 때문에 PLL Synthesizer를 이용하여 입력 데이터와 동기를 일치시켜 FPGA의 Main Clock으로 공급했다. FPGA (Field Programmable Gate Arrays)를 이용하여 100Kbps의 데이터를 64 Chip으로 확산시켜 그림14와 같이 6.4Mcps로 만든 후 각각의 가입자의 출력은 그림 15이고 이를 Analog Adder로 더하였는데, 더해진 출력은 그림16과 같이 3가지 레벨을 갖는 아날로그 신호이다. 이 신호를 광트랜시버를 통하여 전송하고 다시 광트랜시버를 통과하여 전기신호로 변환하고 A/D 변환한 후 FPGA를 이용하여 역확산과 Acquisition 그리고 Tracking 하였다. 이를 통하여 신호가 정확하게 복원됨을 알 수 있었다.(그림 17)

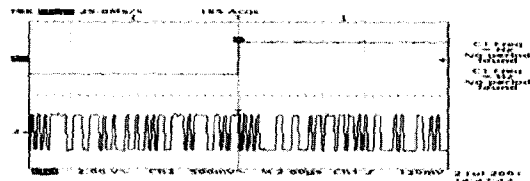


그림 14. 한 가입자 데이터(위), 확산된 가입자신호(아래)

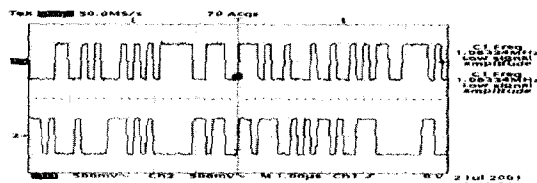


그림 15. 확산된 두 가입자의 각각의 송신 데이터

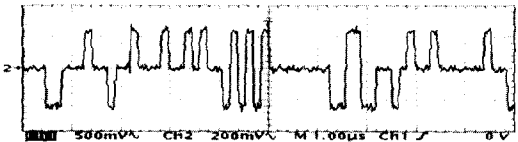


그림 16. 확산된 두 가입자의 각각의 데이터의 합

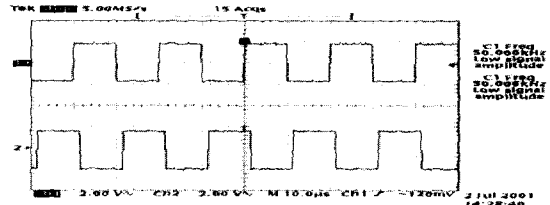


그림 17. 송신 데이터(위)와 역확산된 수신데이터(아래)

본 실험을 통하여 CDMA-PON의 알고리즘 검증을 하고 수신단의 동기화 과정을 검증하였다.

VII. 결론

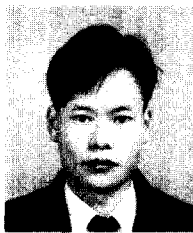
본 연구에서는 CDMA 다중화를 활용한 광가입자망의 네트워킹에 관해 연구하였다. PN-Code를 이용한 신호확산은 가입자에서 전송하는 다수 광 신호들에 의한 beat 잡음을 줄임으로써 성능을 개선할 수 있으며, 수십 개 이상의 가입자 신호를 동시에 전송할 수 있는 방식이다. 본 연구에서는 64개의 가입자와 통신을 할 수 있는 CDMA 광가입자망 모델을 제시하고 송수신 블록을 제시하였다. 또한 제시한 망의 성능을 시뮬레이션과 실험을 통해 검증하였다.

참고 문헌

- [1] F.Yamamoto and T. Sugie : Reduction of optical beat interference in passive optical networks using CDMA technique, IEEE PTL. Vol. 12. No. 12, Dec. 2000, pp1710-1712
- [2] C.C. Hsiao, B.H.Wang and W.I. Way : 'Multiple access in the presence of optical beat and co-channel interference using Walsh-code-based synchronized CDMA technique', IEEE PTL, vol. 9, no. 8, August 1997, pp. 1173-1175
- [3] S.L. Woodward and S. Ariyavisitakul : 'Transporting CDMA signals over an analog optical link', IEEE T. on Vehicular Tech., vol 48, no.

- 4, July 1999, pp. 1033-1038
- [4] A.W. Lam and S. Tantaratana : 'Theory and Applications of Spread-spectrum Systems' (IEEE/EAB, Piscataway, NJ, 1994)
- [5] Jones, "Introduction to Optical Fiber Communication Systems", Saunders College Publishing, 1987
- [6] S. C. Yang, "CDMA RF System Engineering", Artech House Publishers, 1998
- [7] A.W. Lam, "Theory and Applications of Spread-Spectrum Systems", IEEE, 1994

안 병 구(Byung-Gu Ahn) 정회원



1999년 8월 : 국민대학교
전자공학과 졸업
2000년 3월~현재 : 국민대학교
대학원 전자공학과
석사과정
<주관심 분야> 가입자망, 보호
절체, 기가빗 이더넷,
광센서

조 철 희(Cheol-hee Cho) 정회원



1999년 2월 : 배재대학교
전자공학과 졸업
2001년 8월 : 국민대학교 대학원
전자공학과 졸업
(공학석사)
2001년 9월~현재 : (주)피엘콤
기업부설연구소 연구원

<주관심 분야> 광통신 및 광네트워크, 광전송장치,
전력선통신

박 영 일(Youngil Park)

제25권 제6A호 참조