
광 송수신기채널 유닛 설계에 관한 연구

허창우* · 염진수**

A Study on a Design of the Optical Transceiver Channel Unit

Chang-Wu Hur* · Jin-Su Yeom**

요 약

오늘날 급격히 증가되고 있는 광 대역 멀티미디어 서비스, 초고속 대용량 인터넷 서비스 등을 가입자에게 제공하기 위해서는 광 가입자망 기반의 네트워크 구성이 필수적이다. 최근 효율적이고 경제적인 광 가입자망 구축을 위한 기술들이 빠르게 개발됨에 따라 효율적인 네트워크 구성이 가능하게 되었다. 이중 대표적인 기술로 PON(Passive Optical Network)을 이용하여 ONU(Optical Network Unit)를 공유하는 방식의 WDM(Wavelength Division Multiplexing)-PON 기술이 있으며, 이를 이용한 FTTH(Fiber to The Home)시스템에 대한 개발이 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 데이터 전송 시 출력 광 파워에 따라 데이터 변조 전류를 자동으로 최적화 시킬 수 있는 방법에 관하여 연구 하였다.

ABSTRACT

Nowaday, the wideband multimedia service ,high speed and great capacity internet service etc. are increasing, so the network construction with the base of optical subscriber network is necessary. As efficient and economic optical subscriber networks are developed ,so efficient network construction is possible. The most technology of them is WDM(Wavelength Division Multiplexing)-PON technology of ONU(Optical Network Unit) jointing method using PON(Passive Optical Network). In this paper, we have studied on a method for automatic optimization of data modulation current as optical power when the data is transmitted.

키워드

광 가입자망, PON, ONU, WDM, FTTH

I. 서 론

기존의 가입자 액세스 네트워크는 단말기 사이의 구리선을 이용한 단순한 음성 서비스와 저속 데이터 위주의 협 대역(Narrow band)서비스를 지원하였다. 최근에 VOD, HDTV, 라이브 스트리밍 등의 서비스가 늘어나면서 가입자들은 광대역 서비스를 요구하고 있다. 현재 초

고속 인터넷 가입자의 수가 다소 주춤하고 있으나, 대역폭 요구량은 꾸준히 증가하고 있다. 오늘날 초고속 인터넷 가입자망은 ADSL(Asynchronous Digital Subscriber Line) 과 Cable 망으로 대표되며, 하향속도 수 Mbps, 상향수백 Kbps 정도로 향후의 고속 대용량 멀티미디어 서비스를 위해서는 다소 부족한 전송 성능을 가지고 있다. 또한 현재 52Mbps 이상 속도를 낼 수 있는 VDSL(Very high

* 목원대학교 IT공학과
** JS 전자

data rate Digital Subscriber Line)이 상용화 되어 있어 대안이 될 수 있지만 이것으로는 가정 인구의 1,2백 미터의 거리밖에 해결할 수 없어 나머지 대부분의 가입자 망 구간은 장기적으로 다른 통신매체, 곧 광섬유로의 대체가 불가피한 실정이다. 그래서 이러한 문제를 해결할 수 있는 이상적인 방안으로 FTTH가 고려되어 왔다. 하지만 광케이블이 가입자 네트워크를 구성하는 매체가 되기 위해 넘어야 할 장애물로 비용과 설비라는 문제가 있다. 이에 대한 명확한 해답을 제공할 수 있는 방법으로 가장 현실성 있게 검토되고 있는 것이 PON이다. 현재의 PON 기술은 TDMA(Time Division Multiplexing Access) 기반의 ATM-PON(APON)과 Ethernet-PON(EPON)이 있다. 하지만 TDMA 기반의 PON들은 광파이버의 넓은 대역폭을 100% 활용할 수 없으며, 또한 미래의 증가되는 네트워크 어플리케이션에 의한 높은 대역폭 요구에 능동적으로 대체할 수 없는 단점을 가지고 있다. 때문에 기간망 구축에 널리 사용되고 있는 WDM 기술을 응용한 WDM-PON으로의 이동이 대두되고 있다. 하지만 PON 기술의 주 목적이 가능한 경제적으로 가정의 가입자까지 광파이버로 연결하는데 있으므로 TDMA에 상대적으로 높은 WDM 부품의 가격은 단점이다. 그러나 TDMA이 보다 높은 대역폭으로의 확장이 어렵고, WDM 부품이 빠르게 하락하고 있으며, 높은 대역폭이 요구되는 네트워크 어플리케이션의 출현은 현재의 TDMA PON을 WDM-PON으로 확장해야 하는 이유가 되고 있다.[1]

본 논문에서 우리는 IEEE 802.3 1000BASE-T Ethernet 신호를 입력받아 변환된 PECL 차동 데이터 신호를 레이저 다이오드에 변조시키고 출력 광 파워에 최적화된 변조 전류를 마이크로프로세서를 이용하여 자동으로 찾아 조절할 수 있는 방법을 연구하였다.

II. 송수신기 설계

본 논문에서는 먼저 [그림 1]과 같은 구성을 가지고 있는 WDM-PON 시스템에 적용할 수 있는 광 송수신기를 설계하였다. 광 송수신기는 OLT (Optical Line Terminal) 및 ONU(Optical Network Unit)에 장착되어 Ethernet 데이터 전송 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

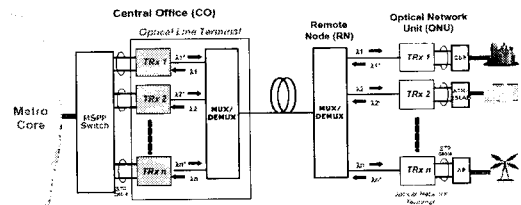


그림 1. WDM-PON 시스템 구성도
Fig. 1. WDM-PON system structure

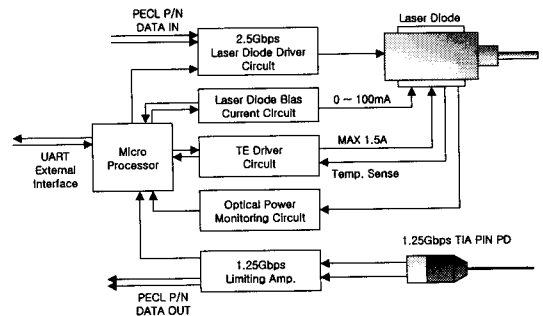


그림 2. 전체 회로 구성도
Fig. 2 whole circuit structure

위 [그림 2]는 광 송수신기의 전체 회로 구성도이다. 전체 구성은 크게 6부분으로 입력되는 데이터를 변조하기 위한 2.5Gbps Laser Diode Driver 회로, Laser Diode를 구동하고 Bias 전류를 공급하는 Bias Current 회로, 출력 파장을 안정화하기 위한 온도제어회로, 출력 광 파워 모니터링 회로, 수신 데이터 신호 증폭기 그리고 이들을 제어하는 마이크로프로세서 회로로 구성되어 있다. 먼저 2.5Gbps Laser Driver 회로는 MAXIM사의 MAX3869 2.5Gbps SDH/SONET Laser Driver를 사용하여 설계하였다. 이 디바이스는 [그림 3]과 같이 MODSET 저항 값에 따라 변조 전류를 변경할 수 있다. 이에 본 논문에서는 여기에 디지털 저항을 사용하여 측정된 출력 광 파워에 따라 변조 전류를 제어 하였다. [그림 4]는 구성된 회로를 나타낸다.

위 회로에서 변조 전류를 가변하기 위하여 AD5241 100kΩ 디지털 가변저항을 사용하였다. 이는 마이크로프로세서에서 I2C 시리얼 인터페이스에 의해서 가변할 수 있다. 또한 MAX3869는 변화된 변조전류를 모니터링 할 수 있도록 핀을 제공하는데 이를 A/D 컨버터를 이용하

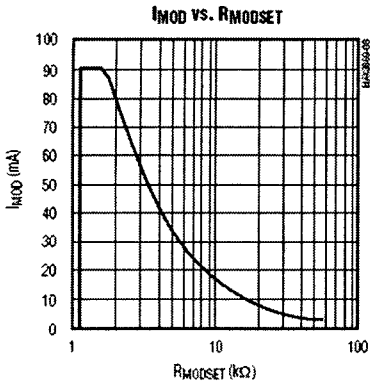


그림 3. 저항 값에 따른 변조전류 변화 그래프
Fig. 3. modulation current variation graph as resistor value

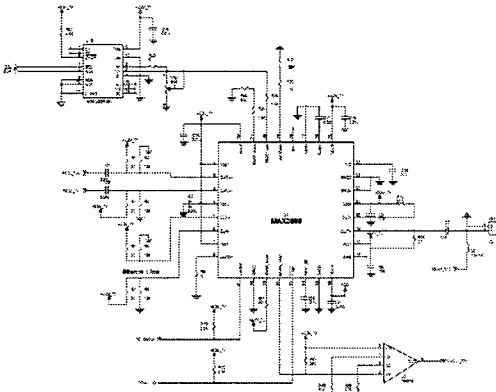


그림 4. 2.5Gbps Laser Driver 회로
Fig. 4. 2.5Gbps Laser Driver circuit

여 마이크로프로세서에서 모니터링 할 수 있도록 하였다. 모니터링 된 값은 다시 변조전류를 제어하는 데 사용된다. [그림 5]에 변조 전류 제어 순서도를 나타내었다. 순서도에서 먼저 출력 광 파워가 변화되는지 A/D 컨버터를 통해서 감시하다가 현재 상태에서 변화되면 현재 변조 전류를 측정하고 두 값을 이용하여 최적화된 변조 전류를 계산하여 디지털 저항을 제어한다. Bias Current 회로와 온도제어회로는 Laser Diode 모듈에 전류 바이어스를 인가하여 광을 출력하도록 하며, 모듈 내부의 온도를 제어한다. Laser Diode 모듈은 Sumitomo Electric에 SLT5416 시리즈를 사용하였다. 모듈은 Laser Diode와 Module 내부의 온도를 제어하기 위한 TEC(Thermo

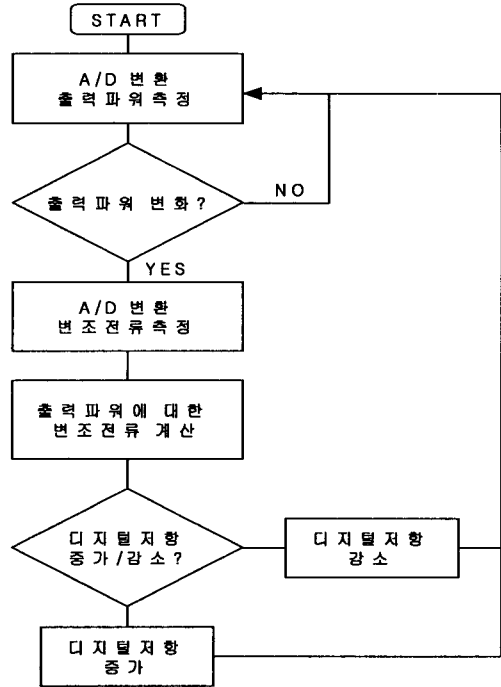


그림 5. 변조전류 제어 순서도
Fig. 5. modulation current control sequential diagram

Electric Cooler)로 구성되어 있으며, 정 전류 바이어스 회로와 온도 제어회로에 의해서 제어한다. Laser Diode의 구동은 Anode를 접지 시키고 Cathode에 역 바이어스 전류를 인가하여 구동하였다.[2][3][4] 온도 제어 회로는 TEC에 인가되는 전류의 양과 방향으로 Module 내부를 가열시키거나 냉각시켜 온도를 안정화 시키는 방법을 사용하였다.[5] TEC에 인가되는 전류는 최대 ±1.5A까지 공급될 수 있도록 구성하였다. 제어 값은 마이크로프로세서 회로로부터 D/A 컨버터를 통해 입력 받아 모듈의 바이어스 전류와 온도를 제어 하도록 구성하였다. 데이터의 변조는 1000BASE-T Ethernet 신호를 미디어컨버터를 통해 변환된 PECL 신호를 2.5Gbps Laser Diode Driver 회로에 AC 커플링 하여 입력하고 2.5Gbps Laser Diode Driver 회로의 데이터 출력력을 Laser Diode의 RF입력을 통해 데이터를 광에 변조 시킨다.[6] 수신회로는 TIA PIN PD Module을 사용하여 그 출력에 Limiting Amplifier를 입력하여 구현하였다. Limiting Amp의 출력은 다시 미디어컨버터에 입력되어 1000BASE-T Ethernet 신호로 변환되어 전송된다. [그림 6]에 변조된 광신호의 Eye 패턴을 나타내었다.

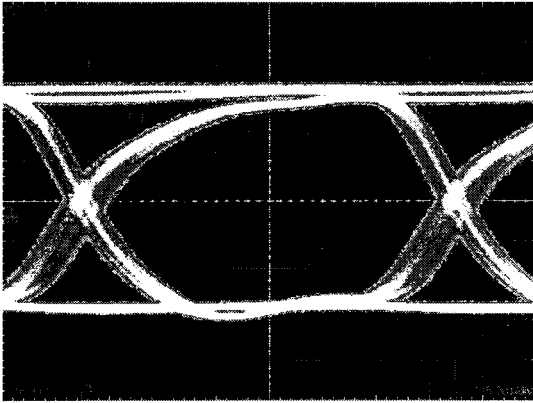


그림 6. 변조된 광 신호 Eye 패턴
Fig. 6. modulation optical signal Eye pattern

마이크로프로세서 회로는 시스템 제어 유닛에서 광 송수신기 보드를 제어하고 성능을 감시할 수 있도록 정보를 제공하기 위한 회로이다. 마이크로프로세서, A/D 및 D/A 컨버터 구성되어 있다. 마이크로프로세서는 A/D 및 D/A 컨버터를 통해 Bias Current 회로 및 온도 제어 회로 성능을 감시하고 제어하며, 이 모듈로부터 획득한 정보는 시스템 제어 유닛에서 참조 할 수 있도록 UART 시리얼 인터페이스를 통해 전달한다. 마이크로프로세서를 통한 전류 바이어스 제어 방법은 다음 식(1)과 같이 표현된다. 여기서, I_{set} 은 사용자가 원하는 바이어스 전류 값이며 V_{bias} 는 A/D 컨버터로부터 측정된 현재 Laser Diode에 공급되는 바이어스 전류의 전압 값이다. V_{out} 은 D/A 컨버터를 통해 Bias Current 회로에 바이어스 전류 제어 전압으로 입력되는 전압 값이다. f_a 는 제어 점까지 얼마나 빠르게 도달 할 것인가를 결정하는 Factor이다.

$$V_{out} = \frac{I_{set}R_b - V_{bias}}{f_a} + V_{out} \quad (1)$$

$$(I_{set}R_b - V_{bias}) > |10|, \text{ 일 때};$$

식(1)의 방법은 LD의 바이어스 전류를 일정하게 유지하기 위한 방법이며, 출력 광 파워를 일정하게 유지하기 위해서는 식 (2)과 같은 방법을 이용한다. P_{set} 은 사용자가 설정하고자 하는 파워 값으로 회로적으로 1mW일 때 100mV가 출력 되도록 R_f 값을 조절하였다. V_{pow} 는 A/D 컨버터를 통해 측정되는 값이다. 여기서 f_a 역시 제어속

도를 결정하기 위한 Factor이다.

$$V_{out} = \frac{100P_{set} - V_{pow}}{f_a} + V_{out} \quad (2)$$

$$(100P_{set} - V_{pow}) > |10|, \text{ 일 때};$$

온도 제어도 바이어스 전류 제어 방법과 동일하며, 사용자의 온도 제어 값을 T_{set} , A/D 컨버터를 통해 측정된 온도 값을 V_{temp} , D/A 컨버터 출력 값을 V_{out} 으로 하면 식 (3)으로 표현된다. 여기서 V_{temp} 값은 1°C당 약 100 mV가 출력 되도록 회로가 구성되어 있다.

$$V_{out} = \frac{100T_{set} - V_{temp}}{f_a} + V_{out} \quad (3)$$

$$(100T_{set} - V_{temp}) > |10|, \text{ 일 때};$$

IV. 결 론

본 논문에서 1000BASE-T 신호를 입력받아 이를 변환하여 Laser Diode에 변조하는 방법으로 WDM-PON 시스템에 적용할 수 있는 광 송수신기채널 유닛을 설계하였으며, 광 송신기의 변조전류를 광 파워에 따라 최적화할 수 있는 알고리즘을 적용하여 보았다. 이는 광 파워에 따라 변조 전류를 최적화함으로써 차후에 광 파워가 변화되어도 데이터 신호의 왜곡을 최소화 할 수 있으며, 광 파워 조절 시 자동으로 설정 되므로 변조전류를 일일이 조절하는 어려움이 최소화 될 수 있어 유지관리에 용이하며, 송신기의 사용시간도 연장할 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- [1] Kyeong Soo Kim "On The Evolution of PON- Based FTTH Solutions", Stanford Networking Research Center
- [2] Lattice Semi.Co., "Using the ispPAC 30 in a DWDM Laser Power Control Loop", Application Note AN6028, 2001
- [3] Przemyslaw Otomanski, "Semiconductor laser

controller - selected problems of design ", *Proc. SPIE*
vol. 4237, pp. 126-130, 2000

- [4] Eric P. Rudd, "Laser Diode Driver with 5-Dec-ade Range", *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 49, NO. 1, pp. 2-4, 2000
- [5] Lattice Semi.Co., "Thermoelectric Temperature Control Using the ispPAC20", *Application Note AN6029*, 2001
- [6] MAXIM Semi.Co., "Introduction to LVDS, PECL, and CML", *Application Note HFAN-1.0*, Rev 0: 9/00.

저자소개

허창우 (Chang-wu Hur)



1991.2 연세대학교 전자공학과 공학박사
1986~1994 LG 중앙 연구소
1994.3 ~ 현재 목원대학교 IT 공학부
교수

※ 관심분야: 반도체공학 및 VLSI 설계

염진수 (Jin-su, Yeom)



2001 목원대학교 대학원 IT공학과
(공학석사)

1995~ 1998 바이텍 코리아

1998. ~ 2005 (주)엠텍 차장

2005.2 목원대학교 대학원 IT공학과 공학박사

2005.~현재 JS전자 대표

2005.~ 현재 목원대학교 겸임교수

※ 관심분야: 광섬유증폭기 설계, 반도체공학