

공유 레이저 광원 및 LED 광원을 이용한 WDM-PON 시스템에 관한 연구

정희원 이 용 기*, 이 영 호**, 박 봉 근*

A Study on the WDM-PON System Using Shared Laser and LED Light Sources

Yong-Gi Lee*, Young-Ho Lee**, Bong-Keun Park* *Regular Members*

요 약

본 논문은 공유 레이저 광원 및 LED 광원을 이용하는 WDM-PON 구조의 새로운 광 가입자 전송시스템을 제안하고, 제안된 시스템의 타당성을 실험적 시뮬레이션을 통해 고찰하였다. 본 시스템은 고속의 하향전송을 위해서는 공유 레이저 광원을 외부변조하여 이용하는 방식을 채택하였고, 상향전송을 위해서는 LED광원을 직접변조하여 이용하는 구조로 되어 있다. 광 선로구간에서의 과장다중화를 위해서는 채널 결합 및 분기기능을 갖는 AWG (Arrayed Wave-guide Grating) 소자를 이용하였다. 본 연구에서 제안한 전송시스템의 특징은 저가로 시스템을 구현할 수 있다는 것이다. 이는 하향전송에 대해서는 안정된 고가의 레이저 광원을 공유함으로써 가능하고, 상향전송에는 동일한 LED 광원을 이용함으로써 WDM-PON을 위한 광 송수신장치(ONU; Optical Network Unit)의 광원 안정화 및 규격화가 쉬워짐에 따라 대량생산을 통한 저가 구현이 가능하다. 본 시스템의 기술적 타당성을 입증하기 위하여 전송속도가 2.5Gbps인 하향전송과 51.84, 155.52 및 622.08Mbps인 상향전송에 대한 시뮬레이션을 실시하였고, 상하향 각 전송속도에 있어서 잘 동작됨을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper presents a noble optical access system using shared laser and LED light sources, which is based on WDM-PON technologies. This system adopts an external modulation of the shared laser sources for high-speed downstream and a direct modulation of the LED sources for low-speed upstream. To split or combine the transmission channels, AWG(Arrayed Wave-guide Grating) devices are used in the optical cable section. The proposed system is attractive for low cost implementation. The laser light sources can share the optical carriers in the downstream scheme. Also, in upstream, the LED sources can afford to make simple of the circuits for controlling light source and of standardization for ONU(Optical Network Unit). The feasibility of the proposed system is demonstrated by several experiments. Our results show that the system operates well at 2.5Gbps for downstream and up to 622.08Mbps for upstream.

I. 서 론

통신의 발달로 가입자는 기존의 음성신호 외에 보다 빠르고 다양한 통신 서비스를 요구하게 되었

고, 이러한 변화를 뒷받침하기 위한 광 가입자망 구축기술이 관심을 끌게 되었다. 광 가입자망은 대용량과 고속의 특징을 가지고 있는 광케이블을 이용하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공해 줄 수 있다. 따라서 서비스 전달 매체를 공급하는 통신사업

* 한국통신 가입자망연구소 광통신연구팀(leeyg@kt.co.kr)

** 위덕대학교 전자공학과

논문번호 : 99278-0715, 접수일자 : 1999년 7월 15일

자는 기존의 동선 선로를 점진적으로 광선로로 대체하거나 신설되는 지역에는 처음부터 광케이블로의 선로 구축이 현재 빠른 속도로 확산되어 가고 있다. 한편 전송매체의 발전 추세와 더불어 광 가입자망을 구축하기 위한 또 하나의 축이 되는 광 전송시스템 부분에 있어서는 여하히 시스템을 경제적이고 효율적으로 구성 할 수 있는가 하는 것이다. 이를 위해 다양한 광 전송시스템의 모델들이 제안되었고, 그 타당성에 대한 검증이 행하여져 오고 있다^[1,2].

광 가입자망은 망 형태, 다중화 방식, 그리고 광원 및 변조방식 등에 따라 여러 가지로 나누어진다. 먼저, 가입자망은 그 시설의 물량적 면이 방대하기 때문에 여하히 효율적이고 저가화 할 것인가가 대단히 중요한 문제로 이를 극복하기 위한 한 방법으로 현재는 PON형태의 망에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^[3,4]. 다중화 방식에서는 현재까지 TDM 방식이 주류를 이루고 있다. 그러나 WDM소자의 기술 발전과 가격 하락이 진행 중이고, 새로운 서비스의 도입이나 전송용량 증설 등을 위해 망의 진화가 요구될 때 유연히 대처할 수 있다는 측면에서 WDM 방식이 차세대 접속기술로 부각되고 있다. 광원 및 변조방식에서는 주로 LD(Laser Diode)를 직접변조하거나 외부변조하는 방식을 취하고 있다.

당 연구실에서는 효율적인 광 가입자망 구축을 위한 한가지 방식으로 WDM-PON구조의 광 가입자 전송시스템을 연구한 바 있다^[5]. 이 시스템은 외부 변조 방식을 토대로 전송에 필요한 모든 캐리어 광원을 전화국에 두고, 또한 하나의 광원을 다수의 가입자가 공유할 수 있도록 함으로써 광원의 안정적인 운용과 고가 광원의 효율적인 이용이 기대되었다. 그러나 광 선로구간의 손실 때문에 상향전송의 경우 광 전력 마진이 적어 광원을 공유함에 따른 효과를 얻을 수 없었다. 이에 대해 본 논문에서는 하향전송의 경우는 공유 레이저 광원 방식을 채택하고, 상향전송의 경우에는 LED광원을 직접변조하는 방식을 도입하여 광 전력 마진을 해결 할 수 있음과 동시에 WDM에 필요한 다파장 광원 문제를 해결 할 수 있는 WDM-PON전송시스템을 제안하고 그 기술적 타당성을 고찰한다.

II. WDM-PON 시스템 구조

본 고에서 제안한 WDM-PON 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 먼저 하향전송에 사용되는 공유 레

이저 광원의 구조는 그림 1의 (a)와 같다. WDM 전송에 필요한 중심파장 λ_n 을 갖는 DFB 레이저 광원들의 광 전력을 EDFA(Erbium-Doped Fiber Amplifier)로 증폭시킨다. 이 증폭된 광원은 스플리터에 의해 분기되어 광 전송장치(Service Providing System)에 특정 파장을 갖는 캐리어 광 신호로 공급된다. 이 구조는 고가 DFB 레이저 광원을 공유함으로써 광원의 저가화는 물론, 전송에 필요한 캐리어 광원의 구동 및 제어를 한 곳에서 실시하기 때문에 광 출력 및 파장의 안정성에 있어 높은 신뢰성이 보장되고 저가로 구동 및 제어회로의 구현이 가능하다는 장점도 가진다. 또한 현재 일반적인 고속 외부변조 방식에 있어서는 고가의 LiNbO₃ 변조기가 이용되고 있으나, 본 논문에서 제안한 방식에서는 집적화 및 대량생산으로 저가화가 가능한 PLC(Planar Lightwave Circuit)상의 폴리머 변조기를 향후 적용할 것을 고려하였다^[6].

그림 (b)는 시스템의 전체 구성을 보여준다. 전화국에 있는 광 전송장치에서 가입자측 ONU로의 하향전송에는 앞에서 언급한 공유 레이저 광원을 이용한 외부변조 방식을 사용하며, 가입자측 ONU에서 전화국측 광 전송장치로의 상향전송에는 LED를 직접변조하는 방식을 이용한다. 광 전송장치는 송신부, 수신부 및 WDM소자로 구성된다. 여기서 WDM소자는 상향하향의 송수신 신호를 분리 및 결합하기 위한 것이다. 광 선로구간에서는 파장별 채널을 분기 또는 결합시키는 장치로 AWG 소자가 이용되는데, 각 포트별 통과 그리드의 중심파장은 공유 광원들의 중심파장과 정합되어 있다.

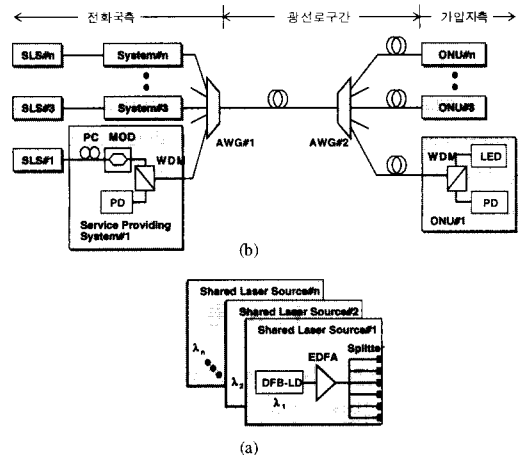


그림 1. 제안된 WDM-PON 시스템의 구조 (a) 공유 레이저 광원의 구조, (b) 시스템의 전체 구성도

시스템 상에서 전송신호의 흐름을 그림 2로 설명한다. 먼저 하향전송의 경우는 각 전송장치에서 외부 변조되어 송출되는 광 신호들은 중심파장이 정합되는 AWG#1의 포트에 연결되어 있기 때문에 AWG #2에서는 가역적으로 분리되어 해당 ONU에 전달되어진다. 상향의 경우는 LED를 직접변조하여 출력된 광 신호는 AWG#2의 여러 포트 중 임의의 입력 포트로 들어가 출력측으로 나오게 된다. 이 때 ONU로부터 나온 LED 광 신호들은 동일한 파장 대역을 가지지만, AWG#2를 통과하면서 각 포트의 그리드에 맞는 파장 성분들만 선택되어 출력에서 결합된다. 이 신호들은 광 선로구간을 전파한 후, AWG#1을 통과하면서 출력 포트별로 그리드에 맞는 파장 성분들이 분리된다. 따라서 그리드 파장특성이 동일한 AWG를 양측에 사용하면 상향전송에서도 독립적인 채널이 확보되어 WDM 전송이 가능해진다.

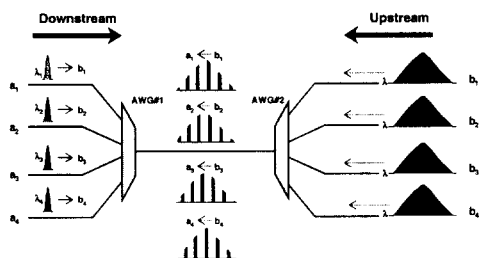


그림 2. WDM-PON 시스템의 광 신호 흐름도

III. 전송실험 및 성능 분석

WDM-PON시스템의 성능분석을 위한 실험 구성을 그림 3에 보인다. 먼저 광 선로구간의 길이는 전화국측 AWG#1과 가입자 측 AWG#2 사이의 거리는 10km로 하고, AWG#2로부터 가입자 측내 ONU까지는 1km로 구성하였다. 이는 국내 동선 가입자의 선로길이가 대부분 2~3km이내인 점과 향후 광 가입자망으로 전환되었을 때를 고려하여 충분한 시뮬레이션 환경이 되도록 하였다.

전송실험에 사용된 장치는 다음과 같다. 공유 레이저 광원으로는 중심파장이 1.553 μ m인 DFB-LD를 EDFA로 증폭시키고 스플리터로 분기하여 사용하였고, 하향신호 생성은 LiNbO₃ 변조기를 이용하였다. ONU의 광원인 LED로는, 3dB대역폭이 40nm인 1.3 μ m 파장용과 3dB 대역폭이 50nm인 1.5 μ m 파장용을 사용하였다. 전화국측 광 전송장치와

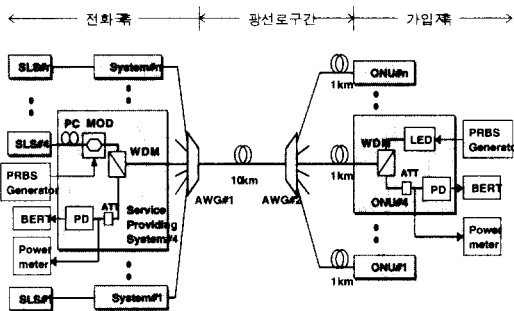


그림 3. 시스템 성능분석을 위한 실험 구성도

ONU내에는 송신과 수신신호를 분리하기 위하여 1.3/1.5 μ m 파장 대역용 WDM소자를 사용하였다. 광 선로구간의 파장별 분기 및 결합용으로는 FSR (Free Spectral Range)이 12.8nm이고 그리드 간격이 1.6nm인 1 x 8 AWG가 사용되었다. 전송성능 측정장치로는 Anritsu사의 PRBS(Pseudo-Random Binary Sequence)발생기와 BERT (Bit-Error-Ratio Tester)를 이용하였다. 송신단의 PRBS에서 발생된 전기신호를 송신기의 속도별 변조신호로써 해당 포트에 입력시키고, 수신단에서는 수신기 앞단에 설치한 감쇠기를 조정하면서 광 전력측정기로 수신전력을 측정하였다. 아울러 같은 위치에서 BERT로 부호오류율(Bit-Error-Ratio)을 측정하였다. 여기서 송신기 변조신호로는 하향전송에 2.5Gbps, 상향전송에 51.84, 155.52, 622.08Mbps 신호를 이용하였으며, 이 때 2.5Gbps의 경우는 $2^{31}-1$ PRBS, 51.84 및 155.52Mbps의 경우는 $2^{15}-1$ PRBS, 622.08Mbps의 경우는 $2^{23}-1$ PRBS를 각각 이용하였다.

그림 4에 상향 및 하향전송에 대한 부호오류율의 측정결과를 보인다. 그림의 (a)는 하향과 상향을 동시에 전송한 결과인데, 상향전송의 광원으로는 1.3 μ m대 파장용LED를 사용하였다. 그림으로부터 2.5Gbps 하향전송의 경우에 10^{-11} 부호오류율을 만족하기 위해서는 수신전력이 약 -31dBm 이상 되어야 하고, 상향전송의 경우에는 51.84, 155.52, 622.08Mbps에서 10^{-9} 부호오류율을 만족하기 위해서 각각 -41.5, -37.5, -28dBm 이상의 수신전력이 필요함을 알 수 있다.

각 방향 전송에 있어 전송구간의 광 전력여유도는 송신단의 광원 출력에서 해당 부호오류율을 얻기 위해 요구되는 수신단의 최소 광 전력을 빼고, 이 값으로부터 광 선로구간의 손실을 제외한 값으로 산출된다. 여기서 광 선로구간의 손실은 변조기

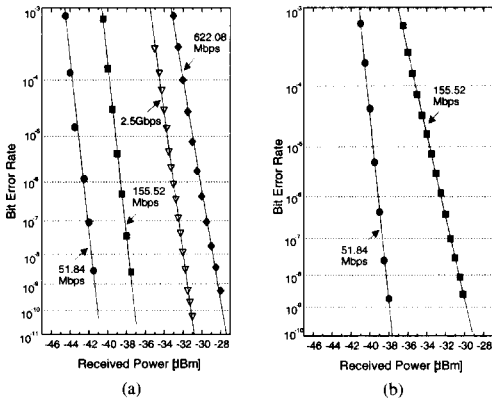


그림 4. 전송성능 측정 결과 (a) 상방향 동시 전송 (하향: 공유레이저 광원 사용, 상향: 1.3μ m LED 사용), (b) 1.5μ m LED를 사용한 상향전송

삽입손실(하향전송의 경우만 고려), 1.3/1.5μ m 대역용 WDM 삽입손실, AWG 삽입손실 및 광 선로손실의 합으로 구해진다. 따라서 광 선로구간의 손실은 상기의 손실요소 값들이 각각 10dB, 0.6dB (0.3dB x 2), 9dB (4.5dB x 2), 2.2dB (0.2dB/km x 11km : 하향) 혹은 3.85dB (0.35dB/km x 11km : 상향)이므로, 하향 및 상향전송에 있어 각각 21.8dB, 13.45dB가 된다. 이를 토대로 상향 및 하향전송에 대한 광 전력여유도를 분석해 보면, 하향의 경우에는 공유 레이저 광원의 출력이 18dBm이므로 공유광원의 출력 위치에서 본 광 전력여유도는 약 27.2dB (= 18 - (-31) - 21.8)가 된다. 이는 하나의 공유 레이저 광원으로 약 500개의 하향전송에 필요한 캐리어 광원을 공급해 줄 수 있다는 것이다.

상향의 경우에는 AWG#2를 지날 때 ONU의 LED 광 출력은 자체 삽입손실뿐만 아니라 그리드와 정합되는 파장성분만 통과됨에 따른 약 9dB의 광 손실이 부가된다. 본 실험에서는 최대 150mA까지의 구동전류 대비 광 출력의 선형성이 유지되는 사양을 갖는 LED를 사용하였다. 그 결과, 약 65mA의 전류로 구동한 송신단의 출력은 약 2.88dBm으로 51.84Mbps와 622.08Mbps에서 본 송신단에서의 광 전력여유도는 8.43~21.93dB (= 2.88 - (-28) - 13.45 - 9 ~ 2.88 - (-41.5) - 13.45 - 9)가 된다.

그림의 (b)는 1.5μ m 파장용LED를 사용한 상향전송에 대한 전송성능을 측정한 결과이다. 이 실험의 경우, 사용된 광 전송장치 내의 WDM소자가 1.3/1.5μ m대역용으로 하향을 동시에 수용할 수 없

었다. 또한 이 경우에는 622.08Mbps의 전송은 불가능하였다. 그 이유는 1.5μ m LED 광원의 대역폭에 따른 색분산에 기인하는 문제이다. 전송속도 622.08Mbps보다 저속인 51.84, 155.52Mbps에서 10⁻⁹ 부호오류율을 만족하기 위해 요구되는 최소 수신전력은 각각 38, -29.5dBm 정도로 1.3μ m LED를 사용할 경우의 동일 전송속도에 비하여 각각 3.5와 8dB 정도의 전력페널티가 발생되며, 이 값은 전송속도가 높아질수록 커짐을 알 수 있다.

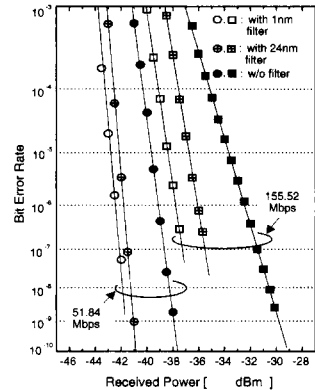


그림 5. 1.5μ m LED 광원의 선폭에 따른 전송성능의 비교

그림 5는 1.5μ m LED 광원의 선폭에 따른 속도별 전송성능을 측정한 결과이다. 본 실험은 LED의 파장대역을 그대로 전송하는 경우와 1nm 및 24nm 밴드패스 필터로 자른 후 전송하는 경우의 세 가지 유형에 대하여 실시되었다. 그림 5로부터 동일 전송 속도에서는 광원의 선폭이 좁아질수록 성능이 향상되고, 전송속도가 빠를수록 필터링의 효과가 커짐을 알 수 있다. LED 광원은 인코히어런트한 광으로 전송에 사용하게 되면 광원의 선폭이 커질수록 신호 대 잡음비에 따른 성능은 좋아지지만, 색분산에 의한 성능은 저하된다. 따라서 이러한 광원을 전송에 이용할 때는 주어진 부호오류율을 만족시킬 수 있는 광원의 최소 선폭을 결정할 필요가 있다. 2.5Gbps의 경우에 10⁻⁹ 이하의 부호오류율을 얻기 위해서는 최소 선폭이 0.5nm 이상 되어야 한다는 수치해석 결과가 보고된 바 있다^[7]. 본 실험에서는 155.52Mbps이하의 전송속도에 1nm 이상의 선폭을 가지는 광원을 사용하기 때문에 광원의 선폭에 따른 전송성능의 차이는 주로 색분산에 기인하는 결과로 보여진다. 본 구조는 LED의 넓은 광 스펙트럼을 AWG를 통해 잘라서 쓰게 된다. 1.5μ m LED

광원을 사용하는 경우도 AWG를 통과한 여러 피크 신호 중에서 선택적으로 송신하거나 수신하게 되면, 저속에서의 성능도 훨씬 개선시킬 수 있고, 622.08Mbps의 속도에서도 전송이 가능하다. 그러나 이 경우에는 광 전력여유도가 줄어드는 문제가 발생된다. 이는 고출력 LED를 사용하거나 그리드 간격이 크고 그리드 내의 통과대역이 넓은 AWG의 사용으로 해결될 수 있으나, ONU의 소모전력 증가나 LED 수명단축 등을 감안한다면 후자의 방안이 유리할 것으로 판단된다.

그림 6은 다채널 전송시의 누화(crosstalk) 영향을 알아 보기 위하여 실시한 상향전송시의 부호오류율의 측정결과를 보여준다. 실험은 155.52Mbps의 속도로 변조된 1.5 μ m LED신호를 AWG#2의 4번 입력포트에 연결하고, 인접 포트인 AWG#2의 3번과 5번 입력 포트에는 EDFA의 ASE 신호를 CW 상태로 입력시켜 다채널 전송을 의사화 하였다. 의사화를 위해 입력시킨 3번과 5번 포트의 EDFA의 ASE 신호는 1.5 μ m LED의 출력과 동일한 전력 크기를 갖도록 하였다. 그림으로부터 전송성능은 EDFA의 ASE 신호의 인가 유무에는 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

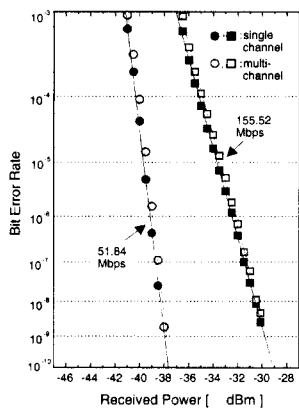


그림 6. 단일채널과 다채널 환경에서의 전송성능의 비교

그림 7은 위 다채널 전송시험과 동일한 구성하에서 상향전송시의 포트별 출력파장을 OSA(Optical Spectrum Analyzer)로 측정한 결과이다. 그림의 (a)와 (b)는 각각 LED신호만 인가하였을 때와 LED신호와 EDFA의 ASE 신호가 동시에 인가되었을 때의 AWG#2의 출력포트에서 본 파장 특성이다. 그리고 그림의 (c)와 (d)는 각각 LED신호와 ASE신호

를 동시에 인가했을 때와 ASE 신호만 인가했을 때의 AWG#1의 4번 출력포트에서 본 파장 특성이다. 여기서 먼저 그림 (c)의 경우를 보면 광 선로구간의 손실이 부가되었을 뿐, (a)와 거의 동일한 파장 특성을 가지고 있다. 이것은 인접 채널로부터의 누화가 거의 없다는 것을 의미하며, 그림 (d)의 결과로부터 확인할 수 있다. 상기 결과들로부터 전송시스템에 있어서 채널간의 누화 영향은 거의 무시할 수 있는 정도로 미미하며, 그림 6의 측정결과는 다채널 전송의 경우에도 전송성능의 저하가 거의 없다는 점이 잘 설명되고 있다.

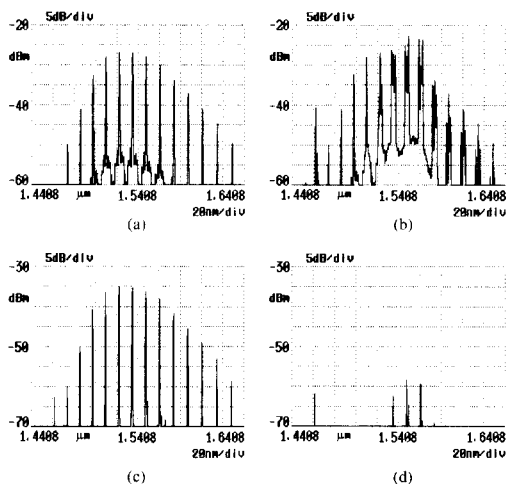


그림 7. 상향전송시의 시스템 포트별 출력 파장특성
(a) 1.5 μ m LED 광원만 인가한 경우의 AWG#2 출력 포트 파장성분,
(b) 1.5 μ m LED 및 EDFA의 ASE 신호를 동시에 인가한 경우의 AWG#2 출력포트 파장성분,
(c) 1.5 μ m LED 및 EDFA의 ASE 신호를 동시에 인가한 경우의 AWG#1의 4번 포트 파장성분,
(d) EDFA의 ASE 신호만 인가한 경우의 AWG#1의 4번 포트 파장성분

상기 실험들에 의한 결과들로부터 먼저 공유 레이저 광원을 사용하여 약 500 채널의 고속전송에 필요한 캐리어 광원을 안정적으로 공급할 수 있음을 알았고, 또한 LED를 직접변조하는 방식으로 622Mbps까지의 전송이 가능함을 확인할 수 있었다. 특히 LED 광원을 이용하는 경우에는 1.3 μ m 및 1.5 μ m 대역용 모두 사용 가능함을 알았다. 그러나 전송속도의 고속화가 요구되는 경우에 색분산의 영향과 이를 극복하기 위한 광원의 선폭을 조절할 필요성이 있음을 감안해 볼 때는 1.3 μ m 대역용 LED를 상향전송에 사용하는 것이 구현상 유리할 것으로 판단된다

IV. 결론

경제적이고 효율성이 높은 광 가입자 전송시스템의 개발은 FTTH의 실현을 위한 관건이다. 본 고에서는 이를 위한 한 방안으로 하향전송의 경우는 공유 레이저 광원 방식을 채택하고, 상향전송의 경우에는 LED광원을 직접변조하는 방식을 도입한 WDM-PON 시스템을 제안하고, 이 시스템의 구조와 기본 작동을 설명하였다. 그리고 실험적 시뮬레이션을 통해 시스템의 기술적 타당성을 확인하였다. 실험 결과, 하나의 공유 레이저 광원으로 수 백 채널의 하향전송에 캐리어 광을 공급 할 수 있음을 알았고, LED광원을 직접변조하는 방식으로도 수 백 Mbps급 전송이 가능하며, 또한 LED를 WDM전송용 광원으로 사용할 수 있음도 확인하였다. 따라서 본 시스템 구조는 WDM-PON을 위한 광원 확보문제를 쉽게 해결할 수 있고, 가입자 광 송수신 장치인 ONU의 간략화 및 광 모듈의 규격화가 쉬워져 대량생산에 따른 저가화가 기대된다.

향후 과제로는 본 시스템의 구조에 필요한 특성을 가지는 AWG나 그에 상응하는 광 분기 및 결합 소자에 대한 제작 및 소자의 확보와 폴리머 변조기의 적용을 통한 시스템의 구현성을 제고해 갈 계획이다.

참 고 문 헌

[1] S. S. Wagner and H. L. Lemberg, "Technology and system issues for a WDM-based fiber loop architecture," *J. Lightwave Tech.*, vol. 7, no. 11, pp. 1759-1768, 1989.

[2] L. Altwegg, A. Azizi, P. Vogel, Y. Wang, and F. Wyler, "LOCNET: a fiber in the loop system with no light source at the subscriber end," *J. Lightwave Tech.*, vol. 12, no. 3, pp. 535-539, 1994.

[3] M. Okayasu, N. Tamaki, N. Shibata, and I. Yamashita, "Design estimation of a WDM-based passive access network upgradable in the PDS system," *Proc. the 8-th International Workshop on Optical/ Hybrid Access Network*, Mar. 1997.

[4] K.Y. Liou, J. B. Stark, U. Koren, E. C.

Burrows, J. L. Zyskind, and K. Dreyer, "System performance of an eight-channel WDM local access network employing a spectrum-sliced and delay-line-multiplexed LED source," *EEE Photonics Tech. Letters*, vol. 9, no. 5, pp. 696-698, 1997.

[5] Yong-Gi Lee, Yong-Hoon Kang, and Chang-Joon Chae, "Broadband optical subscriber systems based on shared light sources and remote modulation," *Proc. the 8-th International Workshop on Optical/Hybrid Access Network*, Mar. 1997.

[6] S. W. Ahn. et al., "High extinction ratio digital optical modulator based on the asymmetric Y-branch waveguide in electro-optic polymer," *OECC'98 Tech. Digest*, 14B2-4, July 1998.

[7] 이종남, 이재승, 신상영, "스펙트럼이 저미어진 잡음광을 사용하는 2.5Gbit/s 광통신 시스템에 필요한 최소 광선폭," *Photonic Conference '96*, pp. 147-148, Nov. 1996.

이 용 기(Yong-Gi Lee) 정회원
한국통신학회지 제22권 제2호 참조

이 영 호(Young-Ho Lee) 정회원
1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (학사)
1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (석사)
1997년 3월 : 일본 동북대학 정보과학연구과 (박사)
1990년 5월~2000년 2월 : 한국통신 가입자망연구소 근무
2000년 3월~현재 : 위덕대학교 전자공학과
<주관심 분야> 신호처리, 정보통신이론, 최적화방법론

박 봉 근(Bong-Keun Park) 정회원
1987년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (학사)
1992년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (석사)
1993년 3월~현재 : 한국통신 가입자망연구소 근무
<주관심 분야> 광통신, 광소자