

단일 파장을 이용한 양방향 파장분할방식 수동 광가입자망 Uni-lambda bidirectional access service based on WDM-PON

한수욱*, 김동근**, 박창수*

*광주과학기술원 정보통신공학과, **(주)우리로 광통신

hannsw@gist.ac.kr

양방향 파장분할 방식 수동 광가입자망은 설치·유지비용의 절감, 큰 데이터용량, 및 보안기능의 우수성 등 많은 장점이 있다. 수동가입자망 구현에 있어서 remote node (RN)의 수동(비전력공급상태), 저가의 가입자 광원 및 응용서비스가 중요하다. 이 중 수동가입자망 구현의 핵심은 전력공급이 필요 없는 광분배 장치, 즉 RN (일반적으로 waveguide grating router (WGR)가 사용됨), 의 구현에 있다. 상/하향 신호의 파장특성이 WGR의 파장 특성과 일치하여야 신호의 왜곡, 감쇠없는 서비스가 가능하다^{1,3}.

본 연구에서는 수동 WGR (전력공급이 없는 WGR) 상태하의 단일 파장을 이용한 양방향 파장 분할 방식 수동 가입자망을 구현하고자 한다. 이를 위해 다음의 두 단계에 의해 시스템이 구성된다. (1) optical line terminal (OLT) 에서는 RN의 WGR의 파장 변화 정도를 감지하여 하향신호의 파장을 RN의 파장상태와 같게 동조한다. (2) 상향을 위한 가입자 광원의 파장은 OLT에서 optical network unit (ONU) 로의 하향신호의 파장과 같은 상태의 상향신호 파장을 생성한다. 이를 위해 저가의 파장 동조장치를 이용한 상향신호 파장 조정기술을 사용한다.

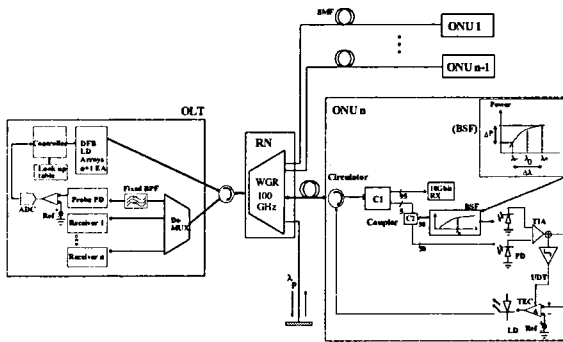


그림 1 Schematic diagrams of the WDM-PON with two wavelength-tracking methods.

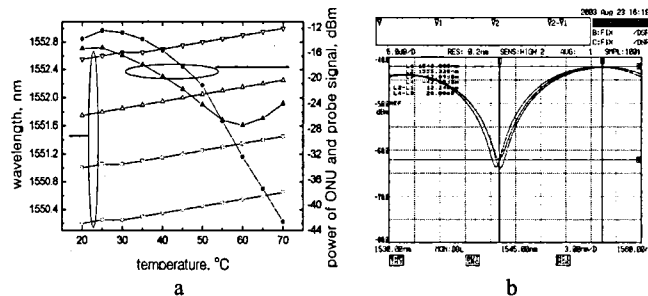


그림 2 Measured optical characteristics: (a) Temperature dependence of the WGR ports (17:○, 18:□, 19:△, and 20:▽), ONU 18 without tracking:▲, feedback probe signal:●, (b) Optical spectra of three BSFs in the ONU

그림 1은 제안된 수동 광가입자망 구성도이다. OLT는 상향신호를 생성하는 32채널의 DFB-LD 어레이 (1538.15~1563.05nm, 100GHz, 10Gb/s 외부변조) 와 RN의 AWG의 파장을 모니터링하여, 상향신호를 제어하기 위한 한 개의 광신호로 구성된다. RN는 수동 양방향 서비스를 위해 WGR이 사용되었다. 이 WGR (100GHz spacing, 0.32nm FWHM)은 OLT로부터 20km, ONU로부터는 최대 10km에 위치한다. WGR의 온도에 따른 파장 변화를 모니터링하기 위한 감시신호는 CW상태이며, OLT로부터 발진된 감시신호는 WGR의 잉여단자 출력단에 설치된 반사경에 의해 OLT로 재 삽입된다³. 이 신호는 파장 분배기와 고정된 필터를 통과시켜 WGR의 파장특성과 감시신호의 파장 차이에 따라 단조 감소하는 특성곡선을 갖는다(그림 2(a)). 이 특성곡선은 외부 환경에 노출된 WGR의 온도 상태에 따른 파장 특성 (0.01 nm/°C)은 OLT의 하향 신호 제어기에 삽입되고, 이러한 신호처리 과정을 통해 하향 WDM어레이의 파장은 RN인 WGR의 통과 파장과 일치하는 하향 광신호의 파장을 동적으로 생성하게 된다.



ONU는 하향서비스 신호의 파장 상태를 감지하는 수동 소자를 갖는다(그림 1). 이 수동 소자는 하향 신호의 파장변화를 파워 변화로 변환하는 소자이며, 구성요소는 수동 용착 광섬유 타입의 fiber biconic taper (FBT) 결합기와 두 개의 p-i-n 다이오드로 구성된 소자이다. 제작된 FBT로 파장의존형 기울기, band slope filter (BSF) 특성, 를 갖는 광학적 특성을 이용하여(그림 2(b)), ONU로 입력된 하향신호중 5%를 분기(C2)하여 이 신호를 서로 다른 두 경로(BSF+PD와 PD)를 통과하게 하여 발생하는 광손실 차이를 통해 하향신호의 파장 변화를 알 수 있다. 이 신호는 하향신호의 존재유무에 따라 ONU광원의 thermoelectric cooler를 다시 temperature update(UDT)할지를 결정하는 UDT에 의해 DFB-LD의 파장을 변화시키게 된다. ONU내의 각 DFB-LD는 직접변조에 의해 1.25Gb/s 신호로 OLT로 상향된다.

제안된 시스템의 온도 추적 과정을 보기 위해 WGR은 3시간 주기의 sine곡선에 따라 15°C 에서 55°C 내에서 변화한다. 이와 같은 온도 설정은 오차 0.35°C와 표준편차 0.2를 갖는다. 그림 3은 온도에 따른 제안된 상/하향 신호의 파장 동조기능의 동작 시, 서비스 광채널 파워의 변화 (하향: <math>< \pm 0.1\text{dB}</math>, 상향: <math>< \pm 0.33\text{dB}</math>) 를 나타낸다. 상향신호의 경우 하향신호보다 더 큰 파워 변화를 겪는다. 그러나 비대칭 전송 서비스의 경우 (하향 10Gb/s, 상향 1.25Gb/s), 상향신호의 파워 변화는 허용할 수 있는 수치이다. 또한 양방향 전송을 위해 OLT와 ONU의 각 수신단에는 광방향성 결합기(optical circulator)를 사용하여 누화 손실이 50dB 이상이 되도록 하였다. 그림4 는 상/하향 서비스의 bit-error-rate (BER) 측정을 나타낸다. 하향신호의 경우, 10Gb/s의 신호로 30 km를 전송되었으며, ONU에서는 InGaAs p-i-n 수신기 (sensitivity of 18dBm at BER 10^{-12}) 가 사용되었다. 또한 상향신호의 경우, 1.25Gb/s의 신호로 OLT로 30 km 전송되었으며, OLT에서는 InGaAs APD 수신기 (sensitivity of 35dBm at BER 10^{-12})를 사용하였다. 그림 4(a)에서는 파장 동조기능 유무에 따른 10Gb/s에서의 BER를 나타냄을 알 수 있다. 여기서 5°C 변화에서도 0.8dB (BER at 10^{-12})의 BER 개선이 되었다. 그림 4(b)에서는 파장 동조기능에 의해 1.3dB (BER at 10^{-9})의 개선이 되었다. WGR의 초기 온도 변화에 따른 파장변화는 25, 28, 31°C 에서 각각 -0.025, +0.013, +0.051nm 이다. 파장 동조기능이 없는 상/하향은 BER이 floor됨을 알 수 있다.

본 연구에서는 전력공급이 없는 WGR의 파장 변화를 OLT, ONU내의 저가의 동적 동조기능을 이용하여 10/1.25-Gb/s의 양방향 파장분할 방식 수동 광가입자망 서비스를 구현하였다.

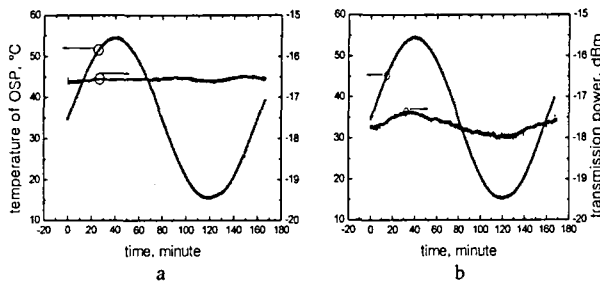


그림. 3 Power variation to temperature fluctuation:

- (a) Wavelength tracking of the downstream,
- (b) Wavelength tracking of the upstream

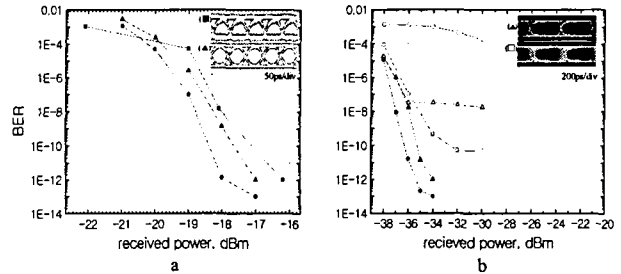


그림. 4 Measured BER curves in the ONU and OLT with tracking (about 27°C):▲, back-to-back:●(a)10Gbit/s without tracking ■, (b)1.25Gbit/s without tracking (31:○, 25:△, and 28°C:□ from the top).

본 연구는 지역특화기술 개발사업 중 온도무의존형 64채널 DWDM AWG 기술개발의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Frigo, N.J. et al., *IEEE PTL* 6(11), 1365-1367 (1994)
2. Mayweather, D. et al., *IEEE PTL* 8(9), 1238-1240 (1996)
3. Hilbk, U. et al, *Electronics Letters* 32(23), 2162-2162 (1996)