

## 초고밀도 파장 분할 다중화 광통신

### Ultra-dense wavelength-division-multiplexing optical communication

이재승

광운대학교 전자공학과

jslee@kw.ac.kr

80년대 후반, erbium-doped fiber amplifier의 등장으로 인해 가능해진 파장분할 다중화 (WDM: wavelength division multiplexing) 방식의 광통신 기술은 멀티미디어와 인터넷으로 상징되는 전 세계적인 통신혁명을 가능케 하였다. 2000년 초, 광통신 시설에 대한 과잉투자의 후유증, 이동통신기술의 만개, 다양한 압축 기술 및 동선을 이용한 전송기술의 발달 등 때문에, 지난 수년간 광통신에 대한 투자는 다소 주춤한 상태였다. 하지만, 최근 들어 광통신 기술은 일반 가입자 위주의 수동 광 네트워크 (PON: passive optical network) 분야에서 매우 활발해지고 있으며, 전반적으로 전송용량보다는 설치비용에 초점을 맞추어 많은 연구 성과가 이루어지고 있다.

한편, 인터넷 서비스의 발전은 조만간 IP-TV 서비스를 눈앞에 두고 있으며, HD 및 Full HD 서비스를 향해 나아갈 것이다. 안정적인 HD IP-TV를 포함한 인터넷 서비스를 위해서는 일반 가입자에 대해 10 ~ 수 100 Mbps 이상의 대역을 확보해 주어야 한다. 인터넷 traffic의 가장 큰 특징은 그 수요 변화가 매우 dynamic 하다는 점이다. 이러한 면에서 WDM 방식의 PON 서비스가 네트워크 운용 면에서 갈수록 매력적이 되며, 비용이 저렴한 wide-area WDM PON을 채택할 경우, 가입자 수가 증가할수록 WDM 채널의 수도 늘어나게 된다. 나아가서, erbium-doped fiber amplifier의 증폭대역 내에 모든 광 채널들이 존재해야하므로, 초고밀도 (UD: ultra-dense) WDM 기술이 중요하게 된다. 그런데, UD-WDM 기술의 확립을 위해서는 광 채널의 정렬 문제 및 수신단에서 사용되는 광 demultiplexer의 저렴화 문제 등 새로운 기술적 과제에 대한 해결이 필요해 진다.

본 발표에서는, UD-WDM 기술의 국내외 현황과 문제점 및 앞으로의 발전 방향 등을 알아보도록 한다. UD-WDM에 가장 열의를 보인 나라는 일본이며, 주로 광변조 및 비선형 광섬유 등을 통해 적은 수의 광원으로부터 많은 광 채널들을 일정한 채널 간격으로 얻는 방법을 사용하고 있다.<sup>(1)</sup> 그 외, 미국에서는 적은 수의 광 채널들만으로 UD-WDM 광 채널들의 demultiplexing 실험을 수행하였다.<sup>(2)</sup> 대용량 UD-WDM 전송실험은 25 GHz 채널간격에서 주로 행하여 졌으며,<sup>(3)</sup> 12.5 GHz 기반 UD-WDM 망에 대한 논문들이 일본에서 발표되었다.<sup>(4)</sup> 이에 비해, 국내에서는 당연구실이 UD-WDM 연구를 주로 수행하고 있는데, 각각의 UD-WDM 광 채널들을 beat frequency locking 기술을 이용하여 정확하고도 경제적으로 정렬하고 있으며,<sup>(5)</sup> 최근 12.5 GHz 채널간격의 총 256 채널들을 2000 km 에 걸쳐 성공적으로 전송하였다. 그림 1은 전체 실험 setup 이며, 그림 2에 사용된 광 채널들을 보이고 있다. 이들 결과들은 UD-WDM이 장거리 전송 시스템에 사용될 수 있음을 보이고 있다. 그러나, 앞서 언급한대로 UD-WDM은 가입자망에도 사용될 수 있으며, 이때 UD-WDM 광 채널들은 가입자망에서 metro ring 네트워크 내으로 까지 전광 변환 없이 그대로 사용되어질 수 있는 장점이 있다. 이에 대한 언급은 발표 시에 보다 자세히 이루어 질 것이다.

결론으로, 인터넷 통신 용량이 증가함에 따라, 다수의 일반 가입자에 대한 안정적인 초고속 서비스가 필요하다. 이러한 문제는 초고밀도 광통신 기술을 통해 해결할 수 있는데, 이를 위한 준비가 현재 필요한 시점이다.

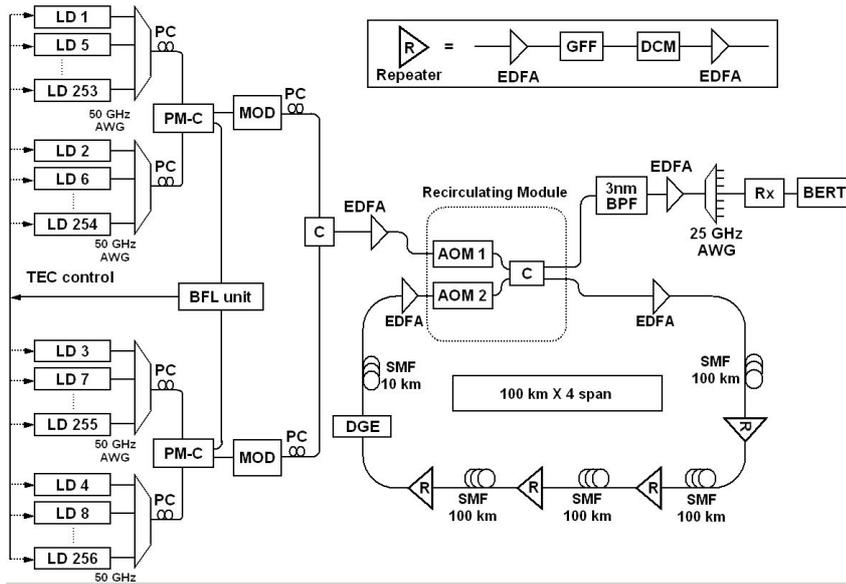
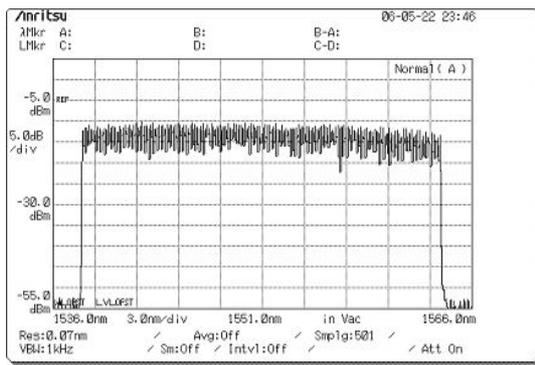
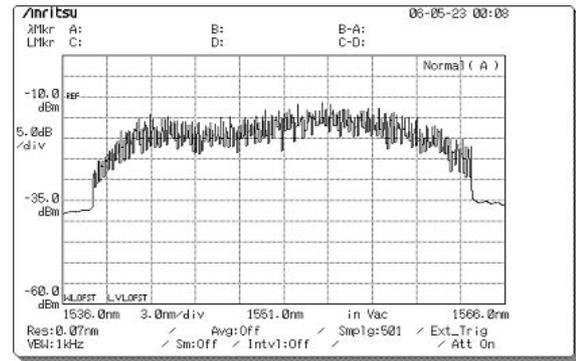


그림 1. 실험 setup. LD: laser diode, PC: polarization coupler, C: 3-dB optical coupler, PM-C: polarization maintaining coupler, EDFA: erbium-doped fiber amplifier, DGE: dynamic gain equalizer, MOD: LiNbO<sub>3</sub> modulator, PPG: pulse-pattern generator, TEC: thermoelectric cooler, GFF: gain-flattening filter, SMF: single mode fiber, DCM: dispersion compensation module, AOM: acousto-optic modulator, BPF: 3-nm optical bandpass filter, Rx: optical receiver.



(a)



(b)

그림 2. 전송 전(a) 및 2000 km 전송 후(b)의 광 스펙트럼.

참고문헌

1. Y. Miyagawa, T. Yamamoto, H. Masuda, M. Abe, H. Takahashi, and H. Takara, "Over-10000-channel 2.5 GHz-spaced ultra-dense WDM light source," *Electronics Letters*, vol. 42, pp. 655 - 657, 2006.
2. C. X. Yu, S. Chandrasekhar, T. Zhou, and D. T. Neilson, "0.8 bit/s/Hz spectral efficiency at 10 Gbit/s via vestigial-sideband filtering," *Electronics Letters*, vol. 39, pp. 225 - 227, 2003.
3. L. Leng, S. Stulz, B. Zhu, L. E. Nelson, B. Edvold, L. Gruner-Nielsen, S. Radic, J. Centanni, and A. Gnauck, "1.6-Tb/s (160/spl times/10.7 Gb/s) transmission over 4000 km of nonzero dispersion fiber at 25-GHz channel spacing," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 15, pp. 1153 - 1155, 2003.
4. N. Takachio, H. Suzuki, M. Fujiwara, J. Kani, M. Teshima, K. Iwatsuki, and T. Kitoh, "12.5-GHz-spaced super-dense WDM ring network handling 256 wavelengths with tapped-type OADMs," *Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, OFC 2002*, pp. 349 - 350, 2002.
5. Sang-Yuep Kim, Suk-Woo Huh, Sang-Hoon Lee, Kyung-Hee Seo, and Jae-Seung Lee, "Beat-frequency locking of ultradense WDM channels using a tunable laser source," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 16, pp. 1382 - 1384, 2004.