

CWDM 기반 선로 공유 장치 설계

정병찬^{1*}, 조태경²

Line Share Device Design by CWDM

Byung-Chan Jung^{1*} and Tae-Kyoung Cho²

요 약 본 논문은 초고속 통신 사업자가 적은 비용으로 고효율의 광 통신망 구축을 할 수 있는 설계 방안에 대해 제시한다. 하나의 광 코어를 사용하여 다중의 광 신호를 전송할 수 있는 기술인 CWDM과 DWDM기술에 대하여 비교 분석하고, 고속의 데이터의 장거리 전송을 안전하게 할 수 있는 OPTICAL 재생기 기술에 대한 고찰을 통해 장거리 전송에서 나타나는 광 신호의 품질 저하를 TX/RX단의 안정화를 통한 보정에 대해 기술한다. CWDM기반 선로공유장치는 4:1 집선 용 가입자 망을 제공하여 집선 효율이 8배 증가된다.

Abstract This study presents the design methods that will enable high speed communication companies to establish high efficiency optical communication network at a low cost. This study compares and analyzes CWDM and DWDM technology that transmit multiple optical signals through an optic core, and describes compensation of deteriorated optical signal, which occurs in long distance data transmission, through the stabilization of TX/RX terminal to enable long distance data transmission. CWDM based line access multiplexer increases concentration efficiency by eight times by providing 4:1 concentration subscriber network.

Key words : 광 전송, CWDM, 선로 공유 장치, 3R

1. 서 론

최근의 급증하고 있는 초고속 광통신에 대한 관심과 수요로 인하여, 이를 구현할 기술로써 파장 분할 다중화 방식 전송 기술이 각광을 받고 있다. 아파트 밀집 지역이나 사무실 밀집지역에서는 동기식전송계위 SDH^[1](Synchronous Digital Hierarchy), GMPLS^[1](Generalized Multi-Protocol Label Switching)은 WDM 장치나 광 크로스커넥트 같은 광전송 장치와 IP 라우터를 통합 관리하고, 신뢰성이 높은 네트워크 운용을 가능하게 하는 기술이다. PON^[1](Passive Optical Network)은 초고속 서비스를 제공하는 광가입자망 기술로 수동소자로 광통신망을 구성하는 방식을 택하였기 때문에 수동형(Passive) 광 네트워크 라고 한다. PON은 B-PON(Broadband PON), G-PON(Gigabit PON), GE-PON(Gigabit Ethernet PON)의 세가지 방식이 이용되고 있다. Ethernet Switch등 많은

수의 광 전송기능을 이용하는 장비들이 있다. 많은 수의 광 전송기능을 이용하는 장비(가입자 광 전송장치, Ethernet Switch 등)들이 있다. 그리고 이제까지는 전화국사와 이들 가입자 단의 장비를 연결하기 위해 1:1로 광 케이블을 포설하여 사용하고 있다. 따라서 많은 광케이블 코어가 필요하다. 그리고 이에 비례하여 망 운용비용이 많이 상승하고 있다. 본 논문에서는 이들 밀집지역에 CWDM기술을 이용한 4:1 집선 용 가입자 망 선로 공유 장치를 제공하여 1개의 코어로 4대의 광 전송장비 및 Ethernet Switch등을 집선 하는 장비를 설계 제공하여 광 코어 집선 효율을 8배 증가시키는데 목적이 있다. 본 논문의 구성을 살펴보면 2장에서는 기존의 연구에 대해 살펴보고 3장에서는 제안하는 선로 공유 장치 설계 및 구현 방법을 기술하였다. 4장에서는 선로공유장치의 실험 및 토의하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 기존연구

2.1 CWDM 방식

CWDM^[2](Coarse Wavelength Division Multiplexing)

본 논문은 (주)우리넷 통신연구소가 하나로텔레콤에 제안한 연구개발 결과입니다.

¹상명대학교 정보통신공학과

*교신저자: 정병찬(momobjbc@woori-net.com)

기술은 WDM 기술의 한 방법이다. 파장 분할의 단위를 보통 1nm를 기준으로 채널간격이 이보다 크면 CWDM 기술이고 작으면 DWDM(Dense WDM) 기술로 분류한다. 현재 적용되는 의미에서는 0.8nm가 기준이 된다. 이는 주파수로 환산하면 100GHz이어서 계산이 쉬운 단위가 된다. 보통은 DWDM 기술이 0.8nm 또는 0.4nm 간격으로 진행되고 있다. CWDM은 ITU-T에서 제안하는 20nm를 기준으로 현재 사용되고 있다. 정보용량의 증대와 더불어 10nm 간격의 발전 방향으로 진행되고 있다. CWDM 기술 기반 시스템은 파장간격이 크기 때문에 DFB 레이저와 광대역 광 필터를 사용한다. 이러한 기술들은 낮은 전력 소모, 작은 사이즈 및 저가의 장점을 가지고 있다. 이러한 장점을 제공하는 CWDM 시스템의 상용화 가능성은 많은 매트رو 및 가입자망 분야에서 DWDM 기술의 대안으로 발전시켰다. 현재 진행 중인 DWDM 기술은 1550nm를 중심으로 16채널 또는 32채널이 상용화되고 있다. 이에 맞서 CWDM 기술은 광섬유가 가지는 전 파장 간격을 이용해 1270nm에서 1610nm까지 16채널을 사용하고 있다. CWDM 기술은 처음에는 케이블TV에 사용되었으나 서비스 사업자들로부터는 큰 관심을 끌지 못하였다. 그러나 1990년대 후반에 필터, 광원 등의 관련 기술의 발달로 CWDM 기술은 대도시 광 네트워크의 대량 포설에 있어서 고속 TDM이나 DWDM에 비해 가입자측면에서 저가의 광 네트워크 제공했고 급격한 성장의 실마리를 갖춰 나가고 있다.

2.2 DWDM과 비교

CWDM과 DWDM의 비용 차이는 하드웨어와 운용비용에 기인한다. DWDM 레이저는 CWDM 레이저에 비해 고가이지만 장거리 및 고속 전송용량을 필요로 하는 대규모 매트رو 링에 있어서 경제적인 솔루션을 제공한다. 이 두 응용에서 DWDM의 비용은 이 시스템으로 제공받는 많은 고객으로 분산된다. 그러나 매트رو 네트워크는 시장 요구를 충족시키기 위해 적은 비용과 낮은 용량을 필요로 하며 이는 대용량 서비스를 위해 고객이 기꺼이 지불할 수 있는 비용에 달려있다. DWDM에서는 DFB 레이저가 광원으로 이용되는데 이 레이저는 온도에 대해 약 0.08nm/°C의 천이가 발생한다. DWDM 시스템에서는 온도 변화에 따라 다중, 역다중화 장치의 통과대역 밖으로 파장이 천이되는 것을 막기 위해 DFB 레이저는 냉각 기능을 가지고 있다. 반면 CWDM 시스템은 냉각기능이 없는 DFB 레이저를 사용한다. 이 시스템은 일반적으로 0°C에서 70°C 정도 범위에서 동작하므로 파장 천이가 약 6nm정도 발생한다.

2.3 Optical 재생기 기술

광섬유 증폭기 기반의 파장 분할 다중화 장거리 전송 시스템은 빠른 속도로 증가하는 대용량 전송 수요에 대한 해결책을 제시하고 있다. 그러나 광 증폭기에서의 ASE(Amplified Spontaneous Emission) 잡음으로 인한 OSNR(Optical Signal-to-Noise Ratio)의 감소, 전송용 광섬유에서의 분산과 비선형 현상에 의하여 소광비(ER: Extinction Ratio)의 감소, 그리고 Timing Jitter 등의 광 신호의 품질 저하가 발생한다. 이는 근본적으로 WDM, 점대점 전송 방식에서의 채널수나 전송 거리에 제약을 주지만, 분산 보상 광섬유나 프리치핑 등의 분산 보상 기술을 이용하여 테라비트급 장거리 전송이 가능하다. 그런데 가까운 장래에는 파장의 분기나 결합 기능을 포함하는 크로스커넥터를 이용한 거대한 WDM 네트워크가 구성될 것이다. 이때, 수많은 노드에서는 각 채널 들이 서로 다른 시점에서 각각 다른 전송 거리로 동적 라우팅 되도록 채널 사이의 신호 품질 차이가 커지게 된다. 이러한 경우에 광 신호의 OSNR, ER, timing 등을 원래의 신호 품질에 가깝게 만들 수 있어야 되기 때문에 3R(Re-Amplification, Re-Shaping, and Re-Timing) 재생 기술이 요구된다.

2.4 3R 재생기술

3R^[3] 은 2R 회로에 Re-timing을 위한 CR(Clock Recovery) 회로를 더함으로써 구현 된다. 광섬유 내에서 비선형 효과에 의한 Timing Jitter의 축적이나 신호의 왜곡을 바로 잡기 위해서 Re-timing을 위한 CR 회로를 구현하여 2R 재생기 회로와 같이 사용할 경우가 발생한다. 그림 1과 같은 3R 재생기가 완성된다. 입력 신호를 두 개로 나눠서 일부는 Clock을 추출하는 광원으로 사용하고 다른 부분은 2R 재생기를 제어하는 광원으로 사용한다. CR 회로에서 생성된 펄스는 NLOG를 통과하면서 입력 데이터와 같은 정보를 갖게 되어 깨끗한 신호로 재생된다. CR 방법은 RZ(Return to Zero) 형태의 데이터에 대해서는 8자형 레이저(F8L: Figure-Eight Laser)^[4], SBS(Stimulated Brillouin Scattering)^[5], MLSLA(Mode-Locked Semiconductor Laser Amplifier)^[6], self-pulsating DFB laser^[7] 을 이용하는 다양한 방법이 제시되고 있는 반면, NRZ^[8](Non-Return to Zero) 형태의 데이터에 대해서는 PRZ^[9](Pseudo RZ)로 변환한 다음 clock을 추출하는 방법들이 제시되고 있다.

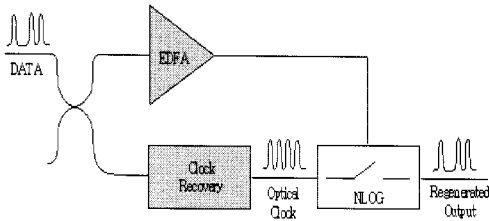


그림 1. 3R 재생기술

3. 선로 공유 장치

선로 공유 장치는 단일 장치 상에서 4포트의 STM-4, STM-1, 100Base FX, Giga Bit Ethernet을 1코어 WDM으로 다중화 및 역 다중화 하는 기능을 수행한다. STM-4, STM-1, 100Base FX, Giga Bit Ethernet 4회선을 1:1로 구성하기 위해서는 광 코어가 8개가 필요하게 된다. 그러나 선로 공유장치를 이용하면 1코어로 같은 신호를 송·수신할 수 있으며 망 유지보수를 위하여 GUI기반의 운영자 터미널 제공하며 자국 및 대국 장치 및 입력신호를 감시할 수 있다. 선로 공유 장치 사용 광 파장은 가입자 서비스용으로 1510nm, 1530nm, 1570nm, 1590nm 4개 파장을 사용한다. 대국 감시 통신용으로 1610nm 파장을 사용한다. 최대 광 송·수신 거리는 20km이다. 선로 공유 장치는 국사용 시스템 (Center Office Terminal)과 현장시스템 (Remote Terminal) 로 구분되어져 있다. COT는 MCU(Main Control Unit), LIU(Line Interface Unit) 구성 되어 있다. MCU는 LIU를 제어하고 시스템 운영 및 감시 제어 기능을 수행 한다. LIU는 LI1 ~ LI10 슬롯에 실장 된다. 100Base_SX/LE, 100Base_FX, STM-1, STM-4 신호를 입력받아 정해진 4개의 파장(1510nm, 1530nm, 1570nm, 1590nm)에 맞게 변환한 후 각각의 파장을 다중화 하여, 1코어의 광케이블로 전송하는 기능과 그 역 기능을 수행한다. RT측과 DCC(Data Communication Channel)통신을 위하여 1개의 파장(1610nm)을 사용한다. COT는 LIU를 최대 10까지 실장 할 수 있으며 각 포트별 인터페이스에 따라 최대 40포트를 제공할 수 있다. RT는 슬롯 형태가 아니며 MCU, LIU 기능이 피자박스 형태로 구성되어 있으며 각 인터페이스 별로 최대 4포트를 제공할 수 있다. 선로 공유 장치는 가입자 서비스용으로 부터 입력되는 신호에 대해서 표 1과 같은 경보를 모니터링 한다. COT LIU와 RT의 블록도는 그림 2와 같다.

표 1. 경보

경 보	설 명
Unit-Out	슬롯 탈장 상태
Unit-Fail	Unit-Fail 상태
SFP-OUT	LIU나 RT의 SFP에서 광 모듈이 탈장 상태
TX-Fail	LIU나 RT유니트의 SFP에서 광 모듈이 TX_FAIL 상태
LOS	LIU나 RT의 SFP에서 광 모듈이 LOS 상태
LOL	가입자 STM-1, STM-4, 100FX, GE신호가 LOCK상태를 잡지 못한 상태
LOF	가입자 STM1신호가 LOF 상태
DCC-Fail	COT와 RT사이의 DCC통신이 단절 상태

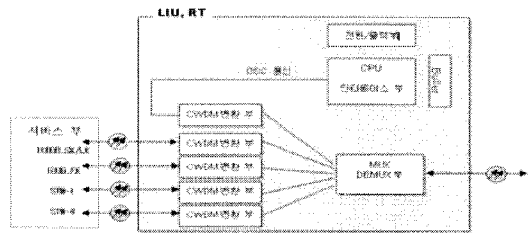


그림 2. 블록도

COT-RT Point To Point 구성 및 RT-RT Point To Point 구성된다. 서비스 부에 있는 각 포트별로 STM-4, STM-1, 100Base FX, Giga Bit Ethernet 서비스를 제공하게 된다. 신호 송·수신 방식은 1510nm, 1550nm CWDM 변환부의 포트에 STM-4 신호를 전송하고 1570nm, 1590nm CWDM 변환부의 연결포트에는 STM-1을 전송하면 각 파장별로 다중화 과정을 하게 된다. 1510nm, 1550nm 파장에 실린 STM-4 신호와 1570nm, 1590nm 파장에 실린 STM-1 신호는 대항 되어있는 장치의 역 다중화 과정을 지나면서 같은 파장 값으로 신호를 송·수신하게 된다. 그림 3은 COT-RT, RT-RT를 연결한 구성도이다.

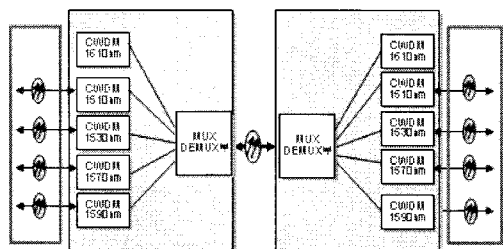


그림 3. COT-RT / RT-RT

그림 4는 Ethernet-Switch 와 선로공유장치를 집선 시킨 서비스 망 구성도이다.

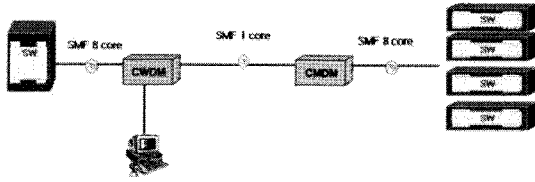


그림 4. 서비스 망

4. 실험 결과 및 토의

선로공유장치의 전송 특성은 ITU-T G.694.2^[2] 및 ITU-T G.957^[10] 및 IEEE802.3^[11] 규격을 만족한다.

4.1 CWDM 사용파장

그림 5는 CWDM의 1510nm, 1530nm, 1570nm, 1590nm, 1610nm 사용파장을 나타낸다.

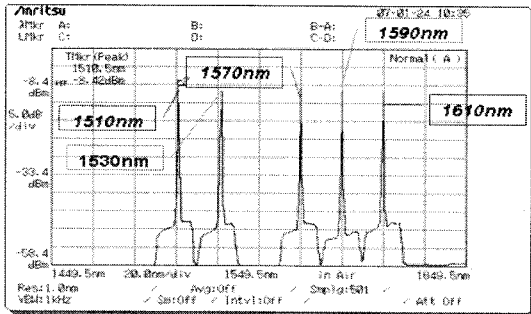


그림 5. 사용파장

그림 6 은 Gigabit Ethernet 중심주파수, Extinction Ratio를 나타낸다. 기준치는 중심주파수 (1270 to 1355nm), RMS (max 4nm), Extinction Ratio(min 9dB)

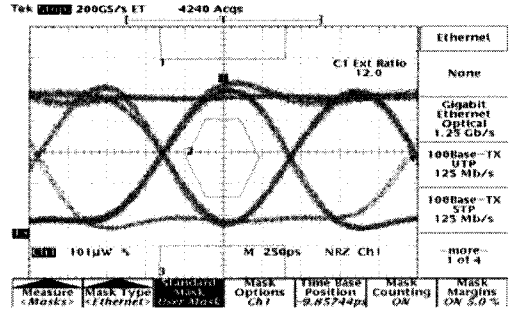
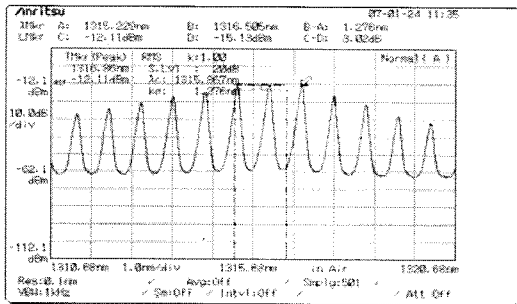


그림 6. 중심주파수, Extinction ratio

선로 공유 장치의 설계 시 중요사항은 특성 데이터이다. STM-1, Fast-ethernet Single Wavelength 20km 전송특성 시험 중 Fast-ethernet 에서는 만족하는 특성이 STM-1 특성에서는 그림 7과 같이 Eye-Pattern 특성이 규격에 부적합하게 나타났다. Eye-Pattern 특성을 개선하기 위해 TX, RX 단에 있는 Ceramics Capacitor의 값 0.1µ에서 0.47µ로 조정하여 EYE-Pattern 특성을 개선하였다. 주파수가 높아질수록 Capacitor값이 커지는 비례하는 특성을 가진다. 그림 7은 개선하기 전 STM-1 EYE-Pattern TX인데 EYE-MASK에 에러가 있는 부분을 볼 수 있다. 이것은 광전변화가 제대로 일어나지 않아서 발생하였다. 그래서 RX에서도 특성이 깨끗하게 나타나지 않은 EYE-Pattern을 볼 수 있다. 그림 8은 개선 후의 특성 데이터이다.

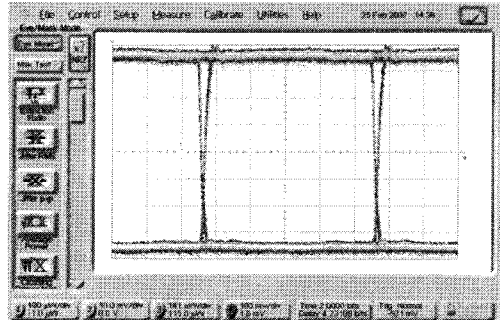
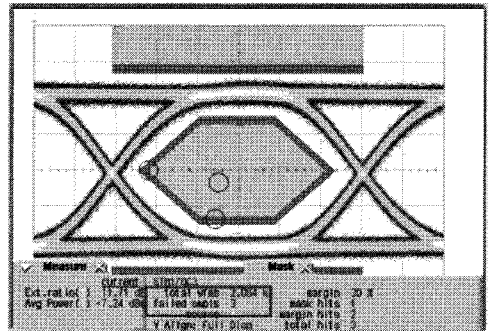


그림 7. 개선 전 TX, RX Eye-Pattern.

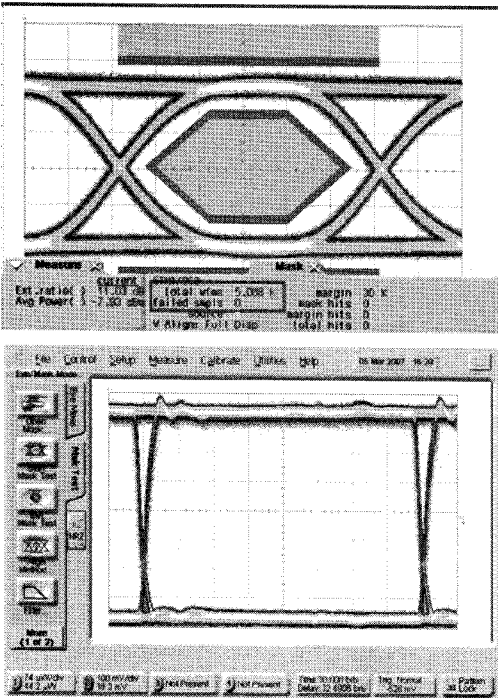


그림 8. 개선 후 TX, RX Eye-Pattern.

선로공유장치의 COT은 LAMCES-40, RT는 LAMCES-4의 제품명을 가지며 그림 9는 COT, RT의 제품형상이다. 그림 9의 1번 부분이 실제 서비스 부분인 STM-4, STM-1, GigaBit-Ethernet, 100base-FX이고 2번이 CWDM 파장 분할 부분이다. 표 2는 선로공유장치의 기능을 나타낸다.

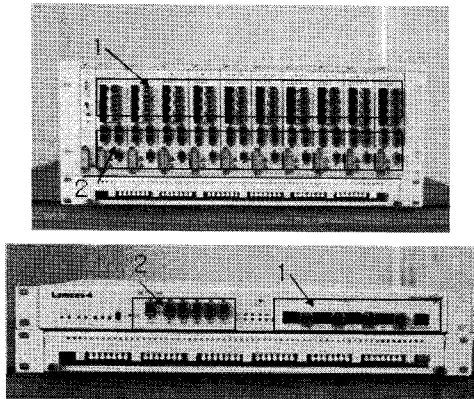


그림 9. COT, RT 형상

표 2. COT, RT 기능

기능	셀프당 용량
SLOT수	MCU, LI1, LI2, LI3, LI4, LI5, LI6, LI7, LI8, LI9, LI10
STM1 인터페이스	셀프당 최대 40포트제공
STM4 인터페이스	셀프당 최대 40포트제공
100FX 인터페이스	셀프당 최대 40포트제공
GE 인터페이스	셀프당 최대 40포트제공
CWDM-MUX 인터페이스	가입자용: (1510, 1530, 1570, 1590 nm)
	관리용: (1610 nm)
	셀프당 최대 10포트제공
셀프크기	19인치, 4U

기능	셀프당 용량
SLOT수	MSU, PSUA, PSUB
STM1 인터페이스	셀프당 최대 4포트제공
STM4 인터페이스	셀프당 최대 4포트제공
100FX 인터페이스	셀프당 최대 4포트제공
GE 인터페이스	셀프당 최대 4포트제공
CWDM-MUX 인터페이스	가입자용: (1510, 1530, 1570, 1590 nm)
	관리용: (1610 nm)
	셀프당 최대 1포트제공
셀프크기	19인치, 1U

5. 결론

기존 지역에 포설된 광케이블의 용량이 포화 상태가 되면 광케이블을 증설하게 된다. 광케이블 포설비용이 대이콤의 경우 국사 포설에 약 120만 원 정도의 비용이 요구되며 공사기간은 4주 정도 필요하지만 가입자 망 선로 공유 장치는 설계비용이 한 대당 약 300만 원 정도이며 따로 포설공사가 필요 없이 국사-가입자간에 1코어 광케이블로 기존의 8코어의 광케이블을 대체한다. 그러므로 통신사업자의 광선로 비용 및 설치 기간을 획기적으로 감소시킬 수 있다. 가입자단에 광선로 공유 장치를 설치하면 이 장비 한 대당 4대의 STM-4 전송장비, STM-1 전송장비, Fast Ethernet장비, GE Ethernet장비를 항시 추가로 설치할 수 있으므로 가입자의 요구에 즉시 대응할 수 있으며 장거리 전송에서 나타나는 광전송 신호의 품질 저하를 Ceramics Capacitor의 주파수의 비례하는 특성을 가지고 있기 때문에 Ceramics Capacitor의 값은 높은 값으로 조정하여 광전송 특성을 안정화 하였다.

참고 문헌

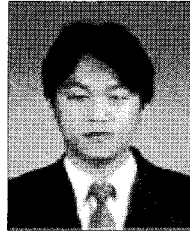
[1] 문병주 “광네트워크” 정보통신연구진흥원 주간기술동

항 1264호(2006.09) pp.2~5

- [2] ITU-T G.694.2 "Spectral grids for WDM applications : CWDM wavelength grid"('03.12)
- [3] 정희상, 김광준, 이종현, 김재근 "Optical 3R 재생기 기술 동향 분석" 한국전자통신연구원(2000.01) pp.3~4
- [4] C. Joergensen, et al., "All-Optical Wavelength Conversion at Bit Rates above 10Gb/s Using Semiconductor Optical Amplifiers", IEEE J. Selected Topics in Quantum Electron. 3, 1997., pp.1168~1180.
- [5] L.E. Adams, E. S. Kintzer, and J. G. Fujimoto, "Performance and Scalability of an All-Optical Clock Recovery Figure Eight Laser", IEEE Photon. Technol. Lett. 8, 1996., pp.55~57.
- [6] C. Johnson, et al., "Multiwavelength All-Optical Clock Recovery", IEEE Photon. Technol. Lett. 11, 1999., pp.895~897.
- [7] B.K. Mathason, et al., "All-Optical Clock Recovery and Dynamics Using Mode-Locked Semiconductor Lasers", in Optical Fiber Communication Conference '98, 1998., pp.190~191.
- [8] M. Yao, et al., "All-Optical Clock Recovery from NRZ Data Using a Nonlinear Loop Clock Generator", in Optical Fiber Communication Conference '96, 1996., pp.177~178.
- [9] H. K. Lee, et al., "All-Optical Clock Recovery from NRZ data of 10Gb/s", IEEE Photon. Technol. Lett. 11, 1999., pp.pp.730~732.
- [10] ITU-T G.957 "Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy" ('06.03)
- [11] IEEE 802.3z Gigabit Ethernet.

정 병 찬(Byung Chan Jung)

[준회원]



- 2006년 2월 상명대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2006년 9월 상명대학교 정보통신공학과 석사과정
- 2005년 11월 ~ 현재 (주)우리넷 통신연구소 주임 연구원

<관심분야>
초고속통신망, WDM

조 태 경(Tae-Kyoung Cho)

[종신회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>
초고속통신망, e-Learning