

# Metro망에 적합한 CWDM시스템 구조에 대한 시뮬레이션

이성원\*, 김영범\*\*

건국대학교대학원\*, 건국대학교 전자공학부\*\*

## Simulation of the CWDM System architecture for Metro-network

Lee Sung Won\*, Kim Young Beom\*\*

Konkuk Graduate School, Dept of Electronics, Konkuk Univ

### 요약

본 논문은 Uncooled DFB-LD를 광원으로 사용하는 일반적인 8채널 구조의 CWDM시스템에 대해 메트로 파장대를 사용하여 최대 15채널까지 증설이 가능한 시스템 구조에 대한 제안 및 특성을 시뮬레이션 하였다.

### I. 서론

현재까지의 통신망은 전화망을 위주로 설계되어 이로부터 진화 발전하였으나, 최근에는 이동전화 및 인터넷의 사용등 초고속 정보통신기술에 대한 통신 수요가 급속히 팽창함에 따라 고속의 데이터 전달이 가능한 광통신 기술, 특히 WDM기술이 널리 사용되고 있다.

그러나 WDM장치를 이용한 메트로망 구축에 있어 초기에 트래픽 증가량을 예측하는 것은 매우 불명확함에 따라 통신사업자들은 Long-haul 광전송시스템은 초기에 대용량으로의 확장가능성과 두번째로 낮은 비용을 고려하며 최적화되었으나, 메트로망은 이와 반대로 초기에 낮은 비용과 두 번째로 용량확장성이 고려되었다.

따라서 본 논문에서는 Uncooled DFB-LD를 광원으로 사용하는 일반적인 8채널 구조의 CWDM시스템을 이용하여 초기의 낮은 투자비로 메트로망을 구축하고 향후 채널 증설시 최대 15채널까지 확장이 가능한 시스템 구조를 제안하고 특성을 시뮬레이션하였다.

### II. WDM 전송방식

WDM전송은 광섬유의 저손실대역을 파장대역에서 분할하여 사용하는 방식으로 송신단에서는 각 채널마다 특정파장이 할당되어 하나의 광섬유내에 서로 다른 다수의 파장의 광신호를 다중화하여 전송하고, 수신단에서는 파장에 따라서 광신호를 분리(역다중화)하여 각 파장을 선택한후 원하는 신호를 복구하는 방법으로 추가적인 광섬유망 구축과 전송장비를 사용하지 않고도 망의 용량을 증대시킬수 있다

#### 2.1 WDM전송의 유용성

WDM 광전송 방식은 기존의 시분할 다중방식이 갖는 동기식(SDH : Synchronous Digital Hierarchy) 전송 기술의 한계를 보완할 수 있으며, 신호를 묶고 풀기 위한 구성체제도 단순하고, 입력 광신호에 대한 신호속도나 형태 등의 제한도 없이, 기존의 동기식 전송에 비해 전송

용량을 쉽게 확장할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

또한 파장분할 다중화 방식을 적용한 WDM 시스템은 광전송시 여러 개의 광 신호 파장을 동시에 사용함으로써 광섬유가 제공하는 넓은 대역폭을 효과적으로 이용하며 망이 적용되어 운용중 용량 증설 및 기능향상 요구시 경제적으로 신속하게 대응할 수 있는 이점을 가지고 있다.

WDM전송방식의 또 다른 장점은 이들이 전송하고자 하는 데이터의 형태에 무관하게 사용된다는 점이다. 즉, 전송속도, 변조 방법, 디지털/아날로그 등의 전송 형태에 관계없이 어떠한 광신호의 전달에도 이용될 수 있으며, 이를 전송의 투명성(transparency)이라 부른다.

또한, WDM 전송은 네트워크의 구성이 용이한 장점이 있으며, 이는 전송 도중 특정 파장을 분리하거나 더해주는 기능이 가능하며, 이 외에도 비용, upgradability등 여러 측면에서 많은 장점들을 가지고 있다.

#### 2.2 WDM전송장치의 구분

WDM 전송장치는 크게 DWDM과 CWDM으로 구분되며 CWDM은 DWDM의 반대 개념으로 Access Network를 주대상으로 하며, CWDM기술은 통신망상에 WDM이 이용되기 훨씬 이전인 1980년대초부터 사용되었다.

초기에는 local area network(LAN)을 위해 다중모드 광섬유(MMF : Multi Mode Fiber)상에서 850nm파장대에서 25nm의 채널 간격으로 다중 파장이 사용되어 디지털 video신호를 전송하기 위해 상용화되어졌다.

CWDM의 기본 개념은 DWDM과 동일하나, WDM 채널간의 간격이 넓고 (~10nm 이상), 중장거리 전송보다는 단거리 전송에 주로 사용함으로 특별한 경우를 제외하고는 광증폭기가 사용되지 않는다.

그러나, CWDM시스템은 아직까지도 통신사업자들에게 충분한 흥미를 야기시키지 못하였으나 메트로 장비 공급사들은 보다 가격이 저렴하고 효율적인 해결방안을 찾게 됨으로서 CWDM은 중요한 전송망 구조에 넓게 확산되기 시작되었으며, DWDM과는 달리 CWDM은 표 2-1과 같이 uncooled DFB (Distributed-feedback) laser와 Wideband Optical filter를 사용하며 이는 낮은 소모전력, 소형화, 저 가격과 같은 장점을 제공한다.

또한, 매우 넓은 광대역밴드를 사용하며 전송거리가 제한적이나 가격측면에서도 저렴하며, 채널간격은 20nm 간격으로 ITU-T G.694.2에 권고되어 있다.

	DWDM	CWDM
Distance	~ 1,000km	~ 20km
Dispersion Compensation	Yes	No
Amplification	Yes	No
Multiplexer	Siloca	Silica/Fused Fiber/Thin Film
Wavelength	1530 ~ 1600nm 0.4~0.8nm Spacing	1280 ~ 1600nm 10 ~25nm Spacing
Source	Cooled DFB-LD	Uncooled DFB-LD
Channel Spacing	Large 6nm ~ 25nm	small 200GHz and less
Number of bands used	O, E, S, C and L	C and L
Cost per channel	Low	High
Best Application	Short-haul, Metro	Long-haul

표 2-1. DWDM과 CWDM과의 비교

### III. WDM 전송망 구축현황 및 계획

KT의 기간 전송망은 SDH 방식의 전송망과 WDM 방식의 전송망이 공존하고 있으며, 그 형태는 단국형, 선형, 환형을 띄고 있으며, 현 단계의 KT 기간전송망 구조는 WDM전송망의 지역적 포설로 인한 전송망의 초고속, 대용량화로 특징지을수 있다

국내 최대의 통신사업자인 KT는 시내외구간에 Metro-WDM 및 OADM 광전송장치와 2001년에는 서울등 5대 도시를 연결하는 400Gbps급 DWDM장비를 운용중이다.

그러나 전송수요의 패러다임 변화는 SDH방식에서 IP(GbE)방식으로 변함에 따라 Metro-Ethernet/IP-xDSL 용 트래픽 전달을 위한 고속의 IP전달망 구축과 인터넷의 확산에 따른 급격한 트래픽 증가는 수백 Gb/s이상의 대용량 기간 전송망 구축을 요구하고 있으며, xDSL, cable modem 등을 사용한 가입자 환경의 고속화를 뒷받침하기 위한 기간 전송로의 용량 증대는 테라비트급의 광통신 기술을 요구하고 있다.

따라서 KT는 표3-1과 같이 2004년경부터 기간전송망은 최소 Tera급 구축을 계획하고 있으며, 대도시 권역은 2.5G/10G에서 WDM/OXC로, 또한 중소도시 권역은 155M/622M에서 2.5G/10G/CWDM으로 구축을 계획함으로써 전광네트워크(All Optical Network)체계 구축을 단계적으로 추진하고 있다.

구분	~ 2002	2003~2004	2005
5대 도시간(PTP)	400G	800G~1.2T	8T
대도시 주변구간(Ring)	40G~100G	100G~400G	1.2T
중속신호	GbE/2.5G/10G	10G	10G이상

표 3-1 전송망 구축계획

또한, IP-xDSL, Netspot서비스등 증가된 IP트래픽 전

달을 위한 차세대 전송망 구축을 위해 대도시 집중국을 중심으로 10G, WDM, OXC등 대용량 광전송장치를 공급하고, 대도시와 중소도시간에는 10G, WDM을, 중소도시간(GbE 8회선 이하)에는 2.5Gm 10G, 소용량WDM을 공급할 계획을 가지고 있다.

또한, 표3-2와 같이 모자국간 광전송망 구축을 위하여 농어촌지역 인터넷서비스 제공과 전용회선, 이동사업자 기지국등에 소요되는 전용회선 공급을 위하여 IP트래픽 전달을 위한 CWDM(8CH) 적용으로 경제적인 전송망구축을 추진할 계획이다.

지역 본부	강 북	강 남	서 부	부 산	전 남	대 구	충 남	전 북	강 원	충 북	계
NE수	34	18	6	15	5	21	10	13	2	3	127

표 3-2 CWDM 구축계획

### IV. 제안한 CWDM 시스템 구조

CWDM시스템은 오늘날 일반적으로 2 ~ 8개의 파장을 지원하는 구조를 가지고 있으나, 이들 시스템은 향후에 1290 ~ 1600nm대역내에서 16개의 파장으로 확장되어질 것으로 기대되어지고 있다.

따라서 제안한 구조는 초기에는 경제성이 높은 CWDM 파장 대역을 사용하여 망을 구성하여 채널 증설이 요구되면 CWDM에서 사용되는 1550nm파장을 사용하지 않고 향후에 DWDM으로 향상시킬수 있는 구조를 제안하였다.

제안된 구조는 un-cooled, non-wavelength-locked DFB source를 사용하며 S, C, L band에서 20nm간격을 가지며 8개의 파장을 지원하는 CWDM시스템에 대하여 채널 증설이 추가적으로 요구되면 CWDM에서 사용되는 1550nm 파장을 사용하지 않고 1550nm 대역 DWDM 파장을 삽입하여 채널을 15채널까지 증설할수 있는 구조이다.

이는 DWDM 시스템에서는 주로 1550nm대역을 사용하므로 따라서 확장시에는 CWDM 7채널, DWDM 8채널까지 증설이 가능한 구조이다.

따라서 이 채널 증설방안은 Metro-network구축시 고려되어지는 초기에 낮은 투자비용과 두 번째로 용량확장성에 대한 문제점을 해결할수 있는 방안이다.

#### 4.2 제안한 구조의 장점

제안된 구조의 주 장점은 DWDM으로 upgrade하는 것으로 첫째로 Un-cooled DFB가 wavelength-locked source를 갖는 cooled보다 가격이 저렴하며, 둘째로 CWDM filter 또한 DWDM filter(100GHz Spacing)보다 가격이 저렴하여 초기 망구축시 투자비용을 절감할수 있다.

또한 세째로 Metropolitan optical network에 초기에 트래픽 증가량을 예측하는 것은 매우 불명확함에 따라, 통신사업자들은 초기에 낮은 비용과 두 번째로 용량확장성

에 대한 문제를 해결할수 있는 방안을 제공한다.

4.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 그림 4-1과 같이 각 채널당 Bit Rate를 2.5Gb/s로 하였으며, LD의 평균출력은 1mW, 소광비는 9.2로 설정하였다. 또한, DEMUX는 필터대역폭을 1GHz로 설정하였으며, 선로는 단일모드광섬유(SMF)로 km당 선로손실을 0.275dB/km를 기준으로 전송거리는 50km로 하여 총 선로손실은 13.75dB이다.

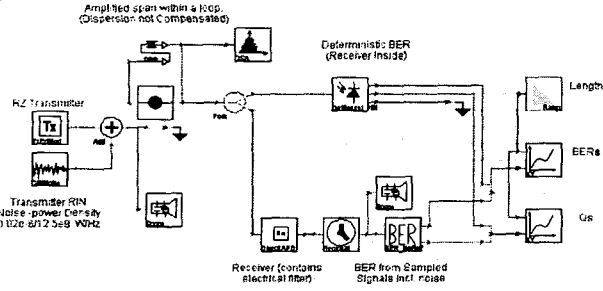


그림 4-1. 시뮬레이션 구성

또한 망형태는 파장이 1310nm인 OSC채널과 CWDM파장 7채널, 그리고 DWDM 파장 8채널을 다중화하여 전송하는 단국형 구조로 시뮬레이션을 실시하였다.

아래 그림 4-2는 50km 전송전에 다중화후의 MUX단에서 다중화된 신호를 시뮬레이션 한 그림으로 각 채널당 출력세기는 약 -7dB에서 3dB정도임을 알 수 있다.

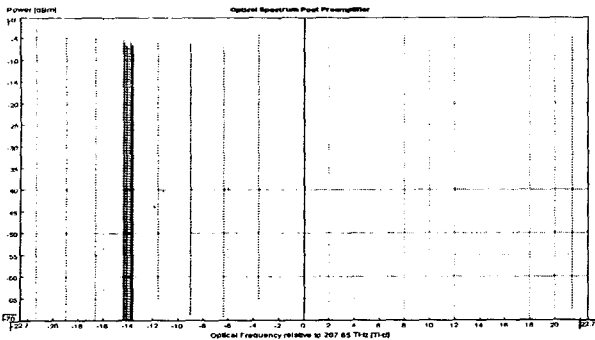


그림 4-2. WDM송신측 MUX출력신호

시뮬레이션 한 결과 50km 전송후 DEMUX의 입력단에서 각 채널당 출력세기는 그림 4-8과 같이 약 -17dB에서 -21dBm 정도이며, 이는 입력신호가 -7dBm에서 3dBm에 비하여 약 13dBm 정도 감소함을 알 수 있었으며, 이는 선로손실에 기인한 것이다.

그림 4-4는 DWDM 파장대역을 확대하여 나타낸 그림이며 그림 4-10은 1310nm의 OSC채널과 7개의 CWDM 채널에 대하여 시뮬레이션 한 결과이다.

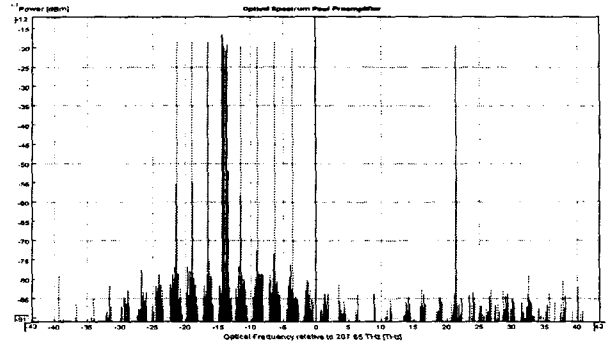


그림 4-3 WDM수신측 DMUX 입력신호

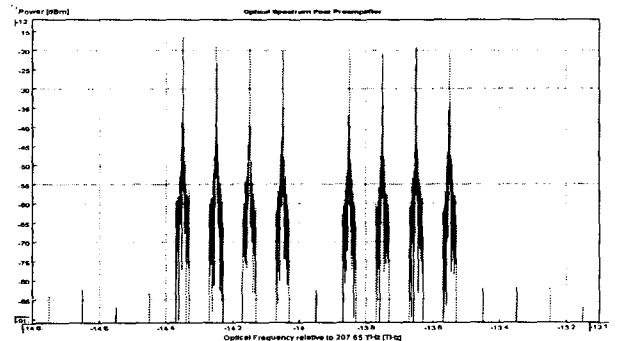


그림 4-4 WDM수신측 DWDM 8채널

또한, 제안된 구조에 대하여 50km전송시 전송품질 확인을 위해 소광비와 비트오율(BER)을 시뮬레이션하였다.

시뮬레이션은 채널 전송속도를 2.5Gbps로 하였으며, 송신측의 LD는 소광비를 10.0으로 송신측 잡음지수는  $0.02e^{-6}/12.5e^9$  [W/Hz]로 설정한후 전송거리를 60km로 설정하고 선로조건은 동일하게 SMF를 기준으로 0.275dB/km로 하였다.

소광비는 입력신호대 출력신호의 비로 아래 4-1과 같이 표현되며 최소 허용 소광비는 8.2dB이다.

$$EX = 10 \log_{10}(A/B) \tag{4-1}$$

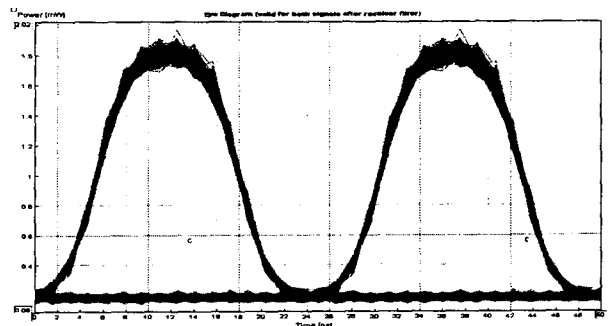


그림 4-5 송신측 소광비 시뮬레이션 결과

그림 4-5는 송신측의 소광비이며, 수신측 소광비 시뮬레

이선결과 그림 4-6과 같이 출력되었으며 이때 소광비는  $EX = 10 \log_{10}(A/B) = 10 \log_{10}(340/50) = 8.325$ 가 되어, 최소 허용 소광비 8.2dB를 만족함을 알 수 있다.

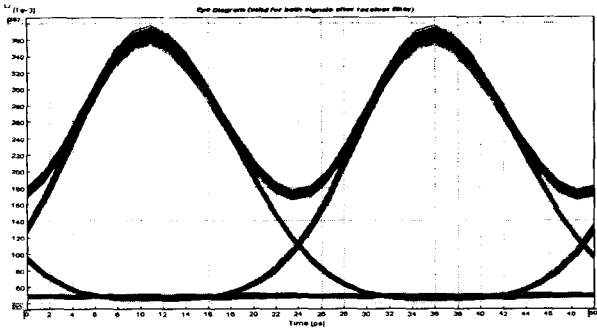


그림 4-6 수신측 소광비 시뮬레이션 결과

또한 비트오율(bit error rate)은 식4-2와 같이 WDM 설계 단계에서 전송품질을 확인할 수 있는 Q-팩터로부터 계산되어 있는데 시뮬레이션 결과 그림 4-15와 같이 전송 거리가 50km일 때 비트오율이  $10^{-12}$ 를 만족함을 알 수 있다.

$$BER = \exp(-Q^2/2) / \sqrt{2\pi} Q \quad (4-2)$$

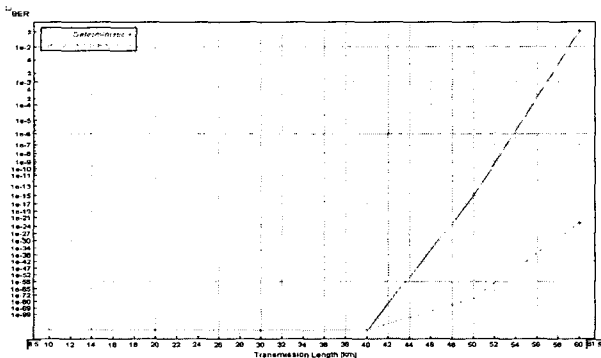


그림 4-7. 비트오율 시뮬레이션 결과

## V. 결론

WDM장치를 이용한 메트로망 구축에 있어 초기에 트래픽량을 예측하는 것은 매우 불명확하고 투자비가 과도하게 소요됨에 된다.

따라서 Uncooled DFB-LD를 광원으로 사용하는 일반적인 8채널 구조의 CWDM시스템을 이용하여 초기의 낮은 투자비로 메트로망을 구축하고 향후 채널 증설시 최대 15채널까지 확장이 가능한 시스템 구조를 제안하고 특성을 시뮬레이션하였다.

제안한 구조에 대한 시뮬레이션 결과 전송품질을 확인할 수 있는 요소중 소광비와 비트오율을 시뮬레이션한 결과 기준치를 만족하였으며, 향후 이를 시스템으로 구현한 후 전송특성 및 성능을 계획이다.

## 참고문헌

- [1] Paul Dickinson "Coarse WDM Gaining Momentum for Metropolitan Applications", <http://www.ofsoptics.com/resources/documents/OFStranmodeCWDMDeployment.pdf>
- [2] B.R.Eichenbaum and S.K.Das "Economics for choosing a Coarse WDM Wavelength Grid" National Fiber Optic Engineers Conference, p1444-1448, 2001 Technical Proceedings
- [3] Marcus Nebeling "CWDM : lower cost for more capacity in the short-haul" [Http://www.fn-eng.com](http://www.fn-eng.com)
- [4] A.P.Fairinholt, "CWDM-with-DWDM-upgrade a multiwavelength architecture for Metro networks," National Fiber Optic Engineers Conference, p2006-2009, 2002 Technical Proceedings
- [5] "Characteristics of CWDM : Roots, Current Status & Future Opportunities" Redfern Broadband Networks, <http://www.rbni.com>