

論文99-36S-11-3

광상호분배기 노드에서 누화와 손실을 고려한 전송성능 및 확장성 분석

(The Effect of Crosstalk and Loss on the Scalability and Transmission Performance of Optical Cross-Connect Nodes)

李相綠*, 徐完錫*, 尹柄浩*, 李聖恩*, 李鍾弦*

(Sang-rok Lee, Wan-seok Seo, Byeong-ho Yoon, Sung-un Lee, and Jong-hyun Lee)

요 약

전송성능 열화요소들을 고려하여 광상호분배기 노드의 확장성을 분석하였다. 고려된 전송성능 열화요소들은 광증폭기에서 발생하는 ASE 잡음 누적과 이득포화 특성, 그리고 파장 다중/역다중화기와 광스위치에서 발생하는 누화 등이 있다. 파장 다중/역다중화기 누화비가 25dB이하이면 10단의 노드를 통과한 후에도 1dB 이하의 power penalty를 갖는다. 10Gbps 신호의 단단 전송에서 입출력 포트수가 4와 16일 때 스위치 누화비가 각각 30dB와 45dB이상이면 ASE 잡음누적보다 누화에 의한 성능열화가 보다 지배적이다. 10Gbps 신호를 21dB 손실을 갖는 광섬유 링크 전송시 10^{-12} 의 BER을 얻기 위해 광상호분배기 노드에서의 최대 손실은 34dB이하이어야 한다.

Abstract

The scalability of optical cross-connect nodes is analyzed based on the limiting factor of transmission performance. The limiting factors considered are ASE noise accumulation and gain saturation in the optical amplifiers, and crosstalk in both wavelength multiplexers/demultiplexers and optical switches. When the wavelength multiplexer/demultiplexers crosstalk is lower than 25dB, power penalty is below 1dB for the cascaded transmission of 10 nodes with 4 input/output ports. When 10Gbps signals are transmitted through nodes with 4 and 16 input/output ports, performance degradation due to switch crosstalk is dominant compared to that due to ASE noise accumulation if the switch crosstalk is larger than 30dB and 45dB, respectively. For the single stage transmission of 10Gbps signal with 21dB fiber link loss, the maximum loss of optical cross-connect nodes must be under 34dB to achieve the BER of 10^{-12} .

I. 서 론

서비스 요구의 점진적인 증가로 대용량 전달 능력을

갖는 통신망에 대한 연구가 활발히 진행중이다^[1-5]. WDM 전송 시스템과 연계된 광전달망은 현재 통신망의 용량한계를 극복할 수 있는 유망한 방법이다. 광상호분배기(OXC; Optical Cross-Connect System) 노드는 광전달망에서 전광변환없이 광경로 차원에서 라우팅하고 망복구 기능을 갖는 핵심요소이다. 광전달망 설계시 광상호분배기 노드의 처리용량과 최대 전송거

* 正會員, 韓國電子通信研究院

(Electronics and Telecommunications Research Institute)

接受日字:1999年3月17日, 수정완료일:1999年8月18日

리를 확보하기 위해서는 전송성능 열화요소들에 대한 정확한 분석과 요구사항들이 결정되어야 한다. 광상호분배기 노드의 처리용량은 WDM 채널당 전송속도, 광섬유 링크당 수용되는 WDM 채널수, 그리고 노드에서 입출력 포트수 등에 의해 결정된다. 또한, 전송성능 열화요소들은 광상호분배기 노드와 광섬유 링크에서의 손실을 보상하는 광증폭기에서 발생하는 ASE 잡음 누적과 이득포화특성, 공간분할 스위치와 파장 다중/역다중화기에서의 누화, 송신기 출력신호의 소광비, 그리고 광섬유 링크에서의 분산과 비선형 특성 등이 있다. 참고문헌 [1]은 2.5Gbps의 전송속도, 4개의 WDM 채널수, 그리고 4개의 입출력 포트수를 갖는 광상호분배기 노드의 실험 모델로써 40Gbps의 처리용량을 갖는다. 또한, 실험모델은 100km의 단일모드 광섬유 전송에서의 BER 을 얻기 위해 3dB의 power penalty가 발생함을 확인하였다.

본 논문에서는 참고문헌 [1]에서 제시한 광상호분배기 실험모델의 처리용량 확장 가능성을 분석하였다. 참고문헌 [2]에서는 MWTN(Multiwavelength Transport Network) 노드구조에서 power budget 분석을 통해 처리용량 확장성을 분석하였다. 참고문헌 [2]의 분석모델에서는 광상호분배기 노드에서 입출력 포트수와 광섬유 링크당 수용되는 WDM 채널수의 확장에 따른 광증폭기에서 발생하는 ASE 잡음누적과 이득포화특성을 주로 고려하였다. 본 논문에서는 전송성능 열화요소로서 광증폭기에서 발생하는 ASE 잡음누적과 이득포화특성 이외에 누화에 의한 성능열화를 고려하여 power penalty와 최대 전송가능한 노드수 등의 전송성능을 분석하였다. 2장은 광상호분배기 노드모델과 확장성에 대해 분석하였다. 3장은 전송성능 열화요소들을 정의하고 전송성능 분석모델을 모델링하였다. 4장은 다양한 구성요소 변화에 따른 특성을 분석하였다.

II. 광상호분배기 노드의 확장성

1. 노드 구조

그림 1은 참고문헌 [1]에서 제시한 광상호분배기 실험모델의 확장된 구조로써 파장 모듈성(wavelength modularity)을 갖는 광상호분배기 노드의 블록도이다. 노드는 F 개의 입출력포트로 구성되고, 각 입출력포트에는 M 개 채널의 파장다중화된 광신호가 입출력된다.

노드는 F 개의 광전력 증폭기(OBA; optical booster amplifier)와 광전치 증폭기(OPA; optical pre-amplifier), F 개의 $1 \times M$ 파장 역다중화기(DMX; wavelength demultiplexer)와 $M \times 1$ 파장 다중화기(MUX; wavelength multiplexer), M 개의 $F \times F$ 공간분할 스위치, 그리고 M 개의 광송신기와 광수신기로 구성된다. $F \times F$ 공간분할 스위치는 delivery-and-coupling 형태의 구조로써 F 개의 $1 \times F$ 광스위치와 F 개의 $F \times 1$ 광결합기로 구성된다^[6]. 광상호분배기 노드에서 광신호의 흐름은 다음과 같다. 이전노드에서 F 개의 입력포트로 들어오는 M 개 채널의 파장다중화된 광신호는 광전치 증폭기를 거쳐 파장 역다중화기로 입력된다. 파장 역다중화기에서는 M 개의 채널로 분리되어 파장별로 정해진 공간분할 스위치로 입력된 후 원하는 출력포트로 라우팅된다. 공간분할 스위치에서는 특정 채널들이 'add/drop'될 수 있다. 공간분할 스위치의 출력신호는 파장 다중화기에서 다중화된 후 광전력 증폭기를 거쳐 다음 노드로 전송된다.

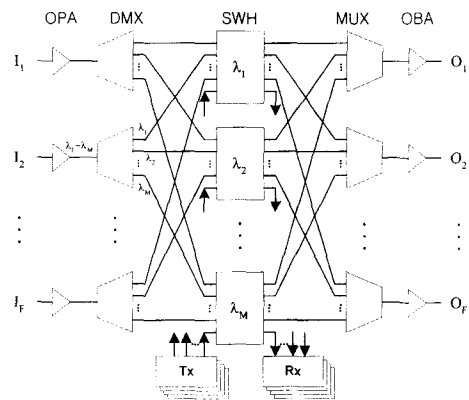


그림 1. 광상호분배기 노드 구조

Fig. 1. Optical cross-connect node architecture.

2. 노드의 확장성

광상호분배기 노드의 처리용량은 그림 1의 구조에서 WDM 채널당 전송속도 B_n , 광섬유 링크당 수용되는 WDM 채널수 M , 그리고 노드에서 입출력 포트수 F 등에 의해 결정된다. 또한, 전송성능 열화요소들은 광상호분배기 노드와 광섬유 링크에서의 손실을 보상하는 광증폭기에서 발생하는 ASE 잡음 누적과 이득포화특성, 공간분할 스위치와 파장 다중/역다중화기에서의 누화, 송신기 출력신호의 소광비, 그리고 광섬유 링크에서

의 분산과 비선형 특성 등이 있다.

WDM 채널당 전송속도가 증가되면 전송성능 열화요소로서 광섬유 링크에서의 분산을 고려해야한다. 분산은 분산보상 광섬유(dispersion compensation fiber)나 파이버 브래그 격자(fiber Bragg grating)에 의해 적절히 보상될수 있다. 분산보상에 의한 역효과로서는 분산보상 소자의 삽입에 따른 손실 증가 등이 있다.

광섬유 링크당 수용되는 WDM 채널수가 증가되면 전송성능 열화요소로서 증가된 손실을 보상하기 위해 광증폭기에서의 ASE 잡음 누적 증가, 이득포화에 의한 채널당 이득 제한, 광섬유 링크에서의 비선형성 등을 고려해야 한다. WDM 채널수가 증가되면 그림 1의 구조에서 파장 역다중화기와 파장 다중화기의 크기가 커지고, 공간분할 스위치의 수가 증가되어야 한다. 파장 역다중화기와 파장 다중화기의 크기 변화는 사용되는 소자에 따라 보다 큰 손실을 초래할 수 있다. 또한, WDM 채널수의 증가는 광전력 증폭기에서 이득포화에 의해 채널당 이득이 제한될 수 있다. 즉, 광섬유에서의 비선형 현상을 피하기 위해 광섬유 링크로 입력되는 최대 광전력을 제한해야 되므로 광전력 증폭기에서 채널당 얻을 수 있는 이득이 제한된다.

광상호분배기 노드에서 입출력 포트수가 증가되면 전송성능 열화요소로서 증가된 손실을 보상하기 위해 광증폭기에서의 ASE 잡음 누적 증가와 공간분할 스위치에서의 누화성분 증가를 고려해야 한다. 입출력 포트수가 증가되면 그림 1의 구조에서 파장 역다중화기와 파장 다중화기의 수가 증가되고, 공간분할 스위치의 크기가 증가되어야 한다. Delivery-and-coupling 형태의 공간분할 스위치 구조에서는 입출력 포트수가 2배 증가할 때마다 최소한 3dB씩 손실이 증가한다. 또한, 입출력 포트수의 증가에 따라 공간분할 스위치로 입력되는 채널수가 증가되므로 누화성분의 수가 비례적으로 증가한다.

III. 전송성능 분석모델

그림 2는 다단 연결된 광상호분배기의 전송 모델을 보이고 있다. 광신호는 노드 1에서 공간분할 스위치의 'add'포트로 입력되고, N개의 노드를 거친 후에 공간분할 스위치의 'drop'포트에서 수신된다. 그림 2에서 광전치 증폭기의 이득 G_{OPA} 는 광섬유 링크의 손실

L_{fiber} 을 보상하고, 광섬유 링크의 손실은 광섬유 손실과 분산보상 소자의 삽입손실을 포함한다. 광전력 증폭기의 이득 G_{OPA} 는 광상호분배기 노드의 손실 L_{node} 을 보상하고, 최대 출력전력은 광섬유링크에서의 비선형 현상을 피하기 위해 채널당 +5dBm으로 제한하였다. 이상의 가정하에서 제시된 전송성능 분석모델에서는 광섬유 링크에서의 분산과 비선형 현상에 의한 열화는 없다고 가정하였다. 따라서, 주된 전송성능 열화요소는 광증폭기에서 발생하는 ASE 잡음 누적과 이득포화특성, 공간분할 스위치와 파장 다중/역다중화기에서의 누화 등이 있다.

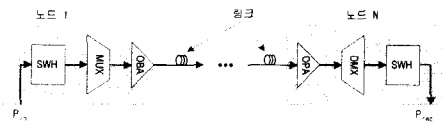


그림 2. 광상호분배기 노드 전송모델
Fig. 2. Transmission model of optical cross-connect node.

N개의 노드를 거친 후에 수신신호 광전력 P_{rec} 과 전체 ASE 잡음전력 $P_{ase,t}$ 은 식(1)과 같다.

$$P_{rec} = P_{in} (G_{OPA} L_{fiber} G_{OBA} L_{node})^{N-1} L_{SWH} \quad (1.a)$$

$$P_{ase,t} = [(P_{ase,OBA} L_{fiber} G_{OPA} + P_{ase,OPA}) \sum_{i=1}^{N-1} (G_{OPA} L_{fiber} G_{OBA} L_{node})^{i-1}] L_{SWH} \quad (1.b)$$

P_{in} 은 노드1에서 입력 전력, $P_{ase,OBA}$ 과 $P_{ase,OPA}$ 는 광전력 증폭기 및 광전치 증폭기에서의 ASE 잡음전력으로 $P_{ase,OBA}/OPA = 2n_{sp}(G_{OBA}/OPA - 1)h\nu B_0$ 이다. 또한, 기호들의 정의는 표 1과 같다. 광증폭기에서 손실이 보상되므로 $(G_{OPA} L_{fiber} G_{OBA} L_{node}) = 1$ 이고, 식(1)은 식(2)로 간략화된다^[6].

$$P_{rec} = P_{in} L_{SWH} \quad (2.a)$$

$$P_{ase,t} = (N-1)(P_{ase,OBA} L_{fiber} G_{OPA} + P_{ase,OPA}) L_{SWH} \quad (2.b)$$

누화는 다른 채널간(inter-channel) 누화와 동일 채널간(intra-channel) 누화로 구분된다^[7]. 다른 채널간 누화는 신호와 다른 파장을 갖는 채널의 전력이 더해지는 현상이고, 동일 채널간 누화는 신호와 동일 파장을 갖

는 채널이 수신기에 입력되어 beat 잡음을 발생시킨다. 그림 3은 누화량 변화에 따른 power penalty를 보이고 있다. 실선은 동일 채널간 누화이고, 점선은 다른 채널간 누화이다. 1dB power penalty를 허용할 때 동일 채널간 누화비가 다른 채널간 누화비보다 15dB이상 적으므로 본 논문에서는 동일 채널간 누화만을 고려하였다.

공간분할 스위치에서 발생하는 누화는 스위치 소자의 불완전한 on/off 비에 의해 발생하고, 그림 1의 공간분할 스위치에서는 $(F-1)$ 개의 동일 채널간 누화가 발생한다. 따라서, N 개의 노드를 거친 후에 공간분할 스위치에서 발생하는 누화 성분의 수는 $(F-1)N$ 이다. 파장 다중/역다중화기에서 발생하는 누화는 불완전한 필터링 특성에 의해 발생하고, 인접한 채널로부터 2개의 동일채널간 누화가 발생한다. 따라서, N 개의 노드를 거친 후에 파장 다중/역다중화기에서 발생하는 누화 성분의 수는 $2(N-1)$ 이다. 수신기에서 신호성분과 beating을 발생시키는 평균누화전력 P_{xt} 은 식(3)과 같다.

$$P_{xt} = (F-1)NC_{SWIT}P_{rec} + 2(N-1)C_{DMX}C_{MX}P_{rec} \quad (3)$$

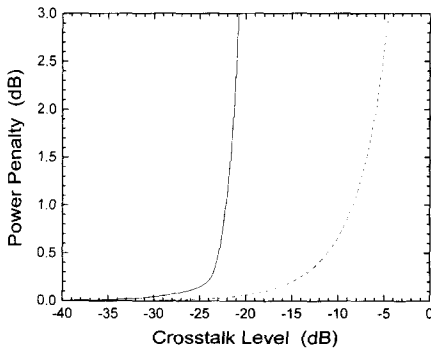


그림 3. 누화량 변화에 따른 power penalty
Fig. 3. Power penalty versus crosstalk level.

위에서 언급한 전송성능 열화요소들과 수신기에서의 잡음을 고려하여 다단 연결된 광상호분배기의 전송성능 분석을 위한 BER 모델은 다음과 같다. 수신기에서 모든 잡음을 가우시안 분포로 가정할 때 NRZ 신호의 BER은 식(4)와 같이 Q-함수로 정의된다.

$$BER = \frac{1}{2} Q(Q_1) + Q(Q_0) \quad (4)$$

식(4)에서 Q_1 는 $[(S_1 + S_{xt}) - T]/\sqrt{N_1}$ 이고, Q_0 는 $[T - (S_0 + S_{xt})]/\sqrt{N_0}$ 이다. 여기서, $S_{1/0} = \eta \frac{e}{h\nu} P_{1/0}$,

$S_{xt} = \eta \frac{3}{h\nu} P_{xt}$ 이고, $P_{1/0}$ 은 각각 데이터 '1' 과 '0'의 출력전력을 의미한다. 그리고, T 는 수신기의 판단 임계치이고, AC-coupled형 수신기일 경우 $(P_1 + P_0)/2$ 이다. $N_{1/0}$ 은 각각 데이터 '1' 과 '0'일 때 잡음전력을 의미하고, 열잡음 N_{th} , 산탄잡음 N_{sh} , 신호-ASE beat 잡음 N_{sig-sp} , ASE-ASE beat 잡음 N_{sp-sp} , 신호-누화 beat 잡음 N_{sig-xt} , 그리고 누화-누화 beat 잡음 N_{xt-xt} 등으로 구성된다.

$$N_{1/0} = N_{th} + N_{sh,1/0} + N_{sig-sp,1/0} + N_{sp-sp} + N_{sig-xt,1/0} + N_{xt-xt} \quad (5)$$

식(5)에서 $N_{sh,1/0}$, $N_{sh,1/0} + N_{sig-xt,1/0}$ 는 각각 신호가 '1'과 '0'일 때의 산탄잡음, 신호-ASE beat 잡음, 신호-누화 beat 잡음이고, 각각의 잡음성분은 다음과 같다.

$$N_{th} = i_{th}^2 B_e \quad (6.a)$$

$$N_{sh,1/0} = 2\eta \frac{3}{h\nu} e(P_{1/0} + P_{xt} + P_{ase,t} B_0) B_e \quad (6.b)$$

$$N_{sig-sp,1/0} = 2\left(\eta \frac{3}{h\nu}\right)^2 (2(P_{1/0} + P_{xt})P_{ase,t}/P) B_e \quad (6.c)$$

$$N_{sp-sp} = 2\left(\eta \frac{e}{h\nu}\right)^2 2P_{1/0}P_{xt}/P \quad (6.d)$$

$$N_{s-xt,1/0} = \left(\eta \frac{e}{h\nu}\right)^2 2P_{1/0}P_{xt}/P \quad (6.e)$$

$$N_{xt-xt} = \left(\eta \frac{e}{h\nu}\right)^2 P_{xt}^2/P \quad (6.f)$$

IV. 수치해석결과

3장의 전송성능 분석모델을 이용하여 그림 2의 다단 연결된 광상호분배기의 전송성능을 분석하였다. 분석에 사용된 변수들의 기본값은 표 1과 같다. 노드 1에서 입력되는 광신호는 채널당 전력 P_{in} 이 0dBm인 10Gbps 신호이다. 공간분할 스위치 손실은 광섬유 링크수 F 가 4, 16 일 때 각각 18, 24dB 라 가정하였다. Power penalty는 10^{12} 의 BER 을 얻기 위해 추가적으로 요구되는 수신신호의 광전력 양으로 정의한다.

그림 4는 입출력 포트수가 4일 때 파장 다중/역다중화기 누화비와 통과된 노드수 변화에 따른 power penalty를 보이고 있다. 공간분할 스위치의 누화비는 ∞ dB로 가정하였으므로 파장 다중/역다중화기 누화에 의한 성능열화가 없는 경우에는 광증폭기의 ASE 잡음

누적에 의한 power penalty 를 의미한다. 또한, 누화비가 -25dB 인 경우 10단의 노드를 통과한 후 누화에 의한 power penalty는 0.1dB 이므로 누화비가 25dB 이하 이면 누화에 의한 성능열화는 거의 무시할 수 있다. 이는 파장 다중/역다중화기에서 발생하는 누화전력은 파장 다중화기 누화비와 파장 역다중화기 누화비의 곱으로 표현되기 때문이다. 즉, 파장 다중/역다중화기 누화비가 25dB이고, 10단의 노드를 통과한 후 전체 누화전력은 $37[=-25 \times 2 + 10 \log_{10}(2 \times 10)]$ dB이므로 그림 3에서 볼 때 누화에 의한 power penalty는 거의 없다.

표 1. 기호들의 정의 및 기본값
Table 1. Definition of symbols and their default values.

기 호	정 의	기본값
Rb	비트율	10Gbps
Be	수신기 대역폭	0.75Rb
Bo	광 대역폭	1nm
ith	열잡음	10pA/Hz
nsp	자연방출지수	2
LMUX/DMX	파장 다중/역다중화기 손실	5dB
LSWH	광스위치 손실	{18, 24}dB
LFiber	광섬유 링크 손실	21dB
CMUX/DMX	파장 다중/역다중화기 누화비	-25dB
CSWH	광스위치 누화비	{-45, -40}dB
r	소광비	10dB
h	양자효율	0.9
e	전하량	1.6e-19C
hv	광자에너지	0.85eV
p	편광지수	2

그림 5와 그림 6은 입출력 포트수가 증가함에 따라 노드 손실의 증가와 공간분할 스위치에서 누화성분의 증가에 따른 성능열화를 분석하였다. 그림 5와 그림 6은 각각 입출력 포트수가 4와 16일 때 공간분할 스위치 누화비와 통과된 노드수 변화에 따른 power penalty를 보이고 있다. 파장 다중/역다중화기 누화비는 -25dB 이고, 소광비는 10dB이다. 공간분할 스위치 누화에 의한 성능열화가 없는 경우에는 광증폭기의 ASE 잡음 누적에 의한 power penalty 를 의미한다. 공간분할 스위치 누화에 의한 성능열화가 없는 경우에 입출력 포트수가 4인 경우 10단의 노드를 통과한 후에도 ASE 잡음누적에 의해 약 0.4dB의 power penalty를 갖

지만, 입출력 포트수가 16인 경우 5단의 노드를 통과한 후에 약 0.4dB의 power penalty를 갖는다. 즉, 입출력 포트수가 증가하여 공간분할 스위치의 손실이 증가함에 따라 power penalty는 급격히 증가한다. 입출력 포트수가 4인 경우 공간분할 스위치 누화비가 -40dB 이상이면 ASE 잡음 누적보다 누화성분이 전송성능 열화의 지배적인 요소가 된다. 한편, 입출력 포트수가 16인 경우 -45dB의 누화비에서도 누화성분이 전송성능 열화의 지배적인 요소가 된다. 이는 입출력 포트수가 16인 경우 누화성분의 수가 입출력 포트수가 4인 경우보다 5배 크므로 전체 누화량이 약 $7[=10 \log_{10} 5]$ dB 증가하기 때문이다.

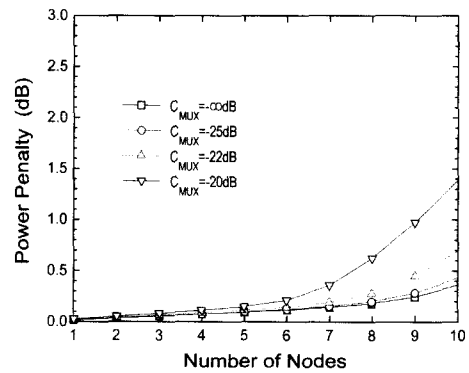


그림 4. 파장 다중/역다중화기 누화비 변화에 따른 power penalty
Fig. 4. Power penalty versus multiplexer/demultiplexer crosstalk ratio.

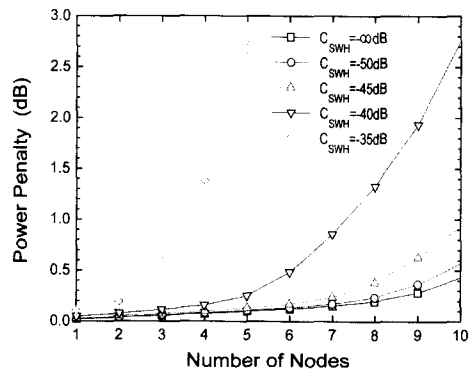


그림 5. 공간분할 스위치 누화비 변화에 따른 power penalty (F=4)
Fig. 5. Power penalty versus number of transverse nodes with switch crosstalk ratio (F=4).

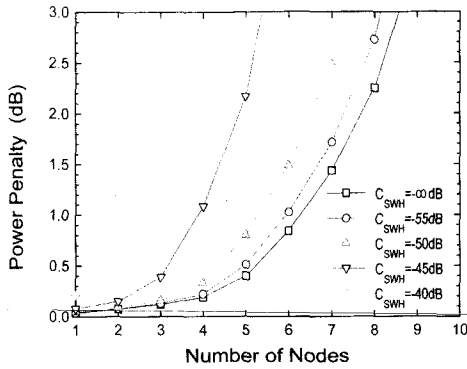


그림 6. 공간분할 스위치 누화비 변화에 따른 power penalty ($F=16$)

Fig. 6. Power penalty versus number of transverse nodes with switch crosstalk ratio ($F=16$).

그림 7은 그림 5와 그림 6과 동일한 환경에서 최대 전송가능한 노드수를 분석하기 위해 통과된 노드수가 증가함에 따라 BER 변화 특성을 보이고 있다. 소광비는 10dB, 파장 다중/역다중화기 누화비는 -25dB, 그리고 실선과 점선은 각각 입출력 포트수가 4와 16인 경우이다. 입출력 포트수가 4이고 공간분할 스위치 누화비가 -35dB인 경우와 입출력 포트수가 16이고 공간분할 스위치 누화비가 -45dB인 경우 10^{-12} 의 BER을 얻기 위해 통과 가능한 최대 노드수가 6으로 동일하다. 따라서, 입출력 포트수가 4에서 16으로 증가됨에 따라 ASE 잡음 누적과 누화성분의 증가에 따른 성능열화를 보상하기 위해서는 공간분할 스위치 누화비가 10dB이상 향상되어야 한다. 또한, 입출력 포트수가 4와 16인 경우 공간분할 스위치 누화비가 각각 -30dB와 -35dB 이상이면 다단 전송이 불가능함을 알 수 있다.

그림 8은 다단 전송없이 인접노드로의 전송이 가능하기 위한 광상호분배기 노드에서의 최대 허용손실을 분석하였다. 즉, 광상호분배기 노드에서 공간분할 스위치 손실을 증가하면서 10^{-12} 의 BER을 얻기 위해 광전력 증폭기에서 요구되는 최소 이득과 채널당 출력전력 변화를 보이고 있다. 입출력 포트수는 16, 공간분할 스위치 누화비는 40dB, 파장 다중/역다중화기 누화비는 -25dB, 소광비는 10dB, 그리고 실선은 광전력 증폭기에서 요구되는 최소 이득, 점선은 광전력 증폭기에서 채널당 출력전력이다. 광상호분배기 노드에서 손실이 증가함에 따라 광전력 증폭기의 이득도 선형적으로 증가한다. 그러나, 노드손실이 30dB이상되면 10^{-12} 의 BER

을 얻기 위해 요구되는 광전력 증폭기의 이득이 급격히 증가하다가 노드손실이 34dB이상이면 이득이 증가되어도 원하는 BER을 얻을 수 없다. 따라서, 광상호분배기 노드에서 최대 허용손실은 34dB이다. 또한, 노드손실이 34dB일 때 광전력 증폭기의 채널당 출력전력이 +5dBm이하이므로 이득포화에 의한 성능제한은 거의 발생하지 않는다.

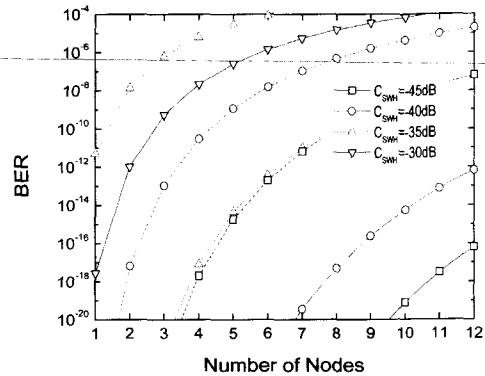


그림 7. 공간분할 스위치 누화비 변화에 따른 BER. 실선 : $F=4$, 점선 : $F=16$

Fig. 7. BER versus number of transverse nodes with switch crosstalk ratio. solid line : $F=4$, dashed line : $F=16$.

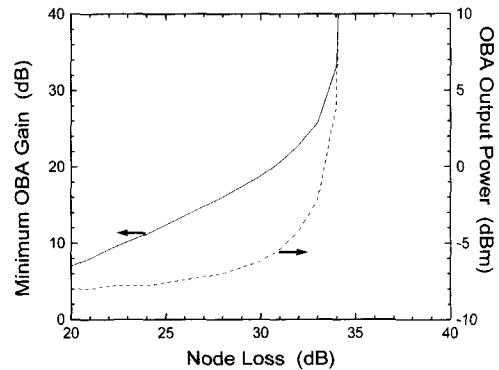


그림 8. 광전력 증폭기의 최소 이득 및 출력전력
Fig. 8. Minimum gain and output power of optical booster amplifier.

V. 결론

누화와 ASE 잡음 등의 전송성능 열화요소들을 고려하여 광상호분배기 노드의 확장성을 분석하였다. 입출력 포트수가 4일 때 파장 다중/역다중화기 누화비가

-25dB이하이면 10단의 노드를 통과한 후에도 누화에 의한 power penalty 는 1dB이하이다. 21dB 손실을 갖는 광섬유 링크에서 10Gbps 신호 전송시 광상호분배기 노드의 입출력 포트수가 4일 때 스위치 누화비가 -40dB이상이면 ASE 잡음누적보다 누화에 의한 성능열화가 보다 지배적이고, 스위치 누화비가 -30dB이상이면 다단 전송이 불가능하다. 또한, 입출력 포트수가 16일 때 스위치 누화비가 -45dB이상이면 ASE 잡음누적보다 누화에 의한 성능열화가 보다 지배적이고, 스위치 누화비가 -35dB이상이면 다단 전송이 불가능하다. 21dB 손실을 갖는 광섬유 링크 전송시 10^{12} 의 BER을 얻기 위해서는 광상호분배기 노드에서의 최대 손실은 34dB이하이어야 한다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 출연의 초고속 광대역 광전달망 기술연구 과제로 수행되었으며, 본 연구 수행에 많은 도움을 주신 김재근 박사께 감사드립니다.

참고 문헌

[1] Sung-Un. Lee and Wan-Seok Seo, "Design and Test of an Experimental Optical Cross-Connect," *Journal of Electrical Engineering and Information Science*, Vol.3, No.3, pp.336-341, 1998.
 [2] L. Gillner and M. Gustavsson, "Scalability of

Optical Multiwavelength Switching Network: Power Budget Analysis," *J. Lightwave Technol.*, Vol.14, No.6, pp.952-961, Jun. 1996.
 [3] S. Johansson, "Transport Network Involving a Reconfigurable WDM Network Layer- A European Demonstration," *J. Lightwave Technol.*, Vol.14, No.6, pp.1341-1348, 1996.
 [4] R. E. Wagner, "MONET: Multiwavelength Optical Networking," *J. Lightwave Technol.*, Vol.14, No.6, pp.1349-1355, 1996.
 [5] A. Watanabe, S. Okamoto and K. Sato, "Optical Path Cross-Connect Node Architecture with High Modularity for Photonic Transport Networks," *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E77-B, No.10, pp.1220-1229, 1994.
 [6] J. Zhou and M. J. O'Mahony, "Power Management System Design of an Optical Multiwavelength Transport Network," *IEE Proc-Optoelectron.*, Vol.143, No.3, pp.178-188, Jun. 1996.
 [7] J. Zhou, R. Cadeddu, E. Casaccia, C. Cavazzoni and M. J. O'Mahony, "Crosstalk in Multi-wavelength Optical Cross-Connect Networks," *J. Lightwave Technol.*, Vol.14, No.6, pp.1423-1435, Jun. 1996.
 [8] E. Desurvire, *Erbium-Doped Fiber Amplifiers. Principles and Applications*. New York: Wiley, 1994.

저자 소개

李相 綠(正會員) 第36卷 S編 第2號 参照
 徐完 錫(正會員) 第36卷 S編 第2號 参照
 李聖 恩(正會員) 第36卷 S編 第2號 参照
 尹柄 浩(正會員)
 1967年 4月 17日生. 1992年 2月 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1994年 2月 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1994年 3月 현재 한국전자통신연구원 연구원. 주관심 분야는 광전달망, 광증폭기 등임

李鍾 弦(正會員)
 1959年 2月 16日生. 1981年 2月 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1983年 2月 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1992年 2月 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 1991年 12月 전기통신기술사. 1983年 3月 현재 한국전자통신연구원 책임연구원. 주관심 분야는 광전송시스템 및 전송망, WDM 광전송기술, 전광통신망임.