

병렬 광섬유 루프 버퍼에서의 누화 영향

Impact of Crosstalk in Parallel Fiber Loop Optical Buffer

전창훈, 정준영, 정제명, 신서용*

한양대학교 전파공학과, *명지대학교 정보통신공학과

bladeee@hanmail.net

WDM 광 버퍼로는 많은 양의 데이터를 쉽게 저장할 수 있는 회전식(circulating type) 버퍼⁽¹⁾⁽²⁾를 주로 사용한다. 회전식 출력 버퍼 구조는 그림 1과 같다. 이 버퍼는 버퍼유닛을 병렬로 배열하여 WDM 신호를 처리한다. 이상적인 경우는 버퍼가 N단으로 구성되어 있을 때 어떤 특정한 한 단에서 신호를 출력하면 나머지 N-1개의 단에서 아무런 신호도 출력되지 않는다. 하지만 게이트로 사용하는 SOA 동작 특성상 R_c (contrast ratio)비율만큼의 감쇄 잡음이 생긴다⁽³⁾⁽⁴⁾. 그림 1의 버퍼 성능을 분석하기 위해 버퍼 동작 특성 중 가장 나쁜 경우(worst case)인 버퍼가 포화된 상태를 고려하고, 1번 버퍼유닛의 신호는 N번 회전 후 출력되며 나머지 N-1개의 버퍼유닛에서는 차례로 들어온 신호가 각각 N-1번에서 1번까지 회전한다고 본다.

하나의 버퍼 유닛에서는 입력신호 P_{in} 이 N번 회전 후 출력 전계 E_S 를 발생시킨다.

$$E_S = d\sqrt{2P_{in}} \exp(iw_s t + i\varphi_s) \prod_{n=0}^{N-1} \sqrt{G_n} \quad (1)$$

여기서 d 는 버퍼입력 신호이고, w_s 는 신호의 파장, φ_s 는 신호의 위상, 그리고 G_n 은 n 번째 회전의 SOA 이득이다. d 는 0과 1이 동일하게 발생하고, φ_s 는 0과 2π 사이에서 동일하게 발생한다. 그리고 G_n 은 첫 번째 회전에 의해서 포화되므로 G_1 은 15.85dB이고 나머지는 모두 0dB이다.

신호가 버퍼유닛 속을 회전하는 동안에 SOA 게이트를 거친 다른 신호가 계속해서 누화를 발생시킨다. 이 누화 전계 수식은 다음과 같다.

$$E_{CT,1} = \sqrt{2P_{in}G_o/R_c} \sum_{k=2}^N d_k \exp(iw_s t + i\varphi_k) \prod_{n=k}^{N-1} \sqrt{G_n} + d_{N+1} \sqrt{2P_{in}G_o/R_c} \exp(iw_s t + i\varphi_{N+1}) \quad (2)$$

여기서 G_o 는 on 상태의 SOA 이득이며 R_c 는 contrast ratio이다.

또 병렬구조의 버퍼를 생각하면 N-1개의 다른 버퍼유닛을 통해서도 누화 전계 $E_{CT,2}$ 가 발생하는데 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$E_{CT,2} = \sqrt{2P_{in}G_o/R_c} \sum_{k=1}^N d_k \exp(iw_s t + i\varphi_k) \prod_{j=1}^k \sqrt{G_j} \quad (3)$$

PD(photo diode)와 정합여파기를 통과한 누화 광전류 i_{CT} 는 (1), (2), (3)식에 의해서 다음과 같다.

$$i_{CT} = \frac{1}{2} R_e \frac{1}{T} \int_{t-T}^t \{E_{CT,1} E_{CT,1}^* + E_{CT,2} E_{CT,2}^* + 2E_S E_{CT,1}^* + 2E_S E_{CT,2}^* + 2E_{CT,1} E_{CT,2}^*\} dt \quad (4)$$

여기서 다른 파장의 신호는 그림 1의 출력단 가변필터로 걸러낸다. R_e 는 PD의 responsivity이고 T 는

비트의 길이이다. 구해진 누화 전류 i_{CT} 에 중간-극한정리를 적용하여 누화 분산 σ_{CT}^2 을 구하고, 이 값을 통하여 버퍼의 BER을 분석하였다. 그림 2는 한 단과 병렬구조에 대하여 contrast ratio에 대한 BER을 회전수 N을 달리하면서 알아보았다. 그림 3은 회전수에 따른 누화 분산에서 각 항의 영향을 알아보았다.

그림 2에서 병렬구조는 한 단보다 10^{-9} BER을 만족하기 위해 15dB이상 contrast ratio가 더 좋아야하고 그림 3에서 누화 분산의 영향은 식(4)의 네 번째 항에 의한 영향이 가장 큼을 알 수 있다.

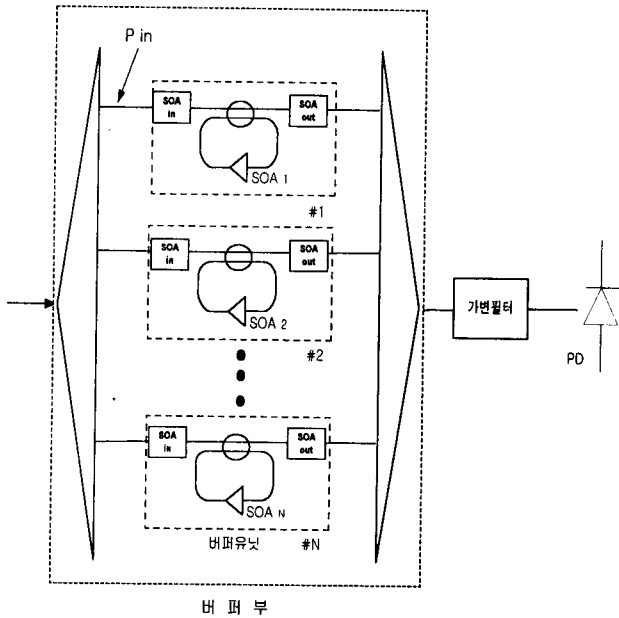


그림.1 WDM 광 출력 버퍼의 구조

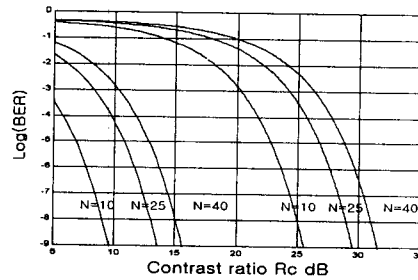


그림.2 회전수 N을 달리했을때 Contrast ratio Rc에 따른 BER 한단(—)과 병렬구조(---)비교 (G1=15.85dB)

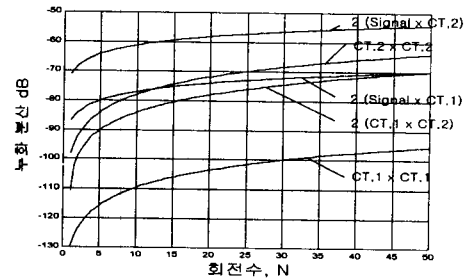


그림.3 회전수 N에 따른 식(4)의 각항의 누화 분산 (Rc=20dB, Pin=-10dBm, G1=15.85dB)

본 연구는 광주과학기술원 초고속광네트워크연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

참고문헌

1. R. Langenhorst, et. al., "Fiber Loop Optical Buffer", *J. Lightwave Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 324-335, March 1996.
2. T. Okugawa, et. al., "Composite optical/electrical buffer configuration for photonic ATM switching systems", *Electron. Lett.*, vol. 33, no. 16, pp. 1398-1400, July 1997.
3. M. Eiselt, et. al., "Photonic ATM switching with semiconductor laser amplifier gates", *Electron. Lett.*, vol. 28, no. 15, pp. 1438-1439, July 1992.
4. Armin Ehrhardt, et. al., "Semiconductor Laser Amplifier as Optical Switching Gate", *J. Lightwave Technol.*, vol. 11, no. 8, pp. 1287-1295, Aug. 1993.