

SMF 길이와 RDPS가 분포가 균일한 분산 제어 광전송 링크에서 광섬유 중계 구간 수에 따른 시스템 성능

이성렬*

*목포해양대학교

System Performance Depending on the Fiber Span Number in Dispersion Managed Optical Transmission Links with Uniform Distributions of SMF Lengths and Residual Dispersion Per Span

Seong-Real Lee*

*Mokpo National Maritime University

E-mail : reallee@mmu.ac.kr

요 약

그룹 속도 분산과 비선형 효과의 상호 작용에 의해 왜곡되는 WDM 신호의 보상을 위해 전체 전송로 중간에 광 위상 공액기 (optical phase conjugator)가 적용되고 중계 구간의 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber) 길이와 RDPS(residual dispersion per span) 분포가 일정한 광전송 링크에서 전체 중계 구간 수에 따른 시스템 성능을 비교 분석하였다.

ABSTRACT

The system performances of WDM channel signals as a function of the number of fiber spans in optical link with the uniform distributions of single mode fiber (SMF) lengths and residual dispersion per span (RDPS) for the compensation for the distorted WDM signals due to the group velocity dispersion (GVD) are evaluated and compared.

키워드

Fiber span number, Dispersion Management, Optical Phase Conjugator, Residual dispersion per span, Net residual dispersion, Group velocity dispersion, WDM signal distortion.

I. 서 론

대용량 정보의 전송과 장거리 전송을 가능하게 하는 분산 제어 (DM; dispersion management)[1]와 광 위상 공액 (optical phase conjugation)[2]이 결합된 기술이 적용된 링크에서 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber)의 길이와 각 중계 구간 (fiber spans) 당 잉여 분산 (RDPS; residual dispersion per span)의 분포가 일정한 경우 중계 구간 수 (number)에 따른 수신 성능을 살펴본다.

II. 광전송 링크와 시스템의 모델링

그림 1은 본 연구에서 살펴보고자 하는 OPC와

DM이 적용된 광전송 링크와 WDM 전송 시스템의 구조를 나타낸 것이다. 전송 링크는 전체 전송 거리의 중간에 있는 OPC를 중심으로 전반 구획 (former half section)과 후반 구획 (latter half section) 각각 n 개와 m 개의 중계 구간으로 구성된다. 본 연구에서는 $n=m=5, 15, 25, 35, 45$ 를 고려하여 시뮬레이션을 수행하였다. 즉 총 중계 구간의 수는 10, 30, 50, 70, 90이다.

SMF의 길이 l_{SMF} 는 80 km로 동일하게 하였다. 또한 손실 계수 α_{SMF} 는 0.2 dB/km, 비선형 계수 γ_{SMF} 는 $1.35 W^{-1} km^{-1} (@1,550 \text{ nm})$, 분산 계수 D_{SMF} 는 17 ps/nm/km(@ 1,550 nm)로 동일하게 모델링하였다.

DCF의 손실 계수 α_{DCF} 는 0.6 dB/km, 비선형

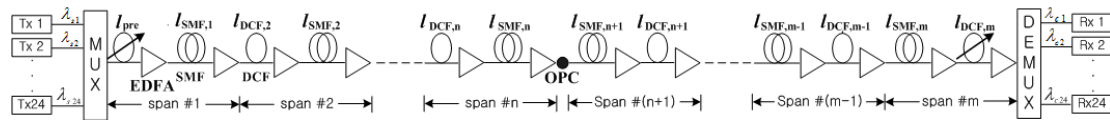


그림 1. 광전송 링크와 WDM 시스템의 구성

계수 γ_{DCF} 는 $5.06 W^{-1}km^{-1}(@1,550 \text{ nm})$, 분산 계수 D_{DCF} 는 $-100 \text{ ps/nm/km}(@ 1,550 \text{ nm})$ 로 모든 중계 구간에 대해 동일하게 하였다. 또한 첫 번째 중계 구간과 마지막 중계 구간을 제외한 RDPS는 200 ps/nm 로 모두 동일하게 설정하였다.

전반 기획의 첫 번째 DCF 길이 l_{pre} 와 후반 기획의 마지막 DCF 길이 $l_{DCF,m}$ 는 각각 전체 잉여 분산 (NRD; net residual dispersion)을 결정하는데 사용되는 precompensation, 두 번째 전송 기획 (OPC 다음부터 수신기 앞 단까지)의 NRD를 0 ps/nm 로 만드는데 이용되도록 하였다. 앞선 연구 결과에 따라 l_{pre} 에 의한 NRD는 10 ps/nm 가 되도록 설정하였다[3].

그림 1의 송신기 Tx는 분포 제환 레이저 다이오드 (DFB-LD; distributed feedback laser diode)로 DFB-LD의 중심 파장은 $1,550 \text{ nm}$ 부터 100 GHz (즉 0.8 nm) 간격으로 156.4 nm 까지 채널별로 24개를 할당하였고, 각각의 채널은 외부 변조기에 의해 소광비 (ER; extinction ratio)가 10 dB 인 2차 가우시안 펄스 RZ 형식으로 광 신호를 생성하도록 모델링하였다.

전체 전송로 중간에 위치한 OPC는 참고 문헌 [3]에서와 동일한 파라미터를 갖는 HNL-DSF (highly nonlinearity-dispersion shifted fiber)를 비선형 매질로 갖는 구조로 모델링하였다.

III. 시뮬레이션 결과 및 검토

그림 2는 SMF 길이와 RDPS가 일정한 분포 구조에서 중계 구간 수와 입사 전력에 변화를 준 경우 이들에 따른 $40 \text{ Gbps} \times 24$ 채널 WDM 신호 중 최악 채널의 눈 열림 패널티 (EOP; eye opening penalty)를 나타낸 것이다.

쉽게 예상할 수 있듯이 전체 중계 구간의 수가 증가할수록 GVD와 비선형 효과에 의해 축적되는 신호 왜곡이 심해져서 보상 효과가 줄어드는 것을 알 수 있다. 그러나 수신측 성능 기준을 1 dB EOP로 가정할 경우 그림 2를 분석해 보면 중계 구간의 수에 비례하여 1 dB EOP 이하의 수신 가능한 입사 전력 범위가 반드시 비례한다고는 볼 수 없음을 알 수 있다. 즉 중계 구간의 수가 20개씩 증가하더라도 1 dB EOP 이하의 수신 가능한 입사 전력 범위의 감소폭은 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 분산 제어와 OPC를 광전송 링크에 적용하여 중계 구간 간격, DCF의 분산 계수, WDM 채널 수 등과 관련하여 최적으로 설계

하면 초 장거리 전송 시스템 구현이 가능하다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

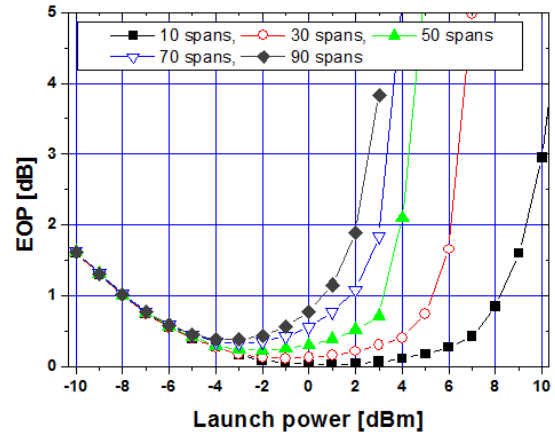


그림 2. 중계 구간 수가 다른 분산 제어 광전송 링크에서 입사 전력에 따른 최악 채널의 눈 열림 패널티

참고문헌

- [1] X. Xiao, S. Gao, Y. Tian, and C. Yang, "Analytical optimization of the net residual dispersion in SPM-limited dispersion-managed systems," *J. Lightwave Technol.*, Vol. 24, No. 5, pp. 2038~2044, 2006.
- [2] S. Watanabe and M. Shirasaki, "Exact compensation for both chromatic dispersion and Kerr effect in a transmission fiber using optical phase conjugation", *J. Lightwave Technol.*, Vol. 14, No. 3, pp 243 ~248, 1996.
- [3] S. R. Lee, "Dispersion Management and Optical Phase Conjugation in Optical Transmission Links with a Randomly Distributed Single-Mode Fiber Length," *J. of Inform. and Comm. Converg. Eng.*, Vol. 11, No. 1, pp. 1~6, 2013.