
SMF 길이와 RDPS가 특정하게 인위적으로 분포하는 분산 제어 링크에서 RDPS 편차에 따른 왜곡된 WDM 신호의 보상 효과

이성렬*

*목포해양대학교

The Compensation Effect of the Distorted WDM Signals Depending upon the Deviation of Residual Dispersion per Span (RDPS) in Dispersion-Managed Optical Transmission Links with the Specially Artificial Distributions of SMF Lengths and RDPS

Seong-Real Lee*

*Mokpo National Maritime University

E-mail : reallee@mmu.ac.kr

요 약

분산 제어 (DM; dispersion management)와 광 위상 공액기 (OPC; optical phase conjugator)가 적용된 광전송 링크에서 송신단부터 OPC까지 중계 구간이 증가할수록 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber)의 길이와 중계 구간 당 잉여 분산 (RDPS; residual dispersion per span)은 감소하고, OPC부터 수신단까지는 중계 구간이 증가할수록 SMF 길이와 RDPS가 증가하는 분포에서 인접 중계 구간과의 SMF 길이와 RDPS 편차가 WDM 신호의 보상에 미치는 영향을 살펴보았다.

ABSTRACT

The effect of the deviations of single mode fiber lengths and residual dispersion per span (RDPS) on the compensation for the distorted WDM signals in the dispersion-managed optical links with the specially artificial distributions of the lengths of SMFs and RDPSs. The considered artificial distribution is following; the lengths of SMF and RDPSs between the adjacent fiber span are more descended in the half transmission section from transmitter to optical phase conjugator (OPC), and those are more ascended in the rest half transmission section from OPC to the receiver, as number of fiber spans are more increased.

키워드

Artificial distributions of SMF lengths and residual dispersion per span (RDPS), Dispersion Management, Optical Phase Conjugator, Net residual dispersion, Group velocity dispersion, WDM signal distortion.

1. 서 론

분산 제어 (DM; dispersion management)[1]와 광 위상 공액 (optical phase conjugation)[2]이 결합된 장거리 대용량 파장 분할 다중 (WDM; wavelength division multiplexed) 전송을 위한 광 링크를 유효적으로 구성하는 방법으로 중계 구간 (fiber span)의 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber)의 길이와 중계 구간 당 잉여 분산 (RDPS; residual dispersion per span)을 인위적으로 방법이 효과적임을 앞선 연구를 통해

확인하였다 [3]. SMF 길이와 RDPS를 인위적으로 분포시키는 링크 구성법 중 SMF 길이는 송신단부터 광 위상 공액기 (OPC; optical phase conjugator)까지의 전반 전송 구획에서는 중계 구간 수가 증가할수록 점점 감소시키고, OPC부터 수신단까지의 후반 전송 구획에서는 점점 증가시키고 (DA; descending-ascending), RDPS도 전반 전송 구획에서는 점점 감소시키고 후반 전송 구획에서는 점점 증가시키는 (DA) 분포 (전체적으로 DA-DA 분포라 함)가 가장 효과적이라는 것을

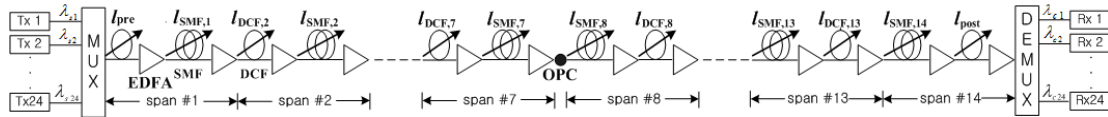


그림 1. 광전송 링크와 WDM 시스템의 구성

확인하였다.

본 연구에서는 광전송 링크의 SMF 길이와 RDPS가 DA-DA로 분포한 경우 광 증계 구간의 SMF 길이와 RDPS 편차에 따른 24채널 WDM 신호의 왜곡 보상 효과에 대하여 살펴보고자 한다.

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 7개의 증계 구간으로 구성된다.

DA-DA의 인위적 분포에서 송신단부터 OPC까지는 증계 구간이 증가할수록 SMF 길이는 5 km 간격 (편차가 적은 경우)과 10 km 간격 (편차가 큰 경우)으로 감소시키고, OPC부터 수신단까지는 증계 구간이 증가할수록 SMF 길이를 5 km 간격과 10 km 간격으로 증가시키는 2가지 경우를 고려하였다. 또한 RDPS는 송신단부터 OPC까지는 증계 구간이 증가할수록 100 ps/nm 간격 (편차가 적은 경우)과 400 ps/nm 간격 (편차가 큰 경우)으로 증가시키고, OPC부터 수신단까지는 증계 구간이 증가할수록 100 ps/nm 간격과 400 ps/nm 간격으로 증가시키는 2가지 경우를 고려하였다.

또한 SMF 길이 편차와 RDPS 편차 각각 2가지 경우를 조합하여 4가지 분포 (small-small, small-large, large-small, large-large 편차의 DA-DA 분포)로 링크를 구성하여 각 링크에서의 보상 성능을 살펴보았다.

SMF의 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.

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

그림 1의 송신기 Tx는 분포 궤환 레이저 다이오드 (DFB-LD; distributed feedback laser diode)로 DFB-LD의 중심 파장은 1,550 nm부터 100 GHz(즉 0.8 nm) 간격으로 1568.4 nm까지 채널별

로 24개를 할당하였고, 각각의 채널은 외부 변조기에 의해 소광비 (ER; extinction ratio)가 10 dB인 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 RDPS 분포가 균일한 경우와 4가지의 RDPS 편차에 따라 DA-DA로 분포된 광전송 링크 모두 NRD가 10 ps/nm로 설정되어 있는 경우 각 분포에서의 입사 전력에 따른 최악 채널의 눈 열림 페널티 (EOP; eye opening penalty)를 나타낸 것이다.

수신 성능의 기준을 1 dB EOP라고 한다면 DA-DA 분포에서 전반 전송 구획과 후반 전송 구획 모두 증계 구간 증가에 따라 RDPS의 편차를 증가시키면서 DA-DA로 분포시키는 링크 (그림 2에서 large DA - large DA)에서의 1 dB EOP를 결과하는 입사 전력이 균일 분포의 링크에 비해 약 1 dB 증가하는 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 인접 증계 구간의 RDPS 차이가 클수록 DA-DA의 효과가 증가하여 보상 효과가 더욱 개선되는 것을 의미한다.

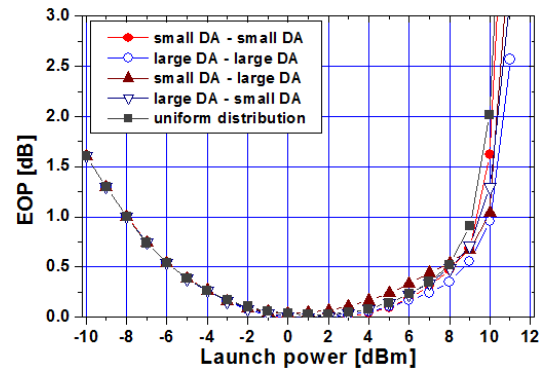


그림 2. 입사 전력에 따른 최악 채널의 눈 열림 페널티

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 managed optical transmission links with an artificial distribution of the SMF Length and residual dispersion per span," *J. of Inform. and Comm. Converg. Eng.*, Vol. 12, No. 2, pp. 75~82, 2014.