

RDPS가 인위적으로 분포하는 분산 제어 광전송 링크

이성렬*

*목포해양대학교

Dispersion Managed Optical Transmission Links with Artificially Distributed RDPS

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 증계 구간의 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber) 길이와 RDPS(residual dispersion per span)를 인위적으로 분포하는 광전송 링크의 최적 분포 패턴을 도출하였다. 최적의 전체 잉여 분산 (NRD; net residual dispersion)인 10 ps/nm와 -10 ps/nm로 설계된 링크에서 증계 구간이 증가할수록 SMF 길이는 점차 감소시키고, RDPS는 점차 증가시키는 분포가 균일한 분포에 비해 성능 면에서 우수한 것을 확인하였다.

ABSTRACT

The optimal distribution pattern is induced in the optical link with an artificial distributions of single mode fiber (SMF) lengths and residual dispersion per span (RDPS). It is confirmed that the descending distribution of SMF length and ascending distribution of RDPS are most suitable to compensate for the distorted WDM signals, as the fiber span number is more increased. in the optical link with 10 ps/nm or -10 ps/nm the optimal net residual dispersion (NRD).

키워드

Artificial distribution, Dispersion Management, Optical Phase Conjugator, Residual dispersion per span, Net residual dispersion, Group velocity dispersion, Kerr effects

I. 서 론

본 연구에서는 광전송 시스템에서 대용량 정보의 전송과 장거리 전송에 제한을 주는 주요 요소는 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber)가 갖는 그룹 속도 분산 (GVD; group velocity dispersion)과 비선형 현상에 의해 왜곡되는 광 신호를 보상하는 기술인 분산 제어 (DM; dispersion management)[1]와 광 위상 공액 (optical phase conjugation)[2]이 결합된 기술이 적용된 링크의 유연한 구성 가능성을 살펴보았다.

즉 광전송 링크를 구성하는 각 증계 구간 당 잉여 분산 (RDPS; residual dispersion per span)이 인위적으로 분포하는 링크를 통한 유연한 광네트워크 구성의 가능성을 연구해 본다.

본 연구에서 제안하는 광전송 링크를 사용하여

전송되는 광 신호는 960 Gbps WDM 신호로 모델링하였다. 각 WDM 채널의 변조 파형 형식은 RZ(return-to-zero)로 가정하였다.

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 전송거리의 중간에 있는 OPC를 중심으로 전반 구획 (former half section)과 후반 구획 (latter half section) 각각 7개의 증계 구간으로 구성된다. 모든 증계 구간의 손실 계수 α_{SMF} 는 0.2 dB/km, 비선

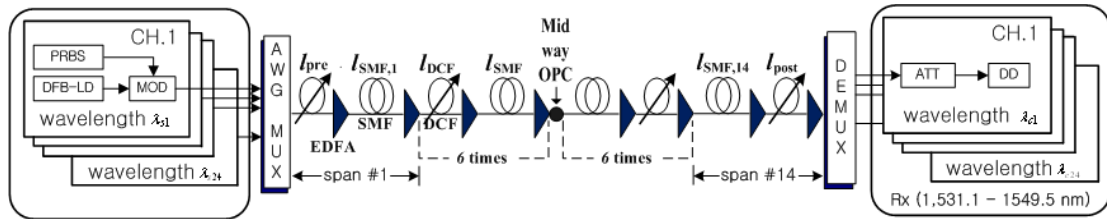


그림 1. 광전송 링크와 WDM 시스템의 구성

형 계수 γ_{SMF} 는 $1.35 W^{-1}km^{-1}$ (@1,550 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 계수 γ_{DCF} 는 $5.06 W^{-1}km^{-1}$ (@1,550 nm)로 모든 중계 구간에 대해 동일하게 하였고, 분산 계수 D_{DCF} 는 $-50 ps/nm/km$ 와 $-100 ps/nm/km$ 의 2가지를 고려하였다.

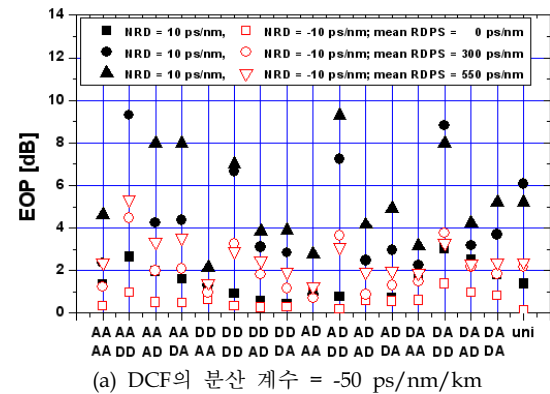
각각의 전송 반 구획의 7개의 SMF의 길이 분포는 중계 구간이 증가할수록 10 km 간격으로 50 km부터 110 km까지의 점진적 증가 (ascending distribution)와 110 km부터 50 km까지의 점진적 감소 (descending distribution)를 조합한 AA(ascending-ascending), DD(descending-descending), AD(ascending-descending), DA(descending-ascending)의 4가지로 하였다.

전반 전송 구획에서는 첫 번째 중계 구간을 제외하고, 후반 전송 구획에서는 마지막 중계 구간을 제외한 평균 RDPS는 0, 300 and 550 ps/nm로 하였다. 각 전송 반 구획에서의 실제 RDPS 분포는 평균 RDPS가 0 ps/nm인 경우 $-150, -100, -50, 50, 100$ 와 $150 ps/nm$ 를 점진적으로 증가시키거나 감소시켜서 구성하고, 평균 RDPS가 300 ps/nm인 경우 $0, 100, 200, 300, 400$ 와 $800 ps/nm$ 를 점진적으로 증가시키거나 감소시켜서 구성하고, 평균 RDPS가 550 ps/nm인 경우는 $300, 400, 500, 600, 700$ 와 $800 ps/nm$ 를 점진적으로 증가시키거나 감소시켜서 구성하도록 하였다. 즉 SMF 길이 분포와 마찬가지로 RDPS 분포 패턴의 종류도 4가지이다. 결과적으로 고려해야 할 SMF 길이의 인위적 분포와 RDPS의 인위적 분포 패턴의 수는 AA-AA(ascending distribution of SMF lengths in former half section, ascending distribution of SMF lengths in latter half section, ascending distribution of RDPS in former half section, and ascending distribution of RDPS in latter half section), AA-DD, AA-AD, AA-DA, DD-AA, DD-DD, DD-AD, DD-DA, AD-AA, AD-DD, AD-AD, AD-DA, DA-AA, DA-DD, DA-AD, DA-DA의 16가지이다.

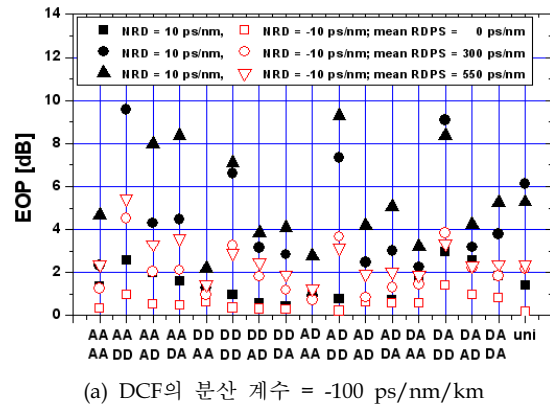
전반 구획의 첫 번째 DCF 길이 l_{pre} 와 후반 구획의 마지막 DCF 길이 l_{post} 는 전체 잉여 분산 (NRD; net residual dispersion)을 결정하는데 사용되는 precompensation과 postcompensation을 조절하는데 사용하도록 하였다.

III. 시뮬레이션 결과 및 검토

그림 2는 SMF 길이와 RDPS 분포가 앞서 언급한 16개의 인위적 분포로 구성되고 각 경우 모두 precompensation에 의해서는 NRD가 $10 ps/nm$ 로, postcompensation에 의해서는 NRD가 $-10 ps/nm$ [3]로 설정된 광전송 링크를 통해 2 dBm의 입사 전력을 전송한 경우 24개 채널 중 최악 채널의 EOP를 나타낸 것이다.



(a) DCF의 분산 계수 = $-50 ps/nm/km$



(a) DCF의 분산 계수 = $-100 ps/nm/km$

그림 2. 입사 전력이 2 dBm인 경우 인위적 분포 패턴에 따른 WDM 채널 중 최악 채널의 눈 열림 패턴

그림 2(a)와 2(b)는 사용된 DCF의 분산 계수가 각각 $-50 ps/nm/km$ 와 $-100 ps/nm/km$ 인 경우의 결과를 나타낸 것으로, DCF의 분산 계수에 관

계 없이 'DD-AA' 분포, 즉 두 전송 반 구획 모두 SMF 길이는 중계 구간이 증가할수록 점진적으로 감소하고, RDPS는 점진적으로 증가하는 인위적 분포에서 최상의 보상이 이루어지는 것을 알 수 있다.

IV. 검토 및 향후 연구

GVD와 비선형 효과에 의해 신호 왜곡이 발생하는 광전송 링크에 이들을 보상하기 위해 DM과 OPC가 결합된 구조의 유연한 구성이 SMF 길이와 RDPS의 인위적 분포를 통해 가능한 것을 확인하였다. 특히, 두 전송 반 구획 모두 SMF 길이는 중계 구간이 증가할수록 점진적으로 감소하고, RDPS는 점진적으로 증가하는 분포가 최상의 분포인 것을 알 수 있었다.

향후 연구에서는 'DD-AA' 분포의 광전송 링크의 구체적 설계 기준, 예를 들어 유효 입사 전력 범위와 유효 NRD 범위 등을 도출해 보도록 할 예정이다.

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.
- [4] G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics*, 3rd ed., Academic Press, 2001.