

RDPS가 반복하는 분산 제어 링크

이성렬*

목포해양대학교

Dispersion-managed Link with the Repeated RDPS

Seong-Real Lee*

Mokpo National Maritime University

E-mail : reallee@mmu.ac.kr

요 약

본 연구에서는 분산 제어와 광 위상 공액이 적용된 링크에서 중계 구간 당 잉여 분산 (RDPS)의 크기가 몇 개의 쌍으로 분포하고 이들이 일정한 간격마다 반복하는 구조의 광전송 링크를 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안한 광전송 링크의 구조가 전통적인 분산 제어 링크에서보다 파장 분할 다중 채널의 수신 성능을 개선한다는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, dispersion-managed optimal link configuration with the repetitive distribution of the pairs of residual dispersion per span, in which optical phase conjugator placed at midway, is proposed. It is confirmed that the proposed optical link configuration is better than the conventional dispersion-managed link for the performance improvement of wavelength division multiplexed channels.

키워드

Dispersion-managed optical link, Optical phase conjugator, Residual dispersion per span, Net residual dispersion, Pairs

I. 서 론

파장 분할 다중 (WDM; wavelength division multiplexing) 전송 시스템과 같은 초고속 광 전송 시스템의 주 전송로인 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber)에서 축적되어 광 신호 왜곡을 일으키는 그룹 속도 분산 (GVD; group velocity dispersion)과 비선형 현상에 의한 왜곡을 감소시키거나 제거하기 위한 링크 기술로 SMF에 분산 보상 광섬유 (DCF; dispersion compensating fiber)를 추가하는 분산 제어 (DM; dispersion management)[1]와 전체 전송로 중간에 OPC(optical phase conjugator)를 위치시키는 광 위상 공액 기술[2]을 결합한 연구를 진행하여 왔다 [3],[4].

DM이 적용된 링크에서 중계 간격에서의 분산량

인 중계 거리 당 분산 (RDPS; residual dispersion per span)과 최종 수신단에 축적된 전체 잉여 분산 (NRD; net residual dispersion)에 따라 왜곡된 WDM 채널의 보상 정도가 결정된다[5].

본 연구에서는 임의의 중계 구간의 RDPS가 인접 중계 구간의 RDPS와 쌍을 이루어 각각이 크기는 같고 부호는 다른 OPC와 결합한 DM 링크를 제안하고자 한다.

II. WDM 전송 링크의 모델링

24 채널 × 40 Gbps의 WDM 전송 시스템과 이를 위한 광전송 링크의 구조를 그림 1에 나타냈다. 그림 1의 24개 송신기(Tx)와 수신기(Rx), 중간에 위치한 OPC의 구조와 파라미터들은 저자의 선행 연구 [3]과 [4]에서와 동일하게 모델링하였다.

* corresponding author

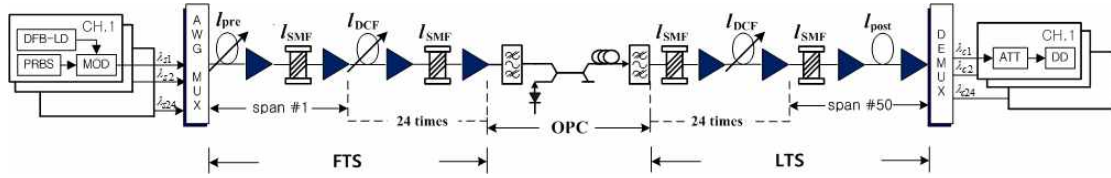


그림 1. WDM 전송 링크 구조

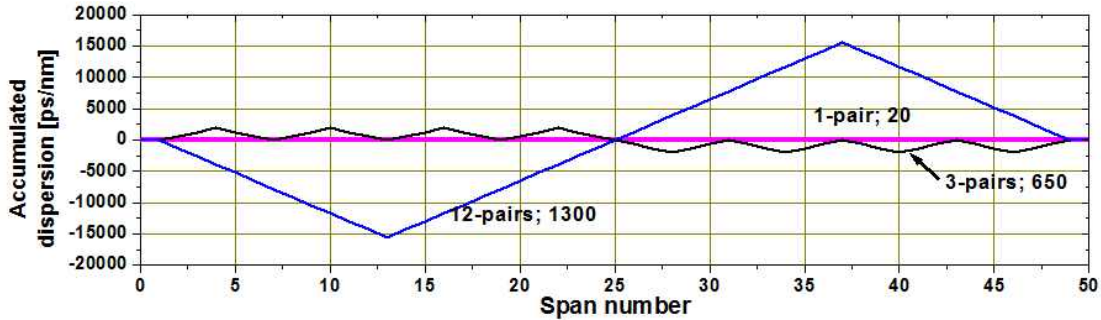


그림 2. WDM 전송 링크의 분산 맵

전체 중계 구간 수는 50개로 광 위상 공액기 (OPC; optical phase conjugator)를 중심으로 전반 전송 구획과 후반 전송 구획 각각 25개로 구성하였다.

SMF의 기타 파라미터는 다음과 같이 모델링하였다. 손실 계수 : $\alpha_{SMF} = 0.2$ dB/km, 분산 계수 : $D_{SMF} = 17$ ps/nm/km(@1,550 nm), 비선형 계수 : $\gamma_{SMF} = 1.35$ W⁻¹km⁻¹(@1,550 nm). 또한 DCF의 기타 파라미터는 다음과 같이 하였다. 손실 계수 : $\alpha_{DCF} = 0.6$ dB/km, 분산 계수 : $D_{DCF} = -100$ ps/nm/km(@1,550 nm), 비선형 계수 : $\gamma_{DCF} = 5.06$ W⁻¹km⁻¹ (@1,550 nm).

그림 1에서 동일한 크기의 RDPS로 부호는 달리 하여 반복하는 수를 1, 2, 3, 4, 6, 12로 하였다. 또한 모든 반복 경우에 대하여 RDPS의 크기는 20 ps/nm, 200 ps/nm, 650 ps/nm와 1,300 ps/nm의 4가지를 고려하였다. 예를 들어, 선택한 RDPS의 크기가 200 ps/nm라고 하고 이들을 3번 반복시켜서 각 전송 반구획에 분포시키고자 한다는 것은 처음 4개의 중계 구간의 RDPS들을 모두 200 ps/nm로 다음에 나오는 4개의 중계 구간의 RDPS를 -200 ps/nm로 분포시키고, 이 패턴을 3번 반복시키는 구조가 되는 것이다.

그림 2의 분산 맵 (dispersion map)은 반복 쌍이 1개 (1-pair), 3개 (3-pairs)와 12개 (12-pairs)의 경우를 나타낸 것으로, 각각은 각 전송 반구획에서 동일한 크기와 부호의 RDPS가 12번 반복, 4번 반복과 1번 반복되는 패턴이 된다.

RDPS를 몇 개의 쌍으로 부호를 달리하여 반복시키는 경우 어떤 부호를 먼저 분포시킬 것인가도 왜곡된 WDM 채널 보상에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전반 전송 구획에서는 양(positive)의

부호가 먼저 분포하고 음(negative)의 부호가 뒤따르는 반면 후반 전송 구획에서는 음의 부호가 먼저 양의 부호가 분포하는 구조 (이를 PN-NP라고 부름)와 이의 반대 분포 구조 (이를 NP-PN라고 부름)를 가정하였다.

그림 2를 살펴보면 수신단, 즉 최종 전송 지점에서의 분산이 0 ps/nm에 가까워지는 것을 알 수 있다. 즉 전체 전송 링크에서 축적된 분산 값을 표현하는 NRD (net residual dispersion)이 0 ps/nm에 가까워진다. 그러나 24개 WDM 채널의 양호한 보상을 위해서는 이 NRD가 0 ps/nm이 아닌 다른 값을 갖는다는 것을 앞선 연구들을 통해 확인하였다.

본 연구에서는 최적 NRD를 찾기 위해 첫 번째 중계 구간 (span #1)의 DCF 길이의 조절을 통해 NRD를 조절하는 방법 (이를 이를 pre-DC (dispersion calibrator)라 함)을 사용하였다.

III. 시뮬레이션 결과 및 검토

눈 열림 패널티 (EOP; eye opening penalty)로 수신 성능을 평가하는 경우 1 dB를 기준으로 한다. 즉 1 dB 이하의 EOP를 갖는 신호를 수신 성능이 우수한 신호라 한다. 그림 3은 본 연구에서 고려한 모든 RDPS 쌍, RDPS 크기로 분포한 DM 링크에서의 1 dB EOP를 얻을 수 있는 최소와 최대 입사 전력의 크기를 나타낸 것이다.

일반적으로 PN-NP로 RDPS 부호가 반복하는 경우가 NP-PN 경우보다 보상 성능이 우수하다는 것을 확인할 수 있다. 또한 반복되는 동일 크기의 RDPS가 650 ps/nm이고 이들이 2쌍 (즉 6번 반복)과 3쌍 (즉

4번 반복)으로 분포하는 링크에서 보상 특성을 가장 우수하게 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있다.

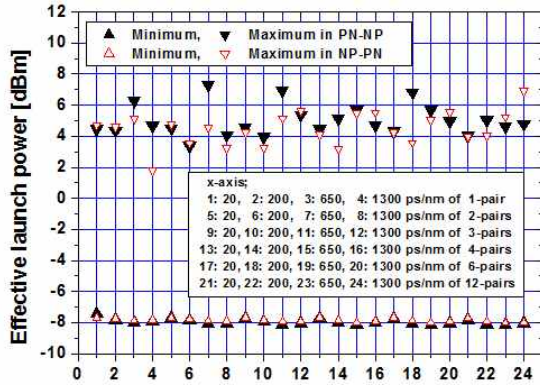


그림 3. 입사 전력 범위

References

- [1] A. Färbert, C. Scheerer, J.-P. Elbers, C. Glingener and G. Fischer, "Optimized dispersion management scheme for long-haul optical communication systems," *Electronic Letters*, Vol. 35, No. 21, pp. 1865-1866, Oct. 1999.
- [2] A. Chowdhury and R.-J. Essiambre, "Optical phase conjugation and pseudolinear transmission," *Optics Letters*, Vol. 29, No. 10, pp. 1105-1107, 2004.
- [3] J. P. Chung and S. R. Lee, "Pseudo-Symmetric Link Configuration in Dispersion-Managed WDM Transmission System with Optical Phase Conjugator", *Information*, Vol. 17, pp. 5963-5968, 2014.
- [4] H. B. Yim and S. R. Lee, "Compensation Characteristics of Optical Signal Distortions in Dispersion-managed Optical Links with Randomly Distributed RDPS," *International Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 8, No. 1, pp. 37-49, Jan. 2016.
- [5] X. Xiao, S. Gao, Y. Tian, and C. Yang, "Analytical Optimization of the Net Residual Dispersion in SPM-Limited Dispersion-Managed Systems," *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 24, No. 5, pp. 2038-2044, 2006.