

# Non-midway 광 위상 공액기를 갖는 분산 제어 링크

이성렬\*

\*목포해양대학교

## Dispersion-managed Transmission Links with the Non-midway Optical Phase Conjugator

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 위한 분산 제어에 광 위상 공액기 (OPC; optical phase conjugator)가 적용된 링크에서 OPC가 전체 전송 링크의 중간 (midway)가 아닌 다양한 곳에 위치하는 경우 각각의 최대 중계 수를 도출해보았다.

### ABSTRACT

The maximum number of fiber spans is induced in dispersion-managed optical links with the non-midway optical phase conjugator (OPC) for the compensation of 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.

## 1. 서 론

대용량 정보의 전송과 장거리 전송을 가능하게 하는 분산 제어 (DM; dispersion management)[1]와 광 위상 공액 (OPC; optical phase conjugation)[2]이 결합된 기술이 적용된 링크에서 OPC가 전체 전송 거리의 중간 (midway)가 아닌 곳에 위치한 경우 960 Gbps급 파장 분할 다중 (WDM; wavelength division multiplexing) 신호의 고품질 전송이 가능한 최대 중계 구간 수 (number)를 도출해 보고자 한다. 제안되는 전송 링크에서 단일 모드 광섬유 (SMF; single mode fiber)의 길이와 각 중계 구간 (fiber spans) 당 잉여 분산 (RDPS; residual dispersion per span)의 분포는 모든 중계 구간에서 일정하다.

## II. 광전송 링크와 시스템의 모델링

그림 1은 본 연구에서 살펴보고자 하는 OPC와 DM이 적용된 광전송 링크와 WDM 전송 시스템

의 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 연구의 목적인 OPC가 midway를 포함한 다른 다양한 위치에 있을 때의 최대 중계 구간 수 (즉 최대 전송 거리)를 살펴보기 위하여 OPC의 위치 비인  $n:m$ 을 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3으로 고려하여 시뮬레이션을 수행하였다. 본 연구에서 고려한 각 중계 구간을 구성하는 광섬유의 배열은 두 가지이다. 첫 번째는 송신부부터 OPC까지의 전반 전송 구획에서는 분산 보상 광섬유 (DCF; dispersion compensating fiber) 다음에 SMF가 오는 구조, 동시에 OPC부터 수신부까지의 후반 전송 구획에서는 SMF 다음에 DCF가 오는 구조이다. 또 다른 한 가지는 전반 전송 구획에서는 SMF+DCF, 후반 전송 구획에서는 DCF+SMF 구조이다.

SMF의 길이  $l_{SMF}$ 는 80 km로 동일하게 하였다. 또한 손실 계수  $\alpha_{SMF}$ 는 0.2 dB/km, 비선형 계수

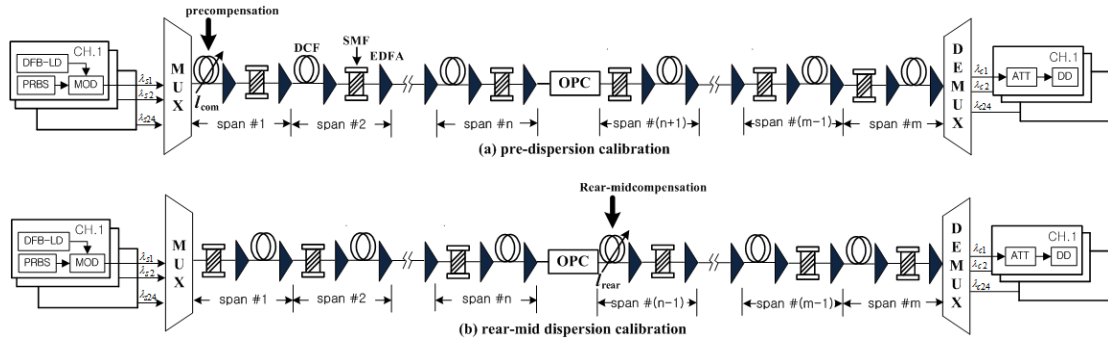


그림 1. 광전송 링크와 WDM 시스템의 구성

$\gamma_{SMF}$ 는  $1.35 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$  (@1,550 nm), 분산 계수  $D_{SMF}$ 는  $17 \text{ ps/nm/km}$  (@ 1,550 nm)로 동일하게 모델링하였다. DCF의 손실 계수  $\alpha_{DCF}$ 는  $0.6 \text{ dB/km}$ , 비선형 계수  $\gamma_{DCF}$ 는  $5.06 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$  (@1,550 nm), 분산 계수  $D_{DCF}$ 는  $-100 \text{ ps/nm/km}$  (@ 1,550 nm)로 모든 중계 구간에 대해 동일하게 하였다.

그림 1(a)의 구조에서는 전반 구획의 첫 번째 DCF 길이  $l_{pre}$ 가 전체 잉여 분산 (NRD; net residual dispersion)을 결정하는 pre-dispersion calibration (pre-DC)을 통해 NRD를  $10 \text{ ps/nm}$ 가 되게 하였다. 또한 그림 1(b)의 구조에서는 후반 구획의 첫 번째 DCF 길이  $l_{rear}$ 가 NRD를 결정하는 rear-mid dispersion calibration (rear-mid-DC)을 통해 NRD를  $10 \text{ ps/nm}$ 가 되게 하였다.

DC 방식에 따른 NRD 조절 중계 구간이 다른 모든 중계 구간에서의 RDPS는  $0 \text{ ps/nm}$ 가 되도록 DCF를 길이를 설정하였다.

그림 1의 송신기 Tx는 분포 궤환 레이저 다이오드 (DFB-LD; distributed feedback laser diode)로 DFB-LD의 중심 파장은  $1,550 \text{ nm}$ 부터  $100 \text{ GHz}$ (즉  $0.8 \text{ nm}$ ) 간격으로  $1568.4 \text{ nm}$ 까지 채널별로 24개를 할당하였고, 각각의 채널은 외부 변조기에 의해 소광비 (ER; extinction ratio)가  $10 \text{ dB}$ 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 2(a)와 (b) 각각은 pre-DC와 rear-mid-DC로 NRD를  $10 \text{ ps/nm}$ 로 설정한 링크에서 24개의 WDM 채널 중 수신 성능이 최악인 채널의 눈 열림 페널티 (EOP; eye opening penalty)가  $1 \text{ dB}$  이하로 얻어지는 입사 전력에 따른 최대 중계 구간의 수를 OPC 위치에 따라 나타낸 것이다. 당연한 결과이지만 OPC가 midway (즉 5:5)에 위치할

경우의 입사 전력에 따른 최대 중계 구간의 수가 NRD 조절 방식에 관계없이 가장 양호하게 얻어지고 OPC가 midway로부터 벗어날수록 입사 전력에 따른 최대 중계 구간의 수가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

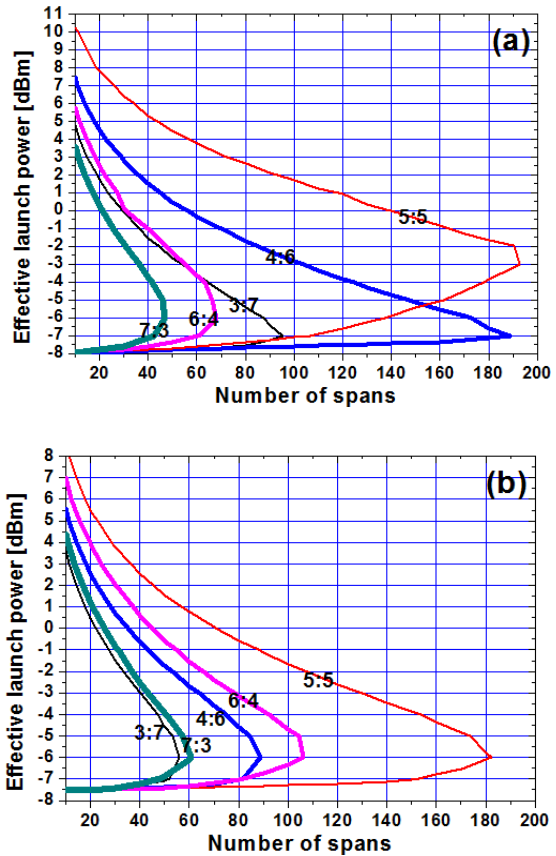


그림 2. 중계 구간 수에 따른 유효 입사 전력 (1 dB EOP를 얻을 수 있는 입사 전력)의 범위. (a) pre-DC, (b) rear-mid-DC.

그러나 NRD를 조절하는 방식에 따라 OPC가 벗어나는 위치에 따른 WDM 채널 보상 특성이 달라지는 것을 알 수 있다. 즉 NRD를 pre-DC로

조절하는 링크에서는 OPC가 송신부에 가까울수록 보상 특성이 좋아지는 (이는 4:6과 3:7의 보상 특성이 6:4와 7:3보다 양호하게 얻어지는 것으로 확인됨) 반면 NRD를 rear-mid-DC로 조절하는 링크에서는 OPC가 수신부에 가까울수록 보상 특성이 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

결과적으로 OPC를 non-midway에 위치시키는 링크 구조에서 NRD를 조절하는 중계 구간이 있는 전송 반 구획을 구성하는 중계 구간의 수를 상대적으로 줄여주는 구조가 WDM 채널 보상 면에서 유리하다는 것을 본 연구를 통해 확인할 수 있다.

### 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.