

고속 WDM 전송을 위한 차세대 광섬유(NZ_DSF) 필드 테스트

김근영, 이용기
KT 기술연구소 광전송망연구팀

Next Generation Optical Fiber(NZ_DSF) Field Test for High Speed WDM Transmission

Geun-Young Kim, Yong-Gi Lee
Optical Technology Division, Technology Laboratory, KT

Abstract - 포설된 1000km G.652 SMF 광섬유와 G.655 NZ_DSF의 광학적 특성을 비교하였다. 또한, NZ_DSF를 사용하여 400G(10Gbit/sx40채널)급 WDM 신호의 323km 전송실험을 통해 분산보상 방식에 따른 전송성능을 비교하였다. 실험분석 결과, 송수신측에서만 분산보상을 하는 방식보다는 주기적으로 각 스패마다 분산보상을 하는 방식이 XPM으로 인한 전송성능 저하를 줄일 수 있어 더 좋은 전송성능을 얻을 수 있음을 확인하였다.

NZ_DSF의 경우는 구매한 NZ_DSF 광케이블의 일부를 사용하여 점퍼코드를 구성한 다음 접속처리 후 성단하였다.

그림 1은 테스트 베드의 일부 구간을 이용하여 400G급(10Gbit/s x C 밴드 40채널) WDM 신호를 323km 전송하기 위한 실험 구성도이다. 광링크는 송신부, 323km NZ_DSF, 광증폭부, 수신부로 구성되어 있다. 송신부는 파장 안정화된 40개의 DFB 레이저의 출력을 LiNbO₃ 외부 변조기를 이용하여 10Gbit/s(패턴길이:10⁻³¹) 전송속도로 변조하여 사용하였으며, 1530.33nm~1561.42nm의 파장대역이 사용되었다. 다중화기는 포트별로 평균 4dB의 삽입손실을 갖고 중심파장 변이를 방지하기 위해 온도 안정화된 AWG가 사용되었다.

1. 서 론

전송용량이 수 테라급으로 증가됨에 따라 광전송매체인 광섬유에 대한 연구도 많이 진행되고 있으며 기존 단일모드 광섬유이외에 새로운 광학적 특성 NZ_DSF(Non Zero Dispersion Shift Fiber) 광섬유도 상용화되고 있다.^[1] NZ_DSF가 갖는 공통적인 특성은 기존 SMF가 갖고 있는 색분산 보상비용을 줄이고자 굴절률 profile를 조절하여 분산값을 줄인 것이다. 하지만, 단순히 광섬유의 분산값을 줄이는 것은 비선형 효과로 인한 신호의 왜곡을 유발시킬 수 있으므로 적절한 분산값과 분산보상방식 선택이 중요하다.

본 논문에서는 KT가 구축한 테스트 베드를 활용하여 SMF와 NZ_DSF의 광학적 특성 분석과 WDM 전송실험을 통해 분산보상 방식을 비교하였다.

2. 본 론

2.1 테스트 베드 구성

테스트 베드는 KT 기술연구소 실험실 광분배함(optical Fiber distributor:OFD)과 복대전 전화국 전송실 OFD간에 평균거리가 7.6km인 루즈튜브형 144코어 광케이블의 광코어를 루프백시켜 구성하였고, 총 전송거리는 1099km이다. 포설된 광케이블의 종류는 G.652 SMF와 G.655 NZ_DSF 광케이블이다.

1km~1.8km마다 접속점이 존재하므로 총 720개의 접속점이 전송링크에 포함되어 있다. 복대전 전송실에는 144코어를 패치만 시키는 방법으로 접속 후 접속셀프로 여장처리를 한 다음 OFD에 접속셀프를 실장시켰고, 연구소측은 전송실험과 측정 목적을 위해 광커넥터 성단처리 후 광코어를 패치시켜 한 색선이 각각 45.8km와 15.3km 두 구간을 갖고 이러한 색선이 9개가 반복되도록 하였다. 광코어 패치를 위해 SC/PC 타입의 광점프 코드가 사용되었다. 광케이블 성단처리시 SMF는 같은 종류의 광점퍼 코드를 사용하여 접속 후 성단처리 하였고,

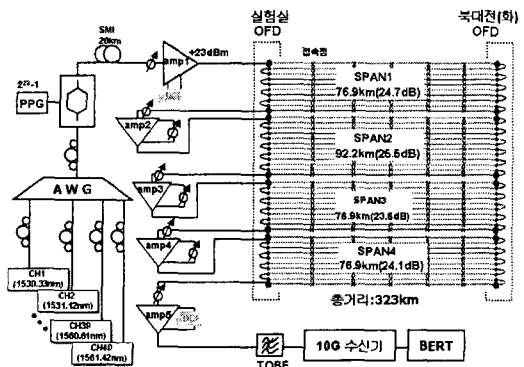


그림 1 테스트 베드를 활용한 실험 구성도

2.2 광학적 특성 측정

전송실험에 사용된 스패에 대해 측정된 광학적 특성은 다음과 같다. 구축된 NZ_DSF 테스트 베드는 접속손실을 포함하여 평균 0.28dB/km의 손실, 1550nm에서 4.3ps/nm/km의 색분산값과 0.083ps/nm/km의 분산기울기, OFD 및 접속점에서 -45dB 이하의 반사손실, 사용 파장대역 내에서 평균 0.014dB/km이하의 파장별 손실차, 0.05ps/km 이하의 PMD 계수 등의 광학적 특성을 갖는다.

그림 2는 각 스패에 대해 측정된 PMD 값으로 323km 링크를 구성했을 경우 총 PMD 계수가 0.01ps/km^{1/2} 이므로 10G 전송시 PMD로 인한 제약은 없음을 알 수 있다.

광선로 및 OFD 접속점에서 접속손실을 포함한 평균손실은 각 스패마다 24.7dB, 25.5dB, 23.6dB,

24.1dB로 스패 2의 경우는 다른 스패에 비해 거리가 76.9km로 길기 때문이다.

SMF와 NZ_DSFS의 광학적 특성 측정결과 PMD의 경우 NZ_DSFS가 더 좋은 특성을 보였으나, 손실에 대해서는 SMF가 더 좋은 특성을 보였다.

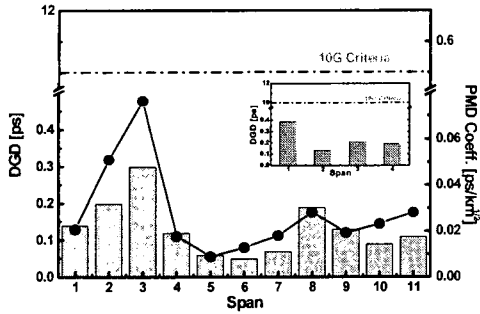


그림 2 PMD 측정 결과

2.3 전송실험 및 분석

실험은 송신측과 수신측에서만 분산 보상을 하는 방법과 매 스패마다 주기적으로 분산보상을 하는 방법에 대해 수행되었다. 전자의 경우 분산보상 후 각 채널별로 인여 분산값이 -549ps/nm와 236ps/nm 사이에 분포하였고, 후자의 경우는 -235ps/nm와 595ps/nm 사이에 분포되었다. 두 경우 모두 분산보상 후 최종적으로 각 채널이 갖는 분산값이 10Gbit/s 광신호를 전송하는데 요구되는 분산 허용치인 1000ps/nm이내가 되도록 분산지도를 작성하였다.

그림 3은 323km NZ_DSFS, 2개의 분산보상 광섬유, 5개의 광증폭기를 통과한 후 측정된 광스펙트럼으로 채널간의 파워 변동이 최대 13.1dB이고 장파장쪽으로 갈수록 선형적으로 채널 파워가 커짐을 알 수 있다. 광선로 및 분산 보상광섬유의 파장별 손실차와 5개의 광증폭기 자체를 다단연결 했을 경우 발생하는 파장별 손실차를 측정한 결과 약 1.1dB의 라만 효과로 인한 채널별 파워 차가 같은 밴드 내에서 발생했음을 확인했다.

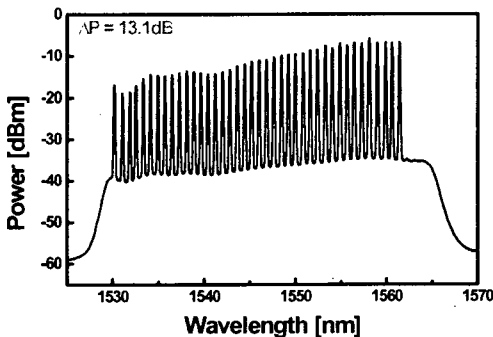


그림 3 323km NZ_DSFS 전송후 측정된 광 스펙트럼

광스펙트럼 분석기의 분해능을 0.1nm로 설정한

후 323km 전송된 모든 채널에 대해 광신호대 잡음비를 측정하였다. 40채널 중 단파장 영역의 4채널을 제외한 나머지 채널은 모두 10Gbit/s 전송에 요구되는 광신호대 잡음비인 25dB 기준을 만족하였다.

그림 4은 분산보상 방식에 따라 측정된 채널별 파워 페널티이다. 그림에서 양쪽 끝에 있는 채널의 페널티가 높은 이유는 역다중화 소자로 사용한 광대역 가변 투과필터의 대역이 1530nm~1560nm이므로 전송대역의 양쪽 끝쪽에 있는 채널을 제대로 필터링하지 못하였기 때문이다. 사용한 채널 간격이 100GHz이고 색분산값이 4.3ps/nm/km 이상이므로 FWM에 의한 전송능력 저하는 무시할 수 있다. 따라서, 분산보상 방식별 XPM으로 인한 효과만 고려하면 된다. 그림 4에서 송수신 측에서만 분산보상을 하는 경우에 비해 매 스패마다 주기적으로 분산보상을 하면 단파장쪽 채널은 BER 개선이 크게 없지만 장파장 영역의 채널은 XPM으로 인한 신호의 왜곡이 줄어들어 BER이 좋아짐을 볼 수 있다. XPM에 의한 신호의 왜곡정도는 입력 광세기와 분산값에 의해 결정된다. 주기적인 보상을 하면 즉, 매 스패의 뒷 부분에서 분산 보상을 하면 전송된 신호는 스패의 뒤쪽에스는 상대적으로 작은 분산값을 보게 되므로 스패 앞부분에서 XPM으로 인해 누적된 위상변화가 강도변화로 바뀌는 것을 줄일 수 있어 파워 페널티가 감소한다.

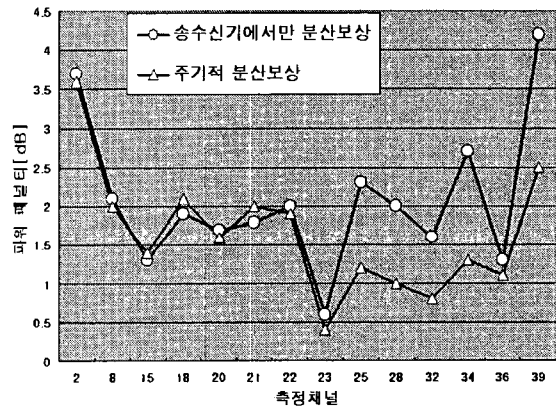


그림 4 분산보상 방식별 각 채널의 파워 페널티

3. 결 론

본 논문에서는 포설된 1000km G.652 광섬유와 G.655 NZ_DSFS의 광학적 특성을 비교하였다. 또한, NZ_DSFS를 사용하여 400G(10Gbit/sx40채널)급 WDM 신호의 323km 전송실험을 통해 분산보상 방식에 따른 전송성능을 비교하였다. 실험분석 결과, 송수신측에서만 분산보상을 하는 방식보다는 주기적으로 각 스패마다 분산보상을 하는 방식이 XPM으로 인한 전송능력 저하를 줄일 수 있어 더 좋은 전송성능을 얻을 수 있음을 확인하였다

[참고 문헌]

[1] Robert Linger, "Advanced Fibers as Enabling Technologies for ULH Networks", LEOS summer topical meeting, WC1.1, pp.2, 2001