파장분할다중화방식 전송로의 In-service 감시를 위한 새로운 감시시스템의 구현 및 성능평가

김필한 · 윤호성 · 박남규†
서울대학교 전기 컴퓨터공학부
㉾ 151-742 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

서재은 · 정기태
한국통신 가입자망연구소 WDM기술연구실
㉾ 305-348 대전광역시 유성구 화암동 62-1

유기원 · 이규행
(주)머큐리 중앙연구소 통신망연구실
㉾ 429-010 경기도 시흥시 대야동 360-3

(2001년 1월 8일 받음, 2001년 3월 9일 수정본 받음)

본 논문에서는 일반적인 OTDR 기술로 WDM 전송 시스템의 감시를 수행하는 새로운 방법을 제안하였다. 제안된 감시 방법은 전송로에 포함된 EDFA의 구조를 광회전기(optical circulator)와 FBG(Fiber Bragg Grating)를 이용하여 OTDR 광펄스의 파장에서만 양방향 전송이 가능하도록 변경하고, 전송 신호의 역방향으로 OTDR 광펄스를 삽입함으로써 EDFA의 교차이득 변조에 의한 신호왜곡을 분산시켜 신호전송과 전송로 감시를 동시에 수행하는 것이다. 이 감시 방법의 타당성을 검증하기 위해 제안된 구조로 변경된 EDFA가 포함된 320 km 길이의 8 채널 WDM 광전송 시스템을 구축하고 신호전송과 동시에 전송로 감시를 수행한 결과를 보였으며, 이 때 전송로 감시로 인한 전송 신호 채널의 power penalty를 BERT로 측정하여 그 값이 0.3 dB이하로 매우 작음을 보였다.

분류코드 : OC.010.

I. 서 론

최근 파장 분할 다중화(Wavelength Division Multiplexing) 시스템의 기술적 성숙와 함께 광전송망은 점점 고용량, 장거리화되어 가고 있으며, 이와 더불어 시스템의 신뢰도를 높이기 위한 광전송시스템 감시의 필요성도 더욱 커지고 있다. 이를 위한 광선로 감시시스템으로는 Optical Supervisory Channel, Power Cable Measurements, Optical Loopback Measurements, Optical Time Domain Reflectometry 등이 있다.[1] 이 중 OTDR은 전송로에 광펄스를 삽입하고 후방 산란(Back Scattering)되는 신호를 측정하여 전송로의 절단 위치나 손실 분포를 측정하는 방법으로 정확도가 높고 간단하다는 장점이 있다. 그러나 일반적인 광전송 시스템은 에르븀이 도핑된 광섬유 증폭기(Erbium Doped Fiber Amplifier)에 포함되어 있는 optical isolator로 인하여 단방향 전송만을 지원하므로, 후방 산란되는 신호를 이용하는 OTDR 기술을 적용할 수 없었다. 뿐만 아니라 하나의 EDFA로 전송 신호와 광펄스를 동시에 증폭하는 경우에는 광펄스로부터 유도된 EDFA의 교차 이득 변조(cross gain modulation)로 인한 전송 신호의 왜곡 현상으로 인해 신호 전송과 전송로 감시를 동시에 수행하는 것(in-service monitoring)이 불가능하다는 문제점이 있었다.[2,3] 이러한 문제를 극복하기 위해 EDFA의 구조를 변경하여 전송로 감시를 수행하는 경우에만 EDFA의 펌프를 조작하여 양방향 전송이 가능하게 만드는 방법,[4] 양방향 전송을 가능하게 함과 동시에 광펄스로 인한 EDFA의 과도응답현상을 막기 위하여 두 개의 EDFA를 병렬로 달고 광증폭기 앞에서 광펄스와 전송 신호를 분리하여 각각 증폭하고 다시 합쳐주는 방법,[5,6] 신호 송신로와 후방산란되는 광펄스의 수신로를 분리하여 양방향 전송이 가능하도록 하고 동시에 Coherent OTDR을 이용하여 EDFA의 입력파워를 항상 일정하게 유지함으로써 신호 왜곡을 피하는 방법[7,8] 등이 제안되어 왔다. 그러나 이 방법들은 앞서의 두 가지 문제점을 동시에 해결하지 못하거나, 복잡한 EDFA의 구조 변경을 요구하거나 또는 광펄스의 증폭을 위한 EDFA를 추가로 요구하여 전송 시스템의 비용을 크게 증가시킨다는 단점이 있었다.

본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 단일 EDFA의 구조를 최소한으로 변경하여 전송신호와 OTDR 펄스를 함께 증폭하고, 전송 신호의 역방향으로 OTDR 광펄스를 삽입함으로써 신호 왜곡을 분산시켜 신호전송과 전송로 감시를 동시에 수행하는 방법을 새로이 제안하고 실험을 통해 그 타당성을 검증하였다. 이를 위해 제안된 전송로 감시 시스템을 실제로 적용한 8 채널 WDM 광전송로를 구축하고 전송로

†E-mail: nkpark@plaza.snu.ac.kr

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

감시와 신호전송을 동시에 수행한 결과를 보였으며, 전송로 감시로 인한 전송 신호 채널의 power penalty가 0.3 dB이하로 매우 작음을 보였다. 기존의 EDFA가 포함된 WDM 광전송 시스템의 감시를 위해 제시된 방법들과 비교하여 본 논문에서 새로이 제시한 방법은 하나의 EDFA만으로 신호와 광펄스를 동시에 증폭하므로 추가의 EDFA가 필요없고 수동 광소자만을 이용하여 구조를 변경하기 때문에 비용이 저렴하고, 신호전송과 동시에 전송로 감시를 수행하는 것이 가능하므로 전체 시스템의 효율성과 유연성이 뛰어나며, 장거리 감시가 가능하다는 장점이 있다.

II. 광전송로 감시 시스템의 구조

OTDR을 이용한 전송 시스템 감시의 문제점은 EDFA의 단방향성과 OTDR 펄스로부터 유도되는 EDFA의 교차 이득 변조로 인한 전송 신호의 왜곡 현상이다. 그림 1은 기존 EDFA의 단방향성을 극복하기 위해 본 논문에서 새로이 제시한 OTDR 광펄스 파장에서의 양방향 전송이 가능하도록 변경된 구조의 EDFA이다. FBG가 OTDR 광펄스 파장의 신호만을 반사시키고 그 외의 파장의 신호는 통과시키므로, OTDR 펄스 파장에서는 양방향 전송이 가능하나 그 외의 파장에서는 FBG를 통과한 신호가 fiber termination에서 소멸되므로 단방향 전송만이 가능하게 된다. 이 때 양방향 전송이 가능한 파장 대역을 좁힘으로써 EDFA로 다시 입력되는 ASE (Amplified Spontaneous Emission)의 외부 반사광을 줄여 변경된 구조의 EDFA에서 발생할 수 있는 lasing 현상을 최소화할 수 있고 잡음지수의 열화를 막을 수 있다. 기존의 방법과 비교할 때, 본 논문에서 제시된 구조는 수동 광소자만을 이용하므로 구조변경이 용이하고 비용이 싸며, 광펄스의 증폭을 위한 추가의 광증폭기나 별도의 펌프 레이저 조작이 필요없다는 장점을 가진다. 여기서 한가지 고려할 점은 좁은 대역에서만 양방향 전송이 가능하므로 일반적으로 10-20 nm 수준의 대역폭을 가지는 기존의 OTDR 광원은 사용할 수 없으며, DFB (Distributed Feedback laser) 레이저를 광원으로 사용하여 광펄스의 대역폭이 1 nm 이하가 되도록 해야한다는 점이다.

한편 이와 같이 변경된 구조의 EDFA를 WDM 전송 시스템의 in-line EDFA로 사용하면 OTDR을 이용한 시스템 감시는 가능하지만 EDFA의 교차 이득 변조로 인한 문제점은 여전히 남아 있다. 광펄스가 EDFA에 삽입되는 순간에 총 입력 신호의 증가로 밀도반전이 감소하고 펄스가 EDFA를 통과한 후 감소한 밀도반전이 다시 원 상태로 돌아오는 과정에서 밀도반전에 따라 EDFA의 이득이 변화하여 전송 신호의 왜곡을 야기하게 된다.[2,3] 또한 이와 같은 교차 이득 변조로 인한 신호 왜곡은 EDFA를 통과할 때마다 누적되어 커지므로 장거리 신호전송을 위해서 in-line EDFA를 추가할 때마다 신호 왜곡이 증가하여 전체 시스템의 성능을 떨어뜨리게 된다. 기존의 감시 시스템은 이 문제점을 해결하기 위해 전송로 감시 중에는 신호전송을 중지하거나, 데이터 신호와 분리하여 OTDR 광펄스만을 증폭하기 위한 별도의 EDFA를 사용하였다. 그러나, 전자의 방법은 신호 전송과 광전송로 감시를 동시에 수행하는 것이 불가능하여 전체 전송 시스템의 효율성과 유연성을 크게 떨어뜨리는 단점이 있었으며, 후자의 방법은 이 점은 극복하였으나 추가의 EDFA 사용으로 인해 전체 시스템의 비용과 복잡성이 크게 증가하는 단점이 있었다. 본 논문에서는 하나의 EDFA로 데이터 신호와 OTDR 광펄스를 동시에 증폭하여 감시 시스템 적용에 따른 전송 시스템의 구축 비용의 증가를 피하면서, 신호 전송과 전송로 감시를 동시에 수행하기 위해 OTDR 광펄스를 신호전송의 역방향으로 삽입하여 신호 왜곡을 시간 축에서 분산시키는 방법을 제안하였다. 그림 2는 OTDR 펄스와 전송 신호의 상대적인 방향에 따른 전송 신호의 왜곡정도의 차이를 알기 위해 80 km 간격으로 배치된 3개의 EDFA를 통과하는 320 km의 광선로를 구축하여 실험을 수행한 결과이다. 이 때 EDFA의 입력 신호로는 1550 nm 파장에서 –11 dBm의 파워를 가지를 포화 광원을 사용하였다. 한편 OTDR 광펄스는 파장을 1560 nm로 하고, 폭을 10 μs로 하였으며 14 dBm크기를 가진다. 이 광펄스는 4 ms의 주기로 전송로에 삽입된다. 이 실험 결과에서 볼 수 있듯이 OTDR 펄스를 전송 신호와 같은 방향으로 삽입하여 전송로 감시를 수행할 경우에는 교차이득변조에 의한 신호왜곡이 계속 같은 데이터 신호에 작용하면서 누적되어 1.5 dB 이상의 큰 파워 감소를 야기하는 것에 비해, 역방향으로 삽입한 경우에는 각 EDFA에서 발생하는 신호왜곡이 각각 다른 데이터 신호에 작용하여 시간축에서 분산되면서 0.5 dB 이내로 파워 변화가 억제된다. 또한 후방산란되는 OTDR 펄스간의 간섭에 의한 측

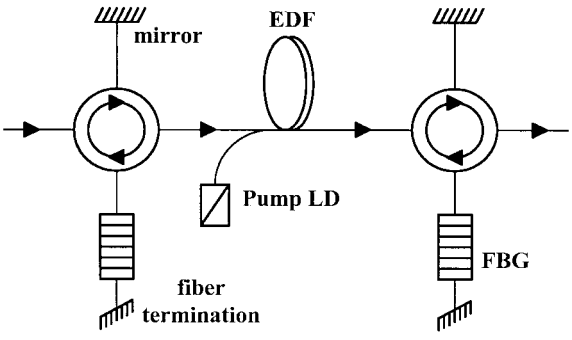

그림 1. 변경된 구조의 EDFA.

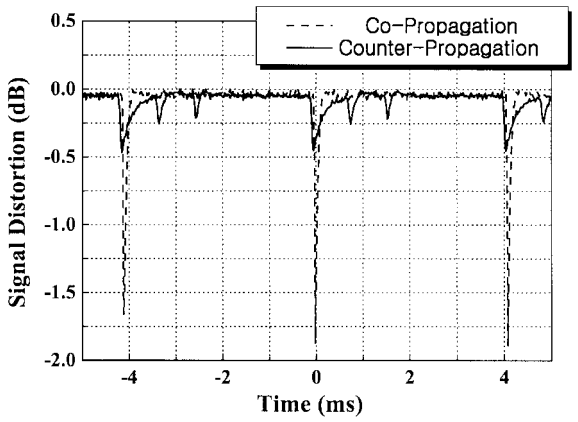

그림 2. OTDR 펄스와 전송 신호의 방향에 따른 전송 신호의 왜곡.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

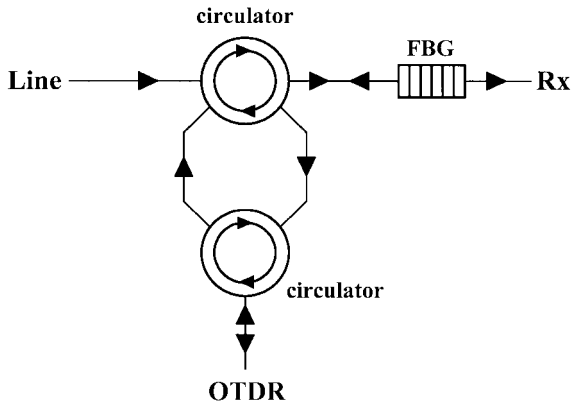

그림 3. Optical Device Card (ODC).

정결과의 왜곡을 피하기 위해서 펄스의 삽입주기를 전체 전송로 전송시간의 2배 이상으로 하기 때문에, OTDR 펄스와 WDM 신호상의 각 비트들 간의 상호 간섭은 전체 전송로에서 한 번 이상 발생할 수 없다. 따라서 OTDR 펄스와 WDM 신호 간의 유도라만산란이나 상호위상변조와 같은 비선형 현상에 의한 전송 품질의 열화는 EDFA의 교차이득변조로 인한 열화에 비해 무시할 수 있다. 따라서 OTDR 광펄스를 전송신호의 반대방향에서 삽입하여 신호왜곡이 축적되는 것을 피하면, 하나의 EDFA에서의 교차이득변조로 인한 신호왜곡은 EDFA의 느린 응답속도로 인해 그다지 크지 않으므로 EDFA가 여러 개 포함된 장거리 광전송로에서의 데이터 신호 전송과 OTDR에 의한 감시를 동시에 수행할 수 있게 된다.

그림 3은 신호전송의 역방향으로 OTDR 광펄스를 광선로에 삽입하고 후방산란되는 신호를 추출해내기 위해서 사용하는 Optical Device Card(ODC)의 구성도이다. 앞서 EDFA 구조 변경의 경우와 마찬가지로 광전송로에서 입력된 신호 중 OTDR 파장의 신호만이 FBG에서 반사되어 circulator를 통해 OTDR쪽으로 추출되게 되며, 다른 파장의 데이터 신호들은 FBG를 통과하여 수신기로 입력된다.

III. 광전송로 감시 시스템의 성능평가

그림 4는 앞서 제안한 광전송로 감시 시스템의 성능 평가를 위한 실험 구성도이다. 외부변조기를 이용해 변조된 2.5 Gbps ×8 채널 파장분할다중화방식(WDM:Wavelength Division Multiplexing)의 신호를 4개의 span으로 이루어진 총 320 km의 단일모드광섬유(SMF:Single Mode Fiber)로 전송시킨다. 이때 각각의 span은 광 커넥터로 연결된 4개의 20 km 단일모드 광섬유 스풀로 이루어진다. 3개의 변경된 구조의 EDFA를 각 span 사이에 삽입하였으며, 각 EDFA의 이득은 21 dB이며, 이득평탄도는 0.5 dB 이내, 잡음지수는 6 dB 이하의 값을 가진다. 2개의 동일한 1×16 AWG(Arrayed Waveguide Grating)를 각각 다중화기(Multiplexer), 역다중화기(DeMultiplexer)로 사용하였다. 8 채널 WDM 신호의 파장으로는 1548.2 nm부터 1559.4 nm까지 1.6 nm 간격의 8개 파장을 사용하였으며, OTDR 광펄스의 파장으로는 1561.4 nm를 사용하였다. 이 때 각각의 채널마다 가변광감쇄기(variable optical attenuator)를 연결하여 전송로에 삽입된 첫 번째 EDFA 입력단에서의 채널 파워가 –20 dBm이 되도록 조절하였다. 송신된 8 채널의 WDM 신호는 다중화기에서 합쳐진 후 3개의 EDFA가 포함된 320 km의 광섬유를 통해 전송된 후 ODC에서 OTDR 파장의 감시용 광펄스만 추출되고 그 외 파장의 데이터 신호들은 ODC를 통과하여 역다중화기에서 다시 분리되어 각각의 수신기로 입력된다. 이 때 전송로 감시를 위한 OTDR로는 일반적으로 사용되는 상용 HP E6058A Rack OTDR의 광원의 넓은 대역폭을 가지는 Fabry-Perot 레이저를 좁은 대역폭의 DFB 레이저로 교체하여 사용하였다. 또한 후방산란되는 신호의 파워를 측정하는 APD(Avalanche Photo Diode) 앞에 가변광감쇄기를 추가하여 APD가 포화되는 것을 방지하였다. 그림 5는 이 WDM 전송시스템에서 8채널의 WDM 신호가 ODC를 통과한 후의 전송결과이다. 이 결과에서 8 채널의 파워 편차가 2.0 dB 이내로 유지된 것을 볼 수 있다. 또한 ODC에서 OTDR 펄스 파장의 신호가 추출되었음을 확인할 수

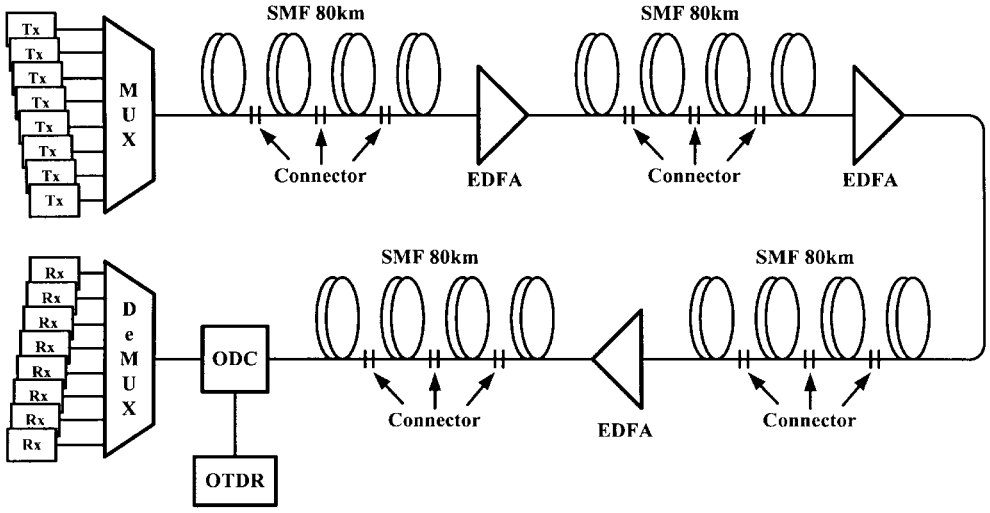

그림 4. 감시 시스템 성능 평가를 위한 실험 구성도.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

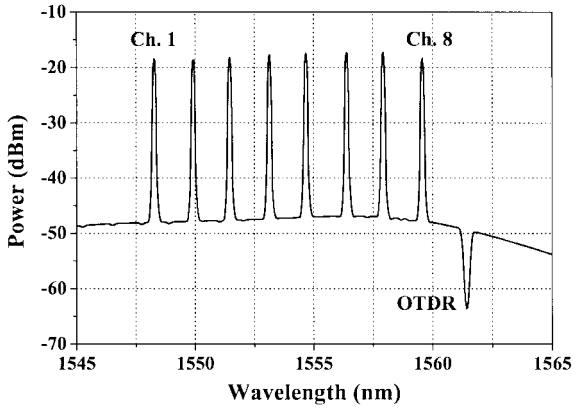

그림 5. WDM 8 채널 전송 결과(RBW = 0.2 nm).

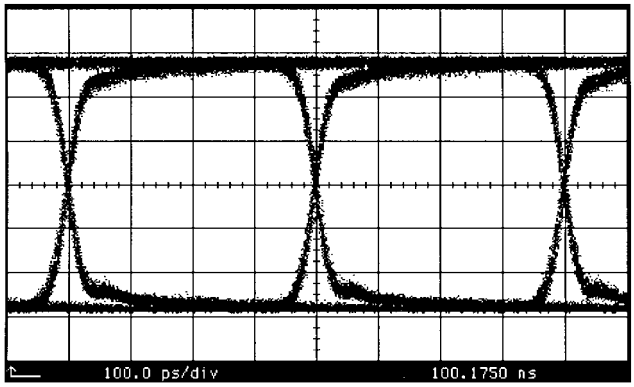

그림 6. 송신된 2.5 Gbps 광신호의 Eye Diagram.

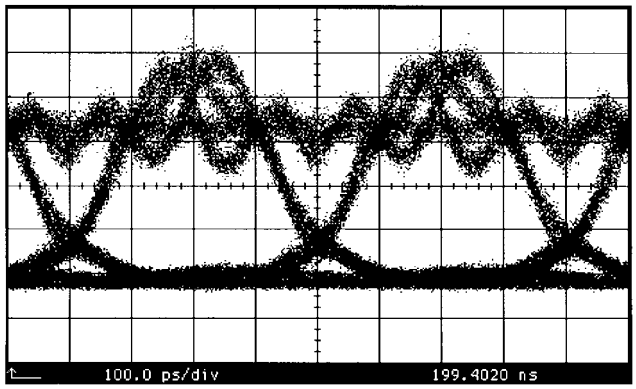

그림 7. 320 km 전송 후 수신된 2.5 Gbps 광신호의 Eye Diagram.

있다. 그림 6과 그림 7은 각각 송신기 출력부와 수신기의 입력부에서 본 2.5 Gbps 광신호의 Eye Diagram이다. 이 때 그림 7에서 볼 수 있는 광신호의 왜곡은 광섬유를 구성하는 매질의 굴절률이 파장에 따라 다르기 때문에 발생하는 색분산현상에 의한 것이다.

그림 8은 그림 4와 같이 구성한 WDM 전송 시스템에서 역방향으로 OTDR 광펄스를 삽입하여 전송로 감시를 수행한 결과이다. 이것은 폭이 10 mus이고 peak 파워가 14 dBm인 광펄스를 4 ms의 주기로 전송로에 반복 삽입하면서 후방산란되는 신호를 측정한 후, 신호 대 잡음비의 개선을 위해 3분간

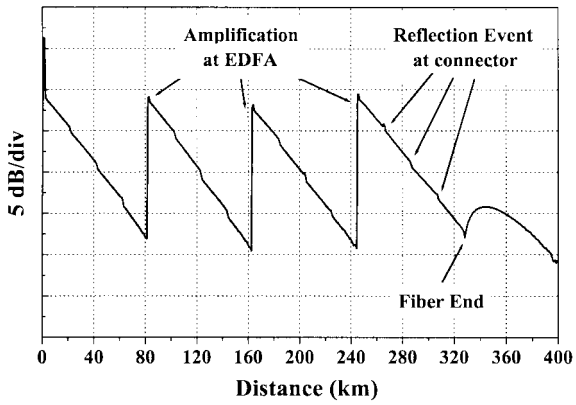

그림 8. OTDR 감시 결과.

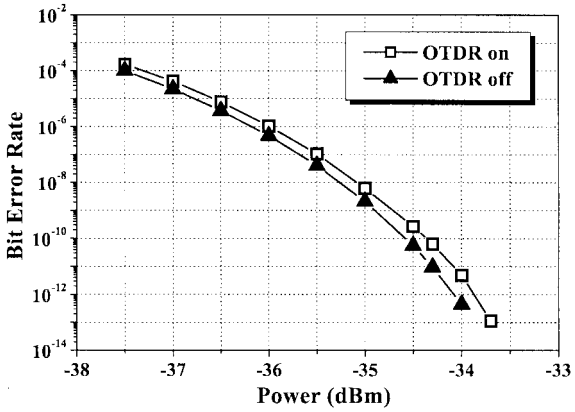

그림 9. 광전송로 감시에 따른 power penalty 측정 결과.

평균화(Averaging)를 수행한 결과이다. 이 결과에서 80 km마다 EDFA에 의해서 광펄스가 증폭되고, 20 km마다 사용된 광커넥터에서 반사와 삽입손실이 발생하였음을 볼 수 있다. 한편 각각의 단일모드광섬유 스풀마다 여유분의 광섬유가 포함되어 있기 때문에, 전체 전송로의 길이는 정확히 320 km가 아니라 조금 더 길게 된다. 따라서 실제 전송로 감시 결과는 그림 9의 Fiber End까지이며, 이 부분을 넘어선 구간의 결과는 각각의 광섬유 span 사이에서 후방산란된 광펄스 파워의 일부가 다시 후방산란되는 과정을 반복하면서 발생하는 고스트 신호에 의한 것이다.

다음으로 그림 9는 본 논문에서 제시한 전송로 감시 방법에 의한 전송 시스템의 power penalty를 측정하기 위해 BERT (Bit Error Rate Tester)로 에러율을 측정한 것이다. 이 결과는 일반적으로 2.5 GHz 광전송시스템의 성능측정을 위해서 사용되는 $2^{23}-1$ 길이의 PRBS(Pseudo Random Bit Sequence)를 전송하여 얻은 것이다. 이 그림에서 전송로 감시에 따른 power penalty가 0.3 dB 이내로 매우 작음을 알 수 있다.

일반적으로 OTDR 광펄스의 에너지를 크게 하면 전송로 감시가 가능한 거리를 증가시킬 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 감시 시스템의 경우는 OTDR 광펄스를 EDFA를 이용하여 증폭하는데 이 경우 광펄스의 에너지가 너무 크면 EDFA의 과도응답에 의해 저주파 신호에 대한 이득이 감소하면서 감시 가능 거리가 오히려 줄어들게 된다.[9] 따라서 적절

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한 수준으로 광선로에 삽입되는 광펄스의 에너지를 조절해야 하며, 앞서 수행한 실험에서는 광펄스의 에너지를 251 nJ로 하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 일반적인 OTDR 기술로 WDM 전송 시스템의 감시를 수행하는 새로운 방법을 제안하였다. 제안된 감시 방법은 전송로에 포함된 EDFA의 구조를 circulator와 FBG (Fiber Bragg Grating)을 이용하여 OTDR 광펄스의 파장에서만 양방향 전송이 가능하도록 변경하고, 전송 신호의 역방향으로 OTDR 광펄스를 삽입함으로써 교차이득변조에 의한 신호왜곡을 분산시켜 신호전송과 전송로 감시를 동시에 수행하는 것이다. 다음으로 이 감시 방법의 타당성을 검증하기 위해 제안된 구조로 변경된 EDFA가 포함된 320 km 길이의 8 채널 WDM 광전송 시스템을 구축하고 2.5 Gbps의 신호전송과 동시에 전송로 감시를 수행한 결과를 보였다. 이 때 전송로 감시로 인한 전송 신호 채널의 power penalty를 BERT로 측정하여 그 값이 0.5 dB이하로 매우 작음을 보였다. 본 논문에서 제시된 새로운 감시 방법은 기존의 방법들과 비교하여 수동 광소자만을 이용하여 광전선로에 포함될 EDFA의 구조를 변경하고, 하나의 EDFA만으로 신호와 광펄스를 동시에 증폭할 수 있으므로 추가의 EDFA가 필요 없기 때문에 구현이 간편하고 소요비용이 저렴하다. 뿐만 아니라 본 논문에서 제안된 감시 방법은 신호 왜곡을 최소화함으로써 신호 전송과 동시에 실시간으로 전송로 감시를 수행하는 것이 가능하므로 전체 전송 및 감시 시스템의 효율성과 유연성이 뛰어나다는 장점이 있다.

최근 정보화 시대의 도래와 함께 트래픽 용량이 기하 급수적으로 증가하면서, 이에 맞추어 기간 광통신망도 파장분할다중화방식 기술의 도입으로 용량을 획기적으로 확장하고 있다. 이런 추세 속에서 고속 광전송로에 장애가 발생할 경우 장애지점을 신속하게 파악하고 복구하기 위한 감시 시스템의 필요성도 함께 커지고 있다. 본 논문에서 제안한 새로운 감시 시스템은 그 구현이 용이하고 실시간으로 전송로를 감시할 수 있으므로 효율적이면서도 경제적인 전송로의 감시가 가능할 것으로 기대된다. 또한 EDFA 개수 증가에 따른 신호 왜곡의 누적이 최소화되어 전송로 감시에 따른 power penalty가 매우 작으므로, 향후 전송로의 길이가 증가하더라도 보다 쉽게 대처 할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

[1] R. A. Jensen, in “Performance monitoring in undersea lightwave systems.” *Optical Fiber Communication Conference '99*, Optical Society of America, San Diego, USA, 1999, pp. 38-40.

[2] Y. Sun, J. L. Zyskind, and A. K. Srivastava. “Average inversion level, modeling, and physic of erbuim-doped fiber amplifier,” *J. Select. Topics Quantum Electron.*, vol. 3, no. 4, pp. 991-1007, 1997.

[3] A. Bononi and L. A. Rusch, “Erbium-doped fiber amplifier dynamics: a system perspective,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 16, no. 5, pp. 945-956, 1998.

[4] Y. Sato and K.-I. Aoyama, “Optical time domain reflectometry in optical transmission lines containing in-line Er-doped fiber amplifiers,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 78-83, 1992.

[5] Y. K. Chen, W. Y. Guo, W. I. Way, and S. Chi, “In-service supervisory EDFA-repeated wavelength division multiplexing transmission system,” *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 7, no. 8, pp. 923-925, 1995.

[6] Y. Horiuchi, T. Otani, S. Yamamoto, and S. Akiba, “In-service inter-span fault monitoring on multi-repeated WDM transmission system,” *European Conference on Optical Communication '97*, Edinburgh England, 1997, pp. 291-294.

[7] S.-I. Furukawa, K. Tanaka, Y. Koyamada, and M. Sumida, “Enhanced coherent OTDR for long span optical transmission lines containing optical fiber amplifiers,” *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 7, no. 5, pp. 540-542, 1995.

[8] T. Otani, Y. Horiuchi, T. Kawazawa, K. Goto, and S. Akiba, “Fault localization of optical WDM submarine cable networks using coherent-optical time-domain reflectometry,” *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 10, no. 7, pp. 1000-1002, 1998.

[9] W. I. Way, Y. W. Lai, and Y. K. Chen, “The effect of transient gain compression in a saturated EDFA on optical time domain reflectometry testing,” *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 6, no. 10, pp. 1200-1202, 1994.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

Implementation and performance measurement of a novel in-service supervisory system for WDM transmission link

Pilhan Kim, Hosung Yoon, and Namkyoo Park†

School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University, Seoul 151-742, KOREA

†E-mail: nkpark@plaza.snu.ac.kr

Jae-eun Seo and Kitae Jeong

Optical Communication Research Team Access Network Laboratory, Korea Telecom, Taejon 305-732, KOREA

Ki-Won Ryoo and Kyu-Haeng Lee

Mercury Corporation R&D Center, Gyeonggi 429-010, KOREA

(Received January 8, 2001 ; Revised manuscript received March 9, 2001)

Novel supervisory system for WDM transmission link using conventional optical time domain reflectometry was presented. By modifying the structure of erbuim doped fiber amplifier to support bi-directional transmission at OTDR pulse wavelength and launching the optical pulse into transmission link in the opposite direction of data signal propagation to avoid the distortion by cross-gain modulation, it is possible to monitor the WDM link in service. To prove the validity of proposed scheme, the supervision result of 2.5 Gbps × 8 channel WDM 320 km transmission system in service by OTDR was presented. And power penalty due to monitoring was measured as smaller than 0.3 dB.

Classification code : OC.010.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.