

32 채널 x 10G/42.8G 혼합 신호의 단일모드 광섬유 전송

Transmission of 32 x 10G/42.8G hybrid signal over single mode fiber

이상수, 조현우, 임상규, 고제수, 이동수*, 이만섭*
 한국전자통신연구원 TDM기술팀 *한국정보통신대학교
 soolee@etri.re.kr

We have transmitted 32 x 10G/42.8G hybrid signals over standard single mode fiber and compared the transmission performance between NRZ and CS-RZ. The result shows that both modulation schemes satisfy Q value characteristics after transmission of 320km.

전송 시스템의 용량을 증가시키는 방법으로 네트워크 상의 모든 장치를 한번에 업 그레이드하는 것보다 일부 채널만 용량을 증가시키고, 광증폭기, 광다중/역다중기 등 기존의 네트워크 인프라는 그대로 활용하는 혼합 신호 전송 방법^[1,2]이 경제적으로 많은 이점을 제공한다. 예를 들어 C-band에서 제공 가능한 트래픽을 모두 사용한 경우, L-band에 새로운 전송 채널을 삽입하는 band-to-band의 업 그레이드 방식을 채택할 경우 사용되는 트랜스폰더 뿐만 아니라, L-band용 광증폭기와 다중/역다중화 블록을 함께 추가하여야 하므로 막대한 장치 비용이 소요된다. 그렇지만, 기존의 10Gb/s 채널을 제거하고 그 대역에 전송속도가 높은 40Gb/s 트랜스폰더만 추가하여 동작할 수 있다면 가장 쉬우면서도 경제적으로 전송 용량을 증가시킬 수 있다. 특히 비트 오류율 10^{-5} 이상 얻을 수 있으면, FEC(forward error correction)를 도입하여 10^{-15} 이하로 동작하는 것이 가능하므로, 신호의 대역폭이 4배 증가함에 따라 발생하는 광학적 신호대 잡음비의 제한 문제를 쉽게 해결할 수 있다.

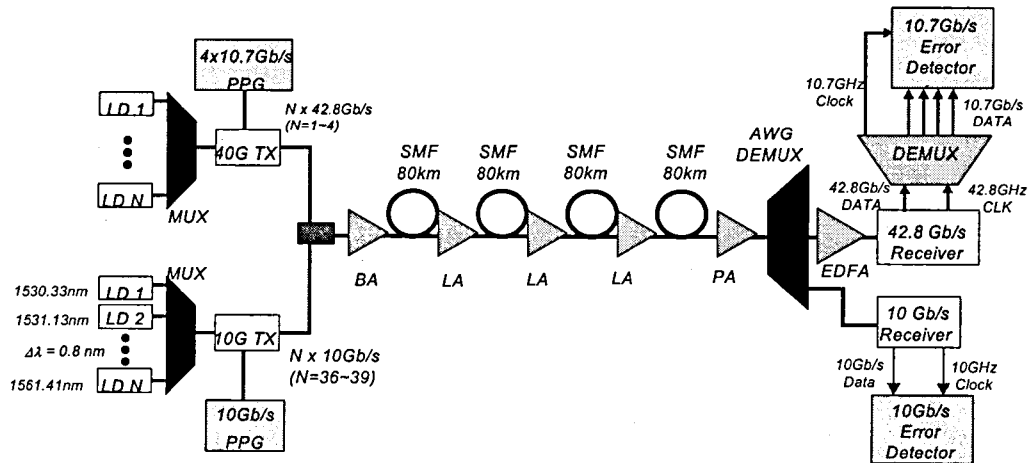
본 논문에서는 이러한 관점에서 기존의 32채널 x 10Gb/s DWDM 전송 장치에서 일부 채널을 42.8Gb/s로 교체하여 320km의 단일모드 광섬유를 사용하여 전송한 결과에 대하여 기술하였다. 특히 42.8Gb/s 신호의 변조를 위해 NRZ(non-return-to-zero) 이외에 CS-RZ(carrier-suppressed return-to-zero) 방식도 도입하여 두 변조 방식 간의 전송 특성을 비교하였다.

10Gb/s 기반의 DWDM 광링크에서 일부 채널을 42.8Gb/s로 대체하여 전송하고자 할 때 구성되는 광링크를 (그림 1)에 나타내었다. 전송 채널은 1530.33 - 1561.42nm까지 100GHz 간격으로 모두 32채널이 사용되었으며, 42.8Gb/s 채널은 최대 4채널까지 삽입하여 성능을 측정하였다. 42.8Gb/s 신호의 변조는 NRZ, CS-RZ 모두 가능하며, 10Gb/s 채널은 NRZ 변조 방식을 사용한다. 두 신호는 광섬유 결합기를 사용하여 결합되어 전력증폭기로 입력된다. 각 개별 광증폭기는 이득이 22dB이며, 입력이 2dBm, 출력이 20dBm이 되도록 하며, 필요에 따라 출력을 조절할 수 있도록 되어 있다. 분산 보상을 위해 전력 증폭기와 전치 증폭기에는 분산값이 약 -680ps/nm인 분산 보상용 광섬유가 사용되었고, 선로 증폭기에는 -1360ps/nm 정도의 분산값을 갖는 분산 보상용 광섬유가 사용되었다. 채널 별 분산 보상을 위한 장치는 사용되지 않았다. 역다중화부 출력단에서는 42.8Gb/s 신호에 대하여 광증폭기를 사용하여 증폭을 하였다.

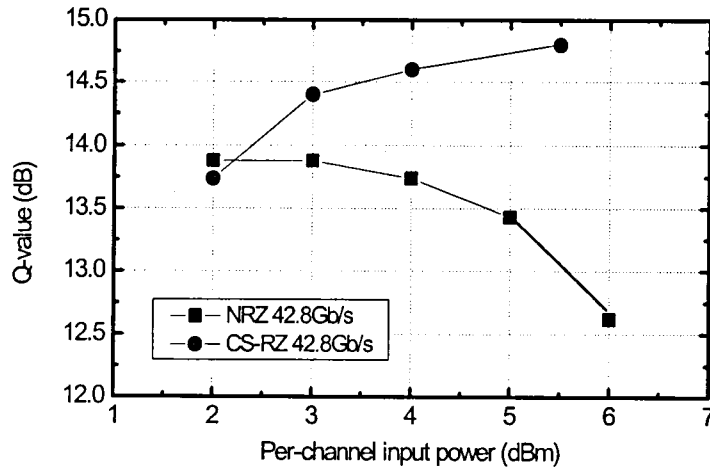
(그림 2)에는 42.8Gb/s CS-RZ 신호와 NRZ 신호를 단일모드 광섬유 320km 전송하는 경우에 대해 채널 당 광섬유 입력 세기 증가에 따른 전송 성능을 Q 값으로 나타내었다. 측정 채널은 전송 대역의 중간인 1546.92 - 1549.32nm에 위치하였다. 광섬유 입력 세기가 2dBm인 경우에는 CS-RZ와 NRZ에 차이가 없었으며, 오히려 NRZ가 약간 좋은 특성을 보였다. 이는 측정 채널인 #16채널 ($\lambda=1546.92\text{nm}$)에서의

잔여 분산이 다소 크기 때문인 것으로 판단된다. 그러나, 입력 광세기가 증가함에 따라 CS-RZ 신호에 대해서는 Q 값이 계속 증가하였으나, NRZ의 경우에는 감소하는 것으로 나타났다. 특히 NRZ의 경우 4dBm 이상의 파워에서 Q 값의 감소가 현저하게 나타났다. CS-RZ의 경우에는 광섬유 입력세기 약 5.5dBm에서 14.3dB의 Q 값을 나타냈으나, NRZ의 경우 5dBm인 경우에서도 Q값이 13.4 dB로 나타났다. 두 경우 모두 Q값 한계인 11.5dB 이상의 값을 얻을 수 있었으나, 전송거리가 증가하거나 광섬유 입력 세기가 증가하는 경우에는 CS-RZ를 사용하는 것이 좋을 것으로 보인다.

결론적으로 기존의 10Gb/s 기반의 DWDM 전송 장치에서 트랜스폰더만 40Gb/s 급으로 교체하여 전송하는 경우 320km 정도의 구간에서는 NRZ나 CS-RZ 모두 성능을 만족하였으나, CS-RZ가 비선형 현상에 대하여 좀 더 좋은 특성을 나타냄을 확인하였다.



(그림 1) 10G/42.8G 혼합 신호 전송을 위한 광링크 구성도



(그림 2) 광섬유 입력 세기에 따른 변조 방식 별 Q 값 특성

본 연구는 정보통신부 출연 "40Gb/s 시분할다중 광전송 기술 개발" 사업의 일환으로 수행되었습니다.

[참고문헌]

1. K. Nakamura et al., *Technical Digest of ECOC 2003*, paper TU 3.6.6.
2. T. Ito et al., *Technical Digest of ECOC 2002*, paper 1.1.4.