다단 광섬유 고리형 거울을 이용한 광 CDMA 네트워크의 성능 향상

Performance Improvement of Optical CDMA Network using Multi-stage Fiber Loop Mirror

유 학, 이혁재*, 원용협, 이종현**
한국정보통신대학원대학교 공학부, 한국전자통신연구원 광교환연구팀*, 테라광통신팀**
poesie@icu.ac.kr

광전송 시스템의 전송용량은 WDM 기술의 비약적 성장에 의해 테라 bps급으로 증대된 데 비해 LAN 또는 MAN 등을 포함한 광 다중 접속 네트워크에 대한 연구는 비교적 덜 성숙한 실정이다. 광 코드분할 다중접속 (CDMA) 네트워크는 비동기 다중 사용자 시스템에의 응용 가능성과 자체적인 보안성의 제공으로 광 다중 접속 네트워크 구성의 유망한 해결책 중 하나로 관심을 모으고 있다. 현재까지 다양한 광 CDMA 네트워크 구성 방안들이 제안되었으며 이들은 크게 시간영역 또는 주파수영역에서의 부/복호 방식, 인코히어런트 또는 코히어런트 광 신호처리 방식으로 분류되어진다[1].

다양한 광 CDMA 네트워크 구성 방안 중에서 광 사다리형 네트워크를 이용한 코히어런트 정합 필터링 방식은 수신단에서 높은 자기상관 피크 대 다중 접속 누화의 비를 얻어냄으로써 수 Gb/s의 데이터 속도에서 낮은 BER 을 나타내었다[2]. 광 사다리형 네트워크는 여러 단의 차등 광 시간 지연을 가지는 마하-젠더 간섭기로 구성되어지며 복호기에서의 자기상관 피크는 코히어런트 합에 의해 얻고 다중 접속 누화는 인코히어런트 합에 의해 얻음으로써 그 비를 크게 한다. 그러나 다수의 광섬유 지연선을 사용하기 때문에 정밀한 조정이 필요하며 부/복호기에서 사용하지 않는 단자에 의한 광 파워 손실이 크다는 단점이 있다.

본 논문에서는 광 사다리형 네트워크에 광섬유 루프를 첨가한 형태의 다단 광섬유 고리형 거울을 이용하여 광섬유 지연선을 통과하는 광 경로를 늘림으로써 같은 수의 광섬유 지연선에 대해 보다 많은 출력 펄스를 얻어내고 이를 복호함으로써 더 높은 자기상관 피크 대 다중 접속 누화를 얻어낼 수 있음을 보였다. 자기상관 피크 대 다중 접속 누화의 비가 증가함으로써 신호 대 잡음비가 증가하여 결국 동일한 광섬유 지연선을 사용하여 부/복호기를 구성하는 경우 성능이 향상됨을 알 수 있다. 또한, 이 구조는 부/복호기에서 사용하지 않는 단자가 없기 때문에 보다 높은 광 파워 효율을 얻을 수 있다.

그림 1은 다단 광섬유 고리형 거울을 이용한 코히어런트 정합 필터링 방식의 광 CDMA 네트워크 구성도이다. 코히어런트 정합 필터링을 얻기 위해서 각 사용자들의 부/복호기의 광섬유 지연선의 조합은 서로 광원의 코히어런스 시간보다 큰 차이를 갖도록 설정되며 그 결과 다른 사용자에 의한 누화는 복호기 출력에서 광 세기의 합으로 나타나고, 동일한 광섬유 지연선의 조합을 가지는 부/복호기 쌍에서는 코히어런트 합으로 나타난다.

N단의 광섬유 고리형 거울은 한 개의 입력 펄스에 대해 기존의 광 사다리형 네트워크의 $K=2^N$개의 펄스에 비해 $K=3^N$개의 펄스를 출력한다[3]. 시간축에서 확산된 부호기 출력은 복호기에서 K^2개의 펄스로

변환되고 동일한 광섬유 지연선 조합을 가지는 경우, 2K-1개의 펄스로 역확산된다. 그 중 자기 상관 피크는 위상과 편광이 동일한 K개의 펄스들이 겹쳐져 나타나게 되며 이 때 부/복호기에서의 입력 펄스의 위상과 편광에 대한 영향은 구조 내에 삽입된 wave plate들에 의해 조정되어지며 Jones 행열식을 이용해 해석되어진다[3][4].

그림 2는 1개의 광섬유 지연선을 사용한 경우의 한 쌍의 부/복호기에서의 출력이다. 광원은 1546.12nm 파장의 DFB-LD를 1.25 Gbps로 이득 스위칭하여 사용하였으며 복호기에서 1:0:9:0:1의 광 세기 비를 가지는 5개의 펄스가 생성되었다.

그림 3은 향상된 성능 검증을 위해 신호 대 잡음비를 기존의 광 사다리형 네트워크를 사용한 경우와 비교하였다. 자기상관 피크를 추출하기 위한 시간 게이트가 복호기 뒤에 삽입되었다고 가정하였으며 특히 사용된 광섬유 지연선의 수가 많아질수록 기존의 방법에 비해 신호 대 잡음비가 더욱 향상되고 있음을 알 수 있다.

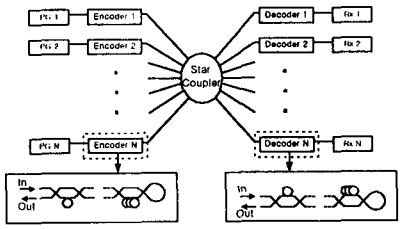
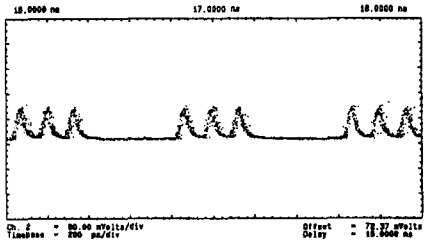


그림 1. 다단 광섬유 고리형 거울을 이용한 광 CDMA 네트워크



(a) 부호기 출력

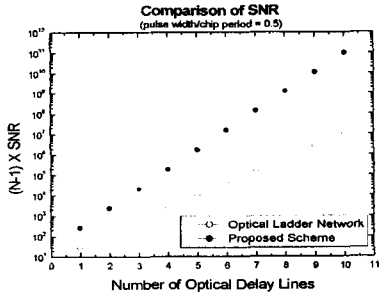
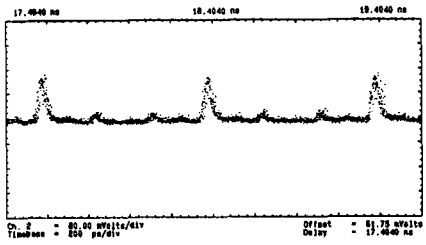


그림 3. 광섬유 지연선 수에 대한 신호대 잡음비 비교



(b) 복호기 출력

그림 2. 1개의 광섬유 지연선을 사용한 경우의 부호기와 복호기 출력

References

1. D.D Samson, G.J. Pendock, R.A. Griffin, " Photonics Code-Division Multiple Access Communications", Fiber and Integrated Optics, vol. 16, pp. 129-157, 1997.
2. D.D Sampson, R.A. Griffin, D.A. Jackson, "Photonic CDMA by Coherent Matched Filtering Using Time-Addressed Coding in Optical Ladder Networks", IEEE J. Lightwave Technology, vol. 12, no. 11, pp. 2001-2010, 1994.
3. D.B. Mortimore, "Fiber Loop Reflector", J. Lightwave Technology, vol. 6, pp. 1217-1224, 1988.
4. H.J. Lee, K.J. Kim, H.G. Kim, "Efficient 3^N-optical pulse generator based on multi-stage fiber loop mirror", Optics Communications, vol. 158, pp. 23-28, 1998