

이중 하드리미터 구조의 OCDMA 시스템 구현

권순영* · 김범주* · 박종대*

*명지대학교

Implementation of OCDMA System with Double Hard Limiters

Sun-young Kwon* · Bum-ju Kim* · Chong-dae Park*

*Myong Ji University

E-mail : echoksy@mju.ac.kr

요 약

본 논문에서는 광 부호분할다중접속(OCDMA) 시스템 구현을 위해 각 가입자의 시간·파장영역의 2차원 부호할당 및 변경이 가능하고 다중 사용자의 암호화된 데이터의 동시 전송과 모든 수신 노드에서 복원이 가능한 OCDMA 시스템 구조를 제안하였다. 또한 기존의 이중 광 하드리미터를 제한증폭기와 AND 게이트를 사용하여 이중 전기 하드리미터를 구현하였다. 서로 다른 파장을 갖는 레이저 다이오드와 FPGA를 이용한 전기 상관기로서 시간과 파장영역의 2차원으로 부호 다중화된 동시 가입자 신호에서 특정 가입자의 신호를 복원하였고, 제한 검출기와 위치 검출기의 이중 전기 하드리미터를 이용하여 MAI로 인한 기존 OCDMA 시스템에서의 식별력 저하와 비트오류 문제를 해결하였다.

키워드

OCDMA, Hard limiter, OOC, FPGA,

1. 서 론

시분할/파장분할(TDM/WDM)을 이용하는 광통신 방식은 동기화, 패킷충돌, 채널할당과 같은 문제를 수반하기 때문에 비동기 전송이 가능하고 트래픽에 관한 제어 시스템을 필요로 하지 않는 OCDMA 기술에 대한 필요성이 점차 증가되고 있다[1-2]. 동일 채널상에서 보다 많은 정보전송을 위해서 각 가입자에게 할당되는 부호는 우수한 상관 특성을 가져야 하며, 많은 가입자를 수용하기 위해서는 이러한 상관함수를 만족하는 많은 부호가 필요하게 된다. 그러나 만족할 수 있는 자기 상관 함수와 낮은 측파대의 상호 상관 함수 특성은 부호의 길이 증가로 만족할 수 있지만, 부호열의 증가는 부호화기와 역부호화기의 속도에 제약을 주기 때문에 하드웨어의 구현을 어렵게 만든다. 이에 상관 함수 조건을 만족하고 시간과 파장영역에서 동시에 부호를 생성하는 2차원 광 부호 생성 이론과 부호기/복호기 구조가 제안되었다.[3] 그러나 기존의 광섬유 지연선과 같은 광소자를 이용하여 부호기/복호기를 구성한 기존의 OCDMA 시스템 구조

에서는 목적된 수신노드에 따라 부호가 할당되면 부호기/복호기의 변경이 어렵고, 시스템의 부피와 가격이 증가하게 되어 OCDMA 상용화의 걸림들이 되었다. 또한 동시 가입자 수가 증가할수록 간섭패턴의 영향으로 인한 상관기의 자기 상관 침투치와 상호 상관의 비(Autocorrelation-to-Sidelobe Ratio)가 줄어들어 데이터의 복원이 어려워지는 문제가 발생한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 광섬유 지연선과 같은 광소자를 최소화하고 목적지의 변화에 따라 송신부에서 실시간 부호 변경이 가능한 FPGA 부호기/복호기를 구현하였고 제한증폭기(1차 하드리미터)와 AND 검출기(2차 하드리미터)로 구성된 이중 하드리미터의 기능을 갖는 수신기를 구현하였다. 3개의 레이저 다이오드, AWG, FPGA 부호기/복호기, 제한증폭기를 사용하여 다수 가입자의 실질적인 데이터의 부호와, 복호와, 복원이 가능한 OCDMA 시스템을 구현하여 다수 가입자의 데이터 전송과 특정 수신 노드에서 복호화와 AND 검출 방식으로 데이터를 복원하였다.

II. 다중파장 광 직교부호

광 직교부호는 압전모양의 자기 상관함수와 낮은 상호상관 함수 특성을 갖는 '0'과 '1'의 집합으로 다수의 가입자가 비동기적으로 효율적인 정보 전송을 가능하게 한다. $(n, w, 1, 1)$ 의 광 직교부호는 길이 n , 부호무게 w , 자기상관 계수 1, 상호상관 계수 1을 가지며 다음의 조건을 만족한다.[2]

$$\sum_{t=0}^{n-1} x_t x_{t+r} \leq \lambda_a \quad (1)$$

$$\sum_{t=0}^{n-1} x_t y_{t+r} \leq \lambda_c \quad (2)$$

$$\Phi(n, w, 1, 1) \leq \frac{(n-1)}{w(w-1)} \quad (3)$$

식 3에 따라서 부호길이가 19이고, 무게가 3인 $(19, 3, 1, 1)$ 1차원 광 직교부호 기술로 생성되는 부호의 position block은 $\{0,1,6\}$, $\{0,2,8\}$, $\{0,3,10\}$ 으로 부호길이가 19일 때 총 3개의 코드밖에 사용할 수 없지만 M 개의 파장을 호핑시키면 최대 $3 \times M^M(81)$ 개의 부호를 사용할 수 있으며 본 실험에서 사용한 임의의 3개의 다중파장 광 직교 부호가 표1에 나타나 있다. 부호길이는 FPGA 인코더 클락주파수의 정수배가 되도록 20으로 설정하였다.

표1. Some $(20, 3, 1)$ 다중파장 OOC

| (20, 3, 1) 다중파장 OOC | |
|---------------------|---|
| C_1 | $\{0[\lambda_1], 1[\lambda_2], 6[\lambda_3]\}$ |
| C_2 | $\{0[\lambda_2], 2[\lambda_3], 8[\lambda_1]\}$ |
| C_3 | $\{0[\lambda_3], 3[\lambda_1], 10[\lambda_2]\}$ |

III. OCDMA 송신기

OCDMA에 접속된 사용자는 원하는 목적지 노드의 부호에 따라서 데이터를 시간과 파장의 2차원으로 부호화하여 전송한다. 그림 1의 송신기 구조에서처럼 정보 데이터가 입력되면 FPGA로 구현된 부호화기에서 정보 데이터는 1차원으로 부호화된다. 각 부호는 서로 다른 파장의 레이저 다이오드로 입력되고 2차원으로 부호화되어 3×1 광결합기를 통하여 광 네트워크로 전송된다. 송신기에 사용된 광원으로는 1548.14nm , 1548.96nm , 1549.76nm 의 수신기의 AWG 간격과 동일한 0.8nm 의 파장 간격을 가지는 DFB 레이저 다이오드를 직접 변조하여 사용하였다. 그림 2는 $0[\lambda_1]$, $1[\lambda_2]$, $6[\lambda_3]$ 의 부호를 갖는 수신노드로 데이터를 전송하기 위해 입력된 데이터 패턴 110101과 입력된 데이터 패턴을 부호화하여 송신된 출력 파형이다.

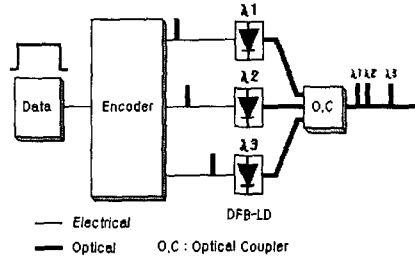


그림 1. OCDMA 송신기

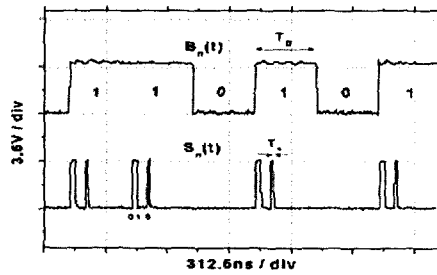


그림 3. 전송데이터(상)와 부호화된 광신호(하)

IV. OCDMA 수신기

OCDMA를 위한 최적화된 부호생성에도 불구하고 다중 사용자의 시스템 접속으로 인한 간섭패턴의 증가로 인하여 원하는 곳에서 자기상관함수의 최대값이 나타나거나 자기 상관 함수의 최대값과 sidelobe의 비의 감소로 인한 임계값 검출기의 식별력 저하로 인하여 오류 발생 확률이 증가하게 된다. 이러한 시스템 성능 저하의 결정적 요인인 MAI(Multiple access interference)를 제거하기 위하여 광 상관기 전단에서 일정한 전력 레벨로 제한하기 위한 1차 광 하드리미터와 광 상관기 후단에서 상호 상관 함수의 sidelobe를 제거하기 위한 2차 광 하드리미터의 구조가 제안되었지만,[4] 신뢰성 있는 이중 광 하드리미터의 구현은 어렵다. 그러나 PD와 광 상관기의 위치를 바꾸면, 그림 3에서와 같이 광/전 변환으로 인하여 광 상관기를 전기 상관기로 광 하드리미터를 대신 LA(Limiting Amplifier)와 AND 게이트를 사용한 이중 전기 하드리미터를 구현하여 이중 광 하드리미터의 기능을 적용할 수 있다. 1차 하드리미터의 제한폭기를 지나게 되면 그림 4에서 보는 화와 같이 부호열은 일정 레벨로 제한되어 출력된다. 사용자에게 할당된 지연시간과 역으로 구성된 전기 상관기는 해당 수신기로 데이터를 전송한 송신 노드가 존재한다면 동일한 시간에서 부호는 '1'을 나타내게 되고, AND 게이트의 출력 역시 '1'을 나타내므로 수신기에서 데이터를 복원하게 된다. 그림 5에서처럼 각

파장별로 분리된 부호들은 자기 상관 값이 최대가 되는 특정 시간을 제외한 위치에서는 AND 게이트의 출력이 '0'이 되므로 상관출력의 sidelobe를 제거하기 위한 2차 하드리미터의 기능을 동일하게 수행한다. 그림 6은 OCDMA 송신기에서 목적된 수신 노드로 보내는 송신 데이터와 이중 하드리미터를 갖는 OCDMA 수신기를 통과한 복원 데이터를 보여준다.

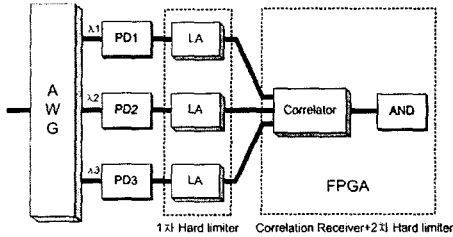


그림 3. OCDMA 수신기

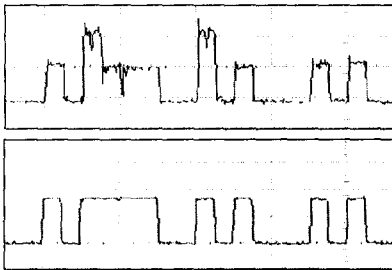


그림 4. 1차 하드리미터의 입력(상)과 출력(하)

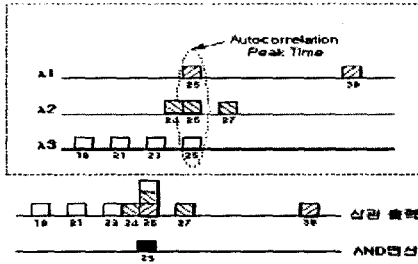


그림 5. AND 검출기를 이용한 2차 하드리미터

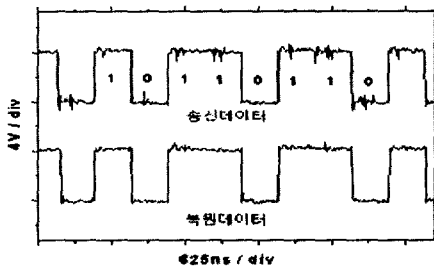


그림 6. 송신 데이터와 이중 하드리미터에 의해 복원된 데이터

V. 결 론

본 연구에서는 FPGA와 서로다른 파장을 가지는 3개의 레이저 다이오드를 이용하여 다수 가입자의 서로 다른 데이터를 전송한 후 임의의 수신노드에서 상관기와 이중 하드리미터를 사용하여 전송된 데이터를 복원하는 OCDMA 시스템을 구현하였다. FPGA로 구현한 부호기/복호기 구조를 갖는 제안된 시스템의 소형화와 부호변경의 유연성은 OCDMA의 상용화 측면에서 Star coupler, 광분배기/결합기, 브래그격자, 광섬유 지연선등과 같이 부피가 크고 부호변경이 고정적인 광 부품을 사용하는 기존 OCDMA 시스템의 대안이 될 것이다. 또한 제한증폭기와 AND 검출기를 이중 하드리미터로 이용함으로써 다수의 사용자에 의한 MAI의 영향을 감소시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] J. A. Salehi, "Code Division Multiple-Access Techniques in Optical Fiber Networks-Part I : Fundamental Principles," IEEE Trans. Commun., vol. 37, no. 8, pp. 824-33, Aug. 1989
- [2] F. R. K Chung, J. A. Salehi, V. K. Wei, "Optical Orthogonal Codes: Design, Analysis, and Applications," IEEE Trans. Information Theory., vol. 35, No. 3, May 1989.
- [3] L. Tancevski, I. Andonovic, M. Tur, and J. Budin, "Hybrid Wavelength Hopping Time Spreading Code Division Multiple Access Systems," Proc. Inst. Elect. Eng., vol. 143, no.3, pp. 161-166, 1996.
- [4] J. J. Chen, G. C. Yang, "CDMA Fiber-Optic Systems with Optical Hard Limiters," IEEE J. Lightwave Technol., vol. 19, no. 7, pp. 950-958, July 2001.