

광 CDMA와 WDM의 Hybrid를 위한 Decoder의 성능분석

신희영^{*}, 심형관^{**}, 유충현^{**}

* 청주대학교 전자공학과, ** 청주대학교 전자반공학부

Performance Analysis of Decoder for hybride Optical CDMA and WDM

Shin, heui young* Sim, hyuong kwan** Yoo, chong hyun**

*Dept. Electronic Engineering , Chongju Univ.

** Dept. Elecronic, Semiconductor, Computer & Communication Engineering, Chongju Univ.

Abstract - 본 논문에서는, 광통신에서 정보전송량을 극대화하기 위한 방법으로 WDM의 전송링크에 광 CDMA의 부호기와 복호기를 병합하여 WDM과 광 CDMA를 하이브리드 함으로써 전송용량을 극대화 하는 방법을 제안하였다.

하이브리드 방법에는 초단펄스를 이용한 방법과 광지연 선로를 사용하는 방법이 있으나, 본 논문에서는 초단 펄스를 이용한 방법을 사용하여 적용하였다.

1. 서 론

최근에는 하나의 광섬유를 이용하여 동시에 많은 정보량을 병렬 전송하는 파장 분할 다중화(WDMA: Wavelength Division Multiple Access) 방식이 1990년대초 주요 관심사로 등장하여 활발히 연구, 발전되는 추세이다. 이런 파장 분할 다중화 방식을 이용한 광 전달 망은 전송용량의 증대 뿐 아니라, 광 신호 대역에서의 광 신호 교환, 교차 연결 및 분기 결합이 용이하기 때문에 기존의 점 대 점 광 전달 망에서는 상상할 수 없는 효율적인 통신망을 구축 할 수 있다.

그러나, 이 전송방식도 여러 가지 제한성을 가지고 있다. 즉, 채널사이의 crosstalk, 광섬유의 비 선 형성, 안정적인 tunable laser/filter가 필요해 비용 면에서도 고가이고, 정확한 전송 대역폭(1300nm대역, 1500nm대역)을 선택해야 한다는 것이다.

따라서, 파장 분할 다중화 방식에 기존의 광 CDMA방식을 접목하여 전송하는 방식으로 보다 많은 수용자와, 정보를 전송하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.[1-4]

본 논문에서는 기존의 WDM전송방식과 광 CDMA의 부호기와 복호기를 하이브리드 하여 전송용량을 극대화 하고자 한다.

우선, 하이브리드의 방식을 어떻게 하느냐에 따라 시스템의 성능이 좌우됨으로 다음과 같은 방식으로 사용할 수 있을 것이다.

첫째로, 광 CDMA의 부호기에는 광 지연선로를 이용한 방법이 있으나, 이것은 선로의 지연으로 인한 신호의 지연간섭과 시간 지연으로 인해 신호의 전송에 한계점이 드러난다.

둘째, 광 CDMA방식의 두 번째는 초단 펄스 열을 이용한 부호기와 복호기를 사용하는 방식이 있다. 이것은 1ps이하의 펄스 폭을 가진 초단 펄스를 부호화 하는 방식으로 "time chip"이 비교적 작고, 신호의 병목현상을 줄이며, 각각의 사용자 코드의 길이를 최소로 할 수가 있다.

따라서, 본 논문에서는 초단 펄스를 이용한 복호기를 이용한 시스템과 광지연 선로를 사용한 시스템의 성능을 비교 분석 하였다.

2. 본 론

2. 광 CDMA 시스템의 복호기

2.1 광지연 선로 복호기

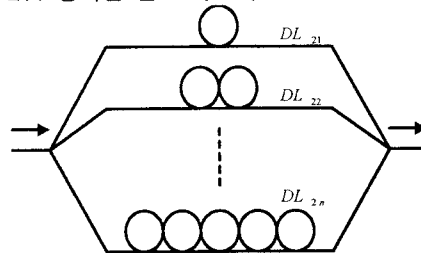


그림 1 광 지연 선로 복호기

그림 1은 커플러와 지연선로를 이용한 광 CDMA의 복호기를 나타낸 것이다.

부호기를 통해 들어오는 지연 분산된 펄스들이 입력 단으로 들어오면 이들 신호는 커플러에 의해 각각의 신호로 분리되고, 각각의 지연길이에 따라 지연되고, 커플러에 의해 출력단으로 출력된다.

부호기를 통과한 신호들의 각각의 지연길이에 의해 정합필터로서의 역할을 할 수 있도록 지연길이를 달리하여 복호기를 구성하여 식 (1)과 같이 복호기의 지연길이를 구성한다.

$$L_{2m} = L_T - \sum_{p=1}^m L_{1p} \tag{1}$$

식 (1)에서, L_T 는 광지연 선로의 총지연길이이다. 또한, 복호기를 통과한 지연시간은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \tau_{2m} &= \frac{1}{v} \left\{ L_T - \sum_{p=1}^m L_{1p} \right\} \\ &= T - \tau_{1m} \end{aligned} \tag{2}$$

따라서, 출력단의 출력은 식 (3)와 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} s(t) &= \sum_{m=1}^N \frac{A}{N} \delta(t - \tau_{2m}) \\ &= \sum_{m=1}^N \delta(t - T + \tau_{2m}) \end{aligned} \tag{3}$$

2.2 초단 펄스 광 CDMA 복호기

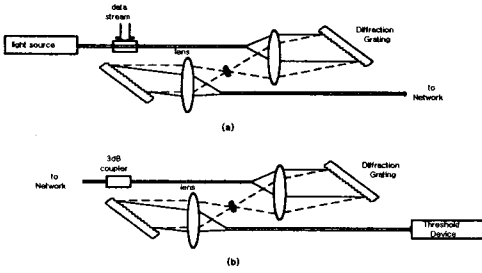


그림 2 광CDMA 시스템의 Encoder와 Decoder의 구성 블록도
(a) 광 부호화기 (b) 광 복호기

그림 2는 초단 펄스를 사용한 광의 복호기를 나타낸 그림이다.

그림 2에서 수신기에 들어온 신호의 m 번째 신호는 상관 검출기(matched filter)를 통해 검출하여 신호의 복호가 이루어진다. m 번째 광 복호기는 m 번째 부호기와 복소쌍으로 구성이 되어진다.

만약 m 번째 신호가 k 번째 수신기에 들어갔을 때 신호를 E_{mk} 라고 한다면 수신기에서 검출되는 출력의 값 $r(t)$ 는 다음 식과 같이 출력된다.

$$r(t) = E_{kk}(t) + \sum_{m \neq k} E_{mk}(t) \quad (4)$$

식 (4)에서, E_{kk} 는 k 부호기를 통해 나오는 P_0 의 피크치를 가지는 신호이고, 식 (4)의 두 번째 항은 k 부호기의 총 다중 사용자에게 대한 간섭 신호이다.

따라서, 수신기에 들어오는 신호의 세기 $I(t) = r(t) * r(t)$ 의 함수로 $I(t)$ 의 on-off-keying에 의해 임계치 I_{Th} 에 대해 비교하여 $I(t)$ 를 결정한다.

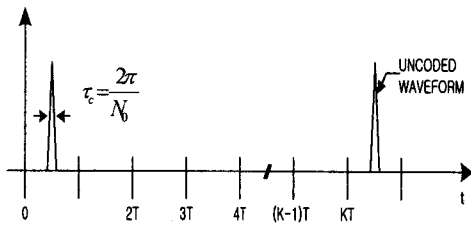


그림 3 코히런트 초단 펄스 열

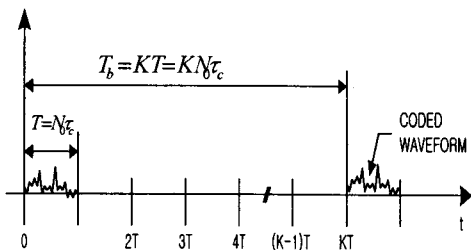


그림 4 부호화된 초단 펄스 열

그림 3과 그림 4는 광 CDMA 코히런트 광의 타이밍 블록을 나타낸다.

$$E_{kk}(t) = \begin{cases} \sqrt{P_0}, & |t - jT_b| \leq \tau_c/2, & d_j^{(k)} = 1 \\ 0, & |t - jT_b| > \tau_c/2, & d_j^{(k)} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)에서 보는 바와 같이 주기 내에 신호가 임계치 이상 검출되면 신호의 판정을 "1"로 하고, 임계치 이하이면 신호는 "0"으로 판정된다.

이러한 신호들에 대한 확률 밀도 함수(pdf)를 다음과 같이 정의 할 수 있다.

이진 데이터 신호 '0'에 대한 함수를 식 (6)과 같이 정의되고,

$$P(I/d_0^{(l)} = 0, l) = \frac{N_0}{IP_0} e^{-(IN_0/IP_0)} \quad (6)$$

이진 데이터 신호 '1'에 대한 함수를 식 (7)과 같이 정의한다.

$$P(I/d_0^{(l)} = 1, l) = \frac{N_0}{IP_0} e^{-(N_0(I+P_0)/IP_0)} I_0\left(\frac{2N_0\sqrt{IP_0}}{IP_0}\right) \quad (7)$$

식 (7)에서, $I_0(x)$ 는 Bessel function의 0차식, $l \geq 1$ 이다.

위 식(6)과 식 (7)로 인하여 수신기에서 이진 데이터 "1"비트가 도달할 확률, 즉 비트당 에러 확률(BER)을 다음과 같이 표현한다.

$$BER = \left(\frac{1}{2}\right) \left[\sum_{l=1}^{K-1} \binom{M-1}{l} \left(\frac{1}{2K}\right)^l \left(1 - \frac{1}{2K}\right)^{M-1-l} \right] \quad (8)$$

3. 결 론

이장에서는 WDM과 광 CDMA 시스템을 하이브리드 하기 위한 부호기의 시스템의 성능에 대해 성능을 비교 하였다.

다음 그림 5와 그림 6에서 보는 바와 같이 광이전 선로를 사용한 시스템보다 초단 펄스 광 CDMA 시스템을 사용했을 때 보다 많은 사용자를 수용할 수 있다는 것을 보여주었다.

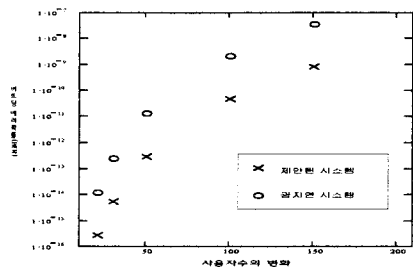


그림 5 $w=7$, $N_0=800$ 일 때 사용자의 변화에 따른 BER

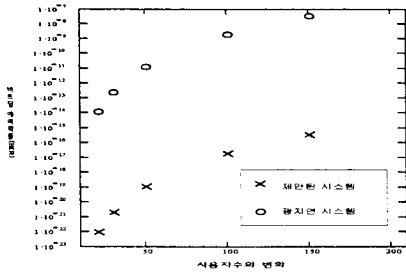


그림 6 $w=7$, $N_0=800$, $K=100$ 일 때 사용자의 변화에 따른 BER

(참 고 문 헌)

- [1] Jawad A. Shalehi. "Emerging Optical Code-Division Multiple Access Communications Systems", IEEE Network, vol 3, no. 2, pp 31~39, march, 1989
- [2] Jawad A. Shalehi, "Code Division Multiple Access Techniques in Optical Fiber Network-Part I: Fundamental Principles" IEEE Trans Vol 37, No8 1989
- [3] Jawad A. Shalehi, "Code Division Multiple Access Techniques in Optical Fiber Network-Part II: System Performance Analysis" IEEE Trans Vol 37, No8 1989
- [4] Charles A. Brackett. "Dense Wavelength Division Multiplexing Networks: Principles and Applications", IEEE selected areas, Vol 8, No 6, 1990

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.