

광 직교코드를 이용한 광CDMA 시스템 해석

Analysis of Optical CDMA System Using Optical Orthogonal Code

김남국, 전상영, 이주희
경희대학교 전자공학과 및 레이저공학연구소
namgkim@hanmail.net

광섬유는 수십THz이상의 넓은 대역폭과 0.2-0.4 dB/Km의 적은 전송손실의 우수성을 가지고 있으므로 이를 CDMA시스템에 적용하면 고속, 대용량의 데이터 전송 및 비동기식 전송의 장점이 있으므로 광 LAN이나 광 교환기 등의 광통신 네트워크에 유용하게 사용할 수 있다^{[1][2]}. 그러나 광CDMA시스템은 다수 사용자가 동시에 데이터를 전송할 때 다른 사용자의 데이터 전송으로부터 발생하는 오류정보를 최소화하기 위해 최적의 자기상관 및 상호상관특성을 가져야 자신의 정보데이터를 복원할 수 있다^[3]. 따라서 본 논문에서는 광섬유 지연선을 이용한 광 CDMA시스템에서 코드구성을 광 직교 코드로 하였을 경우 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 시스템 해석에 대하여 서술한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 광 직교 코드를 사용한 경우 사용자수가 증가함에 따른 최적의 자기상관 및 상호상관특성을 갖는 코드를 구하고, 임계값 변화에 따른 에러확률을 분석한다.

광 직교코드 $\mathcal{O}(n, w, \lambda_a, \lambda_c)$ 는 Code Length가 n 이고, Code Weight가 w 인 $[0, 1]$ 시퀀스로 구성되며, 자기상관특성은 (5)식으로, 상호상관특성은 (7)식으로 표현된다.

$$\mathcal{O}_{xx}(m) = \sum_{i=0}^{n-1} x[i]x[(i+m) \bmod n] \leq \lambda_a \quad (5)$$

여기서 C_x 는 코드워드 (6)식과 같이 표현된다. $C_x = (x[0], x[1], x[2], x[3], \dots, x[n-1])$ (6)

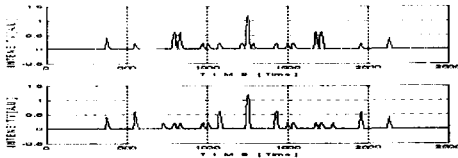
$$\mathcal{O}_{xy}(m) = \sum_{i=0}^{n-1} x[i]y[(i+m) \bmod n] \leq \lambda_c \quad (7)$$

시뮬레이션 구성은 크게 두 부분으로 구성된다. 먼저 N명의 사용자에 대한 광 직교코드의 배열 중에서 최적의 상관조건을 만족하는 광 직교 코드를 찾는 부분과, 이렇게 찾은 광 직교 코드를 이용하여 다단의 지연선 구조를 갖는 광 CDMA시스템을 구성하여 다단의 광섬유 지연선에 의해서 확산되는 광 펄스 파형을 display 하고, 자기상관 및 상호상관을 계산하는 부분으로 구성되어 있다. 그리고 사용자가 증가함에 따라 광 직교 코드의 상관 특성이 최적화 되는 조건은 복호화된 광 펄스의 파형에서 자기상관의 최대Peak값과 상호상관의 최대Peak값의 비로써 구하였다.

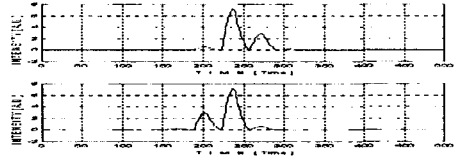
$$\text{광 직교코드 최적화조건} = \frac{\text{상호상관의 최대Peak값}}{\text{자기상관의 최대Peak값}}$$

그림 1의 (a)처럼 자기상관의 최대peak값이 1.2 이고, 그림 2의 (a)에서와 같이 상호상관의 최대peak값이 0.6이고, 최적화 조건값 0.5이다, 그림 1과 2의 (b)인 경우에는 자기상관의 최대peak값이 7, 상호상관의 최대 peak값이 2.5이고, 최적화 조건값 0.36이다. 따라서 그림 1과 2에서처럼 2가지 경우의 광 직교 코드를 사용하였을 때, 임계값 설정을 가변적으로 하기 위해서는 자기상관 특성의 최대peak값이 클수록, 상호상관의 최대

peak값이 작을수록 즉 최적화 조건값이 낮을수록 임계값 설정을 더욱 가변적으로 적용 할 수 있음을 알 수 있다. 이때 그림 1과 2의 (a)인 경우 임계값(Th)을 1, 그림 1과 2의 (b)인 경우 임계값을 3으로 정하면 그림 3과 같이 사용자 수에 따른 에러확률이 임계값이 증가함에 따라 에러 확률이 낮아짐을 알 수 있다. 그러므로 비록 그림 1과 2의 (b)인 경우에 상호상관의 최대peak값이 증가하나 최적화 조건값이 낮아지므로 임계값 설정을 가변적으로 적용할 수 있어 에러확률이 낮아져 훨씬 쉽게 데이터를 복원할 수 있는 최적화 코드임을 알 수 있다.

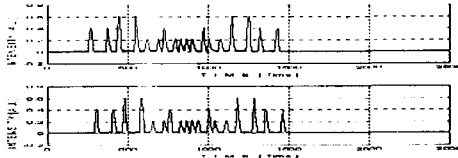


(a) (3,15,16,28),(3,8,23,28)인 경우

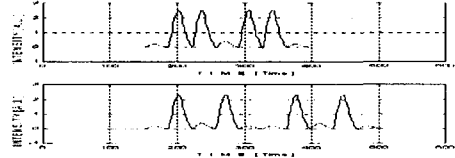


(b) (1,1,1,2), (0,1,1,1)인 경우

그림 1. 복호화된 광 펄스 자기상관 특성



(a) (3,15,16,28)(0,3,5,8)이고(3,8,23,28)(1,4,6,9)인 경우



(b) (1,1,1,2)(0,1,3,4)이고 (0,1,1,1)(0,2,5,7)인 경우

그림 2. 복호화된 광 펄스 상호상관 특성

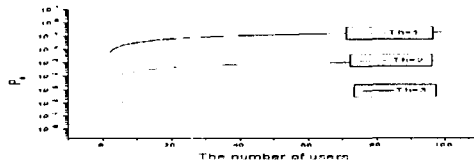


그림 3. 임계값에 따른 에러확률 변화

본 논문에서는 먼저 최적의 자기 및 상호 상관특성을 갖는 광섬유 지연선의 구조를 결정하기 위해 광 직교 코드를 사용하였을 경우에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였고, 이렇게 구한 광 직교 코드를 이용하여 다단의 광섬유 지연선 구조의 광 CDMA 시스템을 구성하여 시뮬레이션을 통해 시스템을 해석하였다. 시뮬레이션 결과 그림 1의 (b)인 경우처럼 상호상관 특성의 최대Peak값이 그림 1의 (a)인 경우 보다 증가하나 최적화 조건값은 감소하여 임계값 설정을 더욱 가변적으로 할 수 있어 에러 확률을 감소시켜 정보데이터를 복원하는데 효율적임을 알 수 있었다. 이러한 결과를 이용하면 광 직교 코딩에 의한 광CDMA 기술은 광통신네트워크분야에 응용이 가능할 것으로 예측된다.

참고 문헌

- [1] PaulR. Prucnal, MarioA. Santoro, TingRuiFan, "Spread Spectrum Fiber-Optic Local Area Network Using Optical Processing", Journal of Lightwave Technology, LT-4(5), 547~ 554 (1986.5)
- [2] Robert M. Gagliardi, "Performance Improvement With Hybrid WDM and CDMA Optical Communications", SPIE. Optical Eng, Vol. 2690, 88~96 (1997.11)
- [3] 김남국, 전상영, 이주희, "다중사용자 환경에서의 광파이버 정합필터방식 광 코드분할 다중 접속 시스템 해석" 한국통신학회 하계종합학술발표회, 17(2) (1999).