

Superstructure 광섬유 브래그격자(SSFBG)를 이용한 광코드분할다중화 부호기 및 복호기

김성철* · 신서용**

An Encoder-Decoder for Optical CDMA System by Using an array of Superstructured Fiber Bragg Gratings

Sung-Chul Kim* · Seo-Yong Shin**

요약

본 논문에서는 SSFBG(superstructured fiber Bragg grating)를 하나가 아니라 다수를 어레이로 배열하여 구성된 광CDMA 부호기 및 복호기에 대해 연구하였고, 이를 광CDMA 시스템으로 구성하여 제대로 동작됨을 보였다. 시스템의 성능을 나타낼 지표로 eye-diagram 및 Q-factor를 이용하여 결과를 보였으며, 부호기와 복호기가 서로 매칭이 될 경우에 Q-factor가 14.53 dB가 나옴을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a novel encoder/decoder for an optical CDMA(code division multiple access) system by using an array of SSFBGs(superstructured fiber Bragg gratings). The feasibility of the system is shown by the simulations. The Q-factor for the system was 14.53 dB when the well-known Gold codes are used.

키워드 : 광코드분할다중화, 광섬유격자, 광가입자망

1. 서론

광코드분할다중화 기술은 통신네트워크 확장성이 뛰어나고, 암호화 기능, 다양한 전송속도를 지원할 수 있는 장점들을 갖고 있다. 광코드분할다중화 시스템에서 각사용자들은 전송해야할 신호를 부호화(encoding) 할 수 있는 전용코드를 받게 된다. 각사용자의 전송장비에서 부호화된 신호는 전송선로를 통해 전송된 후, 지정된 수신자에서만 제대로 복호화(decoding)되어 원래의 신호가 복구된다. 광코드분할 다중화를 위한 광신호의 복호 및 부호화를 위한 기술들이 많이 연구되어 왔으며[1-3], 그중에서 광섬유브래그격자(fiber Bragg grating(FBG))를 이용한 기술이 여러 장점으로 인해 최근에 많이 관심을 받고 있다[3]. 한편, 최근에 소개된 기술로 FBG제작시 CDMA 코드에 따라 grating의 phase를 변화시켜서 제작한 superstructure광섬유브래그격자(SSFBG)를

OCDMA에 사용한 연구결과들이 보고되고 있다[4]. 지금까지 보고된 SSFBG를 이용한 OCDMA 시스템은 한 개의 SSFBG를 사용하여 부호기 및 복호기를 제작하였다. 본 논문에서는 SSFBG를 여러개 사용하여 어레이로 구성된 방식을 제안한다. 각각의 가입자는 한 개가 아닌 여러개의 SSFBG를 이용하여 광신호를 부호화하며 수신단에서도 동일한 개수의 SSFBG를 사용하여 복호화한다.

다수의 SSFBG를 사용한 OCDMA 시스템은 기본적으로 WDM(wavelength division multiplexing) 방식을 이용한 것이다. 왜냐하면, 각 사용자의 부호기 및 복호기에 사용된 SSFBG는 서로 다른 반사파장을 갖기 때문이다. 부호기를 제작할 때, 각각의 SSFBG는 서로 다른 파장영역에서 코딩이 되며, 이때 사용되는 OCDMA 코드는 서로 다를 필요는 없으며, 이는 부호기에 사용된 다수의 SSFBG를 같은 phase 코드로 부호화 하더라도 각각의 SSFBG가

* 명지대학교 통신공학과 부교수(schkim@mju.ac.kr)

** 명지대학교 통신공학과 교수

서로 다른 파장대역에서 이용이 되기 때문이다. 또한, 코드의 순서나, 각 SSFBG의 부호기안에서의 배열을 다르게 함으로써 서로 다른 부호기를 만들 수 있고 이는 전체 가입자수 증대가 코드의 길이 변화없이도 가능하게 됨을 의미한다. 따라서, 본 연구에서 제안된 시스템에서는 각 가입자의 광원도 SSFBG 파장과 일치되는 다 파장 광원이어야 한다. 이러한 다파장 광원은 광섬유레이저를 이용하면 쉽게 제작이 되면 여기에 관한 연구는 근래에 많이 보고되어 있다. 본 연구와 기존 연구의 차이점은 제안된 SSFBG 어레이 구조가 단일 SSFBG나 FBG 어레이에 비해서 같은 CDMA코드를 사용할 때, 훨씬 많은 가입자를 허용한다는 점이다.

II. 본 론

다중사용자 환경에서 SSFBG 어레이를 부호기 및 복호기로 사용한 광CDMA 시스템의 개략도를 그림 1 나타내었다. 사용자 수가 m 이며, 부호기 및 복호기에 사용된 SSFBG의 개수는 n 개다. 각 가입자별 부호기에서 다파장광원에서 나온 광펄스가 파장이 일치되는 SSFBG에서 부호화된 후 시간상에서 넓은 파형을 갖는 신호로 바뀐 후 circulator를 통해 외부로 출력이 된다. 이렇게 각 가입자별로 부호화된 신호가 MUX에서 합쳐져 광전송선로를 통해 전송된 후 지정된 수신자의 부호기에서 원래의 신호가 복구되게 된다.

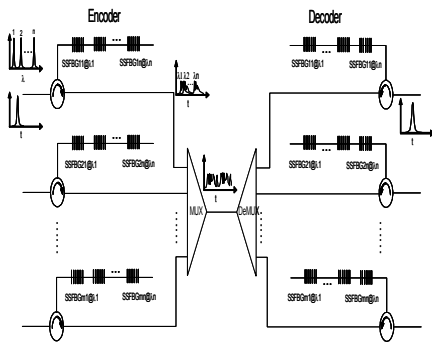


그림 1. 다중사용자 환경에서 SSFBG 어레이 부호기 및 복호기로 구성된 광CDMA 시스템 개략도
Fig. 1. Schematic of optical CDMA system using SSFBG arrays as encoders and decoders

다음의 그림 2은 SSFBG 4개로 구성된 부호기의

반사스펙트럼이다. 사용된 코드길이는 63이었다. 부호기 및 복호기에 사용되는 SSFBG의 수를 증가시키면 시스템이 허용하는 가입자 수도 따라서 증가하게 된다. 그러나, 허용가능 가입자수와 신호의 품질(BER, Quality factor, eye-closure 등) 사이에는 tradeoff가 존재한다. 옆에 위치한 SSFBG에 의한 상호간섭이 존재하며, 이러한 부호기내의 다른 SSFBG에 의해 광신호가 꺾게 되는 상호간섭의 양은 사용된 SSFBG의 수에 비례하게 된다. 따라서, SSFBG의 수를 늘리는 것이 가입자 수 증대에는 좋지만 신호 품질면에서 보면 좋은 것만은 아님을 알 수 있다. SSFBG의 개수와 SSFBG 파장간격(다파장광원의 발진파장간격과 동일)은 시스템 성능(Q-factor, BER)을 고려하여 주의깊게 결정되어야 한다.

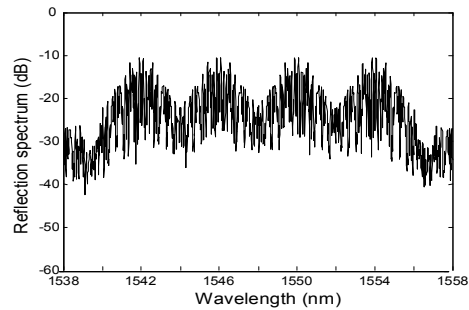


그림 2. SSFBG 4개로 구성된 시스템의 반사스펙트럼

Fig. 2. Reflection spectrum of 4 SSFBGs

본 논문에서 제안된 SSFBG 어레이를 사용한 부호기 및 복호기의 성능을 단일 SSFBG를 사용한 경우와 비교해 가입자수 측면에서의 성능향상을 보여주기 위해 4개의 SSFBG를 사용한 경우에 대해 연구하였다. 계산결과 허용가능한 최대의 가입자수는 코드 길이가 63이므로 다음의 식 (1)로 표현이 될 수 있다.

$$63 C_1 \times 63 C_1 \times 63 P_2 \quad (1)$$

여기에서 한 가입자의 4개의 SSFBG에서 CDMA 코드가 재사용될 수 있다고 가정하고 계산한 것이다.

우선 4개의 SSFBG를 사용하였을 경우 허용가능한 가입자 수 및 코드의 배열에 대해 알기 위해서 광통신 시뮬레이터인 Optsim™을 이용하였다. 계산 결과는 그림 3에 보였다. 그림 4는 SSFBG 어레이

를 이용한 광CDMA 부호기에서 부호화된 광신호를 원래의 데이터와 비교한 결과이다. 부호화된 광신호에서 원래의 신호형태를 파악하기는 매우 어려움을 알 수 있다. 이러한 CDMA 특성으로 인해 광CDMA는 신호의 보안측면에서 다른 광전송기술에 비해 매우 우수함을 알 수 있다.

널리 쓰이는 Gold 코드로써 채널간 상호간섭에 취약하기 때문이다. 따라서 이와 같은 결과는 충분히 예견이 되었던 것으로 Gold 코드가 아닌 채널간 상호간섭에 최적화된 코드를 사용한다면 시스템 성능은 $BER < 10^{-9}$ 조건을 충분히 만족시킬 수 있을 것으로 판단할 수 있다.

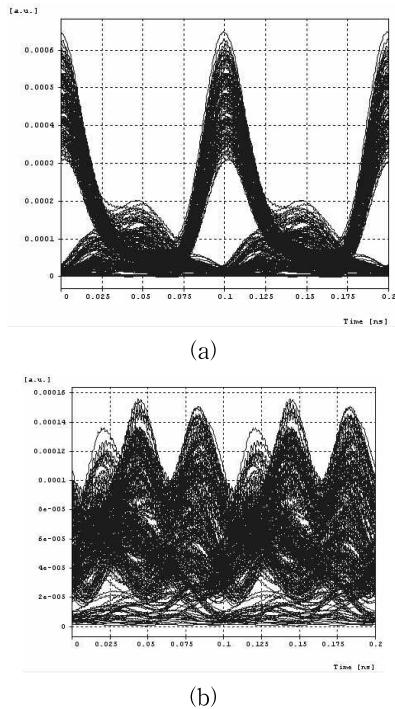


그림 3. Case 3에 대한 전송계산 결과 eye-diagram (a) 부호기 및 복호기가 서로 matching 될 경우, Q-factor =14.0 dB (b) 부호기에 대해 복호기가 매칭되지 않은 경우, Q-factor = 6.0 dB
 Fig. 3. Simulation result for the case 3 (a) when an encoder and a decoder are matched each other, Q-factor = 14.0 dB, (b) when an encoder does not match a decoder, Q-factor = 6.0 dB

그림 5는 그림 4의 계산결과에 대한 eye-digram을 나타낸 것이다. 이때의 Q-factor는 14.53dB, eye-closure는 1.94 dB 이었다. Q-factor가 14 dB 정도면 BER로 10^{-8} 정도에 해당이 되며 광통신에서 요구하는 $BER < 10^{-9}$ 에는 약간 못미치는 수치이다. 이는 앞에서 언급했듯이 사용한 코드가 이동통신에

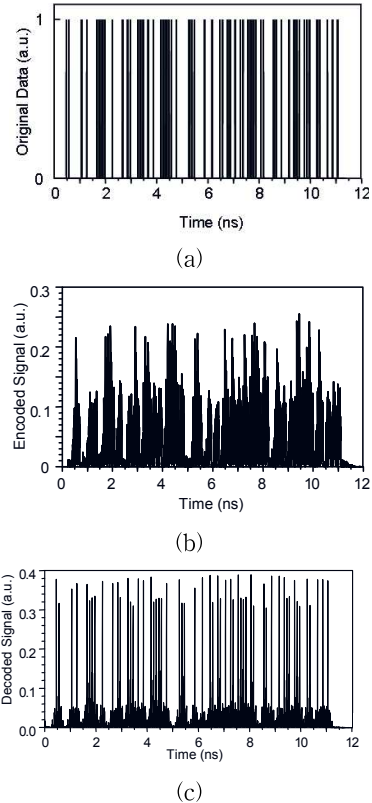


그림 4. (a) 전송할 데이터 (b) SSFBG 어레이로 부호화된 광신호 (c) 복원된 광신호
 Fig. 4 (a) Transmitted data (b) encoded signals from the SSFBG array (c) decoded signals

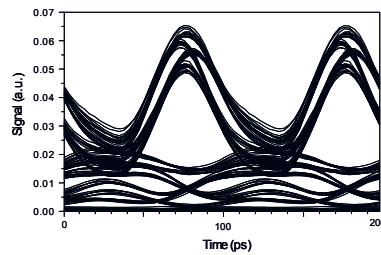


그림 5. 복호기에서 복원된 신호의 eye-diagram.

Q-factor = 14.53dB, eye-closure = 1.94 dB

Fig. 5 Eye-diagram of decoded signals: Q-factor = 14.53 dB, eye-closure = 1.94 dB

III. 결 론

본 과제에서는 SSFBG를 하나가 아니라 다수를 어레이로 배열하여 구성한 광CDMA 부호기 및 복호기에 대해 연구하였고, 이를 광CDMA 시스템으로 구성하여 제대로 동작됨을 보였다. 시스템의 성능을 나타낼 지표로 eye-diagram 및 Q-factor를 이용하여 결과를 보였으며, 부호기와 복호기가 서로 매칭이 될 경우에 Q-factor가 14.53 dB가 나옴을 확인하였다. 이 값은 Gold 코드를 사용한 것을 고려할 때, 매우 우수한 결과로 볼 수 있으며, 이로부터 제안된 시스템의 성능이 우수함을 알 수 있다.

참고문헌

[1] G. J. Pendock, M. J. L. Cahill, and D. D. Sampson, "Multi-gigabit per second demonstration of photonic code-division multiplexing," *Electron. Lett.*, vol. 31, pp. 819-820, 1995.

[2] H. Fathalla, L. A. Rusch, and S. LaRochelle, "Passive optical fast frequency-hop CDMA communications systems," *J. Lightwave Technol.*, vol. 17, pp. 397-405, 1999

[3] N. Wada, H. Sotobayashi, and K. Kitayama, "2.5Gbit/s timespread/wavelength-hop optical code division multiplexing using fiber Bragg grating with supercontinuum light source," *Electron. Lett.*, vol. 36, pp. 815-817, 2000.

[4] P. Petropoulos, M. Ibsen, and D. J. Richardson, "A comparative study of the performance of seven and 63-chip optical code-division multiple-access encoders and decoders based on superstructured fiber Bragg gratings," *J. Lightwave Technol.*, vol. 19, pp. 1352-1365, 2001.

저자약력

김성철 (Sung-Chul Kim)



1994년 서울대학교 전기공학과
공학사
1996년 서울대학교 전기공학과
공학석사
2000년 서울대학교 전기공학부
공학박사
2000년 삼성종합기술원 전문연구원
2004년-현재 명지대학교 통신공학과
부교수

<관심분야> 3차원 디스플레이, 광소자, 광통신

신서용 (Seo-Yong Shin)



1987년 서울대학교 제어계측 공학과
공학사
1989년 Florida Institute of
Technology, 공학석사
1992년 Texas A&M, 공학박사
1992년 ETRI 연구원
1994년-현재 명지대학교 통신공학과
교수

<관심분야> 광통신, 광증폭기, 광네트워크