



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년06월08일  
(11) 등록번호 10-0961819  
(24) 등록일자 2010년05월28일

(51) Int. Cl.  
H04J 11/00 (2006.01) H04B 10/00 (2006.01)  
H04L 27/26 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2008-0088400  
(22) 출원일자 2008년09월08일  
심사청구일자 2008년09월08일  
(65) 공개번호 10-2009-0075614  
(43) 공개일자 2009년07월08일  
(30) 우선권주장  
1020080001467 2008년01월04일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
US7113702 B2  
JP03789784 B2

(73) 특허권자  
한국과학기술원  
대전 유성구 구성동 373-1  
(72) 발명자  
이준구  
대전 유성구 전민동 464-1번지 엑스포아파트 407동 103호  
이규상  
서울 구로구 개봉2동 삼환아파트 105동 2206호  
타이, 찬 티.디  
베트남 안지앙, 트리톤, 트란헝다오 146  
(74) 대리인  
최태창

전체 청구항 수 : 총 21 항

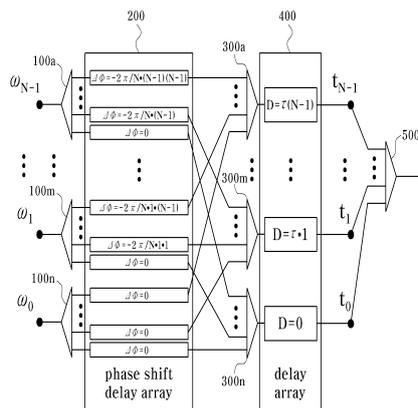
심사관 : 김창범

(54) 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법과 이를 포함한 송수신장치

(57) 요약

본 발명은 광 직교 주파수 분할 다중(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 이하 "OFDM"이라고 함) 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법, 그리고 이를 포함한 송수신장치에 관한 것으로, 부분 송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부분송파 신호를 각각 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기; 각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러; 각 N:1 파워커플러로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 및 상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N:1 파워커플러를 포함함으로써, 기존의 고속 푸리에 변환(FFT)에서 필요한 광 파장의 전기적 파장 변환, 전기적 파장의 광 파장 변환 단계를 생략할 수 있으며, 광 OFDM 전송을 통해 전자소자, 광전자소자의 속도 한계 이상의 고속 광 전송이 가능한 효과가 있다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기;

각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈;

상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러;

각 N:1 파워커플러로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 및

상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N:1 파워커플러를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 역 이산 푸리에 변환장치.

### 청구항 2

입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기;

상기 1:N 분배기로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈;

상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 각각의 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기;

각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 및

상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산 푸리에 변환장치.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 시간 지연 어레이모듈의 출력단과 1:N 분배기의 사이 또는 N:1 파워커플러의 출력단과 최종 출력단의 사이에 복수개의 스위치들을 각각 포함시켜 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산 푸리에 변환장치.

### 청구항 4

제3항에 있어서, N:1 파워커플러의 출력단과 최종 출력단의 사이에 설치된 스위치들은 신호 검출시 입력 타임 도메인 샘플링 스페이스( $\tau$ ) 동안 단락되도록 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산 푸리에 변환장치.

### 청구항 5

광 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 접속방식 시스템에서 광 데이터 전송을 위한 송신장치에 있어서,

특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터를 출력하는 펄스 발생기;

상기 펄스 발생기로부터 출력된 광 데이터를 N개로 분할하는 1:N 분배기;

상기 1:N 분배기로부터 분할된 각 광 데이터를 부반송파에 실어 변조하는 N개의 변조기; 및

각 변조기로부터 변조된 부반송파 광 데이터들에 대해 광학적으로 역 이산 푸리에 변환을 수행하여 광 OFDM 심벌을 생성하는 전광 역 이산 푸리에 변환장치를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송신장치.

### 청구항 6

제5 항에 있어서,

직렬로 입력되는 광 OFDM 변조 신호를 수신 받아 병렬로 변환하여 각 변조기로 출력하는 직렬변환기가 더 포함되어 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송신장치.

### 청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 1:N 분배기와 각 변조기 사이에 연결되며, 각 부반송파의 성능을 평활화하기 위해 부반송파의 위상과 진폭을 다르게 조절하기 위한 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 제어모듈이 더 포함되어 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송신장치.

**청구항 8**

제5 항에 있어서,

상기 펄스 발생기로부터 출력된 펄스 스펙트럼의 모양은 가우시안 형태로 이루어진 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송신장치.

**청구항 9**

제5 항에 있어서,

상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치는,

부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기;

각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈;

상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러;

각 N:1 파워커플러로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 및

상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N:1 파워커플러를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송신장치.

**청구항 10**

광 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 접속방식 시스템에서 광 데이터 전송을 위한 수신장치에 있어서,

입력되는 광 OFDM 심벌들에 대해 광학적으로 이산 푸리에 변환을 수행하여 역 다중화 처리하는 전광 이산 푸리에 변환장치;

상기 전광 이산 푸리에 변환장치로부터 역 다중화된 광 OFDM 심벌들에 대해 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터로 병렬 출력하는 N개의 펄스 발생기;

각 펄스 발생기로부터 병렬 출력된 광 데이터를 전기적 데이터로 변환하는 N개의 포토다이오드; 및

각 포토다이오드로부터 변환된 전기적 데이터를 병렬로 입력받아 하나의 직렬 데이터로 변환하는 직렬변환기를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 수신장치.

**청구항 11**

제10 항에 있어서,

상기 전광 이산 푸리에 변환장치는,

입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기;

상기 1:N 분배기로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈;

상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 각각의 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기;

각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 및

상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 수신장치.

**청구항 12**

제11 항에 있어서,

각 펄스 발생기로부터 출력된 펄스 스펙트럼의 모양은 가우시안 형태로 이루어진 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 수신장치.

**청구항 13**

광 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 접속방식 시스템에서 광 데이터 전송을 위한 송수신장치에 있어서,

특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터를 출력하는 제1 펄스 발생기;

상기 제1 펄스 발생기로부터 출력된 광 데이터를 N개로 분할하는 1:N 분배기;

상기 1:N 분배기로부터 분할된 각 광 데이터를 부반송파에 실어 변조하는 N개의 변조기;

각 변조기로부터 변조된 부반송파 광 데이터들에 대해 광학적으로 역 이산 푸리에 변환을 수행하여 광 OFDM 심벌을 생성하는 전광 역 이산 푸리에 변환장치;

상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치로부터 생성된 광 OFDM 심벌들에 대해 광학적으로 이산 푸리에 변환을 수행하여 역 다중화 처리하는 전광 이산 푸리에 변환장치;

상기 전광 이산 푸리에 변환장치로부터 역 다중화된 광 OFDM 심벌들에 대해 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터로 병렬 출력하는 N개의 제2 펄스 발생기;

각 제2 펄스 발생기로부터 병렬 출력된 광 데이터를 전기적 데이터로 변환하는 N개의 포토다이오드; 및

상기 포토다이오드로부터 변환된 전기적 데이터를 병렬로 입력받아 하나의 직렬 데이터로 변환하는 직렬변환기를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치.

**청구항 14**

제13 항에 있어서,

직렬로 입력되는 광 OFDM 변조 신호를 수신 받아 병렬로 변환하여 각 변조기로 출력하는 직병렬변환기가 더 포함되어 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치.

**청구항 15**

제13 항에 있어서,

상기 1:N 분배기와 각 변조기 사이에 연결되며, 각 부반송파의 성능을 평활화하기 위해 부반송파의 위상과 진폭을 다르게 조절하기 위한 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 제어모듈이 더 포함되어 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치.

**청구항 16**

제13 항에 있어서,

상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치 및 상기 전광 이산 푸리에 변환장치의 사이에 연결되며, 상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치로부터 생성된 광 OFDM 심벌들에 대해 불필요한 스펙트럼을 제거하기 위한 광 대역필터가 더 포함되어 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치.

**청구항 17**

제13 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 펄스 발생기로부터 출력된 펄스 스펙트럼의 모양은 가우시안 형태로 이루어진 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치.

**청구항 18**

제13 항에 있어서,

상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치는,

부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기;

각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈;

상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러;

각 N:1 파워커플러로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 및

상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N:1 파워커플러를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치.

**청구항 19**

제13 항에 있어서,

상기 전광 이산 푸리에 변환장치는,

입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기;

상기 1:N 분배기로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈;

상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 각각의 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기;

각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 및

상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치.

**청구항 20**

(a) 부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 1:N으로 분할하는 단계;

(b) 상기 각 1:N으로 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하여 출력하는 단계;

(c) 상기 단계(b)에서 출력된 각각의 신호들을 N:1로 역 분할하는 단계;

(d) 상기 단계(c)에서 N:1로 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하여 출력하는 단계; 및

(e) 상기 단계(d)에서 출력된 신호들을 N:1로 역 분할하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 역 이산 푸리에 변환방법.

**청구항 21**

(a') 입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하는 단계;

(b') 상기 N개로 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하여 출력하는 단계;

(c') 상기 단계(b')에서 출력된 각각의 신호들을 1:N으로 분할하는 단계;

(d') 상기 단계(c')에서 1:N으로 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하여 출력하는 단계; 및

(e') 상기 단계(d')에서 출력된 신호들을 N:1로 역 분할하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산 푸리에 변환방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 광 직교 주파수 분할 다중(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 이하 "OFDM"이라고 함) 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법과 이를 포함한 송수신장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 광 OFDM 통신 시스템의 송신단에서 광 OFDM 심벌(Symbol)을 광학적으로(Optically) 생성하고, 수신단에

서 역다중화 처리할 수 있도록 한 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법과 이를 포함한 송수신장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 일반적으로, 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, 이하 "FFT"라고 함)은 N개의 시간 영역의 샘플 포인트를 대응하는 N개의 주파수 영역의 샘플 포인트로 변환하는 디지털 신호 처리에 사용되는 알고리즘이다.
- [0003] OFDM 방식은 전송하려는 데이터를 여러 개로 나누어 변조하고, 변조된 데이터를 병렬로 전송하는 다중 반송파 기술이다. 부반송파(Subcarrier)는 이산 푸리에 변환장치(Discrete Fourier Transform, 이하 "DFT"라고 함)를 이용하여 얻어진다.
- [0004] 도 1은 기존 광 통신 시스템에서 OFDM 심벌을 생성 및 처리하는 종래의 시스템을 나타낸 블록 구성도이다.
- [0005] 도 1을 참조하면, OFDM 심벌은 일렉트로닉 인버스(Electronic Inverse) FFT에 의해 생성된다. 인버스(Inverse) FFT는 낮은 속도의 데이터를 직교 주파수 성분으로 정의되는 다중 반송파로 다중화하기 위하여 사용된다.
- [0006] 즉, 수신기(Receiver)에서 포토디텍터(Photodetector)가 수신된 광 OFDM 심벌을 일렉트로닉(Electronic) FFT를 위해 그에 상응하는 일렉트릭 웨이브폼(Electrical waveform)으로 바꾼다. FFT의 결과는 각 반송파에서 전송된 데이터를 나타낸다.
- [0007] 그러나, 기존 시스템의 경우 OFDM 심벌을 처리 및 생성하기 위해서 전기적 신호를 광 신호로 변환하고, 다시 광 신호를 전기적 신호로 변환해야 하는 과정이 필요하다. 이는 광 통신 시스템의 성능을 제한시키는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0008] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 광 OFDM 심벌의 생성 및 처리를 신호의 광, 전기적 변환이 필요한 일렉트로닉(Electronic) 고속 푸리에 변환(FFT)을 사용하지 않고, 광 OFDM 통신 시스템의 송신단에서 광 OFDM 심벌을 광학적으로(Optically) 생성하고, 수신단에서 역다중화 처리할 수 있도록 한 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법, 그리고 이를 포함한 송수신장치를 제공하는데 있다.
- [0009] 본 발명은 다른 목적은 기존의 광 통신 시스템보다 더 높은 주파수 효율성(spectral efficiency)을 얻을 수 있는 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법과 이를 포함한 송수신장치를 제공하는 데 있다.

**과제 해결수단**

- [0010] 전술한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 제1 측면은, 부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기; 각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러; 각 N:1 파워커플러로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 및 상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N:1 파워커플러를 포함하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 역 이산 푸리에 변환장치를 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 제2 측면은, 입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기; 상기 1:N 분배기로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 각각의 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기; 각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 및 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러를 포함하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산 푸리에 변환장치를 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명의 제3 측면은, 광 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 접속방식 시스템에서 광 데이터 전송을 위한 송신장치에 있어서, 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터를 출력하는 펄스 발생기; 상기 펄스 발생기로부터 출력된 광 데이터를 N개로 분할하는 1:N 분배기; 상기 1:N 분배기로부터 분할된 각 광 데이터를 부반송파에 실

어 변조하는 N개의 변조기; 및 각 변조기로부터 변조된 부반송파 광 데이터들에 대해 광학적으로 역 이산 푸리에 변환을 수행하여 광 OFDM 심벌을 생성하는 전광 역 이산 푸리에 변환장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송신장치를 제공하는 것이다.

- [0013] 여기서, 직렬로 입력되는 광 OFDM 변조 신호를 수신 받아 병렬로 변환하여 각 변조기로 출력하는 직병렬변환기가 더 포함됨이 바람직하다.
- [0014] 바람직하게, 상기 1:N 분배기와 각 변조기 사이에 연결되며, 각 부반송파의 성능을 평활화하기 위해 부반송파의 위상과 진폭을 다르게 조절하기 위한 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 제어모듈이 더 포함될 수 있다.
- [0015] 바람직하게, 상기 펄스 발생기로부터 출력된 펄스 스펙트럼의 모양은 가우시안 형태로 이루어질 수 있다.
- [0016] 바람직하게, 상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치는, 부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기; 각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러; 각 N:1 파워커플러로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 및 상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N:1 파워커플러를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 제4 측면은, 광 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 접속방식 시스템에서 광 데이터 전송을 위한 수신장치에 있어서, 입력되는 광 OFDM 심벌들에 대해 광학적으로 이산 푸리에 변환을 수행하여 역 다중화 처리하는 전광 이산 푸리에 변환장치; 상기 전광 이산 푸리에 변환장치로부터 역 다중화된 광 OFDM 심벌들에 대해 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터로 병렬 출력하는 N개의 펄스 발생기; 각 펄스 발생기로부터 병렬 출력된 광 데이터를 전기적 데이터로 변환하는 N개의 포토다이오드; 및 각 포토다이오드로부터 변환된 전기적 데이터를 병렬로 입력받아 하나의 직렬 데이터로 변환하는 직렬변환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 수신장치를 제공하는 것이다.
- [0018] 여기서, 상기 전광 이산 푸리에 변환장치는, 입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기; 상기 1:N 분배기로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 각각의 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기; 각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 및 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러를 포함함이 바람직하다.
- [0019] 바람직하게, 각 펄스 발생기로부터 출력된 펄스 스펙트럼의 모양은 가우시안 형태로 이루어질 수 있다.
- [0020] 본 발명의 제5 측면은, 광 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 접속방식 시스템에서 광 데이터 전송을 위한 송수신장치에 있어서, 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터를 출력하는 제1 펄스 발생기; 상기 제1 펄스 발생기로부터 출력된 광 데이터를 N개로 분할하는 1:N 분배기; 상기 1:N 분배기로부터 분할된 각 광 데이터를 부반송파에 실어 변조하는 N개의 변조기; 각 변조기로부터 변조된 부반송파 광 데이터들에 대해 광학적으로 역 이산 푸리에 변환을 수행하여 광 OFDM 심벌을 생성하는 전광 역 이산 푸리에 변환장치; 상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치로부터 생성된 광 OFDM 심벌들에 대해 광학적으로 이산 푸리에 변환을 수행하여 역 다중화 처리하는 전광 이산 푸리에 변환장치; 상기 전광 이산 푸리에 변환장치로부터 역 다중화된 광 OFDM 심벌들에 대해 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터로 병렬 출력하는 N개의 제2 펄스 발생기; 각 제2 펄스 발생기로부터 병렬 출력된 광 데이터를 전기적 데이터로 변환하는 N개의 포토다이오드; 및 상기 포토다이오드로부터 변환된 전기적 데이터를 병렬로 입력받아 하나의 직렬 데이터로 변환하는 직렬변환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치를 제공하는 것이다.
- [0021] 여기서, 직렬로 입력되는 광 OFDM 변조 신호를 수신 받아 병렬로 변환하여 각 변조기로 출력하는 직병렬변환기가 더 포함됨이 바람직하다.
- [0022] 바람직하게, 상기 1:N 분배기와 각 변조기 사이에 연결되며, 각 부반송파의 성능을 평활화하기 위해 부반송파의 위상과 진폭을 다르게 조절하기 위한 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 제어모듈이 더 포함될 수 있다.
- [0023] 바람직하게, 상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치 및 상기 전광 이산 푸리에 변환장치의 사이에 연결되며, 상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치로부터 생성된 광 OFDM 심벌들에 대해 불필요한 스펙트럼을 제거하기 위한 광 대역필터가 더 포함될 수 있다.
- [0024] 바람직하게, 상기 제1 및 제2 펄스 발생기로부터 출력된 펄스 스펙트럼의 모양은 가우시안 형태로 이루어질 수

있다.

- [0025] 바람직하게, 상기 전광 역 이산 푸리에 변환장치는, 부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기; 각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러; 각 N:1 파워커플러로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 및 상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N:1 파워커플러를 포함할 수 있다.
- [0026] 바람직하게, 상기 전광 이산 푸리에 변환장치는, 입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기; 상기 1:N 분배기로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈; 상기 시간 지연 어레이모듈로부터 출력된 각각의 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기; 각 1:N 분배기로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈; 및 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 제6 측면은, (a) 부반송파의 광 주파수 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 1:N으로 분할하는 단계; (b) 상기 각 1:N으로 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하여 출력하는 단계; (c) 상기 단계(b)에서 출력된 각각의 신호들을 N:1로 역 분할하는 단계; (d) 상기 단계(c)에서 N:1로 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하여 출력하는 단계; 및 (e) 상기 단계(d)에서 출력된 신호들을 N:1로 역 분할하는 단계를 포함하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 역 이산 푸리에 변환방법을 제공하는 것이다.
- [0028] 본 발명의 제7 측면은, (a') 입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하는 단계; (b') 상기 N개로 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하여 출력하는 단계; (c') 상기 단계(b')에서 출력된 각각의 신호들을 1:N으로 분할하는 단계; (d') 상기 단계(c')에서 1:N으로 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하여 출력하는 단계; 및 (e') 상기 단계(d')에서 출력된 신호들을 N:1로 역 분할하는 단계를 포함하는 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산 푸리에 변환방법을 제공하는 것이다.

**효 과**

- [0029] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명의 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법, 그리고 이를 포함한 송수신장치에 따르면, 기존의 고속 푸리에 변환(FFT)에서 필요한 광 파장의 전기적 파장 변환, 전기적 파장의 광 파장 변환 단계를 생략할 수 있으며, 광 OFDM 전송을 통해 전자소자, 광전자소자의 속도 한계 이상의 고속 광 전송이 가능하다. 일 예로 4x25 Gbps 광 데이터 전송 송신기와 수신기에 이용하면 100 Gbps OFDM에 필요한 전자소자, 광전자소자의 필요 대역폭을 약 25 Gbps로 경감할 수 있는 이점이 있다.
- [0030] 또한, 본 발명에 따르면, 광 OFDM 4x25 Gbps 전송과 확장된(amplified) 전송 100 Gbps RZ(return to zero) 전송 성능을 비교해 보았을 경우, 광 OFDM 전송 시스템이 높은 스펙트럼 효율(spectral efficiency)을 갖는 이점이 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- [0031] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되어지는 것이다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 역 이산 푸리에 변환장치를 설명하기 위한 개념도이다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 역 이산 푸리에 변환장치는, 크게 N개의 1:N 분배기(Splitter)(100a 내지 100n), 위상 쉬프트 지연 어레이모듈(200), N개의 N:1 파워커플러(Power Coupler)(300a 내지 300n), 시간 지연 어레이모듈(400) 및 N:1 파워커플러(500)를 포함하여 이루어진다.
- [0034] 여기서, N개의 1:N 분배기(100a 내지 100n)는 부반송파의 광 주파수(Optical Frequency) 수에 상응하는 N개의 입력부로부터 전송된 각 부반송파 신호를 각각 분할하는 기능을 수행한다.
- [0035] 위상 쉬프트 지연 어레이모듈(Phase Shift Delay Array Module)(200)은 각 1:N 분배기(100a 내지 100n)로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하는 역할을 한다.

- [0036] N개의 N:1 파워커플러(300a 내지 300n)는 위상 쉬프트 지연 어레이모듈(200)로부터 출력된 신호들을 역 분할하는 기능을 수행한다.
- [0037] 시간 지연 어레이모듈(Delay Array Module)(400)은 각 N:1 파워커플러(300a 내지 300n)로부터 역 분할된 광 OFDM 심벌의 시간 지연을 수행하는 역할을 한다.
- [0038] N:1 파워커플러(500)는 시간 지연 어레이모듈(400)로부터 출력된 신호들을 역 분할하는 기능을 수행한다.
- [0039] 한편, 본 발명의 일 실시예에 적용된 파워커플러 또는 분배기(Power Coupler or Splitter)는 서로 병행하여 적용가능하다.
- [0040] 그리고, N-포인트 역 이산 푸리에 변환(Inverse DFT)은 하기의 수학적 식 1로 정의된다.

**수학적 식 1**

$$\varepsilon_m = \sum_{k=0}^{N-1} E_k e^{-i2\pi/N km}$$

- [0041]
- [0042] 여기서,  $\varepsilon_m$ 은 시간 도메인에서의 m번째 샘플을 나타낸다.
- [0043] N-포인트 이산 푸리에 변환(DFT)은 하기의 수학적 식 2로 정의된다.

**수학적 식 2**

$$E_k = 1/N \sum_{m=0}^{N-1} \varepsilon_m e^{i2\pi/N mk}$$

- [0044]
- [0045] 여기서,  $E_k$ 는 주파수 도메인에서의 k번째 샘플을 나타낸다. 정수 값 N은 총 샘플들의 수를 나타내며, k와 m은 0보다 크거나 같고 N보다는 작다( $0 \leq k, m < N$ ). 상응하는 시간과 주파수 위치(position)는 각각 하기의 수학적 식 3 및 수학적 식 4로 정의된다.

**수학적 식 3**

[0046]  $t_m = m \tau$

**수학적 식 4**

[0047]  $\omega_k = k \delta$

- [0048] 여기서,  $\tau$ ,  $\delta$ 는 각각 시간과 주파수 도메인에서 샘플링 스페이스(sampling space)를 나타내며 하기의 수학적 식 5로 정의된다.

**수학적 식 5**

[0049]  $\delta \tau = 2\pi / N$

- [0050] 그리고, 광회로 즉, 전광 역 이산 푸리에 변환장치의 입력 신호인  $\omega_k$ 는 부반송파의 광 주파수이며, 이러한 광회로의 구현은 도 2에 도시된 바와 같이, 파워커플러 또는 분배기(Power Coupler or Splitter)를 통해서 나뉜된 파워의 조합으로 인한 광 통로 길이 조정(Optical Path Length Adjustments)을 통한 위상 딜레이를 통해 이뤄진다.
- [0051] 전체적인 회로 구성은 각 통로(Path)마다 적절한 시간 딜레이와 상대적인 위상 조정(Phase Tuning)을 제외하고는 통상의 파장 분할 다중화기(Wavelength Division Multiplexer)와 흡사하다.
- [0052] 따라서, OFDM의 각 반송파들에 상응하는 모든 파장 요소들(Wavelength Components)은 하나의 출력 포트에서 직교하게(orthogonally) 다중화(multiplexed)되며 입력 포트의 주파수와 상응(Matched)되는 단 하나의 광 부반송파만 출력포트에서 보강간섭(constructive interference)을 가지게 된다. 반면에, 다른 모든 부반송파들은 출력 포트에서 상쇄간섭(destructive interference)을 가지게 된다.

- [0053] 도 3a와 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 이산 푸리에 변환장치의 예를 설명하기 위한 개념도이다.
- [0054] 즉, 본 발명의 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)도 상기와 같은 방식으로 구성될 수 있다. 상기 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)는 위상 반정합(phase conjugation)을 제외하고는 음수(negative)의 위상 쉬프트 방향, 전광 역 이산 푸리에 변환장치(Inverse DFT)와는 반대의 딜레이를 필요로 하는 역행불변성(retro-propagation invariant)이 있다.
- [0055] 도 3a를 참조하면, 본 발명의 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)는, 입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기(Splitter)(500')와, 상기 1:N 분배기(500')로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈(Delay Array Module)(400')과, 상기 시간 지연 어레이모듈(400')로부터 출력된 각각의 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기(Splitter)(300a'~300n')와, 각 1:N 분배기(300a'~300n')로부터 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈(Phase Shift Delay Array Module)(200')과, 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈(200')로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러(power coupler)(100a'~100n')를 포함하여 구성될 수 있다. 신호 검출을 위한 스위치(SWa~SWn)는 상기 N:1 파워커플러(100a'~100n')와 출력단 사이에 각기 접속되어 신호검출 시 단락(on)되는데, 이들은 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)에 포함될 수 있다.
- [0056] 도 3b를 참조하면, 또한 본 발명의 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)는 입력되는 광 OFDM 심벌을 N개로 분할하기 위한 1:N 분배기(Splitter)(500')와, 상기 1:N 분배기(500')로부터 각각 분할된 신호들의 시간 지연을 수행하기 위한 시간 지연 어레이모듈(Delay Array Module)(400')과, 상기 시간지연 어레이모듈(400')의 출력단에 각기 접속되어 신호 검출시 단락되는 신호 검출을 위한 스위치(SWa~SWn)와, 상기 스위치(SWa~SWn)를 각기 통해 출력되는 신호들을 분할하기 위한 N개의 1:N 분배기(Power Splitter)(300a'~300n')와, 상기 1:N 분배기(300a'~300n')로부터 각기 분할된 신호들의 위상 변이를 수행하기 위한 위상 쉬프트 지연 어레이모듈(200')과, 상기 위상 쉬프트 지연 어레이모듈(200')로부터 출력된 신호들을 역 분할하기 위한 N개의 N:1 파워커플러(power coupler)(100a'~100n')를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0057] 상기 스위치(SWa~SWn)에서 사용되는 검출 신호(detection pulse)의 길이는 입력 타임 도메인 샘플링 스페이스  $\tau$  와 비슷한 펄스폭을 갖도록 하는 것이 바람직하다.
- [0058] 한편, 전광 역 이산 푸리에 변환장치(Inverse DFT)의 입력은 타임 도메인 샘플링 스페이스  $\tau$  와 비슷한 펄스폭을 갖는 레이저 펄스들을 통해서 생성된다. 이는 다른 광 반송파 주파수 입력 사이에서 디터미네스틱(deterministic)한 상대적인 위상 관계(phase relationship)를 구하기 위해서이다.
- [0059] 따라서, 프리엠퍼시스(Pre-emphasis), 파워 평활화(Power Equalization)와 같은 기준에 알려진 OFDM의 신호 최적화 기법을 이용하여 색분산누화 보정, 비선형누화 보정 기법을 이용할 수 있다.
- [0060] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치를 설명하기 위한 개념도로서, 전술한 본 발명의 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치를 사용한 100 Gbps 전송 응용(Application)을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0061] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치 즉, 100 Gbps 전송 시스템은 4x25 Gbps 전송을 위한 송신기(Transmitter)(600)와 수신기(Receiver)(700)로 구성되어 있다.
- [0062] 여기서, 송신기(600)는 크게, 펄스 발생기(pulse carver)(610), 1:N 분배기(Splitter)(620), N개(N=4)의 변조기(Modulator, MOD)(630a 내지 630d) 및 전광 역 이산 푸리에 변환장치(640)를 포함하여 이루어진다.
- [0063] 펄스 발생기(610)는 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터를 출력하는 기능을 수행하는 것으로서, 예컨대, cw(continuous-wave) 레이저다이오드(Laser Diode, LD)로부터 전자-흡수(electro-absorption) 변조기를 이용한 펄스 발생기(pulse carver)로는 160 GHz에서 3-dB 전폭(full width)의 광 스펙트럼을 갖고, 2.8 ps 3-dB 너비를 갖는 짧은 펄스를 생성한다. 이때, 펄스 스펙트럼 모양은 실용적인 어플리케이션 모델을 위해 대역폭의 너비가 충분히 큰 가우시안 형태로 이루어짐이 바람직하다.
- [0064] 1:N 분배기(620) 또는 파워커플러(power coupler)는 펄스 발생기(610)로부터 출력된 광 데이터를 N개(N=4)로 분할하는 기능을 수행한다.
- [0065] N개(N=4)의 변조기(630a 내지 630d)는 1:N 분배기(620)로부터 분할된 각 광 데이터를 부반송파에 실어 변조하는 기능을 수행한다.

- [0066] 전광 역 이산 푸리에 변환장치(640)는 각 변조기(630a 내지 630d)로부터 변조된 부반송파 광 데이터들에 대해 광학적으로 역 이산 푸리에 변환을 수행하여 광 OFDM 심벌을 생성하는 기능을 수행하는 것으로서, 이에 대한 상세한 설명은 도 2를 참조하기로 한다.
- [0067] 이와 같이 구성된 송신기(600)에서 출력된 펄스들은 1:N 분배기(620) 또는 파워커플러(power coupler)를 통해 4개의 25 Gbps 변조기(630a 내지 630d)로 입력되며, 변조된 펄스 데이터는 전광 역 이산 푸리에 변환장치(640)의 반송파 입력 포트에 입력된다.
- [0068] 한편, 광 DFT 내의 위상 변이(phase shift)들은 가장 낮은 광 부반송파가 아닌 광 반송파의 미드 포인트 주파수(midpoint frequency)에 의해 기준이(referenced) 되어 진다. 즉, 광 반송파의 미드 포인트(midpoint frequency)는  $f_c$ 로 정의되며,  $f_c$ 는 cw 레이저다이오드(LD)의 파장(wavelength)에 상응한다.
- [0069] 추가적으로, 직렬로 입력되는 광 OFDM 변조 신호(100 Gbps)를 수신 받아 병렬로 변환하여 각 변조기(630a 내지 630d)로 출력하는 직렬변환기(De-serializer)(650)가 더 포함될 수 있다.
- [0070] 또한, 1:N 분배기(629)와 각 변조기(630a 내지 630d) 사이에 연결되어 있으며, 각 부반송파의 성능을 평활화(equalize)하기 위해 부반송파의 위상(phase)과 진폭(amplitude)을 다르게 조절하기 위한 프리엠퍼시스 제어모듈(pre-emphasis control module)(660)이 더 포함될 수 있다.
- [0071] 그리고, 수신기(700)는 입력되는 광 OFDM 심벌들에 대해 광학적으로 이산 푸리에 변환을 수행하여 역 다중화 처리하는 전광 이산 푸리에 변환장치(710)와, 전광 이산 푸리에 변환장치(710)로부터 역 다중화된 광 OFDM 심벌들에 대해 특정의 광 스펙트럼 및 펄스폭을 갖는 광 데이터로 병렬 출력하는 N개(N=4)의 펄스 발생기(720a 내지 720d)와, 각 펄스 발생기(720a 내지 720d)로부터 병렬 출력된 광 데이터를 전기적 데이터로 변환하는 N개(N=4)의 포토다이오드(Photodiode, PD)(730a 내지 730d)와, 각 포토다이오드(730a 내지 730d)로부터 변환된 전기적 데이터를 병렬로 입력받아 하나의 직렬 데이터로 변환하는 직렬변환기(Serializer)(740)로 구성되어 있다.
- [0072] 더욱이, 전광 역 이산 푸리에 변환장치(640) 및 전광 이산 푸리에 변환장치(710)의 사이에 연결되며, 전광 역 이산 푸리에 변환장치(640)로부터 생성된 광 OFDM 심벌들에 대해 불필요한 스펙트럼을 제거하기 위한 광 대역필터(Optical bandpass filter)(800)가 더 포함될 수 있다.
- [0073] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 전송 시스템의 파워 스펙트럼 밀도(power spectral density)를 나타낸 그래프로서, 도 4의 광 OFDM 통신을 위한 송신기(600) 구조에서 광 반송파 주파수들의 파워 스펙트럼 밀도(power spectral density)를 나타낸 그래프이다.
- [0074] 도 4 및 도 5a를 참조하면, OFDM 송신기(600) 구조에서의 파워 스펙트럼 밀도는 각 광 반송파 주파수 25 GHz 중간 부분에서 임펄스(impulse) 특징을 나타내며, 상측 부분의 실선 커브는 전형적인 OFDM 송신기(Transmitter)의 출력 파워 스펙트럼 밀도를 나타낸다.
- [0075] 이 일예에서는 톤 포지션(tone position)들은 부반송파들의 포지션들과 맞지 않으며, 데이터 정보는 하측 부분의 파워 스펙트럼 밀도 데이터가 가리키는 톤(tone)들 중에서 변조(modulated) 된다.
- [0076] 즉, 하측 부분의 굵은 점선과 얇은 점선 커브들은 각 홀수 채널 주파수  $f_1, f_3$  나 짝수 채널 주파수  $f_2, f_4$  들이 선택적으로 다중화 되었을 때의 파워 스펙트럼 밀도를 나타내며,  $f_1, f_2, f_3, f_4$  들은 부반송파 디튜닝 주파수(subcarrier detuning frequency)로 불리우며, -37.5, -12.5, +12.5, 37.5 GHz에 각각 위치한다.
- [0077] 이 일예에서는 모든 부반송파들이 사용될 경우 전광 역 이산 푸리에 변환장치(Inverse DFT)(640)에서 광 반송파는 억압(suppressed)되며, 전광 역 이산 푸리에 변환장치(Inverse DFT)(640)의 출력은 불필요한 스펙트럼을 제거하기 위해 광 대역필터(Optical bandpass filter)(800)에 입력된다. 이 필터의 함수는 일예로 160 GHz 3-dB 진폭 4차 슈퍼 가우시안(forth-order super gaussian with 3-dB full width of 160 GHz)이다.
- [0078] 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 전송 시스템의 광 파형(optical waveform) 나타낸 그래프이다.
- [0079] 도 4 및 도 5b를 참조하면, 상측 부분의 파형은 전광 역 이산 푸리에 변환장치(Inverse DFT)(640)로부터 출력된 광 OFDM 심벌을 나타낸 것으로, 이 도식(diagram)은 다양한 데이터 변조(modulation) 종류들이 겹쳐진 모습을 나타내며, 광 OFDM 심벌은 심벌 주기(symbol period)가 40 ps인데 반에 10-ps 특성(feature)들로 이루어져 있다.
- [0080] 펄스 분배기(splitter) 즉, 1:N 분배기(620)와 전광 역 이산 푸리에 변환장치(Inverse DFT)(640)사이의 프리엠퍼

퍼시스 제어모듈(pre-emphasis control module)(660)은 수신기(700)에서 각 부반송파의 성능을 평활화(equalize)하기 위해 부반송파의 위상(phase)과 진폭(amplitude)을 다르게 조절할 수 있다.

- [0081] 상기의 송신기(600) 모델에서 프리엠퍼시스의 일레로 부반송파 디튜닝 주파수(subcarrier detuning frequency)  $f_1, f_2, f_3, f_4$ 를 위해  $\{-1.3, -1, +1, +1.3\}$ 의 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 값이 선택되었다. 이 값들은 광 증폭기 잡음(optical amplifier noise)과 부반송파들의 누화 페널티(crosstalk penalty)로부터 수신기(700)의 성능을 평활화(equalize)시킨다.
- [0082] 상기 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 값들의 부호들을 다르게 할 수록 OFDM 심벌 파형(waveform)은 바뀌며 같은 부호들의 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 값들은 OFDM 심벌 파형의 중간에 싱글 스트롱 피크(single strong peak)를 생성한다.
- [0083] 도 5b의 OFDM 심벌 다이어그램은 20과 60 ps 위치한 곳에서 널(null)값과 인접 10 ps 부분에서 피크 파워(peak power)가 퍼지는(spreading) 것을 보여준다. 최적화된(optimized) 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 값은 비선형 임페어먼트(nonlinearity impairment)를 줄인다.
- [0084] 도 5b의 하측 부분은 수신기(700)에서 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)(710)에 의해서 역 다중화(demultiplexed)된 광 OFDM 심벌을 나타내는 그래프이다.
- [0085] 도 5b의 하측 부분을 참조하면, 선명한 눈 열림(eye-opening)들이 심벌 주기(period) 중간에서 나타나며, 데이터 정보가 작은 윈도우 시간인(narrow time window) 10 ps 내에서 받아진다.
- [0086] 또한 수신기(700)에서 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)는 도 3b와 같이 구성될 수 있다.
- [0087] 도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 3b로 구성된 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)에 의해서 역 다중화(demultiplexed)된 광 OFDM 심벌을 나타내는 그래프이다.
- [0088] 도 5c를 참조하면, 상측 부분의 파형은 전광 역 이산 푸리에 변환장치(Inverse DFT)(640)로부터 출력된 광 OFDM 심벌을 나타낸 것으로, 도 5a와 같은 특성을 나타낸다.
- [0089] 도 5c의 하측 부분을 참조하면, 20과 60 ps 위치한 곳에서 검출(detection)된 광 OFDM 심벌들이 나타난다. 도 3b의 전광 이산 푸리에 변환장치(Forward FDT) 내의 검출기는(detector)는 광 OFDM 심벌의 검출을 수행한다.
- [0090] 이산 푸리에 변환장치(Forward DFT)(710)에서 시간 도메인 파형(time domain waveform)들은 샘플링 포인트(sampling points)에서만 의미 있는 값을 갖는다. 이를 이용하기 위해서 25 GHz에서 반복(repeating)하는 전자-흡수(electro-absorption) 변조기 펄스 발생기(electro-absorption modulator pulse carver) 즉, 펄스 발생기(pulse carver)(720a 내지 720d)가 파형(waveform)을 RZ(Return to Zero)로 바꾸기 위해 모든 부반송파 출력에서 사용된다.
- [0091] 펄스 발생기(720a 내지 720d)의 너비(width)는 8.8ps이다. RZ 광 데이터(data)들은 18 GHz 3-dB 대역폭(bandwidth)을 갖는 포토다이오드(Photodiode)(730a 내지 730d)에 의해 전기적(electrical) 데이터로 변환된다. 이 어플리케이션에서 사용되는 일렉트로닉 요소들은(electronic components)들은 25 GHz 미만의 대역폭을 갖는다.
- [0092] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 4x25 Gbps 광 OFDM 전송 시스템과 싱글 채널(single-channel) 100 Gbps RZ 시스템의 파워 스펙트럼 밀도(power spectral density)의 비교를 위한 그래프로써, 프리엠퍼시스(pre-emphasis)를 사용한 OFDM 전송의 PSD 스펙트럼의 슬로프(slope)는 상대적으로 평평(flat)하며, 약 50 GHz 내외에서는 급격히 감소한다. 약 30% 듀티비(duty ratio)를 갖는 RZ 전송의 데이터 스펙트럼은 완만하게 감소하여 50 GHz 보다 더 멀리 뻗는다.
- [0093] 도 6a를 참조하면, 광 OFDM 전송은 두 배 혹은 더 높은 스펙트럼 효율성(spectral efficiency)을 가지고 있다. 스펙트럼 데이터에는 0.1nm 리졸루션(resolution), 20dB 광신호대잡음비(Optical Signal To Noise Ratio)에 상응하는 자연증폭방출(mplified spontaneous emission, ASE)값이 사용되었다.
- [0094] 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 4x25 Gbps 광 OFDM 전송 시스템과 싱글 채널 100 Gbps RZ 시스템의 Q factor 성능 대비 OSNR 비교를 위한 그래프이다.
- [0095] 도 6b를 참조하면, "OSNR-limited performace regime"이라 불리는 낮은 OSNR 리미트(lower OSNR limit)에서는 OFDM과 RZ 전송 모두 비슷한 성능을 보인다. 자연증폭방출로부터 임팩트(impact)가 적을수록, OFDM 부반송파 사

이의 누수 페널티(crosstalk penalty)는 같은 싱글 채널 RZ 전송보다 명백해진다. 8.5dB의 Q factor에서, 광 OFDM는 1.4dB OSNR 페널티가 있다. 인접 부반송파들이 없어질수록 페널티는 감소한다.

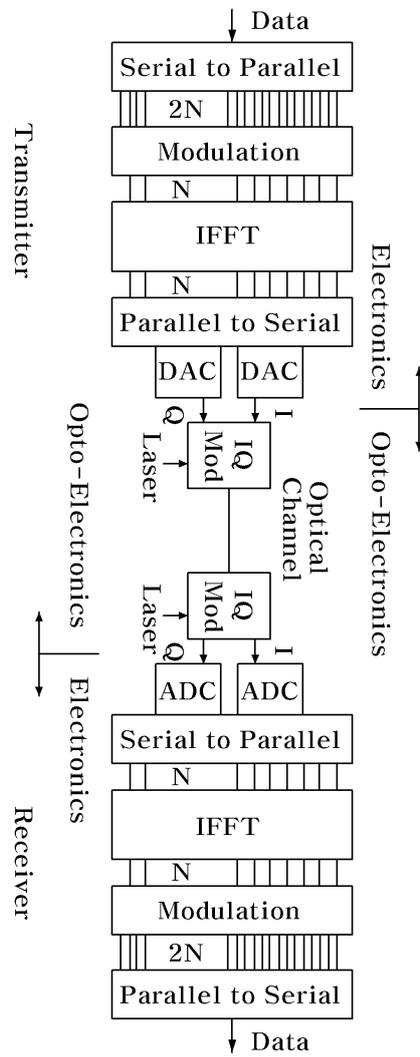
[0096] 전술한 본 발명에 따른 광 OFDM 통신을 위한 전광 이산/역 이산 푸리에 변환장치 및 그 방법, 그리고 이를 포함한 송수신장치에 대한 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명에 속한다.

**도면의 간단한 설명**

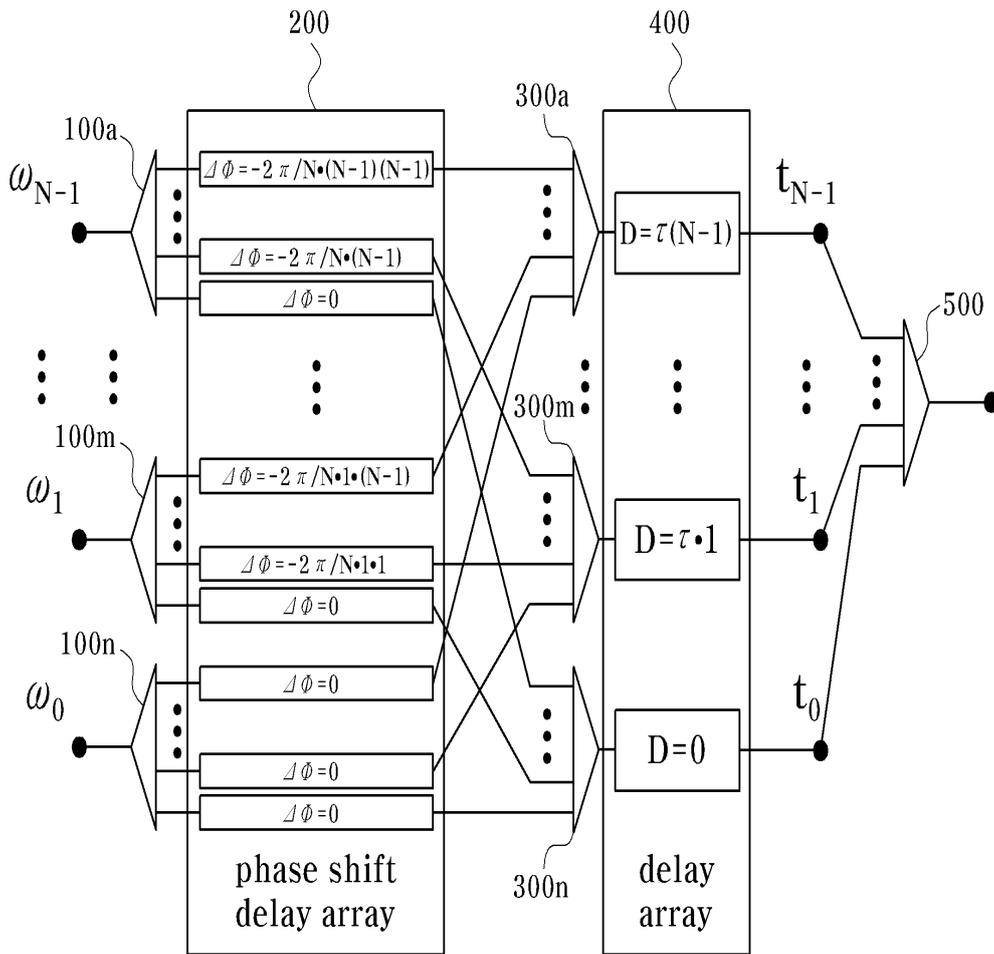
- [0097] 도 1은 기존 광 통신 시스템에서 OFDM 심벌을 생성 및 처리하는 종래의 시스템을 나타낸 블록 구성도이다.
- [0098] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 역 이산 푸리에 변환장치를 설명하기 위한 개념도이다
- [0099] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 이산 푸리에 변환장치의 예를 설명하기 위한 개념도이다.
- [0100] 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 이산 푸리에 변환장치의 예를 설명하기 위한 개념도이다.
- [0101] 도 4은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 통신을 위한 송수신장치를 설명하기 위한 개념도이다.
- [0102] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 전송 시스템의 파워 스펙트럼 밀도(power spectral density)를 나타낸 그래프이다.
- [0103] 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 전송 시스템의 광 파형(optical waveform)을 나타낸 그래프이다.
- [0104] 도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 OFDM 정손 시스템의 광 파형(optical waveform)을 나타낸 그래프이다.
- [0105] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 4x25 Gbps 광 OFDM 전송 시스템과 싱글 채널 100 Gbps RZ 시스템의 파워 스펙트럼 밀도(power spectral density)의 비교를 위한 그래프이다.
- [0106] 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 4x25 Gbps 광 OFDM 전송 시스템과 싱글 채널 100 Gbps RZ 시스템의 Q factor 성능 대비 OSNR 비교를 위한 그래프이다.

도면

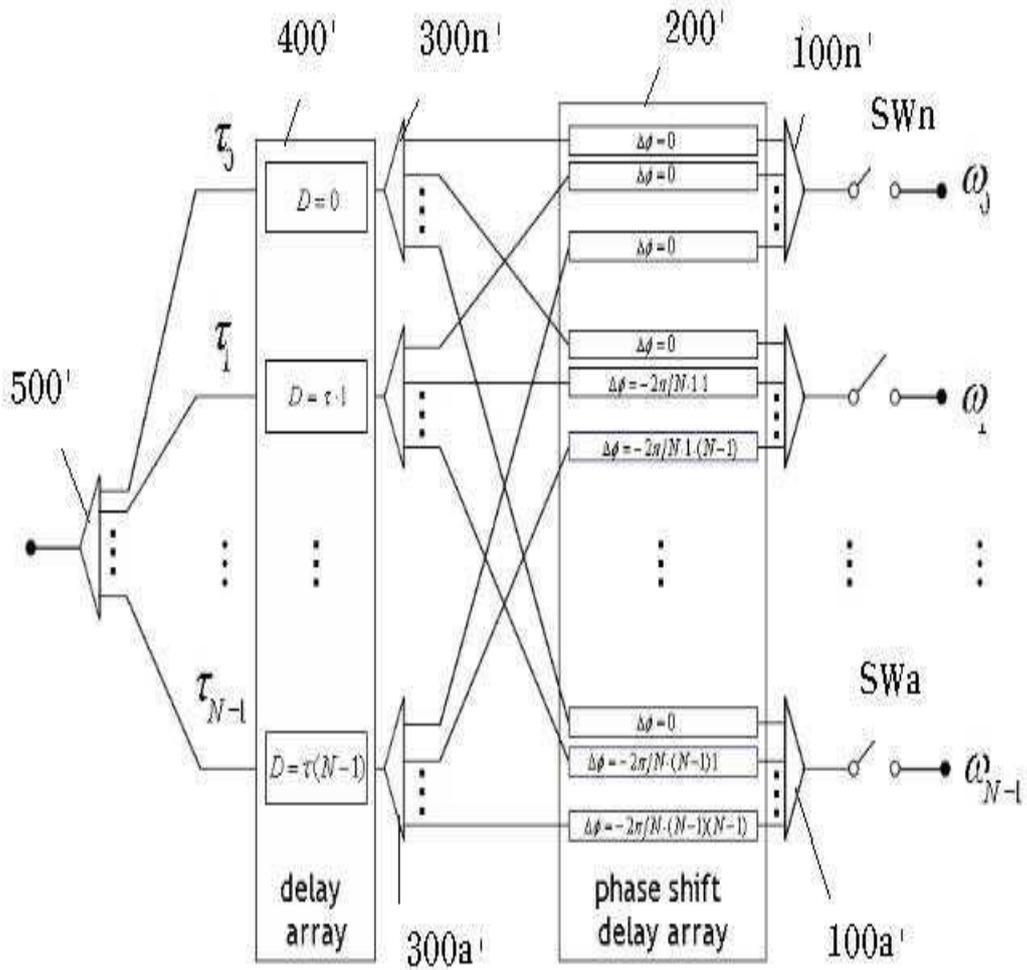
도면1



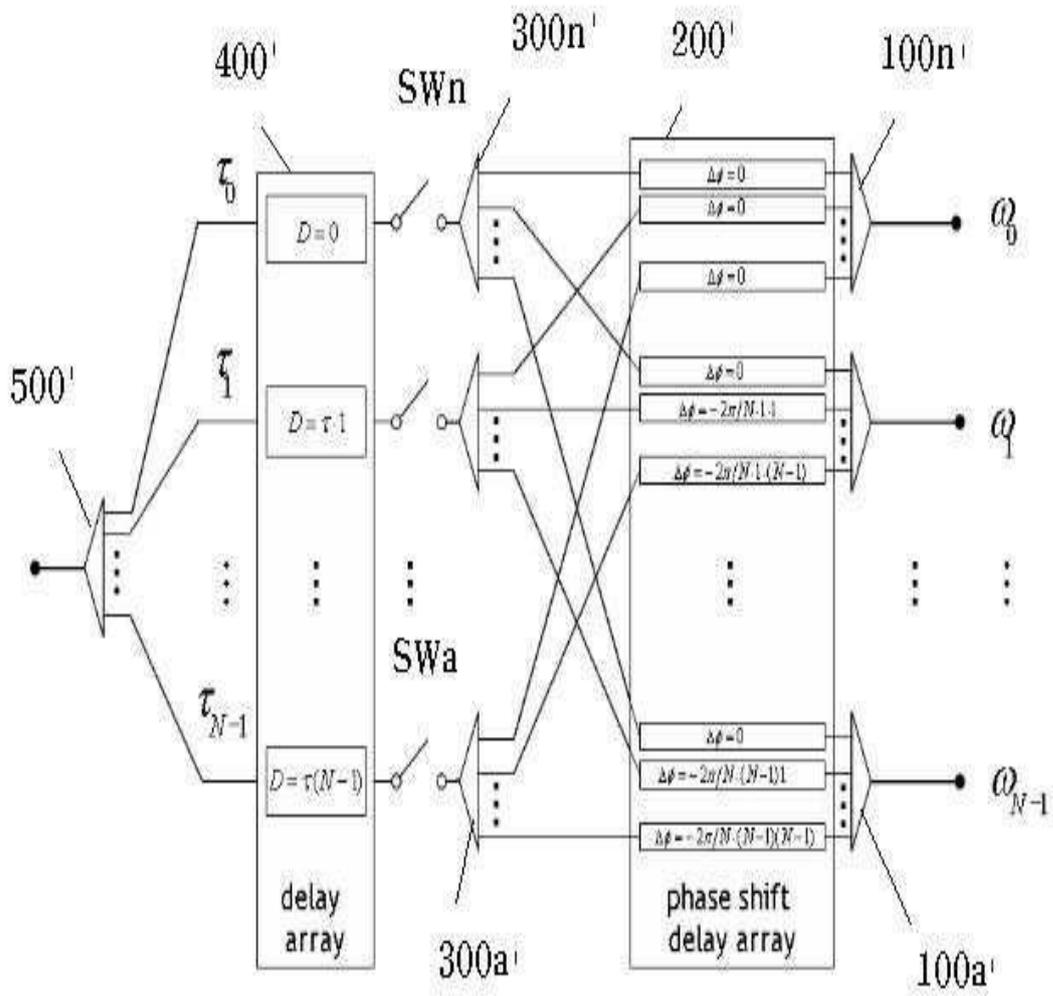
도면2



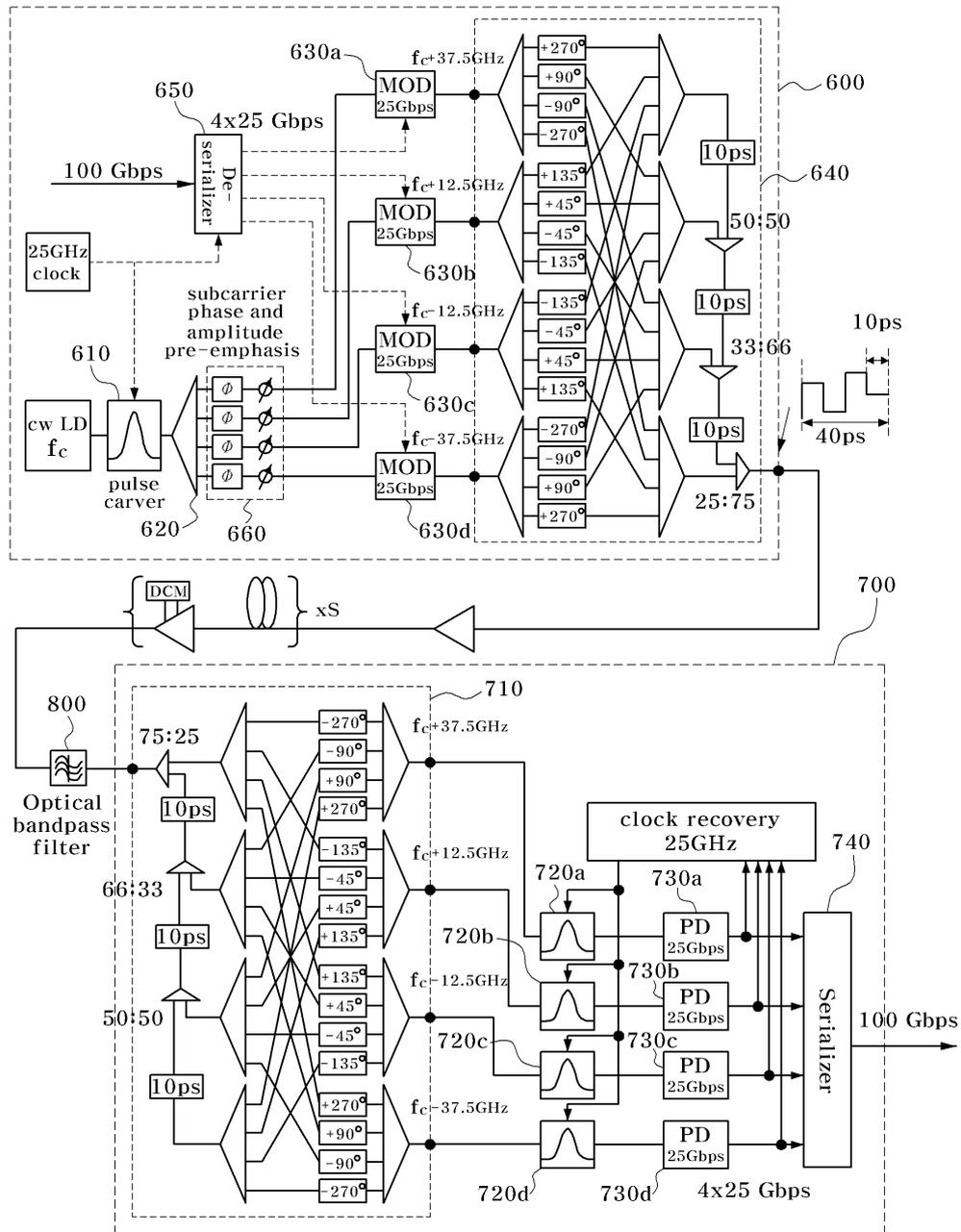
도면3a



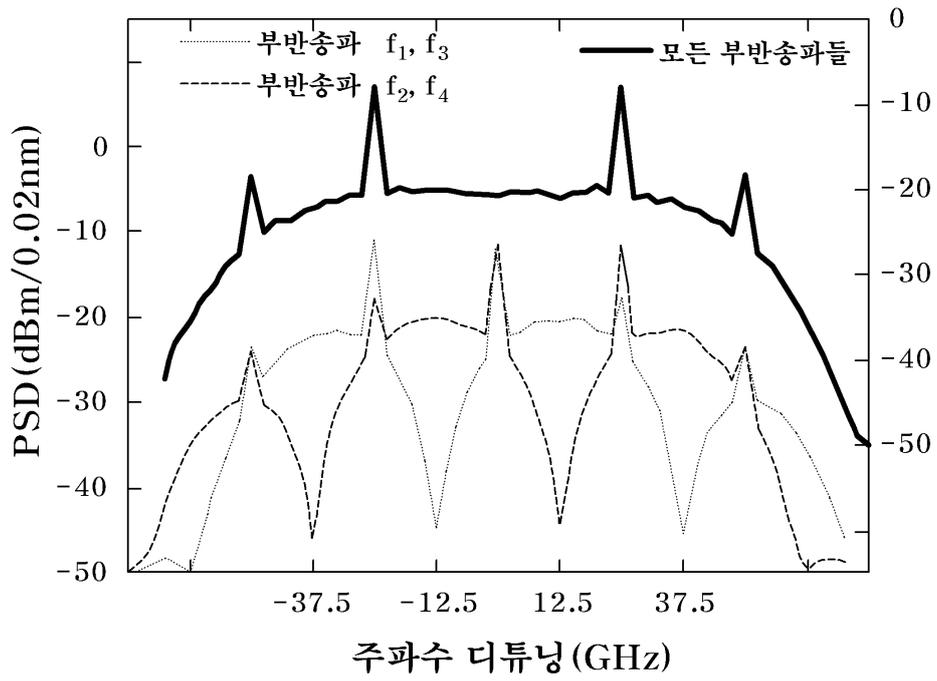
도면3b



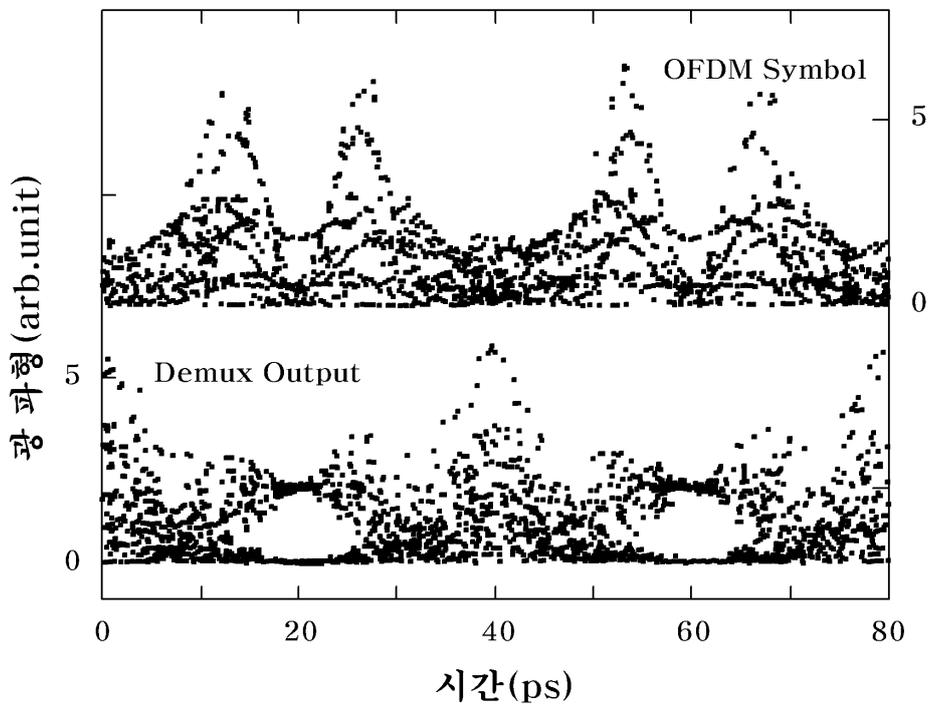
도면4



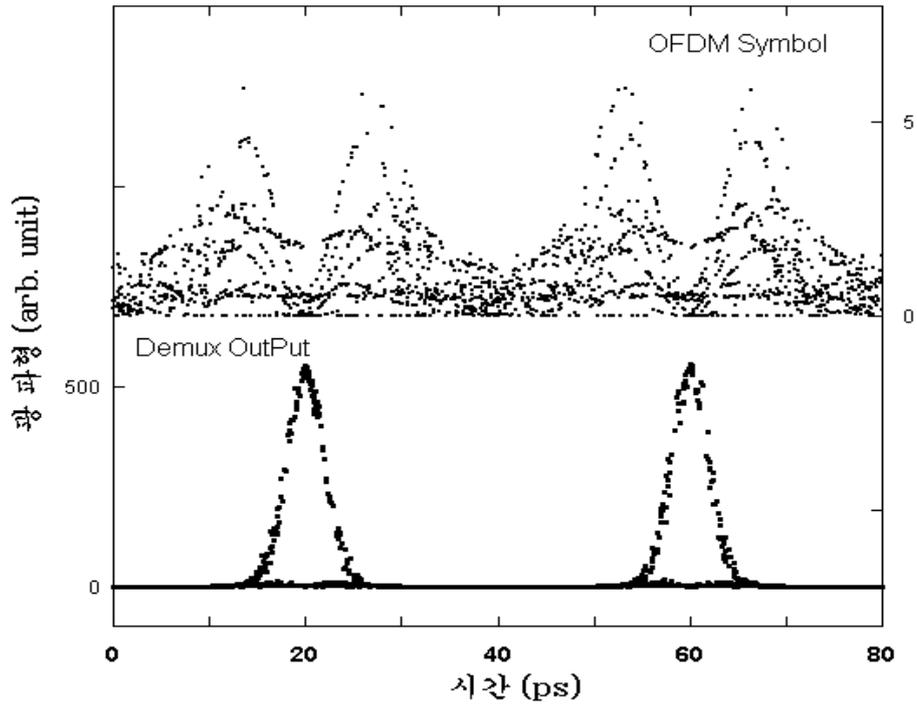
도면5a



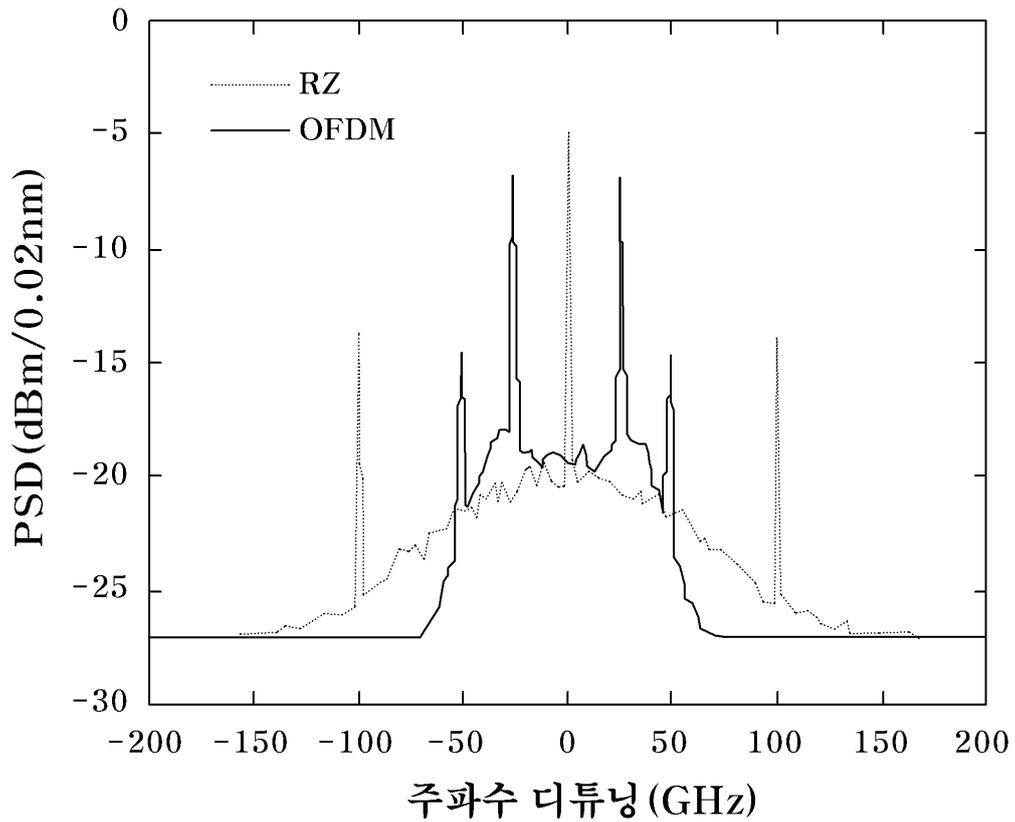
도면5b



도면5c



도면6a



도면6b

