



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년04월06일
(11) 등록번호 10-2519365
(24) 등록일자 2023년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/61 (2013.01) H04B 10/532 (2013.01)
H04B 10/54 (2013.01) H04B 10/548 (2013.01)
H04B 10/67 (2013.01) H04L 27/00 (2006.01)
H04L 27/144 (2006.01) H04L 27/38 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 10/612 (2013.01)
H04B 10/532 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2021-0190575
(22) 출원일자 2021년12월29일
심사청구일자 2021년12월29일
(56) 선행기술조사문헌
KR102225027 B1
KR102211485 B1
KR102128201 B1
JP2009049613 A

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
한상국
서울특별시 서초구 서초중앙로 220, 108동 3001호 (반포동, 반포 래미안아이파크)
하인호
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
민영준

전체 청구항 수 : 총 16 항

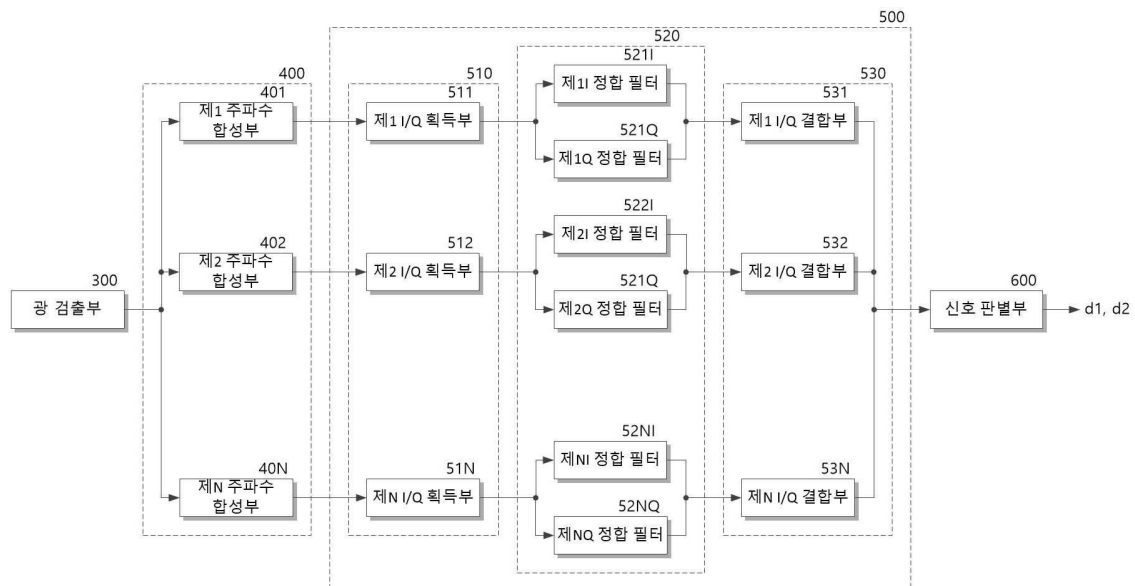
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 다차원 변조 광 수신 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 광 세기 변조(IM) 기법과 함께 편광 세기 회전 주파수 천이(PIRFSK) 기법으로 다차원 변조되어 전송된 수신 광 신호를 인가받아 광전 변환하여 전기적 신호인 검출 신호를 획득하는 광 검출부, 변조 시에 이용될 수 있는 모든 변조 주파수에 따른 다수의 주파수 신호 각각을 검출 신호와 합성하여 하향 변환함으로써 다수의 기저 (뒷면에 계속)

대표도



대역 신호를 획득하는 FSK 복조부, 다수의 기저대역 신호 각각을 I/Q 분할 및 정합 필터링하고, 정합 필터링된 다수의 I/Q 신호 중 서로 대응하는 I/Q 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 출력하는 세기 복조부 및 다수의 결합 신호의 최대값을 기반으로 광 세기 변조에 따라 변조된 제1 데이터를 복원하고, 최대값을 갖는 정합 신호에 적용된 주파수 신호의 주파수에 따라 PIRFSK 변조된 제2 데이터를 복원하는 신호 판별부를 포함하여, 단일 광 검출기만으로도 다차원 변조된 광 신호로부터 데이터를 복원할 수 있을 뿐만 아니라 광 커플러나 편광 분배기 등과 같은 광을 처리하기 위한 추가 구성 요소를 요구하지 않아 간단한 수신 구조를 가져 저비용으로 제조 가능한 광 수신 장치 및 방법을 제공한다.

(52) CPC특허분류

H04B 10/54 (2013.01)

H04B 10/548 (2013.01)

H04B 10/676 (2013.01)

H04L 27/144 (2013.01)

H04L 27/3863 (2013.01)

H04L 2027/003 (2013.01)

(72) 발명자

박진우

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)

이정문

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)

현영진

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711148548
과제번호	2019R1A2C3007934
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	지능형 광엑세스망을 위한 머신러닝 기반 다차원 광전송 기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

광 세기 변조(Intensity Modulation: IM) 기법과 함께 편광 세기 회전 주파수 천이(Polarized Intensity Rotational Frequency Shift Keying: 이하 PIRFSK) 기법으로 다차원 변조되어 전송된 수신 광 신호를 인가받아 광전 변환하여 전기적 신호인 검출 신호를 획득하는 광 검출부;

변조 시에 이용될 수 있는 모든 변조 주파수에 따른 다수의 주파수 신호 각각을 상기 검출 신호와 합성하여 하향 변환함으로써 다수의 기저대역 신호를 획득하는 FSK 복조부;

상기 다수의 기저대역 신호 각각을 I/Q 분할 및 정합 필터링하고, 정합 필터링된 다수의 I/Q 신호 중 서로 대응하는 I/Q 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 출력하는 세기 복조부; 및

상기 다수의 결합 신호의 최대값을 기반으로 광 세기 변조에 따라 변조된 제1 데이터를 복원하고, 최대값을 갖는 정합 신호에 적용된 주파수 신호의 주파수에 따라 PIRFSK 변조된 제2 데이터를 복원하는 신호 판별부를 포함하는 광 수신 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 FSK 복조부는

각각 광 송신 장치에서 PIRFSK 변조 시에 적용 가능한 모든 변조 주파수 중 대응하는 변조 주파수(f_k)를 갖는 주파수 신호를 상기 검출 신호와 합성하여 기저대역 신호를 출력하는 다수의 주파수 합성부를 포함하는 광 수신 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 다수의 주파수 합성부 각각은

상기 광 송신 장치가 PIRFSK 변조와 함께 광 세기 변조로 QAM 변조를 이용한 경우, 대응하는 PIRFSK 변조에 이용된 주파수(f_k)와 QAM 변조 시에 이용되는 중심 주파수(f_{RF})가 합성된 변조 주파수($f_k + f_{RF}$)에 따른 주파수 신호를 상기 검출 신호와 합성하는 광 수신 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 세기 복조부는

다수의 기저 대역 신호를 인가받아 각각 I(In-phase)/Q(Quadrature-phase) 분할하여 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호를 획득하는 I/Q 신호 획득부;

상기 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호 각각에 대해 대응하는 주파수에 따라 PIRFSK 변조 시 각 편광을 변조하기 위해 이용된 변조 신호로 정합 필터링하여 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호를 획득하는 정합부; 및

상기 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호 중 서로 대응하는 I 정합 신호와 Q 정합 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 출력하는 신호 결합부를 포함하는 광 수신 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 I/Q 신호 획득부는

각각 상기 다수의 주파수 합성부 중 대응하는 주파수 합성부에서 출력된 기저 대역 신호를 인가받아 I/Q 분할하여 I 신호와 Q 신호를 획득하는 다수의 I/Q 획득부를 포함하는 광 수신 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 정합부는

각각 다수의 I/Q 획득부 중 대응하는 I/Q 획득부에서 출력되는 I 신호를 인가받고, 대응하는 주파수 합성부에서 적용된 변조 주파수에 따라 제1 편광을 변조하기 위해 이용된 제1 변조 신호로 정합 필터링을 수행하는 다수의 I 정합 필터; 및

각각 다수의 I/Q 획득부 중 대응하는 I/Q 획득부에서 출력되는 Q 신호를 인가받고, 대응하는 주파수 합성부에서 적용된 변조 주파수에 따라 제2 편광을 변조하기 위해 이용된 제2 변조 신호로 정합 필터링을 수행하는 다수의 Q 정합 필터를 포함하는 광 수신 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 신호 결합부는

각각 상기 다수의 I 정합 필터 및 상기 다수의 Q 정합 필터 중 동일한 변조 주파수로 정합 필터링된 I 정합 신호와 Q 정합 신호를 인가받아 결합하여 결합 신호를 출력하는 다수의 I/Q 결합부를 포함하는 광 수신 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 신호 판별부는

상기 다수의 결합 신호 중 최대값을 갖는 결합 신호에 적용된 변조 주파수로부터 상기 PIRFSK 변조에 이용된 주파수를 판별하고, 판별된 주파수로부터 상기 제2 데이터를 복원하는 광 수신 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 신호 판별부는

상기 광 송신 장치가 PIRFSK 변조와 함께 광 세기 변조로 QAM 변조를 이용한 경우, 상기 다수의 I 정합 신호 중 최대값을 갖는 I 정합 신호에 따라 변조 세기를 판별하고, 상기 다수의 Q 정합 신호 중 최대값을 갖는 Q 정합 신호에 따라 위상을 판별하여 QAM 변조된 제1 데이터를 복원하는 광 수신 장치.

청구항 10

광 세기 변조 기법과 함께 편광 세기 회전 주파수 천이(이하 PIRFSK) 기법으로 다차원 변조되어 전송된 수신 광 신호를 인가받는 광 수신 장치에서 수행되는 광 수신 방법에 있어서,

인가된 수신 광 신호를 감지하고 광전 변환하여 전기적 신호인 검출 신호를 획득하는 단계;

광 송신 장치가 변조 시에 이용할 수 있는 모든 변조 주파수에 따른 다수의 주파수 신호 각각을 상기 검출 신호와 합성하여 하향 변환함으로써 다수의 기저대역 신호를 획득하는 단계;

상기 다수의 기저대역 신호 각각을 I/Q 분할 및 정합 필터링하고, 정합 필터링된 다수의 I/Q 신호 중 서로 대응하는 I/Q 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 출력하는 단계; 및

상기 다수의 결합 신호의 최대값을 기반으로 광 세기 변조에 따라 변조된 제1 데이터를 복원하고, 최대값을 갖는 정합 신호에 적용된 주파수 신호의 주파수에 따라 PIRFSK 변조된 제2 데이터를 복원하는 단계를 포함하는 광 수신 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 다수의 기저대역 신호를 획득하는 단계는

각각 광 송신 방법에서 PIRFSK 변조 시에 적용 가능한 모든 변조 주파수 중 대응하는 변조 주파수(f_k)를 갖는 주파수 신호를 상기 검출 신호와 합성하여 기저대역 신호를 출력하는 광 수신 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 다수의 기저대역 신호를 획득하는 단계는

상기 광 송신 방법이 PIRFSK 변조와 함께 광 세기 변조로 QAM 변조를 이용한 경우, 대응하는 PIRFSK 변조에 이용된 주파수(f_k)와 QAM 변조 시에 이용되는 중심 주파수(f_{RF})가 합성된 변조 주파수($f_k + f_{RF}$)에 따른 주파수 신호를 상기 검출 신호와 합성하는 광 수신 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 다수의 결합 신호를 출력하는 단계는

다수의 기저 대역 신호를 인가받아 각각 I/Q 분할하여 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호를 획득하는 단계;

상기 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호 각각에 대해 대응하는 주파수에 따라 PIRFSK 변조 시 각 편광을 변조하기 위해 이용된 변조 신호로 정합 필터링하여 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호를 획득하는 단계; 및

상기 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호 중 서로 대응하는 I 정합 신호와 Q 정합 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 획득하는 단계를 포함하는 광 수신 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 정합 신호를 획득하는 단계는

다수의 I/Q 신호 중 대응하는 I 신호를 인가받고, 인가된 I 신호에 대응하는 변조 주파수에 따라 제1 편광을 변조하기 위해 이용된 제1 변조 신호로 인가된 I 신호를 정합 필터링 하는 단계; 및

다수의 I/Q 신호 중 대응하는 Q 신호를 인가받고, 인가된 Q 신호에 대응하는 변조 주파수에 따라 제2 편광을 변조하기 위해 이용된 제2 변조 신호로 인가된 Q 신호를 정합 필터링 하는 단계를 포함하는 광 수신 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 데이터를 복원하는 단계는

상기 다수의 I 정합 신호 중 최대값 또는 상기 다수의 Q 정합 신호 중 최대값에 따라 변조 세기를 판별하여 제1 데이터를 복원하는 단계; 및

상기 다수의 결합 신호 중 최대값을 갖는 결합 신호에 적용된 변조 주파수로부터 상기 PIRFSK 변조에 이용된 주파수를 판별하고, 판별된 주파수로부터 상기 제2 데이터를 복원하는 단계를 포함하는 광 수신 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제1 데이터를 복원하는 단계는

상기 광 송신 장치가 PIRFSK 변조와 함께 광 세기 변조로 QAM 변조를 이용한 경우, 상기 다수의 I 정합 신호 중 최대값을 갖는 I 정합 신호에 따라 변조 세기를 판별하는 단계;

상기 다수의 Q 정합 신호 중 최대값을 갖는 Q 정합 신호에 따라 위상을 판별하는 단계; 및

판별된 세기 및 위상에 따라 QAM 변조된 제1 데이터를 복원하는 단계를 포함하는 광 수신 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 단일 광 검출기를 이용하여 광 세기 및 편광 세기 회전 주파수 천이로 다차원 변조된 광 수신 신호를 복원할 수 있는 광 수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 다양한 어플리케이션의 등장과 사용자별 IoT 디바이스의 증가에 따라 광 트래픽 요구 용량이 가파르게 증가하고 있다. 이러한 사용자의 요구를 만족시키기 위해 변조 대역을 확장하거나 고차 변조 등을 이용한 다양한 기법들이 연구되어 왔다. 그러나 디바이스의 응답(response)이나 전송 채널의 분산(dispersion) 등에 의해 변조대역에는 한계가 있으며, 이로 인해 변조대역을 계속적으로 확장시킬 수 없다. 마찬가지로 요구되는 비트 오류율(BER)을 만족하는 시스템의 신호대 잡음비(SNR)에 따라 변조차수의 확장 또한 한계가 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해 서로 다른 다양한 변조 기법을 함께 적용하여 여러 차원에서 변조를 수행하는 다차원 광 전송 기법들이 연구되어 왔다.

[0003] 그러나 기존의 다차원 전송 기법에서는 광 수신기가 다차원 변조된 광 신호를 서로 구분하여 검출하기 위해 각 차원별 광신호에 대해 적어도 하나의 광 검출기를 필요로 했다. 즉 기존의 다차원 전송 기법을 이용하는 광 수

신 장치는 변조 기법에 따른 차원 수보다 많은 수의 광 검출기를 필요로 하며, 이로 인해 광 수신 장치의 구성이 복잡해지고 비용이 상승하는 요인으로 작용하는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-2225027호 (2021.03.03 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 단일 광 검출기를 이용하여 광 세기 변조 및 편광 세기 회전 주파수 천이 변조로 다차원 변조된 광 신호를 복원할 수 있는 광 수신 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0006] 본 발명의 다른 목적은 간단한 수신 구조를 가져 저비용으로 제조 가능한 광 수신 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 장치는 광 세기 변조(IM) 기법과 함께 편광 세기 회전 주파수 천이(PIRFSK) 기법으로 다차원 변조되어 전송된 수신 광 신호를 인가받아 광전 변환하여 전기적 신호인 검출 신호를 획득하는 광 검출부; 변조 시에 이용될 수 있는 모든 변조 주파수에 따른 다수의 주파수 신호 각각을 상기 검출 신호와 합성하여 하향 변환함으로써 다수의 기저대역 신호를 획득하는 FSK 복조부; 상기 다수의 기저대역 신호 각각을 I/Q 분할 및 정합 필터링하고, 정합 필터링된 다수의 I/Q 신호 중 서로 대응하는 I/Q 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 출력하는 세기 복조부; 및 상기 다수의 결합 신호의 최대값을 기반으로 광 세기 변조에 따라 변조된 제1 데이터를 복원하고, 최대값을 갖는 정합 신호에 적용된 주파수 신호의 주파수에 따라 PIRFSK 변조된 제2 데이터를 복원하는 신호 판별부를 포함한다.

[0008] 상기 FSK 복조부는 각각 광 송신 장치에서 PIRFSK 변조 시에 적용 가능한 모든 변조 주파수 중 대응하는 변조 주파수(f_k)를 갖는 주파수 신호를 상기 검출 신호와 합성하여 기저대역 신호를 출력하는 다수의 주파수 합성부를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 다수의 주파수 합성부 각각은 상기 광 송신 장치가 PIRFSK 변조와 함께 광 세기 변조로 QAM 변조를 이용한 경우, 대응하는 PIRFSK 변조에 이용된 주파수(f_k)와 QAM 변조 시에 이용되는 중심 주파수(f_{RF})가 합성된 변조 주파수($f_k + f_{RF}$)에 따른 주파수 신호를 상기 검출 신호와 합성할 수 있다.

[0010] 상기 세기 복조부는 다수의 기저 대역 신호를 인가받아 각각 I(In-phase)/Q(Quadrature-phase) 분할하여 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호를 획득하는 I/Q 신호 획득부; 상기 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호 각각에 대해 대응하는 주파수에 따라 PIRFSK 변조 시 각 편광을 변조하기 위해 이용된 변조 신호로 정합 필터링하여 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호를 획득하는 정합부; 및 상기 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호 중 서로 대응하는 I 정합 신호와 Q 정합 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 출력하는 신호 결합부를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 I/Q 신호 획득부는 각각 상기 다수의 주파수 합성부 중 대응하는 주파수 합성부에서 출력된 기저 대역 신호를 인가받아 I/Q 분할하여 I 신호와 Q 신호를 획득하는 다수의 I/Q 획득부를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 정합부는 각각 다수의 I/Q 획득부 중 대응하는 I/Q 획득부에서 출력되는 I 신호를 인가받고, 대응하는 주파수 합성부에서 적용된 변조 주파수에 따라 제1 편광을 변조하기 위해 이용된 제1 변조 신호로 정합 필터링을 수행하는 다수의 I 정합 필터; 및 각각 다수의 I/Q 획득부 중 대응하는 I/Q 획득부에서 출력되는 Q 신호를 인가받고, 대응하는 주파수 합성부에서 적용된 변조 주파수에 따라 제2 편광을 변조하기 위해 이용된 제2 변조 신호로 정합 필터링을 수행하는 다수의 Q 정합 필터를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 신호 결합부는 각각 상기 다수의 I 정합 필터 및 상기 다수의 Q 정합 필터 중 동일한 변조 주파수로 정합 필터링된 I 정합 신호와 Q 정합 신호를 인가받아 결합하여 결합 신호를 출력하는 다수의 I/Q 결합부를 포함할

수 있다.

[0014] 상기 신호 판별부는 상기 다수의 결합 신호 중 최대값을 갖는 결합 신호에 적용된 변조 주파수로부터 상기 PIRFSK 변조에 이용된 주파수를 판별하고, 판별된 주파수로부터 상기 제2 데이터를 복원할 수 있다.

[0015] 상기 신호 판별부는 상기 광 송신 장치가 PIRFSK 변조와 함께 광 세기 변조로 QAM 변조를 이용한 경우, 상기 다수의 I 정합 신호 중 최대값을 갖는 I 정합 신호에 따라 변조 세기를 판별하고, 상기 다수의 Q 정합 신호 중 최대값을 갖는 Q 정합 신호에 따라 위상을 판별하여 QAM 변조된 제1 데이터를 복원할 수 있다.

[0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 광 수신 방법은 광 세기 변조 기법과 함께 편광 세기 회전 주파수 천이(이하 PIRFSK) 기법으로 다차원 변조되어 전송된 수신 광 신호를 인가받는 광 수신 장치에서 수행되는 광 수신 방법에 있어서, 인가된 수신 광 신호를 감지하고 광전 변환하여 전기적 신호인 검출 신호를 획득하는 단계; 광 송신 장치가 변조 시에 이용할 수 있는 모든 변조 주파수에 따른 다수의 주파수 신호 각각을 상기 검출 신호와 합성하여 하향 변환함으로써 다수의 기저대역 신호를 획득하는 단계; 상기 다수의 기저대역 신호 각각을 I/Q 분할 및 정합 필터링하고, 정합 필터링된 다수의 I/Q 신호 중 서로 대응하는 I/Q 신호를 결합하여 다수의 결합 신호를 출력하는 단계; 및 상기 다수의 결합 신호의 최대값을 기반으로 광 세기 변조에 따라 변조된 제1 데이터를 복원하고, 최대값을 갖는 정합 신호에 적용된 주파수 신호의 주파수에 따라 PIRFSK 변조된 제2 데이터를 복원하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0017] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 광 수신 장치 및 방법은 PAM 또는 QAM 등과 같은 광 세기 변조 기법과 편광 세기 회전 주파수 천이 변조 기법에 따라 다차원 변조되어 전송된 광 신호에 대해 단일 광 검출기를 이용하여 우선 전기 신호로 변환하여 광 세기 변조 및 편광 세기 회전 주파수 천이 변조된 정보를 모두 복원할 수 있으므로, 광 커플러나 편광 분배기 등과 같은 광을 처리하기 위한 추가 구성 요소 없이 간단한 수신 구조를 가져 저비용으로 제조 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 편광 세기 회전 주파수 천이 기법에 따른 광 송신 장치를 나타낸다.
 도 2는 편광 세기 회전 주파수 천이 기법에 따라 변조된 편광 신호의 변화를 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 편광 세기 회전 주파수 천이 기법에 따른 기존의 광 수신 장치를 나타낸다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 장치를 나타낸다.
 도 5는 도 4의 광 수신 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0020] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.

[0021] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0022] 도 1은 광 세기 및 편광 세기 회전 주파수 천이 기법을 이용하는 다차원 변조 광 송신 장치를 나타내고, 도 2는 편광 세기 회전 주파수 천이 기법에 따라 변조된 편광 신호의 변화를 설명하기 위한 도면이다.

[0023] 기존에 다양한 다차원 광 전송 기법이 제안되었으나, 다차원 변조된 광을 전송하는 경우, 일반적으로 편광 상태

회전(Rotation of State Of Polarization: 이하 RSOP), 위상 잡음(phase noise)등으로 인해, 각 차원에서 변조된 신호간 간섭이 발생한다. 이러한 상호 간섭을 제거하기 위해, 기존에 다차원 변조를 이용하는 광 송수신기는 편광이나 위상을 주기적으로 추적하여 보상을 수행하기 위한 추가 구성이 요구되어 구성이 복잡해지고 비용이 상승하였다.

- [0024] 이에 최근 광 세기 변조(Intensity Modulation: IM)와 편광 세기 회전 주파수 천이(Polarized Intensity Rotational Frequency Shift Keying: 이하 PIRFSK) 변조를 함께 이용함으로써, 전송량을 크게 증가시킬 수 있으면서 광 선로를 통해 전송되는 편광의 회전에 대한 추적 및 조정이 불필요하여, 간단한 송수신 구조를 가질 수 있도록 하는 다차원 변조 기법이 제안되었다.
- [0025] 도 1에 도시된 바와 같이, 광 세기 및 PIRFSK 변조를 수행하는 광 송신 장치는 광 출력부(110), 주파수 천이 변환부(120), 편광 분배부(130), 편광 변조부(140) 및 편광 결합부(150)를 포함할 수 있다.
- [0026] 광 출력부(110)는 전송하고자 하는 데이터(D) 중 제1 데이터(d1)에 응답하여 광을 세기 변조(Intensity Modulation: IM)하여 출력한다. 이때 광 세기 변조는 광의 진폭을 조절하는 PAM(Pulse Amplitude Modulation: 이하 PAM) 뿐만 아니라 광의 진폭과 위상을 함께 조절하는 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 등의 변조 방식이 이용될 수 있다.
- [0027] 그리고 주파수 천이 변환부(120)는 데이터(D) 중 제2 데이터(d2)를 인가받아 주파수 천이(Frequency shift keying: 이하 FSK) 기법에 따라 변환하여, 제1 주파수 신호(cos)와 제2 주파수 신호(sin)를 출력한다. 여기서 제1 주파수 신호(cos)와 제2 주파수 신호(sin)는 제2 데이터(d2)의 비트 값에 따라 기지정된 서로 다른 주파수로 값이 가변되는 신호이며, 제1 주파수 신호(cos)와 제2 주파수 신호(sin)의 값의 합은 항상 일정한 신호이다.
- [0028] 편광 분배부(130)는 광 출력부(110)에서 세기 변조된 광을 인가받고, 인가된 광을 전기장 벡터(또는 자기장 벡터)의 진동 방향이 지정된 방향(예를 들면 서로 수직(90도))으로 고정된 다수개의 편광(여기서는 X축 방향의 X 편광(X)과 Y축 방향의 Y 편광(Y)의 2개)으로 분배한다.
- [0029] 편광 변조부(140)는 제1 편광 변조부(141)와 제2 편광 변조부(142)를 포함하여, 편광 분배부(130)에서 분배된 편광(X, Y) 각각을 주파수 천이 변환부(120)에서 변환된 제1 주파수 신호(cos)와 제2 주파수 신호(sin) 중 대응하는 신호에 따라 변조하여 변조된 편광(X_t , Y_t)을 출력한다. 제1 및 제2 편광 변조부(141, 142)는 일 예로 외부 변조기인 마하젠더 변조기(Mach-Zehnder modulator: 이하 MZM)으로 구현될 수 있다.
- [0030] 이때 FSK 기법에 따라 변환되는 코사인 파형 신호인 제1 주파수 신호(cos)와 사인 파형 신호인 제2 주파수 신호(sin)의 합은 항상 일정하기 때문에 제1 및 제2 주파수 신호(cos, sin)에 응답하여 편광을 변조할지라도 2개의 편광(X_t , Y_t)의 세기 합은 제1 및 제2 주파수 신호(cos, sin)와 마찬가지로 일정하다.
- [0031] 즉 PIRFSK 기법에 따라 변환되는 제1 주파수 신호(cos)와 제2 주파수 신호(sin)의 합은 항상 일정하기 때문에, 제1 및 제2 주파수 신호(cos, sin)에 응답하여, 각 편광(X, Y)을 세기 변조하는 경우, 도 3에 도시된 바와 같이, 각 변조된 편광(X_t , Y_t)의 세기는 변화하지만, 변조된 2개의 편광(X_t , Y_t)의 세기 합은 제1 및 제2 주파수 신호(cos, sin)와 마찬가지로 일정하게 된다. 제1 주파수 신호(cos)와 제2 주파수 신호(sin)에 따라 변조된 편광(X_t , Y_t)의 전체 광 세기가 균일하므로, 제1 데이터(d1)에 따라 세기 변조된 광 세기는 PIRFSK 기법에 따른 변조에 의한 영향을 받지 않는다. 따라서 제1 데이터(d1)에 따른 광 세기와 제2 데이터(d2)에 따른 편광 세기가 독립적으로 변조될 수 있다.
- [0032] 여기서 광 송신 장치가 편광 변조부(140)가 제1 및 제2 주파수 신호(cos, sin)에 각각 응답하여 대응하는 편광(X, Y)의 세기를 조절하여 변조하므로, 변조된 편광(X_t , Y_t)의 세기 변화의 주파수를 조절할 수 있으며, 변조된 광을 수신하는 광 수신 장치는 수신된 편광의 주파수의 변화를 분석하여 제2 데이터(d2)를 복구할 수 있다.
- [0033] 편광 결합부(150)는 편광 변조부(140)의 제1 및 제2 편광 변조부(141, 142) 각각에서 변조된 2개의 편광(X_t , Y_t)을 결합하여 송신 광 신호를 생성하여 광 수신 장치로 전송한다.
- [0034] 따라서 도 1에 도시된 광 송신 장치는 광 세기 변조와 편광 주파수 변조의 2가지 변조 방식을 적용하여 다차원으로 데이터를 전송할 수 있다.
- [0035] 도 3은 편광 세기 회전 주파수 천이 기법에 따른 기존의 다차원 광 수신 장치를 나타낸다.
- [0036] 본 발명에 따른 다차원 변조 광 수신 장치에 대한 이해를 돕기 위해 도 3에서는 우선 기존에 광 세기 및 PIRFSK로 다차원 변조된 광 신호를 수신하는 광 수신 장치의 개략적 구성을 도시하였다.

- [0037] 도 3을 참조하면, 기존의 광 수신 장치는 광 커플러(210), 광 세기 검출부(220), 편광 분배부(230), 편광 검출부(240), 주파수 천이 복조부(250) 및 데이터 복원부(260)를 포함한다.
- [0038] 광 커플러(210)는 광 선로를 통해 전송된 수신 광 신호를 인가받고 커플링하여 2개의 광으로 분배하여 출력한다.
- [0039] 광 세기 검출부(220)는 분배된 2개의 수신 광 중 하나를 인가받고, 인가된 수신 광의 세기 변화를 검출하여 제1 데이터(d1)를 획득한다. 도 1에 도시된 광 송신 장치가 제1 데이터(d1)에 따라 광 세기 변조하여 송신 광 신호를 전송하였으므로, 광 세기 검출부(220)는 수신 광 신호에서 분배된 수신 광의 세기 변화를 검출하여 제1 데이터(d1)를 획득할 수 있다.
- [0040] 비록 광 송신 장치에서 전송된 광 신호가 광 선로를 통해 전송되는 동안, 다양한 요인으로 광 신호에 편광 상태 회전(RSOP)이 발생할 수 있으나, PIRFSK 기법에 따라 변조된 광 신호에서는 편광 세기의 합이 일정하므로, 수신 광 신호의 광 세기와 편광 상태 회전(RSOP)은 무관하다. 따라서 광 세기 검출부(220)는 수신 광의 세기 변화를 검출하여 용이하게 제1 데이터(d1)를 복원할 수 있다.
- [0041] 한편, 편광 분배부(230)는 광 커플러(210)에서 분배된 2개의 수신 광 중 하나를 인가받아 기지정된 X축 방향의 X 편광과 Y축 방향의 Y 편광으로 분배한다. 그리고 분배된 X 편광과 Y 편광을 편광 검출부(240)로 전달한다. 편광 검출부(240)는 편광 분배부(230)에서 X 편광과 Y 편광을 인가받고, 인가된 X 편광과 Y 편광에서 각각의 세기를 검출하여 제1 및 제2 주파수 신호(cos, sin)를 획득한다.
- [0042] 주파수 천이 복조부(250)는 편광 검출부(240)에서 검출된 제1 및 제2 주파수 신호(cos, sin) 중 적어도 하나의 변화하는 주파수를 분석하여 제2 데이터(d2)를 획득한다.
- [0043] 따라서 도 3에 도시된 광 수신 장치는 송신 광 신호가 광 선로를 통해 전송된 수신 광 신호에 편광 상태(SOP)의 변화 또는 편광 상태 회전(RSOP)이 발생되어도, 이를 추적하고 복원할 필요없이, 광 세기 변화로부터 제1 데이터(d1)를 복원하고, 수신 광 신호에 포함된 편광의 주파수 변화로부터 제2 데이터(d2)를 용이하게 복원할 수 있다.
- [0044] 다만 도 3에 도시된 1 광 수신 장치는 광 세기 및 PIRFSK 로 다차원 변조된 광 신호를 각각 검출하기 위해 광 세기 검출부(220)와 제1 및 제2 편광 검출부(241, 242) 각각에 광 검출기를 필요로 한다.
- [0045] 즉 기존의 다른 방식에 따라 다차원 변조된 광 신호를 수신하는 광 수신 장치와 마찬가지로 광 세기 및 PIRFSK 변조된 광 신호를 검출하기 위해 3개의 광 검출기를 필요로 한다.
- [0046] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 장치를 나타내고, 도 5는 도 4의 광 수신 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0047] 도 4 및 도 5를 참조하면, 본 실시예에 따른 광 수신 장치는 광 검출부(300), FSK 복조부(400), 세기 복조부(500) 및 신호 판별부(600)를 포함한다.
- [0048] 광 검출부(300)는 광 송신 장치(100)에서 광 선로(미도시)를 통해 전송된 수신 광 신호를 인가받고, 수신 광 신호의 광 세기를 검출하여 검출 신호를 출력한다. 광 검출부(300)는 일 예로 포토 다이오드(Photo Diode: PD) 등으로 구현될 수 있다.
- [0049] 그리고 본 실시예에서 광 송신 장치는 도 1에 도시된 바와 같이, 광 세기 및 PIRFSK로 다차원 변조하여 전송하므로, 수신 광 신호는 편광 형태로 광 검출부(300)에 인가되며, 인가되는 수신 광 신호에서 2개의 편광 신호 중 하나(여기서는 일 예로 X 편광 신호)에 대한 전기장(Electric field)은 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$E_x = \sqrt{P} A_x(t) \exp(-j\omega t)$$

- [0050] 여기서 P는 광 캐리어의 파워를 나타내고, $A_x(t)$ 는 광 변조에 의해 변조된 송신 신호를 나타낸다. 그리고 광 세기 및 PIRFSK 로 변조되어 전송된 송신 신호($A_x(t)$)는 수학식 2와 같이 계산될 수 있다.

수학식 2

$$A_x(t) = \sqrt{IM(t) + V_b} \times \cos(FSK(t))$$

[0052]

[0053] 여기서 $IM(t)$ 는 광 세기 변조에 의한 편광의 진폭을 나타내고, V_b 는 광 변조시에 MZM과 같은 외부 변조기의 바이어스 전압을 나타내며, $\cos(FSK(t))$ 는 PIRFSK 변조에 의한 X 편광의 세기로서, $FSK(t) = 2\pi f_k t$ (여기서 $f_k = \{f_1, f_2, \dots, f_N\}$, N은 PIRFSK 변조에 이용되는 주파수 개수)이다.

[0054]

광 세기 변조(IM)는 상기한 바와 같이, PAM 또는 QAM 등으로 수행될 수 있으며, 광 세기 변조(IM)가 PAM 또는 QAM으로 수행되는 경우, 광 세기 변조에 의한 편광의 진폭 변화($IM(t)$)는 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$IM(t) = \begin{cases} QAM(t) = \alpha_k \times \cos(2\pi f_{RF}t + \beta_k) + \alpha_k \times \sin(2\pi f_{RF}t + \beta_k) \\ PAM(t) = \alpha_k t \end{cases}$$

[0055]

[0056] 여기서 α_k 와 β_k 는 각각 진폭과 위상을 조절하기 위한 파라미터이고, f_{RF} 는 QAM 변조 시의 중심 주파수이다.

[0057]

그리고 포토 다이오드 등으로 구현되는 광 검출부(300)에 수학식 1에 따른 전기장을 갖는 수신 광 신호가 입력되면, 입력된 수신 광 신호를 광전 변환하여 검출 신호를 획득하며, 광 검출부(300)에서 검출되는 검출 신호의 세기(I_{PD})는 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$I_{PD}(t) = \left[\sqrt{IM(t) + V_b} \times \cos(FSK(t)) \right]^2 \\ = (IM(t) + V_b) \times \cos^2(FSK(t))$$

[0058]

[0059] 수학식 4를 살펴보면, 본 실시예에서 검출 신호에는 광 세기 변조에 따른 성분과 PIRFSK 변조에 따른 성분이 모두 포함되어 있으며, 이때, 광 세기 변조가 QAM 방식으로 변조된 경우, α_k 와 β_k 는 시간에 따라 변화하고, $FSK(t)$ 는 변조 주파수(f_k)가 시간에 따라 변화한다. 그러므로 고정된 QAM의 중심 주파수(f_{RF})는 주파수를 기반으로 신호를 복원하는 FSK의 변조 주파수(f_k)에 영향을 미치지 않으며, 진폭과 위상 변화가 없는 $FSK(t)$ 는 QAM에 영향을 주지 않는다.

[0060]

즉 PAM 또는 QAM 등의 광 세기 변조와 PIRFSK 변조가 함께 이용되어 다차원 변조된 경우, 하나의 광 검출부(300)만으로도 다차원 변조된 신호를 모두 복원할 수 있다.

[0061]

광 검출부(300)는 획득된 검출 신호를 FSK 복조부(400)로 전달한다.

[0062]

본 실시예의 광 수신 장치는 도 3에 도시된 기존의 광 수신 장치와 달리, 광 검출부(300)가 광 수신 장치의 최 전단부에 배치되어 수신 광 신호를 전기 신호인 검출 신호로 우선 변환하므로, 이후로는 모두 전기 신호를 처리하도록 구성된다.

[0063]

FSK 복조부(400)는 다수의 주파수 합성부(401 ~ 40N)를 구비하고, 다수의 주파수 합성부(401 ~ 40N) 각각은 광 검출부(300)는 획득된 검출 신호를 인가받고 대응하는 기지정된 주파수의 주파수 신호를 합성하여 다수의 기저 대역 신호로 하향 변환(down conversion)한다.

[0064]

상기한 바와 같이, FSK 복조부(400)에는 광 검출부(300)에서 수신 광 신호가 이미 전기 신호로 변환된 검출 신호가 인가되므로, 검출 신호는 다수의 주파수 합성부(401 ~ 40N)에 용이하게 전달될 수 있다. 따라서 본 실시

예에 따른 광 수신 장치는 하나의 광 검출부(300)만을 구비할 뿐만 아니라, 도 3에 도시된 기존의 광 수신 장치에서 광을 분배하기 위해 이용되는 광 커플러(210)를 구비할 필요가 없다. 특히 본 실시예에 따른 광 수신 장치는 비록 광 송신 장치가 광을 편광으로 분배하여, 분배된 편광에 대해 PIRFSK 변조를 수행함에도 불구하고, 광 검출부(300)가 광의 세기만을 기반으로 검출 신호를 획득하므로, 편광 분배부(230) 또한 구비되지 않는다.

[0065] 여기서 FSK 복조부(400)는 PIRFSK 변조에 이용되는 주파수 개수(N)에 대응하는 개수의 주파수 합성부(401 ~ 40N)를 구비할 수 있으며, 이에 각 주파수 합성부(401 ~ 40N)는 PIRFSK 변조에 이용되는 다수의 변조 주파수($\{f_1, f_2, \dots, f_k\}$) 중 대응하는 하나의 변조 주파수(f_k)에 따라 검출 신호를 하향 변환할 수 있다. 여기서 FSK 복조부(400)는 광 송신 장치에서 PIRFSK 변조에 이용된 주파수를 미리 알 수 없으므로, 편광이 PIRFSK에 따라 변조되는 모든 경우에 대응할 수 있도록, PIRFSK 변조에 이용되는 주파수 개수(N)에 대응하는 개수의 주파수 합성부(401 ~ 40N)를 구비한다.

[0066] PIRFSK 변조 또한 기본적으로는 FSK와 동일한 방식으로 변조를 수행하는 변조 기법이므로, 본 실시예에서 FSK 복조부(400)는 FSK 기법에 따라 변조된 신호를 기저대역 신호로 하향 변환시키는 복조 방식과 동일한 방식으로 PIRFSK 변조된 신호를 하향 변환시킨다.

[0067] 이때 광 송신 장치가 PAM 기법에 따라 광 세기 변조한 경우, 검출 신호에 PAM 변조에 따른 주파수 성분이 포함되지 않으므로 주파수 FSK 복조부(400)의 다수의 주파수 합성부(401 ~ 40N) 각각은 인가되는 검출 신호에 대응하는 변조 주파수(f_k)의 주파수 신호를 합성한다. 그러나 광 송신 장치가 QAM 기법에 따라 광 세기 변조한 경우, 수학식 3에 나타난 바와 같이, 검출 신호에 QAM 변조에 따른 주파수 성분인 중심 주파수(f_{RF})가 포함되어 있다. 이에 다수의 주파수 합성부(401 ~ 40N) 각각은 도 5에 도시된 바와 같이 QAM 변조에서의 중심 주파수(f_R)와 대응하는 변조 주파수(f_k)가 합성($f_k + f_{RF}$)되어 획득된 주파수 신호를 검출 신호와 합성하여 기저대역 신호로 하향 변환한다.

[0068] 따라서 FSK 복조부(400)는 PIRFSK와 QAM에 의한 주파수 성분은 제거되고, 진폭과 위상이 상이하게 하향 변환된 기저대역 신호를 출력한다.

[0069] 세기 복조부(500)는 FSK 복조부(400)에서 하향 변환된 다수의 기저대역 신호를 인가받아, 인가된 다수의 기저대역 신호 각각에 대한 I 신호와 Q 신호를 획득하고, 획득된 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호 각각에 대해 정합 필터로 필터링한 후 서로 대응하는 I 신호와 Q 신호를 결합하여 다수의 복조 신호를 출력한다.

[0070] 세기 복조부(500)는 I/Q 신호 획득부(510), 정합부(520) 및 신호 결합부(530)를 포함할 수 있다.

[0071] I/Q 신호 획득부(510)는 다수의 기저대역 신호를 인가받고, 인가된 기저대역 신호 각각에 대한 I 신호와 Q 신호를 획득한다. I/Q 신호 획득부(510)는 FSK 복조부(400)의 주파수 합성부(401 ~ 40N)의 개수에 대응하는 개수의 I/Q 획득부(511 ~ 51N)를 포함한다. 다수의 I/Q 획득부(511 ~ 51N)는 각각 다수의 주파수 합성부(401 ~ 40N) 중 대응하는 주파수 합성부에서 출력된 기저대역 신호를 인가받아 서로 직교하는 위상을 갖는 I(In-phase) 신호와 Q(Quadrature-phase) 신호를 획득하여 출력한다.

[0072] 정합부(520)는 I/Q 신호 획득부(510)에서 획득된 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호를 인가받아 각각 정합 필터링하여 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호를 출력한다. 정합부(520)는 다수의 정합 필터(matched filter)(521I ~ 52NI, 521Q ~ 52NQ)를 포함한다. 다수의 정합 필터에서 다수의 I 정합 필터(521I ~ 52NI)는 각각 다수의 I/Q 획득부(511 ~ 51N) 중 대응하는 I/Q 획득부에서 출력된 I 신호를 인가받아 정합 필터링하여 I 정합 신호를 출력하고, 다수의 Q 정합 필터(521Q ~ 52NQ)는 대응하는 I/Q 획득부에서 출력된 Q 신호를 인가받아 정합 필터링하여 Q 정합 신호를 출력한다.

[0073] 이때 다수의 정합 필터(521I ~ 52NI, 521Q ~ 52NQ) 각각은 기지정된 주기(T) 동안 다수의 주파수 합성부(401 ~ 40N) 중 대응하는 주파수 합성부에서 이용한 주파수 신호($f_k + f_{RF}$)에 따른 각 편광을 변조하기 위해 이용된 변조 신호($\cos(2(f_k + f_{RF})t)$, $\sin(2(f_k + f_{RF})t)$)를 인가되는 I 신호 또는 Q 신호와 합성하여 I 정합 신호 또는 Q 정합 신호를 출력한다.

[0074] 즉 다수의 정합 필터 중 다수의 I 정합 필터(521I ~ 52NI)는 각각은 기대되는 제1 변조 신호($\cos(2(f_k + f_{RF})t)$)와 I 신호를 컨볼루션하여 I 정합 신호를 획득하고, 다수의 Q 정합 필터(521Q ~ 52NQ) 각각은 기대되는 제2 변조 신호($\sin(2(f_k + f_{RF})t)$)와 Q 신호를 컨볼루션하여 Q 정합 신호를 획득한다. 이때 다수의 정합 필터(521I

~ 52NI, 52IQ ~ 52NQ)는 동일한 주파수 신호($f_k + f_{RF}$)에 따른 변조 신호로 정합하는 정합 필터쌍으로 구분될 수 있으며, 다수의 정합 필터(521I ~ 52NI, 521Q ~ 52NQ) 중 제1 및 제2 정합 필터 쌍에서 출력되는 I 정합 신호 또는 Q 정합 신호는 수학적 식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 5

$$\begin{cases} \int_0^T a_k \cos^2(FSK(t)) \times \cos(2(f_1 + f_{RF})t) dt = a_k^* K_1 \\ \int_0^T a_k \cos^2(FSK(t)) \times \sin(2(f_1 + f_{RF})t) dt = a_k^* K_2 \\ \int_0^T a_k \cos^2(FSK(t)) \times \cos(2(f_2 + f_{RF})t) dt = a_k^* K_3 \\ \int_0^T a_k \cos^2(FSK(t)) \times \sin(2(f_2 + f_{RF})t) dt = a_k^* K_4 \end{cases}$$

[0075]

[0076]

신호 결합부(530)는 정합부(520)에서 획득된 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호 중 서로 대응하는 I 정합 신호와 Q 정합 신호를 각각 결합하여, 다수의 결합 정합 신호를 출력한다.

[0077]

신호 결합부(530)는 다수의 I/Q 결합부(531 ~ 53N)를 포함하고, 다수의 I/Q 결합부(531 ~ 53N) 각각은 다수의 I 정합 필터(521I ~ 52NI) 중 대응하는 I 정합 필터에서 출력되는 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 필터(521Q ~ 52NQ) 중 대응하는 Q 정합 필터에서 출력되는 Q 정합 신호를 인가받아 결합하여 신호 판별부(600)로 출력한다.

[0078]

여기서는 광 송신 장치가 PIRFSK 기법과 함께 QAM 기법에 따라 변조한 경우를 가정하였다. 그러나 만일 광 송신 장치가 광 세기(진폭)와 위상을 함께 변조하는 QAM 변조 기법이 아니라 광 세기에 대해서만 변조를 수행하는 PAM 변조 기법을 PIRFSK 기법과 함께 이용하는 경우, 다수의 정합 필터(521I ~ 52NI, 521Q ~ 52NQ)는 수학적 식 5에서 QAM 변조에 적용된 중심 주파수(f_{RF})가 제외된 형태의 변조 신호($\cos(2(f_k)t)$, $\sin(2(f_k)t)$)를 I 신호 또는 Q 신호와 합성하여 I 정합 신호 또는 Q 정합 신호를 출력할 수 있다.

[0079]

신호 판별부(600)는 정합부(520)에서 획득된 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호와 신호 결합부(530)에서 획득된 다수의 결합 신호를 인가받아, 제1 데이터(d1)와 제2 데이터(d2)를 각각 복원한다.

[0080]

신호 판별부(600)는 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호로부터 제1 데이터(d1)를 복원하고, 결합 신호로부터 PIRFSK 변조 시에 이용된 주파수(f_k)를 판별하여 제2 데이터(d2)를 복원할 수 있다. 신호 판별부(600)는 우선 신호 결합부(530)에서 획득된 다수의 결합 신호 각각의 절대값을 분석하여 최대값을 갖는 결합 신호를 선택하고, 선택된 결합 신호에 이용된 주파수 신호($f_k + f_{RF}$)에 따라 FSK 주파수(f_k)를 판별한다. 그리고 판별된 FSK 주파수(f_k)에 따라 FSK 변조된 제2 데이터(d2)를 복원한다.

[0081]

한편, 신호 판별부(600)는 다수의 I 정합 신호 중 최대값을 갖는 I 정합 신호를 기반으로 세기를 판별하고, 다수의 Q 정합 신호 중 최대값을 갖는 Q 정합 신호를 기반으로 위상을 판별한다. 그리고 판별된 세기 및 위상에 따라 QAM 변조된 제1 데이터를 복원한다. 만일 광 송신 장치가 QAM 이 아닌 PAM 변조를 수행한 경우, 신호 판별부(600)는 최대값을 갖는 I 정합 신호 또는 최대값을 갖는 Q 정합 신호 중 하나를 이용하여 PAM 변조된 제1 데이터(d1)를 복원할 수 있다.

[0082]

즉 신호 판별부(600)는 다차원 변조되어 전송된 제1 데이터(d1)와 제2 데이터(d2)를 모두 복원할 수 있다.

[0083]

결과적으로 본 실시예에 따른 광 수신 장치는 PIRFSK 기법과 함께 PAM 또는 QAM 등의 광 세기 변조 기법이 적용되어 다차원 변조된 수신 광 신호에 대해 단일 광 검출부(300)만을 이용하여 우선 광 신호를 전기 신호로 변환한 후 복조를 수행함으로써, 포토 다이오드와 같은 광 검출기의 개수를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 광 커플러(210)나 편광 분배부(230)와 같은 광을 직접 조절하기 위한 구성을 생략할 수 있다.

[0084]

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 방법을 나타낸다.

[0085]

도 4 및 도 5를 참조하여, 도 6에 도시된 본 실시예에 따른 광 수신 방법을 설명하면, 우선 PIRFSK와 함께 PAM 또는 QAM 기법에 따라 다차원 변조되어 전송된 광을 포토 다이오드 등으로 구현되는 단일 광 검출기를 이용하여

검출하여 광전 변환함으로써 검출 신호를 획득한다(S11).

[0086] 단일 광 검출기를 이용하여 전기 신호인 검출 신호가 획득되면, 획득된 검출 신호에 대해, PIRFSK 변조에 이용되는 모든 변조 주파수($\{f_1, f_2, \dots, f_N\}$) 각각에 따른 다수의 주파수 신호를 각각 검출 신호와 합성하여 기저대역 신호로 하향 변환한다(S12).

[0087] 이때, 수신 광 신호가 PIRFSK와 함께 QAM 변조되어 전송된 경우, PIRFSK에서의 변조 주파수뿐만 아니라, QAM 변조에 이용된 중심 주파수(f_{RF})가 합성($f_k + f_{RF}$)된 주파수 신호를 각각 검출 신호와 합성하여 기저대역 신호로 하향 변환한다(S12).

[0088] 다수의 기저 대역 신호가 획득되면, 획득된 다수의 기저 대역 신호 각각을 I/Q 분할하여, 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호를 획득한다(S13).

[0089] 그리고 획득된 다수의 I 신호와 다수의 Q 신호 각각에 대해 정합 필터로 필터링한다. 이때, 정합 필터는 변조에 이용된 모든 변조 주파수($f_k + f_{RF}$)에 따라 각 편광을 변조하기 위해 이용된 변조 신호($\cos(2(f_k + f_{RF})t)$, $\sin(2(f_k + f_{RF})t)$) 중 대응하는 변조 신호와 다수의 I 신호 또는 다수의 Q 신호 각각과 기저정된 주기(T) 동안 합성하여 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호를 출력할 수 있다(S14). 여기서 다수의 I 정합 신호는 다수의 변조 주파수($f_k + f_{RF}$) 각각에 따른 제1 변조 신호($\cos(2(f_k + f_{RF})t)$)와 I 신호를 합성하여 획득될 수 있으며, 다수의 Q 정합 신호는 다수의 변조 주파수($f_k + f_{RF}$) 각각에 따른 제2 변조 신호($\sin(2(f_k + f_{RF})t)$)와 Q 신호를 합성하여 획득될 수 있다. 광 송신 장치가 QAM 이 아닌 PAM 변조한 경우, QAM에 따른 중심 주파수(f_{RF})는 반영되지 않으며, 이에 변조 신호($\cos(2(f_k)t)$, $\sin(2(f_k)t)$)와 I 신호 및 Q 신호를 합성하여 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호를 획득할 수 있다.

[0090] 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호가 획득되면, 다수의 I 정합 신호의 최대값과 다수의 Q 정합 신호의 최대값을 판별한다(S15). 그리고 판별된 I 정합 신호의 최대값과 Q 정합 신호의 최대값을 기반으로 세기 및 위상을 판별함으로써 PAM 또는 QAM 변조된 제1 데이터(d1)를 복원한다(S16).

[0091] 한편, 다수의 I 정합 신호와 다수의 Q 정합 신호 중 서로 대응하는 I 정합 신호와 Q 정합 신호를 결합한다(S17). 그리고 I 정합 신호와 Q 정합 신호가 결합되어 획득된 다수의 결합 신호 중 최대값을 갖는 결합 신호를 판별한다(S18). 최대값을 갖는 결합 신호가 판별되면, 해당 결합 신호에 적용된 변조 주파수($f_k + f_{RF}$)를 확인하고, 확인된 변조 주파수($f_k + f_{RF}$)에서 PIRFSK 변조 주파수(f_k)에 따라 PIRFSK 변조된 제2 데이터(d2)를 복원한다(S19).

[0092] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0093] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

[0094] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

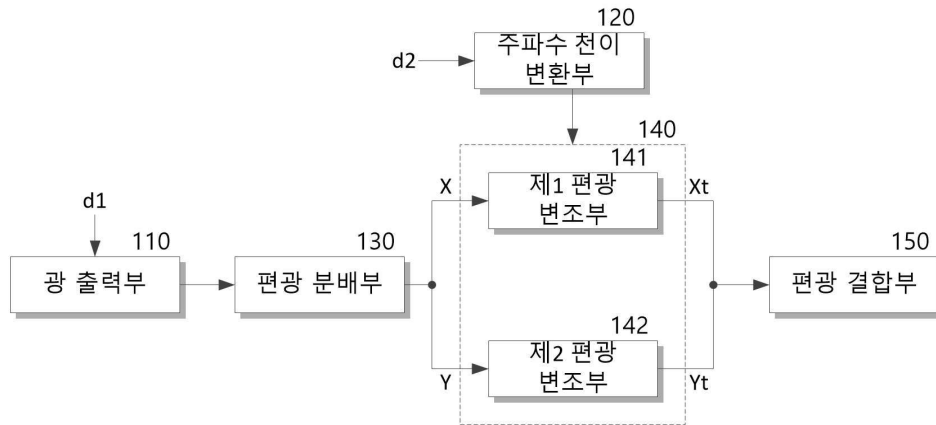
[0095]	300: 광 검출부	400: FSK 복조부
	401 ~ 40N: 주파수 합성부	500: 세기 복조부
	510: I/Q 신호 획득부	511 ~ 51N: I/Q 획득부
	520: 정합부	521I ~ 52NI: I 정합 필터
	521Q ~ 52NQ: Q 정합 필터	530: 신호 결합부

531 ~ 53N: I/Q 결합부

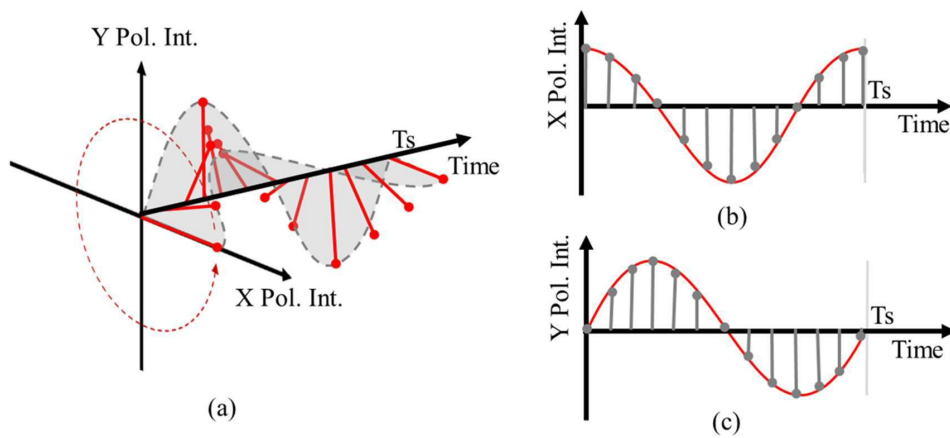
600: 신호 판별부

도면

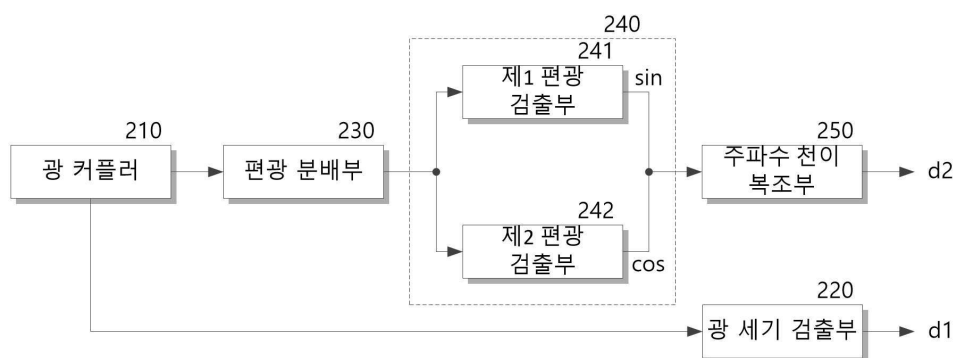
도면1



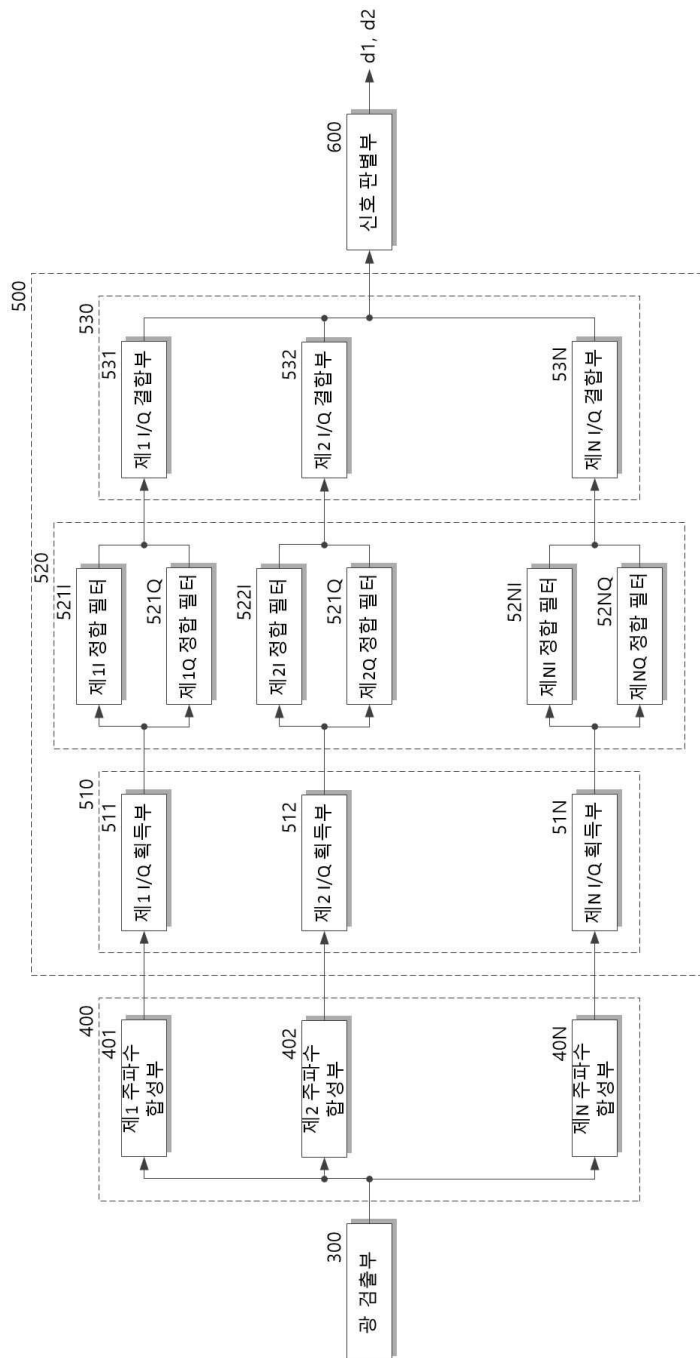
도면2



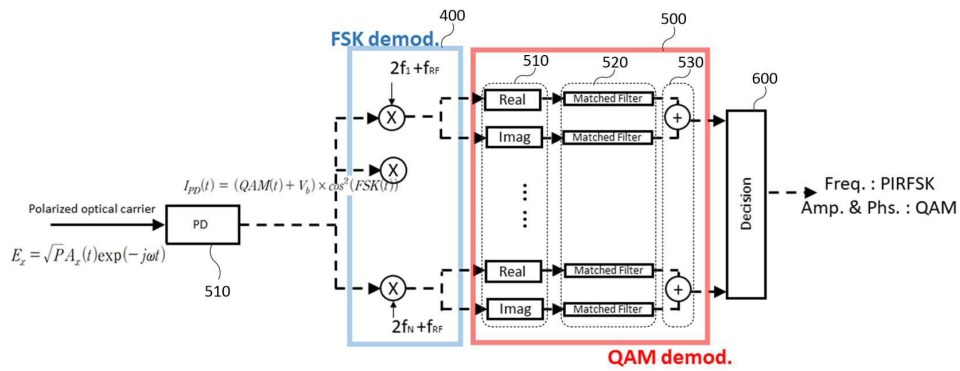
도면3



도면4



도면5



도면6

