



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월18일
(11) 등록번호 10-2229864
(24) 등록일자 2021년03월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/556 (2013.01) H04B 10/2569 (2013.01)
H04B 10/50 (2013.01) H04B 10/67 (2013.01)
H04B 10/69 (2013.01)
- (52) CPC특허분류
H04B 10/556 (2013.01)
H04B 10/2569 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0008370
(22) 출원일자 2020년01월22일
심사청구일자 2020년01월22일
- (56) 선행기술조사문헌
Yusuke Ito et al., "Performance of Multilevel Differential Polarization Shift Keying with Estimation of Inclined Polarization Axes over Atmospheric Turbulence," 27th ITNAC, (2017)*
US20160134377 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
- (72) 발명자
한상국
서울특별시 서초구 서초중앙로24길 33, 105동 301호(서초동, 서초교대이편한세상)
- 신원호
서울특별시 서초구 잠원로 37-48, 205동 809호(잠원동, 신반포4차아파트)
- (74) 대리인
민영준

전체 청구항 수 : 총 14 항

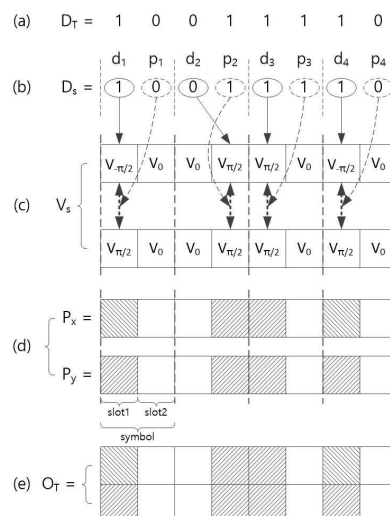
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 편광 위치 및 차동 위상 편이 변조 기반 무선 광 송수신 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 광원에서 방출된 광을 2개의 광으로 분배하는 광 분배기, 입력 데이터를 기지정된 비트 수의 심볼 단위의 다수의 분할 데이터로 분할하고, 각 분할 데이터에서 기지정된 위치의 위상 비트와 나머지 비트인 듀티 비트의 값을 각각 위상 제어 신호 및 차단 제어 신호로 변환하는 데이터 변환부, 위상 제어 신호에 따라 분배된 2개의 광을 편광 위상 변조하고, 변조된 2개의 편광을 차단 제어 신호에 응답하여 전달하거나 차단하여 펄스 위치 변조하는 변조부, 편광 위상 변조 및 펄스 위치 변조된 2개의 편광을 결합하여 송신 광 신호를 생성하는 편광 결합부 및 송신 광 신호를 증폭하여 대기 채널을 통해 송출하는 광 증폭부를 포함하여, 광 증폭기의 평균 전력 한계를 초과하지 않으면서 신호대 잡음비를 개선할 수 있을 뿐만 아니라 전송 속도를 대폭 향상시킬 수 있는 편광 위치 및 차동 위상 편이 변조 기반 무선 광 송수신 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H04B 10/503 (2013.01)

H04B 10/677 (2013.01)

H04B 10/691 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017M1A3A3A02016524

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 우주핵심기술개발사업

연구과제명 위성/달-지상간 채널 시뮬레이션 기반 레이저 통신

기술연구(3/4)(2017.4.25~2020.3.31)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

광원에서 방출된 광을 2개의 광으로 분배하는 광 분배기;

입력 데이터를 기지정된 비트 수의 심볼 단위의 다수의 분할 데이터로 분할하고, 각 분할 데이터에서 기지정된 위치의 위상 비트와 나머지 비트인 듀티 비트의 값을 각각 위상 제어 신호 및 차단 제어 신호로 변환하는 데이터 변환부;

상기 위상 제어 신호에 따라 분배된 2개의 광을 편광 위상 변조하고, 변조된 2개의 편광을 차단 제어 신호에 응답하여 전달하거나 차단하여 펄스 위치 변조하는 변조부;

편광 위상 변조 및 펄스 위치 변조된 2개의 편광을 결합하여 송신 광 신호를 생성하는 편광 결합부; 및

상기 송신 광 신호를 증폭하여 대기 채널을 통해 송출하는 광 증폭부를 포함하되,

상기 데이터 변환부는

상기 송신 광 신호의 심볼 구간을 분할하는 슬롯의 개수에 대응하는 비트 수로 지정된 상기 심볼 단위로 상기 입력 데이터를 다수의 분할 데이터로 분할하고, 각 분할 데이터에서 위상 비트의 비트값에 따라 동일한 2개의 위상 제어 신호를 출력하거나 서로 다른 2개의 위상 제어 신호를 출력하는 무선 광 통신 시스템의 송신 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 데이터 변환부는

상기 듀티 비트의 비트값에 따라 심볼 구간에서 분할된 다수의 슬롯 중 변조된 2개의 편광이 전송될 슬롯을 결정하며, 결정된 슬롯을 제외한 나머지 슬롯에 대응하는 구간에 상기 차단 제어 신호를 출력하는 무선 광 통신 시스템의 송신 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서, 상기 변조부는

상기 위상 제어 신호에 응답하여, 분배된 2개의 광을 서로 동일하거나 수직한 위상차를 갖는 2개의 편광으로 편광 위상 변조하여 출력하는 위상 변조부; 및

차단 제어 신호에 응답하여, 변조된 2개의 편광을 전달되는 시간 구간을 조절하여 펄스 위치 변조하는 펄스 위치 변조부를 포함하는 무선 광 통신 시스템의 송신 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 광 증폭부는

어븀 첨가 광 증폭기(Erbium Doped Fiber Amplifier: EDFA)로 구현되는 무선 광 통신 시스템의 송신 장치.

청구항 6

대기 채널을 통해 단속적으로 수신되는 수신 광 신호에서 기지정된 위상의 편광을 추출하는 편광 조절기;

상기 편광 조절기에서 추출된 편광을 서로 수직한 2개의 편광으로 분배하는 편광 분배기;

분배된 2개의 편광 중 하나의 편광의 위상을 90도 회전하는 편광 회전부;

분배된 2개의 편광 중 나머지 편광과 위상이 회전된 편광을 서로 차감하여 광을 검출하는 광 검출부; 및

수신된 광 신호의 심볼 구간을 분할한 다수의 슬롯 중 광이 검출되는 구간에 대응하는 슬롯의 위치와 광이 검출되는 구간의 편광에 따라, 기지정된 심볼 단위의 비트 수를 갖는 분할 데이터 단위로 데이터를 복원하는 데이터 복원부를 포함하는 무선 광 통신 시스템의 수신 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 광 검출부는

광의 검출 여부와 광이 검출되는 구간에서 편광의 포함 여부에 대응하는 전류를 생성하여 출력하는 무선 광 통신 시스템의 수신 장치.

청구항 8

제6 항에 있어서, 상기 데이터 복원부는

심볼 구간에서 광이 검출되는 구간에서 편광의 포함 여부에 따라 상기 분할 데이터에서 기지정된 위치의 위상 비트의 비트값을 복원하고,

광이 검출되는 구간에 대응하는 슬롯의 위치에 따라 상기 분할 데이터에서 상기 위상 비트를 제외한 나머지 비트인 듀티 비트의 비트값을 복원하는 무선 광 통신 시스템의 수신 장치.

청구항 9

광원에서 방출된 광을 2개의 광으로 분배하는 단계;

입력 데이터를 기지정된 비트 수의 심볼 단위의 다수의 분할 데이터로 분할하고, 각 분할 데이터에서 기지정된 위치의 위상 비트와 나머지 비트인 듀티 비트의 값을 각각 위상 제어 신호 및 차단 제어 신호로 변환하는 단계;

상기 위상 제어 신호에 따라 분배된 2개의 광을 편광 위상 변조하고, 변조된 2개의 편광을 차단 제어 신호에 응답하여 전달하거나 차단하여 펄스 위치 변조하는 단계;

편광 위상 변조 및 펄스 위치 변조된 2개의 편광을 결합하여 송신 광 신호를 생성하는 단계; 및

상기 송신 광 신호를 증폭하여 대기 채널을 통해 송출하는 단계를 포함하되,

상기 변환하는 단계는

상기 송신 광 신호의 심볼 구간을 분할하는 슬롯의 개수에 대응하는 비트 수로 지정된 상기 심볼 단위로 상기 입력 데이터를 다수의 분할 데이터로 분할하는 단계; 및

각 분할 데이터에서 위상 비트의 비트값에 따라 동일한 2개의 위상 제어 신호를 출력하거나 서로 다른 2개의 위상 제어 신호를 출력하는 단계를 포함하는 무선 광 통신 시스템의 송신 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

제9 항에 있어서, 상기 변환하는 단계는

상기 듀티 비트의 비트값에 따라 심볼 구간에서 분할된 다수의 슬롯 중 변조된 2개의 편광이 전송될 슬롯을 결정하는 단계; 및

결정된 슬롯을 제외한 나머지 슬롯에 대응하는 구간에 상기 차단 제어 신호를 출력하는 단계를 포함하는 무선 광 통신 시스템의 송신 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서, 상기 변조하는 단계는

상기 위상 제어 신호에 응답하여, 분배된 2개의 광을 서로 동일하거나 수직한 위상차를 갖는 2개의 편광으로 편광 위상 변조하는 단계; 및

차단 제어 신호에 응답하여, 변조된 2개의 편광을 전달되는 시간 구간을 조절하여 펄스 위치 변조하는 단계를 포함하는 무선 광 통신 시스템의 송신 방법.

청구항 13

제9 항에 있어서, 상기 송출하는 단계는

어둡 첨가 광 증폭기(Erbium Doped Fiber Amplifier: EDFA)를 이용하여 상기 송신 광 신호를 증폭하는 무선 광 통신 시스템의 송신 방법.

청구항 14

대기 채널을 통해 단속적으로 수신되는 수신 광 신호에서 기지정된 위상의 편광을 추출하는 단계;

추출된 편광을 서로 수직한 2개의 편광으로 분배하는 단계;

분배된 2개의 편광 중 하나의 편광의 위상을 90도 회전시키는 단계;

분배된 2개의 편광 중 나머지 편광과 위상이 회전된 편광을 서로 차감하여 광을 검출하는 단계; 및

수신된 광 신호의 심볼 구간을 분할한 다수의 슬롯 중 광이 검출되는 구간에 대응하는 슬롯의 위치와 광이 검출되는 구간의 편광에 따라, 기지정된 심볼 단위의 비트 수를 갖는 분할 데이터 단위로 데이터를 복원하는 단계를 포함하는 무선 광 통신 시스템의 수신 방법.

청구항 15

제14 항에 있어서, 상기 광을 검출하는 단계는

광의 검출 여부와 광이 검출되는 구간에서 편광의 포함 여부에 대응하는 전류를 생성하여 출력하는 무선 광 통신 시스템의 수신 방법.

청구항 16

제14 항에 있어서, 상기 데이터를 복원하는 단계는

심볼 구간에서 광이 검출되는 구간에서 편광의 포함 여부에 따라 상기 분할 데이터에서 기지정된 위치의 위상 비트의 비트값을 복원하는 단계; 및

광이 검출되는 구간에 대응하는 슬롯의 위치에 따라 상기 분할 데이터에서 상기 위상 비트를 제외한 나머지 비트인 듀티 비트의 비트값을 복원하는 단계를 포함하는 무선 광 통신 시스템의 수신 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 광 통신 시스템 및 방법에 관한 것으로, 편광 위치 및 차동 위상 편이 변조 기반 무선 광 통신 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 광 통신에서는 연속하는 인접 심볼 사이의 편광 상태를 변화시켜 위상 변조하는 차동 위상 편이 변조(Differential Phase Shift Keying: 이하 DPSK) 기법이 주로 이용되고 있다. 다만 무선 광통신의 경우, 대기 채널이 안정적이지 않고 시간에 따라 지속적으로 변화하므로, 전송 속도를 채널 상태에 맞춰 변화시킬 수 있어야 한다. 그러나 DPSK 변조 기법에서는 수신기가 연속하는 인접 심볼 사이의 편광 상태 변화를 검출하기 위해 지연 라인 간섭계(delay-line interferometer)를 사용하므로, 지연 라인 간섭계의 지연 시간을 조절하기 어려워 다중 전송 속도(multi-rate)를 구현하는데 어려움이 있다.

[0003] 이러한 한계를 극복하고자, 편광 회전(polarization rotation) 기반 DPSK 기법이 고안되었다. 편광 회전 기반 DPSK 기법에서는 광원에서 방출된 광을 서로 수직한 두 편광으로 분할하고, 분할된 두 편광 중 적어도 하나를

위상 변조하여 전송한다. 그리고 수신기에서는 수직한 두 편광을 하나의 편광으로 결합하여 위상차를 검출하여 데이터를 복조한다. 이러한 편광 회전 기반 DPSK 기법은 지연 라인 간섭계를 사용하지 않으므로, 용이하게 다중 전송 속도를 구현할 수 있다.

- [0004] 한편 장거리 무선 광 통신의 경우에는 대기 채널을 통과하는 동안 광 감쇄가 크게 발생하므로, 광원의 출력 파워만으로는 안정적인 채널 링크를 구성하기가 어렵다. 이에 송신기는 변조된 광을 증폭하여 출력하는 어둡 첨가 광 증폭기(Erbium Doped Fiber Amplifier: 이하 EDFA)와 같은 광 증폭기를 사용한다. 그러나 EDFA와 같은 광 증폭기는 평균 전력(Average Power)이 제한(limited)되는 특성을 갖는다. 이와 같이, 송신기가 평균 전력 제한 특성을 갖는 EDFA를 사용하는 경우, 편광 회전 기반 DPSK 기법을 적용할지라도 EDFA의 제한된 평균 전력에 의해 신호대 잡음비를 향상시킬 수 없으며, 이로 인해 전송 속도를 더 이상 높일 수 없게 된다. 즉 지연 라인 간섭계를 이용하지 않는 편광 회전 기반 DPSK 기법을 적용하더라도 전송 속도를 향상시키는데 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1821970호 (2018.01.19 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명의 목적은 광 증폭기의 평균 전력 한계를 극복하여 신호대 잡음비를 개선할 수 있는 무선 광 송수신 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0007] 본 발명의 다른 목적은 전송 속도를 대폭 향상시킬 수 있는 무선 광 송수신 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 송신 장치는 광원에서 방출된 광을 2개의 광으로 분배하는 광 분배기; 입력 데이터를 기지정된 비트 수의 심볼 단위의 다수의 분할 데이터로 분할하고, 각 분할 데이터에서 기지정된 위치의 위상 비트와 나머지 비트인 듀티 비트의 값을 각각 위상 제어 신호 및 차단 제어 신호로 변환하는 데이터 변환부; 상기 위상 제어 신호에 따라 분배된 2개의 광을 편광 위상 변조하고, 변조된 2개의 편광을 차단 제어 신호에 응답하여 전달하거나 차단하여 펄스 위치 변조하는 변조부; 편광 위상 변조 및 펄스 위치 변조된 2개의 편광을 결합하여 송신 광 신호를 생성하는 편광 결합부; 및 상기 송신 광 신호를 증폭하여 대기 채널을 통해 송출하는 광 증폭부를 포함한다.
- [0009] 상기 데이터 변환부는 상기 송신 광 신호의 심볼 구간을 분할하는 슬롯의 개수에 대응하는 비트 수로 지정된 상기 심볼 단위로 상기 입력 데이터를 다수의 분할 데이터로 분할하고, 각 분할 데이터에서 위상 비트의 비트값에 따라 동일한 2개의 위상 제어 신호를 출력하거나 서로 다른 2개의 위상 제어 신호를 출력할 수 있다.
- [0010] 상기 데이터 변환부는 상기 듀티 비트의 비트값에 따라 심볼 구간에서 분할된 다수의 슬롯 중 변조된 2개의 편광이 전송될 슬롯을 결정하며, 결정된 슬롯을 제외한 나머지 슬롯에 대응하는 구간에 상기 차단 제어 신호를 출력할 수 있다.
- [0011] 상기 변조부는 상기 위상 제어 신호에 응답하여, 분배된 2개의 광을 서로 동일하거나 수직한 위상차를 갖는 2개의 편광으로 편광 위상 변조하여 출력하는 위상 변조부; 및 차단 제어 신호에 응답하여, 변조된 2개의 편광을 전달되는 시간 구간을 조절하여 펄스 위치 변조하는 펄스 위치 변조부를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 광 증폭부는 어둡 첨가 광 증폭기(Erbium Doped Fiber Amplifier: EDFA)로 구현될 수 있다.
- [0013] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 광 수신 장치는 대기 채널을 통해 단속적으로 수신되는 수신 광 신호에서 기지정된 위상의 편광을 추출하는 편광 조절기; 상기 편광 조절기에서 추출된 편광을 서로 수직한 2개의 편광으로 분배하는 편광 분배기; 분배된 2개의 편광 중 하나의 편광의 위상을 90도 회전하는 편광 회전부; 분배된 2개의 편광 중 나머지 편광과 위상이 회전된 편광을 서로 차감하여 광을 검출하는 광 검출부; 및 수신된 광 신호의 심볼 구간을 분할한 다수의 슬롯 중 광이 검출되는 구간에 대응하는 슬롯의 위치

와 광이 검출되는 구간의 편광에 따라, 기지정된 심볼 단위의 비트 수를 갖는 분할 데이터 단위로 데이터를 복원하는 데이터 복원부를 포함한다.

[0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 무선 광 송신 방법은 광원에서 방출된 광을 2개의 광으로 분배하는 단계; 입력 데이터를 기지정된 비트 수의 심볼 단위의 다수의 분할 데이터로 분할하고, 각 분할 데이터에서 기지정된 위치의 위상 비트와 나머지 비트인 듀티 비트의 값을 각각 위상 제어 신호 및 차단 제어 신호로 변환하는 단계; 상기 위상 제어 신호에 따라 분배된 2개의 광을 편광 위상 변조하고, 변조된 2개의 편광을 차단 제어 신호에 응답하여 전달하거나 차단하여 펄스 위치 변조하는 단계; 편광 위상 변조 및 펄스 위치 변조된 2개의 편광을 결합하여 송신 광 신호를 생성하는 단계; 및 상기 송신 광 신호를 증폭하여 대기 채널을 통해 송출하는 단계를 포함한다.

[0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 무선 광 수신 방법은 대기 채널을 통해 단속적으로 수신되는 수신 광 신호에서 기지정된 위상의 편광을 추출하는 단계; 추출된 편광을 서로 수직한 2개의 편광으로 분배하는 단계; 분배된 2개의 편광 중 하나의 편광의 위상을 90도 회전시키는 단계; 분배된 2개의 편광 중 나머지 편광과 위상이 회전된 편광을 서로 차감하여 광을 검출하는 단계; 및 수신된 광 신호의 심볼 구간을 분할한 다수의 슬롯 중 광이 검출되는 구간에 대응하는 슬롯의 위치와 광이 검출되는 구간의 편광에 따라, 기지정된 심볼 단위의 비트 수를 갖는 분할 데이터 단위로 데이터를 복원하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0016] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 무선 광 송수신 장치 및 방법은 편광 회전 기반 DPSK 기법과 함께 듀티 사이클 기반 변조를 함께 적용하는 편광 위치 및 차동 위상 편이 기법으로 변조 및 복조를 수행함으로써, 광 증폭기의 평균 전력 한계를 초과하지 않으면서 신호대 잡음비를 개선할 수 있을 뿐만 아니라 전송 속도를 대폭 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템에서 송신기의 개략적 구조를 나타낸다.

도 2는 도 1의 변조부의 상세 구성을 나타낸다.

도 3은 도 1의 송신기가 데이터를 변조하는 일 예를 나타낸다.

도 4는 도 1의 송신기에서 변조된 광 신호의 특성을 나타낸다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템에서 수신기의 개략적 구조를 나타낸다.

도 6은 도 5의 수신기가 데이터를 복조하는 일 예를 나타낸다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템의 송신 방법을 나타낸다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템의 수신 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템에서 송신기의 개략적 구조를 나타내고, 도 2는 도 1의 변조부의 상세 구성을 나타내며, 도 3은 도 1의 송신기가 데이터를 변조하는 일 예를 나타낸다. 그리고 도 4는

도 1의 송신기에서 변조된 광 신호의 특성을 나타낸다.

- [0022] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 송신기는 광원(110)과 광 분배부(120), 데이터 분할부(130), 데이터 변환부(140), 변조부(150), 편광 결합부(160) 및 광 증폭부(170)를 포함할 수 있다.
- [0023] 광원(110)은 미리 지정된 파장과 파형의 광을 생성하여 방출한다. 일례로 광원은 연속파(continuous wave)模式的 광을 생성하여 방출할 수 있으며, 레이저 다이오드(laser diode) 등으로 구현될 수 있다.
- [0024] 광 분배부(120)는 광원(110)에서 방출된 광을 동일한 세기의 2개의 광으로 분배한다. 광 분배부(120)는 일례로 3dB 커플러 등으로 구현되어 광원(110)에서 인가된 광을 균일한 세기의 2개의 광으로 분배하여 변조부(150)로 인가할 수 있다.
- [0025] 한편 데이터 분할부(130)는 수신기로 송신하고자 하는 송신 데이터(D_T)를 인가받아 기지정된 비트 수의 심볼 단위로 송신 데이터(D_T)를 분할한다. 심볼 단위는 다양하게 설정될 수 있으나, 여기서는 일례로 2비트로 설정되는 것으로 가정한다. 이 경우, 데이터 분할부(130)는 인가된 송신 데이터(D_T)를 2비트 단위로 분할하여 분할 데이터(D_s)를 획득할 수 있다. 데이터 분할부(130)는 도 3의 (a)와 같이, 송신 데이터(D_T)가 8비트로 "1001110"으로 인가된 경우, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 송신 데이터(D_T)를 "10", "01", "11", "10"와 같이 심볼 단위인 2비트 단위로 분할하여 4개의 분할 데이터(D_s)를 획득할 수 있다.
- [0026] 데이터 분할부(130)는 송신 데이터(D_T)가 데이터 스트림 형태로 연속하여 인가되는 경우에도, 지정된 심볼 단위로 인가되는 송신 데이터(D_T)를 구분하여 분할할 수 있다.
- [0027] 데이터 변환부(140)는 데이터 분할부(130)에서 심볼 단위로 분할된 데이터의 각 비트 위치별 비트값에 따라 변조부(150)를 제어하기 위한 제어 신호(V_s)로 변환한다. 데이터 변환부(140)는 2비트 단위로 분할된 분할 데이터(D_s) 각각에서 지정된 위치의 하나의 비트를 듀티 비트(d)로 설정하고, 나머지 하나의 비트를 위상 비트(p)로 설정한다. 여기서는 일례로 분할 데이터(D_s)의 제1 비트가 듀티 비트(d)로 설정되고, 제2 비트를 위상 비트(p)로 설정되는 것으로 가정한다.
- [0028] 그리고 데이터 변환부(140)는 설정된 듀티 비트(d)와 위상 비트(p)의 각각의 비트값에 따라 변조부(150)를 제어하기 위한 제어 신호(V_s)를 생성한다. 여기서 데이터 변환부(140)는 변조부(150)가 광 분배부(120)에서 분배된 2개의 광을 각각 변조할 수 있도록, 듀티 비트(d)와 위상 비트(p)의 비트값 각각을 2개씩의 제어 신호(V_s)로 변환한다.
- [0029] 데이터 변환부(140)는 위상 비트(p)의 비트값에 따라 광 분배부(120)에서 분배된 2개의 광을 기지정된 위상 방향의 편광으로 변조하기 위한 2개의 제어 신호(V_s)를 획득한다.
- [0030] 데이터 변환부(140)는 일례로 위상 비트(p)의 비트값이 0이면, 2개의 제어 신호(V_s)를 서로 다른 기지정된 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)로 변환하고, 위상 비트(p)의 비트값이 1이면, 2개의 제어 신호(V_s)를 동일한 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)로 변환할 수 있다. 여기서 제1 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$)는 변조부(150)가 인가되는 광을 $\pi/2$ 위상의 편광으로 변조하도록 제어하는 신호이며, 제2 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$)는 변조부(150)가 인가되는 광을 $-\pi/2$ 위상의 편광으로 변조하도록 제어하는 신호이다.
- [0031] 또한 데이터 변환부(140)는 듀티 비트(d)의 비트값에 따라 심볼에서 기지정된 차단 제어 신호(V_0)가 변조부(150)로 인가되는 시간 구간을 결정하고, 나머지 시간 구간에 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$, $V_{\pi/2}$) 또는 ($V_{-\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)가 인가되도록 하여, 분할 데이터(D_s)를 4개의 제어 신호(V_s)의 조합으로 변환한다. 여기서 차단 제어 신호(V_0)는 변조부(150)가 인가된 광을 차단하여 이후 편광 결합부(160)로 전달되지 않도록 제어하는 신호이다. 데이터 변환부(140)는 듀티 비트(d)의 비트값이 0이면, 차단 제어 신호(V_0)가 제1 슬롯(slot1)에 대응하는 시간 구간에 출력되도록 하고, 위상 비트(p)에 따라 변환된 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$, $V_{\pi/2}$) 또는 ($V_{-\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)가 제2 슬롯(slot2)에 대응하는 시간 구간에 출력되도록 할 수 있다. 반면 듀티 비트(d)의 비트값이 1이면, 차단 제어 신호(V_0)가 제2 슬롯(slot2)에 대응하는 시간 구간에 출력되도록 하고, 위상 비트(p)에 따라 변환된 위상 제어

신호($(V_{\pi/2}, V_{\pi/2})$ 또는 $(V_{-\pi/2}, V_{\pi/2})$)가 제1 슬롯(slot1)에 대응하는 시간 구간에 출력되도록 할 수 있다.

- [0032] 일 예로 도 3의 (c)에 도시된 바와 같이, "10", "01", "11", "10"로 분할된 4개의 분할 데이터(D_s) 중 제1 분할 데이터(D_{s1})는 위상 비트(p_1)의 비트값이 0이므로, 위상 비트(p_1)는 서로 다른 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}, V_{\pi/2}$)로 변환된다. 그리고 듀티 비트(d_1)의 비트값이 1이므로, 변환된 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}, V_{\pi/2}$)는 제1 슬롯(slot1)에 대응하는 시간 구간에 우선 출력되고, 제2 슬롯(slot2)에 대응하는 시간 구간에서는 차단 제어 신호(V_0)가 출력된다.
- [0033] 한편 제2 분할 데이터(D_{s2})는 위상 비트(p_2)의 비트값이 1이므로, 위상 비트(p_2)는 동일한 위상 제어 신호($V_{\pi/2}, V_{\pi/2}$)로 변환된다. 그리고 듀티 비트(d_2)의 비트값이 0이므로, 제1 슬롯(slot1)에 대응하는 시간 구간에서 차단 제어 신호(V_0)가 우선 출력되고, 제2 슬롯(slot2)에 대응하는 시간 구간에서는 변환된 위상 제어 신호($V_{\pi/2}, V_{\pi/2}$)가 출력된다.
- [0034] 이와 유사하게 제3 및 제4 분할 데이터(D_{s3}, D_{s4}) 또한 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}, V_{\pi/2}$)와 차단 제어 신호(V_0)의 조합으로 변환될 수 있다.
- [0035] 상기에서 듀티 비트(d)와 위상 비트(p)의 비트 위치는 변경될 수 있으며, 위상 비트(p)의 비트값에 따른 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}, V_{\pi/2}$)의 신호 레벨과 듀티 비트(d)에 따른 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}, V_{\pi/2}$)와 차단 제어 신호(V_0)가 출력되는 시간 구간의 순서는 다양하게 변경되어 설정될 수 있다. 즉 데이터 변환부(140)가 분할 데이터(D_s)를 제어 신호(V_s)로 변환하는 방식은 다양하게 설정될 수 있다.
- [0036] 또한 상기에서는 설명의 편의를 위하여, 데이터 분할부(130)와 데이터 변환부(140)를 구분하여 도시하였으나, 데이터 분할부(130)는 데이터 변환부(140)에 포함될 수 있다.
- [0037] 변조부(150)는 데이터 변환부(140)에서 인가된 제어 신호(V_s)에 응답하여, 광 분배부(120)에서 분배되어 인가되는 2개의 광을 각각 변조한다. 변조부(150)는 제어 신호(V_s) 중 위상 제어 신호에 응답하여 2개의 동일한 위상의 2개의 편광으로 변조하거나, 서로 다른 위상의 2개의 편광으로 변조할 수 있다. 또한 변조부(150)는 제어 신호(V_s) 중 차단 제어 신호(V_0)에 응답하여 편광 결합부(160)로 광을 전달하거나 차단할 수 있다. 즉 변조부(150)는 서로 수직하도록 인가되는 2개의 광에 대해 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}, V_{\pi/2}$)에 따라 차동 위상 편이 변조를 수행하는 한편, 차단 제어 신호(V_0)에 따라 광 위치 변조를 함께 수행할 수 있다. 여기서 편광 위치 변조는 광을 전달하거나 차단 시간 구간을 조절하는 방식으로 수행되므로, 펄스 위치 변조 또는 듀티 변조라고 할 수 있다.
- [0038] 도 2를 참조하면, 변조부(150)는 제어 신호(V_s) 중 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}, V_{\pi/2}$)에 응답하여 2개의 광을 편광으로 변환하고, 변환된 편광의 위상 변조하는 위상 변조부(200)와 제어 신호(V_s) 중 차단 제어 신호(V_0)에 응답하여 위상 변조부(200)에서 위상 변조된 편광을 편광 결합부(160)로 전달하거나 차단하는 펄스 위치 변조부(300)를 포함할 수 있다.
- [0039] 위상 변조부(200)는 광 분배부(120)에서 분리된 2개의 광 중 대응하는 광을 인가받고, 위상 제어 신호 중 대응하는 위상 제어 신호에 응답하여 인가된 편광을 각각 변조하는 제1 및 제2 편광 변조부(210, 220)를 포함한다.
- [0040] 제1 및 제2 편광 변조부(210, 220)는 2개의 편광 조절부((211, 213), (221, 223))와 2개의 편광 조절부((211, 213), (221, 223)) 사이에 배치되는 편광 회전부(212, 222)를 포함한다. 여기서 편광 회전부(212, 222)는 일 예로 마하-젠더 광 변조기(Mach-Zehnder modulator: MZM)로 구현될 수 있다.
- [0041] 제1 편광 변조부(210)의 제1 편광 조절기(211)는 광 분배부(120)에서 분배된 2개의 광 중 대응하는 광을 인가받고, 인가된 기지정된 방향으로 전기장 벡터(또는 자기장 벡터)이 진동하는 편광으로 변환한다. 편광 회전부(212)는 데이터 변환부(140)에서 인가되는 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$ 또는 $V_{\pi/2}$)에 응답하여 제1 편광 조절기(211)에서 변환된 편광의 편광 방향, 즉 편광의 위상을 조절한다. 일 예로 편광 회전부(212)는 도 3의 (d)에 도시된 바와 같이, 인가된 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$ 또는 $V_{\pi/2}$)에 따라 출력되는 편광의 위상이 서로 수직하도록 편광을 회전시킬 수 있다. 즉 편광의 위상을 변조한다. 그리고 제2 편광 조절기(213)는 편광 회전부(212)에서 변조된 편

광이 정확하게 요구되는 방향의 편광이 되도록 정밀하게 조절하여 출력한다.

- [0042] 한편, 제2 편광 변조부(220)의 제1 편광 조절기(221) 또한 광 분배부(120)에서 분배된 2개의 광 중 대응하는 광을 인가받고, 인가된 기지정된 방향으로 전기장 벡터(또는 자기장 벡터)이 진동하는 편광으로 변환한다. 편광 회전부(222)는 데이터 변환부(140)에서 인가되는 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$)에 응답하여 제1 편광 조절기(221)에서 변환된 편광의 편광 방향, 즉 편광의 위상을 조절한다. 여기서 편광 회전부(222)에는 동일한 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$)만이 인가되므로, 편광 회전부(212)는 도 3의 (d)에 도시된 바와 같이, 항상 동일한 위상의 편광을 출력한다. 그리고 제2 편광 조절기(223)는 편광 회전부(222)에서 변조된 편광이 정확하게 요구되는 방향의 편광이 되도록 정밀하게 조절하여 출력한다.
- [0043] 따라서 위상 변조부(200)는 2개의 위상 제어 신호가 서로 동일한 2개의 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)가 인가되면, 동일 위상의 편광이 출력되도록 광을 변조하고, 서로 상이한 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$ 또는 $V_{\pi/2}$)가 인가되면, 서로 수직인 위상의 편광이 출력되도록 광을 변조한다.
- [0044] 펄스 위치 변조부(300)는 제어 신호(V_s) 중 차단 제어 신호(V_0)가 인가되면, 도 3의 (d)에 도시된 바와 같이, 위상 변조부(200)에서 전달되는 2개의 편광을 차단한다. 그러나 차단 제어 신호(V_0)가 인가되지 않으면, 위상 변조부(200)에서 전달되는 2개의 편광을 편광 결합부(160)로 전달한다. 즉 펄스 위치 변조부(300)는 위상 변조부(200)에서 인가되는 편광을 전달하거나 차단함으로써, 편광 결합부(160)에 편광이 펄스 형태의 전달되도록 하며, 펄스의 위치를 조절할 수 있다.
- [0045] 이는 심볼(symbol)을 2개의 슬롯(slot1, slot2)로 구분하고, 구분된 2개의 슬롯(slot1, slot2)과 2개의 편광의 조합을 이용함으로써, 단일 심볼에 2비트의 데이터가 표현될 수 있도록 한다.
- [0046] 따라서 본 실시예에서 변조부(150)는 편광 위치 및 차동 위상 편이 변조(Pulse Position-Differential Phase Shift Keying: PP-DPSK)를 수행하는 것으로 볼 수 있다.
- [0047] 상기에서는 위상 변조부(200)가 편광의 위상을 먼저 변조하고, 이후 펄스 위치 변조부(300)가 변조된 편광을 전달하거나 차단하는 것으로 설명하였으나, 펄스 위치 변조부(300)의 위치는 위상 변조부(200) 이전 단으로 다양하게 조절될 수 있다. 일례로 펄스 위치 변조부(300)가 광 분배부(120)에서 분배된 2개의 광을 차단하거나 전달하고, 위상 변조부(200)가 펄스 위치 변조부(300)를 통해 전달된 2개의 광에 대해 편광 위상 변조를 수행할 수도 있다. 또한 경우에 따라서는 펄스 위치 변조부(300)가 광원(110)에서 방사되는 광을 광 분배부(120)로 전달하거나 차단할 수 있도록 광원(110)과 광 분배부(120) 사이에 배치될 수도 있다.
- [0048] 편광 결합부(160)는 도 3의 (e)에 도시된 바와 같이, 변조부(150)에서 변조되어 전달되는 2개의 편광을 결합하여, 송신 광 신호(O_T)를 획득한다.
- [0049] 광 증폭부(170)는 편광 결합부(160)에서 획득된 송신 광 신호(O_T)의 세기를 증폭하여 대기 채널을 통해 무선으로 증폭된 송신 광 신호를 출력한다. 여기서 광 증폭부(170)는 EDFA로 구현될 수 있다. 상기한 바와 같이 EDFA 등의 광 증폭기는 평균 전력 제한 특성을 가지므로, 기존의 DPSK 기법에서는 증폭할 수 있는 송신 광 신호의 세기가 제한되었다. 그러나 본 실시예에서는 차단 제어 신호(V_0)에 응답하여 변조부(150)의 펄스 위치 변조부(300)가 1/2에 해당하는 시간 구간에서의 광을 차단하므로, 광 증폭부(170)는 1/2 크기의 전력만을 이용하게 된다. 따라서 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$ 또는 $V_{\pi/2}$)에 따라 위상 변조되어 전달되는 2개의 편광의 세기를 기준에 비해 2배 세기로 증폭할 수 있다. 즉 송신 광 신호의 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio)를 2배로 증가시킬 수 있다. 즉 3dB 만큼의 추가 이득을 획득할 수 있게 된다. 이렇게 획득된 추가 이득을 기반으로 전송 속도를 2배로 증가시킬 수 있다.
- [0050] 위상 변조된 광 신호만을 고려하면, 비록 위상 변조된 광 신호를 전송하는 속도가 2배로 증가될지라도, 광 신호가 전달되는 시간 구간이 1/2로 줄어들게 되므로 전송되는 광 신호의 데이터량은 실질적으로 변화하지 않는다. 그러나 본 실시예에서 위상 변조된 광 신호가 전달되는 시간 구간으로부터 추가적인 데이터의 비트값을 판단할 수 있다. 그러므로 광 증폭부(170)의 평균 전력 제한 특성에도 불구하고, 무선 광 통신에서 송신 광 신호의 전송 속도를 2배로 향상시킬 수 있다.
- [0051] 도 4에서 (a)에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 송신기(100)는 송신 광 신호는 2개의 편광의 세기를 기준 DPSK 기법에서 전송할 수 있는 광 세기(P)의 2배(2P)로 증폭시킬 수 있을 뿐만 아니라, 송신 광 신호를 펄스 형

태로 전송하거나 차단하여 광 신호가 차단되는 시간 구간까지 함께 이용할 수 있도록 하여 단일 심볼에 2비트의 데이터가 표현될 수 있도록 한다.

[0052] 도 4의 (b)는 송신기(100)에서 출력되는 광 신호의 아이 패턴(eye pattern)을 도시한 것으로, 도 4의 (b)에 나타난 바와 같이, 본 실시예의 송신기(100)는 4가지로 구분되는 광 신호가 전송될 수 있음을 알 수 있다.

[0053] 상기에서는 데이터 분할부(130)가 송신 데이터(D_T)를 2비트 단위로 분할하여 분할 데이터(D_S)를 획득하고, 2비트의 분할 데이터(D_S)에서 1비트는 편광에 대한 위상 변조를 수행하고, 나머지 1비트는 위상 변조된 편광이 전송되는 시간 구간으로 변조를 수행함으로써, 전송 속도를 2배 향상시키는 것으로 설명하였다.

[0054] 그러나 본 실시예에 따른 송신기(100)는 전송 속도를 2배 이상으로 향상시켜 전송할 수도 있다. 만일 전송 속도를 더욱 향상시키고자 하는 경우, 송신기(100)의 데이터 분할부(130)는 2비트를 초과한 비트 수(예를 들면 3)의 심볼 단위로 분할하여 분할 데이터(D_S)를 획득하고, 이중 기지정된 1비트의 위상 비트(p)의 비트값에 따라 편광을 위상 변조하며, 나머지 듀티 비트(d)의 비트값에 따라 위상 변조된 편광이 전달되는 시간 구간을 결정하여 펄스 위치 변조하여 전송할 수 있다. 이와 같이 위상 변조된 편광이 전달되는 시간 구간이 짧아짐에 따라 광 증폭부(170)가 평균 전력 한계에 의한 제한을 받지 않으므로, 광 신호의 세기를 더욱 크게 증폭시켜 전송 속도를 더욱 향상시킬 수 있다.

[0055] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템에서 수신기의 개략적 구조를 나타내고, 도 6은 도 5의 수신기가 데이터를 복조하는 일 예를 나타낸다.

[0056] 도 5를 참조하면, 수신기(400)는 편광 조절부(410), 편광 분배부(420), 편광 회전부(430), 광 검출부(440) 및 데이터 복원부(450)를 포함한다.

[0057] 도 5 및 도 6을 참조하여, 본 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템에서 수신기(400)의 동작을 설명하면, 우선 편광 조절부(410)가 무선 대기 채널을 통해 전송된 수신 광 신호(O_R)를 인가받아 기지정된 위상이 되도록 수신 광 신호(O_R)의 편광을 조절한다. 상기한 바와 같이, 송신기(100)에서는 송신 광 신호(O_T)는 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)에 따라 기지정된 동일 위상 또는 서로 수직한 위상의 2개의 편광이 출력되거나, 차단될 수 있다. 따라서 송신 광 신호(O_T)가 대기 채널을 통해 수신 광 신호(O_R)로 인가되는 경우, 수신 광 신호(O_R)에는 최대 기지정된 위상의 2개의 편광만이 포함될 수 있다.

[0058] 그러나 송신 광 신호(O_T)가 대기 채널을 통해 전송되는 과정에서 왜곡 또는 간섭이 발생하여 수신 광 신호(O_R)로 수신될 수 있다. 즉 수신 광 신호(O_R)에 포함된 편광의 위상이 변형될 수 있다. 이에 수신기(400)의 편광 조절부(410)는 수신 광 신호(O_R)가 인가되면, 수신 광 신호(O_R)의 편광 성분이 기지정된 위상이 되도록 조절하여 도 6의 (a)와 같이 출력한다.

[0059] 편광 분배부(420)는 편광 조절부(410)에서 위상 조절된 수신 광 신호(O_R)를 인가받아 도 6의 (b)와 같이 2개의 편광으로 분배하여 출력한다. 여기서 분배된 2개의 편광은 서로 수직 위상 차를 갖는다. 분배된 2개의 편광 중 하나는 편광 회전부(430)를 통해 광 검출부(440)로 전달되는 반면, 나머지 하나는 편광 회전부(430)를 거치지 않고, 곧바로 광 검출부(440)로 전달된다.

[0060] 편광 회전부(430)는 편광 분배부(420)에서 분배된 2개의 편광 중 하나를 인가받아 도 6의 (c)에 도시된 바와 같이, 90도 회전시켜 출력한다. 상기한 바와 같이, 분배된 2개의 편광은 서로 수직한 편광이므로, 편광 회전부(430)에서 90도 회전된 편광은 다른 편광과 동일한 위상을 갖거나 180도 위상차를 갖게 된다. 여기서 편광 회전부(430)는 패러데이 회전 미러(Faraday rotator mirror: FRM) 등으로 구현될 수 있다.

[0061] 광 검출부(440)는 편광 분배부(420)로부터 곧바로 인가된 하나의 편광과 편광 회전부(430)에서 회전된 편광을 인가받아 서로 차감하여, 광을 검출한다. 광 검출부(440)가 인가된 2개의 편광을 서로 차감하는 경우, 2개의 편광이 180도 위상차를 가지면 편광 세기가 2배로 증가되는 반면, 동일 위상이면 서로 상쇄된다. 즉 편광 성분이 제거된다.

[0062] 특히 본 실시예에서 광 검출부(440)는 도 6의 (d)에 도시된 바와 같이 광이 검출되는 구간과 검출되지 않는 구간을 구분할 수 있으며, 광이 검출되는 구간에서 증폭된 편광과 편광 성분이 제거된 광을 구분하여 검출할 수 있다. 즉 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 3개의 서로 다른 광 상태를 검출할 수 있다.

[0063] 그리고 검출된 광 상태에 따른 전류($I(t)$)를 생성하여 데이터 복원부(450)로 전달한다. 광 검출부(440)에서 전류($I(t)$)는 수학식 1과 같이 획득될 수 있다.

수학식 1

$$I(t) = 2R\sqrt{P_x(t)P_y(t)}i(t)\cos\{\theta_x(t) - \theta_y(t)\}$$

[0065] 여기서 R 은 도 4의 (a)에 도시된 기존 DPSK의 신호의 세기에 대응하는 반지름을 나타내고, $P_x(t)$, $P_y(t)$ 는 각각 수신 광 신호(O_R)의 2개의 편광을 나타내며, $\theta_x(t)$, $\theta_y(t)$ 는 2개의 편광의 위상을 나타낸다.

[0066] 데이터 복원부(450)는 광 검출부(440)에서 전달되는 전류($I(t)$)에 따라 전송된 수신 광 신호(O_R)에 대응하는 데이터를 복원한다.

[0067] 데이터 복원부(450)는 도 6의 (e)에 도시된 바와 같이, 광이 검출되는 구간과 검출되지 않는 구간을 구분한다. 만일 심볼 구간에서 광이 검출되는 구간이 앞서면, 듀티 비트(d)의 비트값이 1인 것으로 판단하여 복원 데이터(D_R)에서 분할 데이터(D_S)의 제1 비트를 1로 복원한다. 반면, 심볼 구간에서 광이 검출되지 않는 구간이 앞서면, 듀티 비트(d)의 비트값이 0인 것으로 판단하여 분할 데이터(D_S)의 제1 비트를 0으로 복원한다.

[0068] 그리고 광이 검출된 구간에서 편광이 나타나지 않으면, 위상 비트(p)의 비트값이 0인 것으로 판단하여, 분할 데이터(D_S)의 제2 비트를 0으로 복원한다. 그러나 편광이 나타나면, 위상 비트(p)의 비트값이 1인 것으로 판단하여, 분할 데이터(D_S)의 제2 비트를 1로 복원한다.

[0069] 결과적으로 데이터 복원부(450)에서 복원된 복원 데이터(D_R)는 송신 데이터(D_T)와 동일한 데이터로 복원될 수 있다. 즉 수신기(400)는 송신기(100)에서 송신한 송신 데이터(D_T)를 정확하게 복원할 수 있다.

[0070] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템의 송신 방법을 나타낸다.

[0071] 도 1 내지 도 4를 참조하여, 도 6의 송신 방법을 설명하면, 우선 송신하고자 하는 송신 데이터(D_T)를 기지정된 비트 수의 심볼 단위의 다수의 분할 데이터(D_S)로 분할한다(S11). 그리고 다수의 분할 데이터(D_S)에서 편광의 위상차를 기반으로 변조할 1비트의 위상 비트(p)의 위치와 편광의 위치에 따라 변조할 나머지 듀티 비트(d)의 위치 및 다수의 슬롯(slot1, slot2)으로 구분되는 심볼(symbol)에서 듀티 비트에 대응하는 슬롯의 위치에 대한 설정을 확인한다(S12). 여기서 심볼 단위는 2비트이고, 2비트의 분할 데이터(D_S)에서 제1 비트가 듀티 비트(d)이고, 제2 비트가 위상 비트(p)인 것으로 가정한다.

[0072] 분할 데이터(D_S)에서 위상 비트(p)와 듀티 비트(d)의 설정이 확인되면, 위상 비트(p)와 듀티 비트(d)의 데이터를 제어 신호(V_s)로 변환한다(S13).

[0073] 이때, 우선 위상 비트(p)의 데이터를 2개의 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)로 변환한다. 이때 위상 비트(p)의 비트값이 0이면, 2개의 제어 신호(V_s)를 서로 다른 기지정된 위상 제어 신호($V_{-\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)로 변환하고, 위상 비트(p)의 비트값이 1이면, 2개의 제어 신호(V_s)를 동일한 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)로 변환할 수 있다.

[0074] 그리고 듀티 비트(d)의 데이터를 차단 제어 신호(V_0)로 변환한다. 듀티 비트(d)의 비트값이 0이면, 차단 제어 신호(V_0)가 제1 슬롯(slot1)에 대응하는 시간 구간에 출력되도록 하고, 듀티 비트(d)의 비트값이 1이면, 차단 제어 신호(V_0)가 제2 슬롯(slot2)에 대응하는 시간 구간에 출력되도록 할 수 있다.

[0075] 분할 데이터(D_S)의 데이터가 제어 신호(V_s)로 변환되면, 광원에서 방출되어 2개로 분배된 광을 제어 신호(V_s) 중 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)에 대응하는 위상의 편광으로 변조한다(S14). 위상 비트(p)의 비트값이 동일한 위상 제어 신호($V_{\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)로 변환된 경우, 2개의 광을 동일한 위상의 편광으로 변조하고, 서로 다른 위상 제어 신호

($V_{-\pi/2}$, $V_{\pi/2}$)로 변환된 경우, 2개의 광을 서로 90도 위상차를 갖는 편광 위상 변조한다.

[0076] 한편, 편광으로 변조된 2개의 광을 차단 제어 신호(V_0)에 응답하여 전달하거나 차단함으로써, 듀티 비트(d)의 비트값에 따라 편광이 펄스 형태로 전달되도록 펄스 위치 변조를 수행한다(S15).

[0077] 이후, 편광 위상 및 펄스 위치 변조된 2개의 편광을 결합하여 송신 광 신호를 생성한다(S16). 그리고 송신 광 신호를 광 증폭기를 이용하여 증폭한다(S17). 이때 펄스 위치 변조된 편광은 연속적으로 인가되지 않고, 듀티비트(d)의 비트값에 따라 단속적으로 인가되므로, 평균 전력 한계를 갖는 광 증폭기를 이용하더라도, 펄스 위치 변조되지 않고 편광 위상 변조만 된 편광에 비해 2배 이상 높은 신호 세기로 증폭할 수 있다.

[0078] 그리고 증폭된 송신 광 신호를 대기 채널을 통해 무선으로 수신기(400)로 전송한다(S18).

[0079] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광 통신 시스템의 수신 방법을 나타낸다.

[0080] 도 5 및 도 6을 참조하여, 도 8의 수신 방법을 설명하면, 우선 대기 채널을 통해 무선 광을 수신한다(S21). 여기서 수신되는 광 신호는 송신기(100)에서 펄스 위치 변조에 의해 단속적으로 인가될 수 있다. 그리고 수신된 광 신호의 편광을 기지정된 위상의 편광으로 조절될 수 있다.

[0081] 그리고 수신된 광 신호를 2개의 편광으로 분배한다(S22). 여기서 분배된 2개의 편광을 서로 수직 위상 차를 갖는 편광이며, 그리고 분할된 2개의 편광 중 하나를 90도 회전시킨다(S23). 90도 회전된 편광은 다른 편광과 동일한 위상을 갖거나 180도 위상차를 갖게 된다. 그리고 2개의 편광을 서로 차감한다(S24). 2개의 편광을 서로 차감하는 경우, 2개의 편광이 180도 위상차를 가지면 편광 세기가 2배로 증가되는 반면, 동일 위상이면 서로 상쇄되어 편광 성분이 제거된다.

[0082] 이후 광을 검출한다(S25). 여기서 광은 광이 검출되는 구간과 검출되지 않는 구간으로 구분될 수 있으며, 광이 검출되는 구간에서 증폭된 편광과 편광 성분이 제거된 광이 구분되어 검출될 수 있다.

[0083] 그리고 광이 검출되는 구간과 검출되지 않는 구간을 구분하여 복원 데이터(D_R)에서 분할 데이터(D_S)의 듀티 비트(d)의 비트값을 복원한다(S26). 만일 심볼 구간에서 광이 검출되는 구간이 앞서면, 듀티 비트(d)의 비트값을 1로 복원하고, 심볼 구간에서 광이 검출되지 않는 구간이 앞서면, 듀티 비트(d)의 비트값을 0으로 복원할 수 있다.

[0084] 듀티 비트(d)의 비트값이 복원되면, 광이 검출된 구간의 편광으로부터 위상 비트(p)의 비트값을 복원한다(S27). 여기서 편광이 나타나지 않으면, 위상 비트(p)의 비트값을 0로 복원하고, 편광이 나타나면, 위상 비트(p)의 비트값을 1로 복원할 수 있다.

[0085] 분할 데이터(D_s)의 듀티 비트(d)와 위상 비트(p)가 모두 복원되면, 복원된 듀티 비트(d)와 위상 비트(p)의 기지
정된 설정 위치에 따라 배치하여 데이터를 복원한다(S28). 일례로 듀티 비트(d)를 분할 데이터(D_s)의 제1 비트
위치에 배치하고, 위상 비트(p)를 제1 비트 위치에 배치하여 분할 데이터(D_s)를 복원할 수 있다. 이후 다른 분
할 데이터(D_s)에 대해서도 동일한 방식으로 복원할 수 있다.

[0086] 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.

[0087] 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.

[0088] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

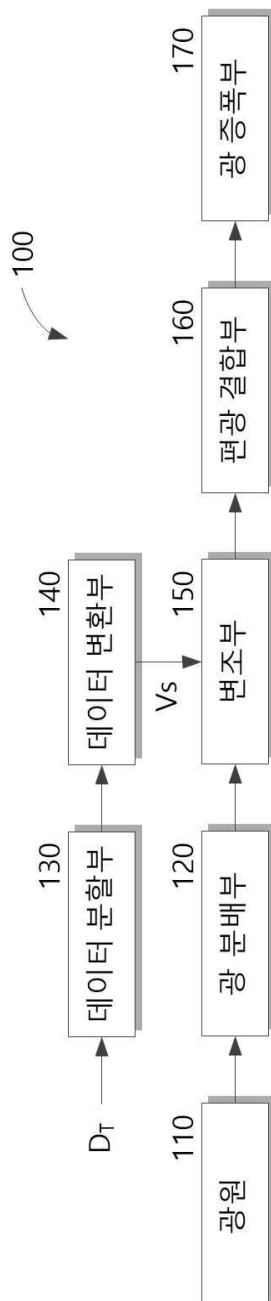
[0089] 100: 송신기 110: 광원
 120: 광 분배부 130: 데이터 부합부

140: 데이터 변환부
170: 광 증폭부
210, 220: 편광 변조부
212, 222: 편광 회전부
300: 펄스 위치 변조부
410: 편광 조절부
430: 편광 회전부
450: 데이터 복원부

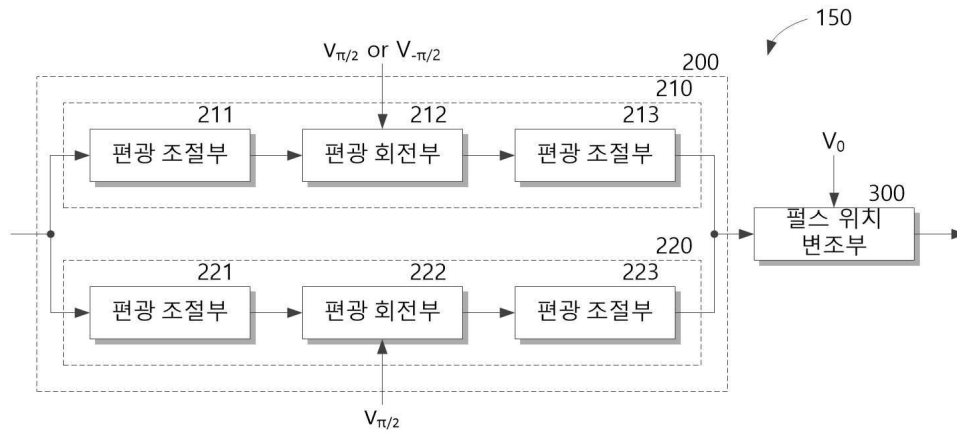
150: 변조부
200: 위상 변조부
211, 221: 제1 편광 조절기
213, 223: 제2 편광 조절기
400: 수신기
420: 편광 분배부
440: 광 검출부

도면

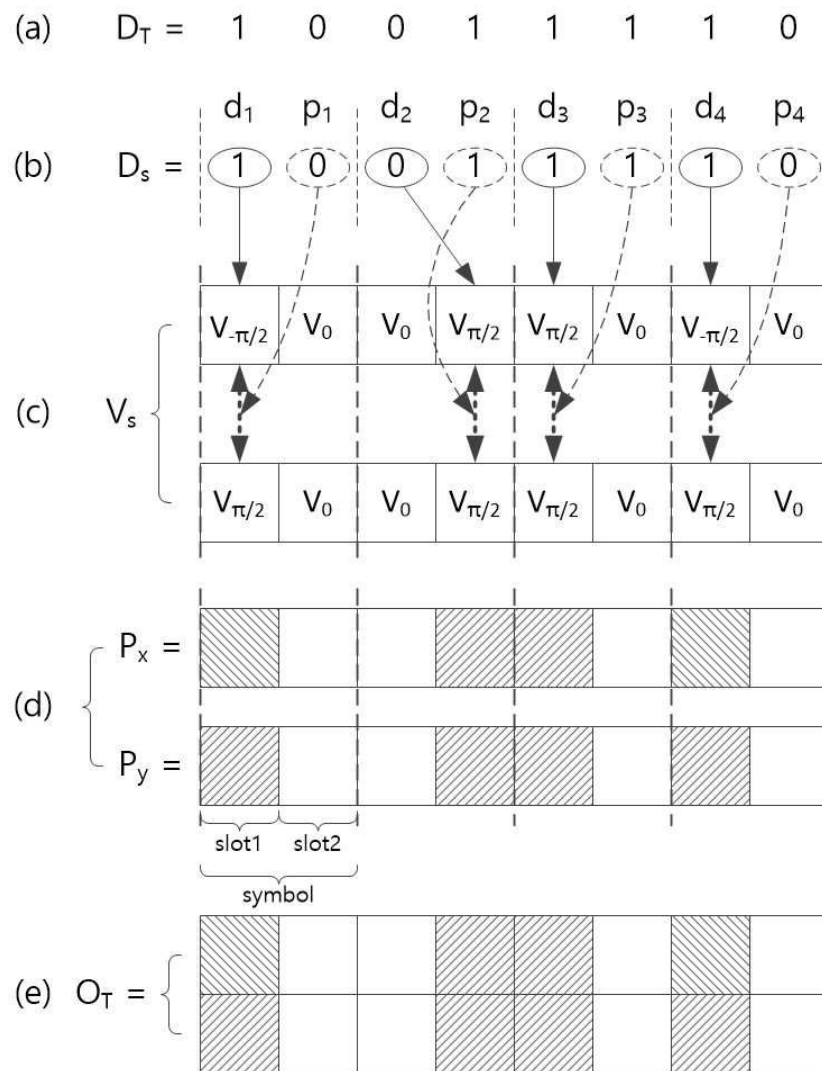
도면1



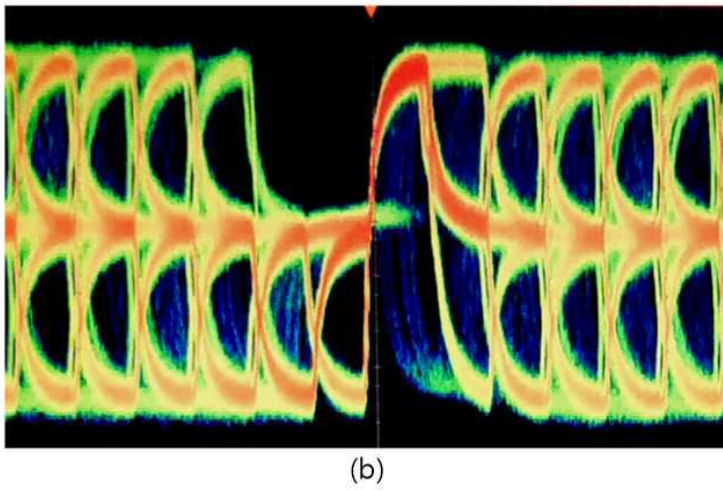
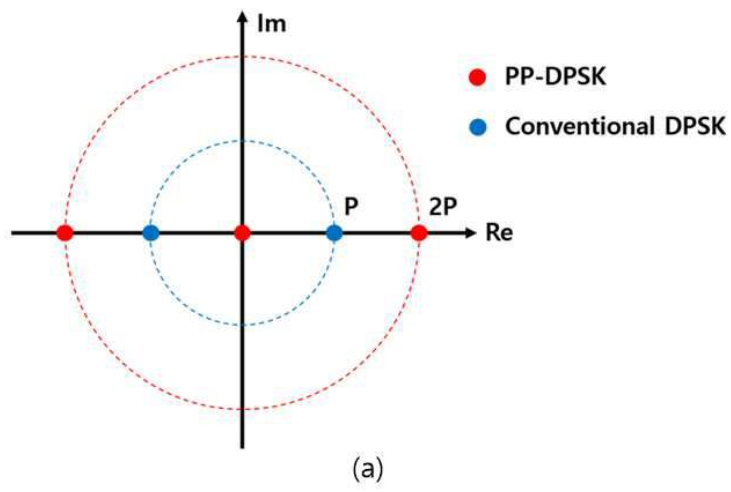
도면2



도면3



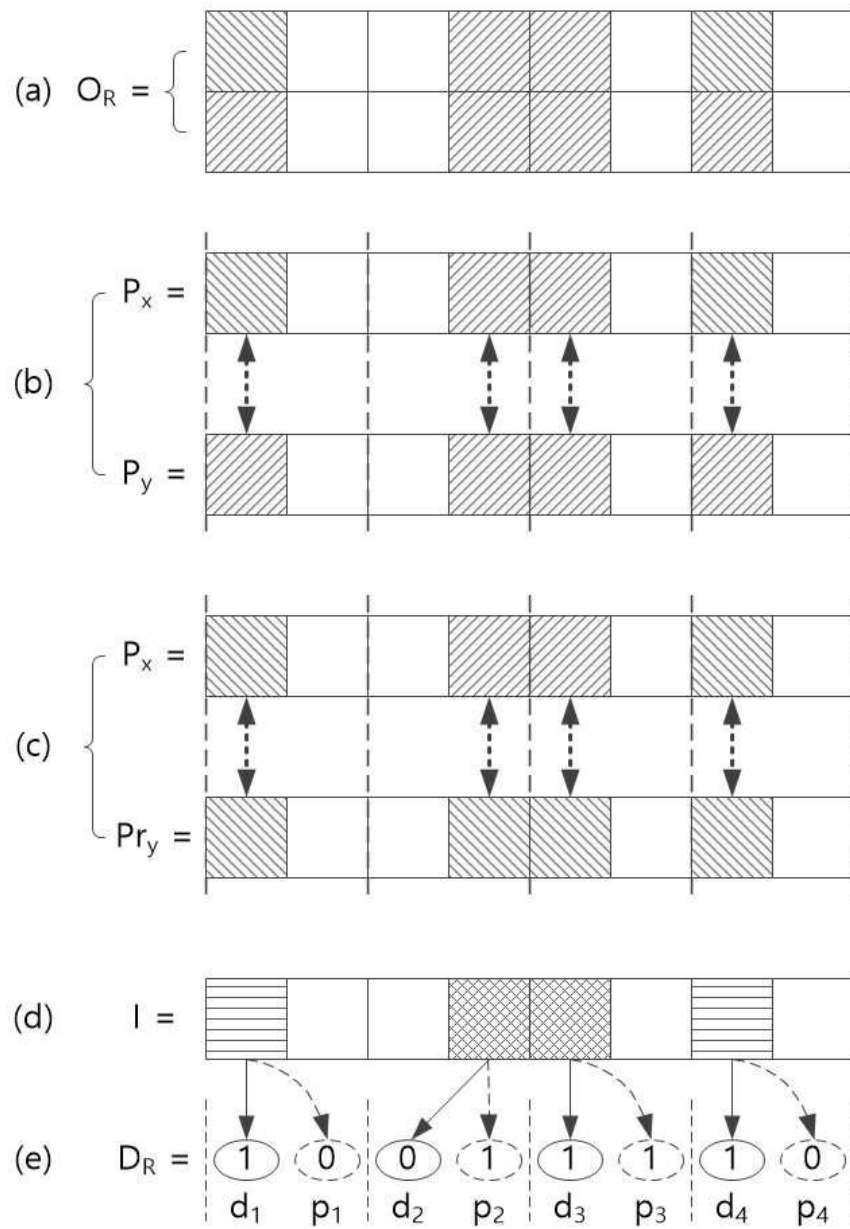
도면4



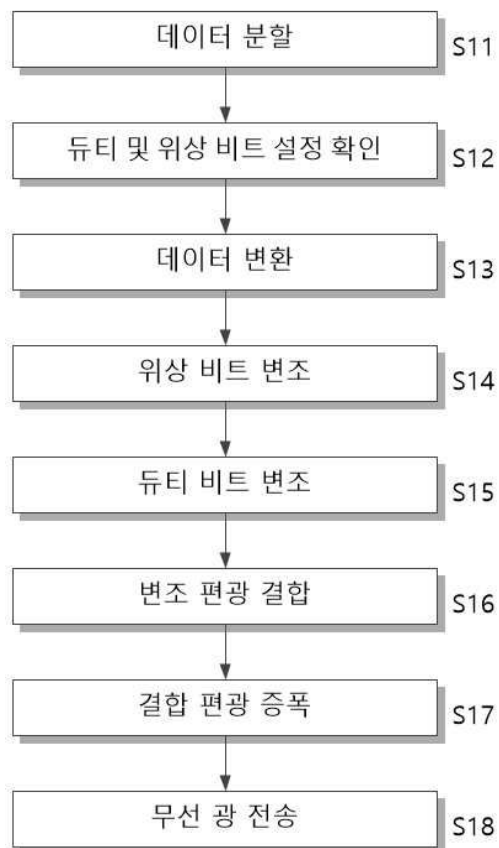
도면5



도면6



도면7



도면8

