



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월29일
(11) 등록번호 10-2128201
(24) 등록일자 2020년06월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/532 (2013.01) H04B 10/50 (2013.01)
H04B 10/61 (2013.01)
(52) CPC특허분류
H04B 10/532 (2020.05)
H04B 10/503 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0072031
(22) 출원일자 2019년06월18일
심사청구일자 2019년06월18일
(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)*
*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)
강수민
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)
(74) 대리인
민영준

전체 청구항 수 : 총 8 항

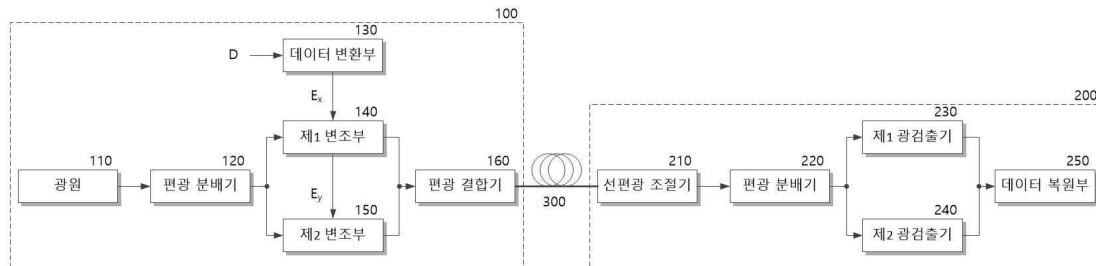
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 차등 편광 천이 기반 광 송수신 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 기지정된 초기값을 갖는 초기 변환 데이터로부터 인가되는 입력 데이터에 대응하여 x 원소와 y 원소가 각각 가변되는 값을 갖는 변환 데이터를 생성하고, 변환 데이터에 따라 X 편광과 Y 편광의 세기를 각각 변조하여 송신 편광 신호를 전송하고, 광 선로를 통해 인가된 수신 편광 신호의 X 편광과 Y 편광의 광 세기를 검출하여 획득되는 x 원소와 y 원소를 갖는 수신 변환 데이터의 변화에 따라 입력 데이터에 대응하는 복원 데이터를 정확하게 획득할 수 있는 광 송수신 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04B 10/61 (2020.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2019007934

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 지능형 광액세스망을 위한 머신러닝 기반 다차원 광전송 기술
연구(1/4)(2019.3.1~2023.2.28)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

광원에서 방출된 광을 서로 수직 방향의 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 편광 분배기;

입력 데이터에 따라 이전 획득된 변환 데이터의 x 원소와 y 원소를 각각 가변하여 변환 데이터를 획득하는 데이터 변환부;

상기 변환 데이터의 x 원소와 y 원소에 따라 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 조절하는 변조부; 및
광 세기가 조절된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 획득하는 편광 결합기; 를 포함하되,

상기 데이터 변환부는

이전 획득된 변환 데이터(E_{n-1})와 입력 데이터(D_n)에 기반하여 변환 데이터(E_n)를 수학식

$$E_n = M_\theta E_{n-1}$$

(여기서 M_θ 는 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 입력 데이터(D_n)에 따라 변환하기 위한 상태

변환 함수로서 $M_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$ 이고, θ 는 입력 데이터(D_n)에 대응하는 편광 회전 각도로서, 입력 데이터의 값(D_n)이 "1"이면 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 편광 각도로부터 $\pi/2$ 회전($SOP + \pi/2$)하고, "0"이면 $-\pi/2$ 회전($SOP - \pi/2$)한다.)

에 따라 획득하는 광 송신 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 데이터 변환부는

초기 변환 데이터(E_0)의 x 원소와 y원소가 서로 다른 기지정된 초기값을 갖도록 미리 설정하는 광 송신 장치.

청구항 4

광 선로를 통해 인가된 수신 편광 신호에서 원편광 및 타원편광을 필터링하여 선편광을 추출하는 선편광 조절기;

상기 선편광 조절기에서 추출된 선편광을 기지정된 X축 방향의 X 편광과 Y축 방향의 Y 편광으로 분배하는 편광 분배기;

상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 검출하여 X 편광값과 Y 편광값을 획득하는 광 검출부; 및

상기 X 편광값과 상기 Y 편광값에 대응하는 x 원소 및 y 원소를 갖는 수신 변환 데이터를 획득하고, 연속하여 획득된 수신 변환 데이터의 x 원소와 y 원소의 변화를 이용하여 광 송신 장치가 전송한 입력 데이터를 복원하는 데이터 복원부; 를 포함하되,

상기 데이터 복원부는

x 원소와 y 원소를 갖는 상기 수신 변환 데이터를 복소수 형태로 표현하고, 복소수 형태로 표현된 이전 수신 변환 데이터와 현재 수신 변환 데이터 사이의 위상 변화에 따라 상기 입력 데이터를 획득하는 광 수신 장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제4 항에 있어서, 상기 데이터 복원부는

연속하여 획득되는 수신 변환 데이터 중 초기 기지정된 개수의 수신 변환 데이터(RE_0 , RE_1 , RE_2)와 기저장된 파일럿 변환 데이터(E_0 , E_1)로부터 수학적식

$$\frac{RE_n - RE_{n-1}}{RE_{n-1} - RE_{n-2}} = \frac{R(t_n)(E_n - E_{n-1})}{R(t_{n-1})(E_{n-1} - E_{n-2})}$$

(여기서 $R(t_n)$ 은 이전 변환 데이터(E_{n-1})와 변환 데이터(E_n)가 인가되는 동안 발생하는 편광 상태 변화를 나타내고, $R(t_{n-1}) \doteq R(t_n)$ 이다.)

에 따라 이후 변환 데이터(E_2 , E_3 , ..., E_N)를 획득하고, 획득된 변환 데이터(E_2 , E_3 , ..., E_N)의 변화로부터 상기 입력 데이터를 복원하는 광 수신 장치.

청구항 7

광원에서 방출된 광을 서로 수직 방향의 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 단계;

입력 데이터에 따라 이전 획득된 변환 데이터의 x 원소와 y 원소를 각각 가변하여 변환 데이터를 획득하는 단계;

상기 변환 데이터의 x 원소와 y 원소에 따라 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 조절하는 단계; 및

광 세기가 조절된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 획득하고, 획득된 상기 송신 편광 신호를 광선로를 통해 전송하는 단계; 를 포함하되,

상기 변환 데이터를 획득하는 단계는

이전 획득된 변환 데이터(E_{n-1})와 입력 데이터(D_n)에 기반하여 변환 데이터(E_n)를 수학적식

$$E_n = M_\theta E_{n-1}$$

(여기서 M_θ 는 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 입력 데이터(D_n)에 따라 변환하기 위한 상태

변환 함수로서 $M_\theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$ 이고, θ 는 입력 데이터(D_n)에 대응하는 편광 회전 각도로서, 입력 데이터의 값(D_n)이 "1"이면 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 편광 각도로부터 $\pi/2$ 회전(SOP + $\pi/2$)하고, "0"이면 $-\pi/2$ 회전(SOP - $\pi/2$)한다.)

에 따라 획득하는 광 송신 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제7 항에 있어서, 상기 변환 데이터를 획득하는 단계는

초기 변환 데이터(E_0)의 x 원소와 y 원소가 서로 다른 기지정된 초기값을 갖도록 미리 설정하는 광 송신 방법.

청구항 10

광 신호를 통해 인가된 수신 편광 신호에서 원편광 및 타원편광을 필터링하여 선편광을 추출하는 단계;

추출된 상기 선편광을 기지정된 X 축 방향의 X 편광과 Y 축 방향의 Y 편광으로 분배하는 단계;

상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 검출하여 X 편광값과 Y 편광값을 획득하는 단계; 및

상기 X 편광값과 상기 Y 편광값에 대응하는 x 원소 및 y 원소를 갖는 수신 변환 데이터를 획득하고, 연속하여 획득된 수신 변환 데이터의 x 원소와 y 원소의 변화를 이용하여 광 송신 장치가 전송한 입력 데이터를 복원하는 단계; 를 포함하되,

상기 입력 데이터를 복원하는 단계는

x 원소와 y 원소를 갖는 상기 수신 변환 데이터를 복소수 형태로 표현하고, 복소수 형태로 표현된 이전 수신 변환 데이터와 현재 수신 변환 데이터 사이의 위상 변화에 따라 상기 입력 데이터를 획득하는 광 수신 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10 항에 있어서, 상기 입력 데이터를 복원하는 단계는

연속하여 획득되는 수신 변환 데이터 중 초기 기지정된 개수의 수신 변환 데이터(RE_0, RE_1, RE_2)와 기저장된 과거 일련 변환 데이터(E_0, E_1)로부터 수학적

$$\frac{RE_n - RE_{n-1}}{RE_{n-1} - RE_{n-2}} = \frac{R(t_n)(E_n - E_{n-1})}{R(t_{n-1})(E_{n-1} - E_{n-2})}$$

(여기서 $R(t_n)$ 은 이전 변환 데이터(E_{n-1})와 변환 데이터(E_n)가 인가되는 동안 발생하는 편광 상태 변화를 나타내고, $R(t_{n-1}) \approx R(t_n)$ 이다.)

에 따라 이후 변환 데이터(E_2, E_3, \dots, E_N)를 획득하고, 획득된 변환 데이터(E_2, E_3, \dots, E_n)의 변화로부터 상기 입력 데이터를 복원하는 광 수신 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 차등 편광 편이 기반 광 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기존의 광 통신 시스템 중 직접 검파(Direct detection: DD) 시스템은 광 신호의 세기를 변조하여 전송하고, 수신된 광 신호의 세기를 검출하여 신호를 복조하는 세기 변조(Intensity Modulation: IM) 기법이 주로 이용되었으나, 최근에는 광원의 주요 특성 중 하나인 편광 상태를 편이하여 변조하는 편광 편이(Polarization Shift Keying: PSK) 변조 기법이 주목 받고 있다.

[0003] 세기 변조 기법을 이용하는 직접 검파 시스템에서 수신기는 수신된 광 신호의 세기만을 검출하는 반면, 편광 편이 변조 기법을 이용하면 편광 다이버시티(Polarization Diversity)를 이용할 수 있다는 장점이 있다.

[0004] 그러나 편광 편이 변조된 신호가 단일 모드 광섬유(Fiber)를 통해 전송되는 경우, 광섬유의 전송 거리 또는 광

섬유의 물리적 변화요인(온도, 진동, 외부적인 구부러짐 등의 변화) 등에 의해 광 신호의 편광상태(States of Polarization: SOP)가 변화하게 된다. 따라서 복잡한 편광상태 유지 장치나 트래킹 기법이 요구되어 수신 신호를 복조하기 위한 구조가 복잡해진다는 문제가 있다.

- [0005] 이러한 편광상태 변화를 고려하여 두 인접 심볼의 편광상태 변화만을 변조하는 차등 편광 천이(differential polarization shift keying) 변조 송수신 시스템이 제안되었으나, 여전히 수신 신호를 복조하기 위한 구조의 복잡도가 높고 지연 소자를 사용하여 광 간섭계를 복조함에 따라 간섭계 내의 파장의 흔들림이나 간섭 경로간의 위상차를 정확하게 매칭하기 어려워 안정성에 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2006-0114315호 (2006.11.06 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 목적은 편광상태 유지/트래킹 장치를 요구하지 않아 저 복잡도로 신호를 복조할 수 있는 차등 편광 천이 기반 광 송수신 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 차등 편광 천이 기반 광 송신 장치는 광원에서 방출된 광을 서로 수직 방향의 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 편광 분배기; 입력 데이터에 따라 이전 획득된 변환 데이터의 x 원소와 y 원소를 각각 가변하여 변환 데이터를 획득하는 데이터 변환부; 상기 변환 데이터의 x 원소와 y 원소에 따라 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 조절하는 변조부; 및 광 세기가 조절된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 획득하는 편광 결합기; 를 포함한다.

- [0009] 상기 데이터 변환부는 이전 획득된 변환 데이터(E_{n-1})와 입력 데이터(D_n)에 기반하여 변환 데이터(E_n)를 수학식

$$E_n = M_\theta E_{n-1}$$

- [0010]
- [0011] (여기서 M_θ 는 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 입력 데이터(D_n)에 따라 변환하기 위한 상태

변환 함수로서 $M_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$ 이고, θ 는 입력 데이터(D_n)에 대응하는 편광 회전 각도로서, 입력 데이터의 값(D_n)이 "1"이면 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 편광 각도로부터 $\pi/2$ 회전(SOP + $\pi/2$)하고, "0"이면 $-\pi/2$ 회전(SOP - $\pi/2$)한다.)에 따라 획득할 수 있다.

- [0012] 상기 데이터 변환부는 초기 변환 데이터(E_0)의 x 원소와 y 원소가 서로 다른 기지정된 초기값을 갖도록 미리 설정할 수 있다.

- [0013] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 광 수신 장치는 광 선로를 통해 인가된 수신 편광 신호에서 원편광 및 타원편광을 필터링하여 선편광을 추출하는 선편광 조절기; 상기 선편광 조절기에서 추출된 선편광을 기지정된 X축 방향의 X 편광과 Y축 방향의 Y 편광으로 분배하는 편광 분배기; 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 검출하여 X 편광값과 Y 편광값을 획득하는 광 검출부; 및 상기 X 편광값과 상기 Y 편광값에 대응하는 x 원소 및 y 원소를 갖는 수신 변환 데이터를 획득하고, 연속하여 획득된 수신 변환 데이터의 x 원소와 y 원소의 변화를 이용하여 광 송신 장치가 전송한 입력 데이터를 복원하는 데이터 복원부; 를 포함한다.

- [0014] 상기 데이터 복원부는 x 원소와 y 원소를 갖는 상기 수신 변환 데이터를 복소수 형태로 표현하고, 복소수 형태로 표현된 이전 수신 변환 데이터와 현재 수신 변환 데이터 사이의 위상 변화에 따라 상기 입력 데이터를 획득할 수 있다.

[0015] 상기 데이터 복원부는 연속하여 획득되는 수신 변환 데이터 중 초기 기지정된 개수의 수신 변환 데이터(RE_0 , RE_1 , RE_2)와 기저장된 파일럿 변환 데이터(E_0 , E_1)로부터 수학식

$$\frac{RE_n - RE_{n-1}}{RE_{n-1} - RE_{n-2}} = \frac{R(t_n)(E_n - E_{n-1})}{R(t_{n-1})(E_{n-1} - E_{n-2})}$$

[0017] (여기서 $R(t_n)$ 은 이전 변환 데이터(E_{n-1})와 변환 데이터(E_n)가 인가되는 동안 발생하는 편광 상태 변화를 나타내고, $R(t_{n-1}) \simeq R(t_n)$ 이다.)에 따라 이후 변환 데이터(E_2 , E_3 , ..., E_N)를 획득하고, 획득된 변환 데이터(E_2 , E_3 , ..., E_N)의 변화로부터 상기 입력 데이터를 복원할 수 있다.

[0018] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 차등 편광 천이 기반 광 송신 방법은 광원에서 방출된 광을 서로 수직 방향의 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 단계; 입력 데이터에 따라 이전 획득된 변환 데이터의 x 원소와 y 원소를 각각 가변하여 변환 데이터를 획득하는 단계; 상기 변환 데이터의 x 원소와 y 원소에 따라 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 조절하는 단계; 및 광 세기가 조절된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 획득하고, 획득된 상기 송신 편광 신호를 광선로를 통해 전송하는 단계; 를 포함한다.

[0019] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 수신 방법은 광 선로를 통해 인가된 수신 편광 신호에서 원편광 및 타원편광을 필터링하여 선편광을 추출하는 단계; 추출된 상기 선편광을 기지정된 X축 방향의 X 편광과 Y축 방향의 Y 편광으로 분배하는 단계; 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각의 광 세기를 검출하여 X 편광값과 Y 편광값을 획득하는 단계; 및 상기 X 편광값과 상기 Y 편광값에 대응하는 x 원소 및 y 원소를 갖는 수신 변환 데이터를 획득하고, 연속하여 획득된 수신 변환 데이터의 x 원소와 y 원소의 변화를 이용하여 광 송신 장치가 전송한 입력 데이터를 복원하는 단계; 를 포함한다.

발명의 효과

[0020] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 광 송수신 장치 및 방법은 기지정된 초기값을 갖는 초기 변환 데이터로부터 인가되는 입력 데이터에 대응하여 가변되는 값을 갖는 변환 데이터를 생성 및 차등 편광 변조하여 송신 편광 신호를 전송하고, 광 선로를 통해 인가된 수신 편광 신호의 X 편광과 Y 편광의 광 세기를 검출하여 획득되는 수신 변환 데이터의 변화에 따라 입력 데이터를 정확하게 획득할 수 있다. 수신 변환 데이터의 변화에 따라 복원 데이터를 획득하므로, 광 선로에 의한 편광 상태 변화에 영향을 무시할 수 있어 차등 복조 또는 편광상태 유지/트래킹을 위한 별도의 구성을 요구하지 않는다. 그러므로 저 복잡도로 신호를 복조할 수 있고, 지연 소자를 사용하지 않아 빠르고 정확하게 입력 데이터를 복원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송수신 시스템의 개략적 구조를 나타낸다.

도 2는 도 1의 데이터 변환부에서 입력 데이터에 따라 획득되는 변환 데이터의 일예를 나타낸다.

도 3은 도 1의 변조부의 상세 구성을 나타낸다.

도 4는 도 1의 데이터 복원부가 복원 데이터를 획득하는 개념을 나타낸다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송수신 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 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.

[0023] 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 부재를 나타낸다.

[0024] 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.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송수신 시스템의 개략적 구조를 나타내고, 도 2는 도 1의 데이터 변환부에서 입력 데이터에 따라 획득되는 변환 데이터의 일예를 나타내며, 도 3은 도 1의 변조부의 상세 구성을 나타낸다. 그리고 도 4는 도 1의 데이터 복원부가 복원 데이터를 획득하는 개념을 나타낸다.

[0026] 도 1을 참조하면, 본 실시예의 광 송수신 시스템은 광 송신 장치(100) 및 광 수신 장치(200)를 포함한다.

[0027] 광 송신 장치(100)는 광원(110), 편광 분배기(120), 데이터 변환부(130), 제1 변조부(140), 제2 변조부(150) 및 편광 결합기(160)를 포함한다.

[0028] 광원(110)은 미리 지정된 파장과 파형의 CW(continuous wave) 모드의 광을 생성하여 방출한다. 광원(110)은 일예로 레이저 다이오드(laser diode) 등으로 구현될 수 있다.

[0029] 편광 분배기(120)는 광원(110)에서 방출된 광을 인가받아 전기장 벡터(또는 자기장 벡터)의 진동 방향이 지정된 방향으로 고정된 2개의 선편광으로 분리한다. 여기서 분리된 2개의 선편광의 전기장 벡터(또는 자기장 벡터)는 서로 수직(90도)인 방향으로 고정된다. 설명의 편의를 위하여 본 실시예에서는 2개의 선편광 중 하나는 X축 방향의 X 편광(X)이고, 나머지 하나는 X 편광(X)과 수직인 Y축 방향의 Y 편광(Y)으로 분배되는 것으로 가정한다. 편광 분배기(120)는 분리된 2개의 선편광을 각각 제1 변조부(140) 및 제2 변조부(150)로 출력한다.

[0030] 데이터 변환부(130)는 전송하고자 하는 N비트(여기서 N은 자연수)의 입력 데이터($D = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_N\}$)를 인가받고, 인가된 입력 데이터(D)를 기지정된 방식으로 변환하여 변환 데이터(E)를 출력한다. 데이터 변환부(130)는 기지정된 행렬 값을 갖는 초기 변환 데이터(E_0)로부터 인가된 입력 데이터(D)에 따라 이후 변환 데이터($E_1, E_2, E_3, \dots, E_N$)를 획득한다.

[0031] 변환 데이터(E)는 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 각각에 대응할 수 있도록 2행 1렬의 행렬 형태($E = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix}$)로 획득될 수 있으며, 일예로 초기 변환 데이터(E_0)의 두 개의 원소(E_{x0}, E_{y0})는 서로 다른 값의 초기값(A, 0)($E_0 = \begin{bmatrix} E_{x0} \\ E_{y0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ 0 \end{bmatrix}$)을 가질 수 있다. 이는 변환 데이터($E_1, E_2, E_3, \dots, E_N$)가 차등 편광 천이 변조 기법에 용이하게 적용될 수 있도록 하기 위함으로, x 원소(E_{x0})는 X 편광(X)에 대응하고, y 원소(E_{y0})는 Y 편광(Y)에 대응한다.

[0032] 상기한 바와 같이, X 편광(X)과 Y 편광(Y)은 서로 수직인 편광이며, 데이터 변환부(130)는 인가되는 이전 획득된 변환 데이터($E_0, E_1, E_2, \dots, E_{N-1}$)와 입력 데이터(D)에 기반하여 변환 데이터($E_1, E_2, E_3, \dots, E_N$)의 편광상태(SOP)를 변환하기 위한 변환 데이터를 수학적 식 1에 따라 획득한다.

수학적 식 1

[0033]
$$E_n = M_\theta E_{n-1}$$

[0034] 여기서 M_θ 는 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 입력 데이터(D_n)에 따라 변환하기 위한 상태 변환 함수로서 $M_\theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$ 이고, θ 는 입력 데이터(D_n)에 대응하는 편광 회전 각도로서, 입력 데이터의 값(D_n)이 "1"이면 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 편광 각도로부터 $\pi/2$ 회전(SOP + $\pi/2$)하고, "0"이면 $-\pi/2$ 회전(SOP - $\pi/2$)한다.

- [0035] 일 예로 초기 변환 데이터(E_0)가 $E_0 = \begin{bmatrix} A \\ 0 \end{bmatrix}$ 이고, 입력 데이터(D_1)의 값이 "1"이면, 변환 데이터(E_1)는 $E_1 = M_{\frac{\pi}{2}} E_0 = \begin{bmatrix} \cos \frac{\pi}{2} & \sin \frac{\pi}{2} \\ -\sin \frac{\pi}{2} & \cos \frac{\pi}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -A \end{bmatrix}$ 로 획득되는 반면, 입력 데이터(D_1)의 값이 "0"이면, 변환 데이터(E_1)는 $E_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ A \end{bmatrix}$ 로 획득될 수 있다. 그리고 동일한 방식으로 수학적 식 1에 따라 이후 변환 데이터($E_2, E_3, E_4, \dots E_N$)가 이후 입력 데이터($D_2, D_3, D_4, \dots D_N$)에 따라 획득될 수 있다.
- [0036] 도 2는 도 1의 데이터 변환부에서 입력 데이터에 따라 획득되는 변환 데이터의 일 예를 나타낸다.
- [0037] 여기서 초기 변환 데이터(E_0)는 상기한 바와 같이 $E_0 = \begin{bmatrix} A \\ 0 \end{bmatrix}$ 인 것으로 가정하고, 입력 데이터(D)는 "1011"의 4비트 값을 가지는 것으로 가정한다. 이 경우, 변환 데이터(E_0, E_1, E_2, E_3, E_4)는 도 2에서와 같이 $\begin{bmatrix} A \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ -A \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ -A \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -A \\ 0 \end{bmatrix}$ 로 획득된다.
- [0038] 제1 변조부(140) 및 제2 변조부(150)는 변조부를 구성하고, 각각 편광 분배기(120)에서 분배된 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 중 대응하는 편광을 인가받는다. 그리고 데이터 변환부(130)에서 입력 데이터(D)에 따라 변환된 변환 데이터(E)의 대응하는 원소(E_x, E_y)를 인가받아, 인가된 원소(E_x, E_y)에 따라 대응하는 X 편광(X)과 Y 편광(Y)의 광세기를 조절하여 출력한다.
- [0039] 도 3을 참조하여 상세하게 설명하면, 제1 변조부(140)는 2개의 편광 조절기(141, 143)와 2개의 편광 조절기(141, 143) 사이에 배치되는 광세기 변조기(142)를 포함한다. 2개의 편광 조절기(141, 143) 중 제1 편광 조절기(141)는 편광 분배기(120)에서 분배된 X 편광(X)을 인가받아 X 편광(X)의 편광 방향이 가능한 정밀하게 X축 방향이 되도록 조절한다. 비록 편광 분배기(120)가 광원(110)에서 제공되는 광을 X축 방향과 Y축 방향의 X 편광(X)과 Y 편광(Y)으로 분배하여 전달하지만, 광세기 변조기(142)는 입력되는 편광에 따라 출력이 변화하는 편광 의존도를 가지므로, 광세기 변조기(142)의 편광 의존도를 고려하여 광세기 변조기(142)로 입력되는 X 편광(X)은 정확한 X축 방향의 편광 상태를 갖도록 최적화 될 필요가 있다. 이에 제1 편광 조절기(141)는 변조의 정확도를 향상시키기 위해 X 편광(X)을 정밀하게 조절하여, 광세기 변조기(142)로 전달한다.
- [0040] 광세기 변조기(142)는 데이터 변환부(130)에서 획득된 변환 데이터(E) 중 x 원소(E_x)를 인가받고, x 원소(E_x)의 값에 따라 제1 편광 조절기(141)에서 전달되는 X 편광(X)의 광세기를 조절한다. 광세기 변조기(142)는 x 원소(E_x)의 값이 A이면, X 편광(X)의 광세기를 기지정된 크기로 조절하고, x 원소(E_x)의 값이 0이면, X 편광(X)의 세기가 0이 되도록 조절하며, x 원소(E_x)의 값이 -A 이면, X 편광(X)이 -X 축 방향으로 기지정된 크기가 되도록 조절하여 출력한다.
- [0041] 제2 편광 조절기(143)는 광세기 변조기(142)에서 세기 변조된 X 편광(X)이 다시 정밀하게 X축 방향(또는 -X 축 방향)이 되도록 조절하여 제2 변조부(150)에서 변조되어 출력되는 Y 편광(Y)과 수직을 이루도록 한다.
- [0042] 유사하게, 제2 변조부(150) 또한 2개의 편광 조절기(151, 153)와 2개의 편광 조절기(151, 153) 사이에 배치되는 광세기 변조기(152)를 포함한다. 2개의 편광 조절기(151, 153)는 광세기 변조기(152)의 전후에 배치되어, 광세기 변조기(152)로 입력되는 Y 편광(Y)과 광세기 변조기(152)에서 출력되는 Y 편광(Y)이 정밀하게 Y축 방향이 되도록 조절한다.
- [0043] 제1 변조부(150)와 제2 변조부(150)가 각각 광세기 변조기(142, 152)의 전후에 2개의 편광 조절기((141, 143), (151, 153))를 포함하여, X 편광(X)과 Y 편광(Y)의 방향을 정확하게 조절함으로써, X 편광(X)과 Y 편광(Y) 사이의 간섭이 최소화되도록 할 수 있다.
- [0044] 그리고 광세기 변조기(152)는 변환 데이터(E) 중 y 원소(E_y)를 인가받고, y 원소(E_y)의 값에 따라 제1 편광 조절기(151)에서 전달되는 Y 편광(Y)의 광세기를 조절하여 출력한다.
- [0045] 편광 결합기(160)는 제1 변조부(140)와 제2 변조부(150)에서 전달되는 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 결합하여 송신

편광 신호를 광 선로(300)로 출력한다.

- [0046] 광 수신 장치(200)는 선편광 조절기(210), 편광 분배기(220), 제1 광 검출기(230), 제2 광 검출기(240) 및 데이터 복원부(250)를 포함한다.
- [0047] 선편광 조절기(210)는 송신 편광 신호가 광 선로(300)를 통해 전달된 수신 편광 신호를 인가받고, 인가된 수신 편광 신호에서 선편광을 추출하여 출력한다. 상기한 바와 같이, 광 송신 장치(100)에서 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 각각이 X축과 Y축 방향에 대한 선편광으로 광 선로(300)로 인가될지라도 광 선로(300)를 통해 광 수신 장치(200)로 전송되는 동안 편광 상태가 변화하게 된다. 이때, X 편광(X)과 Y 편광(Y) 각각은 편광 각도가 변화할 뿐만 아니라, 선편광이 원편광 또는 타원편광으로 변화하게 될 수도 있다. 선편광 조절기(210)는 광 선로(300)를 통해 전송된 수신 편광 신호에서 원편광 및 타원편광을 제거하고 선편광만이 전달되도록 필터링한다. 여기서 선편광 조절기(210)는 일예로 X, Y 편광에 실린 신호의 비율을 균일하게 맞춰주어 복조 시 신호 파워 불균형에 의한 오류가 발생하는 것을 방지하기 위해 45도 선편광 조절기가 이용될 수 있다.
- [0048] 편광 분배기(220)는 선편광 조절기(210)에서 추출된 선편광을 인가받고, 인가된 선편광을 기지정된 X축 방향의 X 편광(X)과 Y축 방향의 Y 편광(Y)으로 분배한다. 편광 분배기(220)는 광 송신 장치(100)의 편광 분배기(120)와 마찬가지로, 광을 인가받아 X 편광(X)과 Y 편광(Y)으로 분배한다. 그리고 분배된 X 편광(X)을 제1 광 검출기(230)로 전달하고, Y 편광(Y)을 제2 광 검출기(240)로 전달한다.
- [0049] 제1 광 검출기(230)와 제2 광 검출기(240)는 광 검출부를 구성하며, 각각 편광 분배기(220)에서 분배된 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 중 대응하는 편광을 인가받아 각 편광의 광 세기를 검출하여 X 편광값(S_x)과 Y 편광값(S_y)을 데이터 복원부(250)로 전달한다.
- [0050] 데이터 복원부(250)는 제1 및 제2 광 검출기(230, 240)가 검출한 X 편광값(S_x)과 Y 편광값(S_y)을 인가받고, X 편광값(S_x)과 Y 편광값(S_y)을 동기화하여 변환 데이터($E = \{E_0, E_1, E_2, \dots, E_N\}$)를 복원한 수신 변환 데이터($RE = \{RE_0, RE_1, RE_2, \dots, RE_N\}$)를 획득한다. 그리고 획득된 수신 변환 데이터(RE)의 변화에 따라 입력 데이터($D = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_N\}$)를 복원한다.
- [0051] 제1 및 제2 광 검출기(230, 240)에서 획득된 X 편광값(S_x)은 변환 데이터(E)의 x 원소(E_x)에 대응하고, Y 편광값(S_y)은 y 원소(E_y)에 대응하는 것으로 볼 수 있다.
- [0052] 그리고 데이터 복원부(250)는 수신 변환 데이터(RE_n)를 순차적으로 획득하고, 도 4에 도시된 바와 같이, 이전 획득된 수신 변환 데이터(RE_{n-1})와 현재 획득된 수신 변환 데이터(RE_n) 사이의 변화로부터 입력 데이터(D_n)를 복원한다.
- [0053] 데이터 복원부(250)는 일예로 획득되는 수신 변환 데이터(RE_n)의 x 원소(RE_{xn})를 실수부로, 그리고 y 원소(RE_{yn})를 허수부로 설정하여, 수신 변환 데이터(E_n)를 $E_{xn} + j(E_{yn})$ 과 같이 복소수 형태로 표현할 수 있으며, 복소수 형태로 표현된 이전 수신 변환 데이터(RE_{n-1})와 현재 수신 변환 데이터(RE_n) 사이의 위상 변화로부터 입력 데이터(D_n)를 추출할 수 있다. 즉 수학적 식 1에 기초하여, 이전 수신 변환 데이터(RE_{n-1})와 현재 수신 변환 데이터(RE_n) 사이의 위상 변화가 $\pi/2$ 이면 입력 데이터(D_n)를 "1"로 획득하고, 위상 변화가 $-\pi/2$ 이면 입력 데이터(D_n)를 "0"으로 획득할 수 있다.
- [0054] 데이터 복원부(250)는 X 편광값(S_x)과 Y 편광값(S_y)을 그대로 x 원소(E_x) 및 y 원소(E_y)로서 적용하여 수신 변환 데이터(RE)를 획득할 수도 있으나, 노이즈 등으로 인해 x 원소(RE_x)와 y 원소(RE_y)의 값을 오관별하지 않도록 문턱범위(α)를 설정하고, 문턱범위에 따라 x 원소(E_x)와 y 원소(E_y)가 각각 0인지 또는 양의 값(A)과 음의 값(-A) 중 하나인지 판별하여, 수신 변환 데이터(RE)를 획득할 수 있다.
- [0055] 일예로 데이터 복원부(250)는 X 편광값(S_x)과 Y 편광값(S_y)이 각각 기지정된 문턱범위(α) 이내의 값이면, 수신 변환 데이터(RE)의 x 원소(RE_x)와 y 원소(RE_y)가 0의 값인 것으로 판별하고, 문턱범위(α)를 초과하면 x 원소(RE_x)와 y 원소(RE_y)가 A의 값인 것으로 판별할 수 있으며, 문턱범위(α)는 일예로 제1 및 제2 광 검출기(230, 240)가 출력하는 X 편광값과 Y 편광값의 범위가 $-1 \leq S_x, S_y \leq 1$ 일때, $-0.1 \leq \alpha \leq 0.1$ 로 설정될 수 있다.

[0056] 한편 데이터 복원부(250)는 이전 판별된 수신 변환 데이터(RE_{n-1})의 x 원소(RE_{xn-1})의 값과 y 원소(RE_{yn-1})의 값과 현재 판별된 수신 변환 데이터(RE_n)의 x 원소(RE_{xn})의 값과 y 원소(RE_{yn})의 값 각각의 변화에 따라 입력 데이터(D_n)를 획득할 수 있다. 즉 이전 x 원소(RE_{xn-1})의 값과 y 원소(RE_{yn-1})의 값에 비해 x 원소(RE_{xn})의 값과 y 원소(RE_{yn})의 값의 변화가 음의 변화(-A)이면 입력 데이터(D_n)를 "1"로 획득하고, 양의 변화(A)이면 "0"으로 획득할 수 있다.

[0057] 상기한 바와 같이, 광 송신 장치(100)에서 차등 편광 천이 변조된 송신 편광 신호는 광 선로(300)를 통해 광 수신 장치(200)로 전송되는 동안 송신 편광 신호의 편광 상태($R(t_n)$)가 변화하며, 따라서 현재 수신 변환 데이터(RE_n) 및 이전 수신 변환 데이터(RE_{n-1})와 변환 데이터(E_n) 및 이전 변환 데이터(E_{n-1}) 사이의 관계는 수학적 식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 2

$$\frac{RE_n}{RE_{n-1}} = \frac{R(t_n)E_n}{R(t_{n-1})E_{n-1}}$$

[0058]

[0059] 여기서 광 선로(300)에 의한 편광 상태($R(t_n)$)의 변화는 수백 μs 단위로 천천히 변화하기 때문에 송신 편광 신호의 심볼 주기에 비해 매우 느리다. 즉 입력 데이터(D_n)를 획득하기 위해 이용되는 이전 수신 변환 데이터(RE_{n-1})와 현재 수신 변환 데이터(RE_n)가 획득되는 동안의 편광 상태($R(t_{n-1})$, $R(t_n)$)의 변화를 무시할 수 있는 수준($R(t_{n-1}) \approx R(t_n)$)이다. 따라서 수학적 식 2에서 편광 상태($R(t_{n-1})$, $R(t_n)$)의 변화는 서로 상쇄됨을 알 수 있으며, 이전 수신 변환 데이터(RE_{n-1})와 수신 변환 데이터(RE_n) 사이의 비는 이전 변환 데이터(E_{n-1})와 변환 데이터(E_n) 사이의 비와 동일하게 나타난다.

[0060] 본 실시예에서는 광 송신 장치(100)가 입력 데이터(D_n)에 응답하여 이전 변환 데이터(E_{n-1})의 값을 변경하여 변환 데이터(E_n)의 값을 획득하고, 광 수신 장치(200)는 이전 수신 변환 데이터(RE_{n-1})와 수신 변환 데이터(RE_n) 사이의 변화로부터 입력 데이터(D_n)를 복원하므로, 광 송신 장치(100)에 인가된 입력 데이터(D_n)와 광 수신 장치(200)에서 획득되는 입력 데이터(D_n) 사이의 관계는 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 3

$$\frac{RE_n - RE_{n-1}}{RE_{n-1} - RE_{n-2}} = \frac{R(t_n)(E_n - E_{n-1})}{R(t_{n-1})(E_{n-1} - E_{n-2})}$$

[0061]

[0062] 수학적 식 3에서 $R(t_n)$ 은 이전 변환 데이터(E_{n-1})와 변환 데이터(E_n)가 인가되는 동안 발생하는 편광 상태 변화를 의미한다.

[0063] 수학적 식 3에서도 편광 상태 변화($R(t_n)$, $R(t_{n-1})$)는 서로 상쇄된다. 따라서 차등 복조를 위한 복잡한 구조나 편광 상태 변화($R(t_n)$, $R(t_{n-1})$)를 트래킹하기 위한 별도의 구성을 요구하지 않고서도 광 수신 장치(200)는 광 송신 장치(100)에 인가된 입력 데이터(D_n)를 용이하게 복원할 수 있다.

[0064] 즉 본 실시예에 따른 예에서는 단일 수신 변환 데이터(RE_n)를 기반으로 복원 데이터(RD_n)를 획득하지 않고, 연속적으로 획득된 수신 변환 데이터(RE_{n-1} , RE_n) 사이의 변화를 기반으로 복원 데이터(RD_n)를 획득하므로, 편광 상태($R(t_{n-1})$, $R(t_n)$)의 변화에 무관하게 입력 데이터(D_n)에 대응하는 복원 데이터(RD_n)를 정확하게 획득할 수 있다.

- [0065] 상기에서는 광 선로(300)에 의한 편광 상태($R(t_n)$)의 변화가 송신 편광 신호의 심볼 주기에 비해 매우 느리다는 특성을 이용하여, 수신 편광 신호의 X 편광(X)의 세기와 Y 편광(Y)의 세기를 측정하여 획득된 수신 변환 데이터(RE_{n-1} , RE_n) 사이의 변화를 기반으로 복원 데이터(RD_n)를 획득함으로써, 편광 상태($R(t_{n-1})$, $R(t_n)$)의 변화에 무관하게 입력 데이터(D_n)를 정확하게 복원할 수 있다. 즉 편광 상태($R(t_{n-1})$, $R(t_n)$)의 변화를 고려하지 않고서도 입력 데이터(D_n)를 획득할 수 있으므로, 복잡한 차등 복조 구조나 편광 상태 트래킹 수단을 요구하지 않는다.
- [0066] 그러나, 경우에 따라서 데이터 복원부(250)는 변환 데이터(E_{n-1} , E_n)를 획득하고, 획득된 변환 데이터(E_{n-1} , E_n)로부터 입력 데이터(D_n)를 획득하도록 구성될 수도 있다.
- [0067] 이 경우, 광 송신 장치(100)는 초기 변환 데이터(E_0)를 포함하는 기지정된 개수(예를 들면 2개)의 변환 데이터(E_0 , E_1)의 x 원소(E_x)와 y 원소(E_y)의 값을 미리 지정하여 차등 편광 천이 변조하여 전송할 수 있다. 즉 기지정된 개수의 변환 데이터를 파일럿 데이터로 설정하여 전송한 후, 입력 데이터(D_n)에 대응하는 변환 데이터(E_2 , E_3 , ..., E_n)를 전송할 수 있다.
- [0068] 광 수신 장치(200)는 획득된 수신 변환 데이터(RE_0 , RE_1 , RE_2)의 값과 기지정된 변환 데이터(E_0 , E_1)로부터, 이후 변환 데이터(E_2 , E_3 , ..., E_n)를 수학적 식 3에 따라 획득할 수 있다. 그리고 획득된 변환 데이터(E_2 , E_3 , ..., E_n)로부터 입력 데이터(D_n)를 획득할 수 있다.
- [0069] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송수신 방법을 나타낸다.
- [0070] 도 1 내지 도 4를 참조하여, 본 실시예의 광 송수신 방법을 설명하면, 광 송수신 방법은 편광 송신 단계(S10)와 편광 수신 단계(S20)로 구분할 수 있다. 편광 송신 단계(S10)는 광 송신 장치(100)에서 수행되며, 편광 수신 단계(S20)는 광 수신 장치(200)에서 수행된다.
- [0071] 편광 송신 단계(S10)는 우선 전송하고자 하는 입력 데이터(D)를 인가받고, 인가된 입력 데이터(D)를 기지정된 방식에 따라 변환 데이터(E)로 변환한다(S11). 변환 데이터(E)는 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 각각에 대응할 수 있도록 2행 1열의 행렬 형태($E = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix}$)로 획득될 수 있으며, 초기 변환 데이터(E_0)는 기지정된 초기값($E_0 = \begin{bmatrix} A \\ 0 \end{bmatrix}$)을 가질 수 있다. 그리고 변환 데이터(E)는 수학적 식 1에 따라 초기 변환 데이터(E_0)로부터 인가되는 입력 데이터(D)의 비트값에 따라 획득될 수 있다.
- [0072] 한편, 광원(110)에서 방출되는 광을 서로 수직 방향의 X 편광(X)과 Y 편광(Y)으로 편광 분배한다(S12). 그리고 분배된 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 각각의 세기를 변환 데이터($E = \{E_0, E_1, E_2, \dots, E_N\}$)의 x 원소($E_x = \{E_{x0}, E_{x1}, E_{x2}, \dots, E_{xN}\}$)와 y 원소($E_y = \{E_{y0}, E_{y1}, E_{y2}, \dots, E_{yN}\}$)에 따라 조절한다(S14). 즉 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 차등 편광 천이 변조한다.
- [0073] 그리고 변조된 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 결합하여 송신 편광 신호를 광 선로(300)를 통해 전송한다(S15).
- [0074] 한편, 편광 수신 단계(S20)에서는 우선 송신 편광 신호가 광 선로(300)를 통해 전송된 수신 편광 신호를 인가받고, 인가된 수신 편광 신호에서 원편광 또는 타원편광을 필터링하여 선편광을 추출한다(S21). 그리고 추출된 선편광을 기지정된 X축 방향의 X 편광(X)과 Y축 방향의 Y 편광(Y)으로 분배한다(S22).
- [0075] 이후 분배된 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 각각의 세기를 검출하여 X 편광값(S_x)과 Y 편광값(S_y)을 획득한다(S24). 그리고 X 편광값(S_x)과 Y 편광값(S_y)으로부터 변환 데이터($E = \{E_0, E_1, E_2, \dots, E_N\}$)에 대응하는 수신 변환 데이터($RE = \{RE_0, RE_1, RE_2, \dots, RE_N\}$)를 획득한다(S24). 수신 변환 데이터(RE)가 획득되면, 획득된 수신 변환 데이터(RE)의 변화에 따라 입력 데이터($D = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_N\}$)를 복원하여 획득한다(S25).
- [0076] 또한 상기한 바와 같이, 경우에 따라서는 편광 송신 단계(S10)에서 기지정된 개수의 기지정된 값을 갖는 변환 데이터(일례로, E_0 , E_1)를 파일럿 데이터로 차등 편광 천이 변조하여 우선 전송하고, 편광 수신 단계(S20)는 획득

득된 수신 변환 데이터(RE_0, RE_1, RE_2)와 기설정된 파일럿 데이터(E_0, E_1)로부터 수식식 3에 따라 변환 데이터($E_3, E_4, \dots E_N$)를 복원하고, 복원된 변환 데이터($E_3, E_4, \dots E_N$)로부터 입력 데이터($D = \{D_1, D_2, D_3, \dots D_N\}$)를 획득할 수도 있다.

[0077] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행 시키기 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.

[0078] 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.

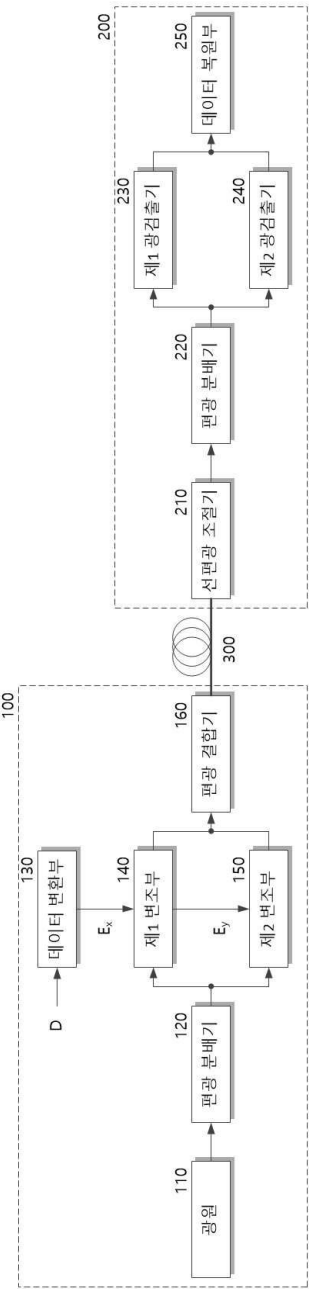
[0079] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0080]	100: 광 송신 장치	200: 광 수신 장치
	300: 광 선로	110: 광원
	120: 편광 분배기	130: 데이터 변환부
	140: 제1 변조부	150: 제2 변조부
	160: 편광 결합기	210: 선편광 조절기
	220: 편광 분배기	230: 제1 광검출기
	240: 제2 광검출기	250: 데이터 복원부

도면

도면1



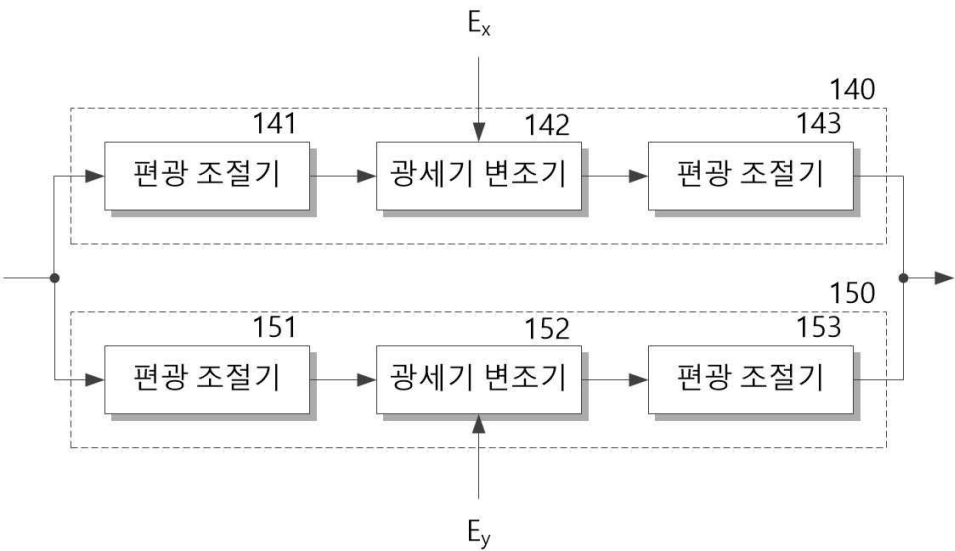
도면2

$$\begin{matrix} E_0 & E_1 & E_2 & E_3 & E_4 \\ \hline \end{matrix}$$

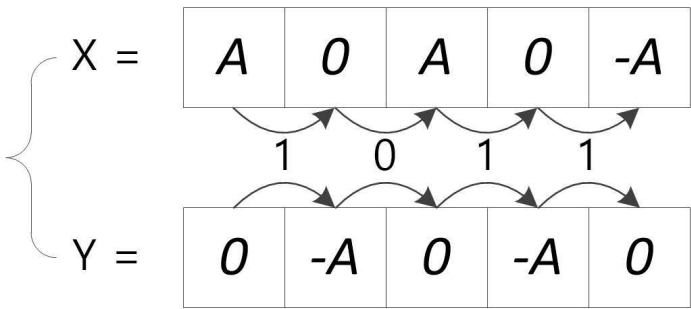
 $D = 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1$

$$= \begin{matrix} X \\ Y \end{matrix} \begin{matrix} E_0 & E_1 & E_2 & E_3 & E_4 \\ \hline A & 0 & A & 0 & -A \\ \hline 0 & -A & 0 & -A & 0 \end{matrix}$$

도면3



도면4



도면5

