



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월05일
(11) 등록번호 10-2273666
(24) 등록일자 2021년06월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/2507 (2013.01) H04B 10/40 (2013.01)
H04J 14/06 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H04B 10/2507 (2013.01)
H04B 10/40 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0043343
(22) 출원일자 2020년04월09일
심사청구일자 2020년04월09일
- (56) 선행기술조사문헌
US20080138070 A1*
Kazi Abu Taher et al., "PMD Monitoring of Polarization Division Multiplex Transmission System Using RF Tone Harmonics," 18th ICCIT, (2015.12.21)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

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

전체 청구항 수 : 총 8 항

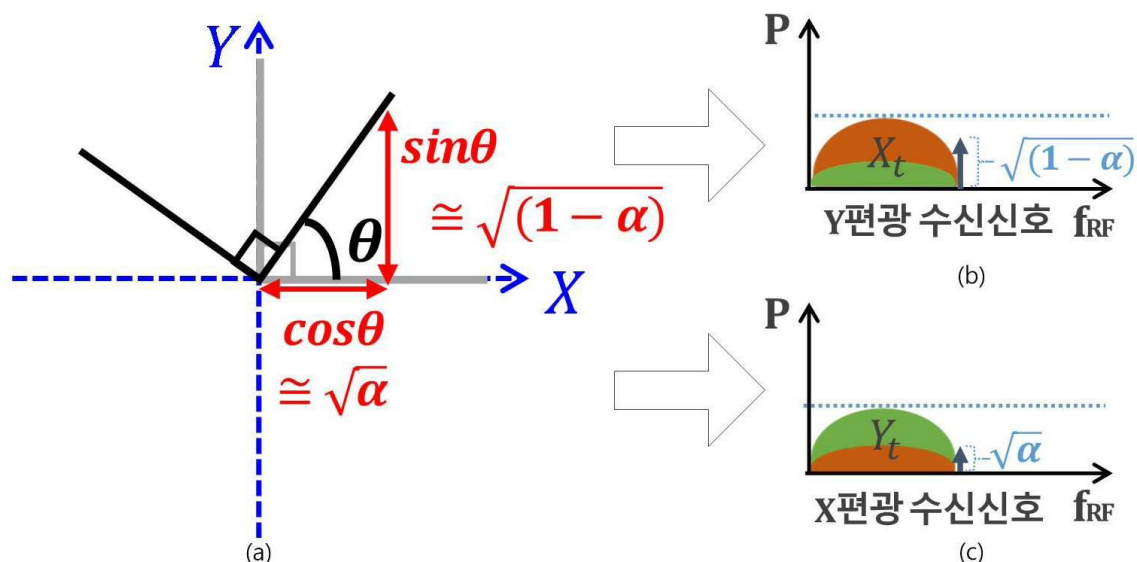
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 편광 크로스토크를 보정할 수 있는 광 송수신 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 X 편광과 Y 편광 각각에 대응하는 2개의 송신 신호 중 하나의 송신 신호에 파일럿 톤을 삽입하여 광 변조하여 송신하고, 광 섬유를 통해 전달된 수신 편광 신호의 X 편광과 Y 편광에서 검출되는 2개의 수신 신호 각각에 포함된 파일럿 톤의 크기를 측정하여 추정되는 광 섬유의 채널 특성을 이용하여 X 수신 신호와 Y 수신 신호에 발생한 편광 크로스토크를 보정할 수 있는 광 송수신 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04J 14/06 (2013.01)

H04B 2210/075 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019-0-00685
과제번호	2019R1A2C3007934
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	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
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

하나의 송신 신호에만 파일럿 톤이 삽입된 2개의 송신 신호에 따라 서로 수직 방향의 2개의 편광이 광 변조되고 결합되어 광 섬유를 통해 전달된 수신 편광 신호를 인가받아 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 편광 분배기;

상기 X 편광으로부터 X 수신 신호를 검출하고, 상기 Y 편광으로부터 Y 수신 신호를 검출하는 광 검출부;

상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호 각각에 포함된 파일럿 톤의 크기를 측정하여, 상기 광 섬유의 채널 특성을 추정하는 보상값 추정부; 및

추정된 채널 특성을 이용하여 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호에 발생된 편광 크로스토크를 보상하는 신호 복원부를 포함하되,

상기 보상값 추정부는

상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호를 기지정된 크기로 정규화하는 수신 정규화부; 및

정규화된 X 수신 신호와 Y 수신 신호에 각각에서 파일럿 톤을 추출하고 추출된 파일럿 톤의 크기를 측정하여, 정규화된 X 수신 신호와 정규화된 Y 수신 신호에 각각에서 측정된 파일럿 톤의 크기를 기반으로 수신 편광 신호에 발생된 편광 상태 변화를 나타내는 상기 채널 특성을 추정하는 톤 파워 측정부를 포함하며,

상기 톤 파워 측정부는

상기 파일럿 톤이 Y 편광 방향에 대응하는 송신 신호에 삽입된 경우, 정규화된 X 수신 신호와 정규화된 Y 수신 신호에 각각에서 측정된 상기 파일럿 톤의 크기($\sqrt{1-\alpha}$, $\sqrt{\alpha}$)를 기반으로 상기 채널 특성을

$$\begin{bmatrix} \sqrt{1-\alpha} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{1-\alpha} \end{bmatrix}$$
으로 추정하는 광 수신 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 파일럿 톤은

상기 송신 신호에 기지정된 신호 대역 외의 주파수를 갖고, 상기 2개의 송신 신호 중 파일럿 톤이 삽입된 송신 신호는 기지정된 크기로 정규화되는 광 수신 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 수신 정규화부는

상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호를 RF 스펙트럼상 기지정된 최대 크기로 정규화하는 광 수신 장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 신호 복원부는

상기 광 검출부에서 검출된 수신 신호(X_t, Y_t)를 수학식

$$\begin{bmatrix} X_{t_comp} \\ Y_{t_comp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{(1-\alpha)} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{(1-\alpha)} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \end{bmatrix}$$

에 따라 보상하여, 보상 수신 신호(X_{t_comp}, Y_{t_comp})를 획득하는 광 수신 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

하나의 송신 신호에만 파일럿 톤이 삽입된 2개의 송신 신호에 따라 서로 수직 방향의 2개의 편광이 광 변조되고 결합되어 광 섬유를 통해 전달된 수신 편광 신호를 인가받아 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 단계;

상기 X 편광으로부터 X 수신 신호를 검출하고, 상기 Y 편광으로부터 Y 수신 신호를 검출하는 단계;

상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호 각각에 포함된 파일럿 톤의 크기를 측정하여, 상기 광 섬유의 채널 특성을 추정하는 단계; 및

추정된 채널 특성을 이용하여 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호에 발생된 편광 크로스토크를 보상하는 단계를 포함하되,

상기 채널 특성을 추정하는 단계는

상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호를 기지정된 크기로 정규화하는 단계; 및

정규화된 X 수신 신호와 Y 수신 신호에 각각에서 파일럿 톤을 추출하고 추출된 파일럿 톤의 크기를 측정하여, 정규화된 X 수신 신호와 정규화된 Y 수신 신호에 각각에서 측정된 파일럿 톤의 크기를 기반으로 수신 편광 신호에 발생된 편광 상태 변화를 나타내는 상기 채널 특성을 추정하는 단계를 포함하며,

상기 채널 특성을 추정하는 단계는

상기 파일럿 톤이 Y 편광 방향에 대응하는 송신 신호에 삽입된 경우, 정규화된 X 수신 신호와 정규화된 Y 수신 신호에 각각에서 측정된 상기 파일럿 톤의 크기($\sqrt{(1-\alpha)}$, $\sqrt{\alpha}$)를 기반으로 상기 채널 특성을

$\begin{bmatrix} \sqrt{(1-\alpha)} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{(1-\alpha)} \end{bmatrix}$ 으로 추정하는 광 수신 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 파일럿 톤은

상기 송신 신호에 기지정된 신호 대역 외의 주파수를 갖고, 상기 2개의 송신 신호 중 파일럿 톤이 삽입된 송신 신호는 기지정된 크기로 정규화되는 광 수신 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 정규화하는 단계는

상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호를 RF 스펙트럼상 기지정된 최대 크기로 정규화하는 광 수신 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 편광 크로스토크를 보상하는 단계는

검출된 수신 신호(X_t , Y_t)를 수학식

$$\begin{bmatrix} X_{t_comp} \\ Y_{t_comp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{(1-\alpha)} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{(1-\alpha)} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \end{bmatrix}$$

에 따라 보상하여, 보상 수신 신호(X_{t_comp} , Y_{t_comp})를 획득하는 광 수신 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 편광 크로스토크를 보정할 수 있는 광 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광 가입자망의 폭증하는 데이터 트래픽을 따라잡기 위해 광전송 시스템에서는 전송용량을 최대한 확보하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 광통신 시스템에서 사용되는 광부품의 대역폭 한계, 광섬유 내 색분산 문제, 송수신기의 잡음 특성 등으로 인해 전송용량을 증대시키는 데 어려움이 많다.

[0003] 이에 제한된 상황에서 전송용량을 극대화하기 위해, 파장, 편광, 주파수 등의 다이버시티(Diversity)를 활용한 광학 다중화 기반 전송기법들이 보고되고 있다. 이 중 단일파장 내 전송용량을 극대화시킬 수 있는 편광 분할 다중화 방식(Polarization division multiplexing: 이하 PDM)을 사용하면 광원의 직교하는 편광축 2개에 신호를 독립적으로 전송할 수 있어, 하나의 광원당 2개의 채널을 확보할 수 있다. 즉, 전송용량을 이상적으로는 2배까지 올릴 수 있다.

[0004] 그러나, PDM 신호를 광섬유를 통해 전송하면, 광섬유 내의 복굴절 특성, 외부 물리적인 압력/온도/진동/구부러짐 등의 변화로 인해 PDM 신호의 편광상태(State of polarization: SOP)가 불규칙적으로 변화하게 된다. 그 결과, 두 개의 직교하는 편광축간의 간섭이 발생하여, 기준 편광축 신호가 다른 축으로 넘어가는 크로스토크(Crosstalk)가 발생한다. 이는 기준 축에서의 SNR이 감소되는 결과를 초래하여 PDM 수신 성능이 열화되는 문제가 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1518798호 (2015.05.04 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 편광 크로스토크를 보상하여 성능 열화를 방지할 수 있는 광 송수신 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 신호 변조 방식이나 송수신단의 구조에 따른 제약없이 적은 리턴턴시로 시간에 따라 변화하는 편광 상태 변화를 용이하게 추정하여 편광 크로스토크를 보상할 수 있는 광 송수신 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

[0008] 본 발명의 또 다른 목적은 저복잡도, 저비용 및 고속으로 송수신 가능한 PDM 광 송수신 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 장치는 하나의 송신 신호에만 파일럿 톤이 삽입된 2개의 송신 신호에 따라 서로 수직 방향의 2개의 편광이 광 변조되고 결합되어 광 섬유를 통해 전달된 수신 편광 신호를 인가받아 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 편광 분배기; 상기 X 편광으로부터 X 수신 신호를 검출하고, 상기 Y 편광으로부터 Y 수신 신호를 검출하는 광 검출부; 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호 각각에 포함된 파일럿 톤의 크기를 측정하여, 상기 광 섬유의 채널 특성을 추정하는 보상값 추정부; 및 추정된 채널 특성을 이용하여 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호에 발생된 편광 크로스토크를 보상하는 신호 복원부를 포함한다.

[0010] 상기 파일럿 톤은 상기 송신 신호에 기지정된 신호 대역 외의 주파수를 갖고, 상기 2개의 송신 신호 중 파일럿 톤이 삽입된 송신 신호는 기지정된 크기로 정규화될 수 있다.

[0011] 상기 보상값 추정부는 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호를 기지정된 크기로 정규화할 수 있다.

[0012] 상기 보상값 추정부는 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호를 기지정된 크기로 정규화하는 수신 정규화부; 및 정규화된 X 수신 신호와 Y 수신 신호에 각각에서 파일럿 톤을 추출하고 추출된 파일럿 톤의 크기를 측정하여, 정규화된 X 수신 신호와 정규화된 Y 수신 신호에 각각에서 측정된 파일럿 톤의 크기를 기반으로 수신 편광 신호에 발생된 편광 상태 변화를 나타내는 상기 채널 특성을 추정하는 톤 파워 측정부를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 수신 정규화부는 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호를 RF 스펙트럼상 기지정된 최대 크기로 정규화할 수 있다.

[0014] 상기 톤 파워 측정부는 상기 파일럿 톤이 Y 편광 방향에 대응하는 송신 신호에 삽입된 경우, 정규화된 X 수신 신호와 정규화된 Y 수신 신호에 각각에서 측정된 상기 파일럿 톤의 크기($\sqrt{1-\alpha}$, $\sqrt{\alpha}$)를 기반으로 상기 채널

특성을
$$\begin{bmatrix} \sqrt{1-\alpha} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{1-\alpha} \end{bmatrix}$$
으로 추정할 수 있다.

[0015] 상기 신호 복원부는 상기 광 검출부에서 검출된 수신 신호(X_t , Y_t)를 수학식

$$\begin{bmatrix} X_{t_comp} \\ Y_{t_comp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{(1-\alpha)} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{(1-\alpha)} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \end{bmatrix}$$

[0017] 에 따라 보상하여, 보상 수신 신호(X_{t_comp} , Y_{t_comp})를 획득할 수 있다.

[0018] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송신 장치는 광원에서 방출된 광을 서로 수직 방향의 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 편광 분배기; 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각에 대응하는 2개의 송신 신호를 인가받고, 2개의 송신 신호 중 하나의 송신 신호에 파일럿 톤을 삽입하는 파일럿 톤 삽입부; 상기 파일럿 톤으로부터 하나에만 파일럿 톤이 삽입된 2개의 송신 신호를 인가받고, 인가된 2개의 송신 신호에 따라 상기 X 편광과 상기 Y 편광을 각각 광변조하는 광 변조부; 및 변조된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 광 섬유를 통해 전송하는 편광 결합기를 포함한다.

[0019] 상기 파일럿 톤 삽입부는 인가되는 2개의 송신 신호에 기지정된 신호 대역 외의 주파수를 갖는 상기 파일럿 톤을 삽입하고, 파일럿 톤이 삽입된 송신 신호를 기지정된 크기로 정규화할 수 있다.

[0020] 상기 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 광 수신 방법은 하나의 송신 신호에만 파일럿 톤이 삽입된 2개의 송신 신호에 따라 서로 수직 방향의 2개의 편광이 광 변조되고 결합되어 광 섬유를 통해 전달된 수신 편광 신호를 인가받아 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 단계; 상기 X 편광으로부터 X 수신 신호를 검출하고, 상기 Y 편광으로부터 Y 수신 신호를 검출하는 단계; 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호 각각에 포함된 파일럿 톤의 크기를 측정하여, 상기 광 섬유의 채널 특성을 추정하는 단계; 및 추정된 채널 특성을 이용하여 상기 X 수신 신호와 상기 Y 수신 신호에 발생한 편광 크로스토크를 보상하는 단계를 포함한다.

[0021] 상기 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 광 송신 방법은 광원에서 방출된 광을 서로 수직 방향의 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배하는 단계; 상기 X 편광과 상기 Y 편광 각각에 대응하는 2개의 송신 신호를 인가받고, 2개의 송신 신호 중 하나의 송신 신호에 파일럿 톤을 삽입하는 단계; 상기 파일럿 톤으로부터 하나에만 파일럿 톤이 삽입된 2개의 송신 신호를 인가받고, 인가된 2개의 송신 신호에 따라 상기 X 편광과 상기 Y 편광을 각각 광변조하는 단계; 및 변조된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 광 섬유를 통해 전송하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0022] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 광 송수신 장치 및 방법은 광 가입자망 표준에서 요구하는 최소 20 ~ 최대 60 km의 전송거리 범위에서 낮은 요구 리턴던서로 편광 크로스토크를 보정하여 기준 편광 채널에서의 신호대 잡음비를 극대화시킬 수 있으며, 신호 변조 방식이나 송수신단의 구조에 따른 제약없이 저복잡도, 저비용으로 고속 송수신이 가능하도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송신 장치의 개략적 구조를 나타낸다.

도 2는 도 1의 광 송신 장치에서 송신 신호에 삽입되는 파일럿 톤의 일예를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 장치의 개략적 구조를 나타낸다.

도 4는 광섬유를 통해 전송되는 과정에서 편광 크로스토크가 발생되어 광 수신 장치로 수신되는 광 신호의 특성을 나타낸다.

도 5는 수신 편광 신호의 각 편광을 정규화한 특성을 나타낸다.

도 6은 보상된 광 신호의 특성을 나타낸다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송수신 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0025] 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.
- [0026] 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.
- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송신 장치의 개략적 구조를 나타내고, 도 2는 도 1의 광 송신 장치에서 송신 신호에 삽입되는 파일럿 톤의 일예를 나타낸다.
- [0028] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 광 송신 장치(100)는 광원(110), 편광 분배기(120), 송신 신호 획득부(130), 파일럿 톤 삽입부(140), 광 변조부(150) 및 편광 결합기(160)를 포함한다.
- [0029] 광원(110)은 미리 지정된 파장과 파형의 광을 생성하여 방출한다. 광원(110)은 일예로 레이저 다이오드(laser diode) 등으로 구현될 수 있다.
- [0030] 편광 분배기(120)는 광원(110)에서 방출된 광을 인가받아 전기장 벡터(또는 자기장 벡터)의 진동 방향이 지정된 방향으로 고정된 2개의 편광으로 분리한다. 여기서 분리된 2개의 편광의 전기장 벡터(또는 자기장 벡터)는 서로 수직(90도)인 방향으로 고정된다. 설명의 편의를 위하여 본 실시예에서는 2개의 편광 중 하나는 X축 방향의 X 편광(X)이고, 나머지 하나는 X 편광(X)과 수직인 Y축 방향의 Y 편광(Y)으로 분배되는 것으로 가정한다.
- [0031] 송신 신호 획득부(130)는 전송하고자 하는 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})를 획득한다. 이때 송신 신호 획득부(130)는 편광 분배기(120)에서 분배된 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 각각에 대응하도록 2개의 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})를 획득할 수 있다. 여기서 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})는 기지정된 주파수의 신호 대역을 갖는 신호이다.
- [0032] 파일럿 톤 삽입부(140)는 2개의 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0}) 중 하나의 송신 신호(여기서는 일 예로 Y_{t0})에 신호 대역 외의 주파수를 갖는 파일럿 톤(pilot tone)(PT)을 삽입한다. 여기서 도 2에 도시된 바와 같이, 파일럿 톤(PT)이 신호 대역 외의 주파수를 갖는 것은 신호 대역 범위의 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})와 용이하게 구분될 수 있도록 하기 위함이다.
- [0033] 그리고 파일럿 톤 삽입부(140)가 하나의 송신 신호(Y_{t0})에만 파일럿 톤(PT)을 삽입하는 것은, 이후 광 수신 장치(미도시)가 광 검출(미도시)를 통해 전송된 수신 편광 신호에서 편광 크로스토크에 의해 발생하는 편광 상태(SOP) 변화를 측정할 수 있도록 하기 위함이다.
- [0034] 그리고 파일럿 톤 삽입부(140)는 송신 신호(Y_{t0})에 삽입된 파일럿 톤(PT)의 크기가 기지정된 기준 크기(여기서는 일 예로 기준 크기를 1로 설정)가 되도록 정규화할 수 있다. 이때, 송신 신호(Y_{t0})에 삽입된 파일럿 톤(PT)의 크기가 RF 스펙트럼상 최대 크기(여기서는 1인 것으로 가정)로 정규화할 수 있다.
- [0035] 도 2에서 X축은 송신 신호(X_{t0})의 크기를 나타내며, Y축은 송신 신호(Y_{t0})의 크기를 나타낸다. 그리고 f_{RF} 는 주파수 축을 나타낸다. 도 2에서 RF 파일럿 톤(PT)은 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})의 신호 대역 외의 주파수에서 정규화된 크기를 갖는 것을 알 수 있다.
- [0036] 광 변조부(150)는 파일럿 톤 삽입부(140)로부터 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})를 인가받고, 인가된 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})에 따라 편광 분배기(120)에서 분배된 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 광변조하여 출력한다.
- [0037] 광 변조부(150)는 편광 분배기(120)에서 분배된 X 편광(X)과 Y 편광(Y) 중 X 편광(X)을 인가받고, 2개의 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0}) 중 대응하는 하나의 송신 신호(X_{t0})에 따라 X 편광(X)을 변조하여 출력하는 제1 광 변조부(151)와 나머지 송신 신호(Y_{t0})에 따라 Y 편광(Y)을 변조하여 출력하는 제2 광 변조부(152)를 포함할 수 있다.

- [0038] 편광 결합기(160)는 제1 광 변조부(151)와 제2 광 변조부(152)에서 변조된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 획득하고, 획득된 송신 편광 신호를 광 섬유(미도시)를 통해 전송한다.
- [0039] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 수신 장치의 개략적 구조를 나타내고, 도 4는 광섬유를 통해 전송되는 과정에서 편광 크로스토크가 발생되어 광 수신 장치로 수신되는 광 신호의 특성을 나타내며, 도 5는 수신 편광 신호의 각 편광을 정규화한 특성을 나타낸다. 그리고 도 6은 보상된 광 신호의 특성을 나타낸다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 본 실시예에 따른 광 수신 장치(200)는 편광 분배기(210), 광 검출부(220), 보상값 추정부(230) 및 신호 복원부(240)를 포함할 수 있다.
- [0041] 편광 분배기(210)는 광 송신 장치(100)로부터 광 섬유(미도시)를 통해 전송된 수신 편광 신호를 수신하여, 기지정된 X축 방향의 X 편광과 Y축 방향의 Y 편광으로 분배한다. 그리고 분배된 X 편광과 Y 편광을 광 검출부(220)로 전달한다.
- [0042] 광 검출부(220)는 편광 분배기(210)에서 분배된 X 편광과 Y 편광을 인가받고, 인가된 X 편광과 Y 편광에서 수신 신호(X_t , Y_t)를 획득한다.
- [0043] 광 검출부(220)는 편광 분배기(210)에서 분배된 X 편광과 Y 편광 중 X 편광을 인가받아 수신 신호(X_t)를 검출하여 출력하는 제1 광 검출기(221)와 Y 편광을 인가받아 수신 신호(Y_t)를 검출하여 출력하는 제2 광 검출기(222)를 포함할 수 있다.
- [0044] 보상값 추정부(230)는 광 검출부(220)에서 검출된 수신 신호(X_t , Y_t)에서 파일럿 톤(PT)의 크기를 측정하여, 수신 신호(X_t , Y_t)에 발생된 크로스토크 성분을 보상하기 위한 광 섬유의 채널 특성을 추정한다.
- [0045] 광 송신 장치(100)에서 광 섬유를 통해 광 수신 장치(200)로 전달되는 광 신호는 광 섬유를 통과하는 동안, 광 섬유의 복굴절 특성, 압력/온도/진동/구부러짐 등의 변화로 인해, 편광 상태(SOP)의 변화가 발생되어 수신된다. 상기한 바와 같이, 편광 상태(SOP) 변화는 편광축 간의 간섭을 야기하여 편광 크로스토크를 발생시킨다.
- [0046] 편광 상태(SOP) 변화는 편광 방향이 광 섬유를 통과하는 동안 회전하는 형태로 나타나게 된다. 만일 편광 상태(SOP) 변화가 θ 각도만큼 회전되는 경우, 수신 신호(X_t , Y_t)에서는 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})가 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, $X_{t0}\sin\theta$, $Y_{t0}\sin\theta$ 로 크기가 줄어들어 포함되고, 수신 신호(Y_t)에는 송신 신호(X_{t0})가 $X_{t0}\cos\theta$ 크기만큼 간섭을 야기하고, 변조된 수신 신호(X_t)에는 송신 신호(XY_{t0})가 $Y_{t0}\cos\theta$ 크기만큼 간섭을 야기한다.
- [0047] 그 결과, 광 수신 장치(200)의 광 검출부(220)가 검출한 수신 신호(X_t , Y_t)는 도 4의 (b) 및 (c)와 같이, 크기가 줄어든 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0}) 성분과 서로 간섭된 송신 신호(Y_{t0} , X_{t0}) 성분이 함께 검출된다. 즉 편광 크로스토크가 발생한 결과로 검출된 값이다. 따라서 광 송신 장치(100)가 전송한 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})를 정확하게 복원하기 위해서는, 수신 신호(X_t , Y_t)에서 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})의 변화 성분을 정확하게 추정해야 한다. 이에 본 실시예에서는 파일럿 톤(PT)을 이용하여 수신 신호(X_t , Y_t)에서 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})의 변화 성분, 즉 광 섬유의 채널 특성을 추정할 수 있도록 한다.
- [0048] 상기한 바와 같이, 파일럿 톤(PT)은 하나의 편광 방향에만 삽입 정규화(여기서는 일 예로 1의 크기)되어 변조되었으므로, 수신 신호(X_t , Y_t) 각각에서 파일럿 톤(PT)의 변화를 측정하면, 송신 편광 신호가 광 섬유를 통해 전달되는 동안 발생된 편광 크로스토크에 의한 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})의 변화를 정확하게 추정하여 보상을 수행할 수 있다.
- [0049] 본 실시예에서 보상값 추정부(230)는 수신 정규화부(231)와 톤 파워 측정부(232)를 포함할 수 있다.
- [0050] 우선 수신 정규화부(231)는 광 검출부(220)에서 검출한 수신 신호(X_t , Y_t)가 기지정된 크기가 되도록 정규화한다. 이는 정규화된 크기로 기준 편광에 삽입된 파일럿 톤(PT)이 광 섬유를 통해 전송되는 과정에서 발생한 변화를 정확하게 측정할 수 있도록 하기 위함이다. 도 5의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 수신 정규화부(231)는 광 송신 장치(100)에서 삽입되어 정규화되는 파일럿 톤(PT)과 마찬가지로 수신 신호(X_t , Y_t)를 RF 스펙트럼상 최대 크기가 1인 값으로 정규화할 수 있다.

- [0051] 그리고 톤 파워 측정부(232)는 수신 신호(X_t , Y_t) 각각에서 정규화된 파일럿 톤(PT)을 추출하여 크기를 측정한다. 상기한 바와 같이, 파일럿 톤(PT)은 신호 대역 외의 주파수를 가지므로, 용이하게 추출될 수 있다.
- [0052] 도 4에 도시된 바와 같이, 편광 상태(SOP) 변화가 θ 각도만큼 회전된 경우, 1의 크기로 정규화된 파일럿 톤(PT)은 기준 편광(Y 편광(Y)) 방향에서 검출되어 정규화되는 경우 $\sin\theta \simeq \sqrt{(1-\alpha)}$ 크기가 되며, 나머지 편광(X 편광(X)) 방향에서 검출되어 정규화되는 경우 $\cos\theta \simeq \sqrt{\alpha}$ 가 된다. 따라서 톤 파워 측정부(232)는 2개의 편광 방향에서 검출된 파일럿 톤(PT)의 크기($\sqrt{(1-\alpha)}$, $\sqrt{\alpha}$)를 측정할 수 있다.
- [0053] 신호 복원부(240)는 광 검출부(220)에서 검출한 수신 신호(X_t , Y_t)를 인가받고, 수신 신호(X_t , Y_t)를 보상값 추정부(230)에서 측정된 파일럿 톤의 크기($\sqrt{(1-\alpha)}$, $\sqrt{\alpha}$)에 따라 크로스토크를 보상하여, 보상 수신 신호(X_{t_comp} , Y_{t_comp})를 획득한다.
- [0054] 도 4를 참조하면, 광 섬유를 통해 전달된 수신 편광 신호에서 검출된 수신 신호(X_t , Y_t)와 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0}) 사이의 관계는 수학식 1로 표현될 수 있다.

수학식 1

$$\begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t0} \\ Y_{t0} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sqrt{(1-\alpha)} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{(1-\alpha)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t0} \\ Y_{t0} \end{bmatrix}$$

- [0055]
- [0056] 여기서 $\begin{bmatrix} \sqrt{(1-\alpha)} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{(1-\alpha)} \end{bmatrix}$ 는 광 섬유의 채널 특성으로 볼 수 있다.

- [0057] 따라서 신호 복원부(240)는 수학식 1로부터 수신 신호(X_t , Y_t)와 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0}) 사이의 관계에 기반하여 획득되는 광 섬유의 채널 특성을 이용하여 보상 수신 신호(X_{t_comp} , Y_{t_comp})를 수학식 2에 따라 획득할 수 있다.

수학식 2

$$\begin{bmatrix} X_{t_comp} \\ Y_{t_comp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{(1-\alpha)} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{(1-\alpha)} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \end{bmatrix}$$

- [0058]
- [0059] 도 6에 도시된 바와 같이, 보상 수신 신호(X_{t_comp} , Y_{t_comp})는 크로스토크에 의한 간섭이 제거되어 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})에 대응하는 형태로 획득될 수 있다.
- [0060] 즉 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})에 대응하도록 보상된 보상 수신 신호(X_{t_comp} , Y_{t_comp})를 획득할 수 있다.
- [0061] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 송수신 방법을 나타낸다.
- [0062] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 도 7의 광 송수신 방법은 편광 송신 단계(S10)와 편광 수신 단계(S20)로 구분할 수 있으며, 편광 송신 단계(S10)는 광 송신 장치(100)에서 수행되며, 편광 수신 단계(S20)는 광 수신 장치(200)에

서 수행될 수 있다.

[0063] 편광 송신 단계(S10)에서는 우선 광원에서 광이 방출되면, 광원에서 방출된 광을 서로 수직 방향의 X 편광(X)과 Y 편광(Y)으로 편광 분배한다(S11).

[0064] 한편, 광원에서 분배된 2개의 편광을 이용하여 전송하고자 하는 2개의 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0}) 중 하나의 송신 신호 (여기서는 일 예로 Y_{t0})에 신호 대역 외의 주파수를 갖는 파일럿 톤(PT)을 삽입한다(S12). 이때, 삽입된 파일럿 톤(PT)의 크기가 기지정된 기준 크기(여기서는 일 예로 기준 크기를 1로 설정)가 되도록 정규화할 수 있다.

[0065] 그리고 X 편광(X)과 Y 편광(Y)을 대응하는 송신 신호(X_{t0} , Y_{t0})에 따라 광 변조한다(S13). 이때, 삽입된 파일럿 톤(PT)의 크기가 기 지정된 기준 크기(여기서는 일 예로 기준 크기를 1로 설정)가 되도록 정규화하여 변조할 수 있다.

[0066] 변조된 X 편광과 Y 편광이 획득되면, 변조된 X 편광과 Y 편광을 결합하여 송신 편광 신호를 생성한다(S14). 그리고 생성된 송신 편광 신호를 광 섬유를 통해 전송한다(S15).

[0067] 편광 수신 단계(S20)에서는 광 섬유를 통해 전송된 수신 편광 신호를 서로 수직 방향의 X 편광과 Y 편광으로 편광 분배한다(S21). 그리고 분배된 X 편광과 Y 편광으로부터 수신 신호(X_t , Y_t)를 검출한다(S22). 이후 검출된 수신 신호(X_t , Y_t) 각각의 세기를 RF 스펙트럼상 최대 크기가 1인 값으로 정규화한다(S23). 정규화된 수신 신호(X_t , Y_t)에서 파일럿 톤(PT)을 추출하고, 추출된 파일럿 톤(PT)의 크기를 측정하여 광 섬유의 채널 특성을 추정한다(S24). 그리고 추정된 광 섬유의 채널 특성을 기반으로, 검출된 수신 신호(X_t , Y_t)를 보상한다(S25).

[0068] 결과적으로 본 실시예에 따른 광 송수신 장치 및 방법은 광 송신 장치(100)가 정규화된 크기의 파일럿 톤을 분배된 편광 중 기준 편광에만 반영되어 변조되도록 하여 송신 편광 신호를 전송하고, 광 수신 장치(200)는 수신 편광 신호에서 분배된 2개의 편광에서 검출된 수신 신호에 포함된 파일럿 톤(PT)의 크기 변화를 측정하여, 광 섬유를 통해 전송되는 동안 각 편광에 발생된 편광 크로스토크에 의한 변화량을 추정하고 보상함으로써, 정확한 데이터를 복원할 수 있도록 한다. 즉 전송에 이용된 광 섬유 채널의 특성을 파일럿 톤(PT)을 이용하여 추정하고, 추정된 채널 특성을 보상하여 편광 크로스토크가 발생하여도 실시간으로 정확하게 데이터를 복원할 수 있도록 한다.

[0069] 따라서 광 송수신 시의 신호 변조 방식이나 광 송신 장치(100) 및 광 수신 장치(200)의 구조에 제약되지 않는다. 특히 편광 크로스토크를 보상하기 위한 보상값 추정부(230)와 신호 복원부(240)가 디지털 신호 처리 방식을 수행될 수 있으므로, 기존에 고가로 높은 복잡도를 가지며 저속으로 동작하는 편광 조절기(Polarization Controller)를 이용하는 방식에 비해, 저비용으로 고속으로 수신 편광 신호를 보상하여 처리할 수 있다는 장점이 있다.

[0070] 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.

[0071] 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.

[0072] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0073]

100: 광 송신 장치	110: 광원
120: 편광 분배기	130: 송신 신호 획득부
140: 파일럿 톤 삽입부	150: 광 변조부
160: 편광 결합기	200: 광 수신 장치

210: 편광 분배기

220: 광 검출부

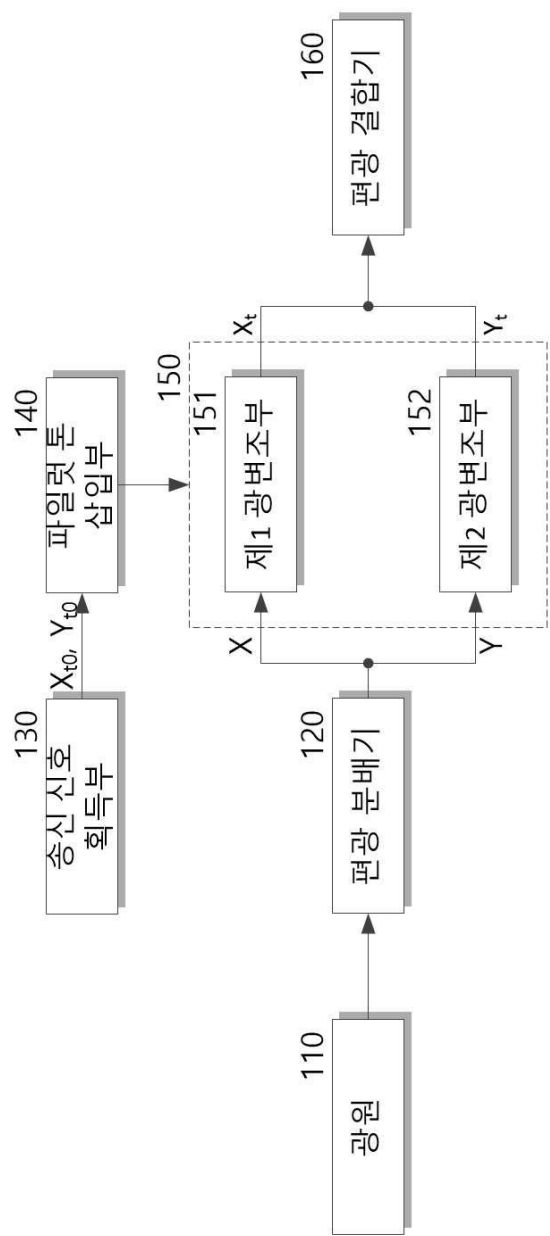
230: 보상값 추정부

240: 신호 복원부

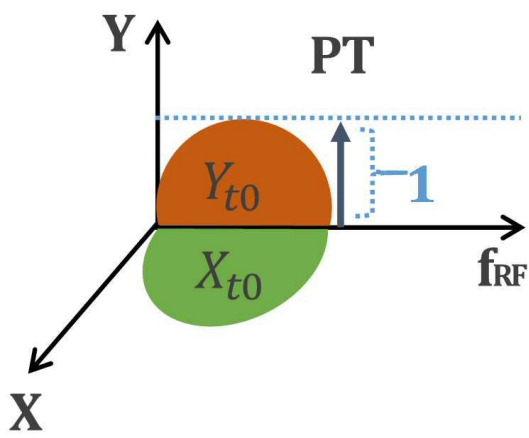
도면

도면1

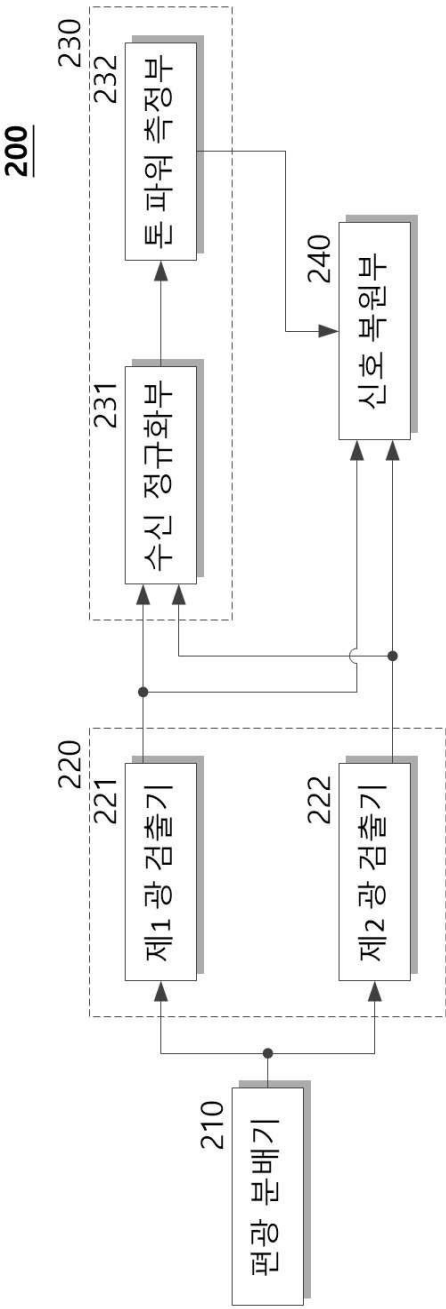
100



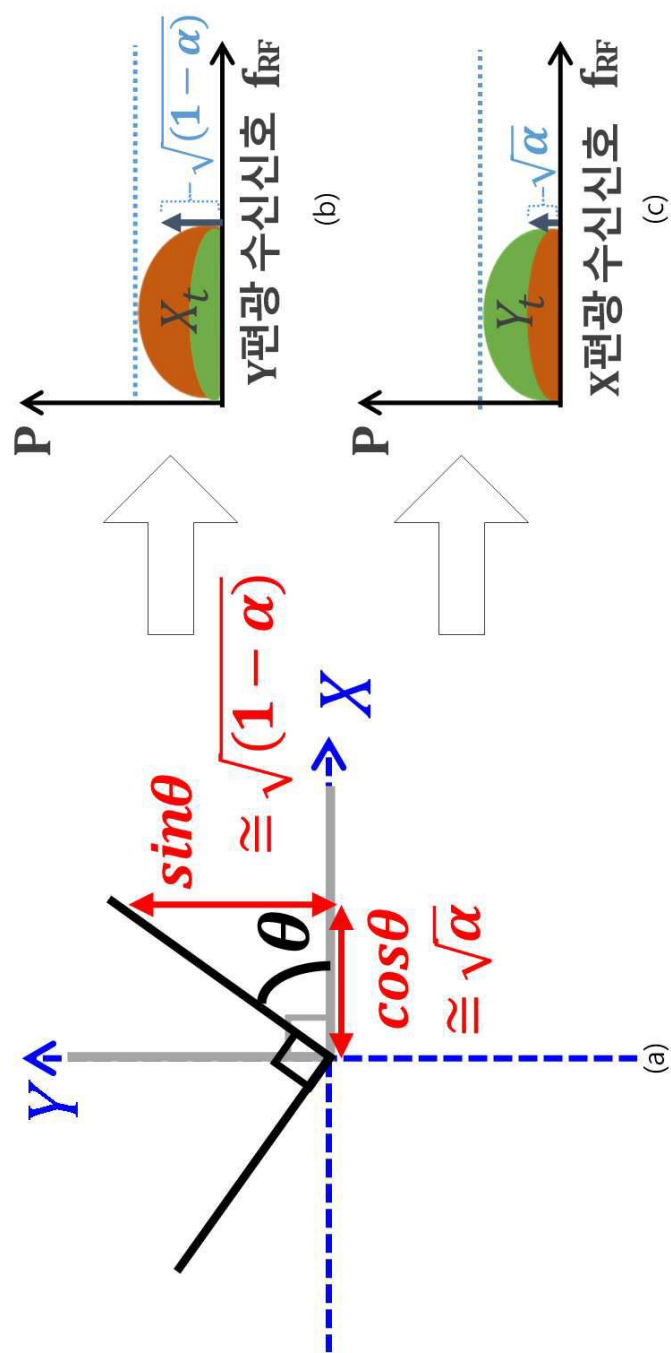
도면2



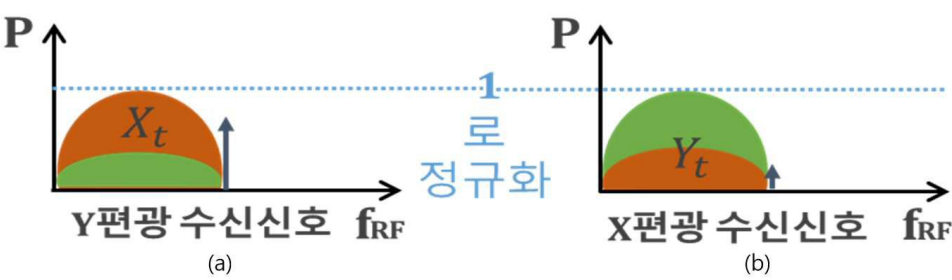
도면3



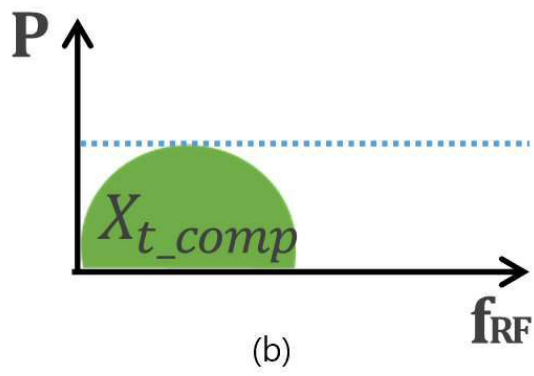
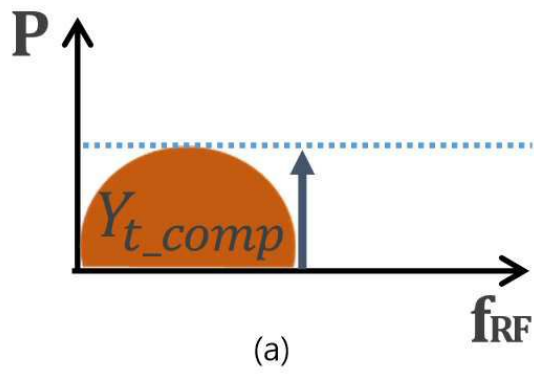
도면4



도면5



도면6



도면7

