



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월04일
(11) 등록번호 10-2485277
(24) 등록일자 2023년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/297 (2013.01) H04B 10/2507 (2013.01)
H04B 10/291 (2013.01) H04B 10/293 (2013.01)
(52) CPC특허분류
H04B 10/297 (2013.01)
H04B 10/2507 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0158256
(22) 출원일자 2021년11월17일
심사청구일자 2021년11월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150088428 A
(뒷면에 계속)

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

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 신상길

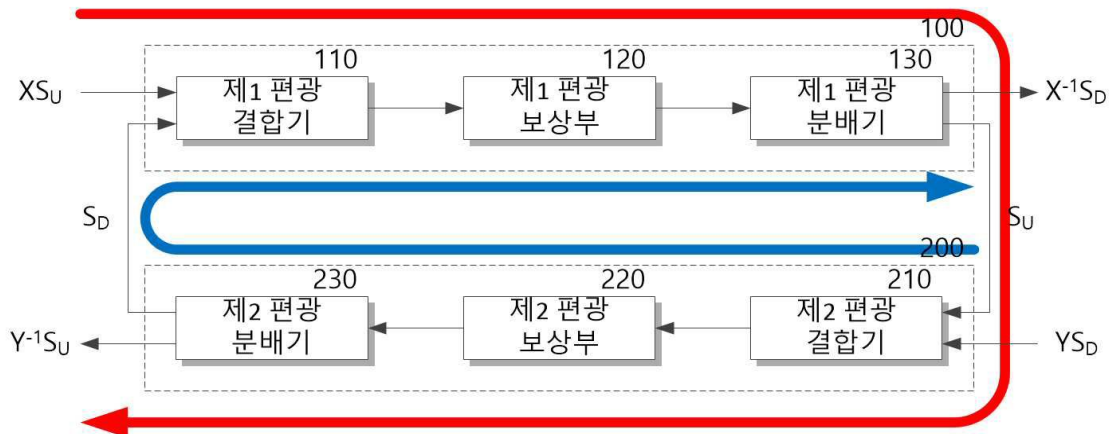
(54) 발명의 명칭 무선 광통신에서 릴레이 노드를 위한 양방향 적응적 파워 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드

(57) 요약

본 발명은 제1 및 제2 채널 중 제1 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제1 편광 신호와 이전 제2 채널을 통해 수신되어 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호를 인가받아, 수신 제1 편광 신호를 기준으로 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 제1

(뒷면에 계속)

대표도 - 도9



광 보상부 및 제2 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제2 편광 신호와 이전 제1 채널을 통해 수신되어 제1 광 보상부에 의해 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제1 편광 신호를 인가받아, 수신 제2 편광 신호를 기준으로 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 출력하는 제2 광 보상부를 포함하여, 기존과 동일하게 2개의 APC 모드의 광 증폭기를 구비하면서도 편광을 이용하여 수신 광 신호에 발생된 파워 손실을 보상할 뿐만 아니라 전송할 채널의 상태에 따른 파워 손실을 선보상함으로써, 제한된 전력으로 동작하는 FSO 시스템의 전력 효율성을 향상시키면서 성능을 개선할 수 있는 무선 광통신에서 릴레이 노드를 위한 양방향 적응적 파워 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드를 제공할 수 있다.

- | | |
|--|-------------------|
| (52) CPC특허분류 | (56) 선행기술조사문헌 |
| <i>H04B 10/2912</i> (2013.01) | KR101849484 B1 |
| <i>H04B 10/293</i> (2013.01) | KR1020030045958 A |
| (72) 발명자 | KR101190862 B1 |
| 박진우 | KR100613744 B1 |
| 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동) | JP2016144208 A |
| 이정문 | |
| 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동) | |

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126194
과제번호	2019-0-00685-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송연구개발사업
연구과제명	무선광통신 기반 수직 이동통신 네트워크 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

무선 광통신에서 릴레이 노드에 구비되는 파워 조절 장치에 있어서,

제1 및 제2 채널을 통해 전송되고 서로 직교하는 제1 편광 신호와 제2 편광 신호 중 제1 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제1 편광 신호와 이전 제2 채널을 통해 수신되어 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제1 편광 신호를 기준으로 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 제1 광 보상부; 및

상기 제2 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제2 편광 신호와 이전 상기 제1 채널을 통해 수신되어 상기 제1 광 보상부에 의해 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제2 편광 신호를 기준으로 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 상기 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 출력하는 제2 광 보상부를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 광 보상부는

상기 수신 제1 편광 신호와 상기 복원 제2 편광 신호를 인가받아 결합하여 제1 결합 편광 신호를 획득하는 제1 편광 결합기;

상기 제1 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제1 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제1 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제1 편광 보상부; 및

제1 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 획득하고, 상기 복원 제1 편광 신호를 상기 제2 광 보상부로 전송하고, 상기 선 보상 제2 편광 신호를 상기 제1 채널로 전송하는 제1 편광 분배기를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제2 광 보상부는

상기 수신 제2 편광 신호와 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아 결합하여 제2 결합 편광 신호를 획득하는 제2 편광 결합기;

상기 제2 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제2 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제2 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제2 편광 보상부; 및

제2 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 획득하고, 상기 복원 제2 편광 신호를 상기 제1 광 보상부로 전송하고, 상기 선 보상 제1 편광 신호를 상기 제2 채널로 전송하는 제2 편광 분배기를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 및 제2 편광 보상부는

APC(Automatic Power Control) 모드로 구성된 광 증폭기로 구현되는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제1 편광 보상부는

상기 제1 결합 편광 신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 인가된 제1 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제1 보상 결

합 편광 신호를 출력하는 제1 광 증폭기;

상기 제1 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 분배된 편광 신호에서 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 제1 편광 필터;

상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 제1 출력 감지기;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제1 제어기; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 제1 광 펌프를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 장치.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 제2 편광 보상부는

상기 제2 결합 편광 신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 인가된 상기 제2 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제2 광 증폭기;

상기 제2 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 분배된 편광 신호에서 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 제2 편광 필터;

상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 제2 출력 감지기;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제2 제어기; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 제2 광 펌프를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 장치.

청구항 7

무선 광통신에서 릴레이 노드에서 수행되는 파워 조절 방법에 있어서,

제1 및 제2 채널을 통해 전송되고 서로 직교하는 제1 편광 신호와 제2 편광 신호 중 제1 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제1 편광 신호와 이전 제2 채널을 통해 수신되어 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제1 편광 신호를 기준으로 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 단계; 및

상기 제2 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제2 편광 신호와 이전 상기 제1 채널을 통해 수신되어 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제2 편광 신호를 기준으로 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 상기 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 출력하는 단계를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 단계는

상기 수신 제1 편광 신호와 상기 복원 제2 편광 신호를 인가받아 결합하여 제1 결합 편광 신호를 획득하는 단계;

상기 제1 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제1 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제1 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계; 및

제1 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 획득하고, 상기 선 보상 제2 편광 신호를 상기 제1 채널로 전송하는 단계를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 선 보상 제1 편광 신호를 출력하는 단계는

상기 수신 제2 편광 신호와 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아 결합하여 제2 결합 편광 신호를 획득하는 단계;

상기 제2 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제2 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제2 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계; 및

제2 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 획득하고, 상기 선 보상 제1 편광 신호를 상기 제2 채널로 전송하는 단계를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계와 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계는 각각 APC(Automatic Power Control) 모드로 구성된 광 증폭기를 이용하여 수행되는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계는

상기 제1 결합 편광 신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 인가된 상기 제1 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계;

상기 제1 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 편광 필터를 이용하여 분배된 편광 신호에서 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 단계;

상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 단계;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 단계; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여, 상기 제1 결합 편광 신호의 증폭 수준을 조절하는 단계를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계는

상기 제2 결합 편광 신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 인가된 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 단계;

상기 제2 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 편광 필터를 이용하여 분배된 편광 신호에서 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 단계;

상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 단계;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 단계; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여, 상기 제2 결합 편광 신호의 증폭 수준을 조절하는 단계를 포함하는 릴레이 노드를 위한 파워 조절 방법.

청구항 13

무선 광 통신의 제1 장치와 제2 장치 사이에서 광 신호를 중계하는 릴레이 노드에 있어서,

상기 릴레이 노드를 기지정된 위치로 이동시키는 구동부;

상기 구동부를 제어하는 구동 제어부; 및

상기 제1 장치 또는 제2 장치로부터 제1 및 제2 채널을 통해 전송되고 서로 직교하는 제1 편광 신호와 제2 편광 신호의 파워 손실을 보상하여 재전송하는 파워 조절 장치를 포함하고,

상기 파워 조절 장치는

상기 제1 및 제2 채널 중 제1 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제1 편광 신호와 이전 제2 채널을 통해 수신되어 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제1 편광 신호를 기준으로 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 제1 광 보상부; 및

상기 제2 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제2 편광 신호와 이전 상기 제1 채널을 통해 수신되어 상기 제1 광 보상부에 의해 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제2 편광 신호를 기준으로 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 상기 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 출력하는 제2 광 보상부를 포함하는 무선 광 통신의 릴레이 노드.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제1 광 보상부는

상기 수신 제1 편광 신호와 상기 복원 제2 편광 신호를 인가받아 결합하여 제1 결합 편광 신호를 획득하는 제1 편광 결합기;

상기 제1 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제1 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제1 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제1 편광 보상부; 및

제1 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 획득하고, 상기 복원 제1 편광 신호를 상기 제2 광 보상부로 전송하고, 상기 선 보상 제2 편광 신호를 상기 제1 채널로 전송하는 제1 편광 분배기를 포함하는 무선 광 통신의 릴레이 노드.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 제2 광 보상부는

상기 수신 제2 편광 신호와 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아 결합하여 제2 결합 편광 신호를 획득하는 제2 편광 결합기;

상기 제2 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제2 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제2 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제2 편광 보상부; 및

제2 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 획득하고, 상기 복원 제2 편광 신호를 상기 제1 광 보상부로 전송하고, 상기 선 보상 제1 편광 신호를 상기 제2 채널로 전송하는 제2 편광 분배기를 포함하는 무선 광 통신의 릴레이 노드.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제1 및 제2 편광 보상부는

APC(Automatic Power Control) 모드로 구성된 광 증폭기로 구현되는 무선 광 통신의 릴레이 노드.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제1 편광 보상부는

상기 제1 결합 편광 신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 인가된 제1 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제1 광 증폭기;

상기 제1 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 분배된 편광 신호에서 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 제1 편광 필터;

상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생

성하는 제1 출력 감지기;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제1 제어기; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펄스 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 제1 광 펄스를 포함하는 무선 광 통신의 릴레이 노드.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 제2 편광 보상부는

상기 제2 결합 편광 신호를 인가받고, 펄스 광에 따라 인가된 상기 제2 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제2 광 증폭기;

상기 제2 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 분배된 편광 신호에서 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 제2 편광 필터;

상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 제2 출력 감지기;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제2 제어기; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펄스 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 제2 광 펄스를 포함하는 무선 광 통신의 릴레이 노드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 파워 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드에 관한 것으로, 무선 광통신에서 릴레이 노드를 위한 양방향 적응적 파워 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 광통신(Free Space Optical Communication: 이하 FSO)은 기존 라디오 주파수(Radio Frequency: 이하 RF) 통신에 비해 소형 장치로 구현될 수 있으며, 높은 보안성, 넓은 대역폭, 낮은 전력소모 등의 이점을 가지고 있어 주목받아왔다. 그러나 구름, 비, 안개 등의 대기영향으로 인해 가시선(Line of Sight: 이하 LOS) 환경의 기지정된 신호대 잡음비(Signal-to-Noise Ratio: 이하 SNR)가 보장되지 않을 경우, 통신이 불가능한 상황이 생긴다. 이를 해결하기 위해 다수의 릴레이 노드를 경유하여 신호를 전송하는 릴레이 광통신 방식이 주목받고 있다.

[0003] 도 1은 FSO에서 릴레이 통신 방식을 설명하기 위한 도면이다.

[0004] 도 1에서는 지상 노드(GND)와 고고도 플랫폼(High Altitude Platform: 이하 HAP) 사이의 무선 광통신에서 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicle: 이하 UAV)가 릴레이 노드로 동작하는 경우를 도시하였다. 여기서 지상 노드(GND)는 지상에서 운용되는 광 통신 장치이고, HAP(High Altitude Platform)는 고고도에 네트워크의 인프라스트럭처를 전개하기 위한 장치로서, 정지 위성, 중궤도 위성, 저궤도 위성, 무인 항공기 및 무인 비행선 등이 이용될 수 있다.

[0005] 도 1에 도시된 바와 같이, 지상 노드(GND)와 HAP는 구름과 같은 장애물로 인해 광을 직접 전송할 수 없으므로 LOS 통신을 수행할 수 없다. 이러한 경우 적어도 하나의 릴레이 노드는 장애물을 회피할 수 있는 위치로 이동하여 광 신호를 릴레이함으로써 지상 노드(GND)와 HAP가 무선 광통신을 수행할 수 있도록 한다.

[0006] 이러한 릴레이 방식에는 크게 전송 경로 상의 각 릴레이 노드가 전송된 광을 광검출기(Photodetector: 이하 PD) 등으로 검출하여 전기 신호로 변환한 후, 전기 신호를 레이저 등으로 다시 광 신호로 변환하여 다시 송신하는 Optic-Electro-Optic(OEO)방식과, 전기 신호로 변환하지 않고 수신된 광 신호를 그대로 증폭 및 재생성하여 전송하는 All-Optical(AO)방식이 있다. OEO 방식의 경우, 각 릴레이 노드에 PD와 레이저 등과 같은 다수의 소자가 필요하다. 또한 광 신호가 전기 신호로 변환되어야 하므로, 릴레이 노드의 수가 많을수록 비용과 레이턴시가 증가하는 문제가 있다. 그에 반해 AO방식의 경우, 릴레이 노드의 모든 동작 과정에서 광신호가 전기 신호로 변환되지 않아 광 신호로만 처리하게 되므로, 비용이나 레이턴시 뿐만 아니라 다양한 측면에서 이득이 있다.

따라서 현재는 OEO 방식보다 AO 방식이 더욱 주목받고 있다.

- [0007] 도 2는 기존의 릴레이 노드의 파워 조절 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0008] 도 2에서는 AO 방식에 따라 광 신호를 전기 신호로 변환하지 않고 릴레이하는 릴레이 노드의 동작을 도시하였다.
- [0009] 상기한 바와 같이, FSO에서 릴레이 노드는 지상 노드(GND)와 HAP와 같은 2개의 장치 사이에서 광 신호를 양방향으로 전달하는 장치이다. 따라서 도 2에 도시된 바와 같이, 릴레이 노드의 채널은 릴레이 노드와 제1 장치 사이(여기서는 예로서 지상 장치(GNC))의 제1 채널(X)과 릴레이 노드와 제2 장치(여기서는 예로서 HAP) 사이의 제2 채널(Y)을 고려할 수 있다.
- [0010] 이에 기존의 릴레이 노드는 제1 채널(X)에 의한 광신호의 파워 손실을 보상하기 위한 제1 광 보상부(10) 및 제2 채널(Y)에 의한 광신호의 파워 손실을 보상하기 위한 제2 광 보상부(20)를 포함하는 파워 조절 장치를 구비하였다.
- [0011] 제1 및 제2 장치가 각각 업링크 광신호(S_U)와 다운링크 광신호(S_D)를 제1 및 제2 채널(X, Y)을 통해 전송하면, 업링크 광신호(S_U)와 다운링크 광신호(S_D)는 각각 제1 및 제2 채널(X, Y)에 의해 파워가 손실되어 릴레이 노드로 수신된다. 이에 제1 및 제2 광 보상부(10, 20)는 각각 제1 채널(X)에 의해 파워 손실이 발생된 수신 업링크 광신호(XS_U)와 제2 채널(Y)에 의해 파워 손실이 발생된 수신 다운링크 광신호(XS_D) 각각을 전송된 채널에 대응하는 크기로 증폭 및 재생성함으로써, 제1 및 제2 장치가 전송한 업링크 광신호(S_U)와 다운링크 광신호(S_D)가 전송되도록 한다.
- [0012] 즉 릴레이 노드의 파워 조절 장치는 수신되는 광신호가 전송되는 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 재전송한다. 이때 제1 및 제2 광 보상부(10, 20) 각각은 광 증폭기를 APC(Automatic Power Control) 모드로 구성하여 구현될 수 있다.
- [0013] 도 3은 기존의 광 보상부의 상세 구성의 일 예를 나타내고, 도 4는 도 3의 광 보상부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0014] 도 3에서는 일 예로 제1 또는 제2 광 보상부(10, 20) 중 제1 광 보상부(10)만을 도시하였으나, 제2 광 보상부(20) 또한 동일하게 구성될 수 있다.
- [0015] 도 3을 참조하면, 제1 광 보상부(10)는 광 증폭기(11), 출력 감지기(12), 제어기(13) 및 광 펌프(14)를 포함할 수 있다. 광 증폭기(11)는 광 펌프(14)에서 인가되는 펌핑 광에 따라 입력되는 광을 증폭하여 출력한다. 광 증폭기(11)는 일 예로 EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)로 구현될 수 있다. EDFA로 구현되는 광 증폭기(11)는 어븀(Erbium)이 도핑된 광 섬유(fiber)에 광 펌프(114)에서 출력되는 펌프 레이저 광을 입사시켜 여기(excitation)시키고, 여기된 광 섬유에 광 신호를 통과시켜 유도 방출(stimulated emission)에 의해 광 신호를 증폭시킨다. 출력 감지기(12)는 광 증폭기(11)에서 출력되는 광 신호의 광 세기를 감지한다. 출력 감지기(12)는 광 증폭기(11)에서 출력되는 광 신호를 기지정된 비율(예를 들면 1/10)로 인가받아 광 증폭기(11)에서 출력되는 광 신호의 세기를 감지하여 감지 신호를 제어기(13)로 전달한다. 제어기(13)는 출력 감지기(12)에서 인가되는 감지 신호에 따라 광 증폭기(11)에서 출력되는 광의 세기를 조절하기 위한 제어 신호를 광 펌프(14)로 인가한다. 광 펌프(14)는 제어기(13)에서 인가되는 제어 신호에 대응하는 펌프 레이저 광을 생성하여 광 증폭기(11)로 인가함으로써, 광 증폭기(11)가 (b)와 같이 균일한 세기의 광 신호를 출력하도록 한다.
- [0016] 이와 같이 광 증폭기(11)의 출력 파워를 감지하여 출력 파워가 일정하게 유지되도록 피드백하여 광 증폭기(11)로 펌프 광을 인가하는 광 펌프(14)를 제어하는 방식의 구조를 APC 모드 광 증폭기라 하며, APC 모드 광 증폭기에서는 EDFA가 아닌 다른 광 증폭기를 이용하거나 피드백 구조가 변경될 수도 있다.
- [0017] APC 모드에 기반하는 광 보상부(10)는 EDFA를 이용할지라도 일반적으로 10MHz 이하의 주파수까지만 보상이 가능하다.
- [0018] 이에 도 4에 도시된 바와 같이, 수십 GHz 대역으로 OOK(On/Off keying)되어 전송되는 광 신호(S)가 채널 함수(A)에 의해 파워가 변동되는 형태로 입력되면, 수십 GHz 대역에서 OOK 변조된 광 신호(S)의 On/Off는 그대로 유지되지만, 채널 함수(A)에 의해 낮은 주파수로 변화하는 광 세기 변화는 광 보상부에 의해 보상되어 균일한 광 세기로 출력되도록 한다. 즉 APC 모드의 광 보상부는 광 신호(S)의 펄스 패턴에는 영향을 미치지 않으면서 채

널 함수(A)의 역함수(A^{-1})로 동작하여, 채널 함수(A)에 의해 파워 감쇄가 발생된 광 신호(AS)에서 송신 광 신호(S)를 복구하는 것으로 볼 수 있다.

- [0019] 따라서 릴레이 노드는 도 3과 같은 광 보상부를 이용함으로써, 광 신호가 수신되는 과정에서의 파워 손실을 보완할 수 있다.
- [0020] 도 5는 릴레이 노드의 이중 페이딩을 설명하기 위한 도면이다.
- [0021] 상기한 바와 같이, 릴레이 노드를 이용하게 되면, 다양한 장애물을 회피하여 통신을 수행할 수 있도록 하므로 직접 LOS가 형성되지 않는 장치 사이에서도 무선 광 통신을 수행할 수 있도록 한다.
- [0022] 그러나 릴레이 노드를 이용하는 경우, 제1 장치(여기서는 일 예로 지상 장치(GND))와 릴레이 노드 사이의 제1 채널(X)과 제2 장치(여기서는 일 예로 HAP)와 릴레이 노드 사이의 제2 채널(Y)이 존재한다. 그리고 2개의 채널 각각에서 구름, 비 및 안개 이외에 난류(Turbulence) 등으로 인한 페이딩이 발생할 수 있다. 즉 이중 페이딩(Double Fading) 현상이 발생할 수 있다.
- [0023] 이중 페이딩 현상은 제1 또는 제2 장치가 수신하는 수신 광 세기를 평균 수신 광 세기에 비해 크게 줄이고, 전체 BER(Bit Error Rate)을 크게 저하시키는 문제를 야기한다.
- [0024] 비록 도 2에 도시된 바와 같이, 릴레이 노드의 파워 조절 장치가 2개의 광 보상부(10, 20)를 구비하여 양방향으로 수신된 광 신호(X_{S_L} , Y_{S_D})의 파워 감쇄를 보상할지라도, 이는 광 신호(X_{S_L} , Y_{S_D})가 수신될 때까지의 파워 감쇄만을 보상할 수 있을 뿐, 이후 보상된 신호(S_L , S_D)가 다시 전달되는 과정에서 발생하는 파워 감쇄는 보상할 수 없다. 즉 선보상은 수행하지 못한다.
- [0025] 따라서 릴레이 노드뿐만 아니라 릴레이 노드를 통해 광 신호를 수신하는 장치들 또한 파워 조절 장치를 구비하여 수신되는 광 신호의 파워 손실을 보상해야 한다. 결과적으로 FSO 구축을 위한 비용이 증가하고, 전력을 효율적으로 이용하지 못할 뿐만 아니라 BER을 낮아지는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0026] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1297428호 (2013.08.09 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0027] 본 발명의 목적은 릴레이 노드에 구비되어 수신 광 신호에 발생된 파워 손실을 보상할 뿐만 아니라, 전송할 채널의 상태에 따른 파워 손실을 선보상할 수 있는 양방향 적응적 파워 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드를 제공하는데 있다.
- [0028] 본 발명의 다른 목적은 기존의 릴레이 노드에서 적은 수의 구성 요소만을 추가하여 양방향 적응적 파워 조절을 수행하여 전력 효율을 향상시키고 성능을 개선할 수 있는 양방향 적응적 파워 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0029] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 광통신에서 릴레이 노드를 위한 양방향 적응적 파워 조절 장치는 제1 및 제2 채널을 통해 전송되고 서로 직교하는 제1 편광 신호와 제2 편광 신호 중 제1 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제1 편광 신호와 이전 제2 채널을 통해 수신되어 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제1 편광 신호를 기준으로 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 제1 광 보상부; 및 상기 제2 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제2 편광 신호와 이전 상기 제1 채널을 통해 수신되어 상기 제1 광 보상부에 의해 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제2 편광 신호를 기준으로 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 상기 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광

신호를 출력하는 제2 광 보상부를 포함한다.

- [0030] 상기 제1 광 보상부는 상기 수신 제1 편광 신호와 상기 복원 제2 편광 신호를 인가받아 결합하여 제1 결합 편광 신호를 획득하는 제1 편광 결합기; 상기 제1 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제1 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제1 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제1 편광 보상부; 및 제1 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 획득하고, 상기 복원 제1 편광 신호를 상기 제2 광 보상부로 전송하고, 상기 선 보상 제2 편광 신호를 상기 제1 채널로 전송하는 제1 편광 분배기를 포함할 수 있다.
- [0031] 상기 제2 광 보상부는 상기 수신 제2 편광 신호와 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아 결합하여 제2 결합 편광 신호를 획득하는 제2 편광 결합기; 상기 제2 결합 편광 신호를 인가받아, 상기 제2 결합 편광 신호에 포함된 상기 수신 제2 편광 신호의 파워 변동을 감지하고, 감지된 파워 변동을 평활화함으로써 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제2 편광 보상부; 및 제2 보상 결합 편광 신호를 인가받아 상기 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 획득하고, 상기 복원 제2 편광 신호를 상기 제1 광 보상부로 전송하고, 상기 선 보상 제1 편광 신호를 상기 제2 채널로 전송하는 제2 편광 분배기를 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 제1 및 제2 편광 보상부는 APC(Automatic Power Control) 모드로 구성된 광 증폭기로 구현될 수 있다.
- [0033] 상기 제1 편광 보상부는 상기 제1 결합 편광 신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 인가된 제1 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제1 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제1 광 증폭기; 상기 제1 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 분배된 편광 신호에서 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 제1 편광 필터; 상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제1 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 제1 출력 감지기; 상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제1 제어기; 및 상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 제1 광 펌프를 포함할 수 있다.
- [0034] 상기 제2 편광 보상부는 상기 제2 결합 편광 신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 인가된 상기 제2 결합 편광 신호를 증폭하여 상기 제2 보상 결합 편광 신호를 출력하는 제2 광 증폭기; 상기 제2 보상 결합 편광 신호에서 기지정된 비율의 파워로 분배된 편광 신호를 인가받고, 분배된 편광 신호에서 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분만이 통과되도록 필터링하는 제2 편광 필터; 상기 편광 필터를 통해 인가되는 수신 제2 편광 신호에 대응하는 편광 성분의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 제2 출력 감지기; 상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제2 제어기; 및 상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 제2 광 펌프를 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 광통신에서 릴레이 노드를 위한 양방향 적응적 파워 조절 방법은 제1 및 제2 채널을 통해 전송되고 서로 직교하는 제1 편광 신호와 제2 편광 신호 중 제1 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제1 편광 신호와 이전 제2 채널을 통해 수신되어 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제1 편광 신호를 기준으로 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 단계; 및 상기 제2 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제2 편광 신호와 이전 상기 제1 채널을 통해 수신되어 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제2 편광 신호를 기준으로 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 상기 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 출력하는 단계를 포함한다.
- [0036] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 무선 광통신의 릴레이 노드는 상기 릴레이 노드를 기지정된 위치로 이동시키는 구동부; 상기 구동부를 제어하는 구동 제어부; 및 상기 제1 장치 또는 제2 장치로부터 제1 및 제2 채널을 통해 전송되고 서로 직교하는 제1 편광 신호와 제2 편광 신호의 파워 손실을 보상하여 재전송하는 파워 조절 장치를 포함하고, 상기 파워 조절 장치는 상기 제1 및 제2 채널 중 제1 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제1 편광 신호와 이전 제2 채널을 통해 수신되어 제2 채널에 의한 파워 손실이 보상된 복원 제2 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제1 편광 신호를 기준으로 상기 제1 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 복원 제1 편광 신호와 선 보상 제2 편광 신호를 출력하는 제1 광 보상부; 및 상기 제2 채널을 통해 수신되는 동안 파워 손실된 수신 제2 편광 신호와 이전 상기 제1 채널을 통해 수신되어 상기 제1 광 보상부에 의해 상기 제1 채널에 의한 파워 손실이 보상된 상기 복원 제1 편광 신호를 인가받아, 상기 수신 제2 편광 신호를 기준으로 상기 제2 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 상기 복원 제2 편광 신호와 선 보상 제1 편광 신호를 출

력하는 제2 광 보상부를 포함한다.

발명의 효과

[0037] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 무선 광통신에서 릴레이 노드를 위한 양방향 적응적 파워 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드는 기존과 동일하게 2개의 APC 모드의 광 증폭기를 구비하면서도 편광을 이용하여 수신 광 신호에 발생된 파워 손실을 보상할 뿐만 아니라 전송할 채널의 상태에 따른 파워 손실을 선보상함으로써, 제한된 전력으로 동작하는 FSO 시스템의 전력 효율성을 향상시키면서 성능을 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 FSO에서 릴레이 통신 방식을 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 기존의 릴레이 노드의 파워 조절 장치를 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 기존의 광 보상부의 상세 구성의 일 예를 나타낸다.
 도 4는 도 3의 광 보상부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
 도 5는 릴레이 노드의 이중 페이딩을 설명하기 위한 도면이다.
 도 6은 본 실시예의 릴레이 노드에 구비되는 광 보상부의 상세 구성의 일 예를 나타낸다.
 도 7은 도 6의 광 보상부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
 도 8은 본 실시예에 따른 릴레이 노드의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 릴레이 노드의 파워 조절 장치의 상세 구성을 나타낸다.
 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 FSO에서 릴레이 노드의 양방향 적응적 파워 조절 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 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.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 도 6은 본 실시예의 릴레이 노드에 구비되는 광 보상부의 상세 구성의 일 예를 나타낸다고, 도 7은 도 6의 광 보상부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[0043] 도 6에서는 이후 도 8에서 설명하는 본 발명의 일 실시예에 따른 릴레이 노드의 파워 조절 장치에 구비되는 제1 및 제2 광 보상부(120, 220) 중 제1 광 보상부(120)의 상세 구성의 일 예를 도시하였으나, 제2 광 보상부(220) 또한 동일하게 구성될 수 있다.

[0044] 도 6을 참조하면, 본 실시예의 광 보상부(120)는 도 3에 도시된 기존의 광 보상부(10)와 마찬가지로 같이 APC 모드 광 증폭기로 구현될 수 있다.

[0045] 이에 광 보상부(120)는 광 증폭기(121), 출력 감지기(122), 제어기(123) 및 광 펌프(124)를 포함한다. 광 증폭기(121)는 광 펌프(14)에서 인가되는 펌핑 광에 따라 입력되는 광을 증폭하여 출력하고, 출력 감지기(122)는 광 증폭기(121)에서 출력되는 광 신호에서 기지정된 비율로 광을 인가받아 광 세기를 감지하여 감지 신호를 생성한다. 제어기(123)는 출력 감지기(122)에서 인가되는 감지 신호에 따라 제어 신호를 광 펌프(124)로 인가하고, 광 펌프(124)는 제어기(123)에서 인가되는 제어 신호에 대응하는 펌프 레이저 광을 생성하여 광 증폭기(121)로 인가함으로써, 광 증폭기(121)가 균일한 세기의 광 신호를 출력하도록 한다.

- [0046] 즉 본 실시예에 따른 광 보상부(120)는 기본적으로 도 3에 도시된 기존의 광 보상부(10)와 유사한 구성을 가져, 거의 동일한 방식으로 광 신호의 파워 손실에 대한 보상 동작을 수행할 수 있다. 다만 단일 광 신호(S)를 인가받아 보상을 수행하는 기존의 광 보상부(10)와는 달리 본 실시예의 광 보상부(120)는 서로 다른 편광 방향을 갖는 2개의 편광 신호(S_1 , S_2)를 인가받는다. 여기서 2개의 편광 신호(S_1 , S_2)의 편광 방향은 서로 직교한다.
- [0047] 이에 본 실시예의 광 보상부(120)는 기존의 광 보상부(10)에 비해 광 증폭기(121)에서 출력되는 2개의 편광 신호(S_1 , S_2) 중 하나의 편광 신호(여기서는 일 예로 제2 편광 신호(S_2))만이 출력 감지기(122)로 인가되도록 필터링하는 편광 필터(125)를 더 구비한다.
- [0048] 편광 필터(125)가 2개의 편광 신호(S_1 , S_2) 중 제1 편광 신호(S_1)를 필터링하여 제2 편광 신호(S_2)만이 출력 감지기(122)로 인가되므로, 출력 감지기(122)는 제2 편광 신호(S_2)의 세기에 대응하는 감지 신호를 생성하여 제어기(123)로 전달하고, 제어기(123)는 제2 편광 신호(S_2)에 따른 제어 신호를 생성하여 광 펌프(124)로 인가한다. 따라서 광 증폭기(121)는 제2 편광 신호(S_2)의 파워 손실이 보상되도록 입력된 2개의 편광 신호(S_1 , S_2)를 증폭하여 출력한다.
- [0049] 즉 본 실시예의 광 보상부(120)는 입력되는 2개의 편광 신호(S_1 , S_2) 중 하나의 편광 신호가 보상이 되도록 2개의 편광 신호(S_1 , S_2)를 증폭한다.
- [0050] 이때 도 7에 도시된 바와 같이, 광 보상부(120)에 입력되는 2개의 편광 신호 중 제2 편광 신호가 채널을 거쳐 수신되는 동안 채널 함수(A)에 의해 파워 손실이 발생된 편광 신호(AS_2)이고, 제2 편광 신호(S_1)는 이후 동일한 채널로 전송되어야 하는 편광 신호인 경우를 가정하면, 광 보상부(120)는 채널 함수(A)에 의해 파워 손실이 발생된 제2 편광 신호(AS_2)에 대해 채널 함수의 역함수(A^{-1})를 적용하여 보상하는 동작을 수행하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 광 보상부(120)는 파워 손실이 발생된 제2 편광 신호(AS_2)는 채널에 의한 파워 손실을 보상하여 제2 편광 신호(S_2)를 복원하는 반면, 파워 손실이 발생되지 않은 제1 편광 신호(S_1)는 채널 함수의 역함수(A^{-1})에 의해 파워가 왜곡되어 출력된다. 그러나 제1 편광 신호(S_1)는 제2 편광 신호(S_2)가 전송된 채널을 통해 전송되어야 하므로, 이러한 채널 함수의 역함수(A^{-1})에 대응하는 왜곡된 제1 편광 신호(S_1)는 결과적으로 채널에 대해 선보상된 제1 편광 신호(S_1A^{-1})로 볼 수 있다.
- [0051] 즉 광 보상부(120)는 편광 필터(125)를 이용하여 이미 수신되는 과정에서 채널에 의한 파워 감쇄가 발생된 제2 편광 신호(AS_2)만을 보상하도록 구성되어, 채널 함수(A)의 역함수인 채널 보상 함수(A^{-1})가 미리 획득되어 있으므로, 채널로 전송될 제1 편광 신호(S_1)에 대해 미리 선보상을 수행할 수 있다.
- [0052] 양방향에서 광 신호를 수신하여 수신된 광 신호의 파워 손실을 보정한 후 다시 양방향으로 전송하는 릴레이 노드의 경우, 양방향에서 전송된 수신 광 신호를 보상하는 과정에서 양쪽 채널에 대한 채널 보상 함수(A^{-1})가 미리 획득될 수 있으며, 이를 이용하면 양쪽 채널로 전송할 광 신호에 대해 선 보상을 수행할 수 있다.
- [0053] 다만 양방향에서 수신된 2개의 광 신호 각각이 전송된 채널에 대해 개별적으로 후 보상을 수행하고, 다시 전송할 채널에 따라 선보상을 독립적으로 수행하는 경우, 2개의 광 신호 각각에 대해 후 보상 및 선 보상을 수행하기 위해 4개의 광 보상부가 필요하게 된다.
- [0054] 그러나 본 실시예에서는 양방향으로 전송되는 광 신호가 서로 다른 방향의 편광 신호로 구성되도록 하여 2개의 편광 신호가 동시에 보상되도록 함으로써, 2개의 광 보상부만으로 채널에 의한 파워 손실을 후 보상 및 선 보상할 수 있도록 한다.
- [0055] 도 8은 본 실시예에 따른 릴레이 노드의 동작을 설명하기 위한 도면이고, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 릴레이 노드의 파워 조절 장치의 상세 구성을 나타낸다.
- [0056] 여기서는 이해의 편의를 위하여 도 8 및 도 9에서 각 편광 신호를 진행 방향에 따라 동일한 색의 화살표를 함께 표시하였다.

- [0057] 도 8에 도시된 바와 같이, 릴레이 노드는 제1 및 제2 장치 사이에서 장애물을 회피하여 무선 광 통신이 수행되도록 광 신호를 양방향으로 전달한다. 이를 위해, 릴레이 노드는 지정된 위치로 이동하기 위한 구동부(미도시)와 구동부를 제어하는 구동 제어부(미도시) 및 채널을 통해 전송된 광 신호의 파워 손실을 보상하여 재전송하기 위한 파워 조절 장치를 구비한다.
- [0058] 본 실시예에서는 제1 장치인 지상 노드(GND)에서 제2 장치인 HAP 방향으로 전송되는 광 신호를 업링크 신호라고 하고, 제2 장치에서 제1 장치 방향으로 전송되는 광 신호를 다운링크 신호라 한다. 이때 본 실시예에서는 양방향으로 전달되는 광신호가 서로 직교하는 방향의 편광 신호이다. 따라서 본 실시예에서 업링크 신호는 제1 편광 신호(S_U)라고 할 수 있으며, 다운링크 신호는 제2 편광 신호(S_D)라 할 수 있다.
- [0059] 제1 장치인 지상 노드(GND)는 제1 채널(X)을 통해 UAV 등으로 구현되는 릴레이 노드로 제1 편광 신호(S_U)를 전송하고, 제1 편광 신호(S_U)는 제1 채널(X)을 통해 전달되는 과정에서 파워 감쇄가 발생되어 릴레이 노드에 수신 제1 편광 신호(XS_U)로 입사된다. 한편, 제2 장치인 HAP는 제2 채널(Y)을 통해 릴레이 노드로 제2 편광 신호(S_D)를 전송하고, 제2 편광 신호(S_D)는 제2 채널(Y)을 통해 전달되는 과정에서 파워 감쇄가 발생되어 릴레이 노드에 수신 제2 편광 신호(YS_D)로 입사된다.
- [0060] 제1 광 보상부(100)는 제1 채널(X)을 통해 수신된 수신 제1 편광 신호(XS_U)와 제2 광 보상부(200)에서 이미 제2 채널(Y)에 대한 후 보상이 수행되어 복원된 복원 제2 편광 신호(S_D)를 함께 인가받아, 수신 제1 편광 신호(XS_U)를 기준으로 보상을 수행한다. 즉 제1 채널(X)에 의해 수신 제1 편광 신호(XS_U)에 발생된 파워 손실이 후 보상되도록 수신 제1 편광 신호(XS_U)와 복원 제2 편광 신호(S_D)의 광 세기를 모두 증폭한다. 따라서 제1 광 보상부(100)는 제1 채널(X)에 대한 채널 보상 함수(X^{-1})로 동작하여 수신 제1 편광 신호(XS_U)와 복원 제2 편광 신호(S_D)의 세기를 조절한다.
- [0061] 여기서 복원 제2 편광 신호(S_D)는 이후, 제1 채널(X)을 통해 제1 장치로 전송되어야 하는 편광 신호이며, 제1 광 보상부(100)가 제1 채널(X)에 대한 채널 보상 함수(X^{-1})로 동작하므로, 제1 광 보상부(100)를 통해 복원 제2 편광 신호(S_D)가 2차 보상되어 출력되면, 출력된 편광 신호는 전송되어야 하는 제1 채널(X)에 대한 선 보상이 수행된 선 보상 제2 편광 신호($X^{-1}S_D$)라 할 수 있다.
- [0062] 한편, 제2 광 보상부(200)는 제2 채널(Y)을 통해 수신된 수신 제2 편광 신호(YS_D)와 제1 광 보상부(100)에서 이미 제1 채널(X)에 대한 후 보상이 수행되어 복원된 복원 제1 편광 신호(S_U)를 함께 인가받아, 수신 제2 편광 신호(YS_D)를 기준으로 보상을 수행한다. 즉 제2 채널(Y)에 의해 수신 제2 편광 신호(YS_D)에 발생된 파워 손실이 후 보상되도록 수신 제2 편광 신호(YS_D)와 복원 제1 편광 신호(S_U)의 광 세기를 모두 증폭한다. 따라서 제2 광 보상부(200)는 제2 채널(Y)에 대한 채널 보상 함수(Y^{-1})로 동작하여 수신 제2 편광 신호(YS_D)와 복원 제1 편광 신호(S_U)의 세기를 조절한다.
- [0063] 여기서 복원 제1 편광 신호(S_U)는 이후, 제2 채널(Y)을 통해 제2 장치로 전송되어야 하는 편광 신호이며, 제2 광 보상부(200)가 제2 채널(Y)에 대한 채널 보상 함수(Y^{-1})로 동작하므로, 제2 광 보상부(200)를 통해 복원 제1 편광 신호(S_U)가 2차 보상되어 출력되면, 출력된 편광 신호는 전송되어야 하는 제2 채널(Y)에 대한 선 보상이 수행된 선 보상 제1 편광 신호($Y^{-1}S_U$)라 할 수 있다.
- [0064] 본 실시예에 따른 릴레이 노드의 파워 조절 장치는 제1 및 제2 광 보상부(100, 200)의 2개의 광 보상부를 구비한다. 그리고 도 9에 도시된 바와 같이, 제1 및 제2 광 보상부(100, 200)는 각각 편광 결합기(110, 210), 편광 보상부(120, 220) 및 편광 분배기(130, 230)를 포함할 수 있다.
- [0065] 제1 광 보상부(100)의 제1 편광 결합기(110)는 제1 채널(X)을 통해 수신된 수신 제1 편광 신호(XS_U)와 제2 광 보상부(200)의 제2 편광 분배기(230)에서 출력되는 복원 제2 편광 신호(S_D)를 인가받아 결합하여 제1 결합 편광

신호를 출력한다. 그리고 제1 편광 보상부(120)는 도 6에 도시된 APC 모드 광 증폭기로 구현되어 제1 결합 편광 신호가 인가되면, 인가된 제1 결합 편광 신호에서 수신 제1 편광 신호(XS_U)의 파워 감쇄를 감지하고, 감지된 수신 제1 편광 신호(XS_U)의 파워 감쇄가 보상되도록, 즉 제1 채널(X)에 대한 채널 보상 함수(X^{-1})로 동작하여 제1 결합 편광 신호를 증폭한다. 이때, 복원 제2 편광 신호(S_D)는 제1 채널(X)에 대한 선 보상이 수행된다.

[0066] 제1 편광 분배기(130)는 제1 편광 보상부(120)에서 보상된 제1 보상 결합 편광 신호를 인가받아, 편광 방향에 따라 분할하여 복원 제1 편광 신호(S_U)와 선 보상 제2 편광 신호($X^{-1}S_D$)를 출력한다.

[0067] 제2 광 보상부(200)의 제2 편광 결합기(210)는 제2 채널(Y)을 통해 수신된 수신 제2 편광 신호(YS_D)와 제1 광 보상부(100)의 제1 편광 분배기(130)에서 출력되는 복원 제1 편광 신호(S_U)를 인가받아 결합하여 제2 결합 편광 신호를 출력한다. 그리고 제2 편광 보상부(220)는 인가된 제2 결합 편광 신호에서 수신 제2 편광 신호(YS_D)의 파워 감쇄가 보상되도록, 즉 제2 채널(Y)에 대한 채널 보상 함수(Y^{-1})로 동작하여 제2 결합 편광 신호를 증폭한다. 이때, 복원 제1 편광 신호(S_U)는 제2 채널(Y)에 대한 선 보상이 수행된다.

[0068] 제2 편광 분배기(230)는 제2 편광 보상부(220)에서 보상된 제2 보상 결합 편광 신호를 인가받아, 편광 방향에 따라 분할하여 복원 제2 편광 신호(S_D)와 선 보상 제1 편광 신호($Y^{-1}S_U$)를 출력한다.

[0069] 여기서 제1 및 제2 편광 결합기(110, 210)는 일 예로 PBC(Polarization Beam Combiner)로 구현될 수 있으며, 제1 및 제2 편광 분배기(130, 230)는 일 예로 PBS(Polarization Beam Splitter)로 구현될 수 있다.

[0070] 결과적으로 도 8에 도시된 본 실시예의 릴레이 노드는 2개의 광 보상부(100, 200)만으로 제1 및 제2 채널(X, Y) 각각을 통해 양방향에서 전송되어 수신된 2개의 편광 신호에 대해 각각 전송되는 과정에서 이미 발생된 파워 손실에 대한 후 보상뿐만 아니라 이후 전송될 과정에서 발생할 파워 손실에 대한 선 보상까지 수행할 수 있다. 그러므로, 제1 및 제2 장치는 별도의 광 보상을 수행하지 않고서도 광 신호를 요구되는 성능의 편광 신호로 수신할 수 있다.

[0071] 따라서 FSO 시스템에서 구축 비용이 저감될뿐만 아니라, BER이 감소되어 성능이 개선될 수 있다. 또한 일반적으로 릴레이 노드가 기존과 동일하게 2개의 광 보상부(100, 200)만으로 양방향 채널(X, Y)에 대한 후 보상과 선 보상을 함께 수행할 수 있으므로, 전력 효율성을 크게 개선할 수 있으며, 이 과정에서 부가적인 구성 요소를 많이 요구하지 않는다. 이는 많은 장치가 배터리에 기반하여 구동되는 이동형 장치로 구현되는 FSO 시스템에서는 매우 중요한 이슈이다.

[0072] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 FSO에서 릴레이 노드의 양방향 적응적 파워 조절 방법을 나타낸다.

[0073] 도 6 내지 도 9를 참조하여 도 10의 양방향 적응적 파워 조절 방법을 설명하면, 우선 제1 채널(X)과 제2 채널(Y)의 2개의 채널을 통해 양방향에서 전송된 2개의 편광 신호를 수신한다(S10). 이때, 2개의 편광 신호는 전송되는 과정에서 대응하는 채널에 의해 파워 손실이 발생된 수신 제1 편광 신호(XS_U)와 수신 제2 편광 신호(YS_D)이다.

[0074] 양방향에서 2개의 편광 신호로서 수신 제1 편광 신호(XS_U)와 수신 제2 편광 신호(YS_D)가 수신되면, 수신된 2개의 편광 신호 각각에 대해 다른 방향에서 이전 수신되어 파워 감쇄가 보상된 복원 편광 신호를 결합하여, 제1 및 제2 결합 편광 신호를 획득한다(S20).

[0075] 이때 제1 결합 편광 신호는 수신 제1 편광 신호(XS_U)에 이전 수신된 수신 제2 편광 신호(YS_D)에 대해 채널(Y)에 의한 파워 손실이 후 보상된 복원 제2 편광 신호(S_D)를 결합하여 획득된다. 그리고 제2 결합 편광 신호는 수신 제2 편광 신호(YS_D)에 이전 수신된 수신 제1 편광 신호(XS_U)에 대해 채널(X)에 의한 파워 손실이 후 보상된 복원 제1 편광 신호(S_U)를 결합하여 획득된다.

[0076] 제1 및 제2 결합 편광 신호가 획득되면, 제1 및 제2 결합 편광 신호 각각에서 수신 편광 신호(XS_U , YS_D)를 기준으로 파워 감쇄를 보상하여 제1 및 제2 보상 결합 신호를 획득한다(S30).

[0077] 수신 제1 편광 신호(XS_U)와 복원 제2 편광 신호(S_D)가 결합된 제1 결합 편광 신호에 대해서는 수신 제1 편광 신

호(XS_0)를 기준으로 제1 채널(X)에 의한 파워 감쇄를 보상한다. 이에 수신 제1 편광 신호(XS_0)는 제1 채널(X)에 의해 발생된 파워 손실이 후 보상되는 반면, 제2 편광 신호(S_0)는 제1 채널(X)에 의해 발생될 파워 손실이 선 보상되어 제1 보상 결합 편광 신호가 획득된다.

[0078] 마찬가지로 수신 제2 편광 신호(YS_0)와 복원 제1 편광 신호(S_0)가 결합된 제2 결합 편광 신호에 대해서는 수신 제2 편광 신호(YS_0)를 기준으로 제2 채널(Y)에 의한 파워 감쇄를 보상한다. 이에 수신 제2 편광 신호(YS_0)는 제2 채널(Y)에 의해 발생된 파워 손실이 후 보상되는 반면, 제1 편광 신호(S_0)는 제2 채널(Y)에 의해 발생될 파워 손실이 선 보상되어 제2 보상 결합 편광 신호가 획득된다.

[0079] 제1 및 제2 보상 결합 편광 신호가 획득되면, 획득된 제1 및 제2 보상 결합 편광 신호를 각각 편광에 따라 분배한다(S40). 수신 제1 편광 신호(XS_0)와 복원 제2 편광 신호(S_0)가 결합된 제1 결합 편광 신호를 제1 채널(X)에 대해 보상하여 획득된 제1 보상 결합 편광 신호는 복원 제1 편광 신호(S_0)와 선 보상 제2 편광 신호($X^{-1}S_0$)로 분배된다. 그리고 수신 제2 편광 신호(YS_0)와 복원 제1 편광 신호(S_0)가 결합된 제2 결합 편광 신호를 제2 채널(Y)에 대해 보상하여 획득된 제2 보상 결합 편광 신호는 복원 제2 편광 신호(S_0)와 선 보상 제1 편광 신호($Y^{-1}S_0$)로 분배된다.

[0080] 그리고 분배된 편광 신호들 중 2차 보상된, 즉 선 보상되어 분배된 선 보상 제2 편광 신호($X^{-1}S_0$)와 선 보상 제1 편광 신호($Y^{-1}S_0$)를 각각 대응하는 채널을 통해 양방향으로 전송한다. 즉 선 보상 제2 편광 신호($X^{-1}S_0$)는 제1 채널(X)로 전달하고, 선 보상 제1 편광 신호($Y^{-1}S_0$)는 제2 채널(Y)로 전송한다.

[0081] 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.

[0082] 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.

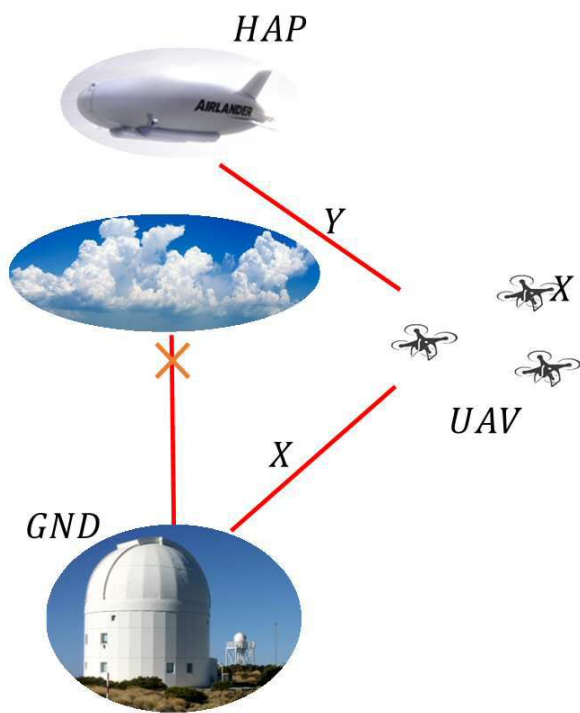
[0083] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

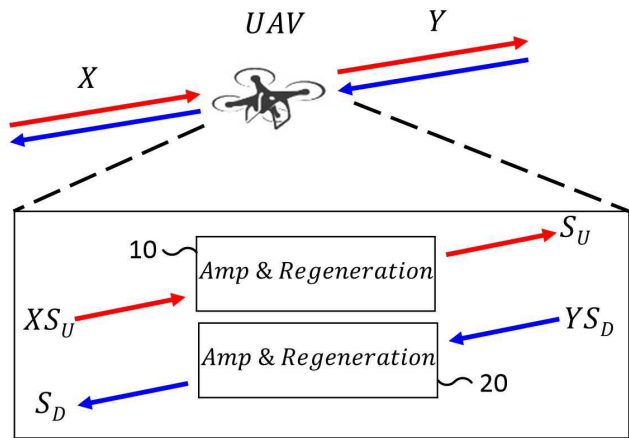
[0084]	100, 200: 광 보상부	110, 210: 편광 결합기
	120, 220: 편광 보상부	130, 230: 편광 분배기
	121: 광 증폭기	122: 출력 감지기
	123: 제어기	124: 광 펌프
	125: 편광 필터	

도면

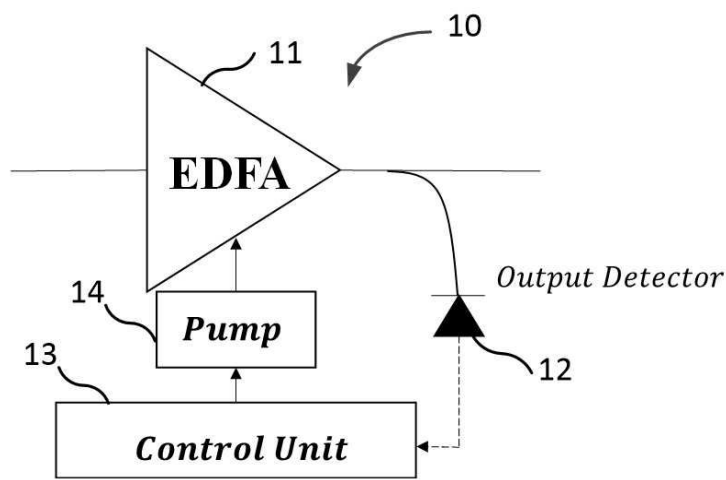
도면1



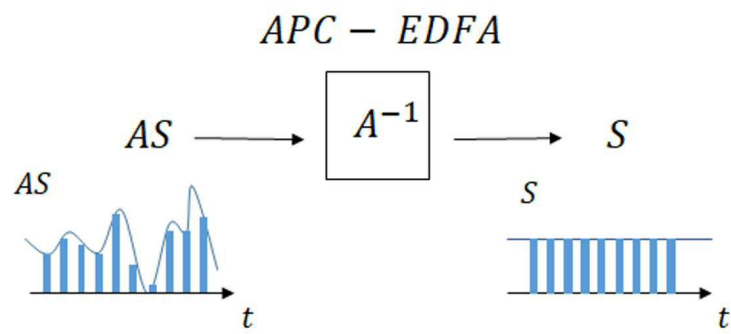
도면2



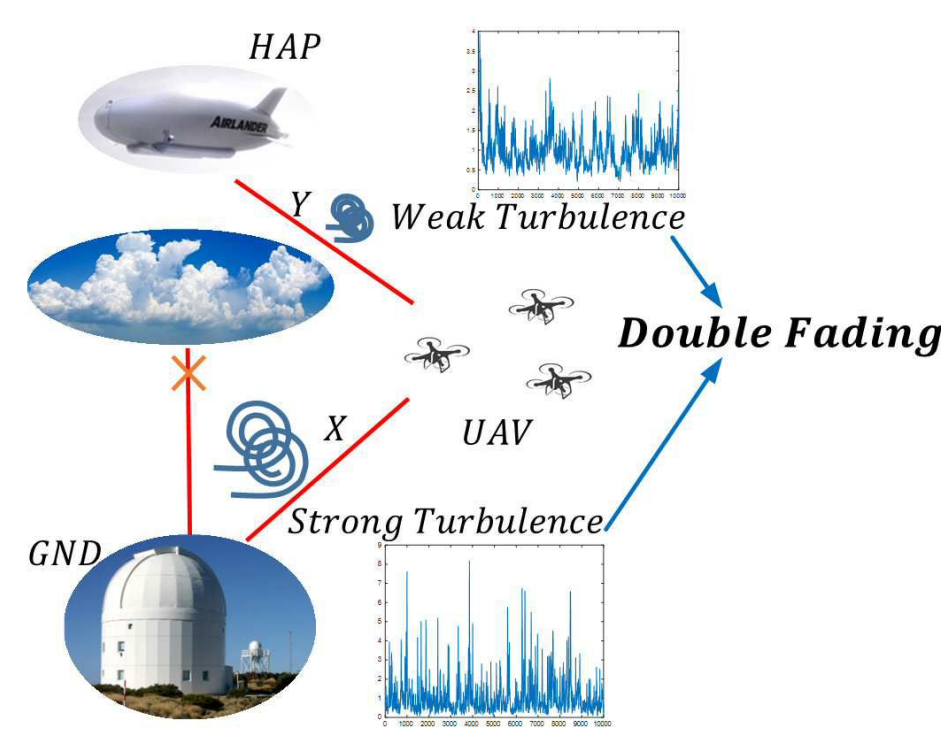
도면3



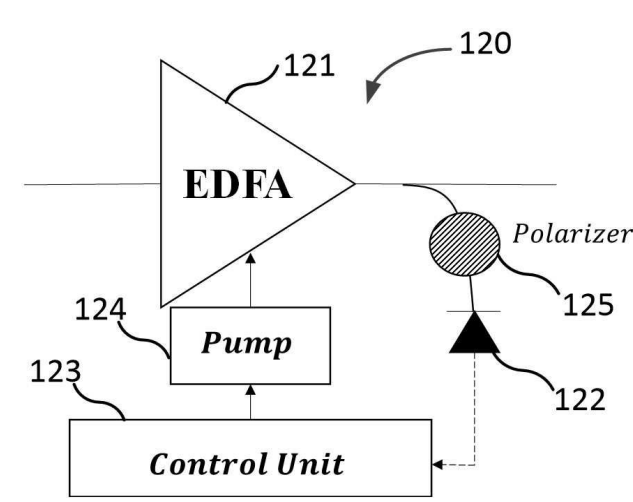
도면4



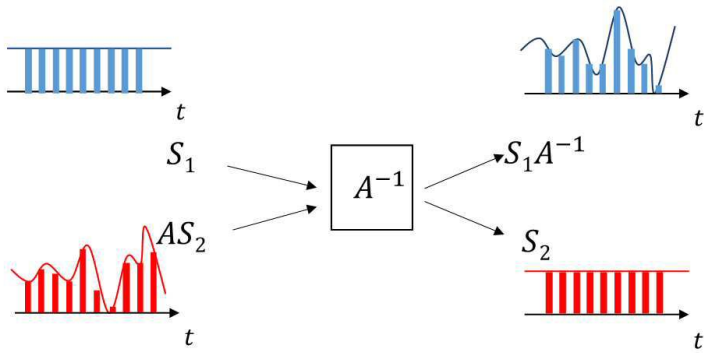
도면5



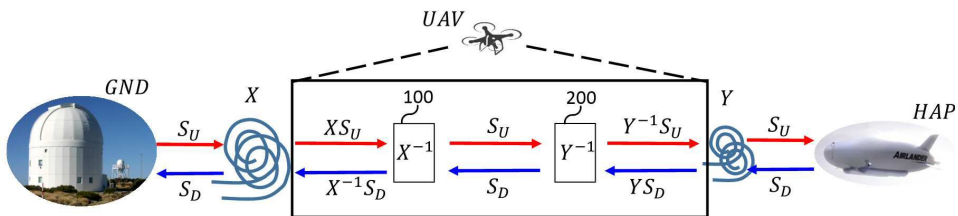
도면6



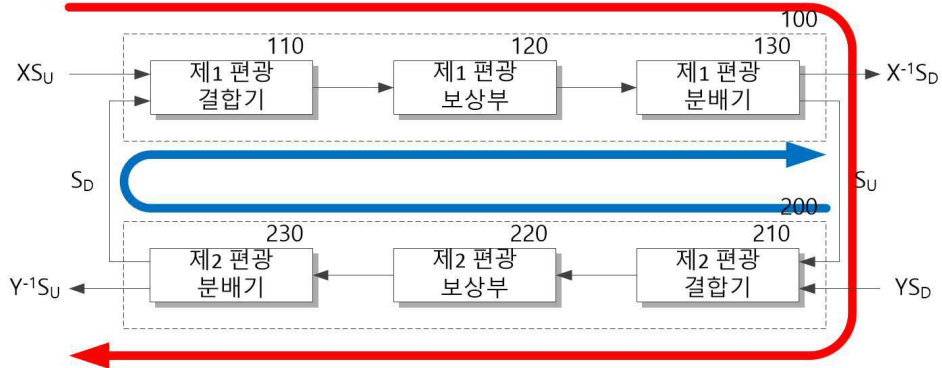
도면7



도면8



도면9



도면10

