



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월26일

(11) 등록번호 10-2583746

(24) 등록일자 2023년09월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 10/118 (2013.01) H04B 10/2519 (2013.01)

H04B 10/293 (2013.01) H04Q 11/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H04B 10/118 (2013.01)

H04B 10/2519 (2020.05)

(21) 출원번호 10-2022-0043734

(22) 출원일자 2022년04월08일

심사청구일자 2022년04월08일

(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 래미안아파트)

현영진

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

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

민영준

전체 청구항 수 : 총 19 항

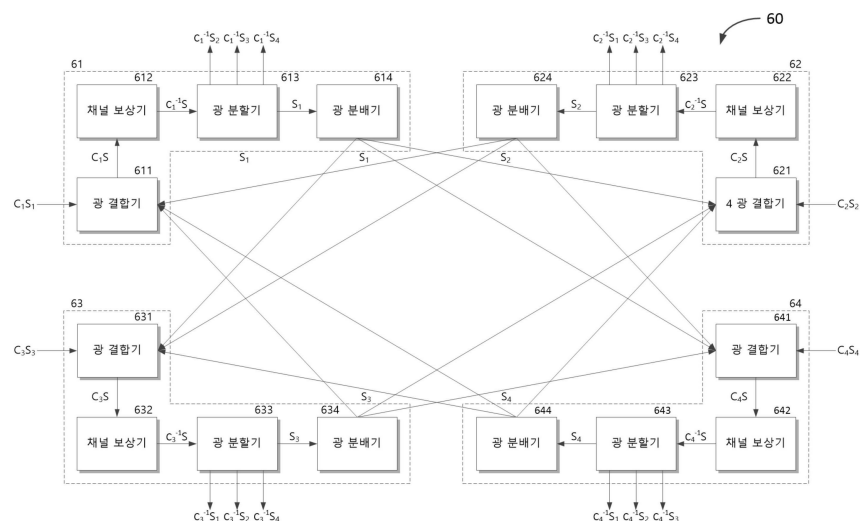
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 릴레이 기반 무선 광통신의 다중 파장 기반 다중 방향 적응형 전력 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드

(57) 요약

개시된 실시예는 N개의 노드에서 서로 다른 파장을 갖고 전송되는 광신호 각각에 대해 N개의 노드 각각과 릴레이 노드 사이의 대기 채널에 의한 광신호의 전력 손실을 보상하여 보상 광신호를 상호 전달하는 N개의 광 보상기를 구비하고, N개의 광 보중 제1 광 보상기는 제1 노드로부터 전송된 제1 광 신호가 제1 노드와 릴레이 노드 사이의 제1 대기 채널을 경유하여 릴레이 노드에 수신된 제1 손실 광신호와 나머지 노드로부터 이전 수신되어 다른 광 보상기에 의해 대기 채널에 의한 전력 손실이 보상된 N-1개의 보상 광신호를 인가받고, 손실 광신호를 기준으로 제1 대기 채널에 의해 손실 광신호에 발생된 전력 손실을 보상하여 다른 광 보상기로 전달하고, N-1개의 보상 광신호가 제1 노드로 전송되는 동안 제1 대기 채널에 의해 발생된 전력 손실을 선보상하여 제1 노드로 전송하는 적응형 전력 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드를 제공한다.

대표도



- | | |
|--|---|
| <p>(52) CPC특허분류
 <i>H04B 10/293</i> (2013.01)
 <i>H04Q 11/0062</i> (2013.01)</p> <p>(72) 발명자
 박진우
 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)</p> <p>이정문
 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)</p> <p>박혜민
 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 232호(신촌동)</p> | <p>(56) 선행기술조사문헌
 KR101849484 B1
 KR1020030045958 A
 KR101190862 B1
 KR100613744 B1
 JP2016144208 A</p> |
|--|---|

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711152632
과제번호	2019-0-00685-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발(R&D, 정보화)
연구과제명	무선광통신 기반 수직 이동통신 네트워크 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

무선 광통신 시스템에서 N개의 노드를 릴레이하는 릴레이 노드를 위한 적응형 전력 조절 장치에 있어서,

상기 N개의 노드에서 서로 다른 파장을 갖고 전송되는 광신호 각각에 대해 상기 N개의 노드 각각과 상기 릴레이 노드 사이의 대기 채널에 의한 광신호의 전력 손실을 보상하여 보상 광신호를 상호 전달하는 N개의 광 보상기를 구비하고,

상기 N개의 광 보상기 중 제1 광 보상기는

제1 노드로부터 전송된 제1 광 신호가 상기 제1 노드와 상기 릴레이 노드 사이의 제1 대기 채널을 경유하여 상기 릴레이 노드에 수신된 제1 손실 광신호와 나머지 노드로부터 이전 수신되어 다른 광 보상기에 의해 대기 채널에 의한 전력 손실이 보상된 N-1개의 보상 광신호를 인가받고, 상기 손실 광신호를 기준으로 상기 제1 대기 채널에 의해 상기 손실 광신호에 발생된 전력 손실을 보상하여 다른 광 보상기로 전달하고, 상기 N-1개의 보상 광신호가 상기 제1 노드로 전송되는 동안 상기 제1 대기 채널에 의해 발생될 전력 손실을 선보상하여 상기 제1 노드로 전송하는 적응형 전력 조절 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 광 보상기는

상기 제1 노드에서 전송된 상기 제1 손실 광신호와 다른 광 보상기로부터 전송된 N-1개의 보상 광신호가 결합된 결합 광신호를 인가받아, 상기 결합 광신호에 포함된 상기 제1 손실 광신호의 세기 변화를 감지하여, 상기 제1 손실 광신호가 균등한 세기를 갖도록 상기 결합 광신호의 세기를 조절하여 결합 보상 광신호를 출력하는 채널 보상기를 포함하는 적응형 전력 조절 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 광 보상기는

상기 제1 노드에서 전송된 상기 제1 손실 광신호와 다른 광 보상기로부터 전송된 N-1개의 보상 광신호를 인가받아 결합하여 상기 결합 광신호를 획득하는 광 결합기; 및

상기 결합 보상 광신호를 파장에 따라 분할하여 상기 제1 손실 광신호에서 상기 제1 대기 채널에 의해 발생된 전력 손실이 보상된 제1 보상 광신호와 상기 제1 대기 채널을 경유하는 동안 발생될 전력 손실이 선보상된 N-1개의 선보상 광신호를 획득하고, 상기 N-1개의 선보상 광신호를 상기 제1 노드로 전송하는 광 분할기를 더 포함하는 적응형 전력 조절 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 광 보상기는

상기 광 분할기로부터 상기 제1 보상 광신호를 인가받아 N-1개로 분배하고, 분배된 N-1개의 제1 보상 광신호를 각각 다른 N-1개의 광 보상기로 전달하는 광 분배기를 포함하는 적응형 전력 조절 장치.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 채널 보상기는

상기 결합 광신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 상기 결합 광신호를 증폭하여 상기 결합 보상 광신호를 출력하는 광 증폭기;

상기 결합 보상 광신호에서 기지정된 비율로 분배된 광신호를 인가받고, 분배된 광신호에서 상기 제1 손실 광신호에 대한 파장의 광신호만이 통과되도록 필터링하는 필터;

상기 필터를 통해 인가되는 광신호의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 출력 감지기;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제어기; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 광 펌프를 포함하는 적응형 전력 조절 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 필터는

FBC(Fiber Bragg Grating) 필터로 구현되는 적응형 전력 조절 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 무선 광통신 시스템은

고밀도 파장 분할 다중화(Dense Wavelength Division Multiplexing: DWDM) 광 통신 시스템으로 구현되는 적응형 전력 조절 장치.

청구항 8

무선 광통신 시스템에서 N개의 노드를 릴레이하는 릴레이 노드를 위한 적응형 전력 조절 장치의 적응형 전력 조절 방법에 있어서,

상기 N개의 노드에서 서로 다른 파장을 갖고 전송된 N개의 광신호가 상기 N개의 노드 각각과 상기 릴레이 노드 사이의 대기 채널을 경유하여 상기 릴레이 노드로 전송된 N개의 손실 광신호를 수신하는 단계;

수신된 상기 N개 손실 광신호 각각을 기준으로 상기 N개 손실 광신호에 발생된 전력 손실을 보상함과 동시에, 상기 N개 손실 광신호 각각에 대해 나머지 대기 채널을 경유하여 이전 수신된 손실 광신호의 전력 손실이 보상된 N-1개의 보상 광신호가 각 노드로 전송되는 동안 각 대기 채널에 의해 발생될 전력 손실을 선보상하는 단계; 및

선보상된 N-1개의 보상 광신호를 각 노드로 전송하는 단계를 포함하는 적응형 전력 조절 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 선보상하는 단계는

수신된 상기 N개 손실 광신호 각각에 각 손실 광신호와 다른 경로로 이전 수신되어 보상된 상기 N-1개의 보상 광신호를 결합하여 N개의 결합 광신호를 획득하고,

상기 N개의 결합 광신호 각각에 포함된 상기 손실 광신호의 세기 변화를 감지하여, 상기 손실 광신호가 균등한 세기를 갖도록 상기 결합 광신호의 세기를 조절하여 N개의 결합 보상 광신호를 출력하는 적응형 전력 조절 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 선보상하는 단계는

상기 결합 보상 광신호를 파장에 따라 분할하여 상기 손실 광신호가 경유한 대기 채널에 의해 발생된 전력 손실이 보상된 보상 광신호와 상기 대기 채널을 경유하는 동안 발생될 전력 손실이 선보상된 N-1개의 선보상 광신호를 획득하는 적응형 전력 조절 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 선보상하는 단계는

상기 보상 광신호를 인가받아 N-1개로 분배하고, 분배된 N-1개의 보상 광신호를 이후 인가되는 손실 광신호를 기준으로 선보상하는 적응형 전력 조절 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 선보상하는 단계는

상기 결합 광신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 상기 결합 광신호를 증폭하여 상기 결합 보상 광신호를 출력하고,

상기 결합 보상 광신호에서 기지정된 비율로 분배된 광신호를 인가받고, 분배된 광신호에서 상기 손실 광신호에 대한 파장의 광신호만이 통과되도록 필터를 이용하여 필터링하며,

필터링된 광신호의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하고,

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하며,

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 증폭되는 상기 결합 광신호의 전력을 조절하는 적응형 전력 조절 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 필터는

FBC(Fiber Bragg Grating) 필터로 구현되는 적응형 전력 조절 방법.

청구항 14

제8항에 있어서, 상기 무선 광통신 시스템은

고밀도 파장 분할 다중화(Dense Wavelength Division Multiplexing: DWDM) 광 통신 시스템으로 구현되는 적응형 전력 조절 방법.

청구항 15

무선 광통신 시스템에서 N개의 노드를 릴레이하는 릴레이 노드에 있어서,

상기 N개의 노드에서 전송된 광신호를 수신하고, 상기 N개의 노드로 광을 전송할 수 있도록 송수신되는 광신호에 대한 지향 방향을 조절하는 지향 방향 조절기; 및

상기 N개의 노드에서 서로 다른 파장을 갖고 전송되는 광신호 각각에 대해 상기 N개의 노드 각각과 상기 릴레이 노드 사이의 대기 채널에 의한 광신호의 전력 손실을 보상하여 보상 광신호를 상호 전달하는 N개의 광 보상기를 구비하는 적응형 전력 조절 장치를 포함하고,

상기 N개의 광 보상기 중 제1 광 보상기는

제1 노드로부터 전송된 제1 광 신호가 상기 제1 노드와 상기 릴레이 노드 사이의 제1 대기 채널을 경유하여 상기 릴레이 노드에 수신된 제1 손실 광신호와 나머지 노드로부터 이전 수신되어 다른 광 보상기에 의해 대기 채널에 의한 전력 손실이 보상된 N-1개의 보상 광신호를 인가받고, 상기 손실 광신호를 기준으로 상기 제1 대기 채널에 의해 상기 손실 광신호에 발생된 전력 손실을 보상하여 다른 광 보상기로 전달하고, 상기 N-1개의 보상 광신호가 상기 제1 노드로 전송되는 동안 상기 제1 대기 채널에 의해 발생될 전력 손실을 선보상하여 상기 제1 노드로 전송하는 릴레이 노드.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제1 광 보상기는

상기 제1 노드에서 전송된 상기 제1 손실 광신호와 다른 광 보상기로부터 전송된 N-1개의 보상 광신호가 결합된 결합 광신호를 인가받아, 상기 결합 광신호에 포함된 상기 제1 손실 광신호의 세기 변화를 감지하여, 상기 제1 손실 광신호가 균등한 세기를 갖도록 상기 결합 광신호의 세기를 조절하여 결합 보상 광신호를 출력하는 채널 보상기를 포함하는 릴레이 노드.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제1 광 보상기는

상기 제1 노드에서 전송된 상기 제1 손실 광신호와 다른 광 보상기로부터 전송된 N-1개의 보상 광신호를 인가받

아 결합하여 상기 결합 광신호를 획득하는 광 결합기; 및

상기 결합 보상 광신호를 파장에 따라 분할하여 상기 제1 손실 광신호에서 상기 제1 대기 채널에 의해 발생된 전력 손실이 보상된 제1 보상 광신호와 상기 제1 대기 채널을 경유하는 동안 발생된 전력 손실이 선보상된 N-1개의 선보상 광신호를 획득하고, 상기 N-1개의 선보상 광신호를 상기 제1 노드로 전송하는 광 분할기를 더 포함하는 릴레이 노드.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 제1 광 보상기는

상기 광 분할기로부터 상기 제1 보상 광신호를 인가받아 N-1개로 분배하고, 분배된 N-1개의 제1 보상 광신호를 각각 다른 N-1개의 광 보상기로 전달하는 광 분배기를 포함하는 릴레이 노드.

청구항 19

제16항에 있어서, 상기 채널 보상기는

상기 결합 광신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 상기 결합 광신호를 증폭하여 상기 결합 보상 광신호를 출력하는 광 증폭기;

상기 결합 보상 광신호에서 기지정된 비율로 분배된 광신호를 인가받고, 분배된 광신호에서 상기 제1 손실 광신호에 대한 파장의 광신호만이 통과되도록 필터링하는 필터;

상기 필터를 통해 인가되는 광신호의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 출력 감지기;

상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제어기; 및

상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 광 펌프를 포함하는 릴레이 노드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 개시되는 실시예들은 적응형 전력 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드에 관한 것으로, 릴레이 기반 무선 광통신의 다중 파장 기반 다중 방향 적응형 전력 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 기 지정된 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 방식이 주목받고 있다.

[0003] 도 1은 릴레이 기반 무선 광통신 방식을 나타낸다.

[0004] 도 1의 (a)는 2개의 노드(11, 12)와 릴레이 노드(13)를 포함하는 FSO 시스템의 일 예를 나타내고, (b)는 (a)에 도시된 FSO 시스템을 간략화하여 나타낸 도면이다.

[0005] 도 1의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 릴레이 기반 무선 광 통신 방식에서는 서로 이격된 2개의 노드(11, 12)에서 대기 채널(C_1 , C_2)을 통해 전송되는 광신호를 릴레이 노드(13)가 수신하여 다른 상대 노드(11, 12)로 전달한다. 여기서 2개의 노드(11, 12)는 지상에서 운용되는 광 통신 장치일 수 있으며, 릴레이 노드(13)는 고고도 플랫폼(High Altitude Platform: 이하 HAP)일 수 있다. HAP는 고고도에 네트워크의 인프라스트럭처를 전개하기 위한 장치로서, 정지 위성, 중궤도 위성, 저궤도 위성, 무인 항공기 및 무인 비행선 등이 이용될 수 있다.

[0006] 릴레이 방식에는 각 릴레이가 송신단에서 전송된 광을 광검출기(Potodetector: PD)로 검출하여 전기 신호로 획득한 후, 다시 광신호로 변환하여 수신단까지 다시 송신하는 OEO(Optic-Electro-Optic)방식과, 전기신호로 바꾸

지 않고 수신된 광신호를 전송하는 AO(All-Optical)방식이 있다.

[0007] 도 2는 OEO 방식을 이용하는 릴레이 노드를 설명하기 위한 도면이다.

[0008] 도 2에 도시된 바와 같이, OEO 방식의 경우, 릴레이 노드(13)는 2개의 노드(11, 12) 각각에서 전송되는 광신호를 검출하여 전기 신호를 획득하는 2개의 광 검출기(Photodetector: PD)(21, 26)와 획득된 전기 신호를 변조하기 위한 변조기(22, 25) 및 변조기에서 변조된 신호에 따른 광신호를 생성하여 상대 노드(11, 12)로 출력하기 위한 2개의 레이저(23, 24)가 필요하다. 또한 신호가 광 도메인에서 전기적 도메인으로 변환되므로, 경유하는 릴레이 노드의 개수가 늘어날수록 비용과 레이턴시(latency)가 크게 증가하게 되는 문제가 있다.

[0009] 도 3은 AO 방식을 이용하는 릴레이 노드를 설명하기 위한 도면이다.

[0010] AO 방식은 광신호를 전기적 신호로 변환하지 않고 광 도메인에서 처리하므로, OEO 방식에 비해 상대적으로 큰 이득을 가질 수 있다. 그리고 안정적인 광 전송 경로 확보를 위해서는 많은 수의 릴레이 노드가 필요하게 되므로, 최근에는 AO 방식을 이용한 FSO 시스템(이하 AO 시스템)이 주목을 받고 있다.

[0011] AO 방식은 도 3의 (a)와 (c)에 도시된 바와 같이, AOAF(All-Optical Amplify and Forward) 방식과 AORF(All-Optical Regeneration and Forward) 방식으로 구분된다. (a)에 도시된 AOAF 방식에서는 릴레이 노드(13)가 각 노드(11, 12)에서 전송되어 대기 채널(C_1 , C_2)을 경유하는 동안 전력이 감쇠된 광신호를 수신하고, 수신된 광신호를 각각 증폭하는 2개의 광보상기(31, 32)를 구비한다. 즉 AOAF 방식의 릴레이 노드(13)는 (b)와 같이, 대기 채널(C_1 , C_2)에 의한 전력 손실을 보상하기 위해 수신된 광신호에 대해 광세기 증폭을 수행하여 전달한다. 다만 대기 채널(C_1 , C_2)을 경유하는 광신호에는 기상 악화 및 공간 손실(space loss)로 인한 전력 감쇠가 발생할 뿐만 아니라, 난류(Turbulence)로 인한 페이딩(Fading) 현상 또한 발생할 수 있다. 페이딩 현상은 수신 광신호의 세기를 수시로 변화시켜, 수신 신호의 평균 BER(Bit Error Rate)을 열화시킨다. 그러나 AOAF 방식에서는 단순히 수신된 광신호를 증폭하여 전달하므로, 페이딩 현상에 의해 발생한 광신호의 손실을 보상할 수 없다.

[0012] 이에 AORF 방식에서는 릴레이 노드(13)에 구비되는 광 보상기(33, 34)가 광을 증폭할 뿐만 아니라, (d)와 같이 증폭된 광신호를 재생성하여 페이딩에 의한 광신호의 전력 손실까지 보정한 후 전달할 수 있도록 한다. AORF 방식에서도 릴레이 노드(13)는 수신된 광신호를 전기 신호로 변환하지 않고, 광신호 상태에서 채널 평탄화된 신호로 재생성하여, 재생성된 광신호를 전송한다. 다만 AORF 방식은 릴레이 노드(13)에 수신된 광신호에 대한 보상을 수행할 뿐, 릴레이 노드(13)에서 전송되는 광신호에 대한 보상은 수행할 수 없다.

[0013] 그러나 릴레이 노드(13)는 2개의 노드(11, 12) 사이에서 광신호를 릴레이하므로, 대기 채널(C_1 , C_2)은 광신호가 수신되는 경로뿐만 아니라, 광신호가 전송될 경로 상에도 존재한다. 따라서 릴레이 노드(13)를 통해 전달되는 광신호의 경우, 광신호가 경유하는 2개의 대기 채널(C_1 , C_2) 모두에서 페이딩이 발생하는 이중 페이딩(Double Fading) 현상이 발생할 수도 있다. 이와 같은 이중 페이딩 현상은 특정 시점에서의 수신되는 광신호의 세기를 크게 줄이게 되어, BER 성능 열화가 더욱 심화되도록 한다.

[0014] 따라서 비록 릴레이 노드가 AORF 방식을 이용하여 송신 노드와 릴레이 노드 사이의 대기 채널에서 발생한 페이딩에 의한 손실을 보상하였을지라도, 릴레이 노드에서 전송되는 광신호를 수신하는 노드는 릴레이 노드와 수신 노드 사이의 대기 채널에서 발생한 페이딩에 의한 광신호 손실을 별도로 보상해야 한다는 한계가 있다. 그리고 AORF 방식에 따라 릴레이 노드에서 재생성되는 광신호는 (d)에 도시된 바와 같이, 전송될 대기 채널(C_1 , C_2)의 상태와 무관하게 균일한 세기로 보상되므로, 릴레이 노드(13)의 전력 운용면에서도 비효율적이라는 문제가 있다.

[0015] 또한 OEO 방식에서나 AO 방식 모두에서 기본적으로 릴레이 노드(13)는 2개의 노드(11) 사이에서 1:1로 릴레이하도록 구성되어 있다. 따라서 릴레이 노드(13)는 다수의 노드에 대한 다중 릴레이 수행하기 어려우며, 다중 릴레이를 수행하고자 하는 경우, 1:1 릴레이를 다수로 반복하도록 구성되어야 한다. 그리고 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 릴레이 노드(13)는 1:1 릴레이에서도 양 방향으로 전달되는 광신호 각각에 대해 개별적으로 보상을 수행하므로, 광보상기(31 ~ 34)를 2개씩 필요로 한다. 따라서 릴레이 노드(13)가 다수의 노드에 대한 다중 릴레이를 수행하기 위해서는, 매우 많은 개수의 광보상기(31 ~ 34)를 구비해야 하므로, 제조 비용이 증가될 뿐만 아니라 전력 소비가 증가되는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10- 1922038호 (2018.11.20 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 개시되는 실시예들은 릴레이 노드가 다수의 노드에 대한 다중 릴레이를 수행할 수 있도록 하는 적응형 전력 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드를 제공하는데 있다.
- [0018] 개시되는 실시예들은 릴레이 노드가 다중 릴레이를 수행함에 있어, 수신 경로에서 발생한 광신호의 손실을 보상할 뿐만 아니라 다수의 송신 경로에서 발생하는 광신호의 손실을 선보상할 수 있도록 하는 적응형 전력 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드를 제공하는데 있다.
- [0019] 개시되는 실시예들은 릴레이 노드가 저비용으로 구축될 수 있으며 효율적으로 전력을 사용하여 다중 릴레이를 수행할 수 있도록 하는 적응형 전력 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0020] 실시예에 따른 릴레이 노드를 위한 적응형 전력 조절 장치는 N개의 노드에서 서로 다른 파장을 갖고 전송되는 광신호 각각에 대해 상기 N개의 노드 각각과 상기 릴레이 노드 사이의 대기 채널에 의한 광신호의 전력 손실을 보상하여 보상 광신호를 상호 전달하는 N개의 광 보상기를 구비하고, 상기 N개의 광 보상기 중 제1 광 보상기는 제1 노드로부터 전송된 제1 광 신호가 상기 제1 노드와 상기 릴레이 노드 사이의 제1 대기 채널을 경유하여 상기 릴레이 노드에 수신된 제1 손실 광신호와 나머지 노드로부터 이전 수신되어 다른 광 보상기에 의해 대기 채널에 의한 전력 손실이 보상된 N-1개의 보상 광신호를 인가받고, 상기 손실 광신호를 기준으로 상기 제1 대기 채널에 의해 상기 손실 광신호에 발생된 전력 손실을 보상하여 다른 광 보상기로 전달하고, 상기 N-1개의 보상 광신호가 상기 제1 노드로 전송되는 동안 상기 제1 대기 채널에 의해 발생될 전력 손실을 선보상하여 상기 제1 노드로 전송한다.
- [0021] 상기 제1 광 보상기는 상기 제1 노드에서 전송된 상기 제1 손실 광신호와 다른 광 보상기로부터 전송된 N-1개의 보상 광신호가 결합된 결합 광신호를 인가받아, 상기 결합 광신호에 포함된 상기 제1 손실 광신호의 세기 변화를 감지하여, 상기 제1 손실 광신호가 균등한 세기를 갖도록 상기 결합 광신호의 세기를 조절하여 결합 보상 광신호를 출력하는 채널 보상기를 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 제1 광 보상기는 상기 제1 노드에서 전송된 상기 제1 손실 광신호와 다른 광 보상기로부터 전송된 N-1개의 보상 광신호를 인가받아 결합하여 상기 결합 광신호를 획득하는 광 결합기; 및 상기 결합 보상 광신호를 파장에 따라 분할하여 상기 제1 손실 광신호에서 상기 제1 대기 채널에 의해 발생된 전력 손실이 보상된 제1 보상 광신호와 상기 제1 대기 채널을 경유하는 동안 발생될 전력 손실이 선보상된 N-1개의 선보상 광신호를 획득하고, 상기 N-1개의 선보상 광신호를 상기 제1 노드로 전송하는 광 분할기를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 제1 광 보상기는 상기 광 분할기로부터 상기 제1 보상 광신호를 인가받아 N-1개로 분배하고, 분배된 N-1개의 제1 보상 광신호를 각각 다른 N-1개의 광 보상기로 전달하는 광 분배기를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 채널 보상기는 상기 결합 광신호를 인가받고, 펌프 광에 따라 상기 결합 광신호를 증폭하여 상기 결합 보상 광신호를 출력하는 광 증폭기; 상기 결합 보상 광신호에서 기지정된 비율로 분배된 광신호를 인가받고, 분배된 광신호에서 상기 제1 손실 광신호에 대한 파장의 광신호만이 통과되도록 필터링하는 필터; 상기 필터를 통해 인가되는 광신호의 세기를 감지하여 감지 신호를 생성하는 출력 감지기; 상기 감지 신호에 응답하여 제어 신호를 출력하는 제어기; 및 상기 제어 신호에 대응하는 세기의 펌프 광을 생성하여 상기 광 증폭기로 출력하는 광 펌프를 포함할 수 있다.
- [0025] 실시예에 따른 릴레이 노드를 위한 적응형 전력 조절 방법은 N개의 노드에서 서로 다른 파장을 갖고 전송된 N개의 광신호가 상기 N개의 노드 각각과 상기 릴레이 노드 사이의 대기 채널을 경유하여 상기 릴레이 노드로 전송된 N개의 손실 광신호를 수신하는 단계; 수신된 상기 N개 손실 광신호 각각을 기준으로 상기 N개 손실 광신호에 발생된 전력 손실을 보상함과 동시에, 상기 N개 손실 광신호 각각에 대해 나머지 대기 채널을 경유하여 이전 수

신된 손실 광신호의 전력 손실이 보상된 N-1개의 보상 광신호가 각 노드로 전송되는 동안 각 대기 채널에 의해 발생될 전력 손실을 선보상하는 단계; 및 선보상된 N-1개의 보상 광신호를 각 노드로 전송하는 단계를 포함한다.

[0026] 실시예에 따른 릴레이 노드는 N개의 노드에서 전송된 광신호를 수신하고, 상기 N개의 노드로 광을 전송할 수 있도록 송수신되는 광신호에 대한 지향 방향을 조절하는 지향 방향 조절기; 및 상기 N개의 노드에서 서로 다른 파장을 갖고 전송되는 광신호 각각에 대해 상기 N개의 노드 각각과 상기 릴레이 노드 사이의 대기 채널에 의한 광신호의 전력 손실을 보상하여 보상 광신호를 상호 전달하는 N개의 광 보상기를 구비하는 적응형 전력 조절 장치를 포함하고, 상기 N개의 광 보상기 중 제1 광 보상기는 제1 노드로부터 전송된 제1 광 신호가 상기 제1 노드와 상기 릴레이 노드 사이의 제1 대기 채널을 경유하여 상기 릴레이 노드에 수신된 제1 손실 광신호와 나머지 노드로부터 이전 수신되어 다른 광 보상기에 의해 대기 채널에 의한 전력 손실이 보상된 N-1개의 보상 광신호를 인가받고, 상기 손실 광신호를 기준으로 상기 제1 대기 채널에 의해 상기 손실 광신호에 발생된 전력 손실을 보상하여 다른 광 보상기로 전달하고, 상기 N-1개의 보상 광신호가 상기 제1 노드로 전송되는 동안 상기 제1 대기 채널에 의해 발생될 전력 손실을 선보상하여 상기 제1 노드로 전송한다.

발명의 효과

[0027] 따라서, 실시예에 따른 적응형 전력 조절 장치와 방법 및 이를 구비하는 릴레이 노드는 다수의 노드로부터 광신호가 전송된 수신 경로에서 발생한 광신호의 손실을 보상할 뿐만 아니라 다수의 송신 경로에서 발생하는 광신호의 손실을 선보상하여 다수의 노드에 대한 다중 릴레이를 수행할 수 있다. 또한 저비용으로 구축될 수 있으며 효율적으로 전력을 사용하여 다중 릴레이를 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 릴레이 기반 무선 광통신 방식을 나타낸다.
 도 2는 OEO 방식을 이용하는 릴레이 노드를 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 AO 방식을 이용하는 릴레이 노드를 설명하기 위한 도면이다.
 도 4는 광 보상기의 상세 구성의 일 예와 동작을 설명하기 위한 도면이다.
 도 5는 릴레이 노드의 다중 릴레이를 설명하기 위한 도면이다.
 도 6 및 도 7은 실시예에 따른 다중 릴레이를 수행하는 릴레이 노드가 광을 보상하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 도 8은 도 6의 적응형 전력 조절 장치의 상세 구성의 일 예를 나타낸다.
 도 9는 도 8의 채널 보상기의 상세 구성의 일 예를 나타낸다.
 도 10은 일 실시예에 따른 릴레이 노드의 다중 릴레이를 위한 적응형 전력 조절 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 도면을 참조하여 일 실시예의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0030] 일 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 일 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 일 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이지는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어

어의 결합으로 구현될 수 있다. 그리고 하드웨어는 적어도 하나의 프로세서와 메모리와 같은 저장 매체를 포함할 수 있다.

[0031] 도 4는 광 보상기의 상세 구성의 일 예와 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[0032] 도 4의 (a)는 광 보상기 중에서도 광신호를 증폭 및 재생성하는 AORF 방식에 이용되는 광 보상기의 상세 구성의 일 예를 나타낸다. 도 4를 참조하면, 광 보상기(40)는 광 증폭기(41), 출력 감지기(42), 제어기(43) 및 광 펌프(44)를 포함할 수 있다. 광 증폭기(41)는 광 펌프(44)에서 인가되는 펌핑 광에 따라 입력되는 광을 증폭하여 출력한다. 광 증폭기(41)는 일 예로 EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)로 구현될 수 있다. EDFA로 구현되는 광 증폭기(41)는 어븀(Erbium)이 도핑된 광 섬유(fiber)에 광 펌프(44)에서 출력되는 펌프 레이저 광을 입사시켜 여기(excitation)시키고, 여기된 광 섬유에 광신호를 통과시켜 유도 방출(stimulated emission)에 의해 광신호를 증폭시킨다. 출력 감지기(42)는 광 증폭기(41)에서 출력되는 광신호의 광 세기를 감지한다. 출력 감지기(42)는 광 증폭기(41)에서 출력되는 광신호를 기지정된 비율(예를 들면 1/10)로 인가받아 광 증폭기(41)에서 출력되는 광신호의 세기를 감지하여 감지 신호를 제어기(43)로 전달한다. 제어기(43)는 출력 감지기(42)에서 인가되는 감지 신호에 따라 광 증폭기(41)에서 출력되는 광의 세기를 조절하기 위한 제어 신호를 광 펌프(44)로 인가한다. 광 펌프(44)는 제어기(43)에서 인가되는 제어 신호에 대응하는 펌프 레이저 광을 생성하여 광 증폭기(41)로 인가함으로써, 광 증폭기(41)가 (b)와 같이 균일한 세기의 광신호를 출력하도록 한다.

[0033] 이와 같이 광 증폭기(41)의 출력 파워를 감지하여 출력 파워가 일정하게 유지되도록 피드백하여 광 증폭기(41)로 펌프 광을 인가하는 광 펌프(44)를 제어하는 방식의 구조를 APC 모드 광 증폭기라 하며, APC 모드 광 증폭기에서는 EDFA가 아닌 다른 광 증폭기를 이용하거나 피드백 구조가 변경될 수도 있다.

[0034] APC 모드에 기반하는 광 보상기(40)는 EDFA를 이용할지라도 일반적으로 10MHz 이하의 주파수까지만 보상이 가능하다. 그러나 난류가 야기하는 페이딩의 대역폭은 일반적으로 수 kHz 수준으로 광 보상기(40)는 페이딩에 의한 광신호의 손실을 보상할 수 있다.

[0035] 그리고 도 4에 도시된 바와 같이, 수십 GHz 대역으로 OOK(On/Off keying)되어 전송되는 광신호(S)가 채널 함수(A)에 의해 파워가 변동되는 형태로 입력되면, 수십 GHz 대역에서 OOK 변조된 광신호(S)의 On/Off는 그대로 유지되지만, 대기 채널의 채널 함수(A)에 페이딩 등에 의해 발생하는 낮은 주파수로 변화하는 광 세기 변화는 광 보상기에 의해 보상되어 균일한 광 세기로 출력되도록 한다. 즉 APC 모드의 광 보상기는 광신호(S)의 펄스 패턴에는 영향을 미치지 않으면서 채널 함수(A)의 역함수(A^{-1})로 동작하여, 채널 함수(A)에 의해 파워 감쇠가 발생된 광신호(AS)에서 송신 광신호(S)를 복구하는 것으로 볼 수 있다.

[0036] 따라서 릴레이 노드는 도 4과 같은 광 보상기를 이용함으로써, 광신호가 수신되는 과정에서의 파워 손실을 복원할 수 있다.

[0037] 도 5는 릴레이 노드의 다중 릴레이를 설명하기 위한 도면이다.

[0038] 도 5의 (a)에서는 FSO 시스템의 일 예로서 4개의 노드(51 ~ 54)와 4개의 노드(51 ~ 54) 사이에서 광신호를 다중 릴레이하는 릴레이 노드(55)를 도시하였으며, (b)는 (a)에 도시된 FSO 시스템을 간략화하여 나타낸 도면이다.

[0039] 도 5의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 릴레이 노드(55)는 서로 이격된 다수의 노드(여기서는 일 예로 4개의 노드(51 ~ 54) 사이에서 각 노드(51 ~ 54)가 전송한 광신호를 다른 노드로 전달한다. 그리고 릴레이 노드(55)와 각 노드(51 ~ 54) 사이는 광신호가 공유하는 대기 채널($C_1 \sim C_4$)이 존재한다.

[0040] 도 5와 같이 다수의 노드(51 ~ 54)가 포함된 FSO 시스템에서도 릴레이 노드(55)는 기본적으로 2개의 노드 사이에 1:1 릴레이를 수행한다. 즉 하나의 노드에서 전송된 광신호를 다른 하나의 노드로 전달하며, 이 과정에서 공유된 대기 채널($C_1 \sim C_4$)에 의해 수신된 광신호에 발생한 전력 손실에 대해 AORF 방식을 적용하여 보상할 수 있다. 그러나 송신 노드에서 릴레이 노드(55)로 수신된 광신호에 대한 손실은 보상할 수 있으나, 릴레이 노드(55)로부터 수신 노드로 전달되는 경로 상의 대기 채널에 의해 발생하는 손실을 선보상할 수 없다. 또한 상기한 바와 같이, 광 통신 시스템에서는 릴레이 노드(55)는 기본적으로 1:1 통신을 수행하므로, RF 기반 통신 시스템의 브로드캐스팅과 같이 하나의 노드에서 전송된 광신호를 다수의 노드가 함께 수신하도록 구성하기 어렵다.

[0041] 만일 릴레이 노드(55)가 하나의 노드에서 수신된 광신호를 나머지 다수의 노드로 동시에 전송해야 한다면 릴레이 노드(55)는 다수의 노드에서 가능한 모든 2개씩의 노드들의 조합에 따른 2개씩 광보상기를 구비해야 한다. 그럼에도 불구하고, 여전히 수신 노드로 전달하는 광신호를 선보상할 수는 없다.

- [0042] 이러한 문제를 해소하기 위해 본 실시예의 릴레이 노드(55)는 적응형 전력 조절 장치를 구비하여, 다수의 노드 각각에서 전송된 광신호에 대한 후보상을 수행할 뿐만 아니라, 각 노드에서 전송된 광신호를 기반으로 각 노드로 전송될 광신호에 대한 선보상이 함께 수행되도록 하며, 이 때, 송신 노드에서 전송된 광신호와 수신 노드로 전송될 광신호를 함께 보상함으로써, 구비되어야 하는 광보상기 개수를 크게 줄일 수 있도록 한다.
- [0043] 도 6 및 도 7은 실시예에 따른 다중 릴레이를 수행하는 릴레이 노드가 광을 보상하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0044] 도 6에서는 도 5의 FSO 시스템에서 다중 릴레이를 수행하는 릴레이 노드(55)에 구비된 적응형 전력 조절 장치(60)의 동작 개념을 도시하였다.
- [0045] 도 6에 도시된 바와 같이, 다수의 노드(51 ~ 54) 각각은 릴레이 노드(55)로 광신호($S_1 \sim S_4$)를 전송한다. 이때, 다수의 노드(51 ~ 54)는 서로 구분될 수 있는 특성을 갖는 광신호를 전송할 수 있다. 여기서는 예로서 광통신 시스템이 고밀도 파장 분할 다중화(Dense Wavelength Division Multiplexing: DWDM) 시스템인 것으로 가정하며, 이에 각 노드(51 ~ 54)가 서로 다른 파장의 광신호($S_1 \sim S_4$)를 전송하는 것으로 가정하여 설명한다. 이에 릴레이 노드(55)는 다수의 노드(51 ~ 54) 각각으로부터 대기 채널($C_1 \sim C_4$)을 경유하면서 전력 손실이 발생된 서로 다른 파장의 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)를 수신한다.
- [0046] 손실이 발생된 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)가 수신되면, 릴레이 노드(55)에 구비된 적응형 전력 조절 장치(60)는 수신된 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$) 각각에 대해 보상을 수행한다. 이때 적응형 전력 조절 장치(60)는 노드 개수(여기서는 일 예로 4개)에 대응하는 개수의 광 보상기(61 ~ 64)를 구비하고, 다수의 광 보상기(61 ~ 64) 각각은 다수의 노드(51 ~ 54) 중 대응하는 노드에서 전송되어 수신된 수신 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)를 보상하여 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)를 획득한다. 다수의 노드(51 ~ 54)에서 전송된 광신호($S_1 \sim S_4$)와 광 보상기(61 ~ 64)에서 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)의 손실이 보상된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)는 서로 완전히 동일한 광신호가 아닐 수 있으나, 여기서는 편의를 위하여 광신호($S_1 \sim S_4$)와 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)에 대해 동일한 기호를 적용하였다.
- [0047] 즉 기본적으로 본 실시예의 적응형 전력 조절 장치(60)에서 다수의 광 보상기(61 ~ 64) 각각은 기존의 릴레이 노드에서와 마찬가지로 전송된 하나의 광신호에서 발생된 손실을 보상하는 동작을 수행한다.
- [0048] 다만, 본 실시예에서 적응형 전력 조절 장치(60)의 다수의 광 보상기(61 ~ 64) 각각은 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)를 곧바로 수신 노드로 전송하지 않고, 다른 광 보상기(61 ~ 64)로 전달한다. 이에 다수의 광 보상기(61 ~ 64)는 대응하는 노드(51 ~ 54)에서 전송된 광신호뿐만 아니라 다른 광 보상기(61 ~ 64)가 이미 전송 과정의 대기 채널($C_1 \sim C_4$)에 의해 발생된 손실을 보상하여 균일한 세기를 갖는 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)를 함께 인가받는다. 예로서 도 7에 도시된 바와 같이, 4개의 광 보상기(61 ~ 64) 중 제3 광 보상기(63)는 대응하는 노드(53)에서 전송된 제3 손실 광신호(C_3S_3)와 함께 다른 광 보상기(61, 62, 64)가 이미 보상을 수행한 제1, 제2 및 제4 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)를 함께 인가받는다.
- [0049] 그리고 다수의 광 보상기(61 ~ 64)는 인가된 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)와 함께 인가된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$) 모두에 대해 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)를 기준으로 보상을 수행한다. 도 7의 경우, 제3 광 보상기(63)는 제3 손실 광신호(C_3S_3)와 제1, 제2 및 제4 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)에 대해 제3 손실 광신호(C_3S_3)를 기준으로 동일하게 보상을 수행한다. 이때, 제3 손실 광신호(C_3S_3)는 제3 노드(53)와 릴레이 노드(55) 사이의 대기 채널(C_3)에 의해 이미 전력 손실이 발생된 신호이므로, 제3 손실 광신호(C_3S_3)에는 제3 대기 채널(C_3)의 상태가 반영되어 있는 것으로 볼 수 있다. 따라서 제3 손실 광신호(C_3S_3)가 보상 광신호(S_3)가 되도록 보상을 수행한다는 것은, 제3 광 보상기(63)가 제3 대기 채널(C_3)의 상태에 따른 보상을 수행하는 것으로 볼 수 있다. 즉 제3 광 보상기(63)는 제3 대기 채널(C_3)에 대한 역함수(C_3^{-1})로 동작한다고 할 수 있다.
- [0050] 한편, 이미 릴레이 노드(55)로의 전송 과정에서의 손실이 보상된 제1, 제2 및 제4 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)가 제3 노드(53)로 전송되는 경우, 제1, 제2 및 제4 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)는 제3 대기 채널(C_3)에 의한 추가적인

전력 손실이 발생하게 된다. 다만 상기한 바와 같이, 제3 광 보상기(63)는 제3 손실 광신호(C_3S_3)를 보상하기 위해 제3 대기 채널(C_3)에 대한 역함수(C_3^{-1})로 동작할 수 있으므로, 제1, 제2 및 제4 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)가 제3 손실 광신호(C_3S_3)와 함께 보상되면, 제1, 제2 및 제4 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)에는 릴레이 노드(55)로부터 제3 노드(53)으로의 전송 과정에서 발생하는 전력 손실에 대한 선보상이 이루어지게 된다.

[0051] 결과적으로 제3 광 보상기(63)는 도 7에서와 같이, 제3 손실 광신호(C_3S_3)에 대한 보상을 수행하여 보상 광신호(S_3)를 획득함과 동시에, 제1, 제2 및 제4 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)에 대해 선보상을 수행하여 선보상 광신호($C_3^{-1}S_1, C_3^{-1}S_2, C_3^{-1}S_4$)를 출력할 수 있다. 나머지 제1, 제2 및 제4 광 보상기(61, 62, 64) 또한 동일하게 손실 광신호(C_1S_1, C_2S_2, C_4S_4)를 보상하여 보상 광신호(S_1, S_2, S_4)를 획득하면서 동시에 선보상 광신호($(C_1^{-1}S_2, C_1^{-1}S_3, C_1^{-1}S_4), (C_2^{-1}S_1, C_2^{-1}S_3, C_2^{-1}S_4), (C_4^{-1}S_1, C_4^{-1}S_2, C_4^{-1}S_3)$)를 출력할 수 있다.

[0052] 이와 같이, 본 실시예에서는 적응형 전력 조절 장치(60)의 다수의 광 보상기(61 ~ 64)가 각각 인가된 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)를 보상함과 동시에, 함께 전송된 경로에서의 손실이 보상된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)에 대해 선보상을 수행함으로써 릴레이 노드(55)에서 전송된 광신호를 수신하는 수신 노드는 수신된 광신호에 대해 추가적인 보상을 수행하지 않아도 된다.

[0053] 또한 다수의 광 보상기(61 ~ 64) 각각이 릴레이 노드(55)는 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)가 전송된 경로 상의 대기 채널($C_1 \sim C_4$)의 상태에 따른 보상을 수행하면서 동시에, 보상된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)가 전송될 대기 채널($C_1 \sim C_4$)의 상태를 반영하여 선보상을 수행하므로, 릴레이 노드(55)의 전력 사용 효율성을 크게 개선시킬 수 있다. 뿐만 아니라 릴레이 노드(55)는 노드의 개수와 동일한 개수의 광 보상기(61 ~ 64)를 구비하여 후보상 뿐만 아니라 선보상까지 수행하므로, 광 보상기(61 ~ 64)의 개수를 크게 줄일 수 있어 제조 비용을 저감시킬 수 있다. 특히 FSO 시스템과 같이 광을 기반으로 하는 광 통신 시스템임에도 릴레이 노드(55)는 노드 개수와 동일한 개수의 광 보상기(61 ~ 64)만으로도 하나의 노드에서 인가된 광신호를 다수의 노드로 용이하게 전달할 수 있다. 즉 RF 시스템의 브로드캐스팅과 같은 기능을 용이하게 구현시킬 수 있다.

[0054] 도 8은 도 6의 적응형 전력 조절 장치의 상세 구성의 일 예를 나타내고, 도 9는 도 8의 채널 보상기의 상세 구성의 일 예를 나타낸다.

[0055] 도 8을 참조하면, 적응형 전력 조절 장치(60)는 노드(51 ~ 54)의 개수에 대응하여 4개의 광 보상기(61 ~ 64)를 포함하고, 4개의 광 보상기(61 ~ 64)는 각각 광 결합기(611, 621, 631, 641), 채널 보상기(612, 622, 632, 642), 광 분할기(613, 623, 633, 643) 및 광 분배기(614, 624, 634, 644)를 포함할 수 있다.

[0056] 4개의 광 보상기(61 ~ 64)는 동일한 구성을 갖고 동일한 동작을 수행하므로, 여기서는 설명의 편의를 위하여, 4개의 광 보상기(61 ~ 64) 중 제2 광 보상기(62)를 기준으로 동작을 설명한다.

[0057] 광 결합기(621)는 대응하는 노드(52)에서 전송되는 과정에서 대기 채널(C_2)에 의해 전력 손실이 발생된 손실 광신호(C_2S_2)를 인가받는 한편, 다른 3개의 광 보상기(61, 63, 64)에서 이미 대기 채널(C_1, C_3, C_4)에 의한 손실이 보상된 보상 광신호(S_1, S_3, S_4)를 함께 인가받아 결합하여 결합 광신호(C_2S)를 출력한다.

[0058] 그리고 채널 보상기(622)는 결합 광신호(C_2S)를 인가받고, 인가된 결합 광신호(C_2S)에서 손실 광신호(C_2S_2)를 기준으로 결합 광신호(C_2S) 전체에 대한 채널 손실 보상을 수행하여 결합 보상 광신호($C_2^{-1}S$)를 출력한다.

[0059] 여기서 결합 광신호(C_2S)는 손실 광신호(C_2S_2)와 보상 광신호(S_1, S_3, S_4)가 결합된 광신호이지만, 상기한 바와 같이, 각 노드(51 ~ 54)는 서로 다른 파장의 광신호($S_1 \sim S_4$)를 전송하므로, 결합 광신호(C_2S)에서 손실 광신호(C_2S_2)는 용이하게 추출될 수 있다. 이에 채널 보상기(612)는 결합 광신호(C_2S)에서 손실 광신호(C_2S_2)의 일부를 추출하고, 추출된 손실 광신호(C_2S_2)를 기반으로 결합 광신호(C_2S)에 대한 보상을 수행할 수 있다.

[0060] 여기서 채널 보상기(622)는 도 4의 광 보상기(40)와 마찬가지로 APC 모드 광 증폭기(90)로 구현될 수 있다.

- [0061] 도 9를 참조하면, APC 모드 광 증폭기(90)는 광 증폭기(91), 출력 감지기(92), 제어기(93), 광 펌프(94) 및 광 필터(95)를 포함할 수 있다.
- [0062] 광 증폭기(91)는 EDFA로 구현될 수 있으며, 광 펌프(94)에서 인가되는 펌핑 광에 따라 입력되는 광을 증폭하여 출력한다. 광 필터(95)는 광 증폭기(91)에서 출력되는 광신호를 기지정된 비율(예를 들면 1/10)로 인가받고, 인가된 광신호에서 특정 파장의 광신호만을 통과시킨다. 여기서 광 필터(95)는 서로 다른 파장을 갖는 다수의 광신호(C_2S_2 , S_1 , S_3 , S_4)가 결합된 결합 광신호(C_2S)에서 손실 광신호(C_2S_2)만을 검출하기 위해 구비된다. 광 필터(95)는 일 예로 FBC(Fiber Bragg Grating) 필터로 구현될 수 있다.
- [0063] 도 4의 광 보상기는 단순히 입력되는 광신호가 균일한 세기가 되도록 증폭하여 출력하므로, 서로 다른 다수의 광신호가 결합되어 결합 광신호(C_2S)로서 함께 인가는 경우, 이를 구분하지 못하므로 결합 광신호(C_2S) 전체 광 세기에 따라 출력되는 광신호의 세기를 조절하게 된다. 그러나 결합 광신호(C_2S) 전체 광 세기에 따라 출력되는 광신호의 세기를 조절하면, 보상 광신호(S_1 , S_3 , S_4)의 선보상이 제대로 수행되지 않을 뿐만 아니라, 손실 광신호(C_2S_2)에 대한 보상 또한 정상적으로 이루어질 수 없다.
- [0064] 이에 본 실시예에서는 특정 파장의 광신호만을 통과시키는 광 필터(95)를 구비하여 출력 감지기(92)가 광 필터(95)를 통과한 광신호만을 검출하도록 함으로써, 채널 보상기(62)가 대응하는 대기 채널(C_2)에 의해 전력이 감쇠된 손실 광신호(C_2S_2)를 기준으로 결합 광신호(C_2S)를 보상할 수 있도록 한다.
- [0065] 출력 감지기(92)는 광 필터(95)에서 필터링되어 출력되는 광신호의 광 세기를 감지하여 감지 신호를 제어기(93)로 전달한다. 제어기(93)는 출력 감지기(92)에서 인가되는 감지 신호에 따라 광 증폭기(91)에서 출력되는 광의 세기를 조절하기 위한 제어 신호를 광 펌프(94)로 인가한다. 광 펌프(94)는 제어기(93)에서 인가되는 제어 신호에 대응하는 펌프 레이저 광을 생성하여 광 증폭기(91)로 인가한다. 이에 광 증폭기(91)는 결합 광신호(C_2S)에서 손실 광신호(C_2S_2)의 광 세기가 균일해지도록 보상한다.
- [0066] 채널 보상기(612)가 손실 광신호(C_2S_2)를 기준으로 결합 광신호(C_2S)를 보상하게 되면, 결합 광신호(C_2S)에 포함된 손실 광신호(C_2S_2)는 전력 손실이 보상되어 보상 광신호(S_2)가 되고, 결합 광신호(C_2S) 포함된 나머지 보상 광신호(S_1 , S_3 , S_4)는 대기 채널(C_2)에 대해 선보상되어 선보상 광신호($C_2^{-1}S_1$, $C_2^{-1}S_3$, $C_2^{-1}S_4$)가 된다.
- [0067] 즉 채널 보상기(612)에서 출력되는 결합 보상 광신호($C_2^{-1}S$)에는 보상 광신호(S_2)와 선보상 광신호($C_2^{-1}S_1$, $C_2^{-1}S_3$, $C_2^{-1}S_4$)가 포함되어 있다.
- [0068] 광 분할기(623)는 결합 보상 광신호($C_2^{-1}S$)에 포함된 광신호를 파장에 따라 분할하여, 보상 광신호(S_2)와 선보상 광신호($C_2^{-1}S_1$, $C_2^{-1}S_3$, $C_2^{-1}S_4$)를 획득한다. 즉 결합 보상 광신호($C_2^{-1}S$)를 파장에 따라 노드(51 ~ 54) 개수만큼 분할한다.
- [0069] 그리고 광 분할기(623)는 획득된 선보상 광신호($C_2^{-1}S_1$, $C_2^{-1}S_3$, $C_3^{-1}S_4$)를 제2 노드(52)로 전송한다. 선보상 광신호($C_2^{-1}S_1$, $C_2^{-1}S_3$, $C_2^{-1}S_4$)는 이미 제2 대기 채널(C_2)에 대해 선보상된 광신호이므로, 제2 노드(52)로 전송된 선보상 광신호($C_2^{-1}S_1$, $C_2^{-1}S_3$, $C_2^{-1}S_4$)는 제2 대기 채널(C_2)을 경유하여 보상 광신호(S_1 , S_3 , S_4)로서 제2 노드(52)에 인가된다. 따라서 제2 노드(52)는 추가적인 보상을 수행하지 않아도 된다.
- [0070] 한편, 보상 광신호(S_2)는 광 분배기(614)로 인가되고, 광 분배기(624)는 인가된 보상 광신호(S_2)를 노드의 개수보다 1 작은 개수($N-1$, 여기서는 3개)로 분배한다. 보상 광신호(S_2)는 단지 제2 노드(52)로부터 릴레이 노드(55)로 전송되는 동안 제2 대기 채널(C_2)에 의해 발생된 손실이 보상된 신호이므로, 다른 노드(51, 53, 54)로 전송되기 위해서는 각 대기 채널(C_1 , C_3 , C_4)의 상태에 따른 선보상이 수행되어야 한다. 이에 광 분배기(624)는 보상 광신호(S_2)가 각 대기 채널(C_1 , C_3 , C_4)에 따라 선보상될 수 있도록 다수개로 분배하고, 분배된 보상 광신

호(S_2)를 자신을 제외한 나머지 광 보상기(61, 63, 64)의 광 결합기(611, 631, 641)로 전달한다.

- [0071] 도시하지 않았으나, 릴레이 노드(55)는 다수의 노드(51 ~ 54) 사이에서 전송되는 광신호가 장애물에 의해 영향 받지 않도록 지정된 위치로 이동하기 위한 구동부(미도시)와 구동부를 제어하는 구동 제어부(미도시)를 구비할 수 있다. 또한 각 노드(51 ~ 54)에서 전송되는 광신호를 적응형 전력 조절 장치(60)가 수신하고 적응형 전력 조절 장치(60)에서 선보상된 광신호를 각 노드(51 ~ 54)로 전송할 수 있도록 송수신되는 광신호에 대한 지향 방향을 조절하는 지향 방향 조절기를 더 포함할 수 있다.
- [0072] 도 10은 일 실시예에 따른 릴레이 노드의 다중 릴레이를 위한 적응형 전력 조절 방법을 나타낸다.
- [0073] 도 5 내지 도 9를 참조하면, 도 10의 실시예에 따른 적응형 전력 조절 방법은 우선 릴레이 노드(55)가 다수의 노드(51 ~ 54) 각각에서 서로 다른 파장을 갖고 대기 채널($C_1 \sim C_4$)을 경유하여 전송되어 전력 손실이 발생된 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)를 수신한다(101).
- [0074] 그리고 각 노드(51 ~ 54)에서 수신된 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)와 다른 노드에서 이미 수신되어 대기 채널($C_1 \sim C_4$)에 의한 손실이 보상되고 분배된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)를 결합하여 결합 광신호($C_1S \sim C_4S$)를 획득한다(102). 결합 광신호($C_1S \sim C_4S$)가 획득되면, 결합 광신호($C_1S \sim C_4S$)를 결합 광신호($C_1S \sim C_4S$)에 포함된 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)를 기준으로 보상하여 결합 보상 광신호($C_1^{-1}S \sim C_4^{-1}S$)를 획득한다(103). 비록 결합 광신호($C_1S \sim C_4S$)에는 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)와 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)가 함께 포함되어 있으나, 다수의 노드(51 ~ 54)가 서로 다른 파장을 갖는 광신호를 전송하였으므로, 파장에 따라 구분하여 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)를 기준으로 결합 광신호($C_1S \sim C_4S$)를 보상할 수 있다.
- [0075] 결합 보상 광신호($C_1^{-1}S_1 \sim C_4^{-1}S_4$) 각각에는 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)가 보상된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)와 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)가 선보상된 선보상 광신호($(C_1^{-1}S_2, C_1^{-1}S_3, C_1^{-1}S_4), (C_2^{-1}S_1, C_2^{-1}S_3, C_2^{-1}S_4), (C_3^{-1}S_1, C_3^{-1}S_2, C_3^{-1}S_4), (C_4^{-1}S_1, C_4^{-1}S_2, C_4^{-1}S_3)$)가 포함된다. 이에 결합 보상 광신호($C_1^{-1}S_1 \sim C_4^{-1}S_4$)를 파장에 따라 분할하여 손실 광신호($C_1S_1 \sim C_4S_4$)가 보상된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)와 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)가 선보상된 선보상 광신호($(C_1^{-1}S_2, C_1^{-1}S_3, C_1^{-1}S_4), (C_2^{-1}S_1, C_2^{-1}S_3, C_2^{-1}S_4), (C_3^{-1}S_1, C_3^{-1}S_2, C_3^{-1}S_4), (C_4^{-1}S_1, C_4^{-1}S_2, C_4^{-1}S_3)$)로 분할한다(104).
- [0076] 파장에 따라 분할되어 선보상 광신호($(C_1^{-1}S_2, C_1^{-1}S_3, C_1^{-1}S_4), (C_2^{-1}S_1, C_2^{-1}S_3, C_2^{-1}S_4), (C_3^{-1}S_1, C_3^{-1}S_2, C_3^{-1}S_4), (C_4^{-1}S_1, C_4^{-1}S_2, C_4^{-1}S_3)$)가 획득되면, 획득된 선보상 광신호($(C_1^{-1}S_2, C_1^{-1}S_3, C_1^{-1}S_4), (C_2^{-1}S_1, C_2^{-1}S_3, C_2^{-1}S_4), (C_3^{-1}S_1, C_3^{-1}S_2, C_3^{-1}S_4), (C_4^{-1}S_1, C_4^{-1}S_2, C_4^{-1}S_3)$) 각각을 선보상된 대기 채널($C_1 \sim C_4$)을 통해 노드(51 ~ 54)로 전송한다(105).
- [0077] 그리고 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)가 다수의 대기 채널($C_1 \sim C_4$) 각각에 대해 선보상될 수 있도록 노드 개수(N) 또는 대기 채널 개수보다 1개 작은 개수(N-1개)로 분배한다(106). 여기서 분배된 보상 광신호($S_1 \sim S_4$)는 이후 다른 대기 채널을 경유하여 수신된 손실 광신호와 결합된다.
- [0078] 도 10에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 10에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능하다.
- [0079] 도시된 실시예에서, 각 구성들은 이하에 기술된 것 이외에 상이한 기능 및 능력을 가질 수 있고, 이하에 기술되지 것 이외에도 추가적인 구성을 포함할 수 있다. 또한, 일 실시예에서, 각 구성은 물리적으로 구분된 하나 이상의 장치를 이용하여 구현되거나, 하나 이상의 프로세서 또는 하나 이상의 프로세서 및 소프트웨어의 결합에 의해 구현될 수 있으며, 도시된 예와 달리 구체적 동작에 있어 명확히 구분되지 않을 수 있다.
- [0080] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 기술 분야의 통상의 지식을

가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0081]

51 ~ 54: 노드

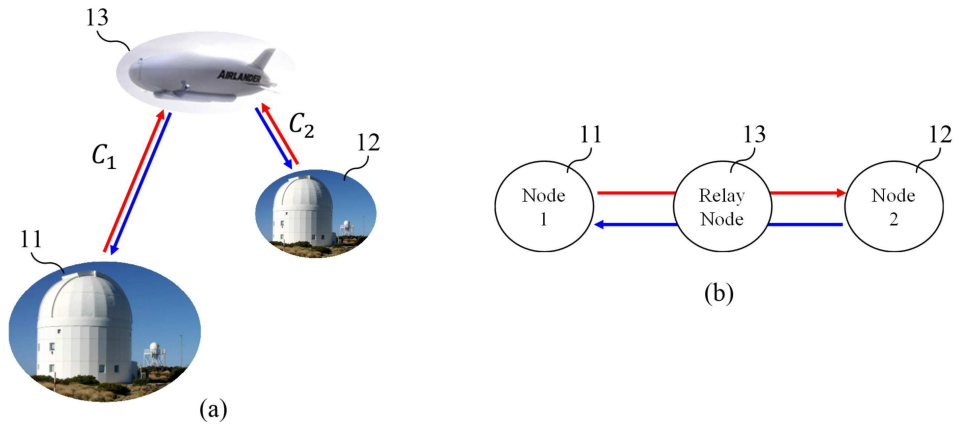
55: 릴레이 노드

60: 적응형 전력 조절 장치

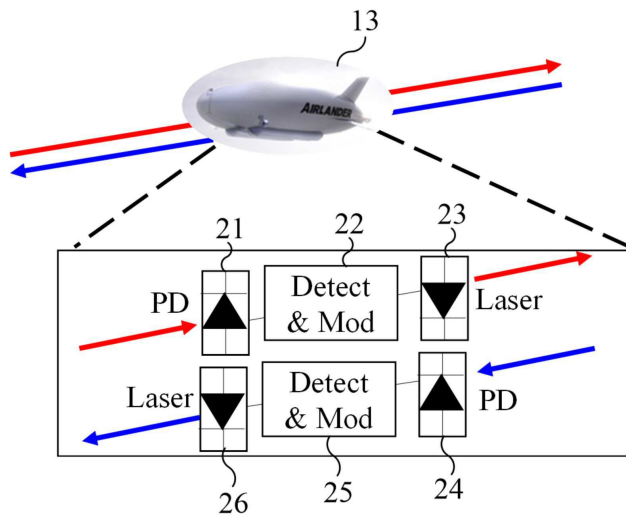
61 ~ 64: 광 보상기

도면

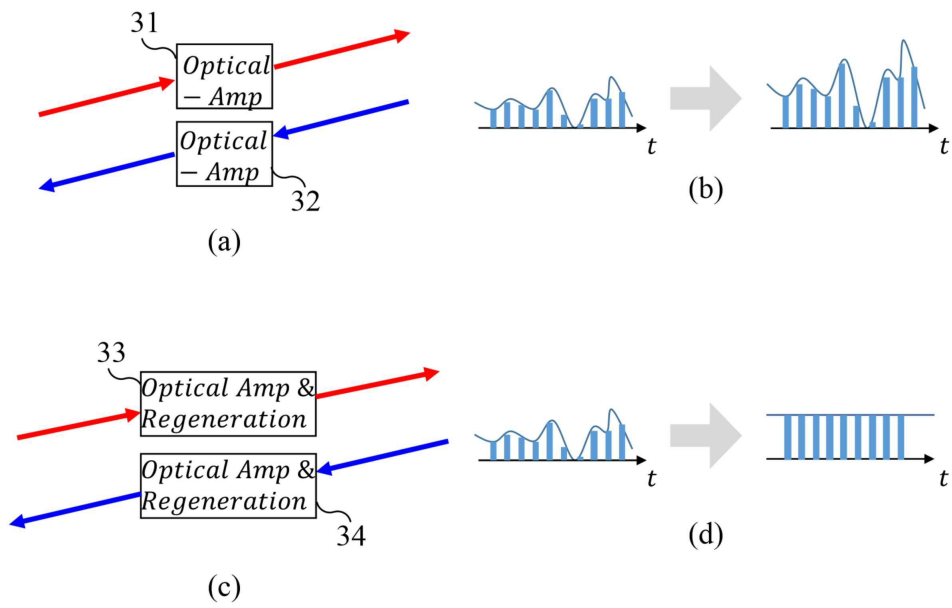
도면1



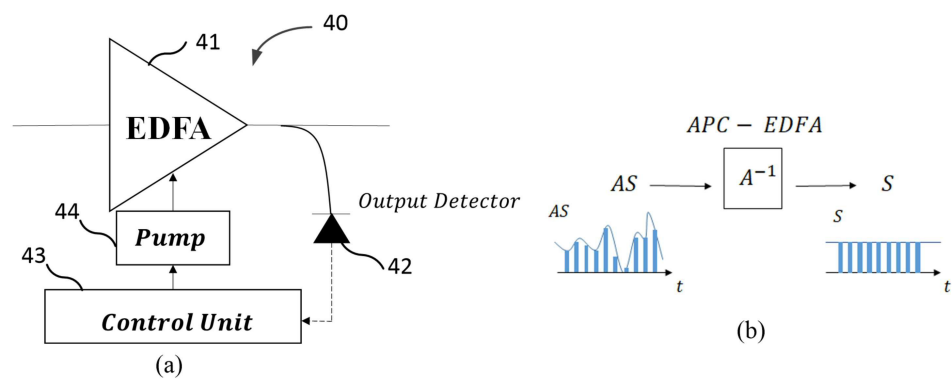
도면2



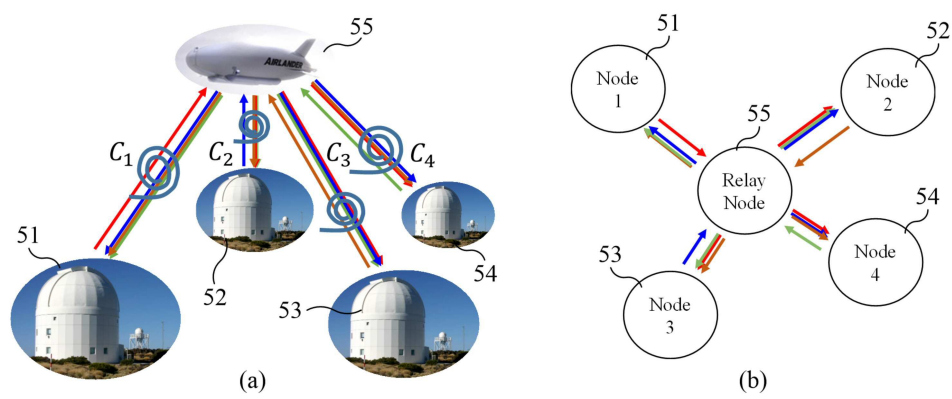
도면3



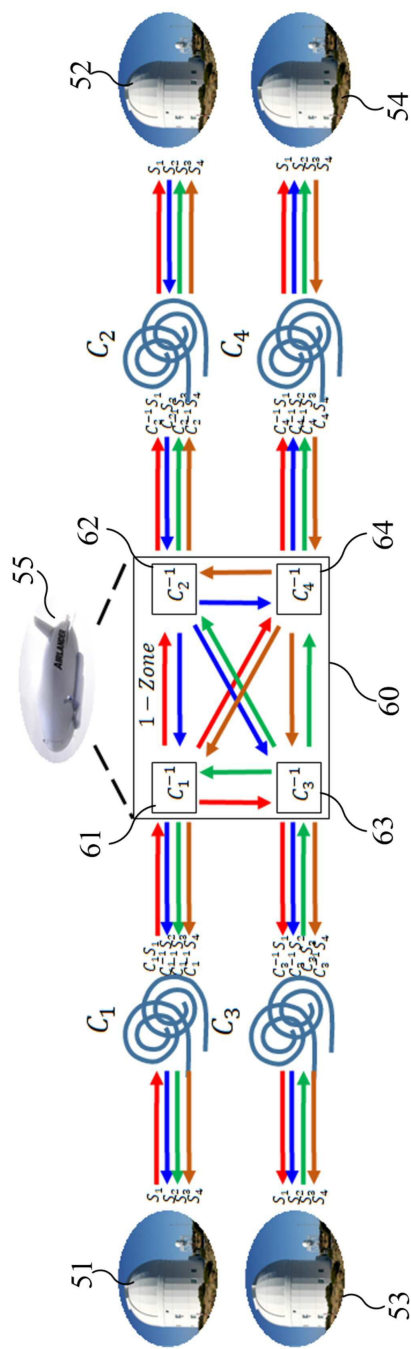
도면4



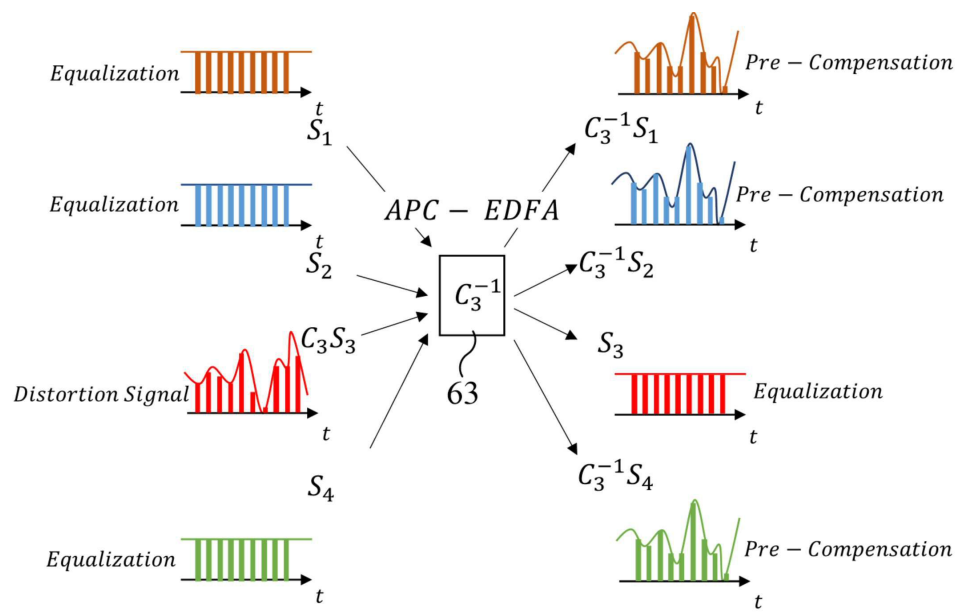
도면5



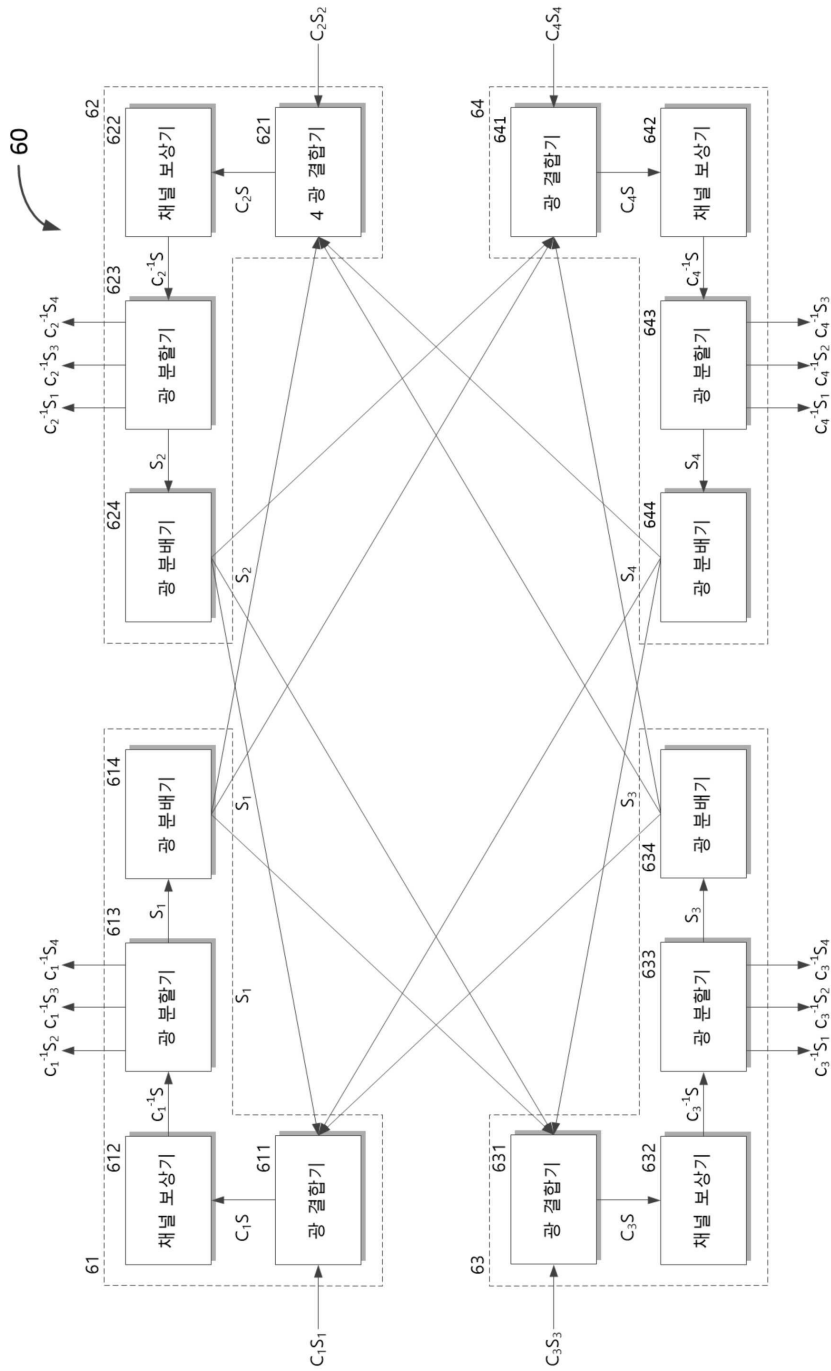
도면6



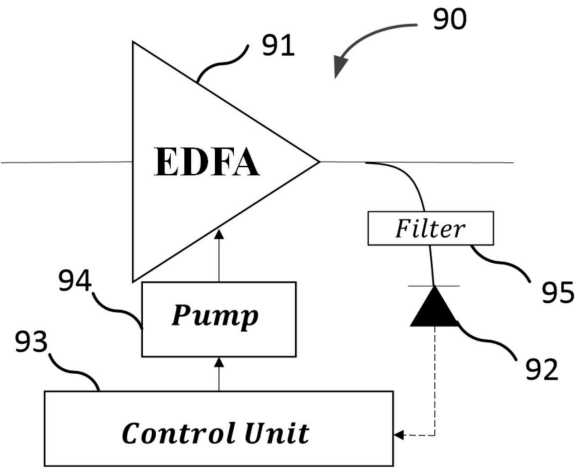
도면7



도면8



도면9



도면10

