

특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1087247 호 (PATENT NUMBER)	출원번호 (APPLICATION NUMBER)	제 2010-0047054 호
	출원일 (FILING DATE:YY/MM/DD)	2010년 05월 19일
	등록일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	2011년 11월 21일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
 애벌런치 광 검출기를 갖는 광 수신기 및 그것의 동작 방법

특허권자 (PATENTEE)
 연세대학교 산학협력단(274171-0*****)
 서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

발명자 (INVENTOR)
 등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록
 되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN
 INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2011년 11월 21일



특 허 청

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 11월 21일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

등록 사항

특 허 등록 제 10-1087247 호
(PATENT NUMBER)

발 명 자 (INVENTOR)

최우영()

윤진성()

이명재()

김왕수()



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년11월29일
(11) 등록번호 10-1087247
(24) 등록일자 2011년11월21일

(51) Int. Cl.

H04B 10/06 (2006.01) H04B 10/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0047054
(22) 출원일자 2010년05월19일
심사청구일자 2010년05월19일
(65) 공개번호 10-2011-0127519
(43) 공개일자 2011년11월25일

(56) 선행기술조사문헌
JP2005354485 A*
JP11196053 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

최우영

윤진성

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권혁수, 오세준, 송윤호

전체 청구항 수 : 총 17 항

심사관 : 이진익

(54) 에벌런치 광 검출기를 갖는 광 수신기 및 그것의 동작 방법

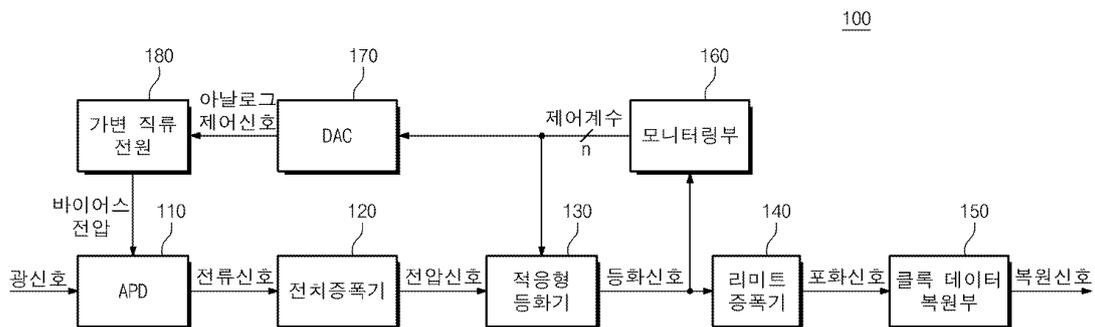
(57) 요약

본 발명은 에벌런치 광 검출기(avalanche photodetector: APD)를 갖는 광 수신기 및 그것의 동작 방법에 관한 것이다. 본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기는 에벌런치 광 검출기; 상기 에벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환하는 전치증폭기; 상기 전압신호에 대한 등화신호를 출력하는 등화기; 및 상기 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 모니터링부를 포함한다. 여기서, 상기 등화기는 상기 제어 계수를 등화 계수로서 선택한다.

본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기 및 그것의 동작 방법에 의하면, 신호 모니터링을 기반으로 하여 에벌런치 광 검출기(avalanche photodetector: APD)의 바이어스를 조절하기 위해 온도 및 전류 감지 장치가 요구되지 않는다. 따라서, 광 수신기의 설계상 복잡도가 감소하고, 고속 데이터 전송 시에 APD의 온도 및 전류 감지로 인한 주파수 특성 저하가 방지될 수 있다.

또한, 본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기는 신호 모니터링 결과에 따라 에벌런치 광 검출기의 바이어스 및 적응형 등화기의 등화 계수를 함께 조절한다. 따라서, 광 수신기의 성능이 더욱 안정화될 수 있다.

대표도



(72) 발명자
이명재

김왕수

특허청구의 범위

청구항 1

에벌런치 광 검출기;
 상기 에벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환하는 전치증폭기;
 상기 전압신호에 대한 등화신호를 출력하는 등화기; 및
 상기 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 모니터링부를 포함하고,
 상기 등화기는 상기 제어 계수를 등화 계수로서 선택하는 광 수신기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 변환기; 및
 상기 아날로그 제어신호에 따라 가변하는 바이어스 전압을 상기 에벌런치 광 검출기에 인가하는 가변 직류 전원을 더 포함하는 광 수신기.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 모니터링부는 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 같으면, 상기 제어 계수를 유지하는 광 수신기.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
 상기 모니터링부는 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 다르면, 상기 제어 계수를 변경하는 광 수신기.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 상기 기준 값보다 작으면, 상기 제어 계수는 한 단계 증가하고, 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 상기 기준 값보다 크면, 상기 제어 계수는 한 단계 감소하는 광 수신기.

청구항 6

제 2 항에 있어서,
 상기 등화기는 상기 등화 계수에 따라 고주파 영역에서의 등화 이득을 제어하는 광 수신기.

청구항 7

제 2 항에 있어서,
 상기 등화신호에 대한 포화신호를 출력하는 리미팅 증폭기; 및
 상기 포화신호로부터 클럭 및 데이터를 복원하는 클럭 데이터 복원부를 더 포함하는 광 수신기.

청구항 8

에벌런치 광 검출기;
 상기 에벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환하는 전치증폭기;

상기 전압신호에 대한 등화신호를 출력하는 등화기;
 상기 등화신호에 대한 포화신호를 출력하는 리미팅 증폭기; 및
 상기 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 모니터링부를 포함하고,
 상기 등화기는 상기 제어 계수에 대응하는 등화 계수를 선택하는 광 수신기.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 변환기; 및
 상기 아날로그 제어신호에 의해 제어되는 바이어스 전압을 상기 애벌런치 광 검출기에 인가하는 가변 직류 전원을 더 포함하는 광 수신기.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
 상기 포화신호로부터 클럭 및 데이터를 복원하는 클럭 데이터 복원부를 더 포함하는 광 수신기.

청구항 11

애벌런치 광 검출기를 갖는 광 수신기의 동작 방법에 있어서:
 상기 애벌런치 광 검출기에 입력되는 광신호를 검출하여 등화신호를 발생하는 단계;
 상기 등화신호를 모니터링하는 단계;
 상기 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 단계; 및
 상기 제어 계수에 대응하는 등화 계수를 선택하는 단계를 포함하는 광 수신기의 동작 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
 상기 제어 계수에 의해 상기 애벌런치 광 검출기에 인가되는 바이어스 전압을 제어하는 단계를 더 포함하는 광 수신기의 동작 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,
 상기 바이어스 전압을 제어하는 단계에서,
 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 단계; 및
 상기 아날로그 제어신호에 따라 상기 바이어스 전압을 가변하는 단계를 포함하는 광 수신기의 동작 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,
 상기 등화신호를 발생하는 단계에서,
 상기 애벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환하는 단계; 및
 상기 전압신호를 이퀄라이징하는 단계를 포함하는 광 수신기의 동작 방법.

청구항 15

애벌런치 광 검출기를 갖는 광 수신기의 동작 방법에 있어서:
 상기 애벌런치 광 검출기에 입력되는 광신호를 검출하여 등화신호를 발생하는 단계;

상기 등화신호를 증폭하여 포화신호를 발생하는 단계;
 상기 포화신호를 모니터링하는 단계;
 상기 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 단계; 및
 상기 제어 계수에 대응하는 등화 계수를 선택하는 단계를 포함하는 광 수신기의 동작 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,
 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 단계; 및
 상기 아날로그 제어신호에 의해 상기 애벌런치 광 검출기에 인가되는 바이어스 전압을 제어하는 단계를 더 포함하는 광 수신기의 동작 방법.

청구항 17

애벌런치 광 검출기;
 상기 애벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환하는 전치증폭기;
 상기 전압신호에 대한 등화신호를 출력하는 등화기;
 상기 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 모니터링부;
 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 변환기; 및
 상기 아날로그 제어신호에 따라 가변하는 바이어스 전압을 상기 애벌런치 광 검출기에 인가하는 가변 직류 전원을 포함하는 광 수신기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광 수신기 및 그것의 동작 방법에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로 애벌런치 광 검출기(avalanche photodetector: APD)를 갖는 광 수신기 및 그것의 동작 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 광 통신 또는 광 연결 시스템에서, 광 송신기는 광 섬유(fiber)를 통해 광 신호를 송신하고, 광 수신기는 이러한 광 신호를 수신한다. 광 수신기는 광 신호를 전기 신호로 변환하기 위해 애벌런치 광 검출기(avalanche photodetector: APD) 등의 광 검출기를 포함한다. 이미 잘 알려진 바와 같이, APD는 내부 증폭 매커니즘에 의하여 내부 발생 증폭층을 갖는다. 하지만, APD의 내부 증폭률은 온도 변화에 영향을 받게 된다. 따라서, APD를 갖는 광 수신기의 안정적인 동작을 위해서는 APD의 바이어스 조절이 필요하다.

[0003] 또한, 광 수신기는 온도 및 그외 외부 환경 변화에 따라 달라지는 주파수 특성을 일정 범위 내로 유지하기 위해 적응형 등화기(adaptive equalizer)를 포함한다. 일반적으로, 고속 데이터 전송을 위한 적응형 등화기는 결정 궤환 등화기(decision feedback equalizer), 탭-지연 라인 필터(tap-delay line filter)로 구현될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 신호 모니터링을 기반으로 하여 애벌런치 광 검출기(avalanche photodetector: APD)의 바이어스 및 적응형 등화기(adaptive equalizer)의 등화 계수를 조절하는 광 수신기 및 그것의 동작 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기는 애벌런치 광 검출기; 상기 애벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를

전압신호로 변환하는 전치증폭기; 상기 전압신호에 대한 등화신호를 출력하는 등화기; 및 상기 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 모니터링부를 포함한다. 여기서, 상기 등화기는 상기 제어 계수를 등화 계수로서 선택한다.

- [0006] 실시 예에 있어서, 상기 광 수신기는 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 변환기; 및 상기 아날로그 제어신호에 따라 가변하는 바이어스 전압을 상기 애벌런치 광 검출기에 인가하는 가변 직류 전원을 더 포함할 수 있다.
- [0007] 실시 예에 있어서, 상기 모니터링부는 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 같으면, 상기 제어 계수를 유지한다.
- [0008] 실시 예에 있어서, 상기 모니터링부는 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 다르면, 상기 제어 계수를 변경한다.
- [0009] 실시 예에 있어서, 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 상기 기준 값보다 작으면, 상기 제어 계수는 한 단계 증가하고, 상기 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 상기 기준 값보다 크면, 상기 제어 계수는 한 단계 감소한다.
- [0010] 실시 예에 있어서, 상기 등화기는 상기 등화 계수에 따라 고주파 영역에서의 등화 이득을 제어한다.
- [0011] 실시 예에 있어서, 상기 광 수신기는 상기 등화신호에 대한 포화신호를 출력하는 리미팅 증폭기; 및 상기 포화신호로부터 클럭 및 데이터를 복원하는 클럭 데이터 복원부를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 광 수신기는 애벌런치 광 검출기; 상기 애벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환하는 전치증폭기; 상기 전압신호에 대한 등화신호를 출력하는 등화기; 상기 등화신호에 대한 포화신호를 출력하는 리미팅 증폭기; 및 상기 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 모니터링부를 포함한다. 여기서, 상기 등화기는 상기 제어 계수에 대응하는 등화 계수를 선택한다.
- [0013] 실시 예에 있어서, 상기 광 수신기는 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 변환기; 및 상기 아날로그 제어신호에 의해 제어되는 바이어스 전압을 상기 애벌런치 광 검출기에 인가하는 가변 직류 전원을 더 포함할 수 있다.
- [0014] 실시 예에 있어서, 상기 광 수신기는 상기 포화신호로부터 클럭 및 데이터를 복원하는 클럭 데이터 복원부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시 예에 있어서, 애벌런치 광 검출기를 갖는 광 수신기의 동작 방법은 상기 애벌런치 광 검출기에 입력되는 광신호를 검출하여 등화신호를 발생하는 단계; 상기 등화신호를 모니터링하는 단계; 상기 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 단계; 및 상기 제어 계수에 대응하는 등화 계수를 선택하는 단계를 포함한다.
- [0016] 실시 예에 있어서, 상기 광 수신기의 동작 방법은 상기 제어 계수에 의해 상기 애벌런치 광 검출기에 인가되는 바이어스 전압을 제어하는 단계를 더 포함한다.
- [0017] 실시 예에 있어서, 상기 바이어스 전압을 제어하는 단계에서, 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 단계; 및 상기 아날로그 제어신호에 따라 상기 바이어스 전압을 가변하는 단계를 포함한다.
- [0018] 실시 예에 있어서, 상기 등화신호를 발생하는 단계에서, 상기 애벌런치 광 검출기에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환하는 단계; 및 상기 전압신호를 이퀄라이징하는 단계를 포함한다.
- [0019] 본 발명의 다른 실시 예에 있어서, 애벌런치 광 검출기를 갖는 광 수신기의 동작 방법은 상기 애벌런치 광 검출기에 입력되는 광신호를 검출하여 등화신호를 발생하는 단계; 상기 등화신호를 증폭하여 포화신호를 발생하는 단계; 상기 포화신호를 모니터링하는 단계; 상기 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 단계; 및 상기 제어 계수에 대응하는 등화 계수를 선택하는 단계를 포함한다.
- [0020] 실시 예에 있어서, 상기 광 수신기의 동작 방법은 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 단계; 및 상기 아날로그 제어신호에 의해 상기 애벌런치 광 검출기에 인가되는 바이어스 전압을 제어하는 단계를 더 포함한다.
- [0021] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 광 수신기는 애벌런치 광 검출기; 상기 애벌런치 광 검출기에서 출력되는 전

류신호를 전압신호로 변환하는 전치증폭기; 상기 전압신호에 대한 등화신호를 출력하는 등화기; 및 상기 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정하는 모니터링부; 상기 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하는 변환기; 및 상기 아날로그 제어신호에 따라 가변하는 바이어스 전압을 상기 애벌런치 광 검출기에 인가하는 가변 직류 전원을 포함한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기 및 그것의 동작 방법에 의하면, 신호 모니터링을 기반으로 하여 애벌런치 광 검출기(avalanche photodetector: APD)의 바이어스를 조절하기 위해 온도 및 전류 감지 장치가 요구되지 않는다. 따라서, 광 수신기의 설계상 복잡도가 감소하고, 고속 데이터 전송 시에 APD의 온도 및 전류 감지로 인한 주파수 특성 저하가 방지될 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기는 신호 모니터링 결과에 따라 애벌런치 광 검출기의 바이어스 및 적응형 등화기의 등화 계수를 함께 조절한다. 따라서, 광 수신기의 성능이 더욱 안정화될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 광 수신기를 보여주는 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 광 수신기의 동작을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 광 수신기를 보여주는 블록도이다.
- 도 4는 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 광 수신기의 동작을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 5는 온도 변화에 따른 APD의 내부 이득의 변화를 보여주는 그래프이다.
- 도 6은 외부 환경 변화에 따른 적응형 등화기의 주파수 응답 특성을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 광 수신기를 보여주는 블록도이다. 도 1을 참조하면, 광 수신기(100)는 애벌런치 광 검출기(avalanche photodetector, 이하 APD라고 칭함, 110), 전치증폭기(preamplifier, 120), 적응형 등화기(adaptive equalizer, 130), 리미팅 증폭기(limiting amplifier, 140), 클럭 데이터 복원부(clock and data recovery unit, 150), 모니터링부(monitoring unit, 160), 디지털-아날로그 변환기(digital-analog converter, 이하 DAC라고 칭함, 170) 및 가변 직류 전원(variable DC power supply, 180)을 포함한다.
- [0027] APD(110)는 광섬유를 통해 입력되는 광신호를 검출하여 전류신호로 변환한다. 이때, APD(110)의 내부 이득은 온도 및 외부 환경 변화(예를 들면, 광섬유의 열화, 채널 특성 변화 등)에 따라 증가 또는 감소한다. 그리고, 이러한 APD(110)의 내부 이득의 변화는 APD(110)에서 변환되는 전류신호에 영향을 준다. 따라서, 안정적인 동작을 위해서는, APD(110)의 내부 이득이 일정하게 유지될 필요가 있다.
- [0028] 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 광 수신기(100)는 APD(110)의 내부 이득이 최적의 값으로 유지되도록 등화신호의 모니터링 결과에 대한 피드백을 통해 APD(110)의 바이어스 전압을 가변한다.
- [0029] 전치증폭기(120)는 용이한 신호 처리를 위해, APD(110)에서 출력되는 전류신호를 전압신호로 변환한다. 또한, 전치증폭기(120)는 전압신호의 진폭을 이득에 의해 결정되는 레벨로 증폭한다.
- [0030] 적응형 등화기(130)는 신호의 송수신 과정에서 발생하는 왜곡 및 감쇄를 보상하기 위해, 전치증폭기(120)로부터 전달되는 전압신호를 이퀄라이징한다. 적응형 등화기(130)는 이퀄라이징된 전압신호를 등화신호(equalization signal)로서 출력한다. 이때, 적응형 등화기(130)의 주파수 응답 특성이 등화 계수에 의해 결정된다. 이는 적응형 등화기(130)의 주파수 응답 특성이 등화 계수의 조절을 통해 제어될 수 있음을 의미한다.
- [0031] 적응형 등화기(130)는 모니터링부(160)로부터 피드백되는 제어 계수에 대응하는 등화 계수를 선택하여 등화 계수를 조절할 수 있다. 또는, 적응형 등화기(130)는 모니터링부(160)로부터 피드백되는 제어 계수를 등화 계수로 선택하여 등화 계수를 조절할 수 있다.
- [0032] 온도 및 외부 환경 변화로 인해 발생하는 신호의 왜곡 및 감쇄를 적절하게 보상하기 위해서는, 적응형 등화기

(130)의 주파수 응답 특성이 최적의 값으로 일정하게 유지될 필요가 있다. 특히, 고속 데이터 전송의 경우, 고주파 영역에서의 등화 이득이 안정화되어야 한다. 예를 들어, 적응형 등화기(130)는 차단 주파수에서의 이득이 최적의 값보다 작아지는 경우, 등화 계수를 증가시켜 이득 감소를 보상한다. 반면에, 적응형 등화기(130)는 차단 주파수에서의 이득이 최적의 값보다 커지는 경우, 등화 계수를 감소시켜 이득 증가를 상쇄한다.

- [0033] 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 광 수신기(100)는 적응형 등화기(130)의 주파수 응답 특성이 최적의 값으로 유지되도록 등화신호의 모니터링 결과에 대한 피드백을 통해 등화 계수를 가변한다. 이로 인해, 적응형 등화기(130)가 전압신호를 오버-이퀄라이징 또는 언더-이퀄라이징하는 것을 방지할 수 있다.
- [0034] 리미팅 증폭기(140)는 적응형 등화기(130)로부터 전달되는 등화신호를 증폭한다. 다만, 리미팅 증폭기(140)는 증폭된 등화신호의 진폭을 일정 범위 내로 제한한다. 즉, 리미팅 증폭기(140)는 등화신호의 진폭을 상한값 또는 하한값으로 포화(saturate)시킨다. 그리고, 리미팅 증폭기(140)는 진폭이 제한된 등화신호를 포화신호(saturation signal)로서 출력한다.
- [0035] 클럭 데이터 복원부(150)는 리미팅 증폭기(140)로부터 전달되는 포화신호를 수신한다. 클럭 데이터 복원부(150)는 포화신호로부터 클럭 및 데이터를 복원하여 출력한다. 즉, 클럭 데이터 복원부(150)에서 출력되는 복원신호는 복원된 클럭 신호 및 데이터 신호를 포함한다.
- [0036] 모니터링부(160)는 등화신호를 모니터링하여 진폭 및 너비 정보를 추출한다. 모니터링부(160)는 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정한다. 여기서, 제어 계수는 APD(110)의 바이어스 전압을 조절하기 위한 값으로서 사용된다. 또한, 제어 계수는 적응형 등화기(130)의 등화 계수를 조절하기 위한 값으로서 사용된다.
- [0037] 모니터링부(160)는 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 같으면, 제어 계수를 유지한다. 반면에, 모니터링부(160)는 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 다르면, 제어 계수를 단계적으로 변경한다. 예를 들어, 모니터링부(160)는 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 크면, 제어 계수를 한 단계 낮춘다. 모니터링부(160)는 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 작으면, 제어 계수를 한 단계 높인다.
- [0038] 제어 계수는 n비트의 디지털 코드로 구현될 수 있다. 예를 들어, 제어 계수가 4비트의 디지털 코드로 구현되면, 제어 계수는 16 단계를 갖는다. 여기서, 제어 계수의 비트 수가 증가할수록, 제어 계수가 갖는 단계 수도 증가한다. 그리고, 제어 계수가 갖는 단계 수의 증가는 등화신호에 대한 더욱 정밀한 모니터링 결과를 피드백할 수 있음을 의미한다.
- [0039] DAC(170)은 모니터링부(160)로부터 전달되는 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하여 출력한다. 가변 직류 전원(180)은 DAC(170)로부터 전달되는 아날로그 제어신호에 따라 APD(110)에 인가되는 바이어스 전압을 가변한다.
- [0040] 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 광 수신기(100)는 등화신호의 모니터링 결과에 따라 제어 계수를 결정한다. 그리고, 광 수신기(100)는 제어 계수의 피드백을 통해 APD(110)의 바이어스 전압 및 적응형 등화기(130)의 등화 계수를 조절한다. 이로 인해, APD(110)의 내부 이득 및 적응형 등화기(130)의 주파수 응답 특성이 최적의 값으로 유지될 수 있다.
- [0041] 도 2는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 광 수신기의 동작을 설명하기 위한 순서도이다. 도 1 및 2를 참조하면, 적응형 등화기(130)에서 출력되는 등화신호가 모니터링된다(S11 단계). 그리고, 모니터링된 등화신호로부터 진폭 및 너비 정보가 추출된다(S12 단계).
- [0042] 다음으로, 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수가 결정된다(S13 단계). 여기서, 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 같으면, APD(110)의 내부 이득 및 적응형 등화기(130)의 주파수 응답 특성이 최적의 값을 갖는 것을 의미한다. 따라서, 이 경우에는, 등화신호의 진폭 및 너비 정보에 대응하는 제어 계수가 유지된다. 반면에, 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 다르면, APD(110)의 내부 이득 및 적응형 등화기(130)의 주파수 응답 특성이 조절될 필요가 있음을 의미한다. 따라서, 이 경우에는, 제어 계수가 단계적으로 변경된다. 예를 들어, 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 크면, 제어 계수가 한 단계 낮아진다. 등화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 작으면, 제어 계수가 한 단계 높아진다.
- [0043] 이후, 제어 계수는 적응형 등화기(130)에 피드백된다. 그리고, 제어 계수에 대응하는 등화 계수가 선택된다. 또

는, 제어 계수가 등화 계수로서 선택된다. 선택된 등화 계수에 따라 적응형 등화기(130)의 주파수 응답 특성이 조절된다(단계 S14).

- [0044] 또한, 제어 계수는 DAC(170)에 피드백되어 아날로그 제어신호로 변환된다. 그리고, 변환된 아날로그 제어신호에 대응하는 바이어스 전압이 APD(110)에 인가된다. 인가된 바이어스 전압에 따라 APD(110)의 내부 이득이 조절된다(단계 S15).
- [0045] 도 3은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 광 수신기를 보여주는 블록도이다. 도 3을 참조하면, 광 수신기(200)는 APD(210), 전치증폭기(220), 적응형 등화기(230), 리미팅 증폭기(240), 클록 데이터 복원부(250), 모니터링부(260), DAC(170) 및 가변 직류 전원(180)을 포함한다.
- [0046] APD(210)는 도 1에서 도시되는 APD(110)의 구성 및 동작과 같다. 따라서, 이에 대한 구체적인 설명은 생략된다.
- [0047] 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 광 수신기(200)는 APD(210)의 내부 이득이 최적의 값으로 유지되도록 포화신호의 모니터링 결과에 대한 피드백을 통해 APD(210)의 바이어스 전압을 가변한다.
- [0048] 전치증폭기(220)는 도 1에서 도시되는 전치증폭기(120)의 구성 및 동작과 같다. 그리고, 적응형 등화기(230)는 도 1에서 도시되는 적응형 등화기(130)의 구성 및 동작과 같다. 따라서, 이들에 대한 구체적인 설명은 생략된다.
- [0049] 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 광 수신기(200)는 적응형 등화기(230)의 주파수 응답 특성이 최적의 값으로 유지되도록 포화신호의 모니터링 결과에 대한 피드백을 통해 등화 계수를 가변한다. 이로 인해, 적응형 등화기(230)가 전압신호를 오버-이퀄라이징 또는 언더-이퀄라이징하는 것을 방지할 수 있다.
- [0050] 리미팅 증폭기(240)는 도 1에서 도시되는 리미팅 증폭기(140)의 구성 및 동작과 같다. 그리고, 클록 데이터 복원부(250)는 도 1에서 도시되는 클록 데이터 복원부(150)의 구성 및 동작과 같다. 따라서, 이들에 대한 구체적인 설명은 생략된다.
- [0051] 모니터링부(260)는 리미팅 증폭기(240)에서 출력되는 포화신호를 모니터링하여 진폭 및 너비 정보를 추출한다. 모니터링부(260)는 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수를 결정한다. 여기서, 제어 계수는 APD(210)의 바이어스 전압을 조절하기 위한 값으로서 사용된다. 또한, 제어 계수는 적응형 등화기(230)의 등화 계수를 조절하기 위한 값으로서 사용된다.
- [0052] 모니터링부(260)는 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 같으면, 제어 계수를 유지한다. 반면에, 모니터링부(260)는 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 다르면, 제어 계수를 단계적으로 변경한다. 예를 들어, 모니터링부(260)는 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 크면, 제어 계수를 한 단계 낮춘다. 모니터링부(260)는 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 작으면, 제어 계수를 한 단계 높인다.
- [0053] 제어 계수는 n비트의 디지털 코드로 구현될 수 있다. 예를 들어, 제어 계수가 6비트의 디지털 코드로 구현되면, 제어 계수는 64 단계를 갖는다. 여기서, 제어 계수의 비트 수가 증가할수록, 제어 계수가 갖는 단계 수도 증가한다. 그리고, 제어 계수가 갖는 단계 수의 증가는 등화신호에 대한 더욱 정밀한 모니터링 결과를 피드백할 수 있음을 의미한다.
- [0054] DAC(270)은 모니터링부(260)로부터 전달되는 제어 계수를 아날로그 제어신호로 변환하여 출력한다. 가변 직류 전원(280)은 DAC(270)로부터 전달되는 아날로그 제어신호에 따라 APD(210)에 인가되는 바이어스 전압을 가변한다.
- [0055] 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 광 수신기(200)는 포화신호의 모니터링 결과에 따라 제어 계수를 결정한다. 그리고, 광 수신기(200)는 제어 계수의 피드백을 통해 APD(210)의 바이어스 전압 및 적응형 등화기(230)의 등화 계수를 조절한다. 이로 인해, APD(210)의 내부 이득 및 적응형 등화기(230)의 주파수 응답 특성이 최적의 값으로 유지될 수 있다.
- [0056] 도 4는 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 광 수신기의 동작을 설명하기 위한 순서도이다. 도 3 및 4를 참조하면, 리미팅 증폭기(240)에서 출력되는 포화신호가 모니터링된다(S21 단계). 그리고, 모니터링된 포화신호로부터 진폭 및 너비 정보가 추출된다(S22 단계).
- [0057] 다음으로, 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나를 참조하여 제어 계수가 결정된다(S23 단계). 여기서, 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 같으면, APD(210)의 내부 이득 및 적응형 등화기

(230)의 주파수 응답 특성이 최적의 값을 갖는 것을 의미한다. 따라서, 이 경우에는, 포화신호의 진폭 및 너비 정보에 대응하는 제어 계수가 유지된다. 반면에, 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값과 다르면, APD(210)의 내부 이득 및 적응형 등화기(230)의 주파수 응답 특성이 조절될 필요가 있음을 의미한다. 따라서, 이 경우에는, 제어 계수가 단계적으로 변경된다. 예를 들어, 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 크면, 제어 계수가 한 단계 낮아진다. 포화신호의 진폭 및 너비 정보 중 적어도 하나가 기준 값보다 작으면, 제어 계수가 한 단계 높아진다.

[0058] 이후, 제어 계수는 적응형 등화기(230)에 피드백된다. 그리고, 제어 계수에 대응하는 등화 계수가 선택된다. 또는, 제어 계수가 등화 계수로서 선택된다. 선택된 등화 계수에 따라 적응형 등화기(230)의 주파수 응답 특성이 조절된다(단계 S24).

[0059] 또한, 제어 계수는 DAC(270)에 피드백되어 아날로그 제어신호로 변환된다. 그리고, 변환된 아날로그 제어신호에 대응하는 바이어스 전압이 APD(210)에 인가된다. 인가된 바이어스 전압에 따라 APD(210)의 내부 이득이 조절된다(단계 S25).

[0060] 도 5는 온도 변화에 따른 APD의 내부 이득의 변화를 보여주는 그래프이다. 도 5를 참조하면, 제 1 내지 제 3 온도(T1-T3)에 따른 APD의 내부 이득의 변화가 도시된다. 여기서, 제 2 온도(T2)는 제 1 온도(T1)보다 높고, 제 3 온도(T3)보다 낮다. 또한, 바이어스 전압으로서 제 1 내지 제 3 전압(V1-V3)이 APD에 인가된다.

[0061] 간결한 설명을 위해, 제 2 온도(T2)에서 제 2 전압(V2)이 APD에 인가될 때, APD의 내부 이득이 최적의 값을 갖는다고 가정한다.

[0062] 바이어스 전압이 제 2 전압(V2)으로 고정되고, 온도가 제 2 온도(T2)에서 제 1 온도(T1)로 감소하면, APD의 내부 이득이 증가한다. 이때, 바이어스 전압이 제 1 전압(V1)으로 변경되면, APD의 내부 이득은 최적 값으로 유지될 수 있다. 반면에, 바이어스 전압이 제 2 전압(V2)으로 고정되고, 온도가 제 2 온도(T2)에서 제 3 온도(T3)로 증가하면, APD의 내부 이득이 감소한다. 이때, 바이어스 전압이 제 3 전압(V3)으로 변경되면, APD의 내부 이득은 최적 값으로 유지될 수 있다.

[0063] 이와 같이, 온도가 변화하더라도 APD의 바이어스 전압이 조절됨으로 인해 APD의 내부 이득이 최적의 값으로 유지됨을 알 수 있다. 여기서, 본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기는 등화신호 또는 포화신호의 모니터링 결과에 따라 제어 계수를 결정한다. 그리고, 광 수신기는 제어 계수의 피드백을 통해 APD의 바이어스 전압을 조절한다.

[0064] 도 6은 외부 환경 변화에 따른 적응형 등화기의 주파수 응답 특성을 보여주는 그래프이다. 도 6을 참조하면, 제 1 라인(L1)은 등화 이득이 최적의 값을 갖는 주파수 응답 특성을 나타낸다. 제 2 라인(L2)은 언더-이퀄라이징될 때의 주파수 응답 특성을 나타낸다. 제 3 라인(L3)은 오버-이퀄라이징될 때의 주파수 응답 특성을 나타낸다.

[0065] 온도 및 외부 환경 변화로 인해 차단 주파수(fc)에서의 등화 이득이 최적의 값보다 작아지는 경우(언더-이퀄라이징되는 경우), 등화 계수를 증가시켜 이득 감소가 보상될 수 있다. 반면에, 온도 및 외부 환경 변화로 인해 차단 주파수(fc)에서의 등화 이득이 최적의 값보다 커지는 경우(오버-이퀄라이징되는 경우), 등화 계수를 감소시켜 이득 증가가 상쇄될 수 있다.

[0066] 이와 같이, 온도 및 외부 환경이 변화하더라도 적응형 등화기의 등화 계수가 조절됨으로 인해 적응형 등화기의 주파수 응답 특성이 최적의 값으로 유지됨을 알 수 있다. 여기서, 본 발명의 실시 예에 따른 광 수신기는 등화신호 또는 포화신호의 모니터링 결과에 따라 제어 계수를 결정한다. 그리고, 광 수신기는 제어 계수의 피드백을 통해 적응형 등화기의 등화 계수를 조절한다.

[0067] 본 발명의 범위 또는 기술적 사상을 벗어나지 않고 본 발명의 구조가 다양하게 수정되거나 변경될 수 있음은 이 분야에 숙련된 자들에게 자명하다. 상술한 내용을 고려하여 볼 때, 만약 본 발명의 수정 및 변경이 아래의 청구항들 및 동등물의 범주 내에 속한다면, 본 발명이 이 발명의 변경 및 수정을 포함하는 것으로 여겨진다.

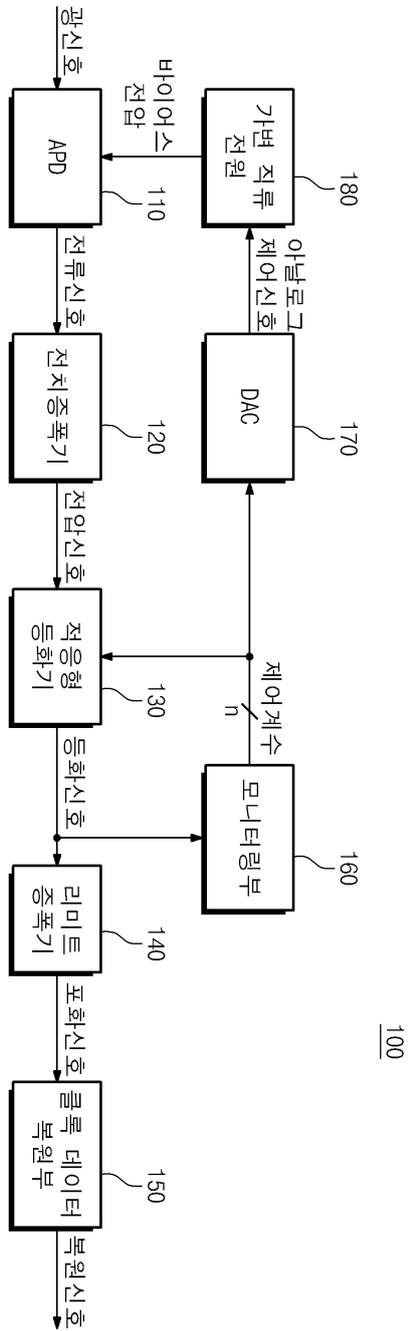
부호의 설명

- | | | |
|--------|-------------------|------------------------|
| [0068] | 100, 200: 광 수신기 | 110, 210: 애벌런치 광 검출기 |
| | 120, 220: 전치증폭기 | 130, 230: 적응형 등화기 |
| | 140, 240: 리미팅 증폭기 | 150, 250: 클록 데이터 복원부 |
| | 160, 260: 모니터링부 | 170, 270: 디지털-아날로그 변환기 |

180, 280: 가변 직류 전원

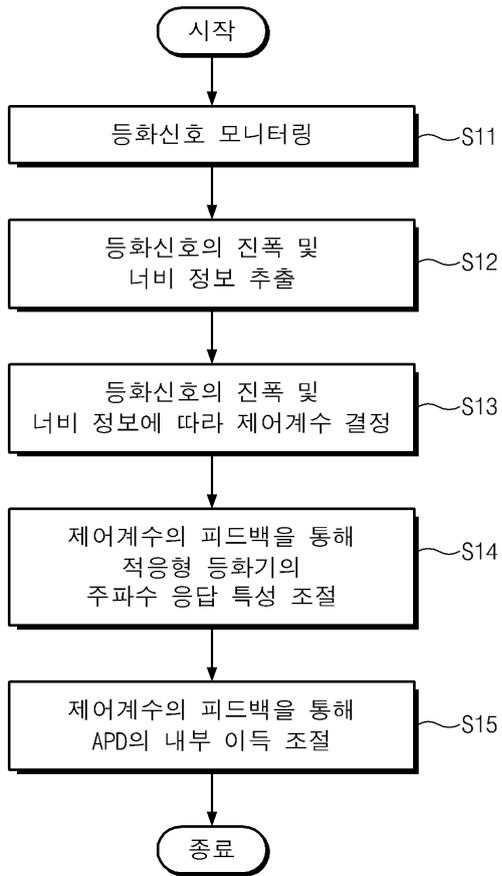
도면

도면1

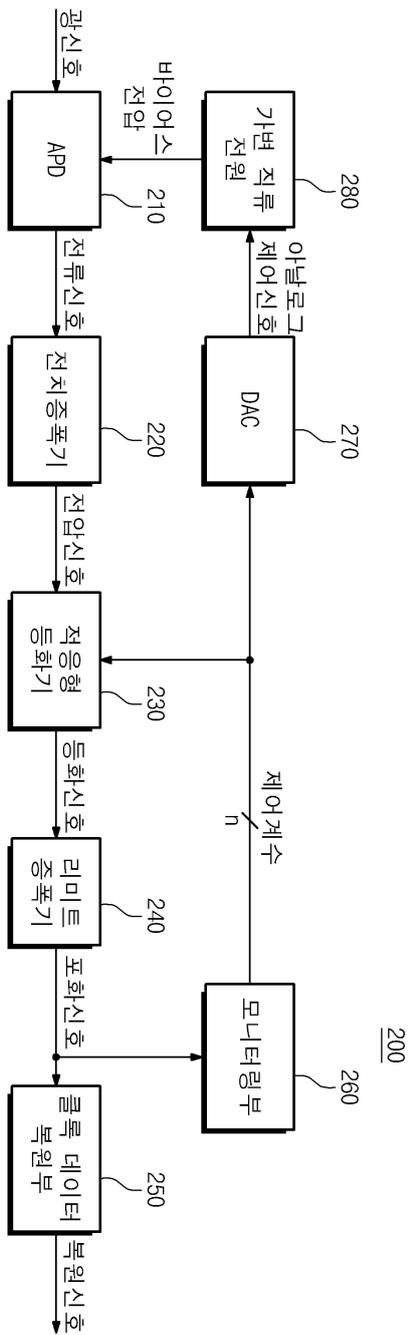


100

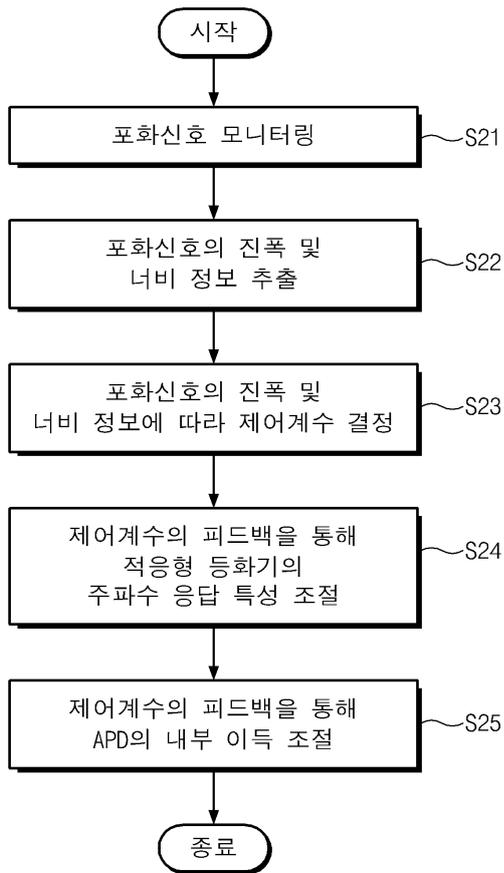
도면2



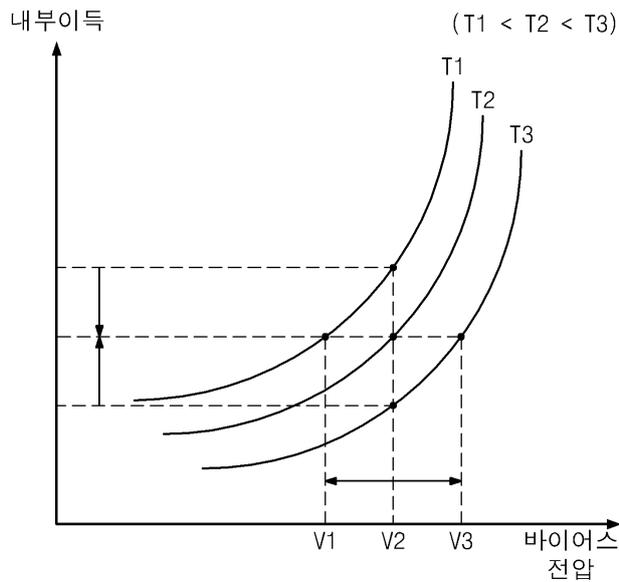
도면3



도면4



도면5



도면6

