



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0077926  
(43) 공개일자 2018년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 10/2543 (2013.01) H04B 10/50 (2013.01)  
H04L 27/26 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 10/2543 (2013.01)  
H04B 10/504 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0182814  
(22) 출원일자 2016년12월29일  
심사청구일자 2016년12월29일

(71) 출원인  
세종대학교산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
김아정  
서울특별시 용산구 장문로 27, 5동 805호(이태원동, 청화아파트)  
(74) 대리인  
양성보

전체 청구항 수 : 총 12 항

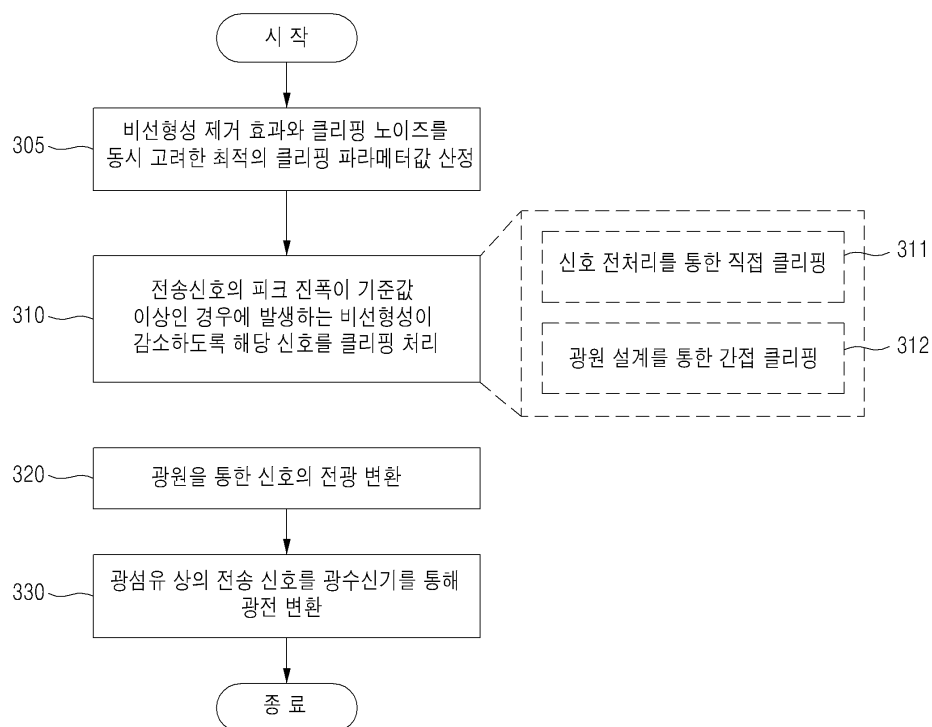
(54) 발명의 명칭 **프론트홀 광전송로에서 비선형성 개선한 광통신 시스템 및 신호 처리 방법**

(57) 요약

프론트홀 광전송로에서 비선형성 개선한 광통신 시스템과 신호처리 방법이 개시된다. 아날로그 기반의 RoF(Radio over Fiber) 프론트홀 망(fronthaul network)에서 광신호를 처리하는 광통신 방법에 있어서, 전송하고자 하는 신호에 대하여, 신호 왜곡을 상쇄하고서 최고의 성능 향상을 보일 수 있는 최적의 파라미터를 산출하

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



는 단계, 상기 최적 파라미터를 적용하여 클리핑 처리하는 단계, 상기 처리된 신호를 광원을 통해 광신호로 생성하고 전송하는 단계, 상기 전송된 광신호를 광수신기를 통해 수신하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 클리핑 처리하는 단계는, 신호 전처리를 통해 전송하고자 하는 신호에 대해 상기 최적 기준치 이상인 신호 진폭(amplitude)을 클리핑(clipping)시키는 직접 클리핑 방법이나, 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드에 대해 문턱 전류(threshold current)와 포화 전류(saturation current) 사이 범위인 구동전류 가능 범위가 작게 되도록 설계하고 구동 바이어스 값을 조절하여, 직접 변조 방식으로 인가된 입력 전기 신호의 진폭이 클리핑(clipping) 되도록 하는 간접 클리핑 방법을 사용할 수 있다.

(52) CPC특허분류

**H04L 27/2623** (2013.01)

H04B 2210/254 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711035362(R0127-16-1048)

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보통신방송표준개발지원

연구과제명 IoT 구축을 위한 초고신뢰성 패킷네트워크 개발의 사실 표준화

기 여 율 7/10

주관기관 액터스네트웍스(주)

연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711035212(R0992-16-1017)

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보통신기술인력양성

연구과제명 무결점 보안을 위한 지상/위성 양자통신 기술 개발

기 여 율 3/10

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

아날로그 기반의 프론트홀 망(fronthaul network)에서의 광통신 방법에 있어서  
 최적 파라미터 산출 단계;  
 상기 최적 파라미터를 적용하여 클리핑 처리하는 단계;  
 상기 처리된 신호를 광원을 통해 광신호로 생성하고 전송하는 단계; 및  
 상기 전송된 광신호를 광수신기를 통해 수신하는 단계  
 를 포함하는 광통신 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 최적 파라미터를 적용하여 클리핑 처리하는 단계는,  
 신호 전처리를 통한 직접 클리핑 방법을 적용하거나 광원 설계를 통한 간접 클리핑 방법을 적용하는 것  
 을 특징으로 하는 광통신 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 직접 클리핑 방법은,  
 신호에서 야기되는 비선형성이 감소하도록, 신호 전처리를 통하여 전송하고자 하는 신호에 대해 상기 최적 기준  
 치 이상인 신호 진폭(amplitude)을 클리핑(clipping) 시키는 것  
 을 특징으로 하는 광통신 방법.

#### 청구항 4

제2항에 있어서,  
 상기 간접 클리핑 방법은,  
 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드에 대해 문턱 전류(threshold current)와 포화 전류(saturation  
 current) 사이 범위인 구동 전류 가능 범위가 작게 되도록 설계하고 구동 바이어스 값을 조절하여, 직접 변조  
 방식으로 인가된 입력 전기 신호의 진폭이 클리핑(clipping) 되도록 하는 것  
 을 특징으로 하는 광통신 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,  
 상기 최적 파라미터 산출 단계는,  
 상기 클리핑 처리에 의해 비선형성이 감소함에 따른 성능 향상이 상기 클리핑으로 인한 신호 왜곡에 따른 성능  
 감소를 충분히 상쇄하여 최고의 성능 향상을 얻을 수 있는, 시스템과 소자 파라미터의 최적값을 산출하는 것  
 을 특징으로 하는 광통신 방법.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 시스템과 소자 파라미터의 최적값을 얻는 것은,

최고의 시스템 성능 지표를 얻도록 직접 클리핑 방법의 경우는 클리핑 정도, 최대 허용 진폭(amplitude) 크기 등에 대한 파라미터 최적값을 산출하고, 간접 클리핑 방법의 경우는 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드의 구동 전류 범위, 문턱 전류, 포화 전류, 구동 바이어스 전류 값 등에 대한 파라미터 최적값을 산출하는 것을 특징으로 하는 광통신 방법.

#### 청구항 7

아날로그 기반의 프론트홀 망(fronthaul network)에서의 광통신 시스템에 있어서,

최적 파라미터 산출부;

상기 최적 파라미터를 적용한 클리핑 처리부;

상기 처리된 신호를 광원을 통해 광신호로 생성 및 전송부; 및

상기 전송된 광신호에 대해 광수신기를 통한 수신부

를 포함하는 광통신 시스템.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 최적 파라미터 산출부는,

상기 클리핑 처리부에서 클리핑 처리에 의해 비선형성이 감소함에 따른 성능 향상이 상기 클리핑으로 인한 신호 왜곡에 따른 성능 감소를 충분히 상쇄하여 최고의 성능 향상을 얻을 수 있는, 시스템과 소자 파라미터의 최적값을 산출하는 것

을 특징으로 하는 광통신 시스템.

#### 청구항 9

제7항에 있어서,

상기 클리핑 처리부는,

신호 전처리를 통한 직접 클리핑 방법을 적용하거나 광원 설계를 통한 간접 클리핑 방법을 적용하는 것

을 특징으로 하는 광통신 시스템.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 직접 클리핑 방법은,

신호에서 야기되는 비선형성이 감소하도록, 신호 전처리를 통하여 전송하고자 하는 신호에 대해 최적 기준치 이상인 신호 진폭(amplitude)을 클리핑(clipping) 시키는 것

을 특징으로 하는 광통신 시스템.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

상기 간접 클리핑 방법은,

상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드에 대해 문턱 전류(threshold current)와 포화 전류(saturation current) 사이 범위인 구동 전류 가능 범위가 작게 되도록 설계하고 구동 바이어스 값을 조절하여, 직접 변조 방식으로 인가된 입력 전기 신호의 진폭이 클리핑(clipping) 되도록 하는 것

을 특징으로 하는 광통신 시스템.

## 청구항 12

제7 항에 있어서,

상기 최적 파라미터 산출부는

최고의 시스템 성능 지표를 얻도록 직접 클리핑 방법의 경우는 클리핑 정도, 최대 허용 진폭(amplitude) 크기 등에 대한 파라미터 최적값을 산출하고, 간접 클리핑 방법의 경우는 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드의 구동 전류 범위, 문턱 전류, 포화 전류, 구동 바이어스 전류 값 등에 대한 파라미터 최적값을 산출하는 것

을 특징으로 하는 광통신 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 이동통신 프론트홀망(fronthaul network)과 같이 PAPR(peak to average power ratio)이 큰 신호의 전송으로 인해 발생하는 비선형성(nonlinearity)을 감소시키는 광신호 처리 기술과 광통신 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 들어, 이동통신의 셀 수가 증가함에 따라 기존의 기지국을 구성하는 BBU(BaseBand Unit)과 RRH(Remote Radio Head)를 분리하여 C-RAN(Cloud-RAN)을 구성하고 있는 추세이다. (4G에서의 BBU-RRH는 3G의 DU(Data Unit)-RU(Radio Unit)에 해당할 수 있다.) 그리고, 도 1과 같이 BBU에서 RRH까지의 구간에 형성된 네트워크를 프론트홀(fornthaul)이라 칭하고 있다.

[0003] 도 1은 종래의 디지털 C-RAN의 구조를 도시한 도면이다.

[0004] 도 1을 참고하면, C-RAN(Cloud Radio Access Network)은 BBU와 RRH를 포함하고 있다. 도 1에서, BBU는 기존 기지국의 기저대역 신호 처리 장치를 나타내고, RRH는 기존 기지국의 RF(Radio Frequency) 안테나 장치를 나타낸다. 그리고, BBU와 RRH 사이에는 프론트홀망(즉, 프론트홀 네트워크(fronthaul network))가 형성된다.

[0005] C-RAN은 기존 기지국의 기저대역 신호처리 장치 BBU 와 RF 안테나 장치 RRH를 분리하여 여러 기지국의 BBU를 중앙에 모아서 처리하고, RRH는 서비스 지역에 분산시켜 처리하는 무선/이동 통신을 위한 접속망이다. 즉, C-RAN은 BBU와 RF 안테나 장치인 RRH를 분리시키고, 이를 광케이블 또는 고속의 RAN 장치로 연결한 기지국 구조를 가진다. BBU가 클라우드 데이터 센터 형태로 한 곳에 집중되어 있어 셀 운영조정이 용이하고 협력 통신이 가능하다. 그리고, 디지털 장치를 한 곳에 모아 운용함에 따라 임대 비용과 전력 비용을 절감하고, 유지 보수가 용이하여 C-RAN이 주목되고 있다. 이때, 망이 유선 기반의 광케이블로 연결될 경우, CPRI(Common Public Radio Interface), ORI(Open Radio equipment Interface), OBSAI(Open Base Station Architecture Initiative) 등의 인터페이스 표준이 이용된다.

[0006] 프론트홀에서 사용되는 인터페이스인 CPRI는 디지털 기반 전송 방식으로써 빠르게 증가하는 모바일 트래픽의 수용을 위해 많은 전용 광케이블이나 WDM스위치 같은 고가의 장비가 필요로 하게 되었다. 하지만 이 신호를 아날로그 기반의 광라디오 광섬유(Radio over Fiber : RoF) 시스템으로 전송을 하면 채널대역폭을 획기적으로 줄일 수 있고 다수의 RRH에 RF로의 업컨버전(up conversion)없이 광 리시버, 증폭기, 안테나만 있으면 되므로 관리 및 운용이 매우 간편하다는 장점도 있다.

[0007] 그러나, 이러한 기존의 아날로그 기반의 광라디오 광섬유 프론트홀망에서는, 이동통신의 LTE 신호와 같은 신호의 전송의 경우, 전송하려는 광신호의 PAPR(peak to average power ratio)이 매우 크기 때문에 몇몇 문제가 발생하게 된다. 예를 들어, PAPR이 커서 비선형성(linearity)이 증가하여 부작용 및 신호왜곡이 발생하여 시스템 성능이 저하된다. 또한, 프론트홀망(fronthaul network)의 여러 옵션(option) 중 하나인 RoF를 이용해 전송하는 경우, 큰 PAPR의 신호는 전기적 RF 신호에서의 문제를 초래할 뿐만 아니라, 프론트홀 구간의 광통신망에 있어서는 광원의 파장이 급격히 변화하는 광신호상에 처핑(chirping) 현상과 SPM (self phase modulation)등의 비선형현상이 발생하여 성능을 저하시킨다.

[0008] PAPR이 큰 LTE 신호를 광라디오 광섬유 프론트홀망에서 온전히 전송하기 위해서는 광원으로서 전류의 구동범위

가 넓은 레이저 다이오드(LD)가 필요하다. 그러나, 전류의 구동범위가 넓어질수록, 적은 경우에 비해 상대적으로 경제성이 저하되고, 높은 PAPR 신호에 의한 비선형성 발생으로 신호품질이 낮아진다.

[0009] 광라디오 광섬유 프론트홀망에서 PAPR이 큰 신호로 인해 발생하는 문제, 예컨대, 비선형으로 인한 성능 저하를 감소 또는 개선하기 위한 기술이 요구된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 아날로그 기반의 프론트의 광전송로에서 비선형성을 개선한 광통신 시스템 및 신호 처리 방법에 관한 것으로서, 전류 구동범위가 적도록 레이저 다이오드(Laser Diode)를 설계하여 PAPR이 높은 신호를 간접 클리핑(clipping)하거나, 또는 신호 진폭이 일정값 이상인 신호에 대해 직접 클리핑(clipping) 신호처리를 수행함으로써, PAPR이 큰 신호로 인해 초래되는 시스템의 성능 저하를 감소하고 개선하기 위한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 아날로그 기반의 광라디오 광섬유 프론트홀망(fronthaul network)에서의 광통신 방법에 있어서, 전송하고자 하는 신호를 대상으로, 최적 시스템이나 소자 파라미터를 산출하는 단계, 상기 최적 파라미터를 적용하여 클리핑 처리하는 단계, 상기 처리된 신호를 광원을 통해 광신호로 생성하고 전송하는 단계, 상기 전송된 광신호를 광수신기를 통해 수신하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 일측면에 따르면, 상기 최적 파라미터를 적용하여 클리핑 처리하는 단계는, 신호 전처리를 통한 직접 클리핑 방법을 적용하는 것이나 광원 설계를 통한 간접 클리핑 방법을 적용하는 것을 포함할 수 있다.

[0013] 다른 측면에 따르면, 상기 최적 파라미터 산출 단계에서는, 상기 클리핑 처리에 의해 비선형성이 감소함에 따른 성능 향상이, 상기 클리핑으로 인한 신호 왜곡에 따른 성능 감소를 충분히 상쇄하여, 최고의 성능 향상을 얻을 수 있는, 최적의 시스템 파라미터 값과 소자 파라미터 값을 산출할 수 있다.

[0014] 또 다른 측면에 따르면, 상기 직접 클리핑 방법에 의하면, 신호에서 야기되는 비선형성이 감소하도록, 신호 전처리를 통하여 전송하고자 하는 신호에 대해 상기 최적 기준치 이상의 신호 진폭(amplitude)을 클리핑(clipping)시킬 수 있다.

[0015] 또 다른 측면에 따르면, 상기 간접 클리핑 방법에 의하면, 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드에 대해 문턱 전류(threshold current)와 포화 전류(saturation current) 사이 범위인 구동 전류 가능 범위가 작게 되도록 설계하여 직접 변조 방식으로 인가된 입력 전기 신호의 진폭이 클리핑(clipping) 되도록 할 수 있다.

[0016] 또 다른 측면에 따르면, 상기 최적 파라미터 산출에서는, 최고의 시스템 성능 지표를 얻도록 직접 클리핑 방법의 경우는 클리핑 정도, 최대 허용 진폭(amplitude) 크기 등에 대한 파라미터 최적값을 산출하고, 간접 클리핑 방법의 경우는 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드의 구동 전류 범위, 문턱 전류, 포화 전류, 구동 바이어스 전류 값 등에 대한 파라미터 최적값을 산출할 수 있다.

[0017] 아날로그 기반의 광라디오 광섬유 프론트홀망(fronthaul network)에서의 광통신 시스템에 있어서, 최적 파라미터 산출부, 상기 최적 파라미터를 적용한 클리핑 처리부, 상기 처리된 신호를 광원을 통해 광신호로 생성 및 전송부, 상기 전송된 광신호에 대해 광수신기를 통한 수신부를 포함할 수 있다.

[0018] 일측면에 따르면, 상기 최적 파라미터를 적용한 클리핑 처리부는, 신호 전처리를 통한 직접 클리핑 방법을 적용하는 직접 클리핑부나 광원 설계를 통한 간접 클리핑 방법을 적용하는 간접 클리핑부를 포함할 수 있다.

[0019] 다른 측면에 따르면, 상기 최적 파라미터 산출부는, 상기 클리핑 처리에 의해 비선형성이 감소함에 따른 성능 향상이, 상기 클리핑으로 인한 신호 왜곡에 따른 성능 감소를 충분히 상쇄하여, 최고의 성능 향상을 얻을 수 있도록 최적의 시스템 파라미터 값과 소자 파라미터 값을 산출할 수 있다.

[0020] 또 다른 측면에 따르면, 상기 직접 클리핑부는, 신호에서 야기되는 비선형성이 감소하도록, 신호 전처리를 통하여 전송하고자 하는 신호에 대해 상기 최적 기준치 이상의 신호 진폭(amplitude)을 클리핑(clipping)시킬 수 있다.

[0021] 또 다른 측면에 따르면, 상기 간접 클리핑부는, 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드에 대해 문턱 전류(threshold current)와 포화 전류(saturation current) 사이 범위인 구동 전류 가능 범위가 작게 되도록 설계

하여 직접 변조 방식으로 인가된 입력 전기 신호의 진폭이 클리핑(clipping) 되도록 할 수 있다.

[0022] 또 다른 측면에 따르면, 상기 최적 파라미터 산출부는, 최고의 시스템 성능 지표를 얻도록 직접 클리핑 방법의 경우는 클리핑 정도, 최대 허용 진폭(amplitude) 크기 등에 대한 파라미터 최적값을 산출하고, 간접 클리핑 방법의 경우는 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드의 구동 전류 범위, 문턱 전류, 포화 전류, 구동 바이어스 전류 값 등에 대한 파라미터 최적값을 산출할 수 있다.

### 발명의 효과

[0023] 본 발명에 의하면, 전류 구동범위가 적도록 레이저 다이오드(Laser Diode)를 설계하여 LTE 신호를 간접 클리핑(clipping)하거나, 또는 PAPR이 일정값 이상인 LTE 신호에 직접 클리핑(clipping)을 수행함으로써, PAPR이 큰 신호로 인해 초래되는 시스템의 성능 저하를 감소 또는 개선할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래의 디지털 C-RAN의 구조를 도시한 도면이다.  
 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 광라디오 광섬유 시스템의 내부 구성을 도시한 구조도이다.  
 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 프론트홀망에서 비선형성을 개선하기 위한 방법을 도시한 흐름도이다.  
 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, OFDM 신호인 LTE 신호에 대해 클리핑 이전의 신호와 클리핑 이후의 신호의 웨이브폼과 이를 전송하였을 때 성능 측정을 도시한 도면이다.  
 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 간접 클리핑 방법에 대한 RoF 프론트홀 망의 하향링크 광통신 시스템의 내부 구성을 도시한 도면이다.  
 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 전류의 구동 범위가 제한되도록 설계한 레이저 다이오드를 이용하는 간접 클리핑을 위한 장치 특성 그래프이다.  
 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 간접 클리핑 설명을 위한 레이저 다이오드 특성 그래프와 입출력 신호에 대한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0026] 프론트홀 망(fronthaul network)이란 기지국의 기저대역 장치인 BBU와 RF 장치인 RRH 사이에는 형성되는 망으로서, 특히, 본 발명은 대역폭 절감을 위해 아날로그 신호를 프론트홀 망에 전송함에 있어서, 최대 전력대 평균 전력비((peak to average ratio: PAPR)가 큰 신호로 인해 발생하는 비선형성을 개선하는 기술에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명은 RoF 프론트홀 망을 이용하여 LTE와 같은 PAPR이 큰 이동통신 신호를 전송하는 경우, 신호 전력이 일정값 이상으로 급격하게 뛰는, 신호를 클리핑(clipping)하여 비선형성을 감소 또는 제거하여 시스템의 성능을 개선하는 기술에 관한 것이다. 예를 들어, 본 발명은 레이저 다이오드(LD) 광원 설계를 통해 PAPR이 큰 신호를 간접적으로 클리핑하여 비선형성을 감소시키거나, 광원 이전에 신호 전처리를 통해 상기 PAPR이 큰 신호를 직접적으로 클리핑하여 비선형성을 감소시키는 기술에 관한 것이다.

[0027] 본 실시예들에서, 시스템에서 '전송하고자 하는 신호'는 이동통신망에서의 LTE/5G/WiFi 신호를 나타낼 수 있다. 예를 들어, LTE/WiFi 신호의 기반이 되는 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)신호 등이 이용될 수 있다.

[0028] 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 광라디오 광섬유 통신 시스템의 내부 구성을 도시한 구조도이고, 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 프론트홀망에서 비선형성을 개선하기 위한 방법을 도시한 흐름도이다.

[0029] 도 2에서, 광라디오 광섬유 통신 시스템은 광통신 시스템(200)을 나타낼 수 있다.

[0030] 도 2에 따르면, RoF 프론트홀망을 구성하는 광통신 시스템(200)은 하향링크(downlink) 및 상향링크(uplink) 각각의 신호변복조를 위한 변조부(280), 복조부(290)와 이를 통해 변조된 이동통신이나 OFDM 신호(이하, 'LTE 신호'라 칭함.)를 전처리 수행하기 위한 신호 전처리부(260), 전처리된 신호를 전광변환하기 위한, 레이저 다이오드(LD)와 같은 광원(210, 230) 및 신호 수신을 위한, 포토 다이오드(PD)와 같은 광수신기(220, 240)를 포함할 수 있다. 이외에, 광통신 시스템(200)은 광수신기(220)에서 출력된 신호를 일정 레벨 이상으로 증폭하는 증

폭기(AMP, 미도시) 및 증폭된 신호를 기지국에 속하는 단말들로 전송하는 안테나(250)를 더 포함할 수 있다.

- [0031] 도 3의 각 단계들(300 내지 330)은 도 2에 도시된 광통신 시스템(200)의 구성요소인 광원(210, 230), 광수신기(220, 240), 및 신호 전처리부(260)에 의해 수행될 수 있다. 이하의 도 2 및 도 3에서는 하향링크를 중심으로 설명하나, 신호 처리 동작이 하향링크에 한정되는 것이 아니라, 상향링크에서도 동일하게 수행될 수도 있다.
- [0032] 이동통신의 RoF 프론트홀망에서 PAPR이 큰 신호로 인해 발생하는 문제를 극복하기 위해 광신호를 처리함에 있어서, 광수신기 광원의 수용 가능한 전류 범위가 작도록 제한하는 소자 설계나 신호처리(즉, 신호 전처리)를 통해 임계값(threshold) 이상의 RF 신호 진폭을 클리핑(clipping)하여 비선형성을 감소 또는 개선시킬 수 있고, 비선형성으로 인한 시스템 성능 저하를 감소시킬 수 있다.
- [0033] 한편, 신호의 클리핑으로 인해 신호 왜곡이 발생할 수 있다. 즉, 높은 PAPR을 가진 LTE 신호의 경우, 많은 클리핑 노이즈(clipping noise)에 의한 신호 왜곡이 발생할 수 있다. 또한 PAPR을 극복하기 위해, 전류의 구동범위가 적은 레이저 다이오드를 이용할 수도 있는데, 이 경우, 광파이버 도파 시 광 파워에 의한 비선형성은 발생하지 않으나, 신호왜곡이 발생하고 CNR이 낮아져 시스템 성능이 저하될 수 있다. 이에 따라, 클리핑으로 인한 신호 왜곡에 따른 성능 저하 정도가 상기 비선형성 감소에 따라 성능이 향상되는 정도보다 작아지도록 최적의 임계값이 미리 정의될 수 있다. 즉, 신호 왜곡으로 인한 성능 저하가 PAPR 저하를 통해 보상되도록 최적화된 임계값이 실험을 통해 미리 정의될 수 있다. 예컨대, 레이저 다이오드(laser diode)를 이용하여 간접 클리핑을 수행하는 경우, 신호의 전류 구동 범위가 작아지도록 하는 문턱 전류에 해당하는 지점(즉, 문턱 전류값) 과 포화가 시작되는 점(즉, 포화점), 또는 광원을 구동시킬 때의 바이어스 값이 상기 최적의 임계값으로 미리 정의될 수 있으며, 신호 전처리를 이용하는 경우, LTE 신호를 직접 클리핑하기 위한 피크 진폭 기준값이 상기 최적의 임계값으로 미리 정의될 수 있다.
- [0034] 305 단계에서, 광통신 시스템(200)은 비선형성 제거효과와 상기의 클리핑 노이즈에 의한 신호왜곡을 동시에 고려하여 최적의 클리핑 파라미터를 산출할 수 있다. 이때, 광통신 시스템(200)은 최적의 클리핑 파라미터를 산출하는 최적 파라미터 산출부(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0035] 310 단계에서, 광통신 시스템(200)은 전송하고자 하는 PAPR이 큰 신호에서 전력이 너무 큰 순간에 발생하는 비선형성이 감소하도록, PAPR이 큰 신호를 진폭이 어떤 임계값 이상일 경우에 대해 클리핑(clipping) 처리할 수 있다. 이때, 광통신 시스템(200)은 비선형성을 감소시키도록 설계된 레이저 다이오드(laser diode)를 이용하여 상기 신호를 간접적으로 클리핑할 수도 있고, 신호 전처리를 통해 상기 신호를 직접적으로 클리핑할 수도 있다.
- [0036] 311 단계에서, 직접 클리핑 방법으로서, 신호 전처리부(260)는 전송하고자 하는 신호에 대해 신호 전처리를 통해 직접적으로 클리핑(clipping)을 수행할 수도 있다. 여기서, 신호 전처리부(260)는 클리핑 처리를 수행하는 클리핑 처리부(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 신호 전처리부(260)는 전송하고자 하는 신호를 대상으로, 신호의 진폭이 기정의된 기준값 이상에 해당하는 신호의 진폭을 클리핑(즉, 깎아냄)시킬 수 있다. 신호 전처리부(260)는 LTE 신호의 변조 신호 생성 시 전기 신호로 변환 전 상기 클리핑을 수행할 수 있다. 도 4의 410과 같이 LTE 이동통신을 위한 OFDM 신호를 클리핑시킨 후 전기신호로 변환시키면 비선형성이 감소될 수 있다. 도 4의 420과 같이 진폭이 급격히 큰 부분이 직접 클리핑 처리로 인해 기준치 이하로 억제되어 제한된 진폭의 신호(420)로 가공될 수 있다. 클리핑으로 신호 진폭이 잘리는 클리핑 노이즈에 의해 신호 왜곡이 발생할 수 있으며, 신호 왜곡으로 인해 시스템 성능 저하가 발생할 수 있다. 이에 따라, 상기 클리핑으로 비선형성이 감소하여 성능이 개선되는 효과가 신호 왜곡으로 인한 성능 저하를 상쇄하도록 기준값으로 미리 정의될 수 있다. 이처럼, 신호 전처리를 수행한 신호는 레이저 다이오드(210)를 통해 광변조되어 전송될 수 있다.
- [0038] 312 단계에서, 간접 클리핑 방법으로서, 특정하게 설계된 레이저 다이오드를 이용하는 경우, 레이저 다이오드(210)는 전송하고자 하는 신호의 전류의 구동범위가 기정의된 최적의 문턱 전류(threshold current)와 포화 전류(saturation current) 사이 구간값에 해당하도록 설계될 수 있고 기정의된 최적의 바이어스 값으로 구동될 수 있다.
- [0039] 예를 들어, 레이저 다이오드(210)는 입력된 데이터에 해당하는 신호의 전류의 구동범위가 문턱 전류에 해당하는 지점인 6mA에서 포화 전류에 해당하는 지점인 40mA가 되도록 상기 전류의 구동범위를 감소시킬 수 있다. 즉, 레이저 다이오드(210)를 설계할 때 선형(linearity) 구간을 기정의된 기준 구간 이하로 짧게 설계함으로써, 레이저 다이오드(210)를 통과하면 상기 전류의 구동범위가 포화 전류와 문턱 전류 사이가 되도록 신호를 깎지 않고도 간접적으로 클리핑(clipping)이 수행된 효과를 얻을 수 있다. 다시 말해, 레이저 다이오드(210)를 통과하

여 출력된 신호의 비선형 구간이 통과 이전보다 상대적으로 짧아질 수 있다. 이처럼, 구동 전류가 적은 송신기 광원을 설계함으로써 비선형성을 감소시켜 시스템의 성능을 개선시킬 수 있다.

[0040] 이때, 레이저 다이오드(210)로는 비용 측면에서 경제적이고, 구동 전류 범위가 적은 VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser), TO-CAN 레이저 다이오드 등이 이용될 수 있다.

[0041] 예를 들어, 신호의 간접 클리핑을 위해 문턱 전류에 해당하는 지점(즉, 문턱 전류값)이 6mA, 포화 전류에 해당하는 지점(즉, 포화 전류값)이 40mA, LTE 신호의 전류의 구동범위가 약  $\pm 20\text{mA}$  레이저 다이오드가 상기 간접 클리핑을 수행하는 레이저 다이오드(210)로 이용될 수 있다. 그리고, 신호의 최대 광파워(optical power)는 3mW로 제한될 수 있으며, 광파이버 전송로에서의 고전력에 의한 비선형성이 제거될 수 있다. 이때, 클리핑에 의한 신호 왜곡이 발생하여 피크치(peak value)에서 CNR(carrier to noise ratio)을 낮추어 성능에 영향을 줄 수 있으므로, 최적화된 전류의 구동범위와 구동 바이어스값이 미리 추출 또는 정의될 수 있다. 이처럼, 312 단계와 같이, 간접 클리핑 방법으로서, 특정하게 설계된 레이저 다이오드를 이용하는 경우, 레이저 다이오드(210)가 클리핑 처리부(미도시)로서 동작할 수 있다.

[0042] 320 단계에서, 광파이버(optical fiber, 270)는 레이저 다이오드(210)로부터 출력되는 클리핑된 광신호(예컨대, 신호 전처리부를 통해 클리핑된 신호 또는 특정 목적에 따라 설계된 레이저 다이오드를 통해 클리핑된 신호)를 포토 다이오드(220)로 전달할 수 있다. 여기서, 광파이버(270)는 클리핑 처리된 신호를 광원을 통해 광신호로 생성 및 전송하는 생성 및 전송부(미도시)에 해당할 수 있다.

[0043] 330 단계에서, 포토 다이오드(photo diode, 220)는 광파이버(270)를 통해 전달된 클리핑된 광신호를 전기적 신호로 변환할 수 있다. 그러면, 변환된 전기적 신호는 안테나(250)를 통해 전송될 수 있다. 이때, 안테나(250)를 통해 전기적 신호가 전송되기 이전에 증폭기(미도시)를 통해 기정의된 레벨로 증폭될 수도 있다. 여기서, 포토 다이오드(220)는 광 수신기(미도시)에 포함되는 것으로서, 광 수신기는 광 파이버(270)를 통해 전달된 광신호를 수신하여 전반적인 수신관련 프로세스를 처리하는 수신부(미도시)로 표현될 수 있다.

[0045] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, OFDM 신호인 LTE 신호에 대해 클리핑 이전의 신호와 클리핑 이후의 신호의 웨이브폼과 이를 전송하였을 때 성능 측정을 도시한 도면이다.

[0046] 도 4를 참고하면, 410은 LTE 사양의 64QAM-OFDM 신호로서 클리핑 처리 이전의 신호의 웨이브폼(waveform)을 나타낼 수 있다.

[0047] 410 및 420에 도시된 웨이브폼은 신호 전처리 전과 신호 전처리 전의 신호 웨이브폼으로 이 신호들은 전기 신호 발생장치에 인가되어 RF 전기 신호로 변환될 수 있다.

[0048] 먼저, 410을 참고하면, 전송될 신호의 웨이브폼에서 갑자기 신호가 튀는 부분(411)이 존재함을 확인할 수 있다. 신호 전처리를 통해 이러한 부분(411)들의 신호 진폭을 일정값 이내로 클리핑(clipping)시킬 수 있으며, 클리핑된 신호는 420과 같이 나타낼 수 있다.

[0049] 즉, 420을 참고하면, 클리핑된 신호의 크기가 제한된 구간 내에서 존재하고, 해당 범위를 벗어나는 신호는 잘라져 존재하지 않음을 확인할 수 있다. 이처럼, 신호 전처리를 통해 직접 클리핑된 LTE 신호를 2.1GHz RF 주파수를 가진 average power 2dBm인 신호로 변환한 후 구동 바이어스 전류 19.4mA인 레이저 다이오드(210)를 통해 직접 변조시켜 20km 광섬유망을 통해 전송한 후 신호의 품질을 측정해 볼 수 있다.

[0050] 430은 상기 조건에서 전송된 신호의 클리핑 사이즈에 따른 EVM(Error Vector Magnitude)을 나타낼 수 있다. 신호는 0.4V부터 0.6V까지 0.1V 단위로 신호 진폭을 클리핑시켰다. 클리핑 사이즈는 클리핑시킨 진폭의 크기를 말한다. 클리핑을 많이 함에 따라 비선형성이 감소해 EVM이 적어짐을 확인할 수 있는데 이는 성능이 향상됨을 의미할 수 있다.

[0051] 430을 참고하면, 상기 조건에서 0.6V만큼 클리핑 시 EVM 측정치가 1.61%로 측정되므로 클리핑 수행에 따른 성능 향상이 가능할 수 있음을 알 수 있다. 또한 해당 측정치들은 3GPP의 이동통신 요구 조건에 부합되는 수치일 수 있다. 따라서, 비선형성 제거 효과가 클리핑 노이즈에 의한 신호왜곡으로의 성능 저하를 보상할 수 있도록 클리핑 수준과 LD 구동 파라미터의 최적치를 산정하여 적용함으로써, 클리핑에 의해 성능 향상이 가능할 수 있고 PARP가 큰 이동통신 신호의 비선형성 등의 문제점을 극복할 수 있다. 즉, 최적화된 피크 기준값으로 클리핑을 수행하는 신호 전처리를 수행함으로써, 상기 비선형성 등의 문제점이 극복될 수 있다.

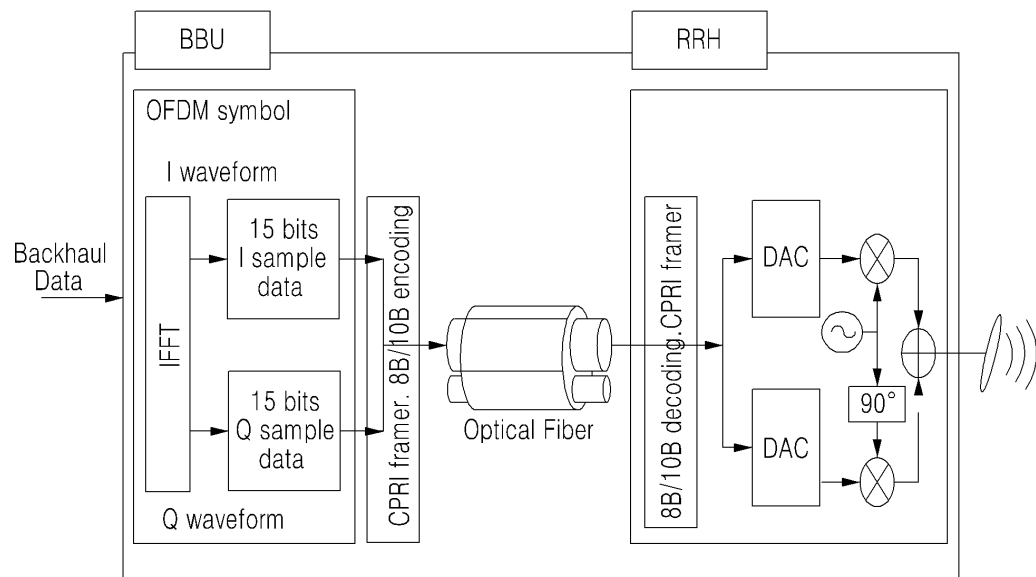
- [0053] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 간접 클리핑 방법에 대한 RoF 프론트홀 망의 하향링크 광통신 시스템의 내부 구성을 도시한 도면이다.
- [0054] 도 5를 참고하면, 광통신 시스템(500)은 전송신호를 발생시키는 신호발생부(511)와 광원인 레이저 다이오드(512)를 포함할 수 있다. 신호 전처리부(511)의 실시예로 OFDM 생성부(OFDM generator), 디지털에서 아날로그 신호로 변환시키는 DAC(Digital to Analog Converter), 대역 필터링을 수행하는 LPF(Low Pass Filter), RF 주파수 대역으로 업컨버전시키는 LO를 포함할 수 있다.
- [0055] 그리고, 광통신 시스템(500)은, 클리핑된 신호를 전송하는 매체인 광파이버(550), 전송된 광신호를 전광 변환하는 광수신기인 포토 다이오드(513), 변환된 전기적 신호를 증폭시키는 LNA(530) 및 증폭된 신호를 전송하는 안테나(540)를 포함할 수 있다. 도 5의 하향링크 프론트홀의 광통신 시스템(500)에서 레이저 다이오드(512)와 신호 발생부(511)는 도 2의 광원(210) 및 신호 전처리부(260)에 각각 대응할 수 있다. 도 5에서, 레이저 다이오드(512)가 간접 클리핑이 가능한 다이오드인 경우, 신호발생부(511)는 직접 클리핑을 수행하지 않을 수 있으며, 간접 클리핑을 지원하지 않는 다이오드인 경우, 신호발생부(511)는 직접 클리핑을 수행할 수도 있다. 간접 또는 직접적으로 클리핑을 수행하는 동작을 도 2에서 상세히 설명하였으므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0057] 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 전류의 구동 범위가 제한되도록 설계한 레이저 다이오드를 이용하는 간접 클리핑을 위한 장치 특성 그래프이다.
- [0058] 도 6에서, 그래프 610은 전류의 구동 범위가 넓은 일반적인 레이저 다이오드의 입력 전류와 출력 광 파워 간의 특성 그래프이다.
- [0059] 그래프 620은 전류의 구동 범위가 좁도록 설계된 레이저 다이오드의 입력 전류와 출력 광 파워 간의 특성 그래프이다.
- [0060] 그래프 610은 구동전류의 범위가 34mA에서 140mA까지인 경우의 측정치인데, 620에서와 같이 구동 전류의 범위가 6mA에서 40mA까지 정도가 되도록 설계한 레이저 다이오드를 사용하여 PARP가 큰 LTE 신호를 전송할 경우 비선형성 감소로 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0062] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 간접 클리핑 설명을 위한 레이저 다이오드 특성 그래프와 입출력 신호에 대한 도면이다. . .
- [0063] 도 7에서는, 레이저 다이오드를 통한 전기 신호의 직접변조가 사용될 수 있다.
- [0064] 포화점(710)과 문턱점(720)에 해당하는 전류값 사이의 범위인 구동전류 범위가 좁을수록 입력 전기 신호에 대한 클리핑이 많이 초래된다. 또한 바이어스 점(730)에 해당하는 구동 바이어스 전류값을 어디에 정하는지에 따라 입력 전기 신호의 어느 부분을 클리핑되게 할지를 정할 수 있다.
- [0065] 간접 클리핑의 정도는 아래의 수학적 식 1과 같이 광변조지수(OMI)라는 파라미터로 지표화될 수 있다.
- [0066] [수학적 식 1]
- $$OMI = \frac{P_{peak} - P_{bias}}{P_{bias} - P_{th}}$$
- [0067]
- [0068] 수학적 식 1에서,  $P_{bias}$ 는 구동 바이어스 전류값(730),  $P_{peak}$ 는 신호의 최대 전류값(710),  $P_{th}$ 는 문턱 전류값(720)을 나타낼 수 있다. 사용 레이저 다이오드의 특성 그래프에 기초하여 이러한 파라미터들에 대해 적당한 값을 산출하여 적용하면 OMI와 간접 클리핑 정도의 상관관계를 만들 수 있다. 이러한 변수를 이용하여 OMI에 따른 EVM을 측정함으로써 성능을 측정할 수 있고, 이 결과를 보고 클리핑 정도의 최적치를 산출해 낼 수 있다. 측정 결과에 의하면 적합한 클리핑에 의해 성능이 향상될 수 있음을 알 수 있고, 최고 성능일 때의 OMI 값으로부터 클리핑의 정도와 구동 바이어스 값 등의 최적 파라미터를 설계할 수 있다.
- [0069] 이상에서 설명한 바와 같이, 아날로그 기반의 RoF 프론트홀 망의 광통신 시스템은 CPRI와 같은 기존의 디지털 기반의 시스템에 비해 신호를 전송함에 있어서 전송 대역폭을 획기적으로 절약할 수 있으며, RRH의 구조가 디지털

털 기반 시스템에 비해 단순하여 설치 및 확장이 용이할 수 있다. 아날로그 기반 시스템에서는 LTE와 같은 PAPR가 큰 신호를 전송시 비선형성이 발생하여 성능 저하의 문제가 발생할 수 있으나, 본 발명에서의 클리핑 신호처리 방법과 장치의 사용으로 이를 개선할 수 있다.

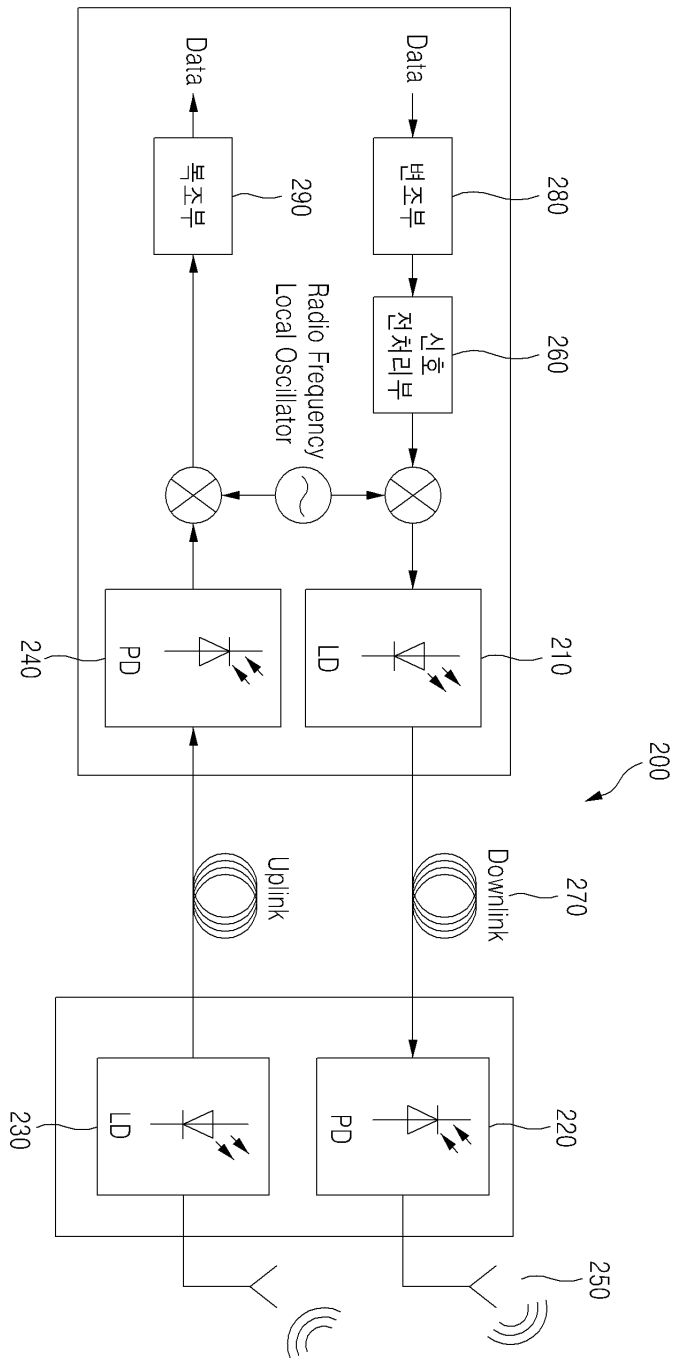
- [0070] 직접 클리핑 방법은, 신호에서 야기되는 비선형성이 감소하도록, 신호 전처리를 통하여 전송하고자 하는 신호에 대해 상기 최적 기준치 이상의 신호 진폭(amplitude)을 클리핑(clipping)시킨다.
- [0071] 간접 클리핑 방법은, 상기 광원에 해당하는 레이저 다이오드에 대해 문턱 전류(threshold current)와 포화 전류(saturation current) 사이 범위인 구동 전류 가능 범위가 작게 되도록 설계하여 직접 변조 방식으로 인가된 입력 전기 신호의 진폭이 클리핑(clipping) 되도록 하는 것이다.
- [0072] 상기 클리핑 처리에 의해 비선형성이 감소함에 따라 성능 향상이 기대되는 한편 이에 대한 트레이드 오프(Trade-off)로 클리핑으로 생긴 신호 왜곡에 따른 클리핑 노이즈가 성능 감소를 야기시킬 수 있다. 이에 따라 최적화 과정을 통해, 비선형성 감소에 따른 성능 향상이 신호 왜곡에 따른 성능 감소를 충분히 상쇄하여 남아 최고의 성능 향상을 얻을 수 있도록 시스템과 소자 파라미터의 최적값을 산출하여 적용함으로써 해결할 수 있다.
- [0073] 실시예에 따른 방법은 다양한 하드웨어나 소프트웨어 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 하드웨어나 소프트웨어 담당자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0074] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0075] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

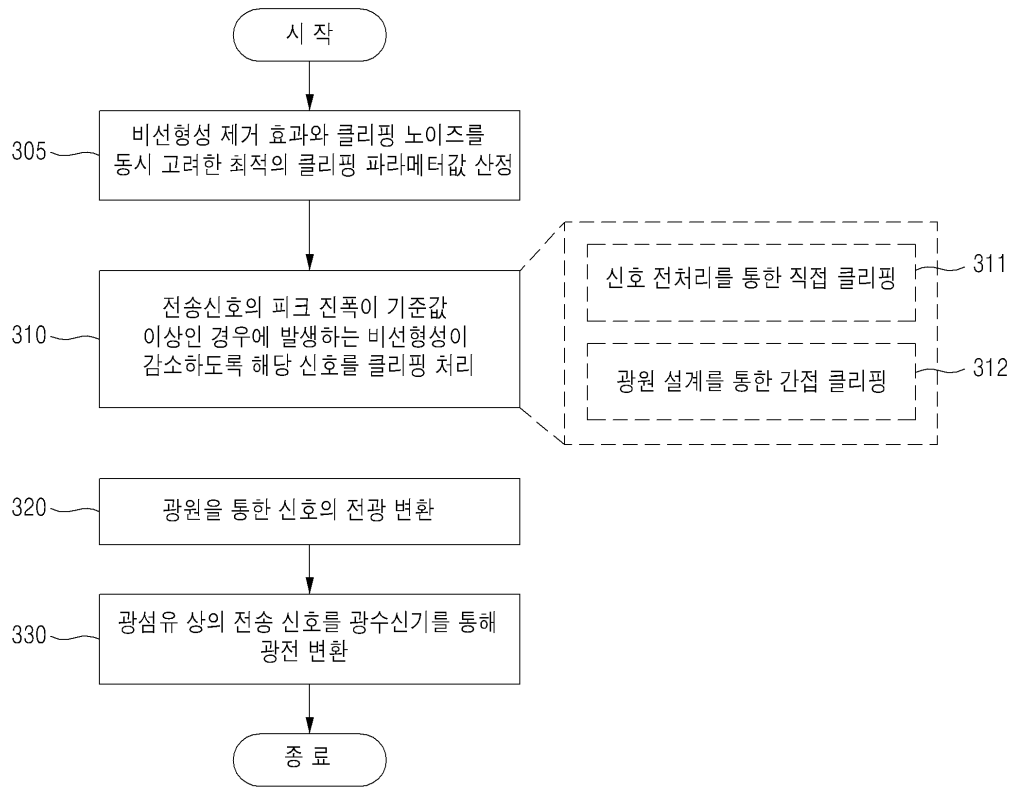
도면1



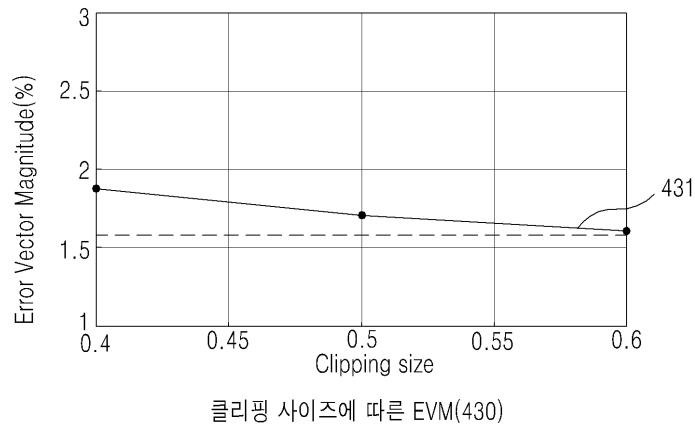
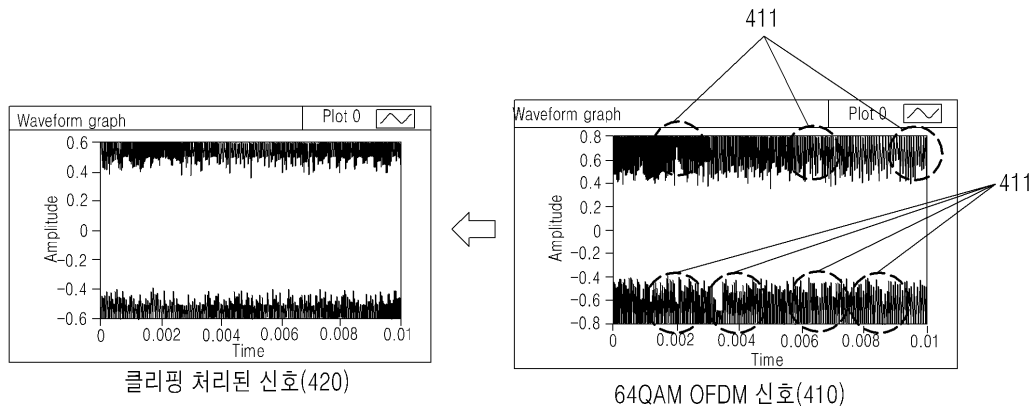
도면2



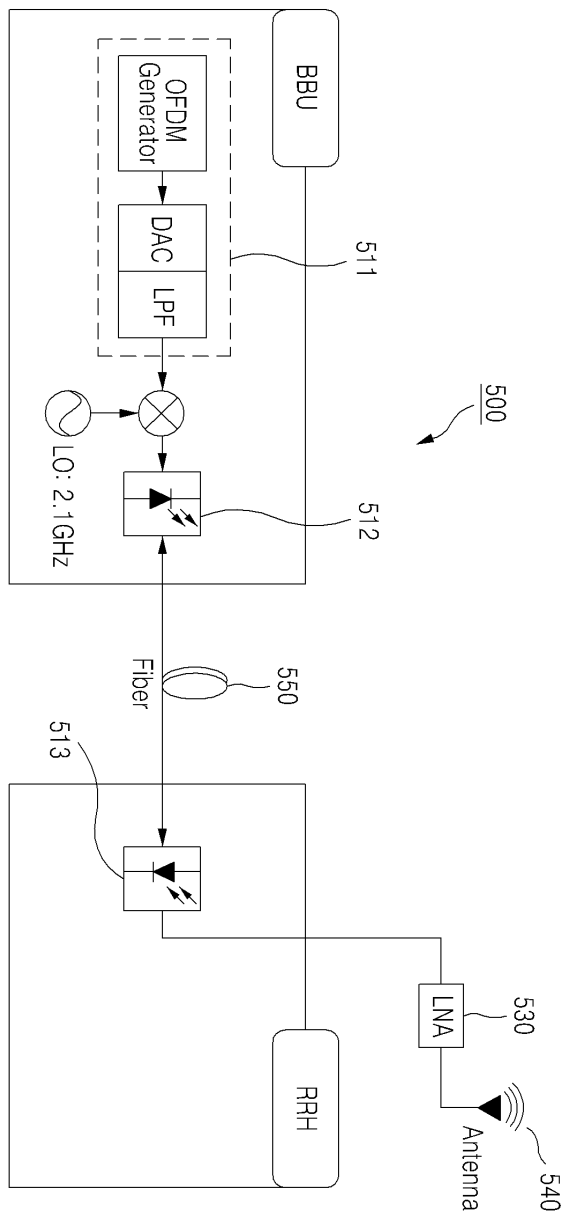
도면3



도면4

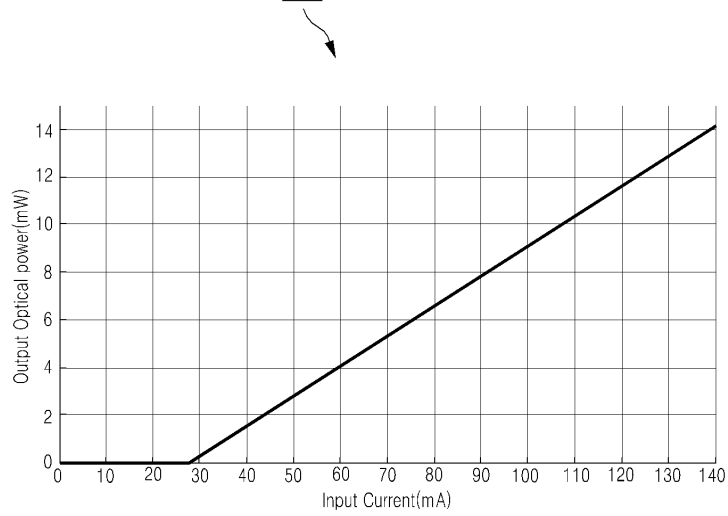


도면5



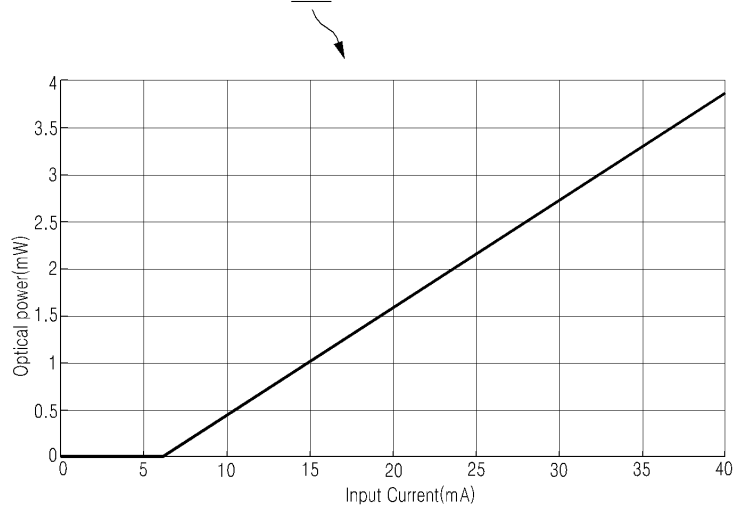
도면6

610



- 파장: 1551.726nm
- 발진효율: 0.146(mW/mA)
- 전류구동 범위: 34mA ~ 140mA

620



- 파장: 1551.1nm
- 발진효율: 0.15(mW/mA)
- 전류 구동 범위: 6mA ~ 40mA

도면7

