

특허청구의 범위

청구항 1

무선 통신 시스템을 위한 광중계기에 있어서,
광신호를 수신하여 전기적 신호로 변환시키는 광전변환기와,
상기 광전변환기로부터 출력된 전기적 신호를 수신하여 직접변조된 레이저 다이오드와,
상기 레이저 다이오드를 제어하도록 강한 신호를 인가시키는 제어부와,
상기 제어부에 의해 제어된 광신호를 외부로 출력하는 장치를 포함하는 광중계기.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 레이저 다이오드에 인가될 강한 신호를 레이징하는 주파수 가변 레이저 장치와,
상기 주파수 가변 레이저 장치로부터의 강한 신호를 상기 레이저 다이오드의 레이징 영역으로 제공하는 인가장치를 포함하는 광중계기.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 레이저 다이오드는 내부 캐비티를 가지는 레이저 다이오드 또는 외부 캐비티를 가지는 레이저 다이오드인 것을 특징으로 하는 광중계기.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 주파수 가변 레이저 장치의 레이징 주파수는 상기 레이저 다이오드와 로킹(locking) 영역내에 존재하는, 광중계기.

청구항 5

제2항에 있어서,
상기 인가장치는 옵티컬 서큘레이터 또는 아이솔레이터를 포함하는 커플러인, 광중계기.

청구항 6

제2항에 있어서,
상기 주파수 가변 레이저 장치는, 내부적으로 아이솔레이팅된 DFB-LD 또는 선택티브 FP-LD인, 광중계기.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 레이저 다이오드는 내부 아이솔레이터를 제거한 패키징을 가진 레이저 다이오드인 것을 특징으로 하는 광중계기.

청구항 8

무선 통신 시스템을 위한 광중계 방법에 있어서,
광신호를 수신하여 전기적 신호로 변환시키는 단계와,

상기 전기적 신호를 이용하여 레이저 다이오드를 직접변조시키는 단계와,
상기 직접변조 단계와 동시에 주파수가변레이저로부터의 강한 신호를 인가시켜 신호를 로킹시키는 단계와,
상기 신호의 로킹 결과 재생성된 광신호를 출력하는 단계를 포함하는 광중계 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 동영상 서비스가 가능한 무선 인터넷등 인터넷 사용의 폭주와 무선접속의 증가추세에서 무선 통신을 위한 주파수 밴드 영역이 날로 확장되고 있다. 현재 사용되고 있는 무선 주파수보다 높은 고주파수의 무선 통신에서는 감쇄가 심한 관계로 전송 거리 제약과 통신 음영지역이 생기는데 이의 해소를 위해 중계기의 필요성이 더욱 강조되고 있다.
- <2> 중계기에는 마이크로웨이를 이용하는 무선 중계방식, CATV 동축 케이블을 이용하는 유선 중계방식, 레이저나 광케이블을 이용하는 광중계방식이 있는데, 성능, 경제성면에서 광중계기가 우수해 널리 쓰이고 있다.

배경 기술

- <3> 이러한 광링크상에서는 SCM(subcarrier multiplexing) 방식을 이용하여 경제성있고 용이한 직접 강도 변조(direct intensity modulation)를 적용하는데 이는 전기 입력신호의 크기에 따라 광원에서 나오는 빛의 세기를 직접 조정하는 변조방식으로, 신호원에서의 입력에 의해 발광 다이오드나 반도체 레이저를 직접 구동시켜 변조파를 얻는 것으로, wireless local loop(WLL), 케이블 TV, hybrid-fiber-radio system 등 적용범위가 다양하다.
- <4> PCS 나 IMT-2000에서 기존에 널리 사용되고 있는 아날로그 통신 시스템의 직접 변조를 이용한 광중계기에서의 가장 큰 문제점은 비선형적 왜곡에 의한 전송 신호 성능 저하이다. 이를 극복하기 위한 방법으로, 프리디스톨선/프리칩(predistortion/prechip), Etalton filter, 게인 클램핑(gain clapping)을 이용하는 방법등이 있다. 에탈톤 필터(Etalton filter) 나 프리디스톨선(predistortion)을 이용하는 방법은 거리에 따른 가속도로 인하여 시스템 가변성이 좋지 않으며, 게인 클램핑(gain clapping)을 이용하는 방법은 간단하나 CNR의 향상이나 전력, 주파수 대역 등에 제한이 있고 클리핑(clipping)으로 인해 위상 잡음이 증가한다는 단점이 있다. 이밖에 인터페로메트릭 컨버전(interferometric conversion)을 사용한 FM-to-IM 컨버전(M.Bhattacharya, LEOS'99) 방법등이 있으나 실제 시스템에 쓰이기에는 성능과 실용성에 있어 경쟁력이 미흡하다.
- <5> 이렇듯, 아날로그 광섬유 링크의 성능을 제한하는 원인인 비선형성 등 주요요인은 사용된 반도체 레이저의 변조 특성의 비선형성에 의한 상호변조 왜곡(intermodulation distortion)이다. 멀티기가 헤르츠 대역의 고주파 시스템에서는 전송과정중의 섬유 분산(fiber dispersion), 모드 분산(modal dispersion) 이나 소스의 비선형성등으로 인해 부조화파나 상호변조곱들이 발생한다. 이러한 비선형성중 일반적으로 IMD3(3차 상호변조 왜곡)은 2차 부조화파나 IMD2보다 훨씬 작지만, 2차 부조화파나 IMD2가 관심 주파수 영역 밖에 존재하므로 왜곡은 주로 IMD3에서 기인한다.
- <6> 도 1에 이와 같은 상호변조 왜곡을 나타내는 그래프가 도시되어 있다. 주파수 f_1 과 f_2 에 있는 두개의 아주 가깝게 이격된 대역내 신호들에 대해서 3차 상호변조곱(third-order intermodulation products) $2f_1-f_2$ 와 $2f_2-f_1$ 는 관심 통신 주파수 대역내에 있으며, 이러한 레이저 다이오드의 비선형성에 의해 발생된 상호변조 왜곡은 광섬유를 통해 전송되면서 레이저 다이오드의 위상 잡음 및 섬유의 분산에 의해 더욱 커지는 것을 알 수 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <7> 본 발명은 아날로그 통신 시스템의 직접 변조를 이용한 광중계기에서 비선형적 왜곡에 의한 전송 신호 성능 저하를 방지하기 위한 것이다.

과제 해결수단

- <8> 본 발명은 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해 광전변환을 통해 RF 신호로 직접 변조시킨 레이저 다이오드에 가변주파수 레이저에서 발생하는 강한 신호를 인가시켜 비선형적 왜곡이 줄어들고 주파수가 안정화된 광신호를 얻는 방법에 대한 것이다.
- <9> 본 발명의 하나의 특징은, 무선 통신 시스템을 위한 광중계에 있어서, 광신호를 수신하여 전기적 신호로 변환시키는 광전변환기와, 상기 광전변환기로부터 출력된 전기적 신호를 수신하여 직접변조시키는 레이저 다이오드와, 상기 레이저 다이오드를 제어하도록 강한 신호를 인가시키는 제어부와, 상기 제어부에 의해 제어된 광신호를 외부로 출력하는 장치를 포함하는 것이다.
- <10> 바람직하게는, 상기 제어부는, 상기 레이저 다이오드에 인가될 강한 신호를 레이징하는 주파수 가변 레이저 장치와, 상기 주파수 가변 레이저로부터의 강한 신호를 상기 직접 변조된 레이저 다이오드의 레이징 영역으로 제공하는 인가장치를 포함한다.
- <11> 또한, 바람직하게는, 상기 레이저 다이오드는 내부 캐비티를 가지는 레이저 다이오드 또는 외부 캐비티를 가지는 레이저 다이오드를 포함한다.
- <12> 또한, 바람직하게는, 상기 제어부의 주파수가변 레이저 장치의 레이징 주파수는 상기 레이저 다이오드 주파수의 로킹 영역내에 존재한다.
- <13> 또한, 바람직하게는, 상기 인가장치는 옵티컬 서큘레이터 또는 아이솔레이터를 포함하는 커플러를 포함한다.
- <14> 또한, 바람직하게는, 상기 주파수 가변 레이저 장치는 내부적으로 아이솔레이트된 DFB-LD 또는 셀렉티브 FP-LD를 포함한다.
- <15> 본 발명의 다른 특징은, 무선 통신 시스템을 위한 광중계 방법에 있어서, 광신호를 수신하여 전기적 신호로 변환시키는 단계와, 상기 전기적 신호를 이용하여 레이저 다이오드를 직접변조시키는 단계와, 상기 직접변조 단계와 동시에 주파수가변레이저로부터의 강한 신호를 인가시켜 신호를 로킹시키는 단계와, 상기 신호의 로킹 결과 재생성된 광신호를 출력하는 단계를 포함하는 것이다.
- <16> 이제, 도 2를 참조하여 본발명에 따른 광중계기(100)의 구성을 설명한다.
- <17> 본 발명에 따른 광중계기(100)는 광/전 변환기(10)와, 레이저 다이오드(20)와, 인가장치(30)와, 주파수 가변 레이저 다이오드(40)를 포함한다.
- <18> 광중계기(100)에 입력된 신호는 전치 증폭기(pre-amplifier)를 거쳐 마이크로파 발생기 등의 광/전 변환기(10)에 의해 전기적 RF 신호로 변환된 후 직접 변조 방식에 의해 레이저 다이오드(20)의 신호를 변조시킨다. 상기 레이저 다이오드는 내부 아이솔레이터가 없이 패키징되어 외부로부터의 광신호의 인가가 가능하도록 하며, 패브리 패럿 레이저 다이오드(Fabry Parrot Laser Diode:FP-LD) 등이 이용될 수 있다. 또한, 상기 레이저 다이오드는 외부 캐비티(external cavity) 또는 내부 캐비티(internal cavity)를 가질 수 있다.
- <19> 상기 직접 변조된 레이저 다이오드(20)에 주파수 가변 레이저 다이오드(Tunable Laser Diode:TLD(40))로부터의 강한 신호를 인가시켜 상호작용에 의해 로킹(locking)된 신호를 얻는다. 상기 주파수 가변 레이저 다이오드로는 내부적으로 아이솔레이트된 DFB-LD(Distributed Feed Back laser diode)를 사용하거나 셀렉티브 FP-LD를 사용할 수 있다. 상기 주파수 가변 레이저 다이오드에서 발생된 강한 신호는 임의의 편광을 가진 빛을 일정한 편광을 가진 빛 또는 또다른 임의의 편광을 가진 빛으로 변환시키는 편광제어기(Polarization controller)(도시하지 않음)를 지나 인가장치(30)를 통하여 직접변조된 레이저 다이오드(20)에 인가되는데 이때 주파수 가변 레이저의 레이징 주파수는 레이저 다이오드(20)의 로킹 레인지(locking range) 영역안에 존재하고 로킹 파워 조건을 만족해야 한다. 인가장치(30)로는 옵티컬 서큘레이터(Optical Circulator)나 아이솔레이터를 결합한 커플러를 사용할 수도 있다.
- <20> 강한 신호가 레이저 다이오드(20)로 입력된 후 인가장치와 이에 이은 아이솔레이터를 거쳐 나온 빛은 비선형성 왜곡이 감소되고 안정화되어 전송 성능 향상을 가져온다.
- <21> 이와 같이 재생성된 신호는 광섬유를 통해 원거리 기지국(50)까지 전송된 후 안테나를 통하여 무선신호의 형태로 분배된다.
- <22> 도 2에 도시된 구성에 의한 한 예의 동작원리를 설명한다.

- <23> 주파수 가변 레이저 장치(40)로 외부 캐비티 TLD를 사용하고, 레이저 다이오드(20)로 내부 아이솔레이터가 없는 FP-LD를 사용하여, 주파수 가변 레이저 장치(40)로부터의 강한 신호를 FP-LD에 인가시킨다. FP-LD는 15mA(-3.3I_{th})로 바이어스되고 있고, 2 tone RF 신호($f_1=2.6$ GHz, $f_2=2.7$ GHz)로 직접 변조되어 있다. 광전변환을 거쳐 발생한 두 RF 신호의 바이어스-T 직전 전력 레벨은 -6dB 이다. FP-LD의 멀티모드 중 타겟모드를 잡아 TLD를 로킹 주파수 대역에 오도록 조정한다. 보다 넓은 로킹 범위를 이용하려면 피크 모드를 중심으로 단파장의 모드를 선택하는 것이 바람직하다. 예에서의 TLD와 FP-LD의 타겟 모드간의 비는 3dB이며 안정 로킹 범위는 40GHz 정도였다.
- <24> 도 3a, 3b는 20km 전송후 기본주파수(f_1, f_2)와 3차 상호변조 주파수($2f_1-f_2$, $2f_2-f_1$)에 대한 RF 스펙트럼을 자유전송과 로킹시킨 경우에 대해 비교한 것이다. 도 3a는 자유전송시킨 경우로 IMD3가 -0.92dBc이고, 도 3b는 로킹시킨 경우로 IMD3가 -27.29dBc로서 IMD3의 26.87dBc의 향상을 보여주고 있다.
- <25> 도 4a는 전송거리에 따른 기본 주파수와 IMD3 주파수에서의 측정 RF 전력을 자유전송과 로킹 시킨 경우에 대해 각각 나타낸 것이다. DFB-LD를 사용하였을 때는 자유 전송의 경우 기본주파수와 IMD3 주파수에서의 측정 RF 파워가 전송거리에 따라 단조롭게 감소하는 것과는 달리 FP-LD를 사용하였을 때를 나타낸 도 4에서는 매우 요동이 심한 양상을 보이는데 이는 FP-LD의 모드 분산의 영향인 것으로 분석된다.
- <26> 도 4b는 전송거리에 따른 IMD3 분산을 자유전송과 로킹시킨 경우 각각에 대해 나타낸 것이다. 로킹된 FP-LD의 경우 40km 전 전송구간에 걸쳐 분산이 1dB 이내로 한정되어 있는 것을 보여 전송거리에 대한 민감도도 상당히 줄어든 것으로 보인다. FP-LD 대신 DFB-LD를 사용하였을 경우 전송거리의 민감도와 IMD3가 자유전송에 비해 더욱 월등히 향상되는 양상을 보여 FP-LD에 비해 성능 개선 면에서는 우월하나 경제성면에서는 경쟁력이 미흡하다.

효 과

- <27> 본 발명에 의하면 전송거리의 민감도와 비선형성을 개선시킬 수 있을 뿐만 아니라 넓은 동적인 범위에 대해 위상잡음이 적은 안정된 고주파를 발생시키는 안정화 계획으로 작용할 수 있으며 주파수 chirp; 전송 분산의 감소 등 성능향상에 기여할 수 있다.
- <28> 본 발명에 의하면, 비선형 왜곡이 감소하여 고품질의 통신이 가능해진다. 즉, 2.5, 2.6 GHz 톤에 대해서는 20km 전송에 있어 IMD3의 감소가 5dB 이상 개선되었고, 2.81, 2.82 GHz 톤에 대해서는 20km 전송에 있어 IMD3의 감소가 18.51dB 이상 개선되었으며, 2.6, 2.7 GHz 톤에 대해서는 20km 전송에 있어 IMD3의 감소가 26.29dB 이상 개선되었다.
- <29> 또한, SFDR(Spurious free dynamic range)의 개선은 2.5, 2.6 GHz 톤에 대해서 $5.7 \text{ dB(MHz)}^{2/3}$ 이었다.
- <30> 또한, 본 발명에 의하면 넓은 동적 범위($P_m \sim -1\text{dBm}$ 정도 일때)에서 발생광원의 위상 잡음을 줄이고(< -100dBm/Hz), 수 헤르쯔로 라인폭이 줄어든 안정된 고주파를 발생시킬 수 있어 광원의 안정화에 기여할 수 있게 된다.
- <31> 또한 본 발명에 의하면, 무선 통신 시스템의 아날로그 광증계기에 있어 PLL 등 전자회로나 외부 모듈레이터가 필요없어 경제적이고, 강한 파워를 입력시킴으로 FP-LD의 경우 약 30 GHz, DFB-LD의 경우 5GHz 오프셋으로 안정한 로킹 범위가 넓어 미세한 제어 장치의 필요없이 제어, 조정이 용이하게 된다. 본 발명의 성능향상으로 볼 때, 2GHz 대역의 IMT2000, 무선 LAN 등에 적합하다.
- <32> 또한, 본 발명에 의하면, 왜곡등의 전송거리에 대한 관련성이 감소되어 트리, 링 토폴로지 등 어떠한 아키텍처에도 변형 적용이 가능하여 시스템 유연성이 개선된다.
- <33> 또한, 본 발명에 의하면, 디지털 신호로 변복조하지 않고 전파대로 전송하므로 여러가지 전파형식에 대한 범용성을 대비하기 쉽게 되어 전파형식변경과 신설에 대해 유연성을 가질 수 있다.
- <34> 또한, 본 발명에 의하면 성능에 대한 FM-index를 낮출수 있기 때문에 IMT-2000 등 통신에서의 채널 용량을 높여 거대 통신량에 대한 고속전송이 가능하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

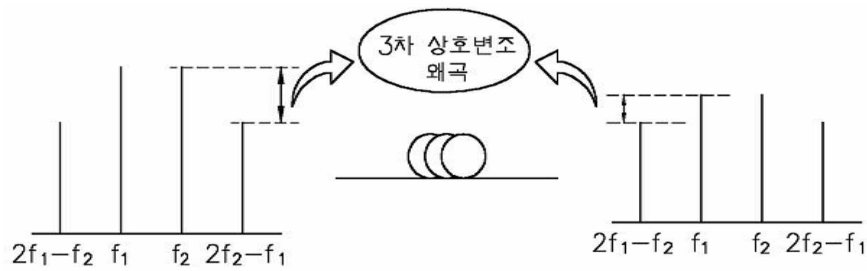
- <35> 유무선 통신

도면의 간단한 설명

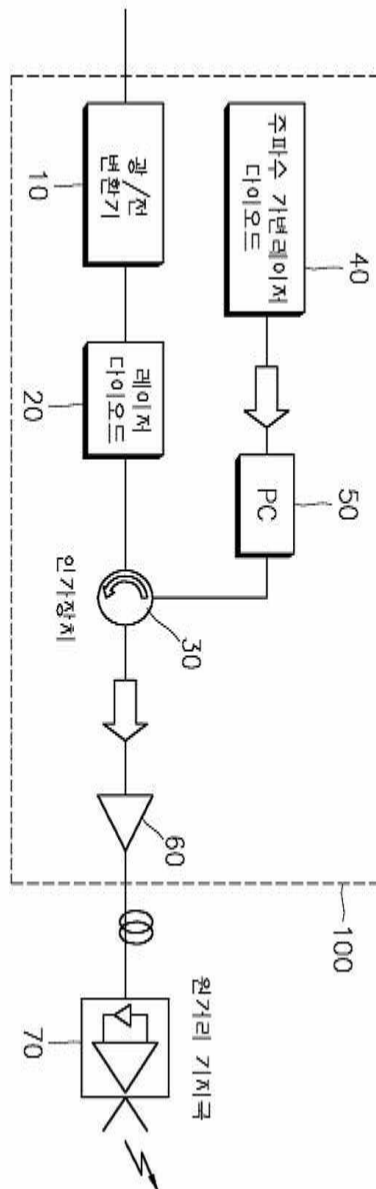
- <36> 도 1은 상호변조 왜곡을 나타내는 그래프를 도시한 도면.
 <37> 도 2는 본 발명에 따른 광증계기의 블럭도.
 <38> 도 3a, 3b는 본 발명에 따른 광증계기의 구성에 의하여 상호변조 왜곡의 감소를 보여주는 도면.
 <39> 도 4a, 4b는 본 발명에 따른 광증계기의 구성에 의하여 거리의존도의 감소를 보여주는 도면.

도면

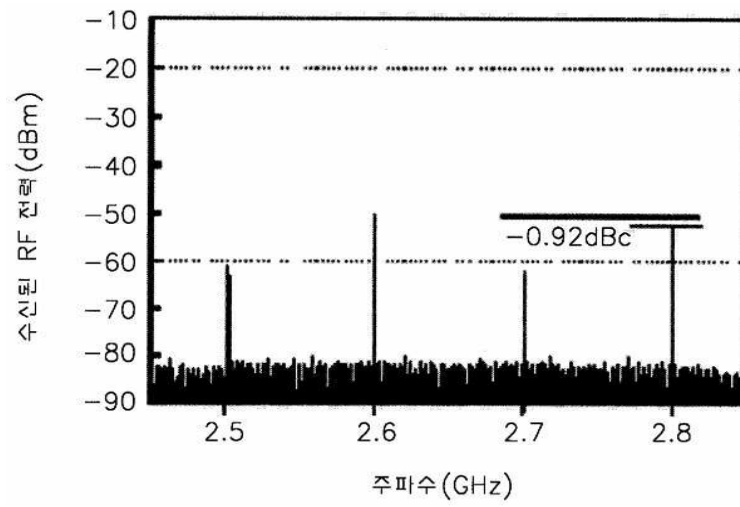
도면1



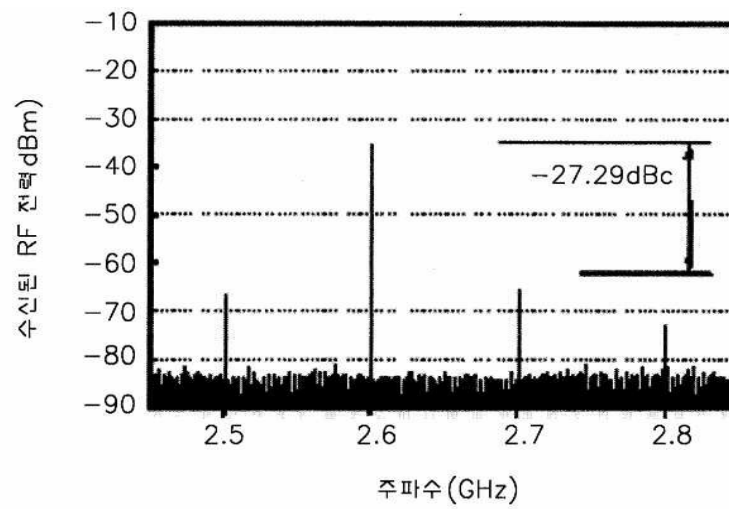
도면2



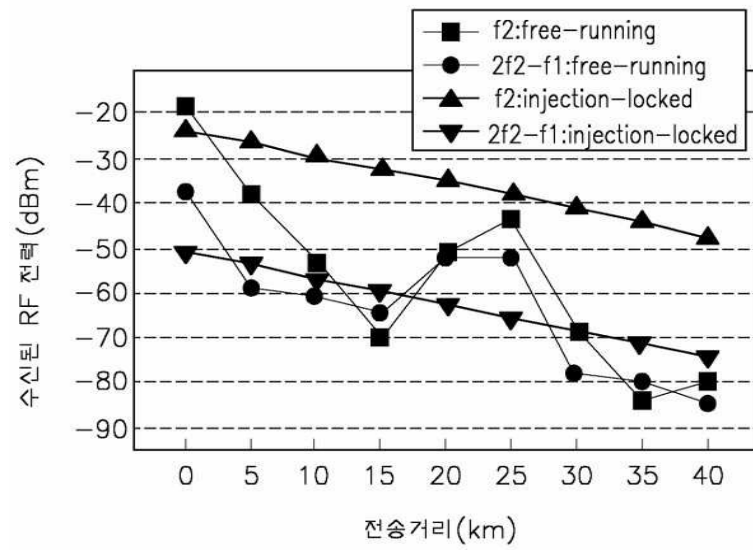
도면3a



도면3b



도면4a



도면4b

