

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 1월 19일 (19.01.2017)



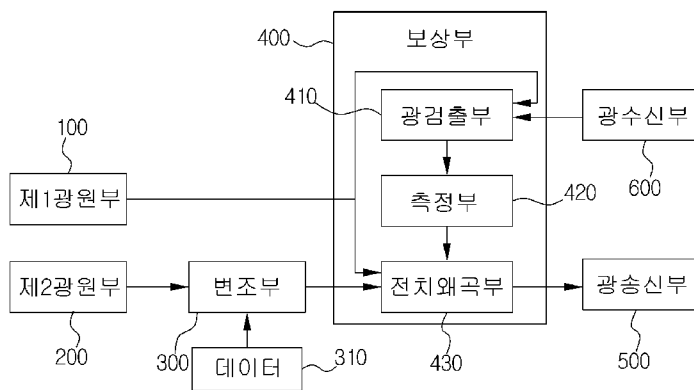
(10) 국제공개번호
WO 2017/010605 A1

- (51) 국제특허분류:
H04B 10/58 (2013.01) H04B 10/071 (2013.01)
H04B 10/50 (2013.01) H04B 10/11 (2013.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/008760
- (22) 국제출원일: 2015년 8월 21일 (21.08.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0100208 2015년 7월 15일 (15.07.2015) KR
- (71) 출원인: 한국과학기술원 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [KR/KR]; 34141 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 김승우 (KIM, Seung-Woo); 34141 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR). 김영진 (KIM, Young-Jin); 35216 대전시 서구 청사로 65, 118-605, Daejeon (KR). 천병재 (CHUN, Byung Jae); 42450 대구시 남구 자유1길 37-2, 501호, Daegu (KR). 강현재 (KANG, Hyun Jay); 35201 대전시 서구 만년로 25, 112-201, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 플러스 (PLUS INTERNATIONAL IP LAW FIRM); 35209 대전시 서구 한밭대로 809 10층, Daejeon (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR FREE SPACE COHERENT OPTICAL COMMUNICATION BY MEANS OF AUTOMATIC COMPENSATION FOR PHASE NOISE IN ATMOSPHERE USING OPTICAL COMB OF FEMTOSECOND LASER

(54) 발명의 명칭 : 펄초 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치 및 방법



100 ... First light source unit
200 ... Second light source unit
300 ... Modulation unit
310 ... Data
400 ... Compensation unit

410 ... Optical detection part
420 ... Measurement part
430 ... Predistortion part
500 ... Optical transmission unit
600 ... Optical reception unit

(57) Abstract: The present invention relates to a device and a method for free space coherent optical communication by means of automatic compensation for phase noise in the atmosphere using an optical comb of a femtosecond laser and, more specifically, to a device and a method for free space coherent optical communication, by means of automatic compensation for phase noise in the atmosphere using an optical comb of a femtosecond laser, in which a phase shift value due to atmospheric disturbance is obtained from reflected light of transmission light generated from a femtosecond laser optical comb and in which the transmission light is predistorted on the basis of the phase shift value, thereby pre-compensating, in a transmission end, for phase noise due to atmospheric disturbance. A device for free space coherent optical communication by means of automatic compensation for phase noise in the atmosphere using an optical comb of a femtosecond laser, according to an embodiment of the present invention, can comprise a first light source unit, a second light source unit, a modulation unit, a compensation unit, an optical transmission unit and an optical reception unit. The first light source unit is for outputting

first laser light for measuring the atmospheric disturbance of a free space, and the second light source unit is for outputting second laser light for transmitting data. And the modulation unit is for modulating the second laser light by means of a preset modulation scheme and for generating modulation light. The compensation unit has an input of the modulation light and the first laser light and is for generating transmission light

[다음 쪽 계속]

WO 2017/010605 A1



(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

by means of predistorting overlapped light in which the modulation light and the first laser light are overlapped. Lastly, the optical transmission unit is for transmitting the transmission light to a receiver via a free space, and the optical reception unit is for receiving reflected light having the transmission light reflected from the receiver and fallen incident thereon. The compensation unit further has an input of the first laser light and the reflected light and is for measuring the atmospheric disturbance of the free space by means of comparing the reflected light and a reference light and for predistorting the overlapped light on the basis of the measured atmospheric disturbance.

(57) **요약서:** 본 발명은 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치 및 방법에 관한 것으로, 상세하게는 펄스 레이저 광빔으로부터 생성된 송신광의 반사광으로부터 대기 외란에 의한 위상 천이값을 획득하고 송신광을 위상 천이값에 따라 전치왜곡 (pre-distortion) 함으로써, 대기 외란에 의한 위상 노이즈를 송신단에서 미리 보상하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치는 제 1 광원부, 제 2 광원부, 변조부, 보상부, 광송신부 및 광수신부를 포함할 수 있다. 제 1 광원부는 자유공간의 대기 외란을 측정하는 제 1 레이저광을 출력하고, 제 2 광원부는 데이터를 전송하는 제 2 레이저광을 출력한다. 그리고, 변조부는 기 설정된 변조방식으로 제 2 레이저광을 변조하여, 변조광을 생성하며, 보상부는 변조광과 제 1 레이저광이 입력되고, 변조광과 제 1 레이저광을 중첩한 중첩광을 전치왜곡 (pre-distortion) 하여 송신광을 생성한다. 마지막으로 광송신부는 송신광을 자유공간을 경유하여 수신기에 송신하고, 광수신부는 송신광이 수신기에 반사되어 입사되는 반사광을 수신한다. 여기서, 보상부는 제 1 레이저광과 반사광이 더 입력되고, 반사광과 기준광을 비교하여 상기 자유공간의 대기 외란을 측정하고, 측정된 상기 대기 외란에 근거하여 중첩광을 전치왜곡한다.

명세서

발명의 명칭: 펄토초 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치 및 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 펄토초 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치 및 방법에 관한 것으로, 상세하게는 펄토초 레이저 광빔으로부터 생성된 송신광의 반사광으로부터 대기외란에 의한 위상 천이값을 획득하고 송신광을 위상 천이값에 따라 전치왜곡(pre-distortion)함으로써, 대기외란에 의한 위상 노이즈를 송신단에서 미리 보상하는 펄토초 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치 및 방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 본 발명은 자유공간에서의 가간섭 광통신시스템에서 정확도를 향상시키기 위한 대기외란 보상 방법에 관한 것으로 펄토초 레이저의 광빔에 대한 등화기법(Equalization Technique)과 관련된다.
- [4] 자유공간 광통신의 경우, 레이저광이 전파될 때 광경로 상의 대기 굴절률이 변화되면 레이저광이 경험하는 위상이 변화하며, 시간에 따라 변화하는 위상은 주파수의 변화로 관측될 수 있다. 즉,

[5]

$$f = \frac{d\Phi}{dt} \quad (f: \text{광주파수}, \Phi: \text{광위상})$$

- [6] 대기 굴절률은 압력 변화, 온도 변화, 습도 변화, 바람 및 대기 조성 변화 등에 의해 변화하며, 실제 외부 대기 환경에서는 시간에 따라 계속적으로 변화한다. 이에 따라 자유공간 가간섭 광통신 시스템에서 송신기가 송신하는 레이저광의 광경로(Optical Path Length)가 변화되고, 최종적으로 수신기에서 수신되는 광의 위상이 변하게 된다. 이러한 위상 변화량은 시간에 따라 지속적으로 바뀌며, 이는 광주파수의 천이 및 요동으로 나타난다. 또한 송신기와 수신기의 기계적인 움직임이 광주파수에 도플러 천이를 발생시킬 수 있으며, 이는 최종적으로 수신기에서 수신되는 광주파수의 천이로 나타난다. 이러한 대기외란 및 도플러 천이에 의한 수신광의 위상 변화는 광통신에서 데이터 수신 후, 신호를 복조하는 과정에서 비트 에러(Bit Error)를 증가시키고, 전송되는 심볼 간의 간섭(ISI, Inter Symbol Interference)을 발생시키기 때문에, 자유공간 가간섭 광통신을 구현하기 위해서는 대기외란 및 도플러 천이에 의한 영향을 정확하게 측정하고 이를 자동적으로 보상하는 기술이 필요하다.

[7] 대기외란으로 인해 발생하는 광주파수의 위상 변화를 보상하기 위해서 기존에는 데이터 복조에 사용되는 국부발진기(Local Oscillator)의 위상 및 주파수를 데이터를 포함하고 있는 송신광에 잠금하여 대기외란의 영향을 보상하는 반송과 복구(Carrier Recovery) 기술을 사용하였지만, 이 같은 방법의 경우 광통신용 광원으로 사용되는 각각의 광주파수마다 동일한 개수의 국부발진기 및 위상잠금회로(Phase Locked Loop)가 필요하기 때문에 파장분할다중(WDM, Wavelength Division Multiplexing)시스템과 같이 여러 광주파수를 데이터 전송용 주파수로 사용하는 시스템의 경우 시스템이 복잡해지고, 비용이 많이 발생하여 적용이 힘들다.

[8] 따라서, 자유공간 가간섭 광통신 시스템에서 대기외란에 의해 발생하는 광의 위상 및 주파수 변화를 보상하면서도 복잡도가 완화된 방법이 필요하며, 특히 파장분할다중(WDM, Wavelength Division Multiplexing)시스템과 같이 여러 광주파수를 데이터 전송용 주파수로 사용하는 시스템의 경우에도 복잡도가 증가되지 않는 것이 요구된다.

[9]

발명의 상세한 설명 기술적 과제

[10] 이에 본 발명은 송신광이 수신부로부터 반사된 반사광을 이용하여 대기외란이 광주파수에 끼치는 광주파수 천이 및 요동을 측정하고, 측정된 광주파수의 천이 및 요동에 근거하여 송신광을 전치왜곡함으로써, 대기외란의 영향 없이 전송이 가능한 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[11] 본 발명의 다른 목적들은 이하의 실시예에 대한 설명을 통해 쉽게 이해될 수 있을 것이다.

[12]

과제 해결 수단

[13] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치는 자유공간의 대기외란을 측정하는 제1 레이저광을 출력하는 제1광원부; 데이터를 전송하는 제2 레이저광을 출력하는 제2광원부; 기 설정된 변조방식으로 상기 제2 레이저광을 변조하여, 변조광을 생성하는 변조부; 상기 변조광과 상기 제1 레이저광이 입력되고, 상기 변조광과 상기 제1 레이저광을 중첩한 중첩광을 전치왜곡(pre-distortion)하여 송신광을 생성하는 보상부; 상기 자유공간을 경유하여 수신기에 상기 송신광을 송신하는 광송신부; 상기 송신광이 상기 수신기에 반사되어 입사되는 반사광을 수신하는 광수신부;를 포함하고 상기 보상부는 상기 제1 레이저광과 상기 반사광이 더 입력되고, 상기 반사광과 상기 기준광을 비교하여 상기 자유공간의 대기외란을

- 측정하고, 측정된 상기 대기외란에 근거하여 상기 중첩광을 전치왜곡할 수 있다.
- [14] 또한, 상기 보상부는 상기 제1 레이저광과 동일한 광주파수대역에 해당하는 상기 반사광의 성분을 상기 제1 레이저광과 합성하여 맥놀이 주파수를 생성하고, 상기 맥놀이 주파수를 전기적 신호로 변환하는 광검출부; 주파수 발진기가 구비되고, 상기 전기적 신호와 상기 주파수 발진기에서 생성된 라디오 주파수 신호를 헤테로다이닝 기법으로 합성하고, 저역통과여파기에 통과시켜 상기 대기외란을 측정하는 측정부; 상기 측정된 대기외란에 근거하여 상기 중첩광의 위상 또는 주파수를 왜곡시켜 상기 송신광을 생성하는 전치왜곡부를 포함할 수 있다.
- [15] 또한, 상기 전치왜곡부는 전기 광학 변조기, 음향 광학 변조기, 회절격자를 포함하는 간섭계, 압전 소자 및 광주파수와 위상을 변조할 수 있는 장치 가운데 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [16] 또한, 상기 주파수 발진기는 주파수 표준에 소급하여 상기 라디오 주파수 신호를 생성할 수 있다.
- [17] 또한, 상기 제1 레이저광은 반복률 및 오프셋 주파수가 안정화된 펄스조 레이저광원에서 생성된 광빔에서 하나의 광주파수 모드를 추출하여 증폭한 단색광 레이저일 수 있다.
- [18] 또한, 상기 제2 레이저광은 반복률 및 오프셋 주파수가 안정화된 펄스조 레이저광원에서 생성된 광빔에서 하나의 광주파수 모드를 추출하여 증폭한 단색광 레이저일 수 있다.
- [19] 또한, 상기 변조방식은 PM, FM, PSK, FSK, QPSK 및 QAM 중 선택된 변조방식 가운데 하나일 수 있다.
- [20] 또한, 상기 제2 레이저광은 서로 다른 광주파수를 갖는 둘 이상의 단색광 레이저를 중첩하여 구성된 것이며, 상기 변조방식은 상기 제 2 레이저광을 구성하는 단색광 레이저 각각을 독립적으로 PM, FM, PSK, FSK, QPSK 및 QAM 중 선택된 하나로 변조하는 방식일 수 있다.
- [21] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 펄스조 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 방법은 a) 주파수 표준에 안정화된 펄스조 레이저 광빔으로부터 복수의 서로 다른 광주파수들을 추출 및 증폭하여 복수의 단색광 레이저들을 생성하는 단계; b) 상기 단색광 레이저들 가운데 하나를 제외한 나머지 단색광 레이저들을 데이터 전송을 위해 변조하는 단계; c) 상기 데이터 전송을 위해 변조된 레이저광들과 변조되지 않은 레이저광을 중첩시켜 중첩광을 형성하는 단계; d) 상기 중첩광을 기설정된 대기외란에 따라 전치왜곡하고, 자유공간을 경유하여 송신기로부터 수신기로 송신하는 단계; e) 상기 송신된 중첩광이 상기 수신기에 반사된 반사광을 상기 송신기가 수신하고, 상기 반사광과 상기 변조되지 않은 단색광 레이저를 비교하여 상기 대기외란을 갱신하는 단계; 를 포함하고 상기 데이터 전송이 끝날 때까지 상기 b) 내지 e)

단계를 반복하고, 상기 대기외란은 상기 자유공간을 단색광 레이저가 경유할 때 경험하는 주파수 및 위상변화일 수 있다.

[22]

발명의 효과

[23] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 송신광의 반사광으로부터 측정된 대기외란에 근거하여 송신광을 전치왜곡함으로써, 대기외란의 영향을 제거하여 오차 없이 전송이 가능한 자유공간 가간섭 광통신 시스템을 제공할 수 있다.

[24] 특히, 기존의 방식과 달리 하나의 광주파수와 전치 왜곡부를 이용하여, 동일한 광경로를 경험하는 다른 인접한 광주파수의 대기외란에 의한 주파수 천이 및 요동을 모두 보상할 수 있다.

[25]

도면의 간단한 설명

[26] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치의 블록도이다.

[27] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치의 측정부를 나타내는 도면이다.

[28] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치에서 광원으로 펄스 레이저로부터 생성된 광빔에서 하나의 주파수 모드를 추출 및 증폭하여 생성한 단색광 레이저를 적용한 경우를 나타내는 광학구성도이다.

[29] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치를 이용하여 펄스 레이저로부터 생성된 서로 다른 광주파수를 갖는 여러 개의 단색광 레이저를 파장다중분할(WDM, Wavelength Division Multiplexing)을 이용한 통신방법에 적용한 경우를 나타내는 광학구성도이다.

[30] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치에서 대기외란의 측정 및 보상 과정을 나타낸 개념도이다.

[31] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치에서 펄스 레이저 광빔에 기반하여 생성된 여러 개의 단색광 레이저를 이용하여 광통신을 수행하는 경우 대기외란 측정 및 보상 과정을 나타낸 개념도이다.

[32]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[33] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다.

그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[34] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.

[35] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[36]

[37] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 자유공간 가간접 광통신 시스템에서 대기외란 보상기능이 있는 송신기를 상세히 설명한다.

[38] 본 출원인은 자유공간 가간접 광통신 시스템에서 대기외란에 의한 통신 품질 저하를 개선하는 연구를 수행한 결과, 송신광이 수신단으로부터 반사된 반사광으로부터 대기외란을 측정하고, 측정된 대기외란에 따라 송신광을 전치왜곡함으로써, 오류가 적고 고속전송이 가능한 광통신이 가능함을 발견하고 이를 심화하여 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[39]

[40] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간접 광통신 장치의 블록도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간접 광통신 장치에서 대기외란 보상기능이 있는 송신기는 제1광원부(100), 제2광원부(200), 변조부(300), 보상부(400), 광송신부(500) 및 광수신부(600)를 포함할 수 있다.

[41]

[42] 제1광원부(100)는 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향에 대한 측정치를 획득하기 위해 사용되는 제1 레이저광을 출력할 수 있다. 제2 광원부(200)는 반송주파수(Carrier Frequency)에 해당하고, 광통신용 데이터를 전송하기 위해 사용되는 제2 레이저광을 출력할 수 있다. 대기외란에 의한 주파수 천이 및 요동량을 측정하기 위한 제1 레이저광과 제2 레이저광은 서로 다른 광주파수로 구별될 수 있다. 또한, 제 1광원부(100)와 제 2 광원부(200)는 펄스 레이저의 반복률 및 오프셋 주파수를 주파수 표준에 안정화하여 생성한 광빔으로부터 광주파수 모드를 추출하고, 추출된 광주파수 모드를 증폭하여 출력하는 장치일 수 있다.

[43]

[44] 변조부(300)는 제2 레이저광이 입력되고, 기 설정된 변조방식으로 상기 제2 레이저광을 변조하여, 전송하고자 하는 데이터에 따른 변조광을 생성할 수 있다.

상기 변조방식은 PM, FM, PSK, FSK, QPSK, QAM등 가간섭 광통신(Coherent Optical Communication)에서 사용될 수 있는 변조방식 가운데 선택된 하나일 수 있다. 가간섭 통신 시스템에서 이용하는 변조방식이라면 변조부를 구현하기 위해서 선택될 수 있으며, 변조방식을 구현하기 위해서는 음향 광학 변조기(AOM, Acousto-Optic Modulator) 및 전기 광학 변조기(EOM, Electro-Optic Modulator), 간섭계(Interferometer) 중의 하나 이상이 사용될 수 있다. 변조부는 전송하고자 하는 데이터를 입력받고, 변조방식에 따라 레이저광의 세기(Amplitude), 주파수(Frequency), 위상(Phase) 중 하나 이상을 음향 광학 변조기(AOM, Acousto-Optic Modulator)의 구동 주파수 변조 및 전기 광학 변조기(EOM, Electro-Optic Modulator)의 구동 전압 변조, 간섭계(Interferometer)의 길이 변조 등을 통해 구현할 수 있으며, 이중 하나 이상을 제어하는 방식으로 구현될 수 있다.

[45]

[46] 보상부(400)는 데이터 전송을 위해 다른 파장의 레이저를 변조한 변조광과 제1 레이저광이 입력되고, 변조광과 제1 레이저광을 중첩한 중첩광을 전치왜곡(pre-distortion)하여 송신광을 생성할 수 있다. 입사한 하나의 빛을 두 갈래로 분기시켜주거나, 입사한 두 개의 빛을 하나의 광경로로 합쳐주는 광커플러(Coupler) 또는 광섬유 브래그 격자 필터(Fiber Bragg Grating Filter), 박막 필름 필터(Thin Film Filter), 빔 분할기(Beam Splitter) 등이 변조광과 제1 레이저광을 중첩시키기 위해서 사용될 수 있다. 또한, 보상부(400)는 송신광이 수신단에 반사되어 송신단에 수신된 반사광을 더 입력되고, 제1 레이저광과 반사광의 중첩에 의해 생성되는 맥놀이 주파수의 천이 및 요동을 측정하여 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향을 측정할 수 있고, 획득된 측정치에 근거하여 변조광과 제1 레이저광을 중첩한 중첩광을 전치왜곡할 수 있다.

[47] 그리고, 보상부(400)는 광검출부(410), 측정부(420) 및 전치왜곡부(430)를 포함할 수 있다.

[48] 광검출부(410)는 제1 레이저광의 기준광과 송신광이 수신단에 반사되어 송신단에 수신된 반사광을 합성하여 맥놀이 주파수를 생성하고, 맥놀이 주파수를 전기적 신호로 변환할 수 있다. 반사광과 제1 레이저광을 합성하기 위해서는 광커플러(Coupler) 또는 빔 분할기(Beam Splitter)가 사용될 수 있다.

[49] 측정부(420)는 라디오 주파수 발진기가 구비되고, 광검출부(410)에서 변환된 전기적 신호와 주파수 발진기에서 생성된 라디오 주파수 신호를 합성하고, 저역통과여파기에 통과시켜 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향에 대한 측정치를 획득할 수 있다. 광검출부(410)에서 변환된 전기적 신호와 주파수 발진기에서 생성된 신호를 합성하기 위해서는 혼합기(Mixer) 및 Lock-in Amplifier가 사용될 수 있다.

[50] 전치왜곡부(430)는 측정부(420)에서 획득된 측정치에 근거하여 상기 중첩광의 위상 또는 주파수를 변화시켜 상기 송신광을 생성할 수 있다. 전치왜곡부(430)는

전기 광학 변조기, 음향 광학 변조기, 간섭계, 압전 소자 및 광주파수와 위상을 변조할 수 있는 장치를 포함하여 구현될 수 있다. 측정부(420)에서 획득된 측정치의 값이 시간에 따른 함수라면, 이 함수의 역함수가 되는 필터의 역할을 전치왜곡부(430)에서 수행하여 대기외란이 광주파수에 끼치는 주파수 요동 및 천이등의 영향을 보상할 수 있다. 여기서 전치왜곡부(430)는 전기 광학 변조기, 음향 광학 변조기 및 압전 소자와 이들을 제어하는 장치일 수 있다.

[51]

[52] 광송신부(600)는 보상부에서 생성된 송신광을 자유공간을 통하여 수신기에 송신할 수 있고, 광수신부(500)는 송신광이 수신기에 반사되어 입사되는 반사광을 수신할 수 있다. 반사광은 자유공간을 2 회 경험하므로, 반사광에 의해서 측정된 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향에 대한 측정치는 보상부가 실제로 전치왜곡을 할 때 고려해야 하는 값의 2배에 해당할 수 있으나, 송신광이 미리 전치왜곡을 하여 보내기 때문에 반사광에서 제1 레이저광에 해당하는 광주파수 모드는 대기외란을 1회 경험한 것이 될 수 있다.

[53]

[54] 이해의 편의를 위하여 제1 레이저광과 제2 레이저광의 경로의 진행을 설명하면 다음과 같다.

[55]

제1 레이저광의 경우, 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향을 측정하기 위한 채널로 이용되며, 제1광원부(100)에서 출력된 후 광커플러를 통해 두 갈래로 갈라진다. 첫 번째 갈래의 광신호는 보상부(400)를 거쳐 광송신부(510)를 통해 자유공간으로 전파되어 수신기에 도달한다. 송신된 첫 번째 갈래의 광신호는 수신기에 반사되어 다시 자유공간을 거쳐 광수신부(600)에 반사광으로 수신된 후 광검출부(410)에 입력된다. 이 때 광커플러에서 갈라졌던 제1 레이저광의 두 번째 갈래의 광신호와 상기 반사광의 첫 번째 갈래의 광신호는 광검출부(410)에서 중첩되어 광검출기에서 전기적 신호로 변환되는데, 상기 변환된 전기적 신호는 대기외란을 측정한 정보를 가지는 전기적 신호이다.

[56]

제2 레이저광의 경우, 데이터를 전송하기 위한 채널로 이용되며, 변조부(300)와 보상부(400)를 거쳐서 광송신부(510)를 통해 자유공간으로 전파되어 수신기에 수신된다.

[57]

[58]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치의 측정부를 나타내는 도면이다. 도 2를 참조하면, 측정부(420)는 주파수 발진기(421), 혼합기 및 저역통과여과기(422)를 포함할 수 있다.

[59]

주파수 발진기(421)는 주파수 표준에 소급하여 라디오 주파수 신호를 생성할 수 있다. 광검출부(410)로부터 입력된 전기적 신호(입력신호)와 발진기에서 생성된 라디오 주파수 신호를 혼합기에서 합성하고, 저역통과여과기(422)에 통과시켜 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향에 대한 측정치(대기외란

측정치)를 획득할 수 있다. 이 때 광주파수에 실리는 대기외란은 광주파수의 높은 주파수 대역으로 인하여 직접적인 측정이 불가능하므로, 대기를 통과한 빛과 대기를 통과하지 않은 기준 빛에 일정량의 주파수 차이를 생성하고 생성된 두 빛을 이용해 광학적인 맥놀이 주파수를 생성하며, 생성된 맥놀이 주파수와 주파수 발진기에서 생성된 라디오 주파수에 헤테로다이닝(Heterodyning) 기법을 적용하여, 상기 광주파수에 실리는 대기외란을 측정할 수 있다. 이때 대기외란에 의해 생성되는 주파수 천이 및 요동량은 수백 THz의 광주파수에 비해서 현격하게 낮은 Hz 및 kHz 주파수 대역에 존재할 수 있다. 제1 레이저광은 데이터 전송을 위해서 변조되지 않으므로, 라디오 주파수 영역에서 맥놀이 주파수로 생성되는 주파수 성분은 하나 밖에 없다.

[60] 따라서, 헤테로다이닝 기법을 이용하여 상기 맥놀이 주파수 성분을 측정하는 장치는 도 2와 같이 주파수 발진기, 혼합기 및 저역통과여과기로 구성될 수 있고, 상기 맥놀이 주파수 성분을 측정함으로써 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향을 간단히 측정할 수 있다.

[61]

[62] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 펨토초 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치에서 광원으로 펨토초 레이저로부터 생성된 광빔에서 하나의 주파수 모드를 추출 및 증폭하여 생성한 단색광 레이저를 적용한 경우를 나타내는 광학구성도이다. 도 3을 참조하면 광주파수 생성 부분에서 주파수 표준에 안정화된 펨토초레이저광원(800)과 모드추출부(700)를 추가하여 제1광원부와 제2광원부를 구현할 수 있다. 이 때 추출된 2개의 주파수 모드의 광량이 수 nW 수준으로 낮은 경우에는 이를 증폭하는 방법으로 광학적 주입 잠금법(Optical Injection Locking)이 이용될 수 있다.

[63] 모드추출부(700)는 주파수 표준에 안정화된 펨토초 레이저가 생성한 광빔으로부터 서로 다른 주파수를 가지는 하나 이상의 광주파수 모드를 추출하며, 회절격자(Grating), VIPA, 음향광학가변필터, 간섭 필터 및 가변 페브리-페로필터(Fabry-Perot Filter), 광섬유 브래그 격자 필터(Fiber Bragg Grating Filter), 박막 필름 필터(Thin Film Filter)중 하나 이상으로 구현될 수 있다.

[64] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 펨토초 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치를 위해 최소 2개 이상의 단색광 광원이 요구되므로, 제1 레이저광원과 제2 레이저광원으로 최소 두 가지 이상의 광주파수모드를 펨토초레이저광원(800)에서 추출하여 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 광량을 증가시키기 위해 주입잠금법을 이용할 수 있다.

[65] 즉, 제1 광주파수 모드와 제2 광주파수 모드를 추출한 후, 제1 광주파수 모드를 제1 종속레이저에 주입하여 제1 단색광을 생성하고, 제2 광주파수 모드를 제2 종속레이저에 주입하여, 제2 단색광을 생성할 수 있다.

- [66] 추출된 각 광주파수 모드는 서큘레이터(circulator)를 통해 광학적 정렬 없이 종속레이저에 주입되거나

$$\lambda/2$$

편광판(HWP, Half Wave Plate),

$$\lambda/4$$

편광판(QWP, Quarter Wave Plate)과 편광 빔 분할기(PBS, Polarization Beam Splitter)의 복합적인 사용을 통해 종속레이저에 주입될 수 있다.

주입잠금법(Injection Locking)에서 사용된 주레이저(Master Laser)는 주파수 표준에 안정화된 펄스 레이저 광빔에서 추출된 제1 광주파수 모드와 제2 광주파수 모드이며 종레이저(Slave Laser)는 외부 자유발진 공진기(Free-running Oscillator)일 수 있다. 종레이저로는 단색광 고체, 액체, 기체 레이저 모두가 사용될 수 있으나 주로 다이오드 레이저가 이용될 수 있다.

[67]

- [68] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치를 이용하여 펄스 레이저로부터 생성된 서로 다른 광주파수를 갖는 여러 개의 단색광 레이저를 파장다중분할(WDM, Wavelength Division Multiplexing)을 이용한 통신방법에 적용한 경우를 나타내는 광학구성도이다. 파장분할다중 기법이란 광섬유(fiber)등의 같은 하나의 전송 경로에 서로 다른 광주파수를 갖는 단색광 레이저를 중첩시켜 전송하는 방법으로, 각각의 서로 다른 광주파수를 갖는 단색광 레이저에 독립적인 변조를 수행하여 데이터를 전송할 수 있으며 전송량(Transmission Capacity)을 증가시킬 수 있어 현재 널리 사용되고 있는 방법이다. 이때 데이터 전송량 및 전송효율을 높이기 위해서는 데이터 전송에 사용되는 반송주파수(Carrier Frequency)의 간격이 좁아야 하며, 서로 간의 간섭 및 오차를 줄이기 위해서 반송 주파수의 주파수 안정도 및 정확도가 높아야 한다. 펄스 레이저 광빔의 경우 주파수 표준에 직접적으로 안정화 되어 높은 주파수 안정도 및 정확도를 획득할 수 있으며, 펄스 레이저 광빔이 갖는 넓은 주파수 스펙트럼 중 임의의 광주파수를 모두 이용 가능 하다.

[69]

펄스 레이저 광빔을 이용할 경우, 광빔의 임의 광주파수 모드를 주입잠금법(Injection Locking)을 통해 여러 개의 서로 다른 광주파수를 갖는 단색광 레이저를 생성 할 수 있고, 생성된 단색광 레이저는 주파수 표준에 안정화 된 펄스 레이저 광빔과 동일한 주파수 특성을 갖는다. 생성된 단색광 레이저 중 하나는 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향을 측정 및 보상하기 위해 사용 하며, 다른 단색광 레이저들은 파장분할다중 기법 기반의 광통신 시스템에서 반송 주파수로 사용할 수 있다. 즉 펄스레이저광원(800)에서

추출된 광주파수모드들을 n 개의 통신용 레이저(210)(통신용 레이저#1 부터 통신용 레이저# n 을 통칭)로 사용할 수 있고, n 개의 통신용 레이저의 각각은 전술한 제2광원부와 동일하게 반송주파수(Carrier Frequency)에 해당하고, 광통신용 데이터를 전송하기 위해 사용될 수 있다.

[70]

[71] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치를 이용하여 펄스 레이저로부터 생성된 서로 다른 광주파수를 갖는 여러 개의 단색광 레이저를 파장다중분할(WDM, Wavelength Division Multiplexing)을 이용한 통신방법에 적용한 경우를 나타내는 광학구성도이다.

[72]

도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치를 이용하여 펄스 레이저로부터 생성된 서로 다른 광주파수를 갖는 여러 개의 단색광 레이저를 파장다중분할 (WDM, Wavelength Division Multiplexing)을 이용한 통신방법은 아래와 같은 단계를 포함할 수 있다. a) 주파수 표준에 안정화된 펄스 레이저 광빔으로부터 복수의 광주파수들을 추출하여 복수의 단색광 레이저를 생성하는 단계; b) 상기 단색광 레이저들 가운데 하나를 제외한 나머지 단색광 레이저들에 대해 데이터 송신을 위한 세기(Amplitude), 위상(Phase), 주파수(Frequency) 중 하나 이상의 변조를 수행하는 단계; c) 상기 변조된 단색광 레이저들과 변조되지 않은 단색광 레이저를 중첩시켜 중첩광을 형성하는 단계; d) 상기 중첩 광을 설정된 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향에 대한 측정치에 근거하여 전치왜곡하고, 수신기로 송신하는 단계; e) 상기 송신된 중첩광 중 데이터 송신을 위한 변조과정을 거치지 않은 단색광 레이저의 반사광을 수신하고, 상기 수신된 반사광과 상기 동일 광주파수의 단색광 레이저에서 생성된 기준광을 비교하여 상기 대기외란을 측정하고 전치왜곡량을 갱신하는 단계;를 포함하고 상기 데이터 송신이 끝날 때까지 상기 b) 내지 e) 단계를 전송하고자 하는 데이터 송신이 끝날 때까지 반복할 수 있다.

[73]

[74]

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치에서 대기외란의 측정 및 보상 과정을 나타낸 개념도이다. 도 5를 참조하면, 주파수 표준에 안정화된 펄스 레이저 광빔에서 추출 및 증폭된 단색광 레이저는 전치 왜곡부를 통과하면서 전기 광학 변조기(EOM, Electro Optic Modulator), 음향 광학 변조기(AOM, Acousto Optic Modulator), 회절격자 등 하나 이상의 주파수 변조장치에 의해 광주파수의 전송 과정에서 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향에 대한 측정치에 근거한 주파수 천이량

)를 겪게 된다. 이후 대기를 통과하면서 대기외란에 의한 주파수 천이 및 요동(
$$+\alpha$$

)을 겪게 되며, 이 측정치는 다시 전치 왜곡부의 주파수 변조장치의 주파수 변조량을 갱신함으로써 지속적으로 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향을 보상한다.

[75]

[76] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치에서 펄스 레이저 광빔에 기반하여 생성된 여러 개의 단색광 레이저를 이용하여 광통신을 수행하는 경우 대기외란 측정 및 보상 과정을 나타낸 개념도이다. 여러 개의 서로 다른 광 주파수를 갖는 단색광 레이저를 이용하여 광통신 시스템을 구성할 경우, 동일한 전송 경로를 경험하는 모든 단색광 레이저에서 동일하게 대기외란에 의한 주파수 천이 및 요동이 발생하며, 이를 상기 생성된 단색광 레이저 중 데이터 전송용 변조를 수행하지 않은 임의의 단색광 레이저 하나를 이용하여 주파수 천이 및 요동을 측정 및 보상한다. 측정된 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향은 동일 경로를 전송하는 레이저에 동일하게 작용하므로, 하나의 단색광 레이저 및 대기외란 보상 시스템을 통해 주변 서로 다른 광주파수를 갖는 단색광 레이저들의 대기외란에 의한 영향도 동일하게 보상 가능하다.

[77]

[78] 본 발명의 일 실시예에 따른 대기외란 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 시스템은 레이저 등에 의해서 생성되는 광주파수가 광섬유 및 대기 등의 전송 매질을 통과할 때 대기외란에 의해서 발생 가능한 위상/주파수 외란을 측정 및 보상할 수 있으며, 하나의 단일 광주파수를 이용하여 공통 경로를 전파하는 주변 다른 광주파수의 대기외란에 의한 위상/주파수 외란을 모두 보상 가능하다.

[79]

이는 주파수 전송(Frequency Transfer) 및 클락 간 동기화 및 보급 (Clock Synchronization and Dissemination), 광통신(Optical Communication) 등의 다양한 분야에 적용 가능 하다.

[80]

특히, 본 발명의 일 실시예에 따른 대기외란 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 시스템은 기존의 방식에 비하여, 하나의 광주파수를 이용하여 대기외란이 광주파수에 끼치는 영향을 측정하고, 이를 통해 비슷한 주파수 영역에 분포하며 공통 경로를 전파하는 다른 광주파수의 대기외란에 의한 주파수 요동 및 천이를 모두 보상 할 수 있으며, 광섬유 및 대기 등 전송 매질에 관계없이 적용 가능하여 그 쓰임이 넓다.

[81]

본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용 범위가 다양함은 물론 이고, 청구 범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이

속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

[82]

[83] [부호의 설명]

[84] 100 : 제1광원부

[85] 200 : 제2광원부

[86] 210 : n 개의 통신용 레이저

[87] 300 : 변조부

[88] 310 : 데이터

[89] 400 : 보상부

[90] 410 : 광검출부

[91] 420 : 측정부

[92] 421 : 발진기(주파수 발진기)

[93] 422 : 저역통과여과기

[94] 423 : 입력신호

[95] 430 : 전치왜곡부

[96] 500 : 광송신부

[97] 510 : 송신광

[98] 600 : 광수신부

[99] 610 : 수신광

[100] 700 : 모드추출부

[101] 800 : 펄스조레이저광원

[102]

청구범위

[청구항 1]

자유공간의 대기외란을 측정하는 제1 레이저광을 출력하는 제1광원부;
 데이터를 전송하는 제2 레이저광을 출력하는 제2광원부;
 기 설정된 변조방식으로 상기 제2 레이저광을 변조하여, 변조광을 생성하는 변조부;
 상기 변조광과 상기 제1 레이저광이 입력되고, 상기 변조광과 상기 제1 레이저광을 중첩한 중첩광을 측정된 상기 자유공간의 대기외란에 따라 전치왜곡(pre-distortion)하여 송신광을 생성하는 보상부;
 상기 자유공간을 통하여 상기 송신광을 수신기에 송신하는 광송신부; 및
 상기 송신광이 상기 수신기에 반사되어 입사되는 반사광을 수신하는 광수신부;를 포함하고,
 상기 자유공간의 대기외란은
 상기 보상부에 더 입력된 상기 반사광과 상기 제1 레이저광을 상기 보상부가 비교하여 측정되는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치.

[청구항 2]

제 1 항에 있어서,
 상기 보상부는
 상기 제1 레이저광과 동일한 광주파수대역에 해당하는 상기 반사광의 성분을 상기 제1 레이저광과 합성하여 맥놀이 주파수를 생성하고, 상기 맥놀이 주파수를 전기적 신호로 변환하는 광검출부;
 주파수 발진기가 구비되고, 상기 전기적 신호와 상기 주파수 발진기에서 생성된 라디오 주파수 신호를 헤테로다이닝 기법으로 합성하고, 저역통과여과기에 통과시켜 상기 대기외란을 측정하는 측정부; 및
 상기 측정된 대기외란에 근거하여 상기 중첩광의 위상 또는 주파수를 왜곡시켜 상기 송신광을 생성하는 전치왜곡부를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치.

[청구항 3]

제 2 항에 있어서,
 상기 전치왜곡부는
 전기 광학 변조기, 음향 광학 변조기, 회절격자를 포함하는 간섭계,

압전 소자 및 광주파수와 위상을 변조할 수 있는 장치 가운데 선택된 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치.

[청구항 4]

제 2 항에 있어서,

상기 주파수 발진기는

주파수 표준에 소급하여 상기 라디오 주파수 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치.

[청구항 5]

제 1 항에 있어서,

상기 제1 레이저광 및 상기 제2 레이저광 중 적어도 하나는 반복률 및 오프셋 주파수가 안정화된 펄스 레이저광원에서 생성된 광빔에서 하나의 광주파수 모드를 추출하여 증폭한 단색광 레이저인 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치.

[청구항 6]

제 1 항에 있어서,

상기 변조방식은 PM, FM, PSK, FSK, QPSK 및 QAM 중 선택된 변조방식 가운데 하나인 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치.

[청구항 7]

제 1 항에 있어서,

상기 제2 레이저광은 서로 다른 광주파수를 갖는 둘 이상의 단색광 레이저를 중첩하여 구성된 것이며,

상기 변조방식은 상기 제 2 레이저광을 구성하는 단색광 레이저들을 각각 독립적으로 PM, FM, PSK, FSK, QPSK 및 QAM 중 선택된 하나로 변조하는 방식인 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 장치.

[청구항 8]

a) 주파수 표준에 안정화된 펄스 레이저 광빔으로부터 복수의 서로 다른 광주파수들을 추출 및 증폭하여 복수의 단색광 레이저들을 생성하는 단계;

b) 상기 단색광 레이저들 가운데 하나를 제외한 나머지 단색광 레이저들을 데이터 전송을 위해 변조하는 단계;

c) 상기 데이터 전송을 위해 변조된 레이저광들과 변조되지 않은 레이저광을 중첩시켜 중첩광을 형성하는 단계;

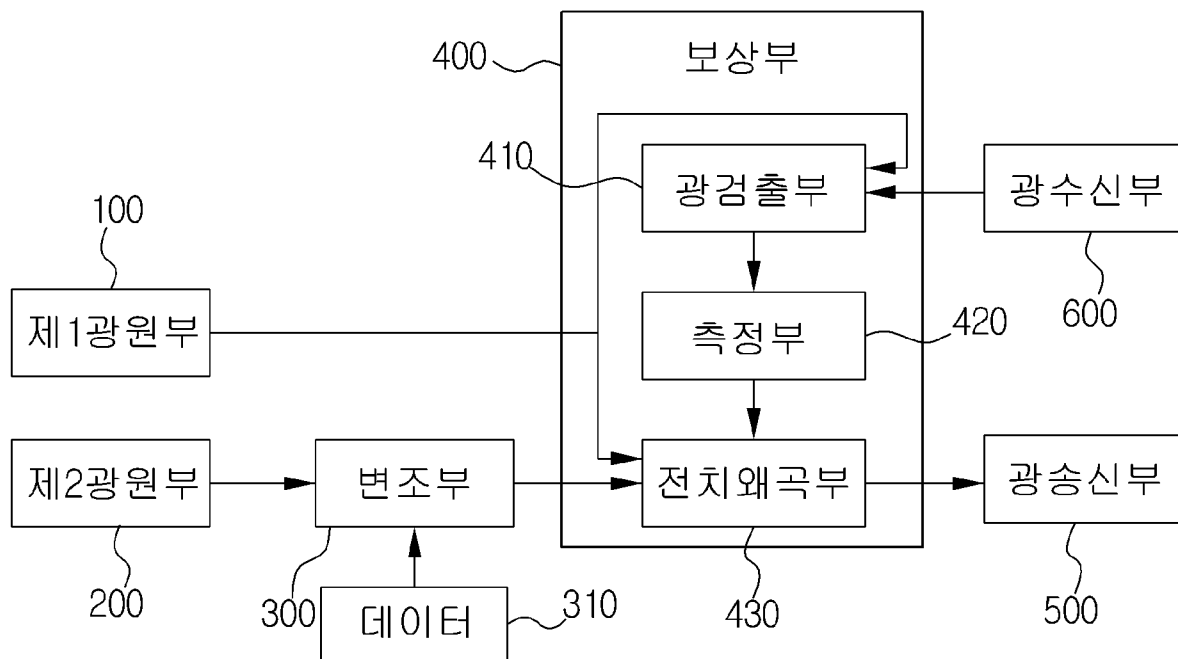
d) 상기 중첩광을 기설정된 대기외란에 따라 전치왜곡하고, 자유공간을 통하여 송신기로부터 수신기로 송신하는 단계; 및

e) 상기 송신된 중첩광이 상기 수신기에 반사되어 생성된 반사광을 상기 송신기가 수신하고, 상기 반사광과 상기 변조되지 않은 단색광 레이저를 비교하여 상기 대기외란을 측정하고, 갱신하는 단계;

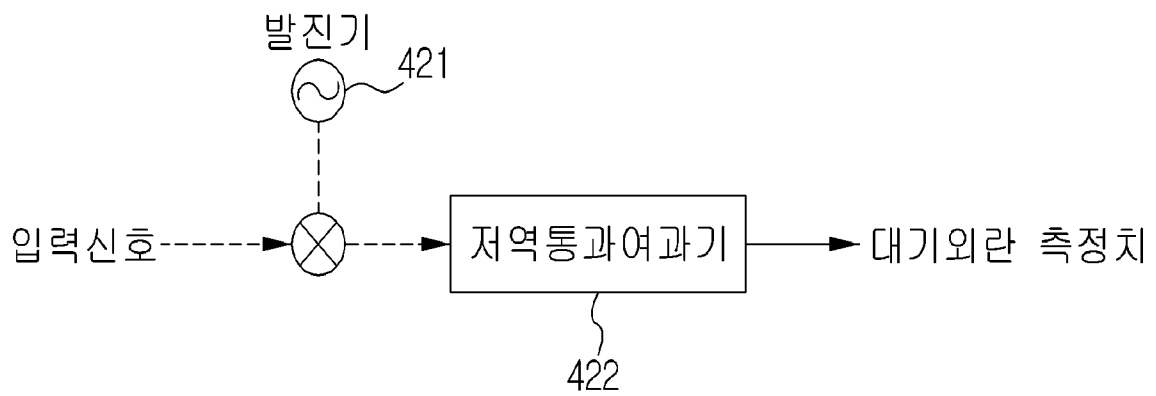
를 포함하고 상기 데이터 전송이 끝날 때까지 상기 b) 내지 e) 단계를 반복하고,

상기 대기외란은 상기 자유공간을 단색광 레이저가 경유할 때 경험하는 주파수 및 위상변화인 것을 특징으로 하는 펄스 레이저의 광빔을 이용한 대기 중의 위상 노이즈의 자동 보상을 통한 자유공간 가간섭 광통신 방법.

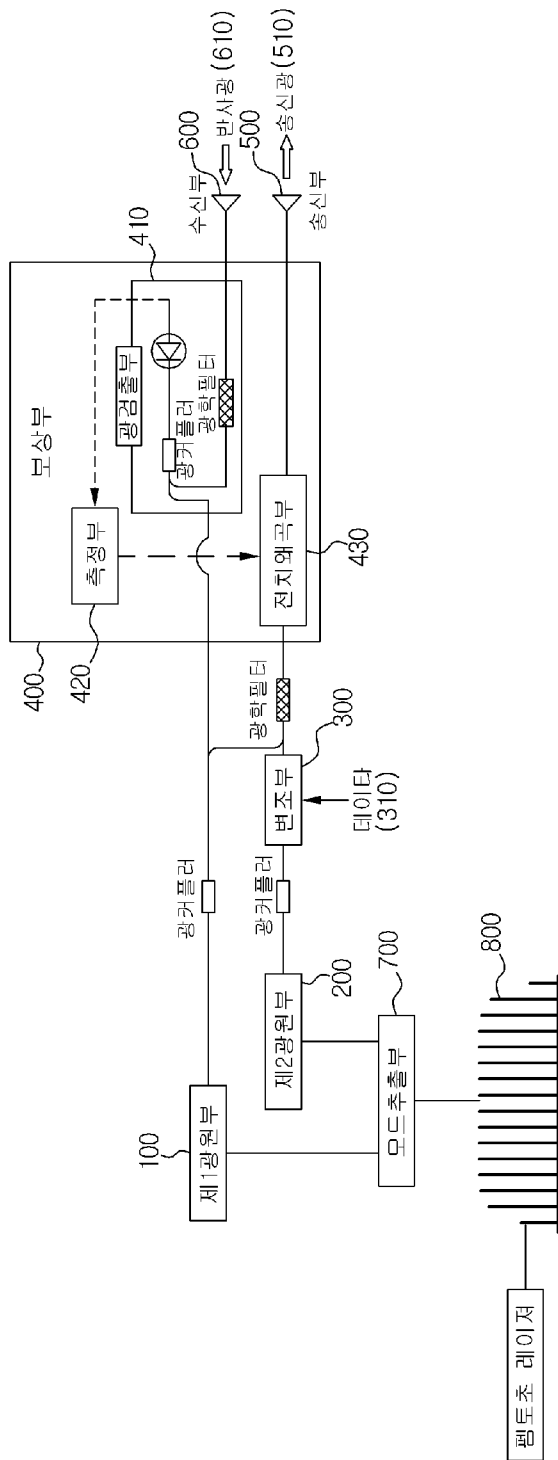
[Fig. 1]



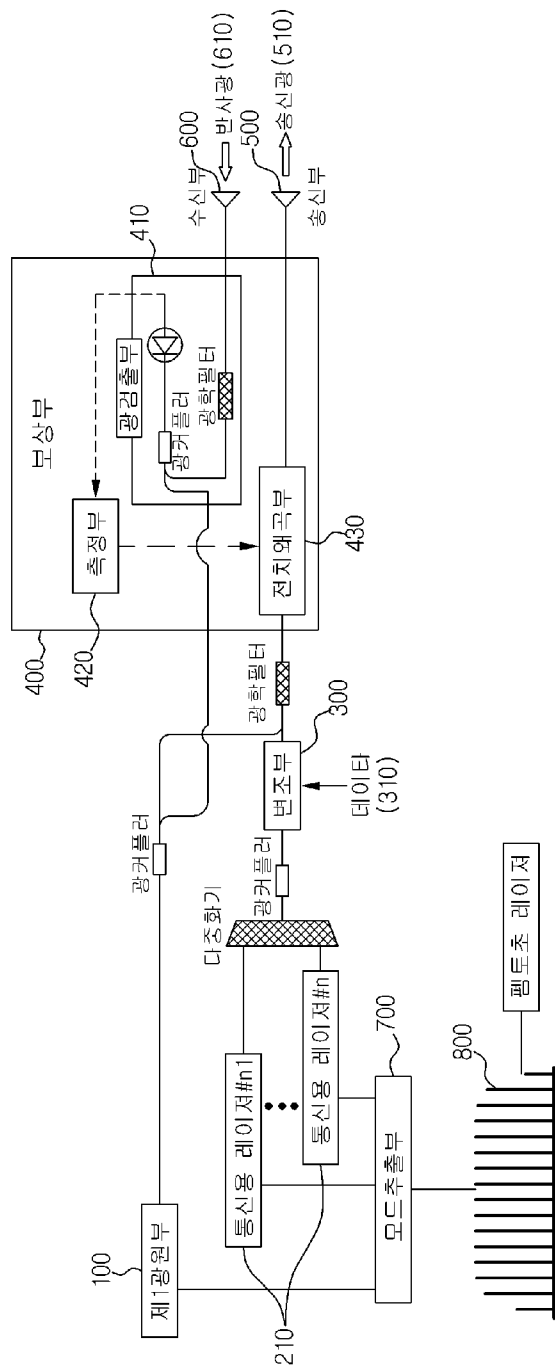
[Fig. 2]



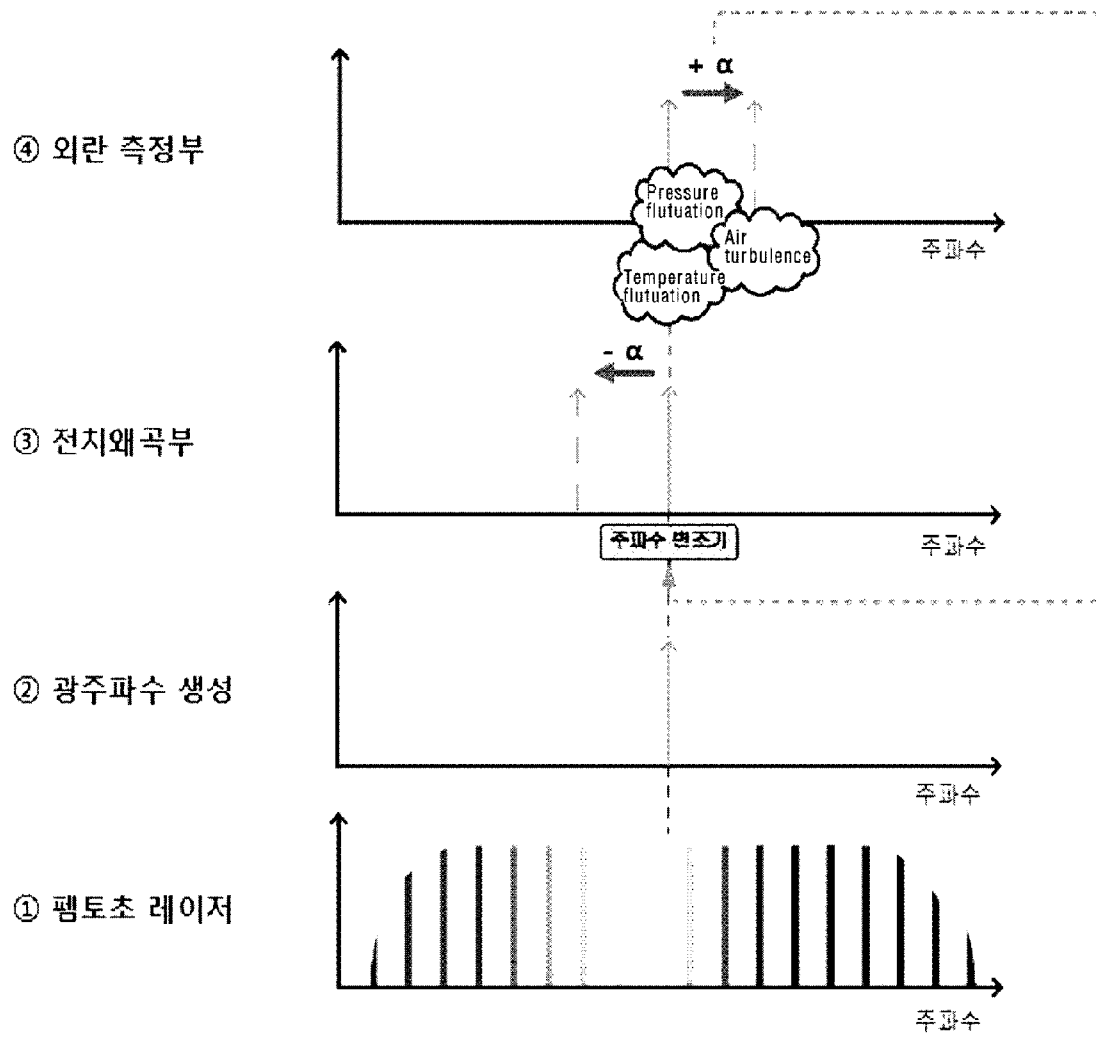
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



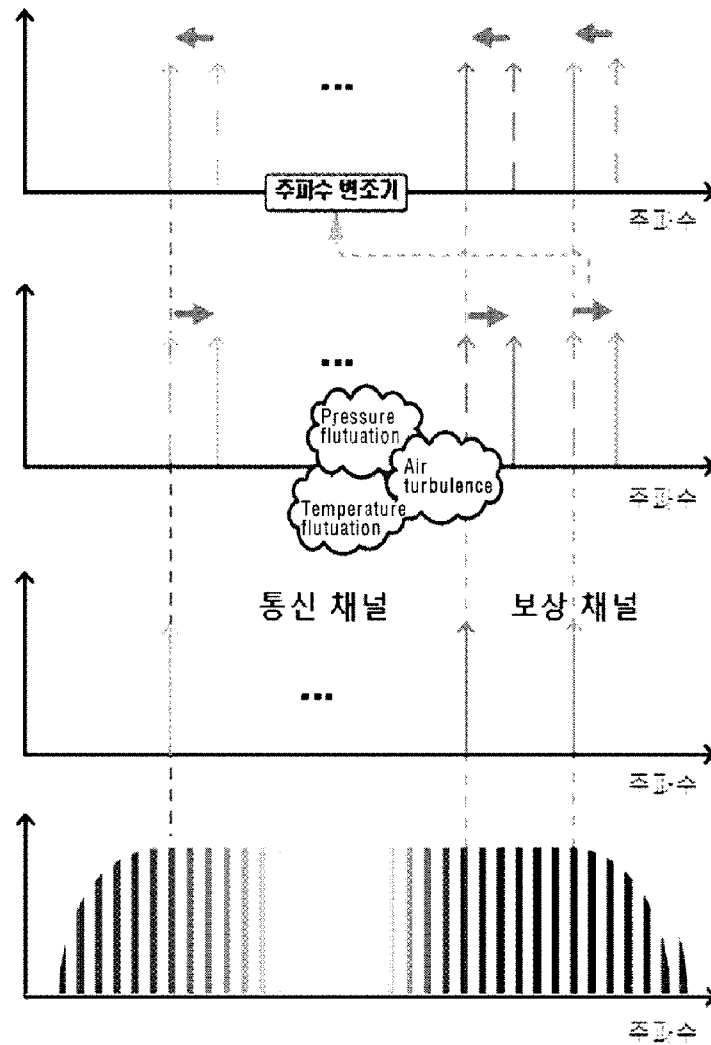
[Fig. 6]

④ 외란 보상부

③ 외란 측정부

② 임의의 광주파수 생성

① 펄스 레이저



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/008760**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****H04B 10/58(2013.01)i, H04B 10/50(2013.01)i, H04B 10/071(2013.01)i, H04B 10/11(2013.01)i***

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 10/58; H04B 10/105; H04B 10/10; H04J 14/02; H04B 10/02; H04B 10/06; H04B 10/00; G02B 23/02; H04B 10/12; H04B 10/50; H04B 10/071; H04B 10/11

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: free space optical communication, pre-distortion, atmospheric distortion, compensation, laser light, reflected light

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2009-0220246 A1 (KHURGIN, Jacob et al.) 03 September 2009 See paragraphs [0002]-[0006], [0030]-[0032]; claim 1; and figures 4-5.	1-8
A	US 2004-0141752 A1 (SHELTON, J. Christopher et al.) 22 July 2004 See paragraphs [0007]-[0013], [0026]-[0030]; and figures 1B-2.	1-8
A	JP 2007-526717 A (ITT MANUFACTURING ENTERPRISES, INC.) 13 September 2007 See paragraphs [0032]-[0056]; and figures 5-7.	1-8
A	JP 2003-124883 A (LUCENT TECHNOL. INC.) 25 April 2003 See paragraphs [0007]-[0011]; and figures 3-5.	1-8
A	US 6661973 B1 (HUBER, David R. et al.) 09 December 2003 See column 5, line 15-column 6, line 31; column 7, lines 22-55; and figures 1-2, 4.	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 APRIL 2016 (14.04.2016)

Date of mailing of the international search report

14 APRIL 2016 (14.04.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/008760

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2009-0220246 A1	03/09/2009	AU 2003-209427 A1	02/09/2003
		CA 2587460 A1	04/01/2007
		CA 2587460 C	08/02/2011
		CN 100495398 C	03/06/2009
		CN 101046804 A	03/10/2007
		EP 1836453 A2	26/09/2007
		JP 04996300 B2	08/08/2012
		JP 2007-272888 A	18/10/2007
		KR 10-0962925 B1	09/06/2010
		US 2002-0145787 A1	10/10/2002
		US 2002-0186435 A1	12/12/2002
		US 2002-0196509 A1	26/12/2002
		US 2003-0058499 A1	27/03/2003
		US 2003-0058504 A1	27/03/2003
		US 2003-0147116 A1	07/08/2003
		US 2003-0231817 A1	18/12/2003
		US 2004-0028418 A1	12/02/2004
		US 2004-0096143 A1	20/05/2004
		US 2004-0127593 A1	01/07/2004
		US 2004-0146269 A1	29/07/2004
		US 2005-0105099 A1	19/05/2005
		US 2005-0185191 A1	25/08/2005
		US 2007-0102648 A1	10/05/2007
		US 2007-0110362 A1	17/05/2007
		US 2007-0115475 A1	24/05/2007
		US 2007-0127030 A1	07/06/2007
		US 2007-0133918 A1	14/06/2007
		US 2007-0140613 A1	21/06/2007
		US 2007-0140705 A1	21/06/2007
		US 2007-0274733 A1	29/11/2007
		US 2007-0276807 A1	29/11/2007
		US 2008-0025728 A1	31/01/2008
		US 2008-0159758 A1	03/07/2008
		US 2008-0175600 A1	24/07/2008
		US 2008-0310847 A1	18/12/2008
		US 2009-0142051 A1	04/06/2009
		US 2009-0169221 A1	02/07/2009
		US 2009-0185810 A1	23/07/2009
		US 2009-0185811 A1	23/07/2009
		US 2009-0190929 A1	30/07/2009
		US 2009-0214224 A1	27/08/2009
		US 2009-0224157 A1	10/09/2009
		US 2009-0236528 A1	24/09/2009
		US 2009-0269083 A1	29/10/2009
		US 2009-0295576 A1	03/12/2009
		US 2010-0028024 A1	04/02/2010
		US 2010-0065745 A1	18/03/2010
		US 2010-0135656 A1	03/06/2010
		US 2010-0290054 A1	18/11/2010

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/008760

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
		US 2010-0310256 A1	09/12/2010
		US 2011-0170690 A1	14/07/2011
		US 2012-0002211 A1	05/01/2012
		US 6671425 B1	30/12/2003
		US 7076169 B2	11/07/2006
		US 7110677 B2	19/09/2006
		US 7167651 B2	23/01/2007
		US 7186772 B2	06/03/2007
		US 7224906 B2	29/05/2007
		US 7242481 B2	10/07/2007
		US 7266307 B2	04/09/2007
		US 7272271 B2	18/09/2007
		US 7277178 B2	02/10/2007
		US 7315697 B2	01/01/2008
		US 7327913 B2	05/02/2008
		US 7391969 B2	24/06/2008
		US 7397979 B2	08/07/2008
		US 7418209 B2	26/08/2008
		US 7426035 B2	16/09/2008
		US 7470905 B1	30/12/2008
		US 7483600 B2	27/01/2009
		US 7502118 B2	10/03/2009
		US 7512338 B2	31/03/2009
		US 7644069 B2	05/01/2010
		US 7652254 B2	26/01/2010
		US 7693428 B2	06/04/2010
		US 7715720 B2	11/05/2010
		US 7801395 B2	21/09/2010
		US 7840144 B2	23/11/2010
		US 7897925 B2	01/03/2011
		US 7945174 B2	17/05/2011
		US 7949262 B2	24/05/2011
		US 7961997 B2	14/06/2011
		US 7974543 B2	05/07/2011
		US 7995925 B2	09/08/2011
		US 8009294 B2	30/08/2011
		US 8009295 B2	30/08/2011
		US 8019556 B2	13/09/2011
		US 8041224 B2	18/10/2011
		US 8050351 B2	01/11/2011
		US 8064767 B2	22/11/2011
		US 8143575 B2	27/03/2012
		US 8285153 B2	09/10/2012
		US 8300229 B2	30/10/2012
		US 8532498 B2	10/09/2013
		WO 03-028264 A2	03/04/2003
		WO 03-028264 A3	14/08/2003
		WO 03-028267 A1	03/04/2003
		WO 03-067768 A2	14/08/2003
		WO 2003-067768 A3	22/01/2004

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/008760

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
		WO 2005-029140 A2	31/03/2005
		WO 2005-029140 A3	20/04/2006
		WO 2007-001379 A2	04/01/2007
		WO 2007-001379 A3	18/05/2007
		WO 2008-127442 A2	23/10/2008
		WO 2008-127442 A3	08/01/2009
US 2004-0141752 A1	22/07/2004	US 7286766 B2	23/10/2007
		WO 2004-065993 A2	05/08/2004
		WO 2004-065993 A3	21/04/2005
JP 2007-526717 A	13/09/2007	EP 1726109 A1	29/11/2006
		EP 1726109 A4	10/12/2008
		EP 1726109 B1	02/11/2011
		US 2005-0196170 A1	08/09/2005
		WO 2005-093972 A1	06/10/2005
JP 2003-124883 A	25/04/2003	CA 2382635 A1	29/12/2002
		CN 1394007 A	29/01/2003
		EP 1271806 A1	02/01/2003
		US 2003-0034432 A1	20/02/2003
US 6661973 B1	09/12/2003	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04B 10/58(2013.01)i, H04B 10/50(2013.01)i, H04B 10/071(2013.01)i, H04B 10/11(2013.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 10/58; H04B 10/105; H04B 10/10; H04J 14/02; H04B 10/02; H04B 10/06; H04B 10/00; G02B 23/02; H04B 10/12; H04B 10/50; H04B 10/071; H04B 10/11

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 자유공간 광통신, 전치 왜곡, 대기외란, 보상, 레이저 광, 반사광

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 2009-0220246 A1 (JACOB KHURGIN 등) 2009.09.03 단락 [0002]-[0006], [0030]-[0032]; 청구항 1; 및 도면 4-5 참조.	1-8
A	US 2004-0141752 A1 (J. CHRISTOPHER SHELTON 등) 2004.07.22 단락 [0007]-[0013], [0026]-[0030]; 및 도면 1B-2 참조.	1-8
A	JP 2007-526717 A (ITT MANUFACTURING ENTERPRISES, INC.) 2007.09.13 단락 [0032]-[0056]; 및 도면 5-7 참조.	1-8
A	JP 2003-124883 A (LUCENT TECHNOL INC.) 2003.04.25 단락 [0007]-[0011]; 및 도면 3-5 참조.	1-8
A	US 6661973 B1 (DAVID R. HUBER 등) 2003.12.09 컬럼 5, 라인 15 - 컬럼 6, 라인 31; 컬럼 7, 라인 22-55; 및 도면 1-2, 4 참조.	1-8

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 04월 14일 (14.04.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 04월 14일 (14.04.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

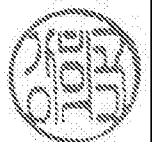
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

강희국

전화번호 +82-42-481-8264



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2009-0220246 A1	2009/09/03	AU 2003-209427 A1	2003/09/02
		CA 2587460 A1	2007/01/04
		CA 2587460 C	2011/02/08
		CN 100495398 C	2009/06/03
		CN 101046804 A	2007/10/03
		EP 1836453 A2	2007/09/26
		JP 04996300 B2	2012/08/08
		JP 2007-272888 A	2007/10/18
		KR 10-0962925 B1	2010/06/09
		US 2002-0145787 A1	2002/10/10
		US 2002-0186435 A1	2002/12/12
		US 2002-0196509 A1	2002/12/26
		US 2003-0058499 A1	2003/03/27
		US 2003-0058504 A1	2003/03/27
		US 2003-0147116 A1	2003/08/07
		US 2003-0231817 A1	2003/12/18
		US 2004-0028418 A1	2004/02/12
		US 2004-0096143 A1	2004/05/20
		US 2004-0127593 A1	2004/07/01
		US 2004-0146269 A1	2004/07/29
		US 2005-0105099 A1	2005/05/19
		US 2005-0185191 A1	2005/08/25
		US 2007-0102648 A1	2007/05/10
		US 2007-0110362 A1	2007/05/17
		US 2007-0115475 A1	2007/05/24
		US 2007-0127030 A1	2007/06/07
		US 2007-0133918 A1	2007/06/14
		US 2007-0140613 A1	2007/06/21
		US 2007-0140705 A1	2007/06/21
		US 2007-0274733 A1	2007/11/29
		US 2007-0276807 A1	2007/11/29
		US 2008-0025728 A1	2008/01/31
		US 2008-0159758 A1	2008/07/03
		US 2008-0175600 A1	2008/07/24
		US 2008-0310847 A1	2008/12/18
		US 2009-0142051 A1	2009/06/04
		US 2009-0169221 A1	2009/07/02
		US 2009-0185810 A1	2009/07/23
		US 2009-0185811 A1	2009/07/23
		US 2009-0190929 A1	2009/07/30
		US 2009-0214224 A1	2009/08/27
		US 2009-0224157 A1	2009/09/10
		US 2009-0236528 A1	2009/09/24
		US 2009-0269083 A1	2009/10/29
		US 2009-0295576 A1	2009/12/03
		US 2010-0028024 A1	2010/02/04
		US 2010-0065745 A1	2010/03/18
		US 2010-0135656 A1	2010/06/03
		US 2010-0290054 A1	2010/11/18

국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

US 2010-0310256 A1	2010/12/09
US 2011-0170690 A1	2011/07/14
US 2012-0002211 A1	2012/01/05
US 6671425 B1	2003/12/30
US 7076169 B2	2006/07/11
US 7110677 B2	2006/09/19
US 7167651 B2	2007/01/23
US 7186772 B2	2007/03/06
US 7224906 B2	2007/05/29
US 7242481 B2	2007/07/10
US 7266307 B2	2007/09/04
US 7272271 B2	2007/09/18
US 7277178 B2	2007/10/02
US 7315697 B2	2008/01/01
US 7327913 B2	2008/02/05
US 7391969 B2	2008/06/24
US 7397979 B2	2008/07/08
US 7418209 B2	2008/08/26
US 7426035 B2	2008/09/16
US 7470905 B1	2008/12/30
US 7483600 B2	2009/01/27
US 7502118 B2	2009/03/10
US 7512338 B2	2009/03/31
US 7644069 B2	2010/01/05
US 7652254 B2	2010/01/26
US 7693428 B2	2010/04/06
US 7715720 B2	2010/05/11
US 7801395 B2	2010/09/21
US 7840144 B2	2010/11/23
US 7897925 B2	2011/03/01
US 7945174 B2	2011/05/17
US 7949262 B2	2011/05/24
US 7961997 B2	2011/06/14
US 7974543 B2	2011/07/05
US 7995925 B2	2011/08/09
US 8009294 B2	2011/08/30
US 8009295 B2	2011/08/30
US 8019556 B2	2011/09/13
US 8041224 B2	2011/10/18
US 8050351 B2	2011/11/01
US 8064767 B2	2011/11/22
US 8143575 B2	2012/03/27
US 8285153 B2	2012/10/09
US 8300229 B2	2012/10/30
US 8532498 B2	2013/09/10
WO 03-028264 A2	2003/04/03
WO 03-028264 A3	2003/08/14
WO 03-028267 A1	2003/04/03
WO 03-067768 A2	2003/08/14
WO 2003-067768 A3	2004/01/22

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
		WO 2005-029140 A2	2005/03/31
		WO 2005-029140 A3	2006/04/20
		WO 2007-001379 A2	2007/01/04
		WO 2007-001379 A3	2007/05/18
		WO 2008-127442 A2	2008/10/23
		WO 2008-127442 A3	2009/01/08
US 2004-0141752 A1	2004/07/22	US 7286766 B2	2007/10/23
		WO 2004-065993 A2	2004/08/05
		WO 2004-065993 A3	2005/04/21
JP 2007-526717 A	2007/09/13	EP 1726109 A1	2006/11/29
		EP 1726109 A4	2008/12/10
		EP 1726109 B1	2011/11/02
		US 2005-0196170 A1	2005/09/08
		WO 2005-093972 A1	2005/10/06
JP 2003-124883 A	2003/04/25	CA 2382635 A1	2002/12/29
		CN 1394007 A	2003/01/29
		EP 1271806 A1	2003/01/02
		US 2003-0034432 A1	2003/02/20
US 6661973 B1	2003/12/09	없음	