



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0130381
(43) 공개일자 2018년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/497 (2006.01) G01S 17/08 (2006.01)
G01S 7/486 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/497 (2013.01)
G01S 17/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0066404
(22) 출원일자 2017년05월29일
심사청구일자 2017년05월29일

(71) 출원인
광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)
(72) 발명자
박기환
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 기계공학부
장준환
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 기계공학부
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김기문

전체 청구항 수 : 총 10 항

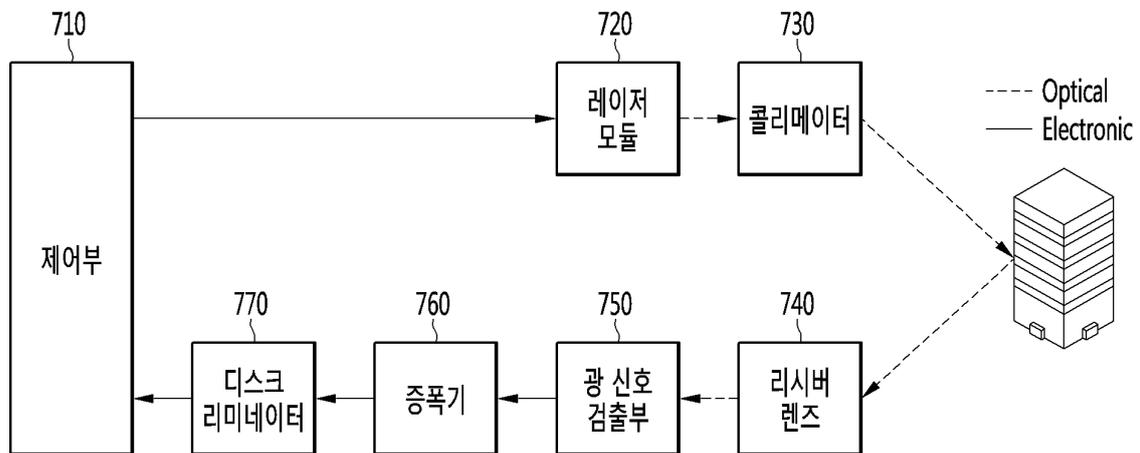
(54) 발명의 명칭 라이다 시스템

(57) 요약

라이다 시스템이 개시된다. 본 발명의 실시 예에 따른 라이다 시스템은, 대상물체에 레이저 광을 조사하는 레이저 모듈, 상기 대상물체에서 반사된 반사광을 검출하여 전기신호로 변환하는 광 신호 검출부, 상기 전기 신호의 엣지(edge)를 검출하는 디스크리미네이터, 및, 상기 레이저광 및 상기 반사광의 시간차에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하고, 상기 전기 신호의 엣지에 기초하여 상기 전기 신호의 펄스폭을 획득하고, 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도7

700



(52) CPC특허분류
G01S 7/486 (2013.01)

(72) 발명자

박준현

광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과학기술원 기계공학부

서야결

광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과학기술원 기계공학부

박선균

광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과학기술원 기계공학부

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GM09480

부처명 문화체육관광부

연구관리전문기관 한국콘텐츠진흥원

연구사업명 문화기술연구 주관기관 지원

연구과제명 대규모 공연 및 방송을 위한 다중 자율 비행체 협업 기반 첨단 촬영 및 렌더링 기술 개발

기여율 1/1

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2016.04.01 ~ 2017.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

대상물체에 레이저 광을 조사하는 레이저 모듈;

상기 대상물체에서 반사된 반사광을 검출하여 전기신호로 변환하는 광 신호 검출부;

상기 전기 신호의 엣지(edge)를 검출하는 디스크리미네이터; 및

상기 레이저광 및 상기 반사광의 시간차에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하고, 상기 전기 신호의 엣지에 기초하여 상기 전기 신호의 펄스폭을 획득하고, 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 제어부를 포함하는

라이다 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 전기 신호의 엣지는,

상기 전기 신호의 크기가 증가하는 구간에서의 상승 엣지 및

상기 전기 신호의 크기가 감소하는 구간에서의 하강 엣지를 포함하고,

상기 획득한 펄스폭은,

상기 상승 엣지의 검출 시점과 상기 하강 엣지의 검출 시점의 차인

라이다 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 획득한 펄스폭 및 펄스폭과 거리오차와의 관계에 기초하여, 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하고,

상기 펄스폭과 거리오차와의 관계는,

전기 신호의 크기 변화에 대응하는 펄스 폭의 변화량 및 전기 신호의 크기 변화에 대응하는 거리 오차값에 기초하여 획득되는

라이다 시스템.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 레이저 광의 시작 시점 및 상기 엣지의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하고, 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는

라이다 시스템.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 엣지 및 상기 제2 엣지의 중간값을 획득하고, 상기 레이저 신호의 시작 시점 및 상기 중간값의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하고, 상기 전기 신호가 포화 영역에 존재하면 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는

라이다 시스템.

청구항 6

대상물체에 레이저 광을 조사하는 단계;

상기 대상물체에서 반사된 반사광을 검출하여 전기신호로 변환하는 단계;

상기 전기 신호의 엣지(edge)를 검출하는 단계;

상기 전기 신호의 엣지에 기초하여 상기 전기 신호의 펄스폭을 획득하는 단계;

상기 레이저광 및 상기 반사광의 시간차에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계; 및

상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계를 포함하는

라이다 시스템의 동작 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 전기 신호의 엣지는,

상기 전기 신호의 크기가 증가하는 구간에서의 상승 엣지 및

상기 전기 신호의 크기가 감소하는 구간에서의 하강 엣지를 포함하고,

상기 획득한 펄스폭은,

상기 상승 엣지의 검출 시점과 상기 하강 엣지의 검출 시점의 차인

라이다 시스템의 동작 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계는,

상기 획득한 펄스폭 및 펄스폭과 거리오차와의 관계에 기초하여, 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계를 포함하고,

상기 펄스폭과 거리오차와의 관계는,

전기 신호의 크기 변화에 대응하는 펄스 폭의 변화량 및 전기 신호의 크기 변화에 대응하는 거리 오차값에 기초하여 획득되는

라이다 시스템의 동작 방법.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계는,

상기 레이저 광의 시작 시점 및 상기 엣지의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계를 포함하는

라이다 시스템의 동작 방법.

청구항 10

제 6항에 있어서,

상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계는,

상기 제1 엣지 및 상기 제2 엣지의 중간값을 획득하고, 상기 레이저 신호의 시작 시점 및 상기 중간값의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계를 포함하고,

상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계는,

상기 전기 신호가 포화 영역에 존재하면 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계를 포함하는

라이다 시스템의 동작 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 신호의 펄스 폭을 측정하여 거리 오차를 보상할 수 있는 라이다 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 라이다(Light Detecting And Ranging, LIDAR)는 도 1과 같이 레이저 다이오드(Laser Diode, LD) (120)에서 발사된 레이저 신호와 물체에 맞고 포토 다이오드(Photo Diode, PD) (130)로 반사되어 돌아오는 레이저 신호의 지연시간을 이용하여 거리를 측정하는 비행시간법(Time of flight method) 기반의 계측 센서이다.

[0003] 라이다는 한 개의 펄스 신호만으로 센티미터 수준의 거리 정확도를 얻을 수 있다는 장점을 갖고 있기 때문에 최근 이슈가 되고 있는 자율 주행 시스템, 지능형 교통 시스템, 지리 정보 시스템 등 여러 산업 분야에서 활용되고 있다.

[0004] 도 2에서는 시간을 측정하기 위한 가장 대표적인 방법인 리딩 엣지 디스크리미네이터(Leading Edge Discriminator, LED) 방식을 이용한 라이다 시스템의 예를 도식화하였다. 리딩 엣지 디스크리미네이터(Leading Edge Discriminator, LED)방식은 아날로그 펄스 신호(210, 220)가 기준 크기(230)보다 높을 때를 판별하여 디지털 신호를 출력하는 비교기 회로가 포함된 방식을 말한다.

[0005] 리딩 엣지 방식에서 비교기 회로는, 레이저 다이오드(Laser Diode, LD)에서 레이저가 발사된 시점의 아날로그 신호와 포토 다이오드(Photo Diode, PD)로 들어오는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환 시킨다.

[0006] 그리고 제어부(110)에 포함된 타임 투 디지털 컨버터(Time to Digital Converter, TDC)가 앞서 설명한 두 디지털 신호의 지연시간(ΔT)을 측정하면 제어부(110)에 포함된 마이크로 프로세서는 최종적으로 물체와의 거리를 계산할 수 있게 된다.

[0007] 리딩 엣지 디스크리미네이터(Leading Edge Discriminator, LED) 방식을 이용하여 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 과정에서, 도 3과 같이 두 물체가 동일한 거리에 있더라도 두 물체의 반사율에 따라서 포토 다이오드(Photo Diode, PD)에 들어오는 신호(220a, 220b)의 크기가 달라지는 문제가 발생한다. 반사율 외에도 신호의 크기가 달라지는 요인으로 스캐닝 방향, 물체의 거리 등이 있다.

[0008] 신호(220a, 220b)의 크기가 달라지면서 아날로그 신호가 디지털 신호(310a, 310b)로 변환되는 시점(t_a , t_b)이 바뀌게 되는데 그 차이는 1ns당 150mm라는 거리오차로 나타나게 된다. 높은 거리 정확도를 요구하는 라이다의 경우 이러한 오차 개선을 위한 신호처리 기술이 필요하다.

[0009] 이를 해결하기 위해서 기존에 도 4a와 같이 신호(220a, 220b, 220c)의 크기가 일정한 비율에 도달하는 지점(t_a , t_b , t_c)을 검출하는 콘스탄트 프랙션 디스크리미네이터(Constant Fraction Discriminator, CFD) 방식과 신호(220a, 220b, 220c)를 미분하여 최대값에 도달하는 지점(t_a , t_b , t_c)을 검출하는 제로 크로싱 디스크리미네이터(Zero Crossing Discriminator, ZCD)방식 등의 방법이 고안되었다

[0010] 하지만 이러한 방법은 신호가 정상 동작 영역 내에 있을 때 사용가능한 방법이다.

[0011] 구체적으로 도 5a에서는 이상적인 케이스를 도시하였으나, 실제로는 신호를 증폭시키는데 사용되는 증폭기(14

0)의 특성때문에, 신호가 포화 레벨(510)을 넘어 포화된 후 정상동작 영역으로 돌아오면서 도 5b와 같이 임의의 딜레이(520)가 발생하게 된다.

- [0012] CFD와 ZCD 방식은 신호가 정상 동작 영역 내에 있을 때에는 효과가 있다. 다만 신호가 포화되는 경우에는 이러한 딜레이로 인하여, LED 방식을 사용하는 경우보다 더 큰 거리 오차가 발생되게 된다.
- [0013] 따라서 CFD나 ZCD를 거치기 전에 신호가 포화됐다면 신호의 증폭비를 감소시켜 정상동작 영역으로 들어오도록 해주는 추가적인 신호처리 및 제어가 필요하다.
- [0014] 구체적으로 도 6과 같이 신호의 진폭을 비교기(comparator), 피크 검출기(peak detector) 등 여러 가지 신호처리 방법을 이용하여 측정하고, 포화되었다면 신호의 증폭비를 AGC 모드(160)에서 오토 게인 컨트롤(Auto Gain Control, AGC) 방법을 통해 감소시킨 후 CFD와 ZCD 방식을 사용하는 것이 일반적인 방법이다.
- [0015] 하지만 앞선 방법들 대부분이 신호의 크기만을 측정하는 방식으로 신호가 포화되었을 때 얼마나 포화되었는지에 대한 정보는 알 수 없어 신호 포화상태에도 신호의 크기를 정확히 측정하기 위한 추가회로가 필요하다는 단점이 있다.
- [0016] 이외에도 AGC, CFD 등의 구성을 위한 부가적인 회로가 많이 사용되어 시스템이 복잡해지는 문제가 있고, AGC 회로 구성에 따라 전기적 지연 변화 없이 이득 제어가 가능한 영역에도 한계가 있는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 신호의 펄스 폭을 측정하여 거리 오차를 보상할 수 있는 라이다 시스템에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 일 실시 예에 따른 라이다 시스템은, 대상물체에 레이저 광을 조사하는 레이저 모듈, 상기 대상물체에서 반사된 반사광을 검출하여 전기신호로 변환하는 광 신호 검출부, 상기 전기 신호의 엣지(edge)를 검출하는 디스크리미네이터, 및, 상기 레이저광 및 상기 반사광의 시간차에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하고, 상기 전기 신호의 엣지에 기초하여 상기 전기 신호의 펄스폭을 획득하고, 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 제어부를 포함한다.
- [0019] 이 경우 상기 전기 신호의 엣지는, 상기 전기 신호의 크기가 증가하는 구간에서의 상승 엣지 및 상기 전기 신호의 크기가 감소하는 구간에서의 하강 엣지를 포함하고, 상기 획득한 펄스폭은, 상기 상승 엣지의 검출 시점과 상기 하강 엣지의 검출 시점의 차일 수 있다.
- [0020] 이 경우 상기 제어부는, 상기 획득한 펄스폭 및 펄스폭과 거리오차와의 관계에 기초하여, 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하고, 상기 펄스폭과 거리오차와의 관계는, 전기 신호의 크기 변화에 대응하는 펄스 폭의 변화량 및 전기 신호의 크기 변화에 대응하는 거리 오차값에 기초하여 획득될 수 있다.
- [0021] 한편 상기 제어부는, 상기 레이저 광의 시작 시점 및 상기 엣지의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하고, 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상할 수 있다.
- [0022] 한편 상기 제어부는, 상기 제1 엣지 및 상기 제2 엣지의 중간값을 획득하고, 상기 레이저 신호의 시작 시점 및 상기 중간값의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하고, 상기 전기 신호가 포화 영역에 존재하면 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상할 수 있다.
- [0023] 한편, 본 발명의 실시 예에 따른 라이다 시스템의 동작 방법은, 대상물체에 레이저 광을 조사하는 단계, 상기 대상물체에서 반사된 반사광을 검출하여 전기신호로 변환하는 단계, 상기 전기 신호의 엣지(edge)를 검출하는 단계, 상기 전기 신호의 엣지에 기초하여 상기 전기 신호의 펄스폭을 획득하는 단계, 상기 레이저광 및 상기 반사광의 시간차에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계, 및, 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계를 포함한다.
- [0024] 이 경우 상기 전기 신호의 엣지는, 상기 전기 신호의 크기가 증가하는 구간에서의 상승 엣지 및 상기 전기 신호의 크기가 감소하는 구간에서의 하강 엣지를 포함하고, 상기 획득한 펄스폭은, 상기 상승 엣지의 검출 시점과 상기 하강 엣지의 검출 시점의 차일 수 있다.

[0025] 이 경우 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계는, 상기 획득한 펄스폭 및 펄스폭과 거리오차와의 관계에 기초하여, 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계를 포함하고, 상기 펄스폭과 거리오차와의 관계는, 전기 신호의 크기 변화에 대응하는 펄스 폭의 변화량 및 전기 신호의 크기 변화에 대응하는 거리 오차값에 기초하여 획득될 수 있다.

[0026] 한편 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계는, 상기 레이저 광의 시작 시점 및 상기 엷지의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0027] 한편, 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계는, 상기 제1 엷지 및 상기 제2 엷지의 중간값을 획득하고, 상기 레이저 신호의 시작 시점 및 상기 중간값의 검출 시점에 기초하여 상기 대상물체와의 거리를 획득하는 단계를 포함하고, 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계는, 상기 전기 신호가 포화 영역에 존재하면 상기 펄스폭에 기초하여 상기 대상물체와의 거리의 오차를 보상하는 단계를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1 내지 도 6은 종래의 라이다 시스템의 문제점을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른, 라이다 시스템을 도시한 도면이다.

도 8 내지 도 9는 본 발명의 제1 실시 예에 따른, 대상물체와의 거리 측정 방법 및 대상물체와의 거리의 오차 보상 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 10 내지 도 11은 본 발명의 제2 실시 예에 따른, 엷지의 중간값을 이용한 대상물체와의 거리 측정 방법 및 대상물체와의 거리의 오차 보상 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 12 내지 도 13은 본 발명의 실시 예에 따른 오차 보상 알고리즘이 적용된 경우의 측정 결과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0031] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0032] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0033] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른, 라이다 시스템을 도시한 도면이다.

[0034] 본 발명의 실시 예에 따른 라이다 시스템(700)은, 제어부(710), 레이저 모듈(720), 콜리메이터(30), 리시버 렌즈(740), 광 신호 검출부(750), 증폭기(760) 및 디스크리미네이터(770)를 포함할 수 있다.

[0035] 레이저 모듈(720)은, 제어부(710)의 제어 하에, 대상물체 방향으로 레이저 광을 조사할 수 있다. 여기서 레이저

모듈(720)은 레이저 광을 발생시키는 광원으로, 레이저 다이오드(Laser Diode, LD)를 포함할 수 있다. 이 경우 레이저 광은 콜리메이터(730)를 거쳐 대상 물체로 조사될 수 있다.

- [0036] 한편 레이저 모듈(720)에서 조사된 레이저 광은 대상물체에서 반사될 수 있다.
- [0037] 레이저 광의 반사광은 리시버 렌즈(740)를 거쳐 광 신호 검출부(750)로 수신될 수 있으며, 광 신호 검출부(750)는 반사광을 검출하여 전기 신호로 변환할 수 있다. 즉 광 신호 검출부(750)는 반사광을 검출하고 반사광 신호를 출력할 수 있다.
- [0038] 여기서 광 신호 검출부(750)는 애벌런치 포토 다이오드(avalanche photodiode, APD)를 포함할 수 있다.
- [0039] 애벌런치 포토 다이오드(avalanche photodiode, APD)는 광 신호를 전기 신호로 변환하는 광전 소자의 일종으로, 신호 대 잡음비(S/N ratio)가 높고, 고속 신호처리에 적합하며, 내부 증폭률이 높기 때문에 대상물체에서 난반사된 낮은 크기의 레이저광도 검출할 수 있는 장점이 있다.
- [0040] 한편, 증폭기(760)는 전기 신호를 증폭할 수 있다. 설명의 편의상 광 신호 검출부(750)와 증폭기(760)가 별도의 구성인 것으로 설명하였으나, 증폭기(760)의 기능은 광 신호 검출부(750) 또는 디스크리미네이터(770)의 기능으로 통합될 수 있다.
- [0041] 디스크리미네이터(770)는, 리딩 엣지 디스크리미네이터(Leading Edge Discriminator, LED) 방식으로 신호를 출력할 수 있다. 여기서 리딩 엣지 디스크리미네이터(Leading Edge Discriminator, LED) 방식은, 아날로그 신호가 기준 크기보다 높을 때를 판별하여 디지털 신호를 출력하는 방식일 수 있다.
- [0042] 디스크리미네이터(770)는, 리딩 엣지 디스크리미네이터(Leading Edge Discriminator, LED) 방식으로 전기 신호의 엣지(edge)를 검출하고, 엣지(edge)가 검출된 시점에 대응하는 디지털 신호를 출력할 수 있다.
- [0043] 구체적으로 디스크리미네이터(770)는, 반사광에 대응하는 전기 신호의 크기가 기준 값과 동일해지는 지점을 검출할 수 있는데, 반사광에 대응하는 전기 신호의 크기가 기준 값과 동일해지는 지점을 전기 신호의 엣지(edge)라고 할 수 있다.
- [0044] 여기서 전기 신호의 엣지(edge)는 상승 엣지 및 하강 엣지를 포함할 수 있다.
- [0045] 여기서 전기 신호의 크기가 증가하는 구간에서 전기 신호의 크기가 기준 값과 동일해지는 지점을 상승 엣지로 표현할 수 있으며, 전기 신호의 크기가 감소하는 구간에서 전기 신호의 크기가 기준 값과 동일해지는 지점을 하강 엣지로 표현할 수 있다.
- [0046] 이 경우 디스크리미네이터(770)는 상승 엣지가 검출된 시점에 대응하는 디지털 신호 및 하강 엣지가 검출된 시점에 대응하는 디지털 신호를 제어부(770)로 출력할 수 있다.
- [0047] 제어부(710)는 레이저광 및 반사광의 시간차에 기초하여 대상물체와 라이다 시스템(700)과의 거리를 획득할 수 있다.
- [0048] 구체적으로 제어부(710)는 레이저광이 조사된 시점에 대응하는 디지털 신호와 전기 신호의 엣지의 검출 시점에 대응하는 디지털 신호를 수신하고, 두 디지털 신호 간의 지연 시간을 측정할 수 있다.
- [0049] 또한 제어부(710)는 두 디지털 신호 간의 지연 시간에 기초하여, 대상물체와 라이다 시스템(700)과의 거리를 산출할 수 있다.
- [0050] 한편 제어부(710)는 전기 신호의 엣지에 기초하여 전기 신호의 펄스폭을 획득할 수 있다. 여기서 펄스폭은 상승 엣지의 검출 시점 및 하강 엣지의 검출 시점의 차이일 수 있다.
- [0051] 구체적으로 제어부(710)는 상승 엣지의 검출 시점에 대응하는 디지털 신호 및 하강 엣지의 검출 시점에 대응하는 디지털 신호를 수신하고, 두 디지털 신호 간의 지연 시간에 기초하여 전기 신호의 펄스폭을 산출할 수 있다.
- [0052] 이 경우 제어부(710)는 산출된 펄스폭에 기초하여 대상물체와의 거리의 오차를 보정할 수 있다.
- [0053] 한편, 제어부(710)는 타임 투 디지털 컨버터(Time to Digital Converter, TDC) 및 마이크로 컨트롤러(Micro Controller Unit, MCU)를 포함할 수 있으며, 타임 투 디지털 컨버터(Time to Digital Converter, TDC)에서는 지연 시간의 측정을, 마이크로 컨트롤러(Micro Controller Unit, MCU)에서는 거리의 계산 및 거리의 오차의 보상을 수행할 수 있다.
- [0054] 또한 제어부(710)는 라이다 시스템의 전반적인 동작을 제어할 수 있다.

- [0055] 이하에서는 본 발명의 구체적인 동작을 설명한다.
- [0056] 도 8 내지 도 9는 본 발명의 제1 실시 예에 따른, 대상물체와의 거리 측정 방법 및 대상물체와의 거리의 오차 보상 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0057] 도 8a에 따르면, 제어부(710)는 레이저 광 신호(810) 및 반사광 신호(820)의 시간 차에 기초하여, 대상 물체와의 거리를 획득할 수 있다.
- [0058] 구체적으로 제어부(710)는 레이저 광 신호(810)의 시작 시점(t1) 및 반사광 신호(820)의 엣지의 검출 시점(t2)의 시간차(Δt)에 기초하여 라이다 시스템(700)과 대상물체와의 거리를 산출할 수 있다.
- [0059] 여기서 여기서 반사광 신호(820)는 반사광으로부터 변환된 전기 신호일 수 있다. 또한 반사광 신호(820)의 엣지는, 반사광 신호(820)의 크기가 기준값(830)과 동일해지는 지점을 의미할 수 있다.
- [0060] 이 경우 라이다 시스템(700)과 대상물체와의 거리(d)는 다음과 같은 수식에 의하여 산출될 수 있다.

수학적 1

[0061]
$$d = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$$

- [0062] 여기서 c는 빛의 속도를 의미할 수 있다.
- [0063] 한편, 물체의 반사율의 차이 등으로 인하여, 물체들이 동일한 위치에 있더라도 물체들의 반사광의 크기는 서로 상이할 수 있다.
- [0064] 도 8b에서는 제1 물체에서 반사된 제1 반사광 신호(820a), 제2 물체에서 반사된 제2 반사광 신호(820b) 및 제3 물체에서 반사된 제3 반사광 신호(820c)를 도시하였다.
- [0065] 상승 엣지는 반사광 신호(820a, 820b, 820c)의 크기가 증가하는 구간에서 신호의 크기가 기준값(830)과 동일해지는 지점을 의미한다. 다만 물체의 반사율 등에 따라 반사광 신호(820a, 820b, 820c) 들의 크기는 서로 상이할 수 있다.
- [0066] 따라서, 물체별로 상승 엣지(a1, b1, c1)가 상이할 수 있으며, 이에 따라 상승 엣지(a1, b1, c1)의 검출 시점(ta, tb, tc) 역시 물체별로 상이할 수 있다.
- [0067] 즉, 제1 물체를 측정하는 경우, 시간차(Δt)는 레이저 광 신호(810)의 시작 시점(t1)과 제1 반사광 신호(820a)의 상승 엣지(a1)의 검출 시점(ta)이 된다.
- [0068] 이에 반해 제2 물체를 측정하는 경우, 시간차(Δt)는 레이저 광 신호(810)의 시작 시점(t1)과 제2 반사광 신호(820b)의 상승 엣지(b1)의 검출 시점(tb)이 된다.
- [0069] 또한 제2 물체를 측정하는 경우, 시간차(Δt)는 레이저 광 신호(810)의 시작 시점(t1)과 제3 반사광 신호(820c)의 상승 엣지(c1)의 검출 시점(tc)이 된다.
- [0070] 즉, 라이다 시스템(700)과 대상 물체와의 거리(d)를 산출하는 경우, 물체의 반사율에 따라 오차가 발생할 수 있다.
- [0071] 따라서 측정된 거리의 오차를 보정하는 것이 필요한데, 본 발명은 반사광 신호의 펄스 폭에 기초하여 대상 물체와의 거리의 오차를 보정할 수 있다.
- [0072] 구체적으로 디스크리미네이터(770)는 반사광 신호가 상승하는 구간에서 반사광 신호의 크기가 기준값과 동일해지는 상승 엣지가 검출되면 제1 신호를 출력할 수 있으며, 반사광 신호가 하강하는 구간에서 반사광 신호의 크기가 기준값과 동일해지는 하강 엣지가 검출되면 제2 신호를 출력할 수 있다.
- [0073] 이 경우 제어부(710)는 제1 신호 및 제2 신호를 수신하고, 제1 신호 및 제2 신호의 시간 차인 펄스 폭(W)을 산출할 수 있다. 즉 펄스 폭(W)은, 상승 엣지의 검출 시점과 하강 엣지의 검출 시점의 차이일 수 있다.
- [0074] 예를 들어 제1 반사광 신호(820a)의 경우, 펄스 폭(Wa)은 제1 반사광 신호(820a)의 상승 엣지(a1)의 검출 시점(ta) 및 제1 반사광 신호(820a)의 하강 엣지(a2)의 검출 시점의 차이일 수 있다.

[0075] 또한 제2 반사광 신호(820b)의 경우, 펄스 폭(Wb)은 제2 반사광 신호(820b)의 상승 엣지(b1)의 검출 시점(tb) 및 제2 반사광 신호(820b)의 하강 엣지(b2)의 검출 시점의 차일 수 있다.

[0076] 또한 제3 반사광 신호(820c)의 경우, 펄스 폭(Wc)은 제3 반사광 신호(820c)의 상승 엣지(c1)의 검출 시점(tc) 및 제3 반사광 신호(820c)의 하강 엣지(c2)의 검출 시점의 차일 수 있다.

[0077] 한편, 거리의 오차는 반사광 신호의 크기가 달라지면서 발생하는 것인데, 반사광 신호의 크기와 폭은 일정한 비율을 가지고 있기 때문에, 반사광 신호의 폭을 측정할 수 있다면 신호의 크기를 유추할 수 있다. 이는 신호의 크기가 증가하여 포화 영역에 존재하더라도 마찬가지이다. 또한 신호의 크기가 달라짐에 따라 발생하는 거리의 오차의 정도를 측정을 통하여 알 수 있다.

[0078] 구체적으로, 도 9a에서 도시하는 바와 같이, 반사광 신호의 크기 변화에 대응하는 펄스폭의 변화량(910)을 측정하고, 반사광 신호의 크기 변화에 대응하는 거리 오차값(920)을 측정하면, 도 9b에서 도시하는 바와 같이 펄스 폭과 거리 오차와의 관계(930)를 산출할 수 있다.

[0079] 예를 들어 펄스폭과 거리 오차와의 관계(930)는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0080]
$$y = 0.0032x^4 - 0.3039x^3 + 10.641x^2 - 177.41x + 892.45$$

[0081] 여기서 y는, 거리 오차를 의미할 수 있으며, x는 펄스폭을 의미할 수 있다.

[0082] 한편 제어부(710)는 반사광 신호의 펄스폭(W) 및 펄스폭과 거리 오차와의 관계(930)에 기초하여 반사광 신호의 펄스폭(W)에 대응하는 거리 오차(Δd)를 산출할 수 있다. 또한 제어부(710)는 펄스폭(W)에 대응하는 거리 오차(Δd)를 이용하여 대상물체와의 거리(d)의 오차를 보상할 수 있다.

[0083] 즉 오차가 보상된 최종 거리는 하기의 식으로 나타내어 질 수 있다.

수학식 3

[0084]
$$d = \frac{c \cdot \Delta t}{2} + \Delta d$$

[0085] 이와 같이 본 발명은, 반사광 신호의 검출시 펄스폭을 동시에 측정함으로써 최종 프로세서 단에서 오차가 보상된 거리 값의 산출이 가능하기 때문에, AGC 구성을 위한 회로 등 복잡한 추가 회로 없이도 정확한 오차 보상이 가능하며 측정 속도에도 영향을 미치지 않는 장점이 있다.

[0086] 한편 본 발명은 상승 엣지와 하강 엣지의 중간값을 이용하는 방식으로도 구현될 수 있다. 이와 관련해서는 도 10 내지 도 11을 참고하여 설명한다.

[0087] 도 10 내지 도 11은 본 발명의 제2 실시 예에 따른, 엣지의 중간값을 이용한 대상물체와의 거리 측정 방법 및 대상물체와의 거리의 오차 보상 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0088] 도 10을 참고하면, 제어부(710)는 반사광 신호(1010)의 상승 엣지(1021) 및 하강 엣지(1022)를 검출하고, 반사광 신호(1010)의 상승 엣지(1021) 및 하강 엣지(1022)를 이용하여 중간 값(1030)을 측정할 수 있다.

[0089] 이는 도 4b에서 설명한 제로 크로싱 디스크리미네이터(Zero Crossing Discriminator, ZCD)를 디지털 방식으로 적용한 것으로써, 제어부(710)는 레이저 신호의 시작 시점 및 중간값(1030)의 검출 시점에 기초하여 대상물체와의 거리를 획득할 수 있다.

[0090] 또한 이 경우에도 오차의 보상이 수행될 수 있다.

[0091] 구체적으로 제어부(710)는 반사광 신호(1010)의 상승 엣지(1021)의 검출 시점 및 하강 엣지(1022)의 검출 시점의 차인 펄스 폭을 산출할 수 있다.

[0092] 한편 도 11a에서 도시하는 바와 같이, 반사광 신호의 크기 변화에 대응하는 펄스폭의 변화량(1110)을 측정하고,

반사광 신호의 크기 변화에 대응하는 거리 오차값(1120)을 측정하면, 도 11b에서 도시하는 바와 같이 펄스폭과 거리 오차와의 관계(1130)를 산출할 수 있다.

[0093] 예를 들어 펄스폭과 거리 오차와의 관계(1130)는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

수학식 4

[0094]
$$y = 0.03x^4 - 0.2933x^3 + 10.44x^2 - 86.141x + 179.45$$

[0095] 여기서 y는, 거리 오차를 의미할 수 있으며, x는 펄스폭을 의미할 수 있다.

[0096] 한편 제어부(710)는 반사광 신호의 펄스폭 및 펄스폭과 거리 오차와의 관계(1130)에 기초하여, 반사광 신호에 대응하는 거리 오차를 산출할 수 있다. 또한 제어부(710)는 반사광 신호에 대응하는 거리 오차를 이용하여 대상 물체와의 거리의 오차를 보상할 수 있다.

[0097] 한편 도 8 내지 도 9에서의 실시 예와는 달리, 도 10 내지 도 11의 실시 예는 중간값(1030), 즉 신호의 크기의 최대값의 검출 지점을 기준으로 거리를 측정하기 때문에, 신호가 정상 동작 영역 내에 있을 때에는 거리의 오차가 발생되지 않을 수 있다.

[0098] 따라서 제어부(710)는 반사광 신호가 포화 영역에 존재하면, 펄스폭에 기초하여 대상 물체와의 오차를 보상할 수 있다. 이 경우 제어부(710)는 펄스폭에 기초하여 반사광 신호의 크기에 대한 정보를 획득할 수 있으며, 반사광 신호의 크기에 대한 정보에 기초하여 반사광 신호가 포화 영역에 존재하는지 판단할 수 있다.

[0099] 즉 본 발명은, 반사광 신호가 정상 동작 영역에 존재하는 경우에는 오차 보상 알고리즘을 적용하지 않고, 반사광 신호가 포화 영역에 존재하는 경우에만 오차 보상 알고리즘을 적용함으로써 보상이 필요한 영역을 축소할 수 있는 장점이 있다.

[0100] 본 발명의 제1 실시 예 및 제2 실시 예에 따르면, 거리 측정에 오차가 발생하는 경우 펄스폭 정보를 통하여 반사광 신호의 크기를 간접적으로 산출하고 정확한 오차 보상을 수행할 수 있다.

[0101] 또한 펄스 폭 정보에 기초하여 반사광 신호의 크기 정보를 획득할 수 있는 바, 각 측정 시점에서의 광의 강도(intensity)에 대한 정보를 획득할 수 있다. 이에 따라 대상 물체의 반사도 정보를 획득할 수 있는 장점이 있다.

[0102] 도 12 내지 도 13은 본 발명의 실시 예에 따른 오차 보상 알고리즘이 적용된 경우의 측정 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0103] 도 12에서 도시하는 바와 같이 동일한 거리에 위치하는 검은색 물체(1210) 및 흰색 물체(1220)와의 거리를 측정하였고, 측정 결과는 도 13에서 도시하였다.

[0104] 도 13a는, 검은색 물체(1210) 및 흰색 물체(1220)가 10m 거리에 위치하는 경우의 데이터이다. 오차 보상 전에는 거리 오차가 150mm이나, 오차 보상 후에는 거리 오차가 28mm로 준 것을 알 수 있다.

[0105] 도 13b는, 검은색 물체(1210) 및 흰색 물체(1220)가 20m 거리에 위치하는 경우의 데이터이다. 오차 보상 전에는 거리 오차가 232mm이나, 오차 보상 후에는 거리 오차가 29mm로 준 것을 알 수 있다.

[0106] 도 13c는, 검은색 물체(1210) 및 흰색 물체(1220)가 30m 거리에 위치하는 경우의 데이터이다. 오차 보상 전에는 거리 오차가 275mm이나, 오차 보상 후에는 거리 오차가 10mm로 준 것을 알 수 있다.

[0107] 한편, 제어부(710)는 일반적으로 장치의 제어를 담당하는 구성으로, 중앙처리장치, 마이크로 프로세서, 프로세서 등의 용어와 혼용될 수 있다.

[0108] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있다. 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니 되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의

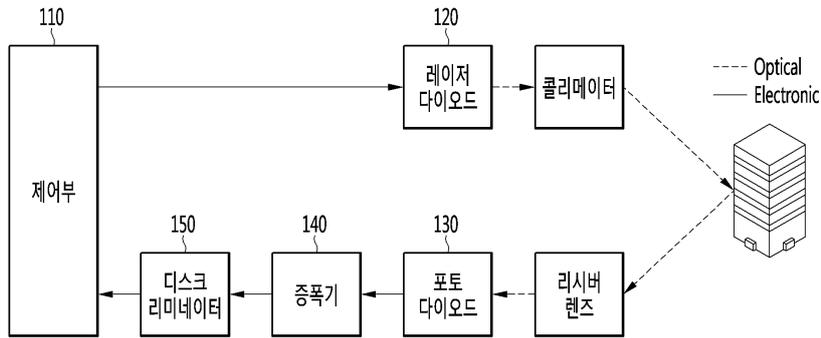
범위에 포함된다.

부호의 설명

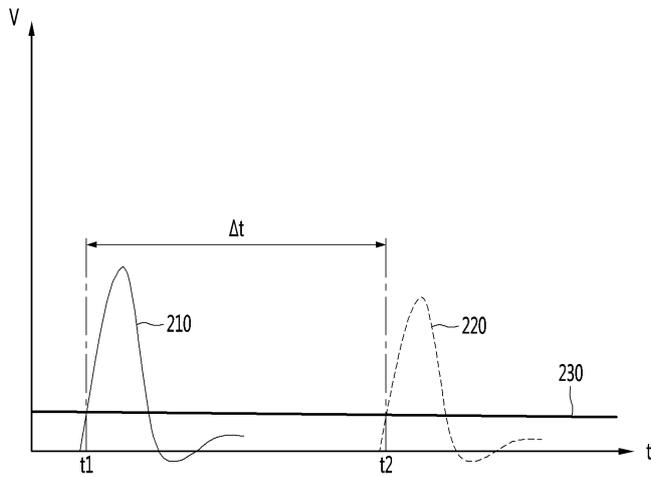
- 710: 제어부 720: 레이저 모듈
- 730: 콜리메이터 740: 리시버 렌즈
- 750: 광 신호 검출부 760: 증폭기
- 770: 디스크리미네이터

도면

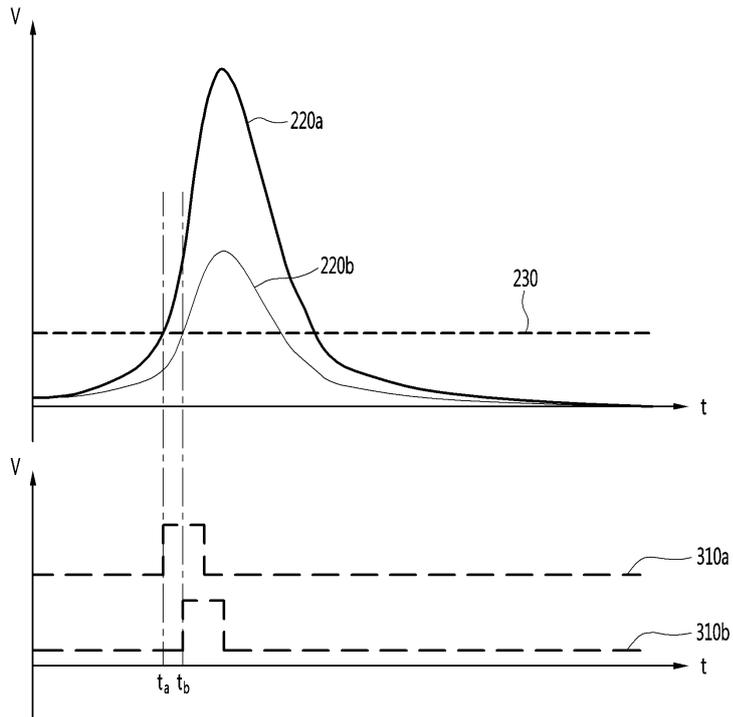
도면1



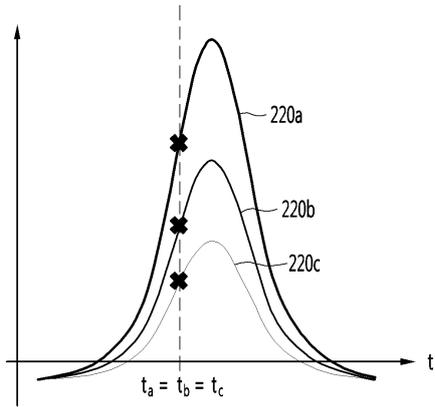
도면2



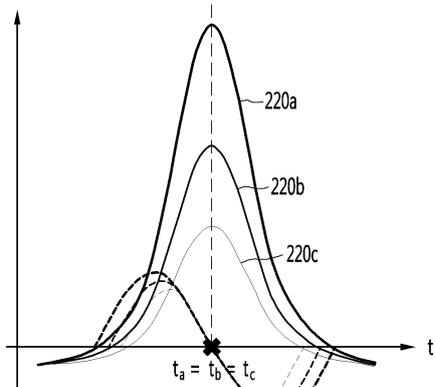
도면3



도면4

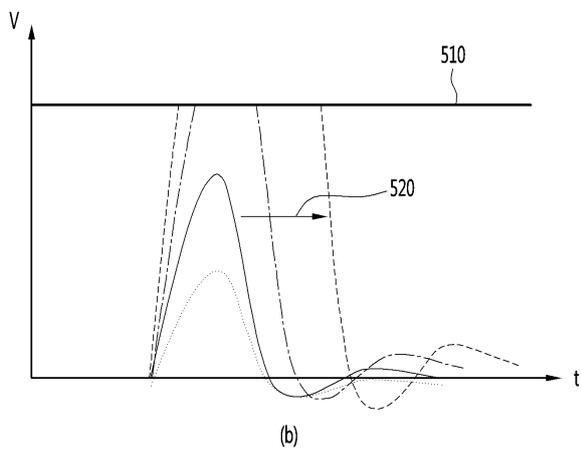
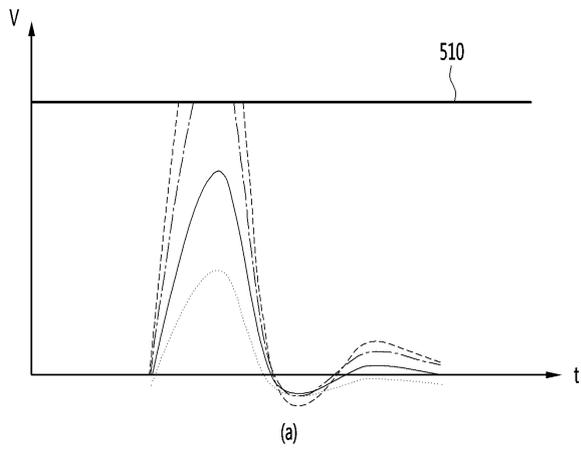


(a)

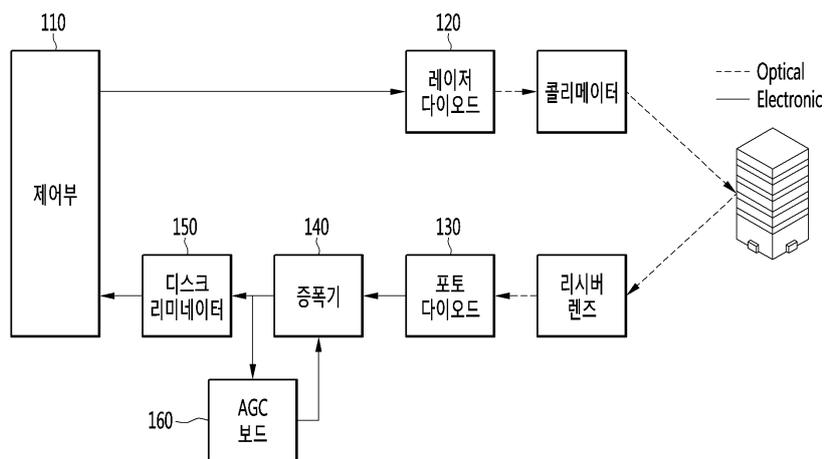


(b)

도면5

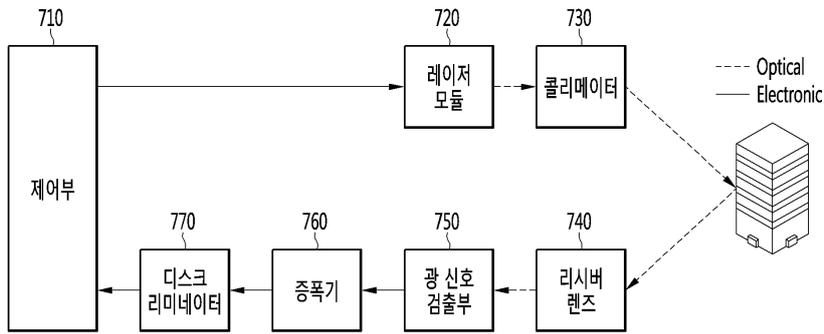


도면6

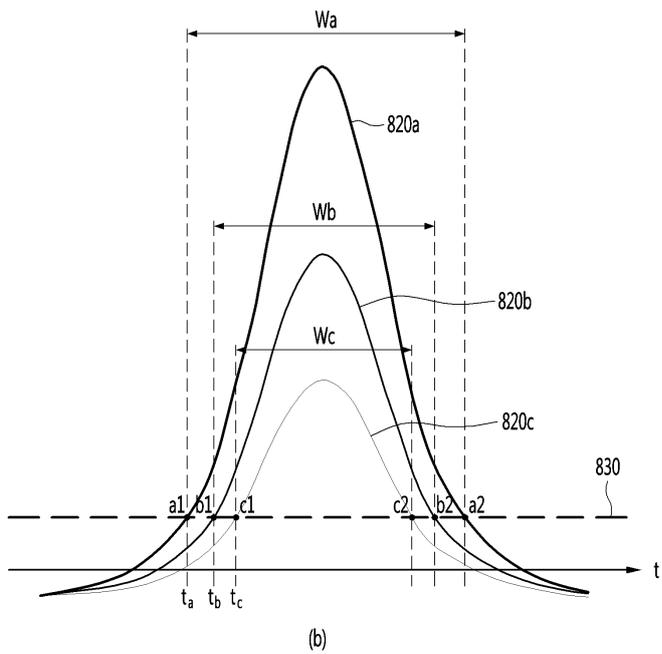
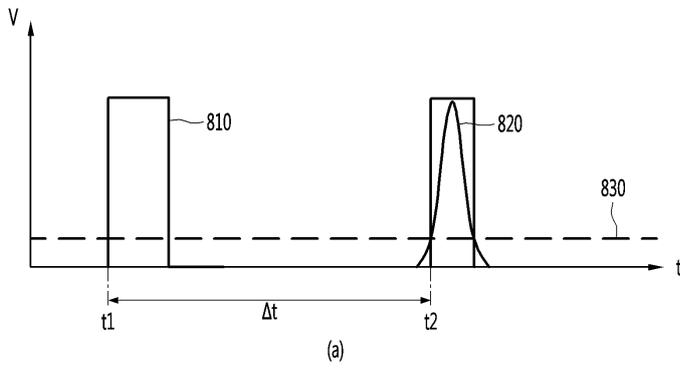


도면7

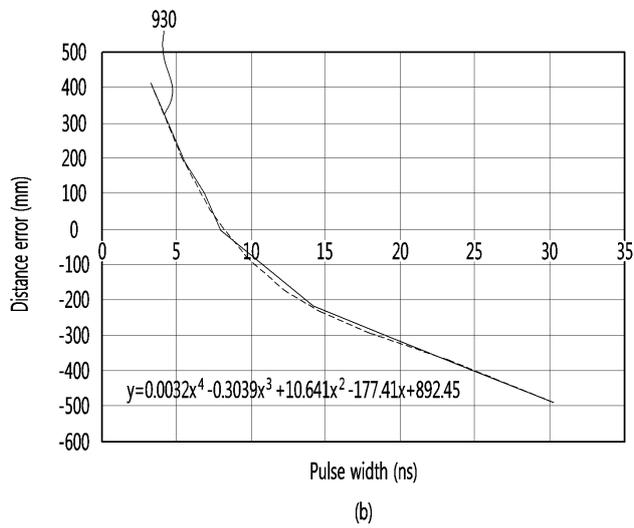
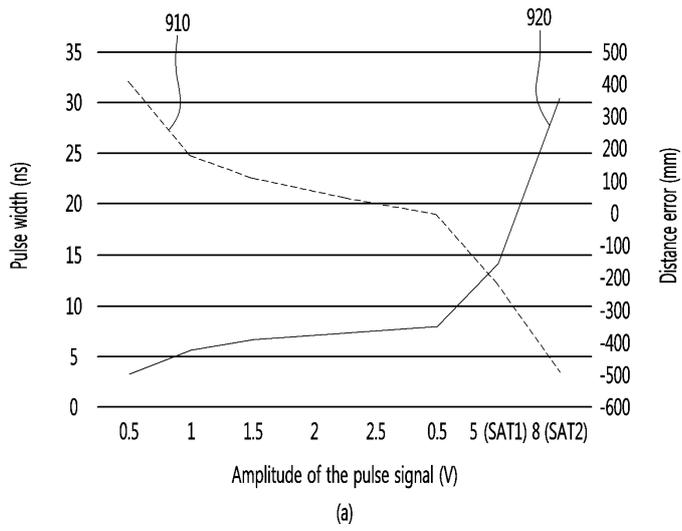
700



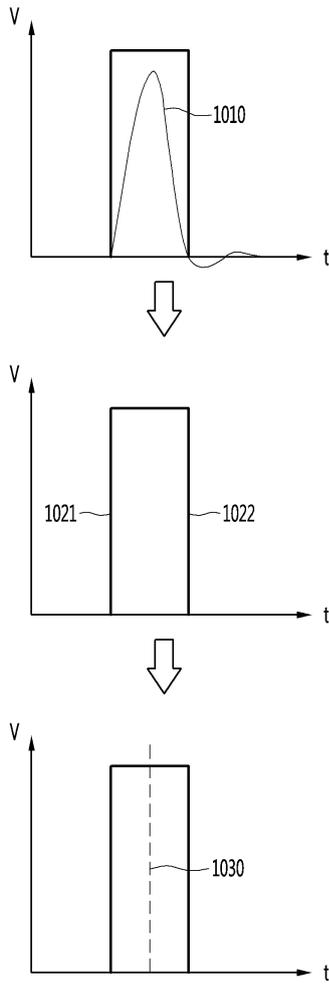
도면8



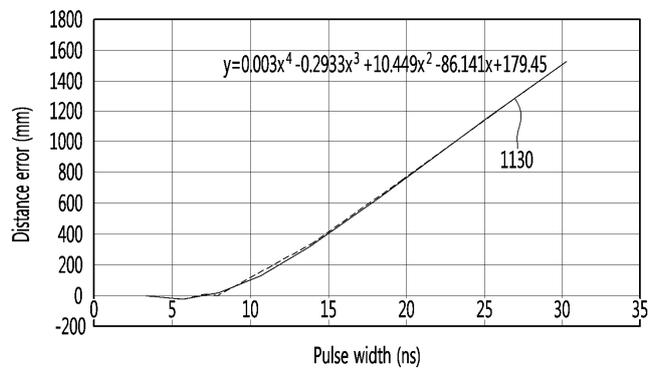
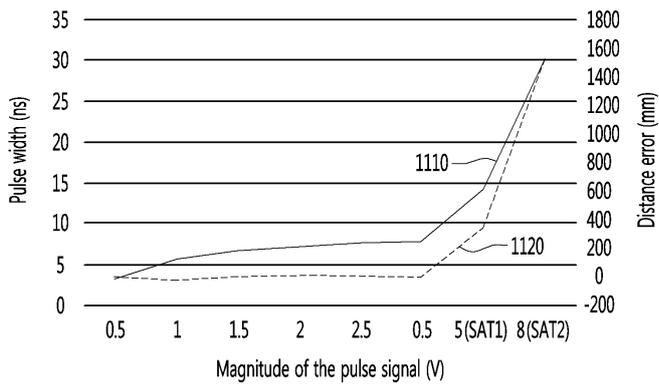
도면9



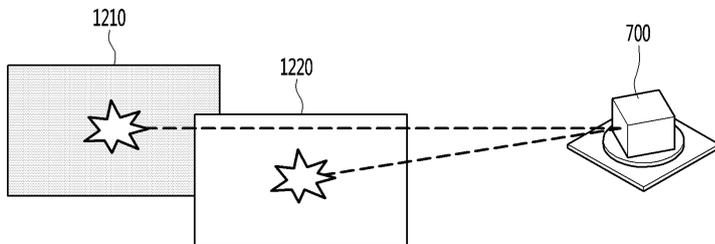
도면10



도면11



도면12



도면13

