



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월01일
 (11) 등록번호 10-1403945
 (24) 등록일자 2014년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 17/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0121893
 (22) 출원일자 2012년10월31일
 심사청구일자 2012년10월31일
 (65) 공개번호 10-2014-0056707
 (43) 공개일자 2014년05월12일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020120099115 A
 KR1020120061977 A
 KR1020110131931 A
 KR1020100115356 A

(73) 특허권자

한국 천문 연구원

대전광역시 유성구 대덕대로 776 (화암동)

(72) 발명자

방승철

서울 서초구 효령로 391, 2동 1002호 (서초동, 무지개아파트)

임형철

대전광역시 유성구 관평동 대우아파트 210동 1202호

박종욱

대전 서구 만년로 25, 110동 206호 (만년동, 강변아파트)

(74) 대리인

정희환

전체 청구항 수 : 총 5 항

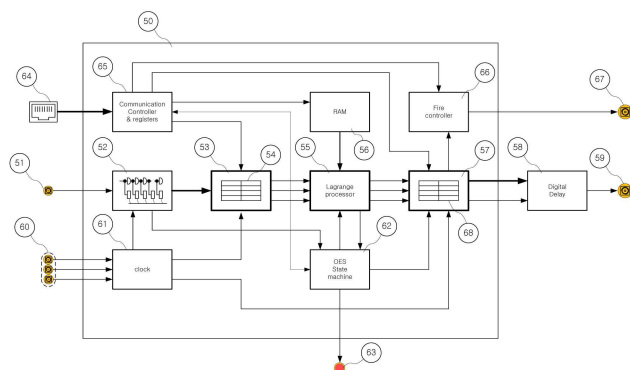
심사관 : 김기완

(54) 발명의 명칭 **레이저 추적 시스템의 광전자 제어 장치**

(57) 요약

외부로부터의 광전자 제어용 데이터가 입력되는 통신 제어부, 통신 제어부에 연결되고 위성왕복 거리가 저장되어 있는 메모리, 통신 제어부에 연결되어 있고, 레이저 발사 신호를 출력하는 레이저 발생 제어부, 레이저 출발 시각이 입력되는 신호 측정부, 신호 측정부와 통신 제어부에 연결되어 있고, 신호측정부에서 입력되는 값과 시계부를 통해 인가되는 시각을 이용하여 입력된 레이저 도착시각을 실시간으로 변환하는 실시간 변환부, 실시간 변환부와 메모리에 연결되어 있으며, 실시간 변환부에서 입력된 정확한 레이저출발 시각과 메모리에 저장되어 있는 측정하고자 하는 물체에 대한 왕복 시간을 이용하여 레이저 송출부에서 발사된 레이저가 다시 레이저 수신부로 되돌아오는 시각, 즉 레이저 도착 시각을 산출하는 라그랑지 계산부, 그리고 시각 측정부, 실시간 변환부, 레지스터부 및 지연부에 연결되어 있고, 시각 정보 출력되는 시계부를 포함한다. 이로 인해 본 발명의 특징인 광전자 제어기는 컴퓨터를 이용하지 않고 반도체 칩으로 구현하여 반도체의 신호 지연을 이용하는 정밀 시각 측정 장치의 측정 시간 오류를 보완하기 위해 변환 테이블을 이용한 오류보정 장치를 설치하여 레이저의 도착 시각을 정확하게 산출하고 예측하여 C-SPAD 게이트를 제어함으로써 위성으로부터 수신되는 정보를 정확하게 수신 할 수 있도록 하였다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

측정하고자 하는 물체에 대한 왕복 시간이 저장되어 있는 라그랑지 계산용 메모리,
 통신 제어부에 연결되어 있고, 레이저 발사 신호를 출력하는 레이저 발사 제어부,
 레이저 출발 시각이 입력되고, 상기 레이저 출발 시각의 지연 시간을 산출하여 신호 지연 정보를 생성하는 레이저 출발신호 측정부,
 GPS 위성으로부터 전송되는 시각 정보를 이용하여 시각을 출력하는 시계부,
 상기 레이저 출발 신호 측정부에 연결되어 있고, 상기 레이저 출발 신호 측정부로부터 입력되는 상기 신호 지연 정보와 상기 시계부로부터 인가되는 상기 시각을 이용하여 상기 레이저 출발신호 측정부로부터 입력된 레이저 출발 시각을 실시간으로 변환하는 레이저 출발신호 실시간 변환부, 그리고
 상기 레이저 출발신호 실시간 변환부와 상기 라그랑지 계산용 메모리에 연결되어 있으며, 상기 레이저 출발신호 실시간 변환부에 의해 실시간으로 변환된 레이저 출발 시각과 상기 라그랑지 계산용 메모리에 저장되어 있는 상기 왕복 시간을 이용하여 레이저 송출부에서 발사된 레이저가 다시 레이저 수신부로 되돌아오는 시각인 레이저 도착 시각을 산출하는 라그랑지 계산부
 를 포함하는 레이저추적 시스템의 광전자제어 장치.

청구항 2

제1항에서,
 상기 레이저 출발신호 측정부는 상기 레이저 출발 신호가 입력되면, 상기 레이저 출발 신호가 입력되었다는 상태 정보를 출력하고,
 상기 레이저추적 시스템의 광전자제어 장치는 상기 레이저 출발신호 측정부와 상기 라그랑지 계산부에 연결되어 있는 상태 제어부를 더 포함하고,
 상기 상태 제어부는 상기 레이저 출발신호 측정부로부터 상기 상태 정보가 입력되면 상기 라그랑지 계산부로 동작 시작 신호를 출력하여 상기 라그랑지 계산부의 동작이 시작되도록 하는
 레이저추적 시스템의 광전자제어 장치.

청구항 3

제1항에서,
 상기 라그랑지 계산부와 연결되어, 상기 라그랑지 계산부에서 출력되는 레이저 도착 시각을 이용해 실제 시각에 예비 C-SPAD용 게이트 신호를 생성하는 출력용 실시간 변환부, 그리고
 상기 출력용 실시간 변환부와 연결되어 있고, 상기 시계부에서 출력되는 시각을 이용하여 해당 시간에 상기 예비 C-SPAD용 게이트 신호를 수신광 검출부로 C-SPAD용 게이트 신호로서 출력하는 지연 발생부
 를 더 포함하는 레이저추적 시스템의 광전자제어 장치.

청구항 4

제1항에서,
 상기 레이저 출발신호 실시간 변환부는 불규칙한 신호 지연을 보상하기 위한 신호보완 테이블을 포함하는 레이저추적 시스템의 광전자제어 장치.

청구항 5

제2항에서,

상기 라그랑지 계산부는,
 상기 동작 시작 신호를 입력 받아 상기 라그랑지 계산부에 필요한 제어 신호를 생성하는 라그랑지 제어기,
 64비트 정수형 데이터에 대한 덧셈과 뺄셈을 수행하는 64비트 덧셈 및 뺄셈기,
 두 개의 64비트의 정수형 데이터에 대한 곱셈을 수행하여 128비트의 결과를 출력하는 64비트 곱셈기,
 128비트 정수에 대한 나눗셈을 수행하는 128비트 나눗셈기, 그리고
 상기 64비트 덧셈 및 뺄셈기 그리고 상기 64비트 곱셈기 각각의 연산결과를 가변 2진 선택방법으로 선택하는 가
 변 2진 선택기
 를 포함하는 레이저추적 시스템의 광전자제어 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 레이저 추적 시스템의 광전자 제어 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 레이저 추적 시스템은 레이저를 이용하여 위성까지 거리를 측정하는 시스템으로서, 펄스폭이 짧은 레이저를 위
 성에 발사하고 이 레이저가 발산된 발사 시간인 레이저의 출발 시각과 위성에 반사된 레이저가 수신기에 도착한
 레이저의 도착 시각을 이용하여, 위성까지의 거리를 산출한다.

[0003] 일반적으로 위성을 향해 레이저를 발사할 때, 고속의 포토다이오드(photo diode)를 이용하여 발사되는 레이저의
 출발 시각을 측정한다.

[0004] 또한, 레이저의 도착 시각을 측정하기 위해 위성에서 반사되어 오는 빛을 측정하는 수신광 검출부를 사용한다.

[0005] 하지만, 위성에서 반사되는 빛, 즉, 레이저의 세기가 약하므로, 수신광 검출부는 하나의 광자도 검출할 수 있는
 기능을 가지고 있는 C-SPAD(Compensated Single Photon Avalanche Diode)를 이용할 수 있다.

[0006] 하지만, 이 C-SPAD는 광자 검출 성능이 예민하여 위성에서 반사된 빛이 측정위치에 도착되는 시점에 맞게 게이
 트를 구동시켜 위성에서 반사된 레이저 신호를 수신하고, 이 신호의 도착 시각을 정밀하게 측정하여 위성까지의
 거리를 정확하게 산출할 수 있다.

[0007] 이러한 C-SPAD의 게이트 신호를 구동시키기 위해 레이저 추적 시스템에 포함된 광전자 제어 장치를 이용하여 레
 이저의 도착 시각을 예측한다. 광전자 제어 장치는 예측된 시점에 C-SPAD 게이트 신호를 발생시킨다.

[0008] 이때, 컴퓨터와 컴퓨터에 설치된 광전자 인터페이스 카드를 이용하여 광전자 제어장치를 구성한다. PC를 이용하
 여 위성에서 반사된 레이저의 도착 시각을 계산하고, 이 계산 결과를 광전자 인터페이스 카드에 전달한다. 광전
 자 인터페이스 카드는 이 결과를 이용하여 C-SPAD용 게이트 신호를 발생시킨다.

[0009] 이때, 광전자 인터페이스 카드를 이용하여 광전자 용 신호를 발생하므로, 컴퓨터의 중앙 처리 장치에서 위성
 에서 반사된 레이저의 도착 시각 정보는 광전자 인터페이스 카드에 형성된 슬롯(slot)을 통해 인터페이스 카드로
 전달된 후, 이 광전자 인터페이스 카드를 통해 광전자 제어신호를 발생시킨다.

[0010] 따라서, 이 광전자 인터페이스 카드를 통해 레이저 추적 시스템에서 산출된 레이저 출발 시각과 레이저 도착 시
 각 등과 같은 외부의 신호와 데이터를 컴퓨터로 전송되고, 반대로 컴퓨터의 중앙 처리 장치에서 생성된 신호
 나 데이터 역시 이 광전자 인터페이스 카드를 통해 실시간으로 전송된다.

[0011] 이 컴퓨터의 중앙 처리 장치는 광전자 인터페이스 카드를 통해 전송된 데이터를 처리한다.

[0012] 이처럼, 컴퓨터 내에 설치된 고성능의 중앙 처리 장치를 이용하여 레이저 추적 시스템의 실시간 데이터의 처리
 가 이루어져 편리성이 향상되지만, 컴퓨터와 레이저 추적 시스템간의 신호 및 데이터 전송을 위한 인터페이스
 카드가 필요하다.

[0013] 하지만, 이 인터페이스 카드는 컴퓨터의 성능 변화에 따라 전송 속도와 구성 방법이 변하고, 이에 따른 운영 시
 스템 및 개발용 소프트웨어가 변하여 현장에서 상용의 컴퓨터를 이용한 레이저 추적 시스템의 운영에 필요한 보

수 유지에 문제가 발생한다.

[0014] 고속의 신호 처리가 필요한 레이저 추적시스템에서 상용의 컴퓨터에서 사용 중인 전원 공급 장치는 레이저 추적 시스템에 불필요한 잡음을 발생시키는 문제를 야기시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 컴퓨터를 이용하지 않고 광전자 제어기를 구현하는 것이다

[0016] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 레이저의 출발 시각을 정확하게 측정하는 광전자 제어기기를 구성하는 것이다.

[0017] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 레이저의 도착 시각을 정확하게 예측하여 C-SPAD 게이트를 제어하는 광전자 제어기기를 구성하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 본 발명에 따른 광전자 제어기에 필요한 위성에서 반사된 레이저의 도착시각 예측 계산을 NDF, SOD, PSC형태의 데이터 구성과 계산기 후단에 가변 2진 선택 방식의 장치를 구성하여 정수형 계산 방식으로 라그랑지 계산을 가능하게 하여 하나의 반도체 내에 독자적 광전자 제어기의 구성하였으며, 반도체의 신호 지연을 이용하는 정밀 시각 측정 장치의 측정시간 오류를 보완하기 위해 변환 테이블을 이용한 오류보정 장치를 설치하여 레이저의 도착 시각을 정확하게 예측하여 C-SPAD 게이트를 제어하여 위성으로부터 수신되는 정보를 정확하게 수신 할 수 있도록 하였다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 특징인 광전자 제어기는 컴퓨터를 이용하지 않고 NDF, SOD, PSC형태의 데이터 구성과 계산기 후단에 가변 2진 선택 방식의 장치를 구성하여 정수형 계산 방식으로 라그랑지 계산을 가능하게 하여 하나의 반도체 내에 독자적 광전자 제어기의 구성하였으며, 반도체의 신호 지연을 이용하는 정밀 시각 측정 장치의 측정시간 오류를 보완하기 위해 변환 테이블을 이용한 오류보정 장치를 설치하여 레이저의 도착 시각을 정확하게 산출하고 예측하여 C-SPAD 게이트를 제어함으로써 위성으로부터 수신되는 정보를 정확하게 수신 할 수 있도록 하였다.

[0020] 또한 광전자 제어기 구성 시 잡음 발생이 적은 전원 공급장치를 이용하여 독립된 광전자 제어기를 구성하므로 기존의 컴퓨터에서 사용 중인 전원 공급 장치에서 발생하는 불필요한 잡음의 발생을 방지시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 레이저 추적 시스템의 블록도이다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 광전자 제어 장치의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 레이저 출발 신호 측정부의 회로도이다.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 정밀시각측정회로의 구성도이다.

도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 라그랑지 계산부의 구성도이다.

도6은 본 발명의 한 실시예에 따른 라그랑지 계산장치의 산술연산기 구성도이다.

도 7는 본 발명의 한 실시예에 따른 신호 측정부의 반도체 연결 선로의 길이 차이로 인한 신호 지연량 변화를 도시한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 한 실시예에 따른 라그랑지 제어기에서 제어신호로 출력되는 신호의 구성도이다.

도 9는 본 발명의 한 실시예에 따른 시간지연 보완 테이블 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현

될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0023] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 한 실시예에 따른 레이저 추적 시스템에 대하여 설명한다.
- [0024] 먼저, 도 1을 참고로 하여 본 발명의 한 실시예에 따른 레이저 추적 시스템은 레이저 출발 시각(START), 레이저 도착 시각(STOP) 및 시각 정보(TI)가 입력되고 레이저 발사 신호(LS)와 C-SPAD용 게이트 신호 (GATE)를 출력하는 광전자 제어부(11), 광전자 제어부(11)와 연결되어 있고 레이저 발사 신호에 따라 레이저를 발사하는 레이저 생성부(12), 레이저 생성부(12)에서 출력되는 레이저의 일부를 통과시키고 나머지는 반사시키는 미러(mirror)(M1), 미러(M1)를 통과한 레이저를 이용하여 레이저의 출발 시각, 즉 레이저 출발 시각 (start)을 출력하는 출발 레이저 검출부(13), 미러(M1)에 의해 반사된 레이저를 수신하여, 수신된 레이저를 확산하는 광확장부(14), 광확장부(14)에서 출력되는 레이저를 위성으로 송출하는 레이저 송출부(15), 위성에서 반사되는 레이저를 수신하는 레이저 수신부(16), 레이저 수신부(16)에서 수신된 레이저를 이용하여 레이저의 도착 시각, 즉, 레이저 도착 신호(stop)을 출력하는 수신광 검출부(17), 그리고 출발 레이저 검출부(13), 수신광 검출부(17) 및 광전자 제어부(11)에 연결되어 있고, 출발 레이저 검출부(30)에서 인가되는 레이저 출발 시각(start)과 수신광 검출부(17)에서 인가되는 레이저 도착 시각(stop)을 수신하고 수신된 레이저 출발 시각(START)과 레이저 도착 시각(STOP)을 광전자 제어부(11)로 출력하는 펄스 분배부(18)를 구비한다.
- [0025] 광전자 제어부(11)는 도 2에 도시한 것처럼, 외부로부터의 광전자 제어용 데이터가 입력되는 통신 제어부(65), 통신 제어부(65)에 연결되어있는 라그랑지 계산용 메모리(56), 통신 제어부(65)에 연결되어 있고 레이저 발사 신호(LS)를 출력하는 레이저 발사 제어부(66), 레이저 출발 시각(START)이 입력되는 레이저 출발 신호 측정부(52), 레이저 출발 신호 측정부(52)와 통신 제어부(65)에 연결되어 있는 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53), 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53)와 라그랑지 계산용 메모리(56)에 연결되어 있는 라그랑지 계산부(55), 통신 제어부(65), 레이저 출발 신호 측정부(52) 및 라그랑지 계산부(55)에 연결되어 있는 상태 제어부(62), 통신 제어부(65), 레이저 발사 제어부(66), 라그랑지 계산부(55) 및 상태 제어부(62)에 연결되어 있는 출력용 실시간 변환부(57), 출력용 실시간 변환부(57)에 연결되어 있는 지연 발생기(58), 그리고 시각 정보(TI)가 입력되고 레이저 출발 신호 측정부(52), 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53), 출력용 실시간 변환부(57)에 연결되어 있는 내부 시계부(61)를 구비한다.
- [0026] 신호 측정부는 도3에 도시한 것처럼, 입력 단자로 레이저 출발 시각(START, 95)이 입력되고 직렬로 연결되어 있는 복수의 반도체 지연소자(98) 그리고 반도체 지연 소자와 병렬로 연결되어 있는 복수의 플립플롭(100)을 구비한다.
- [0027] 이때, 맨 앞에 위치하는 플립플롭(100)의 입력 단자에는 레이저 출발 시각(START)이 입력되고 나머지 플립플롭(100)의 입력단자는 각 반도체 지연소자(98)의 출력단자와 직렬 연결되어 있다.
- [0028] 모든 플립플롭(100)의 출력단자는 서로 연결되어 실시간 변환부(53)의 입력단자와 연결되고, 클럭단자 역시 서로 연결되어 클럭신호(97)가 입력된다.
- [0029] 도 5의 라그랑지 계산부(55)는 도 2의 상태 제어부(62)와 데이터 버스(DBI)에 연결되어 있는 라그랑지 제어기(76), 데이터 버스(74)에 연결되어 있는 데이터 선택기(73), 데이터 선택기(73)와 데이터 버스(74)에 연결되어 있는 64비트(64 bit) 계산기(78), 데이터 선택기(73)와 데이터 버스(74)에 연결되어 있는 128비트 나누셈기(80), 데이터 선택기(73)와 데이터 버스(74)에 연결되어 있는 누산기(81), 라그랑지 제어기(76), 64비트 계산기(78) 및 제어신호(77)에 연결되어 있는 가변 2진 선택기(79), 데이터 버스(74)와 출력용 실시간 변환부(77)와 연결되어 있는 데이터 버스(89)에 연결되어 있는 출력용 날짜변경 플래그(83), 출력용 초단위 저장용 레지스터(84), 출력용 피코초 단위 저장용 레지스터(85), 데이터 버스(74)와 데이터 선택기(73)에 연결되어 있는 중간결과 저장용 레지스터(87), 그리고 데이터 버스(74)와 데이터 선택기(73)에 연결되어 있는 계산 결과 임시 저장용 레지스터(86)를 구비한다.
- [0030] 라그랑지 제어기(76)는 라그랑지 계산부(55)의 각 구성요소에 필요한 제어 신호를 생성하여 제어신호(77)를 통해 각 해당하는 구성요소로 전송한다.
- [0031] 데이터 버스(74)에는 레이저 출발신호 실시간 변환부(53)에서 출력되는 세 종류의 데이터(iNDF, iSOD, iPSC)와 라그랑지 계산용 메모리(56)에 저장되어 있는 위성 왕복 거리가 인가되어 데이터 선택기(73)에 전달한다.
- [0032] 데이터 선택기(73)는 64비트 계산기(78)와 128비트 나누셈기(80) 및 누산기(81)로 이루어진 계산부에 각각 연결

되어 필요한 데이터의 선택에 사용된다. 계산 결과 임시 저장용 레지스터(86) 및 중간 계산 결과 저장용 레지스터(87)도 필요한 데이터의 선택을 위해 각각의 데이터 선택기를 가지고 있다. 데이터 선택기(73)는 멀티플렉서를 이용하여 구성된다.

- [0033] 이때, 중간계산 결과 저장용 레지스터 블록(86)는 라그랑지 계산에서 산출되는 8 개의 파라미터를 저장하고, 계산 결과 임시 저장용 레지스터(87)는 라그랑지 계산이 단위별 계산이 완료되면 그 결과값을 저장하고 있다.
- [0034] 64비트 계산기(78)는 64 비트의 정수형 데이터의 사칙연산(더하기, 빼기, 곱하기, 나누기)을 수행한다.
- [0035] 128비트 나눗셈기(80)는 과 128비트의 정수 데이터의 나눗셈을 수행한다.
- [0036] 누산기(81)는 64비트 계산기(78)와 128비트 나눗셈기(80)의 계산 결과를 임시로 저장한다.
- [0037] 가변 2진 선택기(79)는 64비트 계산기(78)와 128비트 나눗셈기(80)의 계산 결과에서 필요한 자릿수를 선택한 후 데이터 버스(DB2)로 전송한다.
- [0038] 먼저, 도 1 및 도2를 참고하여 레이저 추적 시스템의 전체적인 동작에 대하여 설명한다.
- [0039] 광전자 제어기(11)에서 통신 제어부(65)의 명령을 받으면 레이저 발사 제어부(66)는 레이저 발사 신호(LS)를 레이저 생성부(12)로 출력한다. 레이저 생성부(12)는 레이저 발사 신호(LS)의 인가에 따라 레이저빔을 생성하여 미러(M1)쪽으로 출력한다. 미러(M1)쪽으로 반사된 레이저 빔은 미러(M1)에 의해 일부는 반사되어 광 확장부(14) 쪽으로 인가되고 나머지는 미러(M1)를 통과하여 출발 레이저 검출부(13) 쪽으로 인가된다.
- [0040] 출발 레이저 검출부(13)는 인가되는 레이저빔을 전기 신호로 변환하여, 레이저 출발 신호(start)을 생성하여 펄스 분배부(18)로 출력한다.
- [0041] 또한, 미러(M1)에 의해 반사된 레이저빔은 광확장기를 구비한 광확장부(14)에 의해 레이저빔의 직경, 즉 빛의 직경이 증가되어 레이저 송출부(15)로 전달(12)된다.
- [0042] 레이저 송출부(15)는 적어도 하나이상의 미러와 렌즈로 이루어져 있는 광 송신 광학계로서, 인가되는 레이저빔을 위성으로 발사한다.
- [0043] 위성으로 발사된 레이저빔은 위성에 장착된 반사경(도시하지 않음)에 의해 다시 발사지점으로 반사된다.
- [0044] 따라서, 위성의 반사경에 의해 반사된 레이저빔은 레이저 수신부(16)로 인가된다.
- [0045] 레이저 수신부(16)는 적어도 하나 이상의 미러와 렌즈로 이루어져 있는 수신 광학계로서, 위성에서 반사되어 되 돌아오는 레이저빔은 레이저 수신부(16)에 의해 집광되어 수신광 검출부(17)로 출력된다.
- [0046] 본 실시예에서, 수신광 검출부(17)는 C-SPAD(Compensated version of Single-photon Avalanche Diode) 로 이루어져 있다.
- [0047] 이때, 광전자 제어부(11)로부터 C-SPAD용 게이트 신호(GATE)가 인가되면, 수신광 검출부(17)의 C-SPAD 게이트가 열리게 되고, 레이저가 수신되면, C-SPAD의 게이트는 닫히게 된다.
- [0048] 따라서, 게이트가 닫히게 되면 레이저 수신부(16)로부터 전송되는 레이저빔의 수신에 더이상 이루어지지 않게 된다.
- [0049] 이로 인해, 수신광 검출부(17)는 C-SPAD용 게이트 신호(GATE)가 인가되는 동안에만 레이저 수신부(16)로부터 수신된 레이저빔을 검출하고 이를 전기 신호로 변환하여, 레이저 도착 시각(stop)을 생성하여 펄스 분배부(18)로 출력한다.
- [0050] 이처럼, C-SPAD용 게이트 신호(GATE)는 수신광 검출부(17)에서 레이저빔이 수신되는 부분의 문을 열거나 닫는 동작을 제어하므로, 수신광 검출부(17)의 게이트 제어 신호일 수 있다.
- [0051] 이미 설명한 것처럼, 수신광 검출부(17)는 하나의 광자도 검출할 수 있을 정도의 매우 뛰어난 수신 감도를 갖고 있는 C-SPAD를 이용하지만, 광전자 제어기(11)로부터 인가되는 C-SPAD용 게이트 신호(GATE)를 제어하여 원하는 시점에만 C-SPAD의 게이트를 열어 수신광을 검출한다.
- [0052] 이로 인해, 불필요한 주변 광을 수신하여 레이저 도착 시각(stop)의 정확도가 감소되는 문제를 방지한다.
- [0053] 펄스 분배부(18)는 출발 레이저 검출부(13)와 수신광 검출부(17)에게 각각 출력되는 레이저 출발 신호(start)와 레이저 도착 시각(stop)을 입력 받아 신호를 분배한 후, 이들 레이저 출발 시각(START)와 레이저 도착 시각

(STOP)을 광전자 제어부(11)로 출력한다.

- [0054] 다음, 도2를 참고로 하여, 레이저 출발 신호(START)을 입력받아 수신광 검출부(17)의 동작을 제어하여 C-SPAD용 게이트 신호(GATE)를 출력하는 광전자 제어부(11)의 동작을 설명한다.
- [0055] 광전자 제어부(11)는 도 1 및 도 2에 도시한 것처럼, 펄스 분배부(18)로부터 전송되는 레이저 출발 시각(START)와 시간 정보(TI)를 입력 받는다.
- [0056] 이 시각 정보(TI)는 GPS(global positioning system) 위성에서 전송되는 시각 정보를 수신한다.
- [0057] 광전자 제어부(11)의 동작이 시작되기전에, 광전자 제어기(11)의 통신 제어부(65)는 단자를 통해 레이저추적장치의 중앙처리장치로부터 인가되는 레이저 발사명령을 수신받고, 수신된 정보를 라그랑지 계산용 메모리(56)와 출력용 실시간 변환 테이블(68)에 저장한다.
- [0058] 이때, 라그랑지 계산용 메모리(56)에는 라그랑지 계산을 위해 해당 위성까지의 왕복 거리(이하, '위성 왕복 거리'라 함)와 왕복 시간이 저장되고, 출력용 실시간 변환 테이블(68)에는 동작에 필요한 다양한 파라미터(parameter)가 저장된다.
- [0059] 통신 제어부(65)의 동작에 의해 라그랑지 계산용 메모리(56)와 출력용 실시간 변환부(57)에 해당하는 데이터의 저장 동작, 즉, 쓰기 동작이 완료되면, 레이저 발사 제어부(66)에서 레이저 발사를 위한 신호인 레이저 발사 신호(LS)가 레이저 발사 제어부(66)에서 생성되어 단자(67)를 통해 출력된다.
- [0060] 따라서, 이 레이저 발사 신호(LS)는 단자(67)를 통해 레이저 생성부(12)로 인가되고, 이로 인해, 레이저 생성부(12)는 레이저빔을 미러(M1) 쪽으로 출력한다.
- [0061] 따라서, 이미 설명한 것처럼(M1)와 출발 레이저 검출부(13)의 동작을 통해 출발 레이저 검출부(13)에서 생성된 레이저 출발 신호(START)가 펄스 분배부(18)를 통해 출력되면, 이 레이저 출발 신호(START)은 광전자 제어부(11)의 레이저 출발 신호 측정부(52)로 인가된다.
- [0062] 레이저 출발 신호 측정부(52)는 신호 입력단(51)에서 인가되는 반도체 소자의 신호 지연 및 정밀 신호 측정용 클럭을 기준시간으로 이용하여, 이 기준 클럭에 대한 입력 신호인 레이저 출발 시각(START)의 지연 시간을 산출하여 신호 지연 정보로 생성한다.
- [0063] 레이저 출발 신호 측정부(52)에 의해 측정된 신호 지연 정보는 실시간 변환부(53)로 전달한다,
- [0064] 또한, 레이저 출발 신호 측정부(52)는 레이저 출발신호(START)이 입력되면, 이 레이저 출발 신호(START)이 입력되었다는 상태 정보를 상태 제어부(62)로 출력한다.
- [0065] 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53)는 신호 측정부(52)에서 입력되는 신호 지연 정보, 지연값과 내부시계부(61)를 통해 인가되는 정밀 시각을 이용하여, 입력된 레이저 출발 시각(start)을 실시간으로 변환한다.
- [0066] 내부 시계부(61)에서 출력되는 정밀 시각은 GPS 위성으로부터 전송되는 시각 정보(TI)를 이용한다.
- [0067] 이때, 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53)는 입력 신호가 반도체의 신호 지연을 이용한 방법에서 각 소자 및 선로의 신호지연 값이 일정하지 않은 것을 보완하기 위해, 보완 테이블(64)을 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53)내의 레이저 출발 신호용 변환 테이블(54)을 구비하고 있다.
- [0068] 이로 인해, 실시간 변환부(53)는 GPS 위성으로부터 전달되는 시각정보뿐만 아니라 별도로 마련되어 있는 보완 테이블을 이용하여, 레이저 출발 신호 측정부(52)에 의해 산출된 신호 지연 정보에 해당하는 시각만큼 지연된 레이저 출력 시각을 현재 시각으로 정확하고 정밀하게 보상한다.
- [0069] 신호 지연차이에 대한 오차보정 방법은 도3 및 도4의 설명에서 자세히 나타낸다.
- [0070] 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53)에 의해 신호 지연으로 인해 발생하는 레이저 출발신호(START)에 대한 시각 오차가 보상되어 정확한 레이저 출발 시각이 산출되면, 이 레이저 출발 시각정보는 라그랑지 계산부(55)로 입력된다.
- [0071] 라그랑지 계산부(55)는 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53)에서 입력된 정확한 레이저출발 시각(START)과 라그랑지 계산용 메모리(56)에 저장되어 있는 측정하고자 하는 물체(예를 들어, 위성)에 대한 왕복 시간을 이용하여 레이저 추적 시스템의 레이저 송출부(15)에서 발사된 레이저가 다시 레이저 수신부(16)로 되돌아오는 시각, 즉, 예비 C-SPAD의 게이트(GATE')를 산출한다.

- [0072] 이러한 라그랑지 계산부(55)의 동작은 도5 및 도 6의 설명부에서 상세히 나타낸다.
- [0073] 출력용 실시각 변환부(53)는 라그랑지 계산부(55)에서 산출되어 출력되는 레이저 도착 시각 정보를 이용하여 실제 정확한 시각에 예비 C-SPAD용 게이트 신호(GATE')를 생성한다. 출력용 실시각 변환부(57)에서 출력되는 C-SPAD용 게이트(GATE)는 지연발생기(58)로 인가되고, 지연부(57)는 내부 시계부(61)에서 출력되는 정밀 시각을 이용하여 실제 정확한 시각에 C-SPAD 용 게이트 신호(GATE)를 출력한다.
- [0074] 상태 제어부(62)는 레이저 출발 신호 측정부(52)로부터 레이저 출발 시각(START)이 입력되었다는 상태 정보가 입력되면, 레이저 출발 시각(START)이 입력된 상태로 판정하고, 라그랑지 계산부(55)로 동작 시작 신호를 출력하여 라그랑지 계산부(55)의 동작이 시작되도록 한다.
- [0075] 또한, 라그랑지 계산부(55)는 자신의 동작, 예비 C-SPAD 용 게이트 신호(GATE') 산출 동작이 완료되면, 라그랑지 계산부(55)는 동작 완료 상태 정보를 생성하여 상태 제어부(62)로 출력한다.
- [0076] 따라서, 상태 제어부(62)는 라그랑지 계산부(55)로부터 동작 완료 상태가 입력된 이후 출력용 실시각 변환부(57)로 동작 시작 신호를 출력하여, 출력용 실시각 변환부(57)의 동작이 시작되도록 한다.
- [0077] 이로 인해, 라그랑지 계산부(55)와 출력용 실시각 변환부(57)는 상태 제어부(62)에 의해 동작 시점이 정해진다.
- [0078] 이때, 상태 제어부(62)는 레이저 출발 시각(START)가 입력된 상태를 나타내는 상태 정보와 라그랑지 계산부와 동작이 완료된 상태를 나타내는 상태 정보가 각각 입력된 각각 정해진 설정 시간 이후에 라그랑지 계산부(55)와 출력용 실시각 변환부(57)로 동작 시작 신호를 각각 출력할 수 있다.
- [0079] 또한, 필요에 따라 상태 제어부(62)에 LED(Light Emitting Diode)등과 같은 표시 장치를 연결되어 현재 광전자 제어기(11)의 동작 상태를 외부로 표시(63)할 수 있다.
- [0080] 도 3, 도 4 그리고 도 7을 이용하여 정밀 시각측정 방법에 대해 설명한다. 도시한 것처럼, 레이저 출발 신호 측정부(52)는 지연 소자인 복수의 반도체 지연 소자(98)와 와 복수의 플립플롭(100)을 구비하고 있다.
- [0081] 따라서, 입력된 레이저 출발 시각(START)은 두 개로 분리되어, 한 신호는 직렬로 연결된 반도체 지연 소자(98)로 인가되어 직렬로 연결된 복수의 반도체 지연 소자(98)를 거쳐 지연되고, 다른 한 신호는 병렬로 연결된 플립플롭 (100)으로 전달되어 상태가 저장된다.
- [0082] 이때, 신호의 저장은 복수의 플립플롭(100)의 각 클럭 단자로 인가되는 기준 신호의 펄스가 입력될 때마다 각 단의 반도체 지연 소자 입력되는 지연된 신호의 지연 값을 각 플립플롭의 출력단자(101)를 통해 출력된다.
- [0083] 도 3에서 각 반도체 지연 소자의 입력단자의 길이는 서로 동일하고 또한 각 플립플롭의 입력단자의 길이는 서로 동일하게 묘사되었지만, 실질적으로 이들 반도체 지연 소자와 플립플롭을 반도체로 구현할 경우, 반도체 지연 소자 사이를 연결되는 단자의 길이는 일정하지 않고 또한 인접한 플립플롭 사이를 연결하는 단자의 길이 또한 일정하지 않다.
- [0084] 따라서, 반도체 지연 소자의 개수나 플립플롭의 개수가 증가할 때, 단자 길이 차이가 증가하는 소자(즉, 논리곱 회로나 플립플롭)의 개수에 비례하지 않기 때문에, 도 7에 도시한 것처럼, 소자의 개수가 증가함에 따라 발생하는 신호 지연량은 'A' 처럼 비례적으로 증가하지 않고 'B' 처럼 불규칙적으로 증가하게 된다.
- [0085] 즉, 이론적으로 소자의 개수에 따라 'A' 처럼 신호 지연량이 일정해야 하지만, 실제로는 소자를 연결하는 단자의 길이 차이로 인해 'B' 지연량은 일정하지 않는다.
- [0086] 따라서, 본 실시예의 경우, 이러한 문제점을 해결하기 위해, 도 9에 도시한 것처럼, 이러한 단자 길이의 차이로 인해 발생하는 불규칙한 신호 지연을 보상하기 위한 보완 테이블이 실시각 변환부(54)에 구성되어 있다.
- [0087] 도 9에서, 이러한 보완 테이블은 일반적인 램(RAM, random access memory) 등과 같은 메모리로 이루어진다.
- [0088] 도 9에 도시한 것처럼, 첫 번째 블록(106)에는 측정되는 값의 범위가 저장되고, 두 번째 블록(107)에는 변환 값이 저장된다. 두 번째 블록(107)은 첫 번째 블록(106)보다 개수가 하나 적다.
- [0089] 그 이유는 두 번째 블록(107)에 저장되어 있는 데이터는 첫 번째 블록(106)의 각 데이터의 사이의 대표 값을 나타냄으로 첫 번째 블록(106)의 수보다는 적은 것이다. 즉 o1은 i1과 i2의 사이의 중간 값을 갖도록 구성되어 있다.
- [0090] 이처럼, 두 번째 블록(107)에 저장되는 값은 기기 개발 후 정밀 시간 발생장치 및 측정 장치를 이용하여 지연값

을 측정하여 얻은 값을 저장하도록 구성된다.

- [0091] 도4는 광전자 제어기 내에서 레이저 출발 신호의 시각을 정밀하게 측정하는 회로이다. 이 회로는 레이저 출발 신호 실시간 변환부(53)와 내부 시계부(61)로 구성된다.
- [0092] 내부 시계부(61)는 광전자 제어기 내에서 사용되는 정밀 시각을 제공한다. 정밀 시각을 제공하기 위해 광전자 제어기 내로 3 개의 신호선이 입력된다.
- [0093] 10Mhz 신호선(203)은 1×10^{-7} sec 의 정밀도를 가진 신호선으로 제어기 외부의 GPS 수신기 등에서 입력된다.
- [0094] 이 신호는 광전제 제어기 내의 신호의 시각 기준 신호로 사용된다. 이 신호는 내부 시계부(61) 내에서 PLL(Phase-Locked Loop, 210)을 이용하여 250MHz 신호(213)로 주파수 변환을 한다.
- [0095] 변환된 주파수는 250Mhz 신호로 4×10^{-9} sec의 정밀도를 나타낸다. 정밀시계에는 1PPS(204)와 IRIGB(205) 신호도 입력된다.
- [0096] 1PPS는 1 초 단위의 구분신호이다. 10Mhz 신호는 일정한 크기로 연속적으로 입력되는 신호로 1×10^{-7} sec까지의 정밀시각은 나타낼 수 있으나, 초 단위의 시각을 구분할 수 없으므로 1PPS를 이용하여 초 단위 시각을 나타낸다.
- [0097] IRIGB(205)는 GPS 수신기 등에서 출력된 시각정보를 가진 AM 변조된 신호로 날짜(Day), 시간(Time), 하루 중의 초(Second, SOD - Second Of Day)를 나타낸다.
- [0098] 진폭변조(AM)된 신호를 광전자 제어기 내에서 그대로 사용하기 어려움으로 광전자 제어기로 신호가 입력되기 전에 진폭변조(AM) 신호는 PWM(Pulse Width Modulation) 신호로 변화되어 광전자 제어기로 입력된다.
- [0099] 정밀시계 내의 IRIGB 디코더(212)는 PWM 변환된 IRIGB 신호에서 날짜, 시간, 하루 중의 초를 분리한다.
- [0100] 이 시각 정보는 초단위로 분리되는데, 이때 1PPS 신호를 이용하여 초단위 정보 분리를 수행 한다.
- [0101] PLL(210)에서 출력된 250Mhz 신호는 nano_clock 디코더(211)에서 4×10^{-9} sec 정밀도 정보로 복원된다.
- [0102] 레이저의 출발 신호(start)는 반도체의 신호 지연을 이용하여 출발 시각을 측정하는 레이저 출발 신호 측정부(52)로 입력된다. 기준 신호에 대해 입력신호의 지연이 측정되면 그 지연 신호들(201)은 레이저 출발 실시간 변환부(53)로 입력된다.
- [0103] 레이저 출발 실시간 변환부(53) 내의 비트카운터(205)은 기준 신호에 대한 지연 신호들의 개수를 카운트하여 신호의 디지털데이터를 생성한다.
- [0104] 신호보완 테이블(도 9)은 여러 번의 시행착오를 거쳐 얻은 정밀한 변환 값을 저장하는 메모리이다. 이 변화 값을 얻기 위해 본 회로를 구성한 후 정밀 신호 발생 장치를 이용하여 신호를 발생하고, 이를 본 회로를 통해 시각 측정을 수행하면서 신호와 본 장치의 차이를 수치화하여 이 값을 구한다.
- [0105] 이 값을 다시 신호보완 테이블에 저장하여 실시간 입력되는 레이저의 출발 신호의 차이를 보완하는 방법이다.
- [0106] 출발 레이저의 실시간 복원은 출발 레이저의 인지 신호인 signal_in(202)에 의해 시작된다.
- [0107] 이 신호가 입력되면 보완테이블 메모리의 주소 발생기(207)에서 첫 번째 주소를 발생 시킨다.
- [0108] 이 주소는 보완 테이블의 첫 번째 메모리 데이터를 출력 시킨다. 이 값과 비트카운터(205)의 출력이 디지털화된 지연신호의 개수와 비교한다. 비교한 값이 지연 개수가 보완 테이블의 어드레스를 증가 시켜 다음 보완 테이블의 값을 비교한다.
- [0109] 보완 테이블의 값이 지연 신호의 개수보다 클 때, 비교는 정지되고 이때의 주소값은 2×10^{-10} 0sec 의 정밀도를 나타내는 값이 된다. 출발레이저 시각 구성기(208)은 정밀시계의 시각 정보인 날짜, 시간, 하루 중의 초 정보, 4×10^{-9} sec 의 정밀도 신호와 보완 테이블의 주소인 2×10^{-10} sec 정밀도 시각 정보를 이용하여 최종 출발 레이저의 정밀 시각 정보(209)를 생성한다.

- [0110] 이하, 도2 및 도5를 참고로 하여 라그랑지 계산부의 동작을 설명한다.
- [0111] 먼저, 상태 제어부(62)로부터 라그랑지 계산부(55)의 동작을 위한 동작 시작 신호(70)가 라그랑지 계산부(55)로 인가되면, 먼저, 라그랑지 제어기(76)는 라그랑지 계산부(55)에 필요한 제어 신호(도8의 신호들) 등을 생성하고 제어신호(77)를 통해 해당하는 구성요소로 각각 출력한다.
- [0112] 라그랑지 제어기(76)에서 출력되는 제어 신호의 포맷은 도 8에 도시한 것과 같다.
- [0113] 도8에서, 라그랑지 제어기(76)에서 출력되는 제어 신호의 포맷은 도 7처럼 3비트의 ALU_MODE(110), 2비트의 ALU_Ain(111), 3비트의 ALU_Bin_src(112), 4비트의 ALU_Bin_reg(113), 2비트의 ALU_out(114), 3비트의 ALU_out_reg(115) 및 3비트의 ALU_out_shift(116)으로 이루어질 수 있다.
- [0114] ALU_MODE(110)은 라그랑지 계산부 내에 64비트 계산기(78)와 128비트 나눗셈기(80)의 동작을 지정하는 코드이다.
- [0115] ALU_Ain(111)은 64비트 계산기(78)의 A 입력 포트에 입력되는 데이터를 선택하기 위한 선택기용 신호이다.
- [0116] ALU_Bin(112)은 64비트 계산기(78)의 B 입력 포트에 입력되는 데이터를 선택하기 위한 선택기용 신호로서, 여러 데이터 블록(도5의 71,72,81,86,87) 중 하나를 선택하기 위한 코드이다.
- [0117] ALU_Bin_reg(113)은 선택된 블록에서 하위 레지스터를 선택하기 위한 코드이다.
- [0118] ALU_out(114)는 출력되는 데이터가 도착할 블록(도5의 71,72,81,86,87) 중 하나를 선택하는 코드이다.
- [0119] ALU_out_reg(115)는 선택된 블록에서 하위 레지스터를 선택하기 위한 코드이다.
- [0120] ALU_out_shift(116)은 계산 후 계산 결과에서 필요한 자리수만큼을 선택하기 위한 코드로 가변 2진 선택기(79)로 전달되는 코드이다.
- [0121] 라그랑지 계산부(55) 내의 라그랑지 제어기(76)에서 필요한 계산에 따라 적당한 코드를 출력하여 라그랑지 계산을 수행하도록 구성되었다.
- [0122] 레이저 출발 신호 실시각 변환부(54)에서 출력되는 레이저 출발 시각(START)은 세 가지 종류(iNDF[64], iSOD[63:43], iPSC[42:0])로 나뉘어 입력된다.
- [0123] 이때, 이미 설명한 것처럼, iNDF는 날짜의 변경을 나타내는 플래그이다.
- [0124] 본 실시예에 다른 레이저 추적 시스템은 표준 시각, 즉 GPS 위성으로부터 전송되는 시각 정보(TI)에 동기되어 동작하는 장치이다.
- [0125] 날짜가 변경될 때 레이저 추적 시스템이 동작될 수 있다.
- [0126] 이때, 종래에는, 광전자 제어부를 정지시킨 후, 날짜 변경에 따른 각종 파라미터를 변경한 후 레이저 추적 시스템을 다시 가동시켜야 한다.
- [0127] 하지만, 본 실시예의 경우, 날짜가 변경되는 시점의 데이터에 iNDF 플래그를 지정함으로써 기기에서 자동으로 날짜 변경에 따른 시각 정보를 생성하도록 구성 하였다.
- [0128] iSOD는 하루 중의 초(second)를 나타내는 데이터로 광전자 제어장치(10) 내의 시계부(60)에서 생성된다.
- [0129] iPSC는 초 단위 이하 1×10^{-12} 초의 정밀도를 가진 정보로 피코초 단위 측정용 시계(208)를 이용하여 생성한다.
- [0130] 또한 메모리(54)로부터 인가되는 위성 왕복 거리는 D-reg[63:0]포트(72)로 입력된다.
- [0131] 이들 세 종류의 신호(iNDF[64], iSOD[63:43], iPSC[42:0])와 위성 왕복 거리는 데이터 버스(74)에 실려 계산기와 레지스터와 같은 해당하는 구성요소로 전달된다.
- [0132] 일반적으로 인공위성 또는 달까지의 거리를 [ps] 단위의 데이터로 처리하기 위해서는 64비트 부동소수점 방식의 계산이 필요하나, 64비트 단위의 부동소수점 계산은 이를 수행하는 회로의 구조가 복잡하고 계산 시간이 많이 걸린다.
- [0133] 하지만, 본 실시예의 경우, 정수형으로 데이터를 변환 했으며, 가변 2진 선택기(79)는 부동 소수점 방식을 이용 하지 않고정수형 데이터 방식을 이용하므로, 64비트 계산기(78)와 128비트 나눗셈기(80)의 계산 결과에서 필요

한 자리수를 선택하고, 이로 인해, 계산 시간이 크게 줄어들고, 구조가 간단해진다.

- [0134] 가변 2진 선택기(79)를 통해 데이터 버스(74)로 전송되는 64비트 계산기(78)와 128비트 나눗셈기(80)의 계산 결과는 누산기(81)에 임시로 저장된다.
- [0135] 내부의 계산이 완료되면 계산 결과는 다시 oNDF(83), oSOD(84), oPSC(85)로 나뉘어 외부(89)로 출력된다. 출력이 완료되면 계산이 완료 됐다는 신호(88)를 라그랑지 계산 장치 외부로 출력한다.
- [0136] 도 6은 라그랑지 계산 장치에서 산술 연산기 구성도이다. 이 블록은 라그랑지 계산 장치에서 정수형 산술연산을 수행한다.
- [0137] 산술 연산기는 3개의 하위 블록인 64비트 사칙 연산블록(78), 128비트 나눗셈기(80) 그리고 가변 2진 선택기(79)로 구성된다. 64 비트 사칙 연산 블록(78)은 3개의 연산기(137,138,139)와 신호 흐름 제어기(134)와 2개의 레지스터(135,136)로 구성된다.
- [0138] 덧셈 및 뺄셈기(137)은 64 비트의 정수형 데이터에 대한 덧셈과 뺄셈을 수행한다. 두 개의 64비트 정수형 데이터 입력에 대한 산술 연산을 수행한 후 64비트의 결과를 출력한다.
- [0139] 곱셈기(138)는 64비트의 정수형 데이터에 대한 곱셈을 수행한다. 두 개의 64비트 정수형 데이터 입력에 대한 산술 연산을 수행한 후 128비트의 결과를 출력한다. 나눗셈기(139)는 64 비트의 정수형 데이터에 대한 나눗셈을 수행한다.
- [0140] 두 개의 64비트 정수형 데이터 입력에 대한 산술연산을 수행한 후 결과로 64비트의 몫과 64비트의 나머지를 출력한다. 64비트의 산술 연산을 수행하기 전 두 개의 정수는 각각의 64비트 레지스터인 A_reg(135)와 B_reg(136)에 저장된다.
- [0141] 저장이 완료되고 산술연산 시작 명령(130)이 인가되면 산술 연산을 시작한다. 산술 연산이 완료되면 계산기 지연 회로(134)에서 산술 연산 완료 신호(147)을 출력한다.
- [0142] 128비트 나눗셈기(80)은 라그랑지 계수 계산 시 사용되는 연산기이다. 64비트 나눗셈기(139)를 이용한 라그랑지 계수 계산에서 오차가 크게 발생하므로 이를 보완하기 위해 128비트 나눗셈기를 별도로 구성하여 오차를 최소화 했다.
- [0143] 128비트 나눗셈기는 128비트 쉬프트 레지스터 및 뺄셈기(140)과 분모용 64비트 레지스터(141)로 구성된다.
- [0144] 가변 2진 선택기(79)는 전단의 사칙 연산블록의 결과를 2진 선택 방법으로 결과를 취한다. 일반적인 연산에서는 계산 시 10의 배수로 곱하거나 나누는데, 10의 배수를 반도체내에서 그대로 처리하기 어려운 문제가 있다.
- [0145] 본 발명은 입력되는 데이터의 계산을 시작할 때 입력 값에 2^{40} 인 1099511627776을 곱하여 정수형으로 데이터를 만든 후 계산이 완료되면 결과를 취할 때 계산 전에 곱해진 2^{40} 을 나누는 방법으로 계산을 간략화 하였다.
- [0146] 2진 나눗셈은 선택기(142,143)을 이용한다. 선택기를 이용한 2진 나눗셈은 간단한 회로로 고속의 나눗셈을 할 수 있는 장점이 있다.
- [0147] 선택기의 구성에서 전단에서 곱해진 2^{40} 을 한 번에 나누는 것이 아니라 계산으로 인한 손실을 최소화하기 위해 덧셈 및 뺄셈기(137)의 결과는 2 단계([63:0],[0,63:15]/32768)의 선택기로 구성하였고, 곱셈기의 결과는 4단계([63:0],[103:40]/1099511627776,[86:25]/33554432,[78:15]/32768)의 선택기로 구성하였다.
- [0148] 구성된 여러 개의 2진 나눗셈에서 필요한 선택기는 계산 시 손실을 최소한 하는 방법으로 선택된다. 계산이 완료되면 연산 선택기(144)에서 결과를 선택한 후에 결과 저장용 레지스터(145,146)에 저장한다. 사칙연산의 결과는 N_reg(145)에 저장되고 나눗셈기(139)의 계산 결과 중 나머지는 Q_reg(146)에 저장된다.
- [0149] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

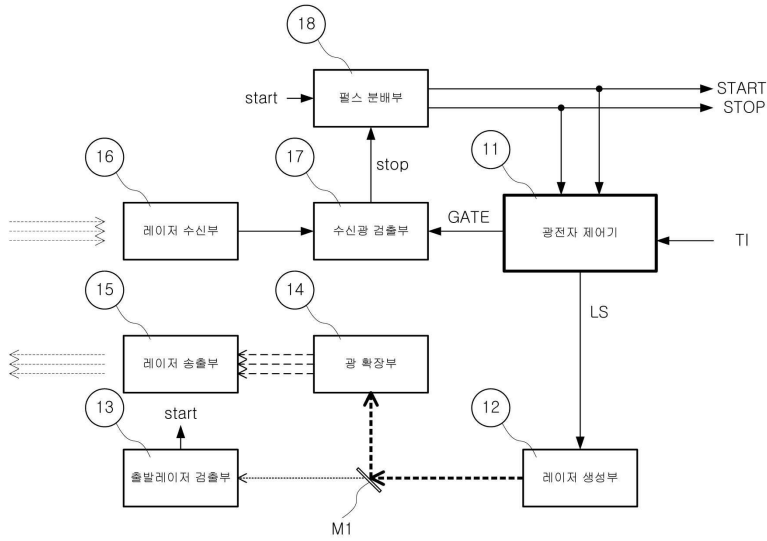
부호의 설명

- [0150]
- 11: 광전자 제어부
 - 12: 레이저 생성부
 - 13: 출발 레이저 검출부
 - 14: 광 확장부
 - 15: 레이저 송출부
 - 16: 레이저 수신부
 - 17: 수신광 검출부
 - 18: 펄스 분배부
 - M1: 미러
 - 50: 일체형 광전자 제어기
 - 52: 레이저 출발 신호 측정부
 - 53: 레이저 출발 신호 실시간 변환부
 - 54: 레이저 출발 신호용 변환테이블
 - 55: 라그랑제 계산부
 - 56: 라그랑지 계산용 메모리
 - 57: 출력용 실시간 변환부
 - 58: 지연 발생기
 - 61: 내부 시계부
 - 62: 상태 제어부
 - 65: 통신 제어부
 - 66: 레이저 발사 제어부
 - 68: 출력용 실시간 변환 테이블
 - 73: 제1 데이터선택기 블록
 - 74: 데이터버스(DB1)
 - 76: 라그랑지 제어기
 - 77: 제어신호(CT1)
 - 78: 64비트 계산기
 - 79: 가변 이진 선택기
 - 80: 128비트 나눗셈기
 - 81: 누산기
 - 82: 제2데이터 선택기
 - 83: 출력용 날짜변경 플래그
 - 84: 출력용 초 단위 저장용 레지스터
 - 85: 출력용 피코초 단위 저장용 레지스터
 - 86: 계산 결과 임시 저장용 레지스터
 - 87: 중간계산 결과 저장용 레지스터 블록
 - 98, 99: 반도체 지연소자
 - 100: 플립플롭
 - 101: 플립플롭 출력단자
 - 134: 계산기 지연회로
 - 135, 136: 계산을 위한 데이터 저장용 레지스터
 - 137: 64비트 덧셈 및 뺄셈기
 - 138: 64비트 곱셈기
 - 139: 64비트 나눗셈기
 - 140: 128비트 쉬프트 레지스터 및 뺄셈기
 - 141: 64비트 레지스터
 - 142: 덧셈 결과 2진 선택기
 - 143: 곱셈 결과 2진 선택기
 - 144: 연산 결과 선택기
 - 145: 계산 결과 저장용 레지스터
 - 146: 나눗셈 결과인 나머지 저장용 레지스터
 - 205: 비트카운터
 - 206: 비교기
 - 207: 주소발생기
 - 208: 피코초 단위 측정용 시계
 - 210: PLL

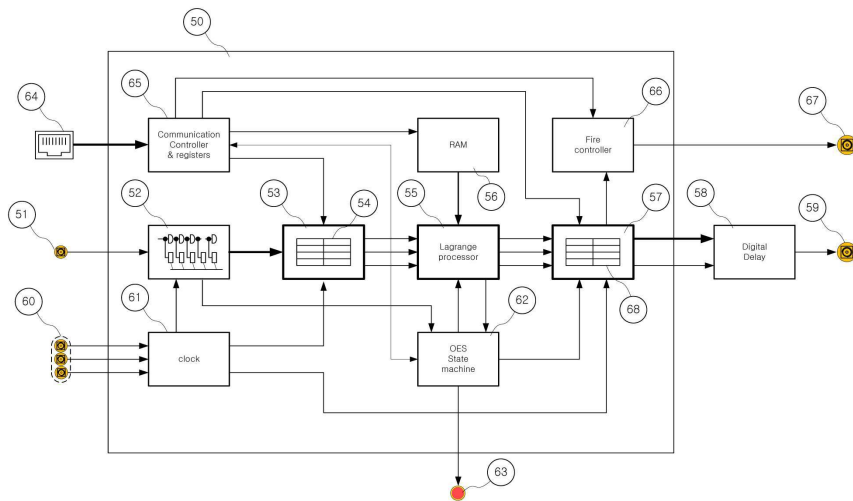
211: 나노초 단위 측정용 시계 212: IRIGB 디코더

도면

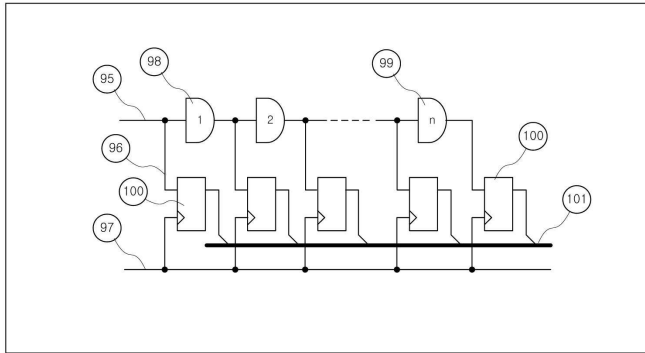
도면1



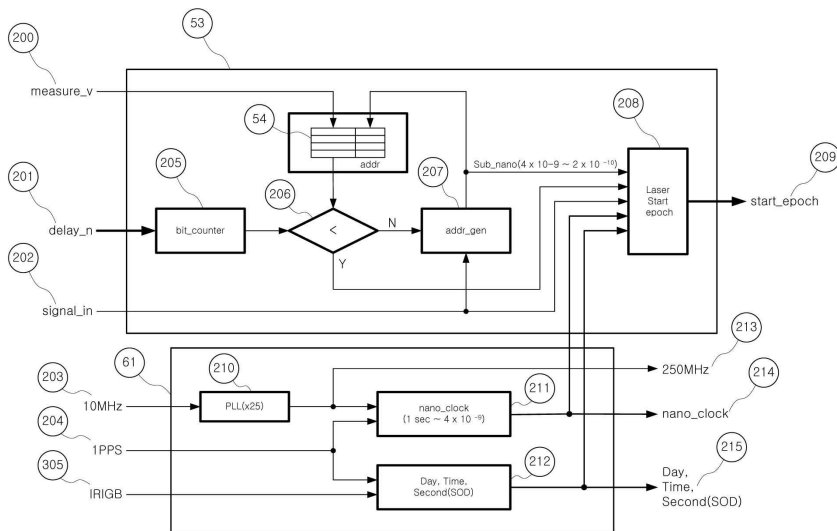
도면2



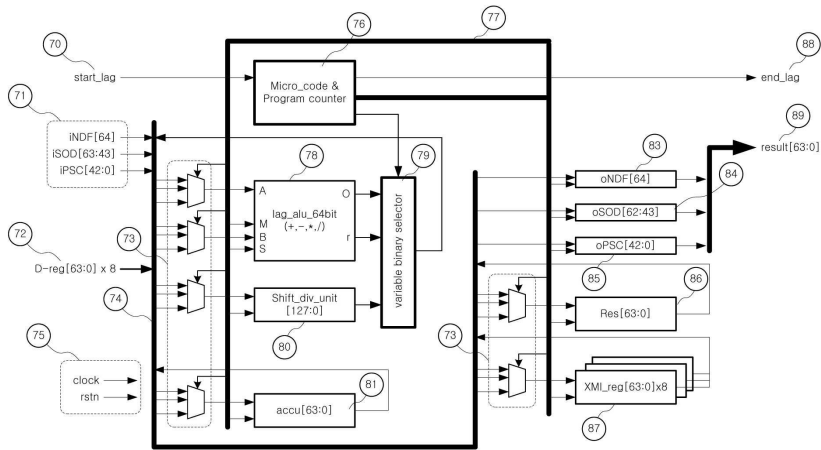
도면3



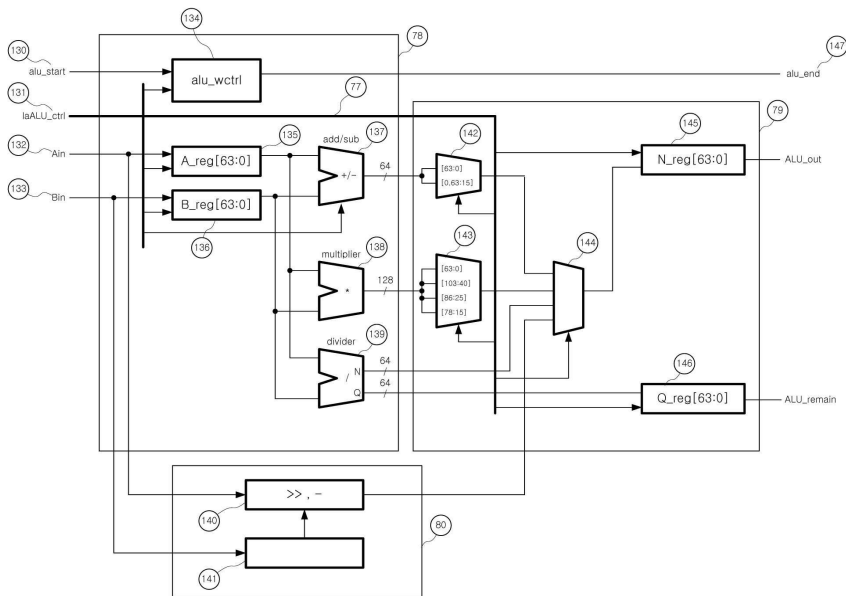
도면4



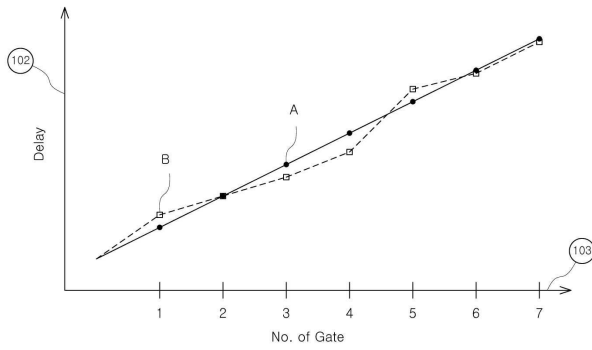
도면5



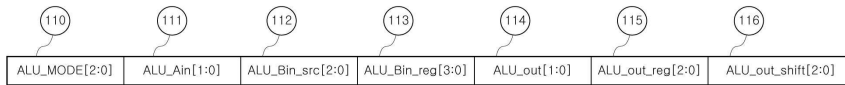
도면6



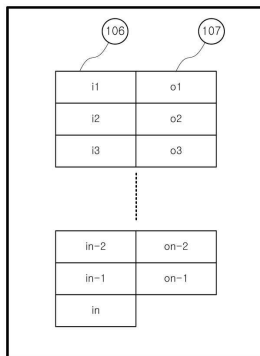
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

상기 통신 제어부에 연결되어 있고

【변경후】

통신 제어부에 연결되어 있고