(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월08일
(11) 등록번호 10-2793548
(24) 등록일자 2025년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 17/89 (2020.01) *G01S 17/08* (2006.01)
G01S 17/42 (2006.01) *G01S 7/481* (2006.01)
G01S 7/486 (2020.01) *G01S 7/489* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 17/89 (2022.01)
G01S 17/08 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2018-7026637
(22) 출원일자(국제) 2017년02월17일
심사청구일자 2022년02월10일
(85) 번역문제출일자 2018년09월14일
(65) 공개번호 10-2018-0114147
(43) 공개일자 2018년10월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/018415
(87) 국제공개번호 WO 2017/143217
국제공개일자 2017년08월24일
(30) 우선권주장
62/297,112 2016년02월18일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003256820 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 48 항

(73) 특허권자
에이아이, 아이엔씨.
미국, 94568 캘리포니아, 더블린, 파크 플레이스 1, 스위트 200
(72) 발명자
두산 루이스
미국, 94568 캘리포니아, 더블린, 해젤 타인 레인 5339
스테인하르트 알란
미국, 94513 캘리포니아, 브렌트우드, 맨더빌러 드라이브 526
쿡 데이빗
미국, 94583 캘리포니아, 산 라몬, 도스 리오스 드라이브 2775
(74) 대리인
강명구, 최정윤

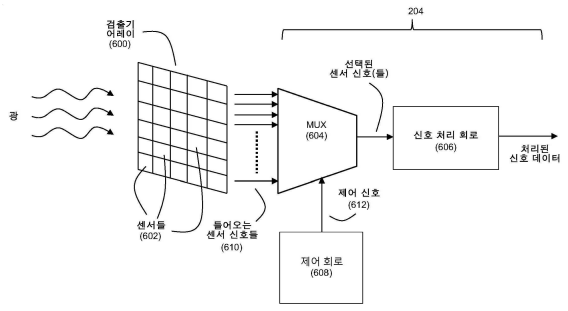
심사관 : 임일순

(54) 발명의 명칭 **적응적 레이더 수신기**

(57) 요 약

본 출원에서는 레이더 펄스 회귀의 수신을 위해 사용되는 광검출기 어레이에서의 활성 픽셀들이 레이더 펄스들이 타겟으로 삼았던 곳에 적어도 부분적으로 기초하여 적응적으로 제어될 수 있는 적응적 레이더 수신기 및 관련 방법의 다양한 실시예가 개시된다. 추가 실시예들은 수신기에 의해 사용하기 위한 개선된 이미징 광학 장치 그리고 또한 광검출기 어레이의 어느 픽셀들이 입사 광을 감지하기 위해 사용되는지를 선택하기 위한 적응적 제어 기술들을 개시한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01S 17/42 (2013.01)
G01S 7/481 (2013.01)
G01S 7/486 (2013.01)
G01S 7/489 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
JP2004157044 A*
JP2012202776 A*
JP5561839 B2*
KR1020090101773 A*
KR1020140056308 A*
US06205275 B1*
US07038608 B1*
US07436494 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(30) 우선권주장
15/430,179 2017년02월10일 미국(US)
15/430,192 2017년02월10일 미국(US)
15/430,200 2017년02월10일 미국(US)
15/430,221 2017년02월10일 미국(US)
15/430,235 2017년02월10일 미국(US)

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

레이더 시스템을 운영하기 위한 방법으로서, 상기 방법은:

레이더 송신기(102)가 타겟으로 설정할 스캔 영역 내 복수의 범위 지점을 범위 지점 축소 선택 알고리즘을 사용하여 지능적으로 선택하며, 샷 리스트(800)는 프레임 내 타겟으로 설정된 픽셀들의 순서가 정의된 리스트를 포함하는 단계를 포함하고;

상기 샷 리스트(800)에 따라 레이더 송신기의 복수의 미러를 스캔하여 레이더 송신기(102)로 선택된 범위 지점들을 타겟팅하는 단계를 포함하며;

상기 샷 리스트(800)에 따라 타겟 범위 지점을 향해 스캔 미러를 통해 복수의 레이더 펄스를 송신하는 단계를 포함하며;

복수의 검출기 픽셀들을 포함하는 광검출기 어레이(600)에 대해, 상기 레이더 펄스들이 송신되는 동안, 상기 샷 리스트(800)와 상기 광검출기 어레이(600) 내 검출기 픽셀들의 위치와 스캔 영역 내 타겟 범위 지점들의 위치 간 관계에 기초하여, 범위 처리에서 사용하기 위한 광을 감지하기 위해, 상기 샷 리스트로부터 특정 시간에 활성화될 검출기 픽셀들을 적응적으로 제어하는 단계를 포함하며,

상기 감지된 광은 선택된 범위 지점들로부터 송신된 레이더 펄스의 반사를 포함하는, 레이더 시스템 운영 방법.

청구항 36

제 35항에 있어서, 적응적으로 제어하는 단계에 의해 활성화된 검출기 픽셀들을 사용하여 송신된 레이더 펄스의 회귀 신호를 감지하며, 상기 감지는 샷 리스트와 관계에 기반한 순서에 따라 이루어지고,

감지된 회귀 신호를 처리하여 선택된 범위 지점들에 대한 거리 정보를 계산하는 단계를 포함하는,레이더 시스템 운영 방법.

청구항 37

제 35항에 있어서, 지능적으로 선택하는 단계가 레이더 송신기가 압축 감지(compressive sensing)를 제공하도록 하는, 레이더 시스템 운영 방법.

청구항 38

제 35항에 있어서, 적응적으로 제어하는 단계는 활성화된 검출기 픽셀들에 해당하는 신호를 선택하기 위해 다중화기를 제어하는 단계를 포함하며,

상기 방법은 추가적으로:

· 광검출기 어레이와 다중화기 사이에 위치한 증폭기를 통해 활성화된 검출기 픽셀들에 의해 생성된 신호를 증폭하는 단계를 포함하며, 상기 증폭기는 매칭 네트워크로 구성된 피드백 회로의 일부인 제어 피드백 루프 내에 포함되고;

제어 회로에 의해 제공되는 이득 제어기를 통해 제어 피드백 루프 내의 증폭기를 이득 제어하는 단계를 포함하는, 레이더 시스템 운영 방법.

청구항 39

제 35항에 있어서, 추가적으로 이색성 광검출기를 통해 레이더 송신기가 타겟팅된 위치에 관한 추적 신호를 광검출기 어레이에 제공하는 단계를 포함하는, 레이더 시스템 운영 방법.

청구항 40

제 35항에 있어서, 이색성 광검출기를 추가로 포함하며, 상기 레이더 송신기와 이색성 광검출기는 레이더 송신기가 타겟팅된 위치에 관한 추적 정보를 레이더 수신기에 제공하는, 레이더 시스템 운영 방법.

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

레이더 시스템으로서,

스캔 가능한 미러를 포함하는 레이더 송신기(102) - 상기 레이더 송신기(102)는 샷 리스트(800)에 따라 스캔 가능한 미러를 통해 스캔 영역 내 복수의 범위 지점을 향해 복수의 레이더 펄스를 송신하도록 구성되고, 상기 샷 리스트(800)는 레이더 펄스로 타겟팅될 스캔 영역 내 범위 지점들의 순서를 정의하며, 상기 타겟 범위 지점들은 범위 지점 축소 선택 알고리즘을 사용하여 선택됨 -;

. 어레이(600)와 어레이와 통신하는 회로를 포함하는 레이더 수신기(104)를 포함하며,

상기 어레이(600)는 복수의 광 센서를 포함하며, 상기 광 센서는 송신된 레이더 펄스가 타겟 범위 지점들로부터 반사된 것을 나타내는 광을 감지하고, 감지된 광을 나타내는 신호(610)를 생성하도록 구성되고,

상기 회로는 상기 샷 리스트(800)와 상기 광 센서의 어레이(600) 내 위치와 스캔 영역 내 타겟 범위 지점들의 위치 간 관계에 기초하여, 상기 샷 리스트로부터 서브 세트를 정의하여 특정 시간에 읽어낼 복수의 광 센서 서브 세트(1130) 중 어느 것이 활성화될지를 적응적으로 제어하도록 구성되며,

상기 활성화된 광 센서 서브 세트(1130)는 송신된 레이더 펄스가 타겟 범위 지점으로부터 반사된 것에 해당하는 감지된 광을 나타내는 신호(610)를 생성하여 타겟 범위 지점들에 대한 범위 정보를 계산하는 데 사용

하기 위한 것인, 레이더 시스템.

청구항 50

제 49항에 있어서, 상기 회로는:

· 신호 처리 회로; 및

· 상기 어레이와 신호 처리 회로와 통신하는 다중화기를 포함하며, 상기 다중화기는 제어 신호에 응답하여 각각 정의된 광 센서 서브세트를 신호 처리 회로와 선택적으로 연결하도록 구성되어, 상기 다중화기가 각각 선택적으로 연결된 광 센서에 의해 상기 생성된 신호를 신호 처리 회로로 전달하도록 하고;

· 상기 신호 처리 회로는 제공된 신호를 증폭시키고, 타겟 범위 지점들에 대한 범위 정보를 계산하기 위해 처리할 복수의 디지털 샘플로 변환하도록 구성된, 레이더 시스템.

청구항 51

제 50항에 있어서, 상기 회로는 다중화기와 통신하는 제어 회로를 더 포함하며, 상기 제어 회로는 제어 신호를 생성하도록 구성되며, 스캔 영역 내 샷 리스트로부터 타겟 범위 지점들의 위치에 기초하여 어레이 내 광 센서들의 서브세트를 선택하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 52

제 51항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 제어 신호가 샷 리스트를 따르는 순서로 상기 어레이 내에서 광 센서들의 서브 세트들을 선택하도록 상기 제어 신호를 생성하도록 더 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 53

제 52항에 있어서, 상기 레이더 송신기는 스캔 가능한 복수의 미러를 포함하며, 상기 미러들은 레이더 송신기가 레이더 펄스를 타겟으로 삼을 위치를 제어하기 위해 스캔하며, 상기 샷 리스트는 범위 지점 축소 선택 알고리즘에 따라 스캔 영역 내 범위 지점들의 서브세트를 선택적으로 타겟팅하여, 상기 레이더 송신기가 압축 감지를 제공하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 54

제 51항 내지 53항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 회로는:

상기 광 센서들로부터의 출력들을 조절하기 위한 복수의 피드백 신호를 상기 광 센서들에 제공하는 피드백 회로를 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 55

제 54항에 있어서, 상기 피드백 회로는 상기 광 센서들과 상기 다중화기 사이에 제어 피드백 루프에서의 상기 광 센서들로부터의 상기 출력들을 증폭시키는 복수의 증폭기를 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 56

제 55항에 있어서, 상기 광 센서들로부터의 상기 출력들에 대한 신호 대 잡음 비를 증가시키는 피드백 이득을 생성하도록 상기 증폭기들을 제어하도록 구성되는 이득 제어기를 더 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 57

제 55항에 있어서, 상기 피드백 회로는 매칭 네트워크 피드백 루프로서 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 58

제 54항에 있어서, 상기 레이더 펄스들은 가우시안 펄스 파형을 보이는 복수의 레이더 펄스를 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 59

제 50항에 있어서, 상기 신호 처리 회로는 상기 다중화기에 의해 전달되는 상기 신호를 위한 단일 채널을 포함

하는, 레이더 시스템.

청구항 60

제 50항에 있어서, 상기 신호 처리 회로는 상기 다중화기에 의해 전달되는 상기 신호를 위한 복수의 채널을 포함하고, 상기 신호 처리 회로는 상기 복수의 채널에 존재하는 신호들에 기초하여 상기 다중화기에 의해 전달되는 상기 신호의 잡음 성분을 줄이도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 61

제 60항에 있어서, 상기 신호 처리 회로는 상기 상기 다중화기에 의해 전달되는 상기 신호의 공간 지향성 잡음 성분을 줄이기 위한 필터를 포함하는 상기 복수의 채널을 위한 코히런트 조합 회로를 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 62

제 50항에 있어서, 상기 서브 세트는 복수의 상기 광 센서를 포함하되, 회로들은 그렇게 함으로써 상기 신호 처리 회로로 판독할 합성 픽셀들 정의하기 위해 복수의 광 센서로부터의 신호들을 복수의 다중화기 입력선의 각각으로 조합하도록 위치되는, 레이더 시스템.

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

제 49항에 있어서, 상기 어레이의 상기 광 센서들은 복수의 픽셀에 상응하고, 선택된 상기 광 센서들의 서브 세트들은 상기 서브 세트들에 포함되는 픽셀의 수가 시간이 흐름에 따라 변하는, 레이더 시스템.

청구항 69

제 49항에 있어서, 상기 어레이의 상기 광 센서들은 복수의 픽셀에 상응하고, 복수의 상기 픽셀은 육각형 형상을 보이는, 레이더 시스템.

청구항 70

제 69항에 있어서, 상기 어레이의 광 센서들은 복수의 픽셀에 해당하며, 복수의 상기 픽셀은 상이한 크기들을 보이는, 레이더 시스템.

청구항 71

제 49항에 있어서, 상기 어레이의 광 센서들은 복수의 픽셀에 해당하며, 상기 복수의 픽셀은 상이한 크기들을 보이는, 레이더 시스템.

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

제 49항에 있어서, 상기 레이더 펄스들은 가우시안 펄스 파형을 보이는 복수의 레이더 펄스를 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 81

제 49항에 있어서, 상기 어레이의 상기 광 센서들은 복수의 픽셀에 상응하고, 상기 회로는 오작동으로 검출된 픽셀들이 정의된 상기 서브 세트들에 포함되기 위해 선택되지 않도록 오작동 픽셀들의 검출에 기초하여 정의된 상기 서브 세트들에 어느 픽셀들이 포함되기 위해 선택되는지를 조정하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 82

제 81항에 있어서, 상기 회로는 오작동하고 있는 픽셀들을 검출하도록 더 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 83

제 81항 또는 82항에 있어서, 상기 오작동 픽셀들은 흑색 픽셀들을 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 84

제 81항 또는 82항에 있어서, 상기 오작동 픽셀들은 백색 픽셀들을 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 85

제 49항에 있어서, 상기 어레이의 상기 광 센서들은 복수의 픽셀에 상응하고, 상기 회로는 과포화 상태를 감소시키는 방식으로 생성된 상기 신호에 대한 동적 범위를 조절하기 위해 상기 과포화 상태의 검출에 기초하여 정의된 상기 서브 세트들에 어느 픽셀들이 포함되기 위해 선택되는지를 조정하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 86

제 85항에 있어서, 상기 회로는 상기 픽셀들의 서브 세트에 의해 감지되는 상기 광에 대하여 존재하는 과포화 상태가 있는지 여부를 검출하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 87

제 85항 또는 86항에 있어서, 상기 과포화 상태는 상기 서브 세트에서 과포화된 픽셀에 상응하는, 레이더 시스템.

청구항 88

제 85항 또는 86항에 있어서, 상기 서브 세트는 복수의 픽셀을 포함하고, 상기 과포화 상태는 생성된 상기 신호에서의 픽셀들의 집적에 상응하는, 레이더 시스템.

청구항 89

제 49항에 있어서, 상기 어레이의 상기 광 센서들은 복수의 픽셀에 상응하고, 상기 서브 세트는 복수의 픽셀을 포함하며, 상기 회로는 간섭광으로 과포화된 픽셀이 간섭광으로부터의 잡음으로 과포화되는 동안 그것이 정의된 상기 서브 세트에 포함되기위해 선택되지 않도록 상기 과포화된 픽셀의 검출에 기초하여 정의된 상기 서브 세트들에 어느 픽셀들이 포함되기위해 선택되는지를 조정하도록 더 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 90

제 89항에 있어서, 상기 회로는 상기 서브 세트에서 어느 임의의 픽셀들이 간섭광으로부터의 잡음으로 과포화되는지를 검출하도록 더 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 91

제 89항 또는 90항에 있어서, 상기 간섭광은 상이한 레이더 송신기로부터의 레이더 펄스에 상응하는, 레이더 시스템.

청구항 92

제 89항 또는 90항에 있어서, 상기 어레이의 상기 광 센서들은 복수의 픽셀에 상응하고, 상기 회로는 산란된 레이더 펄스 반사의 검출에 기초하여 정의된 상기 서브 세트들에 어느 픽셀들이 포함되는지를 조정하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 93

제 49항에 있어서, 스캔 레이더 송신기는 상기 레이더 수신기 장치로부터의 피드백에 기초하여 범위 지점들의 샷 리스트를 조절하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 94

제 93항에 있어서, 조절된 상기 샷 리스트는 상기 어레이에서의 과포화된 픽셀들에 상응하는 범위 지점들을 회피하는, 레이더 시스템.

청구항 95

제 93항 또는 94항에 있어서, 조절된 상기 샷 리스트는 간섭광을 포함하는 시야의 영역에 상응하는 범위 지점들을 회피하는, 레이더 시스템.

청구항 96

제 49항에 있어서, 스캔 레이더 송신기는 상기 레이더 수신기 장치로부터의 피드백에 기초하여 상기 레이더 펄스들에 포함되는 전력의 크기를 조절하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 97

제 49항에 있어서, 상기 레이더 수신기는 상기 어레이와 광 통신하는 집광기로서, 광을 상기 어레이 상에 집중시키도록 위치되는, 상기 집광기를 더 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 98

제 97항에 있어서, 상기 집광기는 섬유 테이퍼 집광기를 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 99

제 98항에 있어서, 상기 섬유 테이퍼 집광기는 코히런트 섬유 테이퍼 집광기를 포함하는, 레이더 시스템.

청구항 100

제 97항 내지 99항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이더 수신기는 이미징 시스템을 포함하는 렌즈를 더 포함하되, 상기 렌즈는 상기 집광기와 광 통신하고 상기 집광기의 입사동에서 광을 이미징하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 101

제 49항에 있어서, 상기 레이더 수신기는 이미징 시스템을 포함하는 렌즈를 더 포함하되, 상기 렌즈는 상기 어레이와 광 통신하고 광을 상기 어레이 상에 이미징하도록 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 102

제 101항에 있어서, 상기 레이더 수신기는 상기 렌즈와 상기 어레이 사이에 집광기를 포함하지 않는, 레이더 시스템.

청구항 103

제 49항에 있어서, 상기 회로는 (1) 상기 레이더 시스템이 동작 중임을 나타내는 신호를 처리하도록, 그리고 (2) 처리된 상기 동작을 나타내는 신호에 기초하여 생성된 상기 신호의 잡음 성분을 줄이도록 더 구성되는, 레이더 시스템.

청구항 104

삭제

청구항 105

삭제

청구항 106

삭제

청구항 107

삭제

청구항 108

삭제

청구항 109

삭제

청구항 110

삭제

청구항 111

삭제

청구항 112

삭제

청구항 113

삭제

청구항 114

삭제

청구항 115

삭제

청구항 116

삭제

청구항 117

삭제

청구항 118

삭제

청구항 119

삭제

청구항 120

삭제

청구항 121

삭제

청구항 122

삭제

청구항 123

삭제

청구항 124

삭제

청구항 125

삭제

청구항 126

삭제

청구항 127

삭제

청구항 128

삭제

청구항 129

삭제

청구항 130

삭제

청구항 131

삭제

청구항 132

삭제

청구항 133

삭제

청구항 134

삭제

청구항 135

삭제

청구항 136

삭제

청구항 137

삭제

청구항 138

삭제

청구항 139

삭제

청구항 140

삭제

청구항 141

삭제

청구항 142

삭제

청구항 143

삭제

청구항 144

삭제

청구항 145

삭제

청구항 146

삭제

청구항 147

삭제

청구항 148

삭제

청구항 149

삭제

청구항 150

삭제

청구항 151

삭제

청구항 152

삭제

청구항 153

삭제

청구항 154

삭제

청구항 155

삭제

청구항 156

삭제

청구항 157

삭제

청구항 158

삭제

청구항 159

삭제

청구항 160

삭제

청구항 161

삭제

청구항 162

삭제

청구항 163

삭제

청구항 164

삭제

청구항 165

삭제

청구항 166

삭제

청구항 167

삭제

청구항 168

삭제

청구항 169

삭제

청구항 170

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련 특허 출원 상호 참조 및 우선권 주장**

[0002] 본 특허 출원은 2016년 2월 18일에 출원된 "레이더 수신기(Ladar Receiver)"라는 명칭의 미국 가 특허 출원 62/297,112의 우선권을 주장하며, 이의 전체 개시 내용은 참조로 본 출원에 통합된다.

[0003] 또한 본 특허 출원은 (1) 2017년 2월 10일에 출원된 "적응적 레이더 수신 방법(Adaptive Ladar Receiving Method)"이라는 명칭의 미국 특허 출원 일련 번호 15/430,179, (2) 2017년 2월 10일에 출원된 "적응적 레이더 수신기(Adaptive Ladar Receiver)"라는 명칭의 미국 특허 출원 일련 번호 15/430,192, (3) 2017년 2월 10일에 출원된 "발전된 광학을 이용하는 레이더 수신기(Ladar Receiver with Advanced Optics)"라는 명칭의 미국 특허 출원 일련 번호 15/430,200, (4) 2017년 2월 10일에 출원된 "스캔 레이더 송신기의 타겟을 추적하기 위해 이색성 광검출기를 이용하는 레이더 시스템(Ladar System with Dichroic Photodetector for Tracking the Targeting of a Scanning Ladar Transmitter)"이라는 명칭의 미국 특허 출원 일련 번호 15/430,221, 및 (5) 2017년 2월 10일에 출원된 "기준 광에 대해 별개의 광로를 사용하는 레이더 수신기 범위 측정(Ladar Receiver Range Measurement using Distinct Optical Path for Reference Light)"라는 명칭의 미국 특허 출원 일련 번호 15/430,235의 우선권을 주장하며, 이들 전부는 2016년 2월 18일에 출원된 "레이더 수신기(Ladar Receiver)"라는 명칭의 미국 가 특허 출원 62/297,112의 우선권을 주장하며, 이의 전체 개시 내용은 참조로 본 출원에 통합된다.

배 경 기 술

[0004] 개선된 컴퓨터 비전 기술에 대한 해당 기술분야에서, 특히 이를테면 자동차 컴퓨터 비전과 같은 영역에서 큰 요구가 있다고 믿어진다. 그러나, 이러한 요구는 개선된 컴퓨터 비전 기술에 대한 요구가 이들에 제한되지는 않지만 자동 플랫폼 비전(예를 들어, 공중, 육상(지하를 포함), 수상(수중을 포함), 우주 자동 운송수단들, 이를테면 자동 지상 차량들, 자동 항공기들 등), 감시(예를 들어, 국경 보안, 항공 드론 모니터링 등), 맵핑(예를 들어, 지하 터널들의 맵핑, 항공 드론들을 통한 맵핑 등), 타겟 인식 어플리케이션들, 원격 감지, 안전 경보(예를 들어, 운전자들에 대한) 기타 같은 종류의 것)을 포함하여, 매우 다양한 분야에 걸쳐 편재하기 때문에 자동차 컴퓨터 비전 시장으로 제한되지 않는다.

[0005] 본 출원에서 사용될 때, 용어 "레이더"는 레이저 레이더, 레이저 탐지 및 거리 측정(laser detection and ranging), 및 광 탐지 및 거리 측정("lidar", light detection and ranging) 중 임의의 것을 나타내고 망라한다. 레이더는 컴퓨터 비전과 관련되어 광범위하게 사용되는 기술이다. 대표적인 레이더 시스템에서, 레이저원을 포함하는 송신기는 레이저 출력 이를테면 레이저 펄스를 주변 환경으로 송신한다. 그 다음, 레이더 수신기는 주변 환경에서의 객체로부터 이러한 레이저 출력의 반사를 수신할 것이고, 레이더 수신기는 그러한 객체까지의 거리(범위 정보)를 결정하기 위해 수신된 반사를 처리할 것이다. 이러한 범위 정보에 기초하여, 장애물 회피 상황들, 중간 지점 결정 등에서 경로 계획과 같은 것들을 계산하기를 원하는 호스트 프로세서에 의해 환경의 기하학적 구조에 대한 더 명백한 이해가 이루어질 수 있다. 그러나, 종래 컴퓨터 비전 문제들에 대한 레이더 솔루션들은 높은 비용, 큰 크기, 무거운 중량, 및 높은 전력 요건 뿐만 아니라 넓은 데이터 대역폭이 사용된다. 이의 최적의 예는 자율 차량이다. 이러한 복잡한 요인들은 그것들의 효율적인 사용을 단지 짧은 비전 범위, 좁은 시야 그리고/또는 느린 되돌아오는 속도만을 필요로 하는 비용이 많이 드는 어플리케이션들로 매우 국한시켰다.

[0006] 이러한 문제들을 해결하기 위한 노력으로, 본 출원에 개선된 레이더 수신기 및/또는 개선된 레이더 송신기/수신기 시스템에 대한 다수의 실시예가 개시된다. 예를 들어, 본 발명자들은 주소 지정 가능한 광검출기 어레이에서의 픽셀들의 서브 세트들이 레이더 펄스들에 의해 타겟이 되는 범위 지점들의 위치들에 기초하여 제어 가능하게 선택되는 적응적 레이더 수신기 및 관련 방법에 대한 다수의 실시예를 개시한다. 더 나아가, 본 발명자들은 다른 특징들 중에서도, 잡음(레이더 간섭을 포함)을 줄이고, 동적 범위를 최적화하며, 산란 효과를 완화하기 위해 그러한 광검출기 어레이의 적응적 제어가 증강되는 예시적인 실시예들을 개시한다. 본 발명자들은 수신기가 어떻게 광검출기 어레이와 조합하여 다양한 광학을 이용하여 증강되는지를 보인다. 이러한 개시 내용들을 통해, 몇몇 실시예에 대해 예상되는 밀리미터 규모 정확성을 포함하여, 범위 정밀도의 개선이 이루어질 수 있다. 이러한 그리고 다른 예시적인 실시예는 아래에서 더 상세하게 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1a는 레이더 송신기/수신기 시스템의 예시적인 실시예를 예시한다.

도 1b는 레이더 송신기가 스캔 미러들 및 스캔 전 압축을 지원하기 위해 범위 지점 축소 선택을 채용하는 레이더 송신기/수신기 시스템의 다른 예시적인 실시예를 예시한다.

도 2는 레이더 수신기의 예시적인 실시예에 대한 예시적인 블록도를 예시한다.

도 3a는 레이더 수신기에 대한 검출 광학 장치의 예시적인 실시예를 예시하며, 이때 이미징 검출 광학 장치 논-이미징 집광기를 채용한다.

도 3b는 레이더 수신기에 대한 검출 광학 장치의 다른 예시적인 실시예를 예시하며, 이때 무한 초점 검출 광학 장치는 논-이미징 집광기를 채용한다.

도 4는 레이더 수신기에 대한 이미징 검출 광학 장치의 예시적인 실시예를 예시하며, 이때 이미징 검출 광학 장치는 이미징 집광기를 채용한다.

도 5a는 이미징 레이더 수신기에 대한 직접 검출기 실시예의 예시적인 실시예를 예시한다.

도 5b는 논 이미징 레이더 수신기에 대한 직접 검출기 실시예의 다른 예시적인 실시예를 예시한다.

도 6a는 검출기 어레이 내 어느 센서들이 신호 처리 회로로 전달될지를 선택하기 위해 다중화기를 채용하는 레이더 수신기 내 판독 회로에 대한 예시적인 실시예를 예시한다.

도 6b는 도 6a의 예시적인 실시예와 관련되어 사용될 수 있는 레이더 수신 방법의 예시적인 실시예를 예시한다.

도 7a는 신호 처리 회로에 대한 예시적인 실시예를 도 6a의 판독 회로에 대하여 도시한다.

도 7b는 신호 처리 회로에 대한 다른 예시적인 실시예를 도 6a의 판독 회로에 대하여 도시한다.

도 8은 다중화기 제어 신호를 생성하기 위한 제어 회로의 예시적인 실시예를 도시한다.

도 9는 레이더 송신기의 예시적인 실시예를 이색성 광검출기와 조합하여 도시한다.

도 10a는 펄스 송신과 펄스 검출 간 지연을 추정하기 위해 레이더 수신기가 상관관계를 매치 피터로서 채용하는 예시적인 실시예를 도시한다.

도 10b는 도 10a의 예시적인 실시예에 대한 수행 모델을 도시한다.

도 11a는 감지된 광 신호의 SNR을 개선하기 위해 피드백 회로를 채용하는 수신기의 예시적인 실시예를 도시한다.

도 11b는 피드백 회로 설계와 관련된 다른 예시적인 실시예를 도시한다.

도 12는 지능 제어 적응적 레이더 수신기를 위한 예시적인 처리 흐름을 도시한다.

도 13a는 예시적인 레이더 수신기 실시예를 도시한다;

도 13b는 도 13a 레이더 수신기 실시예의 주간 사용을 위한 신호 대 잡음 비(SNR) 대 범위의 도표 뿐만 아니라 추가 수신기 특성들을 도시한다.

도 14a는 다른 예시적인 레이더 수신기 실시예를 도시한다;

도 14b는 도 14a 레이더 수신기 실시예의 주간 사용을 위한 SNR 대 범위의 도표 뿐만 아니라 추가 수신기 특성들을 도시한다.

도 15는 모션 강화 검출기 어레이 이용의 예를 도시한다.

도 16은 모션 강화된 검출기 어레이 적 성능을 나타내는 도표들을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 도 1a는 레이더 송신기/수신기 시스템(100)의 예시적인 실시예를 예시한다. 시스템(100)은 시스템은 각각 인터페이스 및 제어부(106)와 통신하는 레이더 송신기(102) 및 레이더 수신기(104)를 포함한다. 레이더 송신기(102)는 복수의 레이더 펄스(108)를 복수의 범위 지점(110)을 향해 송신하도록 구성된다(예시의 용이함을 위해, 하나의 상기한 레이더 펄스(108)가 도 1a에 도시된다). 레이더 수신기(104)는 이러한 레이더 펄스의 범위 지점(110)으로부터의 반사(112)를 수신한다. 레이더 수신기(104)는 범위 지점 거리 및 세기 정보의 결정을 지원하기 위해 반사된 레이더 펄스(112)를 수신 및 처리하도록 구성된다. 획기적인 레이더 수신기들(104)에 대한 예시적인 실시예들이 아래에 설명된다.

[0009] 예시적인 실시예에서, 레이더 송신기(102)는 도 1b에 의해 도시된 바와 같이, 스캔 전 압축(본 출원에서 "압축 감지(compressive sensing)"로 지칭될 수 있음)을 지원하기 위해 스캔 미러들을 포함하고 범위 지점 축소 선택 알고리즘을 사용하는 레이더 송신기의 형태를 취할 수 있다. 그러한 실시예는 또한 범위 지점 축소 선택을 지원하기 위해 환경 장면 데이터를 제공하는 환경 감지 시스템(120)을 포함할 수 있다. 그러한 레이더 송신기 설계들의 예시적인 실시예들은 2014년 8월 15일에 출원된 미국 특허 출원 일련 번호 62/038,065 및 미국 특허 출원 공보들 2016/0047895, 2016/0047896, 2016/0047897, 2016/0047898, 2016/0047899, 2016/0047903, 및 2016/0047900에서 찾아볼 수 있으며, 이의 전체 개시 내용은 본 출원에 참조로 통합된다. 스캔 전 압축의 사용을 통해, 그러한 레이더 송신기는 지능 범위 지점 타겟 선택을 통해 대역폭을 더 잘 관리할 수 있다.

[0010] 도 2는 레이더 수신기(104)의 예시적인 실시예에 대한 예시적인 블록도를 예시한다. 레이더 수신기는 반사된 레이더 펄스들(112)을 포함하는 광을 수신하는 검출 광학 장치(200)를 포함한다. 검출 광학 장치(200)는 광 센서(202)와 광 통신하고, 광 센서(202)는 감지된 반사된 레이더 펄스들(112)을 나타내는 신호들을 생성한다. 신호 판독 회로(204)는 범위 지점들에 대한 데이터 생성을 위해(예를 들어, 범위 지점 거리 정보, 범위 지점 세기 정보 등을 계산하여) 사용되는 신호 데이터를 생성하기 위해 센서(202)에 의해 생성되는 신호들을 판독한다. 레이더 수신기(104)는 도 2에 도시되지 않은 추가 구성요소들을 포함할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 도 3a 내지 도 5b는 레이더 수신기(104)와 사용될 수 있는 검출 광학 장치(200)의 다양한 예시적인 실시예를 도시한다. 광 센서(202)는 다수의 개별적으로 주소 지정 가능한 광 센서의 어레이(예를 들어, n-요소 광검출기 어레이)를

포함할 수 있다. 예시적인 실시예로서, 광 센서(202)는 실리콘 PIN 어레이(예를 들어, InGaAs PIN 어레이) 형태를 취할 수 있다. 다른 예시적인 실시예로서, 광 센서(202)는 실리콘 애벌란치 포토다이오드(APD, avalanche photodiode) 어레이(예를 들어, InGaAs APD 어레이) 형태를 취할 수 있다. 판독 회로(204)는 다수의 형태 중 임의의 형태(예를 들어, 판독 집적 회로(ROIC))를 취할 수 있고, 판독 회로에 대한 예시적인 실시예들은 아래에 설명된다.

[0011] 도 3a는 논-이미징 집광기(302)를 채용하는 레이더 수신기(104)에 대한 검출 광학 장치(200)의 예시적인 실시예를 예시한다. 그에 따라, 논-이미징 집광기(302) 이를테면 CPC(compound parabolic concentrator)형 집광기는 그것이 그것의 출구 애퍼처에 결합되는 것을 갖고 그것의 고정된 입사동(304)에서 광 센서(202) 상에 상평면을 다시 이미징하지 않는다. 그러한 예시적인 실시예에 따르면, 광을 집속시키기 위한 이미징 시스템을 포함하는 렌즈(300)는 논-이미징 집광기(302)와 광 통신한다. 도 3a의 예에서, 렌즈(300)는 결합된 광 센서에 실제 이미지가 없더라도 렌즈가 광을 집광기(302)의 입사동(304)에 집속시키도록 위치 및 구성된다.

[0012] 도 3b는 논-이미징 집광기(302)를 채용하는 검출 광학 장치(200)의 다른 예시적인 실시예를 예시한다. 그러한 예시적인 실시예에 따르면, 무한 초점 렌즈 그룹(310)이 논-이미징 집광기(302)와 광 통신한다. 집광기(302)는 입사동(304)을 포함하고, 그것은 그것의 출구 애퍼처에서 광 센서(202)와 결합될 수 있다. 도 3b의 예에서, 렌즈(310)는 무한 초점 렌즈 그룹의 입사동이 집광기(302)의 입사동(304)에 다시 이미징되도록 위치 및 구성된다. 본 발명자는 또한 전문가에 의해 요구되는 경우, 도 3b 실시예는 무한 초점 렌즈(310)를 생략할 수 있다는 것을 언급한다.

[0013] 도 3a 및 도 3b의 예시적인 실시예들에 따르면, 집광기(302)는 섬유 테이퍼 집광기 또는 CPC형 집광기와 같은 형태들을 취할 수 있다. 예시적인 섬유 테이퍼 집광기는 Schott에서 입수 가능하고, 예시적인 CPC형 집광기는 Edmunds Optics에서 입수 가능하다.

[0014] 도 3a 및 도 3b의 예시적인 실시예들은 전문가들에게 다양한 이점을 제공한다. 예를 들어, 이러한 예시적인 실시예들은 광 센서(202)에 대해 비교적 작은 검출기 어레이들의 사용을 가능하게 한다. 다른 예로서, 이러한 실시예들은 그것들이 전문가에게 검출기 크기에 대한 검출기 수광각 뿐만 아니라 높은 오정렬 허용 오차에 대한 SNR을 트레이드할 수 있는 기회를 제공하기 때문에 유용할 수 있다. 그러나, 도 3a 및 도 3b의 실시예들은 다른 실시예들에 관해 최적의 SNR들을 내지는 않는다.

[0015] 도 4는 이미징 집광기(320)를 채용하는 검출 광학 장치(200)의 예시적인 실시예를 예시한다. 그에 따라, 이미징 집광기(320)는 광 센서(202) 쪽 그것의 입사동(304)에 수신되는 이미지를 다시 이미징한다. 그러한 예시적인 실시예에 따르면, 광을 집속시키기 위한 이미징 시스템을 포함하는 렌즈(300)는 이미징 집광기(320)와 광 통신한다. 렌즈는 렌즈가 광(상평면)을 집광기(302)의 입사동(304)에 집속시키도록 위치 및 구성되고, 집광기(320)는 이러한 광을 된 광 센서(202) 상에 이미징한다. 예시적인 실시예로서, 집광기(320)는 코히런트 섬유 테이퍼 집광기 형태를 취할 수 있다. 예시적인 코히런트 섬유 테이퍼 집광기는 Schott에서 입수 가능하다.

[0016] 도 4의 예시적인 실시예는 또한 전문가들에게 다양한 혜택을 제공한다. 예를 들어, 도 3a 및 도 3b의 예들과 같이, 도 4의 예시적인 실시예는 광 센서(202)에 대해 비교적 작은 검출기 어레이들의 사용을 가능하게 한다. 이러한 실시예는 또한 전문가에게 검출기 크기에 대한 검출기 수광각 뿐만 아니라 높은 오정렬 허용 오차에 대한 SNR을 트레이드할 수 있는 기회를 제공하는 데 유용할 수 있다. 도 3a/3b에 관한 도 4 예시적인 실시예의 이점은 도 4 예시적인 실시예가 일반적으로 더 높은 SNR을 낸다는 것이다.

[0017] 도 5a는 레이더 수신기(104)에 대한 "직접 검출기" 검출 광학 장치(200)의 예시적인 실시예를 예시한다. 그러한 예시적인 실시예에 따르면, 광을 집속시키기 위한 이미징 시스템을 포함하는 렌즈(300)는 광 센서(202)와 광 통신한다. 렌즈(300)는 렌즈가 광(상평면)을 광 센서(202) 상에 직접 집속시키도록 위치 및 구성된다. 그에 따라, 도 3a 및 도 4의 실시예와 달리, 렌즈(300)와 광 센서(202) 사이에 집광기가 없다.

[0018] 도 5b는 레이더 수신기(104)에 대한 "직접 검출기" 검출 광학 장치(200)의 다른 예시적인 실시예를 예시한다. 그러한 예시적인 실시예에 따르면, 무한 초점 렌즈(310)가 광 센서(202)와 광 통신한다. 렌즈(310)는 렌즈가 광 센서(202) 상에 직접 다시 이미징되도록 위치 및 구성된다. 본 발명자는 또한 전문가에 의해 요구되는 경우, 도 5b 실시예는 무한 초점 렌즈(310)를 생략할 수 있다는 것을 언급한다.

[0019] 도 5a 및 도 5b의 예시적인 실시예들은 광 센서(202)에 대해(다른 실시예들에 관해 주어진 시스템 시야(FOV, field of view)에 대해) 더 큰 검출기 어레이를 필요로 할 것으로 예상되나, 그것들은 또한 매우 양호한 SNR을 보일 것으로도 예상된다. 도 5a 및 도 5b의 실시예들 사이로서, 도 5a의 실시예는 일반적으로 도 5b의 실시예보

다 더 양호한 SNR을 보일 것이나, 도 5b의 실시예는 오정렬에 대해 더 관용적일 것으로 예상된다(이는 도 5b 실시예가 제조하기에 더 쉬울 것이라는 것을 의미한다).

[0020] 또한 검출 광학 장치(200)가 전문가에 의해 요구되는 경우 광 센서(202)에 대하여 상평면의 부분적 이미징을 제공하도록 설계될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 이는 다소 "흐릿한" 이미지를 야기할 것이나, 그러한 흐릿함은 낮은 충전율의 검출기 어레이들을 수반하는 다수의 적용예 및/또는 조건에 적합할 수 있다.

[0021] 도 6a는 검출기 어레이(600) 내 어느 센서들(602)이 신호 처리 회로(606)로 전달될지를 선택하기 위해 다중화기(604)를 채용하는 레이더 수신기 내 판독 회로(204)에 대한 예시적인 실시예를 예시한다. 이러한 예시적인 실시예에서, 광 센서(202)는 복수의 개별적으로 주소 지정 가능한 광 센서(602)를 포함하는 검출기 어레이(600) 형태를 취한다. 각 광 센서(602)는 어레이(600)의 픽셀로서 특징지어질 수 있고, 각 광 센서(602)는 입사 광에 응답하여 그 자체의 센서 신호(610)를 생성할 것이다. 그에 따라, 어레이(600)는 복수의 광검출기 픽셀을 포함하는 검출 영역을 갖는 광검출기를 포함할 수 있다. 도 6a의 실시예는 판독 회로(204)가 주어진 시간에 신호 처리 회로(606)로 전달되는 들어오는 센서 신호(610)를 구분할 수 있게 하는 다중화기(604)를 채용한다. 그렇게 해서, 도 6a의 실시예는 레이더 수신기 설계들 이를테면 센서 판독치를 선택적으로 구분하기 위한 어떠한 능력도 개시되지 않은 USPN 8,081,301에 의해 개시된 것들과 관련하여, 특히 주변의 수동적인 광과 비교하여, 더 양호한 수신된 SNR을 제공한다. 그에 따라, 신호 처리 회로(606)는 한 번에 하나의 들어오는 센서 신호(610)(또는 들어오는 센서 신호들(610)의 몇몇 서브 집합)에 관해 작동할 수 있다.

[0022] 다중화기(604)는 반사된 레이더 펄스들을 검출할 필요를 충족시키기에 충분히 높은 전환율을 제공하는 임의의 다중화기 칩 또는 회로일 수 있다. 예시적인 실시예에서, 다중화기(604)는 검출기 어레이(600)의 센서들(602)에 의해 생성되는 광전류 신호들을 다중화한다. 그러나, 다중화기(604)가 검출기 어레이(600)의 센서들(602)에 의해 생성되는 결과로 생긴 전압 신호를 다중화하는 다른 실시예들이 채용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 또한, 도 6a의 판독 회로(204)를 포함하는 레이더 수신기가 스캔 전 압축 감지를 채용하는 스캔 레이더 송신기와 짝이 이뤄지는 예시적인 실시예들(이를테면 위에서 참조되고 통합된 특허 출원들에 설명되는 범위 지점 축소 선택을 채용하는 예시적인 실시예들)에서, 레이더 송신기에 의해 제공되는 범위 지점들의 선택적 타겟팅은 수신기가 SNR을 개선하기 위한 노력으로 검출기 판독치를 관심 픽셀들로 구분할 수 있도록 다중화기(604)에 의해 제공되는 선택적 판독치와 양호하게 짝을 이룬다.

[0023] 제어 회로(608)는 들어오는 센서 신호들(610) 중 어느 센서 신호가 신호 처리 회로(606)로 전달되는지를 통제하는 제어 신호(612)를 생성하도록 구성될 수 있다. 도 6a의 판독 회로(204)를 포함하는 레이더 수신기가 스캔 패턴에 따른 스캔 전 압축 감지를 채용하는 스캔 레이더 송신기와 짝이 이뤄지는 예시적인 실시예에서, 제어 신호(612)는 다중화기가 송신기의 샷 리스트(상기한 위에서 참조되고 통합된 특허 출원들에 설명되는 송신기에 의해 채용될 수 있는 샷 리스트의 예들)를 따르는 패턴으로 개별적인 광 센서들(602)에 선택적으로 연결하게 할 수 있다. 제어 신호(612)는 샷 리스트를 통한 범위 지점들의 타겟팅을 따르는 패턴으로 어레이(600) 내 센서들(602)을 선택할 수 있다. 그에 따라, 송신기가 레이더 펄스를 갖고 픽셀 x,y를 타겟으로 삼는 경우, 다중화기(604)는 검출기 어레이(600)로부터 픽셀 x,y의 판독치를 야기하는 제어 신호(612)를 생성할 수 있다. 도 8은 제어 회로(608)에 대한 예시적인 실시예를 도시한다. 제어 회로(608)는 샷 리스트(800)를 입력으로서 수신한다. 이러한 샷 리스트는 레이더 송신기에 의해 범위 지점들로서 타겟이 될 프레임 내 픽셀들의 순서 목록이다. 802에서, 제어 회로는 샷 리스트 상에서 범위 지점들/타겟 픽셀들의 첫번째를 선택한다. 804에서, 제어 회로는 선택된 범위 지점을 검출기 어레이(600)의 센서/픽셀(또는 합성 픽셀/수퍼픽셀)에 맵핑한다. 806에서, 그 다음 제어 회로는 다중화기가 검출기 어레이(600)의 맵핑된 센서/픽셀(또는 합성 픽셀/수퍼픽셀)을 판독하게 하는 데 효율적인 제어 신호(612)를 생성한다. 808에서, 제어 회로는 샷 리스트 상에서 다음 범위 지점/타겟 픽셀로 진행하고 동작(802)으로 돌아간다. 필요할 경우, 제어 회로(608)는 각 픽셀을 타겟으로 삼는 레이더 펄스들에 대한 왕복 시간을 처리하기 위한 타이밍 게이트들을 포함할 수 있다.

[0024] 제어 신호(612)는 하나의 센서(602)를 한 번에 선택하는 데 효율적일 수 있거나 또는 그것은 다중화기(604)가 신호 처리 회로(606)에 의한 추가 처리를 위해 들어오는 센서 신호들(610)의 서브 세트를 선택할 경우 다수의 센서(602)를 한 번에 선택하는 데 효율적일 수 있다는 것을 이해해야 한다. 그러한 다수의 센서는 합성 픽셀들(또는 수퍼픽셀들)로 지칭될 수 있다. 예를 들어, 어레이(600)는 각 합성 픽셀이 X개의 개별적인 센서(602)로 이루어지는 경우, JxK 합성 픽셀 그리드로 나눠질 수 있다. 가산기 회로들은 검출기 어레이(600)와 다중화기(604) 사이에 위치될 수 있으며, 이 경우 각 가산기 회로는 단일 합성 픽셀에 상응하고 그러한 상응하는 합성 픽셀을 구성하는 픽셀들로부터 판독치들(센서 신호들(610))을 가산하도록 구성된다.

[0025] 또한 전문가는 요구되는 경우 검출기 어레이(600)와 다중화기(604) 사이에 몇몇 증폭 전 회로를 포함하도록 선택할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0026] 도 6b는 도 6a의 예시적인 실시예에 상응하는 예시적인 레이더 수신 방법을 도시한다. 620에서, 레이더 펄스가 타겟이 되는 범위 지점을 향해 송신된다. 위에서 나타낸 바와 같이, 시야의 스캔 영역 내 이러한 타겟이 되는 범위 지점의 위치는 레이더 송신기에 의해 알려질 수 있다. 이러한 위치는 아래에 설명될 바와 같이, 레이더 송신기로부터 레이더 수신기에 전달되거나 레이더 수신기 그 자체에 의해 결정될 수 있다.

[0027] 622에서, 검출기 어레이(600)에서의 픽셀들의 서브 세트는 타겟이 되는 범위 지점의 위치에 기초하여 선택된다. 도 8과 관련하여 나타낸 바와 같이, 맵핑 관계는 스캔 영역 내 픽셀 x1,y1이 타겟이 될 경우, 이것이 검출기 어레이(600)에서의 픽셀 j1,k1으로 변환될 수 있도록 검출기 어레이(600)의 픽셀들과 스캔 영역 내 위치들 간에 이루어질 수 있다. 서브 세트는 단지 검출기 어레이(600)의 하나의 픽셀만을 포함할 수 있으나, 많은 경우 서브 세트는 복수의 픽셀(예를 들어, 타겟이 되는 범위 지점에 맵핑되는 특정 픽셀 플러스 그러한 특정 픽셀을 둘러싸는 몇몇 다수의 픽셀)을 포함할 것이라는 것을 이해해야 한다. 그러한 주변 픽셀들은 또한 범위 지점 레이더 펄스 반사로부터도 에너지(이 경우 이러한 에너지가 특정 픽셀보다 더 낮을 것으로 예상되기는 하나)를 수신할 것으로 예상될 수 있다.

[0028] 단계 624에서, 검출기 어레이(600)에서의 선택된 픽셀들의 서브 세트는 입사광을 감지하며, 이는 단계 620에서 송신된 레이더 펄스의 반사/복귀를 포함할 것으로 예상된다. 선택된 서브 세트에 포함되는 각 픽셀은 그에 따라 신호를 감지된 입사 광의 함수로서 생성할 것이다(단계 626). 다수의 픽셀이 선택된 서브 세트에 포함된 경우, 이렇게 생성된 픽셀-특정 신호들은 선택된 서브 세트의 픽셀들 전부에 관해 감지된 입사 광의 함수인 집합 신호로 조합될 수 있다. 선택된 서브 세트에 포함되지 않는 검출기 픽셀들이 또한 그러한 픽셀들에 의해 감지되는 광을 나타내는 출력 신호를 생성할 수 있으나, 본 시스템은 단계들 626-630에서 이러한 신호들을 사용하지 않을 것이라는 것을 이해해야 한다. 뿐만 아니라, 본 시스템은 단계들 624 및 626에서 판독 이전에 선택된 서브 세트에서 픽셀들을 "제로 아웃(zero out)"하여 그러한 픽셀들에 관해 이미 존재할 수 있는 임의의 미광/기존 광의 효과들을 제거하도록 구성될 수 있다.

[0029] 단계 628에서, 단계 626에서 생성된 광검출기 신호가 처리된다. 예들로서, 광검출기 신호는 반사된 레이더 펄스에 기초하여 범위 및 세기 정보를 분석하는 것에 맞춰진 추가 처리 동작들을 가능하게 하기 위해 증폭 및 디지털화될 수 있다. 그러한 처리 동작들의 예들이 아래에서 더 논의된다.

[0030] 단계 630에서, 타겟이 되는 범위 지점에 대한 범위 정보가 단계 628에서의 광검출기 신호의 처리에 기초하여 계산된다. 이러한 범위 계산은 다수의 기술 중 임의의 기술에 따를 수 있다. 또한, 계산된 범위 정보는 레이더 시스템(100)과 타겟이 되는 범위 지점(110) 사이 거리를 나타내는 임의의 데이터일 수 있다. 예를 들어, 계산된 범위 정보는 송신기(102)로부터 타겟이 되는 범위 지점(110)으로의 레이더 펄스(108)에 대한 그리고 타겟이 되는 범위 지점(110)으로부터 다시 수신기(104)로의 반사된 레이더 펄스(112)에 대한 이동 시간의 추정치일 수 있다. 그러한 이동 시간 정보는 레이더 시스템(100)과 타겟이 되는 범위 지점(110) 사이 거리를 나타낸다. 예를 들어, 범위 계산은 레이더 펄스가 송신되었을 때와 반사된 레이더 펄스가 단계 628에서 처리된 신호에서 검출되었을 때 사이 시간 지연의 측정치에 따를 수 있다. 그러한 범위 계산들을 지원하기 위한 기술들의 예들이 아래에서 논의된다.

[0031] 도 6b의 처리 흐름은 검출기 어레이(600)의 활성 감지 영역이 레이더 펄스들이 레이더 송신기에 의해 타겟으로 삼는 곳에 기초하여 달라질 적응적 레이더 수신 방법을 설명한다. 그렇게 해서, 상당한 잡음의 감소 그리고 거리 분해능의 개선이 이루어질 것이라고 믿어진다. 더 나아가, 아래에서 더 상세하게 설명될 바와 같이, 검출기 픽셀들의 서브 세트는 성능을 더 개선하기 위해 감지된 광으로부터 도출되는 정보에 기초하여 적응적으로 선택될 수 있다.

[0032] 도 6a로 돌아가면, 신호 처리 회로(606)는 다중화기(604)에 의해 전달되는 선택된 센서 신호(들)를 증폭시키도록 그리고 증폭된 신호를 레이저 범위 지점들에 대한 범위 정보 및/또는 세기를 나타내는 처리된 신호 데이터로 변환하도록 구성될 수 있다. 신호 처리 회로(606)에 대한 예시적인 실시예들은 도 7a 및 도 7b에 의해 도시된다.

[0033] 도 7a의 예에서, 신호 처리 회로(606)는 선택된 센서 신호(들)를 증폭시키는 증폭기(700), 증폭된 신호를 복수의 디지털 샘플로 변환하는 아날로그 대 디지털 컨버터(ADC)(702), 및 처리된 신호 데이터를 생성하기 위해 디지털 샘플들에 관해 다수의 처리 동작을 수행하도록 구성되는 필드 프로그램가능 게이트 어레이(FPGA)를 포함한

다.

[0034] 증폭기(700)는 저 잡음 RF 증폭기 또는 저 잡음 연산 증폭기와 같은 저 잡음 증폭기 형태를 취할 수 있다. ADC(702)는 N-채널 ADC 형태를 취할 수 있다.

[0035] FPGA(704)는 디지털 샘플들을 처리하도록 그리고 궁극적으로 반사된 레이더 펄스들에 기초하여 범위 지점들에 대한 범위 및/또는 세기에 대한 정보를 리턴하도록 구성된 하드웨어 로직을 포함한다. 예시적인 실시예에서, FPGA(704)는 ADC(702)에 의해 생성되는 디지털 샘플들에 관한 피크 검출을 수행하도록 구성될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 그러한 피크 검출은 +/- 10 cm 내 범위 정보를 계산하는 데 효율적일 수 있다. FPGA(704)는 또한 검출된 피크들이 곡선에 맞는 곳을 더 정밀하게 식별하는 보간을 지원하기 위해 샘플들 곡선이 다항식에 맞는 디지털 샘플들 상에 보간을 수행하도록 구성될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 그러한 보간은 +/- 5 mm 내 범위 정보를 계산하는 데 효율적일 수 있다.

[0036] 도 7a에 의해 도시된 것과 같은 신호 처리 회로를 채용하는 수신기가 위에서 참조되고 통합된 특허 출원들에 설명된 바와 같은 압축 감지를 채용하는 레이더 송신기와 짝이 이뤄질 때, 레이더 송신기는 프레임마다 종래 송신기들보다 더 적은 레이더 펄스들을 공중에 두기 때문에 검출된 펄스들에 관한 신호 처리를 수행할 시간이 더 많을 것이며, 이는 신호 처리 회로에 지워진 처리 부담을 감소시킨다. 또한, 처리 성능을 더 개선하기 위해, FPGA(704)는 검출된 신호의 상이한 부분들이 동시에 FPGA의 상이한 하드웨어 로직 자원들에 의해 처리되도록 FPGA의 병렬 하드웨어 로직 자원들을 레버리징하도록 설계함으로써, 각 범위 지점에 대한 정확한 범위 및/또는 세기 정보를 계산하는 데 필요한 시간을 감소시킬 수 있다.

[0037] 뿐만 아니라, 도 7a의 신호 처리 회로는 검출을 최대화하기 위해 FPGA가 신호 데이터에 집중할 수 있는 신호 처리에 기인하여 낮은 SNR을 보이는 들어오는 신호들과 작동할 수 있다.

[0038] 도 7b의 예에서, 신호 처리 회로(606)는 선택된 센서 신호(들)를 증폭시키는 증폭기(700) 및 증폭된 신호를 감지된 광(반사된 레이더 펄스들을 포함함)을 나타내는 복수의 디지털 샘플로 변환하는 시간 대 디지털 컨버터(TDC)(710)를 포함한다. TDC는 검출된 신호의 피크가 도달하는 때를 검출하기 위해 피크 및 홀드 회로를 사용하고 또한 램프 회로를 피크 및 홀드 회로와 함께 타이머로서 사용할 수 있다. 그 다음 TDC(710)의 출력은 범위 지점들에 대한 범위 정보를 정의하기 위해 사용될 수 있는 피크들 간 타이밍을 나타내는 일련의 비트일 수 있다.

[0039] 도 7b의 신호 처리 회로는 일반적으로 들어오는 신호들이 도 7a의 실시예보다 더 높은 SNR을 보일 것을 필요로 하나, 도 7b의 신호 처리 회로는 거리에 관한 높은 분해능(예를 들어, 피코초 분해능), 그리고 도 7a 실시예보다 구현하는 데 비용이 덜 드는 것으로부터의 이점들을 제공할 수 있다.

[0040] 도 9는 레이더 송신기가 (그것의 스캔 미러들을 통해) 타겟으로 삼는 곳에 관한 추적 정보를 레이더 수신기(104)에 제공하기 위해 레이더 송신기(102) 및 광검출기(900)가 사용되는 예시적인 실시예를 개시한다. 이러한 예에서, 광검출기(900)는 스캔 미러들로부터 광학적으로 다운스트림에(레이더 송신기(102)로부터의 출력에) 위치되며, 이 경우 이러한 광검출기(900)는 (1) 레이더 펄스들(108)에 의해 보여질 주파수들을 포함하는 범위 내 주파수를 보이는 입사 광에 대해 실질적으로 투과성의 창, 그리고 (2) 투과성의 주파수 범위 내가 아닌 주파수를 보이는 입사 광에 대한 광검출기로서 작동된다. 그에 따라, 광검출기의 도핑/진성 층 및 기판은 레이더 펄스들(108)이 투과성의 주파수 범위 내에 속하는 한편 다른 주파수의 광은 흡수 및 검출되도록 선택될 수 있다. 입사 광 주파수에 기초하여 이러한 투과 대 흡수/검출의 이원적 속성을 보이는 광검출기의 영역은 광학적으로 투과성인 케이싱에 하우징될 수 있다. 광검출 동작들을 지원하는 광검출기(900)의 전자 회로는 투과성일 필요는 없는 광검출기(900)의 다른 영역에 하우징될 수 있다. 그러한 광검출기(900)는 이색성 광검출기로 지칭될 수 있다.

[0041] 도 9의 레이더 송신기(102)는 광검출기(900)에 의해 흡수되고 광검출기 출력 신호(904)(예를 들어, 광전류(q))로 변환될 주파수의 광(902)을 출력하는 제2 광원(예를 들어, 제2 집중-조준된 광원)을 구비한다. 광(902)은 레이저 광, LED 광, 또는 광검출기(900)에 의해 정밀한 국한된 검출에 적합한 임의의 다른 광일 수 있다. 레이더 송신기(102)는 스캔 미러들이 레이더 펄스(108)와 동일한 방식으로 광(902)을 보내도록 광(902)을 레이더 펄스(108)와 정렬시킬 수 있다. 광검출기의 출력 신호(904)는 광(902)이 광검출기(900)를 치는 곳의 x,y 위치를 나타낼 것이다. 광(902)의 레이더 펄스(108)와의 정렬에 기인하여, 이는 신호(904)가 또한 레이더 펄스(108)가 광검출기(900)를 친(그리고 통과한) 곳을 나타낼 것임을 의미한다. 그에 따라, 신호(904)는 송신기의 미러들이 스캔할 때 레이더 송신기가 타겟으로 삼는 곳을 추적하는 추적 신호로서의 역할을 한다. 각 레이더 펄스가 송신기

(102)에 의해 발사되었을 때에 관한 지식을 갖고, 추적 신호(904)는 그에 따라 레이더 펄스(108)가 범위 지점(110)을 향해 발사될 때 레이더 송신기가 겨냥했던 곳을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 우리는 아래에서 이러한 발사에 대한 타이밍 지식이 어떻게 획득될 수 있는지를 논의한다. 그 다음 레이더 펄스들(108)이 발사된 때 레이더 송신기(102)가 타겟으로 삼았던 곳을 추적하기 위해 추적 신호(904)가 레이더 수신기(104)에서의 제어 회로 또는 시스템 내 다른 지능에 의해 처리될 수 있다. 송신기가 타겟으로 삼는 곳을 정밀하게 아는 것에 의해, 본 시스템은 수신기에 의해 수집되는 데이터의 개선된 위치 장소를 획득할 수 있다. 본 발명자들은 본 시스템이 약 10 mrad의 빔 확산을 위해 1 mrad 또는 더 양호한 빔 지시 정밀도를 이룰 수 있다고 예상한다. 이는 후속 처리가 원래 광학 회절 제한을 초과하여 범위 지점 복귀에 관한 위치 정보를 양호하게 획득하는 것을 가능하게 한다.

[0042] 우리는 이제 레이저 광에 대한 송신 시간 및 수신 시간을 논의할 것이다. 도 10a는 레이더 펄스(108)에 의해 송신기(102)로부터 범위 지점을 향해 그리고 레이더 펄스 반사(112)를 통해 다시 수신기(104)로 취해지는 경로와 별개인 광로가 레이더 송신기(102)와 레이더 수신기(104) 사이에 제공되는 예시적인 실시예를 개시하며, 이를 통해 범위 정밀도를 개선하기 위해, 기준 광(1000)이 송신기(102)로부터 수신기(104)로 전달된다. 뿐만 아니라, 이러한 별개의 광로는 광검출기(600)가 기준 광(1000)의 깨끗한 복사를 수신함을 보장하기에 충분하다.

[0043] 이러한 별개의 광로는 송신기(102)로부터 수신기의 광검출기(600)로의 직접 광로일 수 있다. 그러한 직접 광로를 이용하면, 기준 광(1000)을 수신기의 광검출기(600)로 라우팅하기 위해 미러들 또는 광 섬유들과 관련되는 추가 비용이 회피될 수 있다. 예를 들어, 송신기 및 수신기가 나란한 공간적 배열로 있는 배열에서, 수신기(104)는 광을 송신기(102)로부터 광검출기(600)로 전달하는 핀홀 또는 기타 같은 종류의 것을 포함할 수 있다. 실제로 레이저 송신 전력이 수신된 레이저 복귀 신호보다 상당히 더 강하기 때문에 이러한 직접 광로는 쉽게 보장될 수 있다. 예를 들어, 1㎞에서, 1㎝ 수신동, 및 10% 반사율을 이용하면, 수신기에 의해 감지되는 반사된 광은 송신기 출력에서의 광보다 10억배가 넘게 더 작을 것이다. 그로 인해 미러(904)의 출력으로부터 다운스트림에 위치되는 케이싱을 갖는, 104에서의 레이더 수신기 케이싱에서의 작은, ㎛ 규모의 핀홀은 이러한 직접 링크를 수립하기에 충분할 것이다. 다른 실시예에서, 공급되는 광섬유는 주요 섬유 레이저원으로부터 나뉘고 일그러짐이 없는 기준 광(1000)을 광검출기 상으로 유도하기 위해 사용되는 직접 광로를 제공할 수 있다.

[0044] 레이더 펄스(108)가 환경으로 발사될 때 정확한 시간 및 정확한 위치에 생기는 기준 광(1000)은 범위 결정 시 사용하기 위한 시간 지연 측정을 용이하게 하기 위해 레이더 펄스(108)와 동일한 펄스일 수 있다. 다시 말해, 기준 광(1000)은 필드로 보내지는 것들과 동일한 펄스 파형을 갖는 광자들을 포함한다. 그러나, 필드로부터의 레이더 펄스 반사와 달리, 기준 광 펄스는 잡음 및 확산이 없이 깨끗하다.

[0045] 그에 따라, 도 10a에서의 레이더 수신기(104)의 예시적인 확대도에 도시된 바와 같이, 광검출기(600)는 별개의 광로를 통해 기준 펄스(1000)를 그리고 그 다음 이후에 반사된 레이더 펄스(112)를 수신한다. 광검출기(600)에 의해 감지된 신호는 그 다음 ADC(1002)에 의해 디지털화되고 두 개의 채널로 분리될 수 있다. 제1 채널에서, 지연 회로/연산자(1004)는 지연된 신호(1008)를 생성하기 위해 디지털화된 신호(1006)를 지연시킨다. 지연된 신호(1008)는 그 다음 상관 연산(1010)을 통해 디지털화된 신호(1006)와 비교된다. 이러한 상관 연산은 (알려진) 펄스 길이와 동일하거나 그것을 초과하는 시간 간격에 걸쳐 가산되는 각 항(1006, 1008)의 곱일 수 있다. 신호(1006)가 신호(1008)를 거쳐 상관 연산(1010)을 통해 효과적으로 슬라이스됨에 따라, 상관 출력(1012)은 두 개의 신호가 서로 정렬될 때 최댓값에 이를 것이다. 이러한 정렬은 기준 펄스(1000)와 반사된 펄스(112) 간 지연을 나타낼 것이고, 이러한 지연은 높은 분해능 거리 결정을 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 기준 광 신호(1000)가 반사된 레이더 펄스(112)보다 3개의 디지털 샘플 더 빠르게 도달한다고 가정하다. 이러한 두 개의 신호가 동일하고(반사에 어떤 펄스 확산도 없음), 환산 계수 {1, 2, 1} 내에서 동등하다, 즉 송신 펄스가 세 개의 샘플 동안 계속된다고 가정하자. 그 다음 1004에서 제로의 지연에 대해, 펄스 길이의 두 배를 가산하면, 출력은 {1,2,1,0,0,0} 곱하기 {0,0,0,1,2,1}이다. 다음으로 1004에서 1 샘플만큼 지연된다고 가정하자. 그 다음 출력은 합[{0,1,2,1,0,0} 곱하기 {0,0,0,1,2,1}]=1이다. 다시 1 샘플만큼 지연을 증분할 경우, 상관 출력(1012)로서 4를 얻는다. 다음 샘플 지연 증분에 대해서는, 6의 상관 출력을 얻는다. 그 다음, 다음 샘플 지연 증분에 대해서는, 4의 상관 출력을 얻는다. 다음 두 개의 샘플 지연 증분에 대해서는, 각각 1 및 그 다음 제로의 상관 출력들을 얻는다. 세번째 샘플 지연은 가장 큰 상관 출력을 생성하여, 기준 광과 반사된 레이더 펄스 간 지연을정확하게 찾는다. 뿐만 아니라, 1 ㎞의 범위에 대해, 송신기가 매 초 150,000개의 펄스를 발사할 수 있다고 예상될 수 있다는 것을 고려하면, 수신기가 레이더 펄스 반사(112)로부터 돌아오는 광 없이 기준 광(1000)의 깨끗한 복사를 얻음을 보장하기에 충분한 타이밍 공간이 있을 것이라고 예상된다. 도 10a에 의해 도시된 지연 및 상관 회로는 또한 매치 필터로 지칭될 수도 있다. 매치 필터는 FPGA 또는 신호 처리 회로(606)의 부분을 형성하는 다른

프로세서로 구현될 수 있다.

[0046] 도 10a의 예가 수신기에서 단일 광검출기(600) 및 ADC(1002)를 도시하지만, 복귀 펄스(112) 및 기준 광(1000)을 검출하기 위해 별개의 광검출기들이 사용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 또한, 이러한 광검출기들로부터의 출력들을 디지털화하기 위해 별개의 ADC들이 사용될 수 있다. 그러나, 복귀 펄스(112) 및 기준 펄스(114)에 의해 공유되는 단일 광검출기 및 ADC가 구현 시 성능 손실 없이 비용 절감을 가져올 것이라고 믿어진다. 또한, 샘플링된 복귀 펄스(112)의 보간이 펄스(1000)를 사용하여 또한 기준으로서 수행될 수 있다. 위에서 설명된 흐름을 사용하여 수행되어, 피크를 찾은 후, 본 시스템은 기준 광 신호를 먼저 보간할 수 있다. 이는 임의의 바람직한 보간 기법, 이를테면 스플라인, 사인 함수 보간, 제로 패드 및 FFT 등을 사용하여 이루어질 수 있다. 본 시스템은 그 다음 피크 값 주위 수신 신호를 보간하고 위에서 설명된 흐름을 반복한다. 새로운 피크는 이제 보간된 값이다. 이전 예로 돌아가, {1,1.5,2,1.5,1,0,0,0,0,0,0}을 얻기 위해 기준 광 펄스를 보간하고, {0,0,0,1,1,5,2,1,5,1}을 얻기 위해 마찬가지로 수신 신호를 보간한다고 가정하자. 그 다음 본 시스템은 슬라이스하고, 곱하며, 합한다. 단순하게 레이더 복귀 보간 단독을 "신뢰하는 것"에 비한 이것의 이점은 기준 광과의 상관이 레이더 복귀에서 잡음을 제거한다는 것이다.

[0047] 기준 펄스(1000)를 레이더 펄스(108)와 파형이 동일하게 만드는 것은 이러한 배열이 샷마다 펄스(108)의 변화를 고려할 수 있기 때문에 범위 검출의 정확도 개선에 기여한다. 구체적으로, 펄스 에너지 캘리브레이션(이는 단순히 송신 상의 에너지를 측정하는 기술임)을 사용하여, 범위는 파형으로부터 개선되고, 반사율 측정은 세기에 의해 개선된다. 범위 케이스는 도 10b에 의해 도시된 모델링 결과들에서 밝혀진다. 도 10b의 수직 축은 $\pm$ x cm, 즉 cm로 측정된 x 표준 편차들로서 측정되는 범위 정확도이고, 도 10b의 수평축은 SNR이다. 이러한 모델이 1 ns 반치전폭 가우시안 펄스에 적용된다. 도 10b에 도시된 맨 아래 선은 이상적인 경우이다. 부근 실선(121)은 1 피코초의 시각 흐트러짐을 갖는 ADC에 대한 도표이며, 이는 2GHz ADC들에 대해 시중에서 쉽게 입수 가능한 흐트러짐 수준이다. 아래에 도시된 두 개의 곡선(121)의 성능을 비교함으로써, 도 10b로부터 흐트러짐이 cm 미만 분해능을 달성 시 제한 요인이 되지 않는다는 것을 볼 수 있다. 구체적으로 더 아래 곡선(흐트러짐이 없음) 및 더 윗 곡선(흐트러짐)은 매우 높은(그리고 일반적으로 달성될 수 없는) SNR [~1000]에서 단지 1 밀리미터만큼 상이하다. 그러나, 펄스 변화는 상당한 제한이다. 이는 120으로 알게 되며, 이는 5% 펄스 대 펄스 파형 변화와 함께 이용 가능한 성능, 시중의 나노초 펄싱된 레이더 시스템들에서의 공통 한계이다. 120과 121 간 차이는 SNR의 함수로서 피크를 찾는 것 그리고 보간 양자에 대해 개시된 도 10a 기술의 예시적인 실시예들에 의해 이루어지는 개선점이다.

[0048] 이러한 절차의 계산적 복잡성이 양호하게 기존 FPGA 디바이스들의 범위 내임을 언급함으로써 범위 정밀도에 대한 논의를 결론 짓는다. 일 실시예에서, 상관 및 보간은 이전 임계가 반사된 라이더 펄스에서 도착하는 데이터에 의해 교차된 후 구현될 수 있다. 이는 어떤 성능도 손해보지 않고, 복잡도를 매우 감소시킨다. 상관 및 보간의 의도가 거리 측정- 검출 그 자체가 아니라 -을 개선하기 위한 것임을 상기하자, 따라서 이러한 동작들을 지연시키고 그것들을 성능을 약화시키지 않고 단지 검출된 범위 유선들의 근방 계산들에 적용한다. 통상적으로 기준 광 펄스가 매우 짧기 때문에 그것의 단지 3개의 샘플이 취해진다. 입방 모델들을 사용하는 이러한 20겹 보간은 단지 약 200 연산을 필요로 하고, 공칭 100,000 샷을 갖고, 샷마다 한 번 씩 이루어진다. 레이더 수신 펄스에 대한 매칭 필터 및 보간 전 총 부담은 그 다음 20M플롭이다. 처리할 것으로 가장 큰, 첫번째 그리고 마지막 펄스를 선택할 경우, 이는 현재 시중의 디바이스들에서 이용 가능한 테라플롭스와 비교하여, 100M플롭 미만까지 발휘한다.

[0049] 뿐만 아니라, 도 11a는 활성 센서들/픽셀들(602)에 의해 감지된 신호들의 SNR을 개선하기 위해 피드백 회로(1100)를 채용하는 수신기 설계의 예시적인 실시예를 개시한다. 피드백 회로(1100)는 수신된 레이더 펄스 복귀(112)와 공진하는(이 경우 레이더 펄스(108) 및 복귀 펄스(112)는 예시적인 실시예에서 가우시안 펄스 파형을 보일 수 있음), 매칭 네트워크로서 구성됨으로써, 신호를 높이고 잡음을 저지할 수 있다. 광검출기 성능은 피치(각 요소의 영역) 및 대역폭의 함수이다. 수동 이미저들은 입사 임시 신호 구조에 대한 사전 지식이 없고 그에 따라 성능을 조정할 수 있는 어떤 능력도 가지지 못한다. 그러나, 레이더 송신기가 압축 감지를 채용하는 예시적인 실시예들에서, 송신된 레이더 펄스(108)는 그것이 지정된 범위 주사 내 도달 시간임에 따라, 알려져 있다. 이러한 지식은 검출기 전류를 필터링하고, 신호 세기를 증가시키며, 수신기 잡음을 필터링하는 매칭 네트워크 피드백 루프를 가능하게 할 수 있다. 피드백 회로에 의해 제공되는 피드백 이득은 제어 회로로부터 제어 신호(1102)를 통해 제어될 수 있다. 뿐만 아니라, 제어 회로(608)는 또한 수신기에 대한 동작 상태에 대한 더 많은 정보를 얻기 위해 신호 처리 회로(606)와 통신할 수 있다.

[0050] 피드백 회로(1100)의 매칭 네트워크는 RF 결합 잡음 및 교차 채널 임피던스 잡음을 최소화하기 위해 검출기

(600)의 In-GaAs 기판에 내장될 수 있다. 추가 매칭 네트워크들의 검출기 칩 상으로의 비용은 최소이다. 나아가, 이러한 매칭은 보통 이용 가능한 것보다 양호한 암전류, 주변광, 그리고 존슨 잡음 억제를 얻게 한다. 이는 또한 요구되는 레이저 전력을 감소시키며, 이는 레이더 펄스들(108)에 대한 1.5㎛ 파장과 조합될 때, 눈에 매우 안전한 솔루션을 초래한다. 매칭 네트워크들은 다수의 폴, 증폭기, 및 스테이지와 더 복잡한 매칭 네트워크들로 구성될 수 있다. 그러나, 단일 폴은 이미 상당한 이점들을 제공한다. 신호 처리 회로(606)로의 입력은 이러한 커널의 컨볼루션 및 곱 불변에 기인하여, 다중화기, 피드백, 또는 픽셀들의 크기 변화의 복잡도에 관계없이 가우시안일 수 있음에 주의하자.

[0051] 도 11b는 피드백 회로(1100)가 어떻게 설계될 수 있는지에 대해 부연하는 예를 도시한다. 매칭 네트워크는 제어 회로(608)에 의해 제공되는 이득 제어기를 갖는 제어 피드백 루프(1104)에, 하나 이상의 증폭기(1102)를 수반한다. 매칭 네트워크는 mux(604)으로의 모든 입력선 상에 존재할 수 있고, 도 11b는 예시의 용이함을 위해, 그러한 단일 네트워크를 단지 점선 박스(1120) 내에 도시한다. 피드백 이득은 일반적으로 피드백 회로의 입력/출력 관계들을 모델링하기 위해 미분 방정식들을 사용하여 최대 SNR을 내도록 선택된다. 실제로는 제어 루프는 노화, 열적 영향, 및 주변광의 가능한 변동에 기인한 드리프트를 고려하기 위해 mux 출력을 모니터링하고 증폭기들(1102)을 조절하기 위해 설계될 수 있다. 그러나 본 출원에 강한 산란체들, 다른 레이더 펄스들, 또는 더 정확히 말하면 대역 내 태양광, 전조등들 또는 다른 오염체들로부터의 간섭을 제거하도록 필터(예를 들어, 와이너 필터 또는 LMS(least mean squares) 필터)를 구축하기 위해 두 개 이상의 디지털 채널을 채용하는 실시예들이 또한 개시된다. 또한, 피드백 회로는 샷마다 출력에 오염체로부터의 모든 포화를 회피하기 위해 각 샷마다 리셋될 수 있다.

[0052] 피드백 제어는 1122에서의 표기를 사용하여, 가우시안 펄스 파형이 레이더 펄스(108)에 대해 사용될 경우(이 경우 모든 공간 신호 신호가 정규 분포되어 유지됨) 훨씬 간략화될 수 있다. 그에 따라, 예시적인 실시예에서, 레이더 펄스(108) 및 그것의 복귀 펄스(112)는 가우시안 펄스 파형을 보일 수 있다. 그러한 예시적인 실시예(이 경우 레이저 펄스(108)가 가우시안임)에서, 펄스의 푸리에 표현 또한 가우시안이고, 제어 회로(608)에 의한 이득 선택은 다루기 쉬워, 빠르고 정밀한 적응을 보장한다.

[0053] 도 11b에 의해 도시된 설계의 다른 획기적인 측면은 광검출기 어레이(600) 내 복수의 센서(602)에 대해 육각형 형상의 픽셀들을 사용하는 것이다. 음영 처리된 영역(1130)은 주어진 시간에 신호 처리 회로(606)로 전달하도록 선택되는 선택된 픽셀들의 서브 세트를 나타낸다. 어느 픽셀들(602)이 다중화기(604)에 의해 선택되는지를 적응적으로 선택함으로써, 수신기는 픽셀들/센서들(602)을 가산 또는 감산함으로써, 음영 처리된 영역(1130)의 크기를 성장 또는 축소시킬 수 있다. 픽셀들/센서들(602)의 육각형 형상은 각 육각형이 6개의 서로 이웃하는 것을 갖기 때문에 결함 허용에 유지한 형상을 제공한다. 뿐만 아니라, 광검출기 어레이(600)의 픽셀들/센서들(602)은 기술자에 의해 요구되는 경우 상이한 크기들 및/또는 형상들을 보일 수 있다. 예를 들어, 픽셀들/센서들 중 몇몇 픽셀/센서는 크기가 더 작을 수 있는 한편(예를 들어 1132 참조) 다른 픽셀들/센서들은 크기가 더 클 수 있다(1134 참조). 뿐만 아니라, 몇몇 픽셀/센서는 육각형일 수 있는 한편, 다른 픽셀들/센서들은 상이한 형상들을 보일 수 있다.

[0054] 도 12는 수신기가 광검출기 어레이(600)의 활성 영역을 어떻게 적응시키는지를 제어하기 위한 적응적 제어 기술들을 구현하기 위한 예시적인 처리 흐름을 도시한다. 단계 1200에서, 서브 세트(1130)에 포함할 적합한 픽셀들의 리스트가 정의된다. 이러한 리스트는 어느 픽셀들(602)이 서브 세트(1130)에 포함하기 위해 선택되기에 적합한지를 나타내는 데이터를 포함하는 임의의 데이터 구조(1202)일 수 있다. 그러한 데이터 구조는 도 12 처리 흐름을 구현하는 프로세서에 액세스 가능한 메모리에 유지될 수 있다. 도 12의 예가 적합한 픽셀들(602)을 식별하는 리스트(1202)를 식별하지만, 데이터 구조(1202)가 또한 서브 세트(1130)에 포함하기에 적합하지 않은 픽셀들을 식별하는 효과적인 블랙리스트로서의 역할을 할 수도 있다는 것을 이해해야 한다.

[0055] 단계 1204에서, 처리 로직(예를 들어, FPGA) 및/또는 다른 프로세서를 포함할 수 있는 회로(예를 들어, 신호 처리 회로(606) 및/또는 제어 회로(608))는 어레이(600)에 의해 감지되는 광(이는 어레이에서 활성인 픽셀들(602)의 서브 세트에 의해 감지될 수 있음) 또는 환경 장면으로부터 정보를 도출하도록 작동한다(예를 들어, 카메라/비디오 이미지들을 처리함으로써). 이러한 도출된 정보는 정보 이를테면 임의의 포화 조건들이 존재하는지 여부, 임의의 픽셀들이 오작동하고 있는지 여부, 시야 내에 잡음이 높은 임의의 영역들이 있는지 여부 등을 포함할 수 있다. 적응적 제어를 위해 유용할 수 있는 도출된 정보의 예들은 아래에서 논의된다. 뿐만 아니라, 과포화 상태들이 특정 픽셀들(예를 들어, 강한 입사 광에 의해 가려지는 픽셀들)에 기인할 수 있고/거나 서브 세트(1130)에 포함되는 픽셀들에 의한 픽셀 판독치들의 조합으로부터 기인하는 집합 신호에 기인할 수 있다(이 경

우 픽셀 출력들의 집합은 처리 회로의 선형 동작 범위를 과포화한다)는 것을 이해해야 한다.

[0056] 단계 1206에서, 적합한 픽셀들의 리스트(1202)는 단계 1204에서 도출딘 정보에 기초하여 조절된다. 예를 들어, 주어진 픽셀이 단계 1204의 결과로서 오작동하고 있는 것으로 밝혀진 경우, 이러한 픽셀은 단계 1206에서 리스트(1202)로부터 제거될 수 있다. 유사하게, 단계 1206에서 임의의 과포화된 픽셀들이 리스트(1202)로부터 제거될 수 있고/거나 시야의 과잡음 영역들에 상응하는 임의의 픽셀들(예를 들어, 잡음이 임계를 초과하는 영역들)이 리스트(1202)롭터 제거될 수 있다.

[0057] 다음으로, 단계 1208에서, 시스템은 타겟이 되는 범위 지점에 기초하여 적합한 픽셀들의 리스트(1202)로부터 픽셀들을 선택한다. 이는 도 8의 단계 804와 관련하여 설명된 바와 같이 수행될 수 있으나, 이 경우 리스트(1202)는 스캔 영역/시야 내 타겟이 되는 범위 지점의 위치의 함수로서 선택되기에 적합한 픽셀들의 풀을 정의한다. 그에 따라, 타겟이 되는 범위 지점이 어레이에서의 픽셀(1140)에 맵핑되고 서브 세트(1130)가 픽셀(1140)에 이웃하는 모든 픽셀을 보통 포함할 경우, 도 12의 적응적 제어 기술은 픽셀(1140)의 좌상측 이웃하는 픽셀이 단계 1206에서 리스트(1202)로부터 제거되었을 경우(예를 들어, 검출된 이상 또는 기타 같은 종류의 것에 기인하여) 좌상측 이웃하는 픽셀이 서브 세트(1130)에 포함되지 않도록 서브 세트(1130)를 정의하도록 작용할 수 있다. 뿐만 아니라, 단계 1208은 또한 어느 적합한 픽셀들이 서브 세트에 포함되는지에 영향을 미치기 위해 단계 1204에서 도출된 정보를 사용하도록 작용할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 추가 픽셀들이 도출된 정보에 기초하여 활성 센서 영역의 크기를 증가시키기 위해 서브 세트(1130)에 추가될 수 있다. 유사하게, 활성 센서 영역의 크기는 도출된 정보에 기초하여 서브 세트(1130)에서의 더 적은 픽셀들을 사용함으로써 수축될 수 있다. 그에 따라, 또한 선택된 서브 세트(1130)에 의해 정의되는 활성 영역의 크기가 단계 1204에서 도출된 정보에 기초하여 샷마다 변동할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0058] 단계 1210에서, 단계 1208에서 선택된 픽셀들이 서브 세트(1130)에 포함되고, MUX가 그 다음 선택된 서브 세트(1130)에 포함되는 픽셀들로부터의 출력들을 판독/조합하기 위해 제어된다(단계 1212). 그 후, 처리 흐름은 다음 레이더 펄스 샷을 위해 단계 1204로 되돌아간다. 그에 따라, 도 12의 처리 흐름은 어레이(600)에서의 어느 픽셀들이 레이더 펄스 복귀를 감지하기 위해 사용되는지 지능적으로 그리고 적응적으로 제어하기 위한 기술을 정의한다는 것을 알 수 있다.

[0059] 뿐만 아니라, 도 12 처리 흐름은 또한 송신기 동작에 영향을 미치기 위해 사용될 수도 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 적합한 픽셀들의 리스트(또는 부적합한 픽셀들의 리스트)가 그것의 샷 리스트들 상의 샷들의 타이밍/순서를 조절하기 위한(예를 들어, 수신 상의 잡음에 의해 오류가 생길 수 있을 샷들을 회피) 레이더 송신기에 의한 사용을 위해 레이더 송신기에 제공될 수 있다. 더 나아가, 예로서, 단계 1204에서 도출된 정보가 MUX(604)에 의해 생성되는 집합 신호가 과채식됨을 나타낼 경우, 레이더 송신기는 수신측 상의 과포화 가능성을 줄이기 위해 레이더 펄스들(108)에 의해 사용되는전력을 줄일 수 있다. 그에 따라, 그러한 과포화가 수신기에 오류를 생기게 할 때, 레이더 송신기는 레이더 펄스(108)에 대한 전력을 감소시키고 감소된 전력 펄스를 재송신함으로써 오류가 생긴 샷을 반복할 수 있다.

[0060] 또한 본 출원에는 레이더 시스템에 의해 채용될 수 있는 제어 기술들의 특정 예들이 개시된다. 각 제어 기술이 개별적으로 논의될 것이고 그 자체로 구현할 수 있는 것으로 이해되어야 하지만, 이러한 제어 기술들 중 다수의 제어 기술이 적응적 수신기에 대한 성능을 더 개선하기 위해 함께 종합될 수 있다는 것을 또한 이해해야 한다. 이와 같이, 많은 경우 이러한 제어 기술들의 종합된 조합들은 상승적이고 보강될 것임을 이해해야 한다. 다른 경우들에서는, 수신기에 대한 바람직한 동작 특성들에 기초하여 기술자에 의해 해결되어야 할 상충점들이 존재할 수 있다.

[0061] *적응적 결함 허용 마스크:*

[0062] 종래 이미징 어레이를 이용하면, 손상 픽셀은 통상적으로 돌이킬 수 없는 손실로 이어진다. 그러나, 본 출원에 설명된 적응적 제어 특징들을 이용하면, 오작동 픽셀(602)이 최소한의 영향을 갖는다. 예를 들어 500개의 픽셀(602)의 어레이(600)를 갖는다고 가정하자. 그 다음 7-픽셀 수퍼/합성 픽셀(1130)(지정된 픽셀(1140) 및 그것의 이웃하는 픽셀들)에 원거리 필드 장면을 맵핑하는 렌즈를 갖는다고 가정하자. 하나의 픽셀을 손실하는 것은 순 광자 에너지의 1/7의 손실로 이어진다. 검출기 어레이가 샷 잡음 제한될 경우라면, 전체 이미징 어레이에 대한 100% 손실에 대응하여, 단지 7% 에너지만 손실된다. 레이더 송신기가 압축 감지를 채용하는 실시예에 적용될 때 결함 허용 적응적 마스크에 대한 예시적인 제어 흐름이 제시된다. 어느 픽셀들(602)이 활성 센서들의 선택된 서브 세트에 포함되는지 그리고 그렇게 포함되지 않는지를 정의하기 위해 마스크가 제어 회로(608)에 의해 사용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 마스크는 각 비트 위치가 어레이(600)에서의 상이한 픽셀에 상응하

는 데이터 신호일 수 있다. "1"의 값을 갖는 비트 위치들에 대해, 상응하는 픽셀(602)은 선택된 서브 세트에 포함될 것이지만, "0"의 값을 갖는 비트 위치들에 대해, 상응하는 픽셀(602)은 선택된 서브 세트에 포함되지 않을 것이다.

[0063] 광을 검출할 수 없는 픽셀(602)(즉, "데드(dead)" 픽셀 또는 "흑색(dark)" 픽셀)은 그러한 데드 픽셀이 잡음을 더할 것이나 감지된 집합 신호에 대해 어떤 신호도 선택된 서브 세트에 의해 정의되는 합성 픽셀에 상응하지 않기 때문에 선택된 서브 세트에 포함되지 않아야 한다. 뿐만 아니라, 오작동 픽셀들이 단지 데드 픽셀들로 제한되지 않아야 한다는 것을 이해해야 한다. 입사 광이 수신되는지 여부에 상관없이 출력 신호를 생성하는 픽셀(602)(예를 들어, "스턱(stuck)" 픽셀 또는 "백색(white)" 픽셀) 또한 선택된 서브 세트에서 생략되어야 한다. 실제로, 백색 픽셀은 백색 픽셀에 의해 생성되는 스턱 전하가 합성 픽셀에서의 모든 복귀에 휘광을 더하는 지속적인 밝은 판독을 초래할 수 있기 때문에 흑색 픽셀보다 훨씬 더 나쁠 수 있다. 어느 픽셀들(602)이 오작동으로 검출되는지에 기초하여 어느 픽셀들(602)이 선택된 서브 세트에 포함되는지를 조절할 수 있는 적응적 결함 허용 마스크를 생성하기 위한 예시적인 제어 처리 흐름이 아래에서 설명된다.

[0064] 1: 배경 픽셀 상태 프로브 샷 스케줄 반복률 T를 선택

[0065] (예를 들어, 공칭 시간당 한 번)

[0066] 2: 분해: 지난 이전 시간 블록 T에서 S, 조명할 것으로 아직 선택되지 않은 픽셀들의 세트를 식별 S1, S2로 분해, 전자는 주소 지정 가능한(장면에서 강한 복귀) 한편 후자는 주소 지정 가능하지 않은 것으로 정의된다(예: 지평선상). S1, S2는 시변이라는 것에 주의하자.

[0067] 3: 샷 리스트: S1, S2를 샷 리스트에 입력.

[0068] 4: 1-3으로부터의 복귀들의 분석으로부터 식별되는 결함 타일들을 선택 해제 하기 위한 마스크를 구성(어떤 복귀도 없거나 이례적인 이득 중 어느 하나). 수퍼픽셀 크지는 렌즈 및 타일 피치에 기초하여 선택될 수 있으나 공칭 7일 수 있다.

[0069] 5: 1-4를 반복.

[0070] 6: 평균: 위에서의 내용에서, 필요할 경우, 이동 평균들을 픽셀 프로브 상에 적용, 그리고 적응적 계측학을 포함.

[0071] 완화 없이 단일 결함들이 이용할 수 없는 전체 FOV를 렌더링할 수 있기 때문에, 이러한 방식의 결함 허용은 안전을 높이는 데 유용한 단계일 수 있다.

[0072] *제어 동적 범위에 대한 적응적 마스크:*

[0073] 어느 픽셀들의 서브 세트들이 주어진 시간에 활성화되는지에 관한 적응적 제어가 또한 시스템의 동적 범위를 조절하기 위해 사용될 수 있다. 범위 지식에 기초하여, 합성 픽셀에 의해 생성되는 신호는 예측 가능한 세기를 가질 것이다. 선택된 서브 세트에 포함되는 픽셀들(602)에 의해 정의되는 합성 픽셀의 크기를 조절함으로써 ADC 사전-필터 및/또는 ADC 그 자체에서의 복귀의 동적 범위를 감소시키는(또는 증가시키는) 마스크가 구성될 수 있다. 예를 들어, 통상적인 합성 픽셀이 7개의 픽셀(도 11b에서의 1130 참조)일 경우, 그것이 7개의 픽셀에서 단일 픽셀로 떨어지도록 서브 세트를 조절하는 것은 에너지를 7배(또는 대략 3 비트)만큼 감소시킨다. 광검출기들은 광 진폭이 아니라, 광 에너지를 측정한다. 그 결과, ADC의 동적 범위는 진폭을 측정하는 종래 통신 및 레이더 회로들에 대한 동적 범위의 제곱이다. 그 결과, 동적 범위를 적절하게 제어하는 것이 레이저 시스템들에 대한 기술적 난제이다. 예를 들어, 10-500m에 걸쳐 작동하도록 조정된 레이더 시스템은 고정된 반사율 및 레이저 전력에 대해, 2500만큼의 단일 복귀 동적 범위 변화를 겪을 것이다. 부근 객체가 수신기를 포화할 경우, 더 먼 타겟은 손실될 것이다. 따라서, 예시적인 실시예는 mux 회로에서 선택된 서브 세트로부터 임의의 픽셀들을 삭제할 필요를 평가하기 위해 순시 시야 내 이전 샷 범위 복귀에 대한 분석을 포함할 수 있다. 그 결과, MUX가 아래에서 개요가 서술될 바와 같이, 영역(1130)의 하나 이상의 픽셀로부터 센서 신호(들)를 떨어뜨리게 하는 것이 바람직할 수 있다. 복귀 신호의 동적 범위를 제어하기 위한 적응적 마스크를 생성하기 위한 예시적인 제어 처리 흐름이 아래에서 설명된다.

[0074] 1. 선택적 또는 압축 감지 중 어느 하나로부터 획득되는, 관심 펄스 복귀로부터의 범위 복귀 검사.

[0075] 2. 몇몇 범위 샘플에 대한 MSB(최상위 비트)에서의 ADC 리포트들에 의해 입증될 바와 같이, 임의의 포화 결함을 식별.

[0076] 3. 포화된 범위 샘플을 원점의 정밀한 방위각 및 고도에 맵핑. 이는 특히 더 긴 범위에서 이는 빔 확산이 보다 확연해질 때, 상황에 미루어 원점을 결정하기 위해 인접한 셀들을 탐색하는 것을 수반할 수 있다.

[0077] 4. 3으로 식별되는 원점에서 더 큰 이득을 나타내는 픽셀들을 블로킹함으로써 포화를 감소시키도록 마스크를 변경.

[0078] 5. 또한 필요에 따라 단지 더 작은 영역의 픽셀들을 선택함으로써 마스크를 변경.

[0079] *간섭 레이더 펄스 충돌들을 제거하기 위한 적응적 마스크:*

[0080] 수신기에 의해 감지되는 광에서의 다른 가능성 있는 잡음원은 간섭 레이더 펄스로부터의 충돌이다. 예를 들어, 레이더 시스템이 이동하는 자동차들 상에 채용되는 적용예에서, 광검출기 어레이(600) 상에 입사되는 들어오는 광은 대상 레이더 시스템을 운반하는 차량으로부터 레이더 펄스 복귀(112) 뿐만 아니라 상이한 차량에 의해 운반되는 상이한 레이더 시스템으로부터의 레이더 펄스 또는 레이더 펄스 복귀(간섭 "차 이외" 펄스)도 포함할 수 있다. 그러한 간섭 펄스들의 적응적 구분은 다른 레이더 시스템들로부터의 강한 간섭 펄스들과 연관되는 픽셀들을 삭제함으로써 선택된 픽셀들(602)의 서브-마스크를 생성함으로써 이루어질 수 있다. 위에서 참조되고 통합된 특허 출원들은 펄스 인코딩이 어느 레이더 펄스들이 "자체" 펄스들인지 그리고 "이외"의 펄스들(예를 들어, "차 이외"의 펄스들)인지에 관한 분석을 가능하게 하기 위해 어떻게 채용될 수 있는지를 설명한다. 예를 들어, 그러한 인코딩이 픽셀(1134)이 간섭 레이더 펄스로부터의 에너지를 포함한다는 것을 검출하기 위해 사용된다고 고려하자. 그 다음 어느 것이 간섭을 수신하고 있는지 보기 위해 어레이의 픽셀들(예를 들어 클러스터(1130)를 갖는)을 통해 스캔할 것이다. 일 실시예에서, 이는 인코딩을 사용하여 "자체" 라이더 펄스를 제거하는 것을 수반하여, 감산 이후 결과로 생긴 신호를 측정하고 미리 결정된 임계와 비교할 것이다. 다른 실시예에서, 본 시스템은 간단히 MUX 출력을 분석하고, "자체" 펄스 인코딩 신호에서 감산하며 나머지를 임계와 비교할 것이다. 본 실시예는 마주치게 되는 간섭의 심각도, 그리고 이용 가능한 프로세서 자원들에 의존할 것이다. 그러한 검출 시, 제어 회로(608)는 선택된 서브 집합에 포함하기에 적합한 픽셀들의 리스트로부터 이러한 픽셀(1134)을 제거할 수 있는 한편 간섭 픽섹은 그러한 픽셀(1132)로 정합된다.

[0081] 본 시스템은 또한 밤 시간 동작들 동안 수동 비디오로부터 전조등 소스 국한에 기초하여 픽셀들을 제거한다(여기서 운용상의 보수적인 가정은 전조등을 갖는 모든 차량이 레이더 송신기를 갖는다는 것). 뿐만 아니라, 펄스 충돌 검출이 차 이외의 펄스들을 드러내기 위해 사용될 수 있기 때문에, 이러한 정보는 임의의 선택된 차 이외의 레이저원을 목적하는 신호로서 처리하고, 나머지(차 자체의 레이더 펄스들을 포함)를 감산하며, 이러한 간섭이 가장 큰 곳을 찾기 위해 어레이의 픽셀들을 스캔하기 위해 사용될 수 있다. 그렇게 해서, 그 다음 후속하여 제거될 수 있는, 각각의 간섭 레이저원의 소스를 식별할 것이다.

[0082] *강한 산란체 제거를 위한 적응적 마스크:*

[0083] 수신기에 의해 감지되는 광에서의 다른 가능한 잡음원은 레이더 펄스가 강한 산란 효과를 보이는 객체(예를 들어, 레이더 펄스(108)에 의한 충격 각도에 수직하는 보다 이상적으로 배향된 객체와는 대조적으로 강하게 경사지고 빛을 반사하는 객체) 를 칠 때이다. 다수의 복귀를 보이는 타겟들은 콘텐츠를 지니는 정보를 갖는다. 그러나, 이러한 콘텐츠는 초과 동적 범위에 기인하여 손실될 수 있는데, 이는 가장 큰 복귀가 수신기를 비선형 모드들로 유도하고/거나, 센서 검출 플로서 아래 더 약한 복귀들을 유도하여 포화되기 때문이다. 통상적으로, 직접 복귀는 가장 큰 한편, 연속적인 복귀들은 지면 반동 분산에 의해 약해지나, 이는 반사율이 반동 복귀들에서 더클 때는 그러하지 않다. 어느 경우든, 범위에 가까운 샘플들이 더 높은 동공(확장)을 수신하는 한편(예를 들어, 이 경우 선택된 서브 세트가 어레이(600)의 더 큰 영역을 정의함), 더 먼 범위 샘플들이 동공 수축되도록(예를 들어, 이 경우 선택된 서브 세트는 어레이(600)의 더 작은 영역을 정의함) 마스크를 조절하는 것이 바람직하다. 원거리에서는 레이저 스팟에 대한 큰 각도 범위가 있을 것이다. 강한 근거리 산란체 펄스 복귀가 송신된 펄스에 대한 데이터 획득 윈도우 내에 도달하는 것이 가능하다. 적응적 마스크의 사용은 수신 상의 스팟 빔을 과분해함으로써(예를 들어, 샷 복귀 빔에 의해 커버되는 하나보다 많은 픽셀) 이러한 산란체의 제거를 가능하게 하여, 타겟 셀로의 포화 또는 산란 누출을 감소시킬 것이다. 예를 들어, 개념적으로 1134에서 범위 복귀가 시작되고, 1132에서 더블릿으로 그리고 1130에서 가장 가까운 범위에 이동하는 것을 관찰한다고 가정하자. 그 다음 레이저 펄스가 센서 어레이 전체를 휩쓸 때 상이한 mux 선들을 선택함으로써 마스크를 변경할 것을 제어 회로에 지시할 수 있다.

[0084] *마스크 피드백 제어와 연관된 적응적 샷 타이밍:*

[0085] 압축 감지 시, 동적 범위는 레이저 피크 세기가 타겟 상에 쏠리는 것이 아니라 타겟에 가까운 간섭에서 떨어져

쏠림으로써, 신호 대 반향 비를 증가시키도록 송신기에 의한 레이저 펄스 시간을 의도적으로 맞춤으로써 더 감소될 수 있다. 이는 다른 수단에 의해 획득되는 것을 초과하고 넘는 부근 간섭 억제를 가능하게 한다. 예를 들어, 개념적으로, 상측 센서 셀(1132)이 매우 강한 타겟을 포함하고 또한 1132로 라벨링된 하측의 부근 센서 셀이 또한 타겟을 포함한다고 가정하자. 그 다음 샷 타이밍을 수신된 펄스 샷 조명을 1132 더블릿에서 떨어져 이동시키고 그것을 더 1130을 향해 중심을 두도록 설정할 수 있다. 여기서 가장 가능한 신호 품질을 얻기 위해 수신기 및 송신기를 최적으로 조정하기 위해 샷 타이밍의 유연성(도 9 참조), 그리고 센서 요소들의 선택성(예를 들어, 도 11b 참조)을 사용하고 있다. 마스크가 수신 빔의 빔 피크가 잡음원(예를 들어, 들어오는 트래픽)에서 떨어져 있도록 조정됨을 보장함으로써, 몇몇 경우 강한 산란체들을 95%만큼 감소시키는 한편 타겟 객체는 단지 몇 퍼센트만큼만 약화시키기에 충분한 밀리라디안 거리에서 이미징하는 동안 부근 차량들로부터의 강한 복귀를 감소시킬 수 있다. 예시적인 실시예에서, 선택적 감지가 마스크 파라미터들을 결정하기 위해 사용될 수 있지만, 압축 감지, 또는 고정된 로드맵 기반 솔루션들이 또한 선택될 수 있다. 여기서 예는 레인 구조인데, 이는 대향하는 레인 트래픽이 가장 큰 간섭 볼륨을 내기 때문이다. 그렇게 함으로써 본 시스템은 목적하는 객체 정보를 유지하면서 잡음 영역들을 회피하기 위해 샷들, 또는 샷들의 순서를 조정할 수 있다.

[0086] *마스크 미스캐치에 의한 동적 범위 완화를 위한 적응적 마스크*

[0087] 1130에서의 마스크가 가장 큰 레이더 반사 측정을 제공하도록 선택될 경우, 중심 픽셀이 대부분 에너지를 가질 것이다. 따라서 그것은 다른 것들 중 임의의 것 이전에 포화될 것이다. 따라서 포화 위험을 감소시키기 위한 하나의 접근법은 포화의 증거, 또는 그것에 관한 염려가 존재할 경우 단순히 마스크(1130)로부터 중심 픽셀을 제거하는 것이다.

[0088] *전력 코히런트 간섭 제거를 위한 적응적 마스크:*

[0089] 본 출원에 개시된 발전된 수신기의 하나의 이점은 M(여기서 M은 픽셀 수이다)과는 대조적으로, 단지 단일 데이터 채널이 요구된다는 것이다. 그러나, 제2 채널을 추가함으로써 여전히 저 비용 및 교환 시스템을 유지할 수 있다. 이러한 제2 채널은 제1 채널과 같이, 디지털 컨버터(도 7a 참조)와 유사한 풀 업 또는 전파 시간 디지털화기(도 7b 참조) 중 어느 하나일 수 있다. 어느 실시예든 필터링(이를테면 와이너 필터링 또는 LMS(Least Means Squared) 필터링)을 사용하여 간섭을 최적으로 억제하기 위해 코히런트 조합(세기의)을 가능하게 한다. 두 개의 채널(x,y) 및 타겟 복귀 가중치(w_x, w_y)를 이용하면, 이는 가중치들을 계산하고 가중치들을 w_xx+w_yy의 SNR이 최대화되도록 데이터에 인가하는 것과 동등하다. 그러한 적응적 마스크를 통해, 감지된 광 신호에서의 공간 지향성 잡음 성분이 감소될 수 있다.

[0090] 도 6a 내지 도 12의 실시예들은 특히 도 4 및 도 5a에 의해 도시된 것들과 같은 검출 광학 장치(이 경우 감지된 광은 검출기 어레이(600) 상에 이미징됨)와 짝이 이뤄질 때 유용할 수 있다. 이미지 펄스가 검출기 어레이(600) 상에 이미징되는 실시예들(도 3a, 도 3b, 및 도 5b의 실시예들(또는 이미지가 부분 이미징에 기인하여 "흐릿"한 실시예들))에서, 기술자는 검출된 신호를 특정 픽셀들로 구분할 필요가 적기 때문에 다중화기(604)를 생략하도록 선택할 수 있다.

[0091] 도 13a는 도 5a에 의해 도시된 것과 같은 "직접 검출기" 검출 광학 장치가 채용되고 도 7a의 판독 회로가 채용되는 예시적인 레이더 수신기 실시예를 도시한다. 이러한 예에서, 레이더 수신기는 대략 60x60도 FOV, 그리고 대략 150 m 범위(@SNR=8, 10% 반사율)를 갖게 설계된다. 수신기는 낮은 수의 N-요소 검출기 어레이 이를테면 실리콘 또는 InGaAs PIN/APD 어레이를 채용한다. InGaAs PIN 어레이를 사용할 때, 수신기는 2 cm 입력 구경, 14 mm 초점 길이를 보일 수 있고, 그것은 펄스당 약 4 마이크로줄의 대략 0.2-5.0 나노초 레이저 펄스와 함께 작용할 수 있다. 간섭을 억제하기 위해 공간/각도 구분이 사용될 수 있고, 검출기들이 충분히 높은 충전율을 갖지 않는 경우 검출기 평면에 "데드 스팟들"이 없음을 보장하기 위해 대물 렌즈가 사용될 수 있다. 도 13b는 도 13a 레이더 수신기 실시예의 주간 사용을 위한 SNR 대 범위의 도표를 도시한다. 도 13b는 또한 이러한 실시예에 대한 추가 수신기 특성들을 도시한다. 아주 흥미롭게, 80%의 반사율(금속)의 범위가 600 m를 초과한다. 뿐만 아니라, 최대 범위 포락선은 타겟 반사율들 및 지형/형상에 따라 약 150 m와 약 600 m 사이이다.

[0092] 도 14a는 도 3b에 의해 도시된 것과 같은 검출 광학 장치가 채용되고 도 7a의 판독 회로가 채용되는 예시적인 레이더 수신기 실시예를 도시한다. 이러한 예에서, 레이더 수신기는 대략 50x50도 FOV, 그리고 대략 40 m 범위(@SNR=8, 10% 반사율)를 갖게 설계된다. 도 13a의 실시예와 같이, 수신기는 낮은 수의 N-요소 검출기 어레이 이를테면 실리콘 또는 InGaAs PIN/APD 어레이를 채용한다. InGaAs PIN 어레이를 사용할 때, 도 14a의 수신기는 2 cm 입력 구경을 보이고, 무한 초점의 논-이미징 렌즈를 채용하며, 그것은 펄스당 약 4 마이크로줄의 대략 0.2-5.0 나노초 레이저 펄스와 함께 작용할 수 있다. 도 14b는 도 14a 레이더 수신기 실시예의 주간 사용을 위한

SNR 대 범위의 도표를 도시한다. 도 14b는 또한 이러한 실시예에 대한 추가 수신기 특성들을 도시한다. 아주 흥미롭게, 80%의 반사율(금속)의 범위가 180 m를 초과한다. 뿐만 아니라, 최대 범위 포락선은 타겟 반사율들 및 지형/형상에 따라 약 40 m와 약 180 m 사이이다.

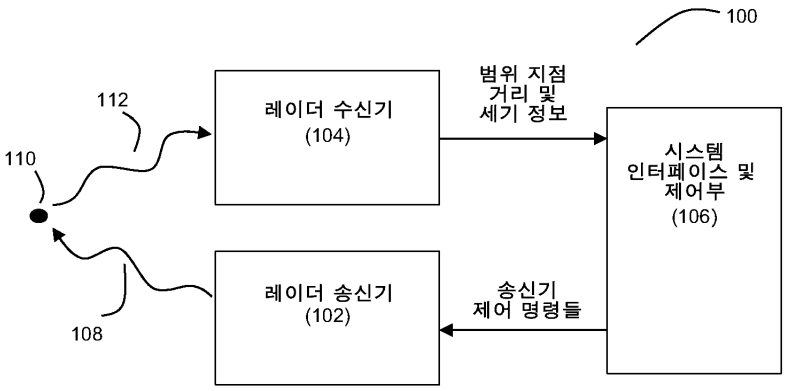
[0093] 레이더 시스템을 구비한 차량의 모션 또는 그것이 추적하는 객체들의 모션 중 어느 하나, 또는 양자를 탐색함으로써, 검출 범위, SNR 및 그에 따른 검출 확률, 또는 양자를 극적으로 개선하는 것이 또한 가능하다. 이는 특히 도로 표면의 낮은 반사율(~20%) 및 펄스 확산 및 관련 SNR 손실에 기인하여 도로 표면을 맵핑하는 데 유용할 수 있다.

[0094] 2 방향(알려진) 빔 패턴의 추계학적인 조정은 획득되는 포인트 클라우드(들)에 관한 위치 정보를 내장한다. 이러한 내장 개선된 파라미터 추정치들로부터 추출할 수 있다. 이는 기본적으로 레이더 원격 감지에서 듀얼 ISAR (역합성 개구 레이더)이다. 이는 도 15에 도시되며, 이 경우 주어진 방위각 및 고도 픽셀에 대한 검출기 출력을 도시하며, 각 로우는 단일 샷으로부터의 범위 복귀들이다. 샷들을 종합함에 따라 통합 이득을 얻는다. 도 15에서, 실선 백색 곡선(1502)은 지정된, 고정된, 지면 기준점이 차량 모션에 기인하여 어떻게 수직으로 달라지는지를 도시한다. 모션은 비-선형 윤곽을 초래할 수 있다는 것을 주의하자. 이는 더 정확히 말하면 고정된 속도에 대해, 지면 평면 도법이 부근 범위에서, 평면 투영을 주지 않는다는 사실에 기인한다. 다시 말해, 지면 평면 도법의 자코비안이 파라미터적으로 변형된다. 검출기 어레이를 통합하기 위해 제안하는 상대 모션 탐색는 지면 맵을 재생성하기 위해 이러한 윤곽들을 따라, 이진 또는 세기 중 어느 하나를 출력한다. 그러한 통합은 실제로 펄스가 확산하고 그에 따라 각 샷이 약한 복귀를 줄 것이라는 사실에 의해 필요하게 된다. 나아가: 아스팔트는 약 20%의 꽤 낮은 반사율을 가져, 범위 정보 추출을 더 복잡하게 만든다. 백색 직사각형 영역(1502)이 레이저원 차량에 대한 상대 모션을 주는 차량에 대한 샷들에서의 이동을 도시한다. 도표를 간략히 하기 위해, 속도[접근 속도] 간 차가 일정한 경우를 도시한다. 직사각형(1502)의 폭은 이러한 차이의 불확실성을 준다. 규모는 이러한 폭이 위에서 설명된 지면 맵핑을 위한 폭보다 훨씬 더 크다는 것을 도시한다. 이는 레이더를 사용하여 속도 차를 추정해야 하는 한편, 차 자체는 측량을 향상시키기 위한 GPS, 가속도계들, 및 다른 기기를 갖기 때문이다. 면밀한 검토는 백색 기울어진 직사각형(1502) 내부에 더 많은 검출이 있음을 나타낼 것이다. 이러한 예는 2의 SNR에 대해, 더 정확히 말하면 낮은 SNR에서, 추적[바이너리]에 따른 통합이 적절한 성능을 제공할 수 있음을 나타낸다. 수신기 동작 곡선은 쉽게 계산될 수 있고 도 16에 도시된다. 검출 확률(1600(우상측 얇은 선들)) 뿐만 아니라 좌하측 오경보 곡선(1602)도 도시된다. 하나의 샷에서부터 30샷까지 얇은 선들에 대해 이동한다. 수평 축은 통합 후 수준에서 임계이며, 도 15에 따른 운동학상 공간에 라인들 형성한다. 1.5의 임계에서 15 샷에서 95% 6% Pd Pfa를 얻으며, 이는 50m/s의 접근 속도에 대해 25m 타겟 차량 진입, 또는 ½초임을 안다.

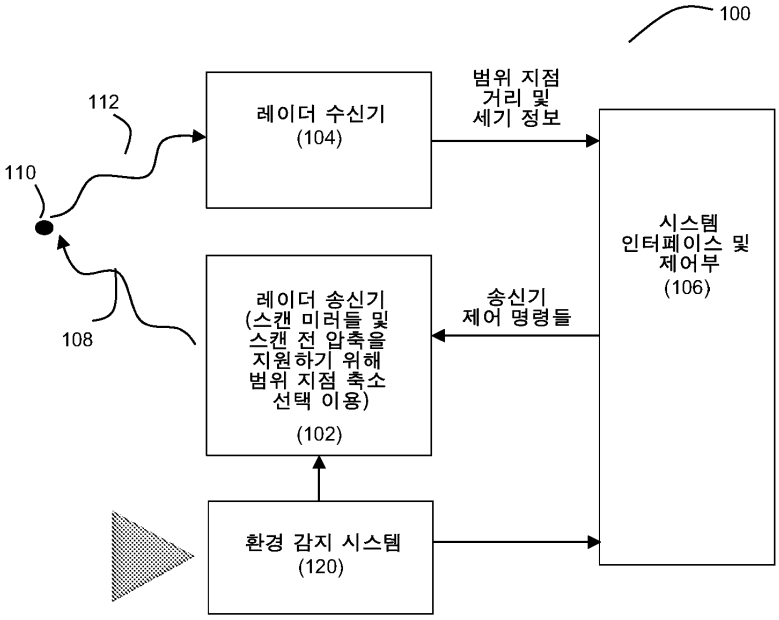
[0095] 본 발명이 그것의 예시적인 실시예들에 관하여 위에서 설명되었지만, 여전히 본 발명의 범위 내에 속하는 다양한 변경이 이루어질 수 있다. 본 발명에 대한 그러한 변경들은 본 출원에에서의 교시 내용의 리뷰 시 인식 가능할 것이다.

도면

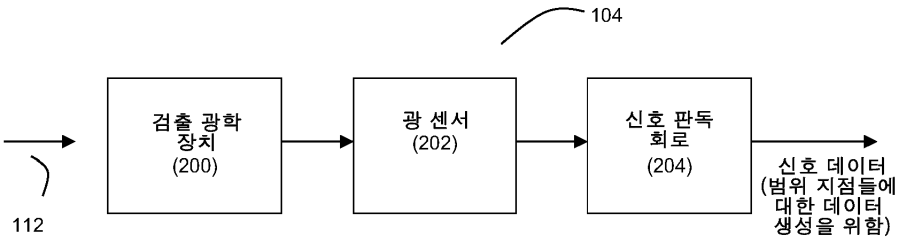
도면1a



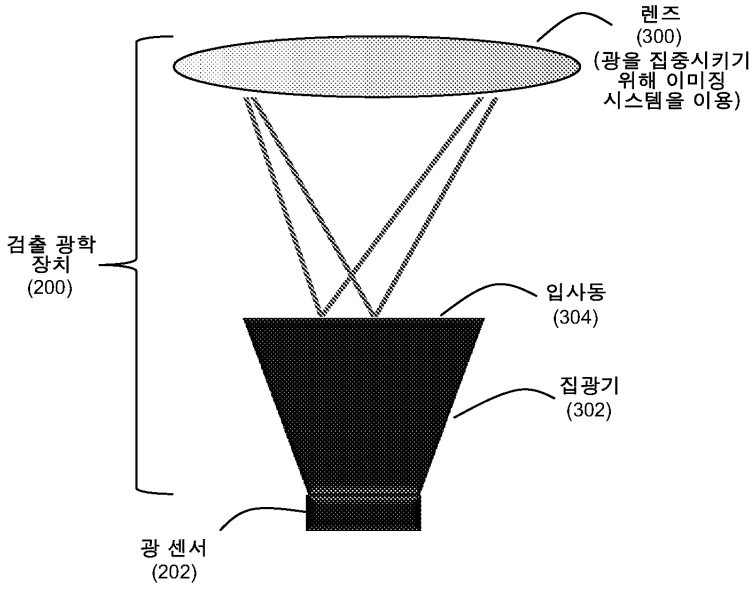
도면1b



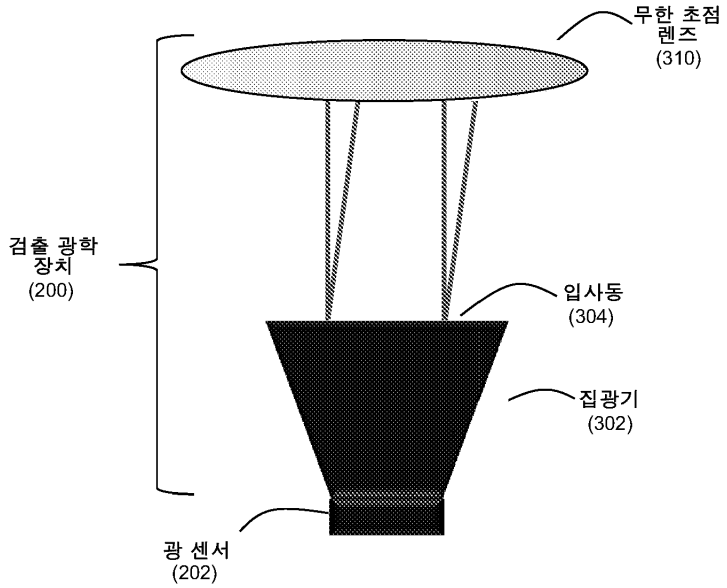
도면2



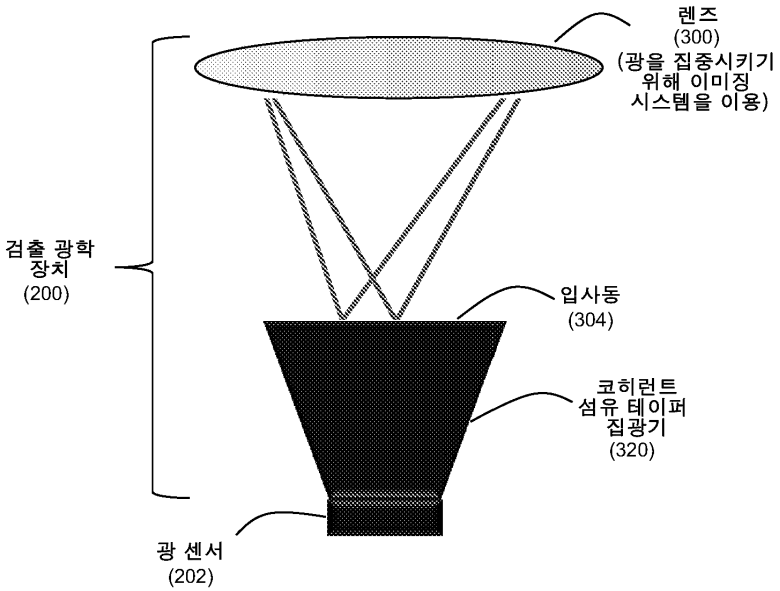
도면3a



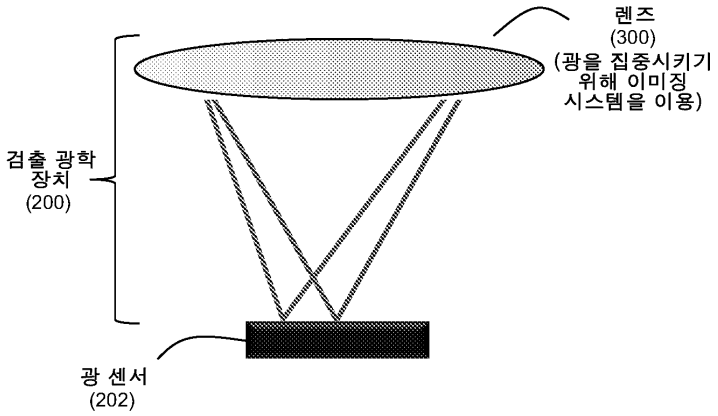
도면3b


무한 초점
렌즈
(310)
검출 광학
장치
(200)
입사동
(304)
집광기
(302)
광 센서
(202)

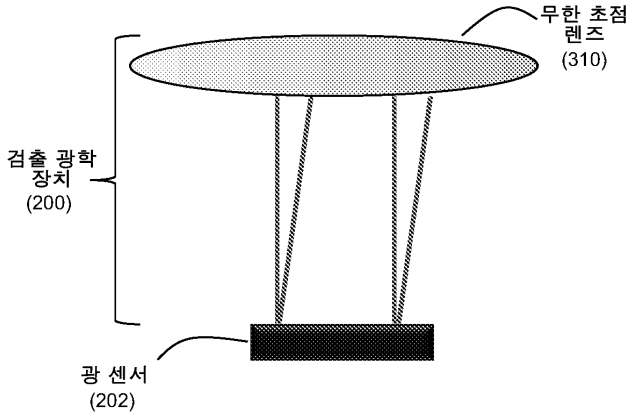
도면4


렌즈
(300)
(광을 집중시키기
위해 이미징
시스템을 이용)
검출 광학
장치
(200)
입사동
(304)
코히런트
섬유 테이퍼
집광기
(320)
광 센서
(202)

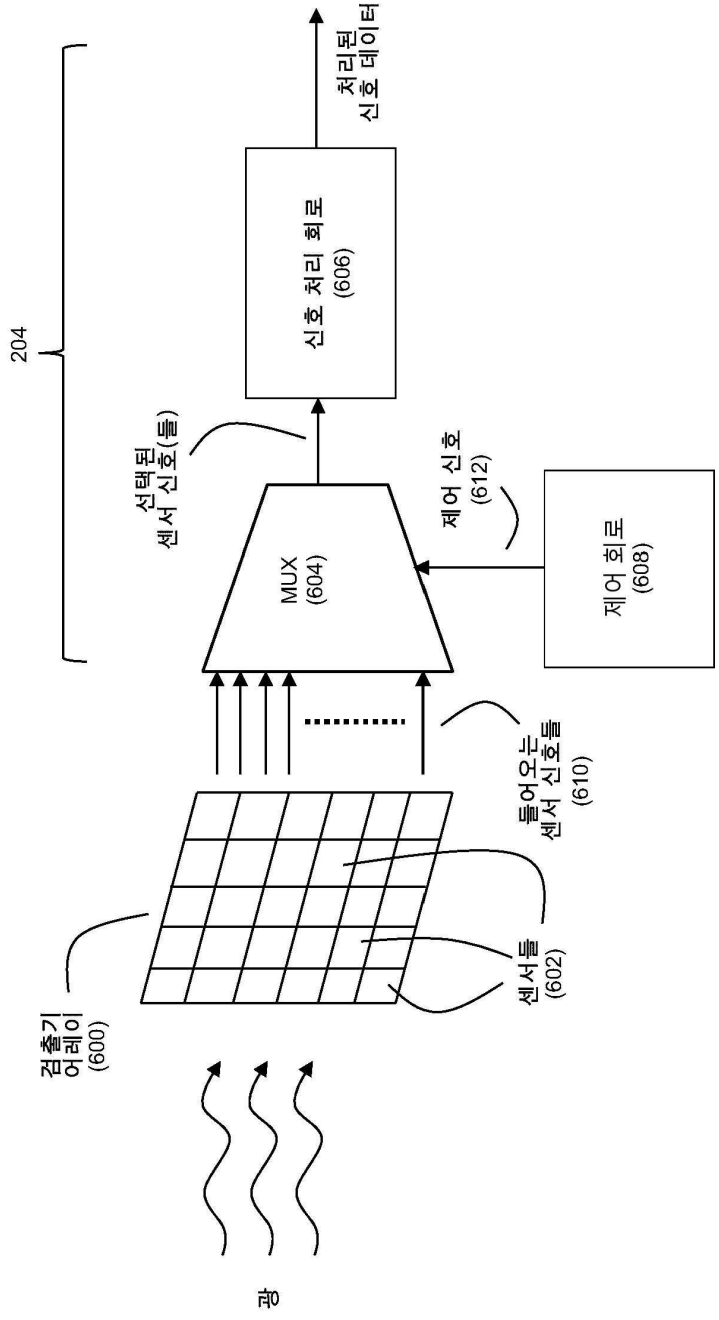
도면5a


렌즈
(300)
(광을 집중시키기
위해 이미징
시스템을 이용)
검출 광학
장치
(200)
광 센서
(202)

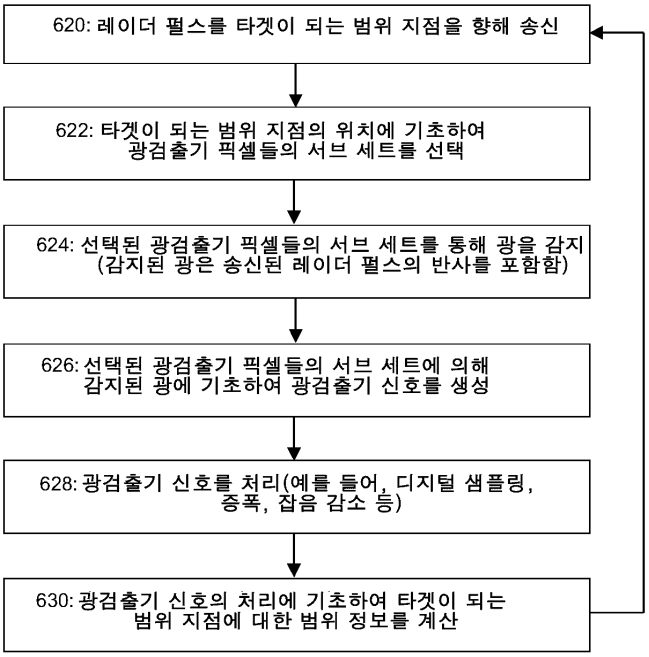
도면5b


무한 초점
렌즈
(310)
검출 광학
장치
(200)
광 센서
(202)

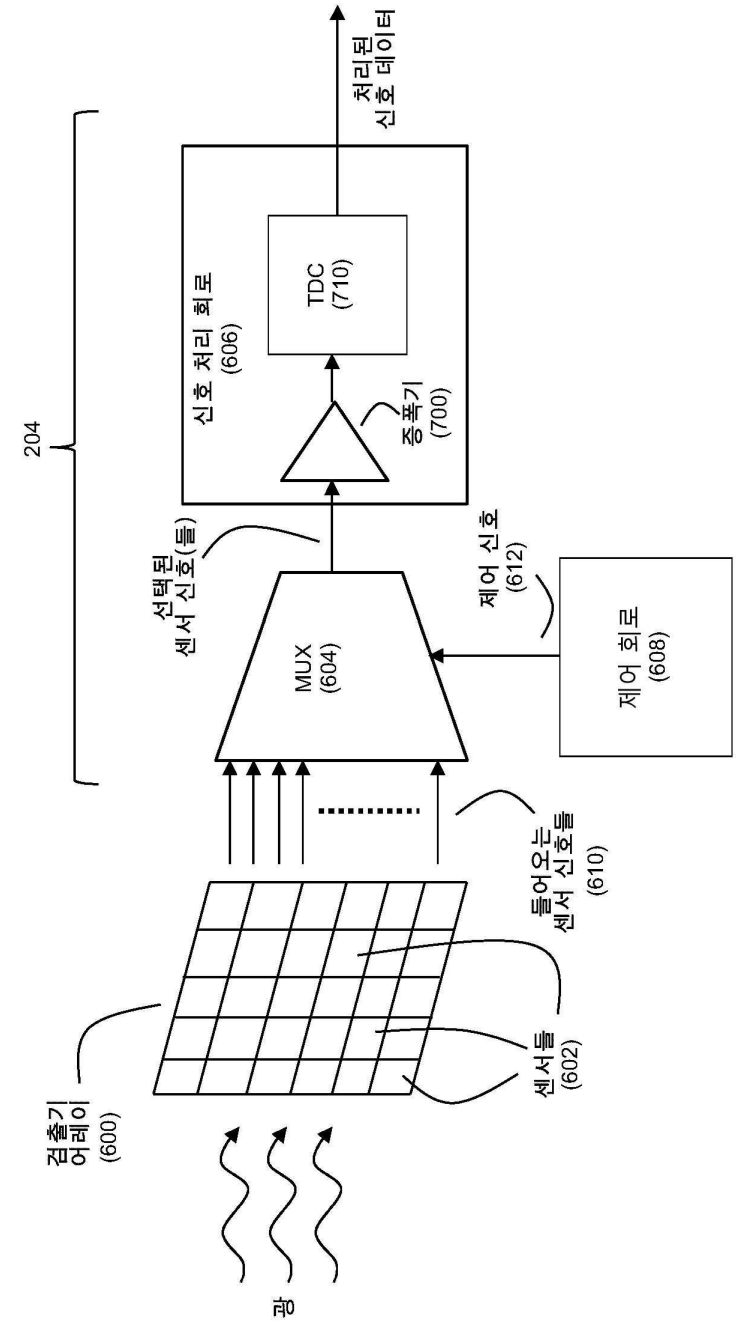
도면6a


204
처리된
신호 데이터
신호 처리 회로
(606)
선택된
센서 신호(들)
MUX
(604)
제어 신호
(612)
제어 회로
(608)
들어오는
센서 신호들
(610)
센서들
(602)
검출기
어레이
(600)
광

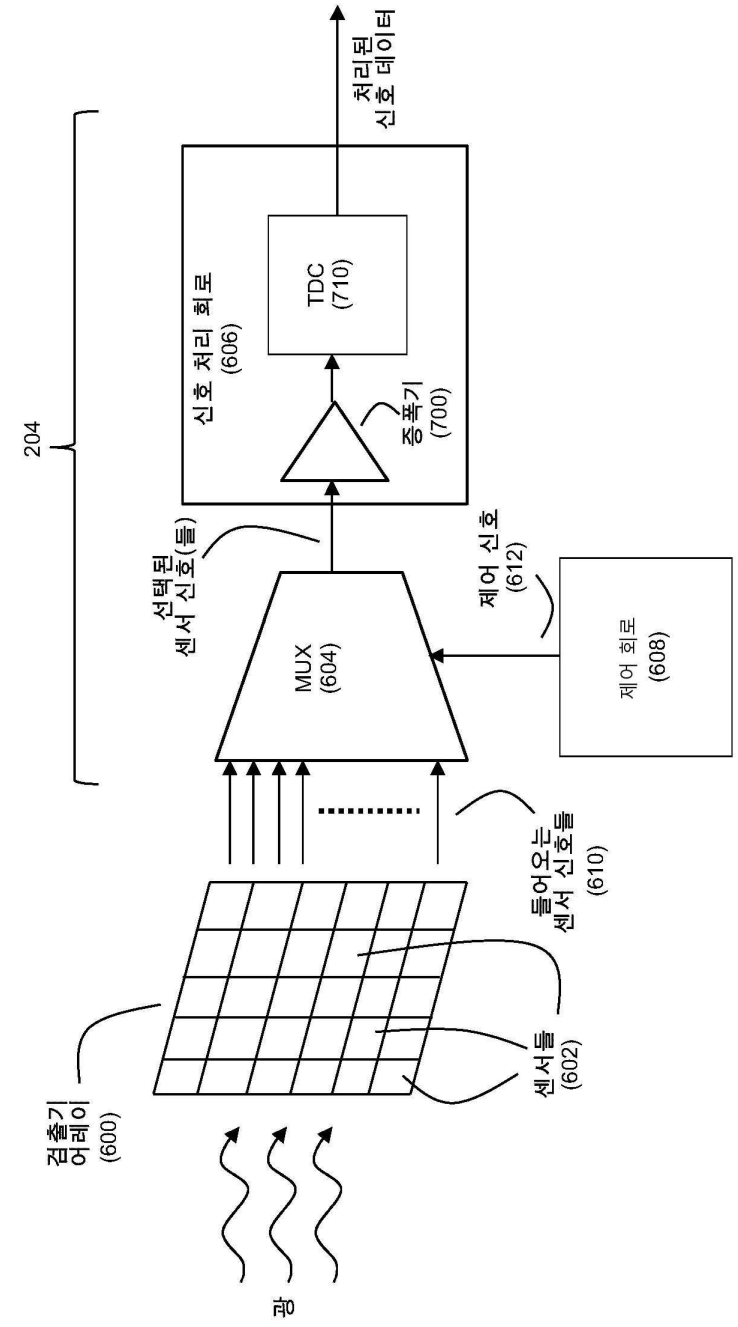
도면6b


620: 레이더 펄스를 타겟이 되는 범위 지점을 향해 송신
622: 타겟이 되는 범위 지점의 위치에 기초하여 광검출기 픽셀들의 서브 세트를 선택
624: 선택된 광검출기 픽셀들의 서브 세트를 통해 광을 감지 (감지된 광은 송신된 레이더 펄스의 반사를 포함함)
626: 선택된 광검출기 픽셀들의 서브 세트에 의해 감지된 광에 기초하여 광검출기 신호를 생성
628: 광검출기 신호를 처리(예를 들어, 디지털 샘플링, 증폭, 잡음 감소 등)
630: 광검출기 신호의 처리에 기초하여 타겟이 되는 범위 지점에 대한 범위 정보를 계산

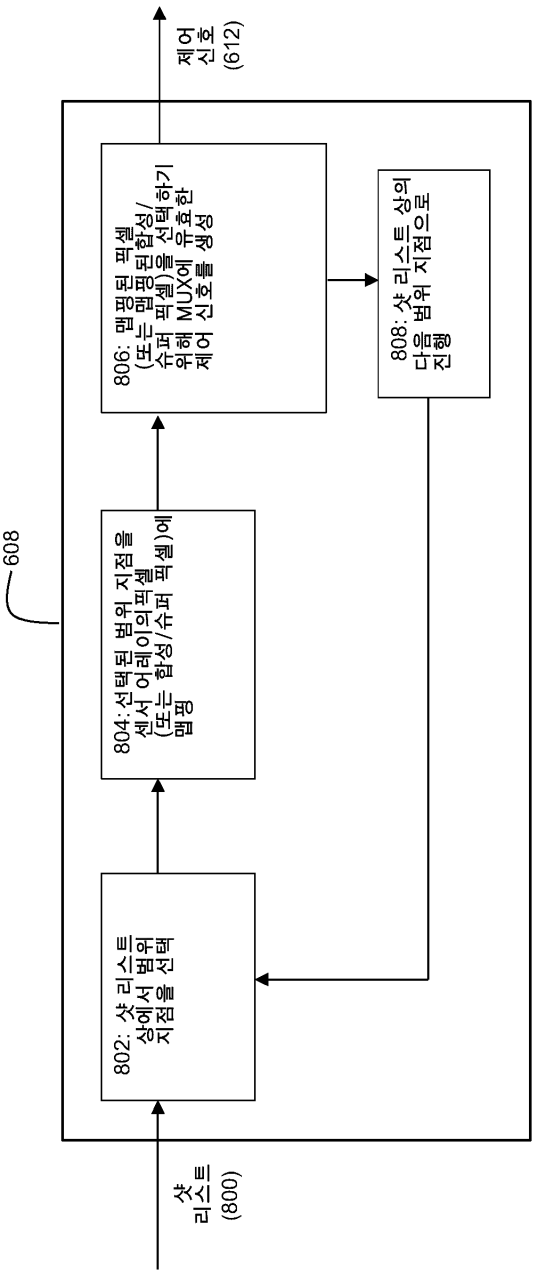
도면7a


처리된
신호 데이터
204
신호 처리 회로
(606)
TDC
(710)
증폭기
(700)
선택된
센서 신호(들)
MUX
(604)
제어 신호
(612)
제어 회로
(608)
들어오는
센서 신호들
(610)
검출기
어레이
(600)
센서들
(602)
광

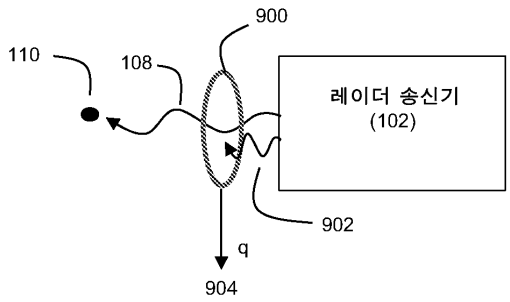
도면7b


처리된
신호 데이터
TDC
(710)
신호 처리 회로
(606)
증폭기
(700)
204
선택된
센서 신호(들)
MUX
(604)
제어 신호
(612)
제어 회로
(608)
들어오는
센서 신호들
(610)
센서들
(602)
검출기
어레이
(600)
광

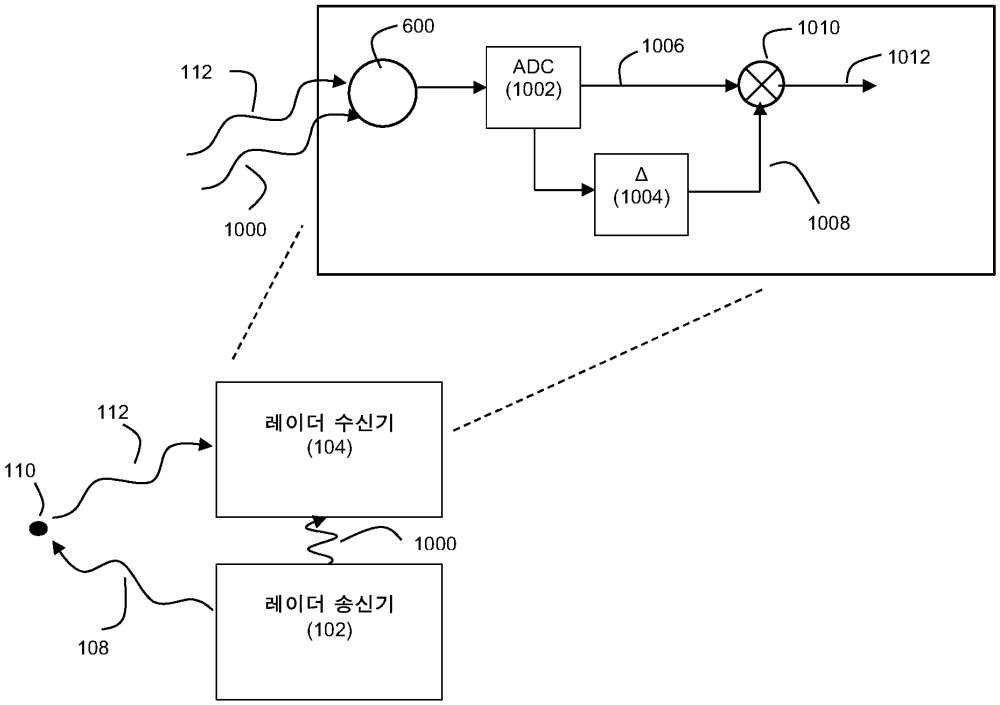
도면8


제어 신호 (612)
806: 맵핑된 픽셀 (또는 맵핑된 합성/슈퍼 픽셀)을 선택하기 위해 MUX에 유효한 제어 신호를 생성
808: 샷 리스트 상의 다음 범위 지점으로 진행
804: 선택된 범위 지점을 센서 어레이의 픽셀 (또는 합성/슈퍼 픽셀)에 맵핑
802: 샷 리스트 상에서 범위 지점을 선택
608
샷 리스트 (800)

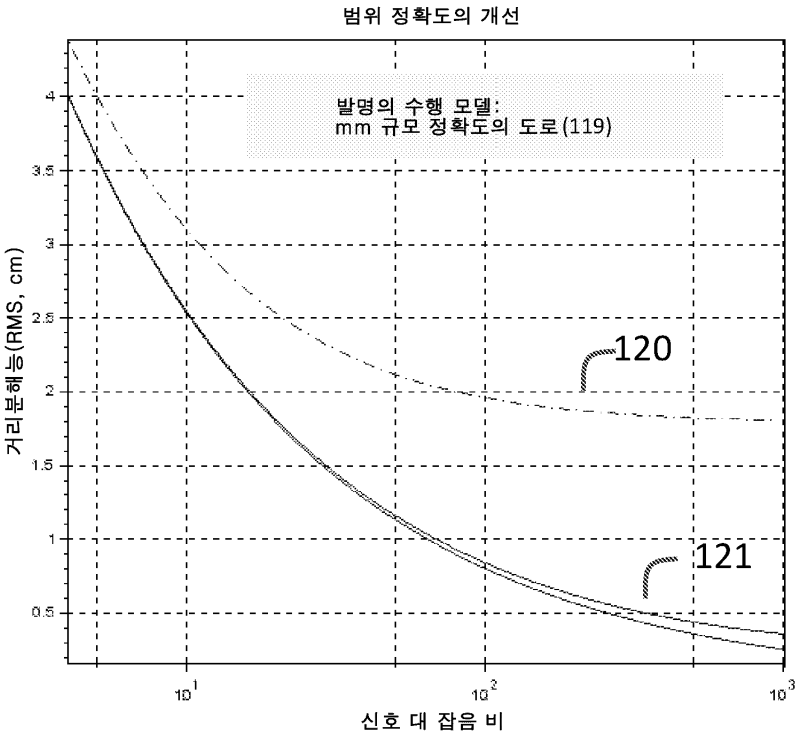
도면9


900
110
108
레이더 송신기 (102)
902
q
904

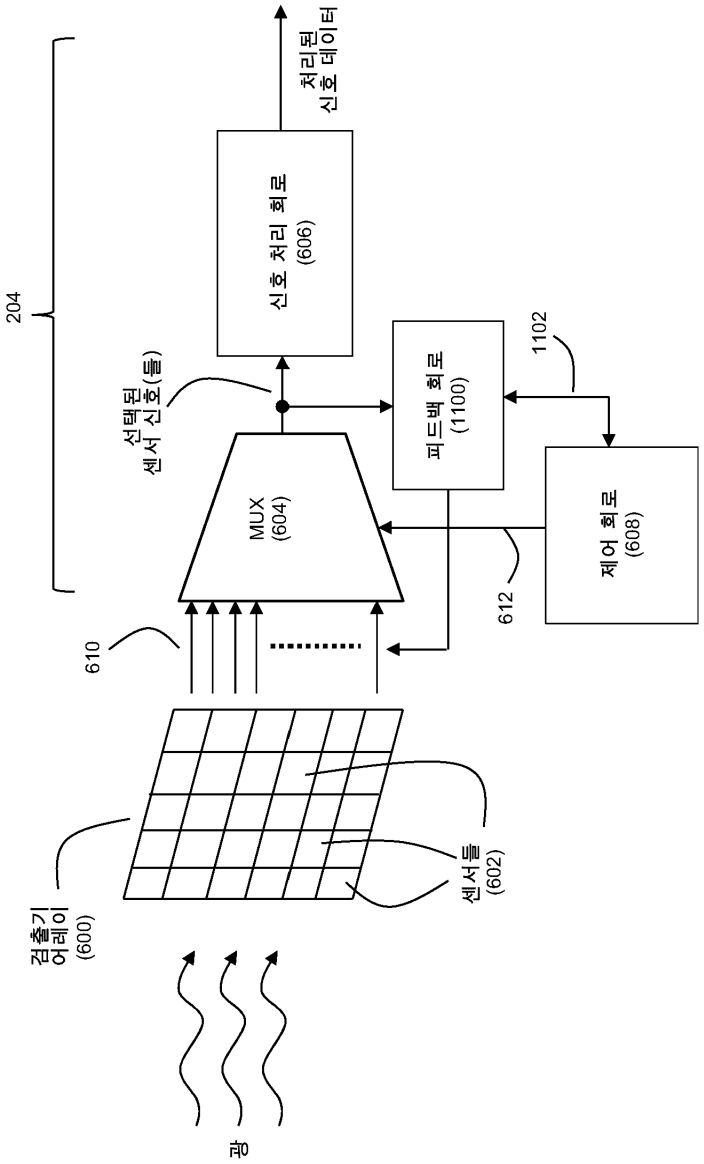
도면10a


600
112
ADC
(1002)
1006
1010
1012
Δ
(1004)
1008
1000
112
레이더 수신기
(104)
110
1000
레이더 송신기
(102)
108

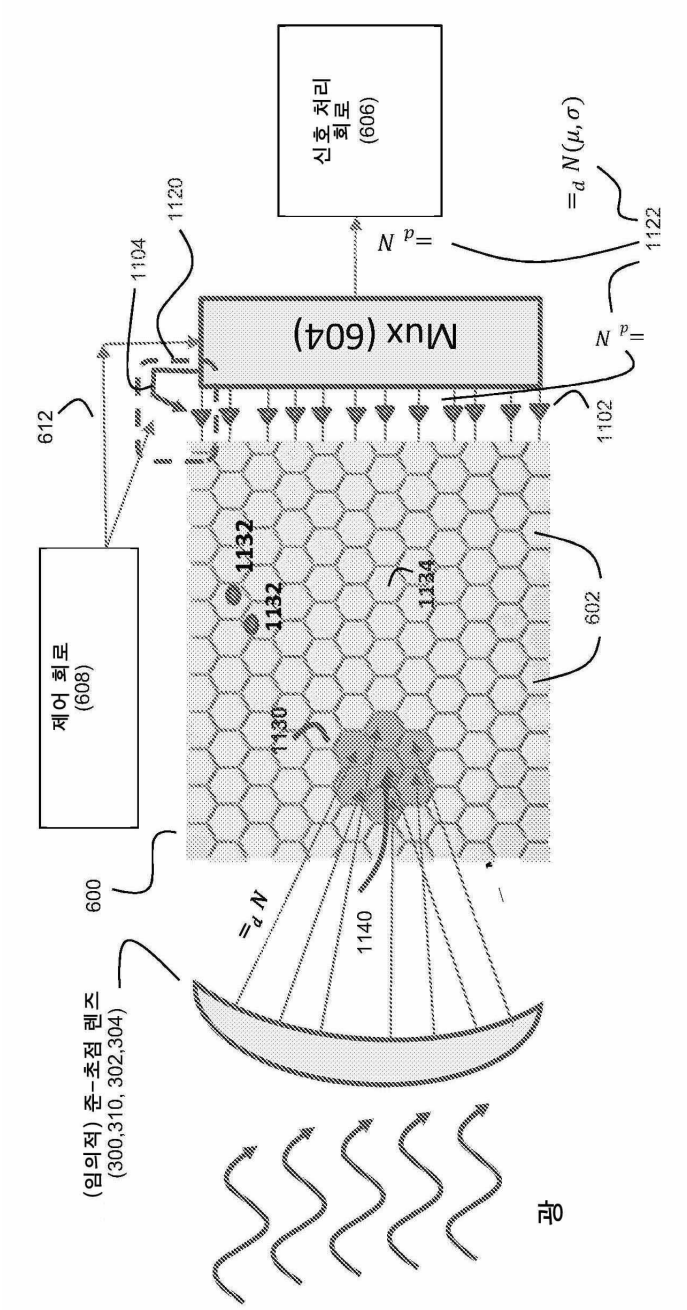
도면10b


범위 정확도의 개선
발명의 수행 모델:
mm 규모 정확도의 도로(119)
120
121
거리분해능(RMS, cm)
신호 대 잡음 비

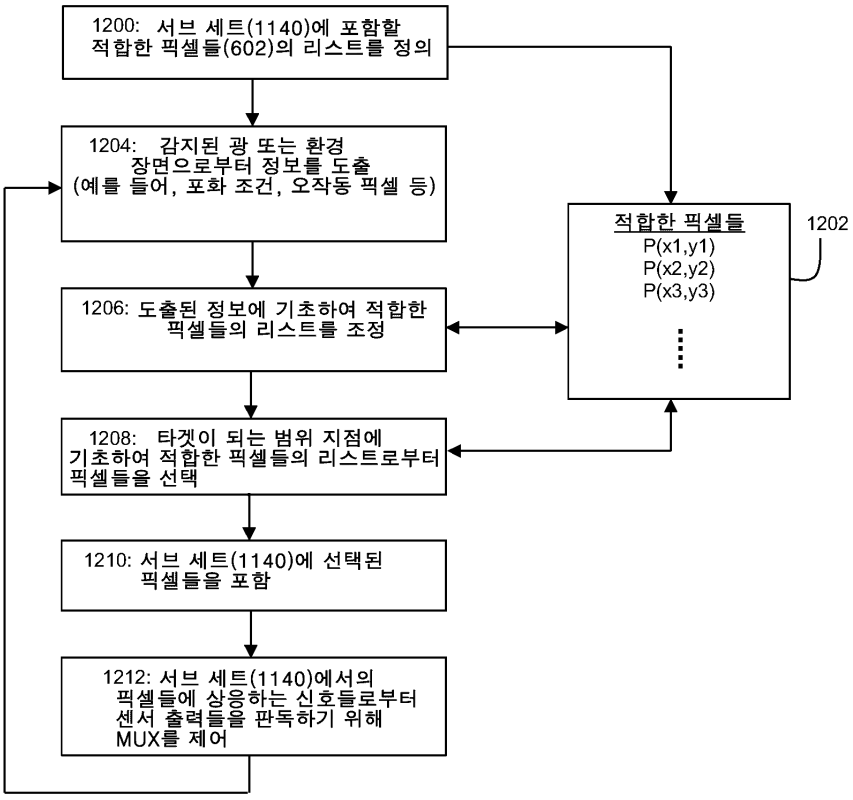
도면11a


처리된
신호 데이터
신호 처리 회로
(606)
204
선택된
센서 신호(들)
피드백 회로
(1100)
1102
MUX
(604)
제어 회로
(608)
612
610
검출기
어레이
(600)
센서들
(602)
광

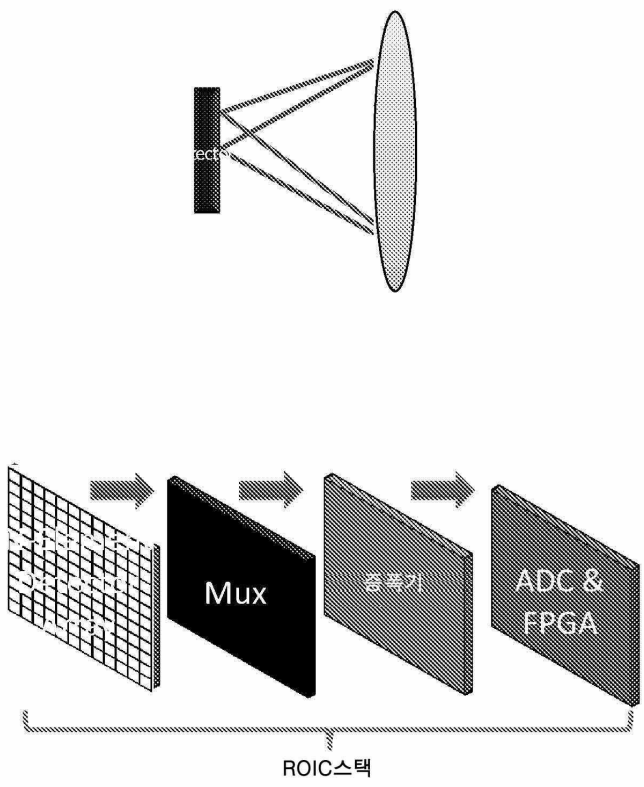
도면11b


신호 처리 회로 (606)
$=_d N(\mu, \sigma)$
1120
1104
1122
$N =_p$
Mux (604)
$N =_p$
612
1102
1132
1132
1134
602
제어 회로 (608)
1130
600
$N =_p$
1140
(임의적) 준-초점 렌즈 (300,310, 302,304)
광

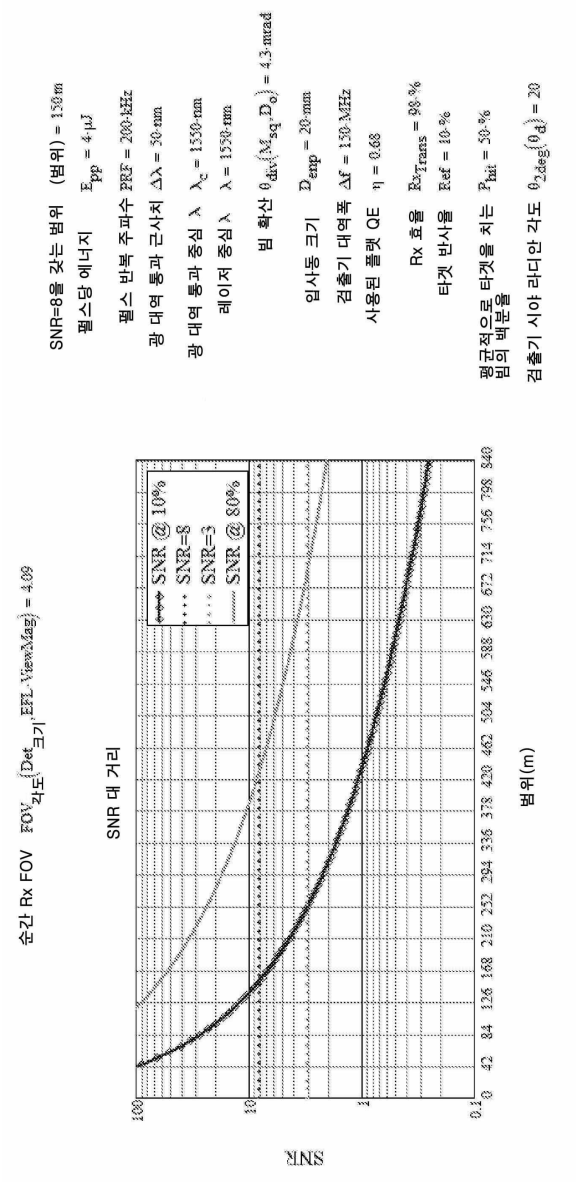
도면12


1200: 서브 세트(1140)에 포함할 적합한 픽셀들(602)의 리스트를 정의
1204: 감지된 광 또는 환경 장면으로부터 정보를 도출 (예를 들어, 포화 조건, 오작동 픽셀 등)
1206: 도출된 정보에 기초하여 적합한 픽셀들의 리스트를 조정
1208: 타겟이 되는 범위 지점에 기초하여 적합한 픽셀들의 리스트로부터 픽셀들을 선택
1210: 서브 세트(1140)에 선택된 픽셀들을 포함
1212: 서브 세트(1140)에서의 픽셀들에 상응하는 신호들로부터 센서 출력들을 판독하기 위해 MUX를 제어
적합한 픽셀들
P(x1,y1)
P(x2,y2)
P(x3,y3)
1202

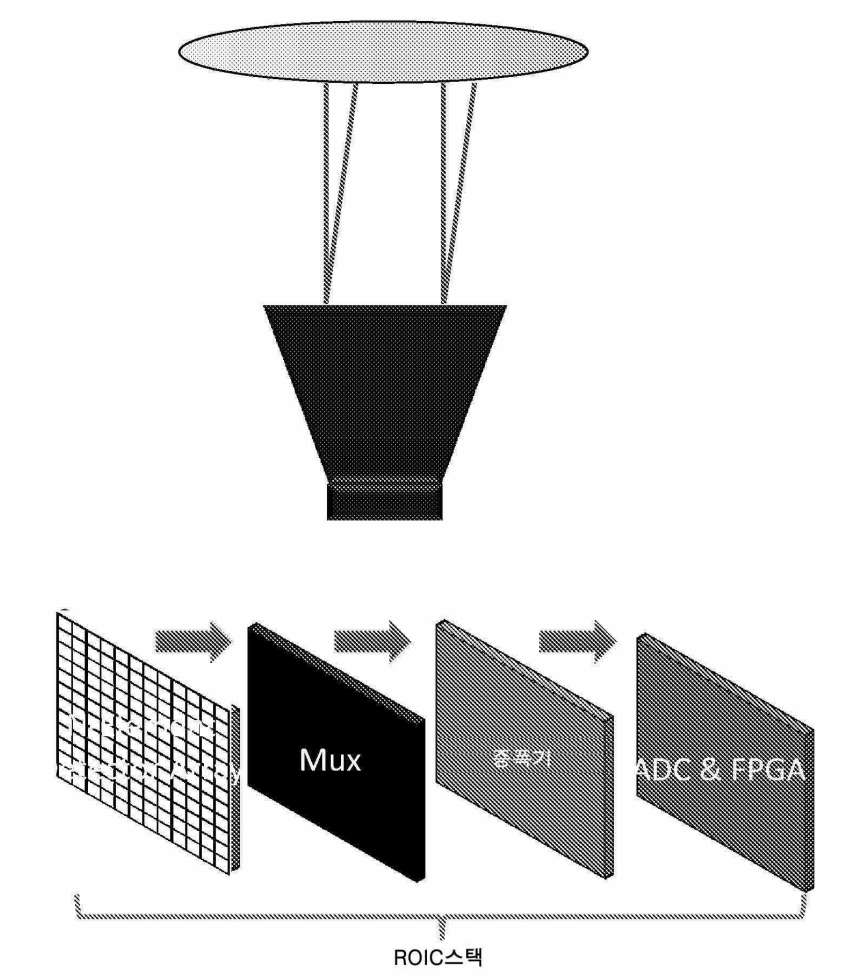
도면13a


Mux
증폭기
ADC & FPGA
ROIC스택

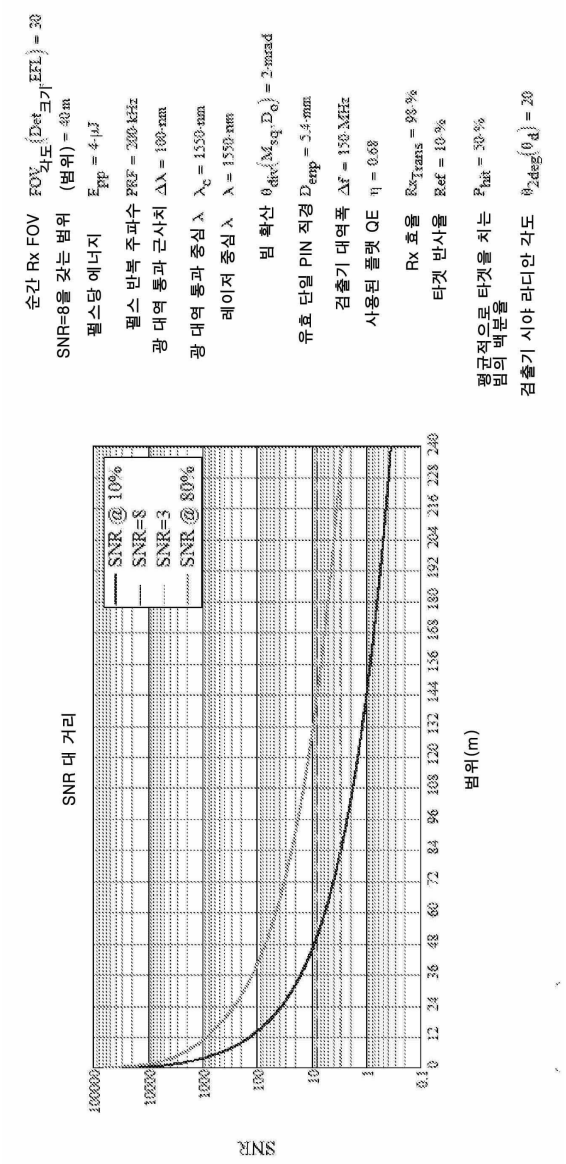
도면13b


SNR=8을 갖는 범위 (범위) = 150 m
펄스당 에너지 E_{pp} = 4 μJ
펄스 반복 주파수 PRF = 200 kHz
광 대역 통과 근사치 Δλ = 30 nm
광 대역 통과 중심 λ λ_c = 1550 nm
레이저 중심 λ λ = 1550 nm
빔 확산 $\theta_{div}(M_{sq}, D_o)$ = 4.3 mrad
입사동 크기 D_{enp} = 28 mm
검출기 대역폭 Δf = 150 MHz
사용된 플랫 QE η = 0.68
Rx 효율 Rx_{Trans} = 98 %
타겟 반사율 Ref = 10 %
평균적으로 타겟을 치는 빔의 백분율 P_{hit} = 50 %
검출기 시야 라디안 각도 $\theta_{2deg}(\theta_{det})$ = 20
순간 Rx FOV FOV각도{Det크기, EFL, ViewMag} = 4.09
SNR 대 거리
SNR @ 10%
SNR=8
SNR=3
SNR @ 80%
SNR
범위(m)
100
10
1
0.1
0 42 84 126 168 210 252 294 336 378 420 462 504 546 588 630 672 714 756 798 840

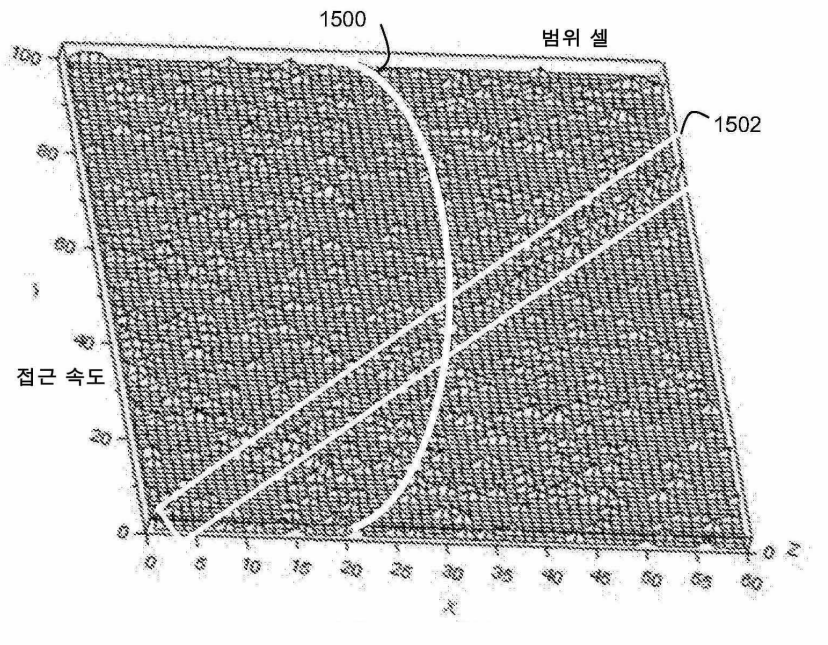
도면14a



도면14b


순간 Rx FOV FOV각도(Det크기, EFL) = 3°
SNR=8을 갖는 범위 (범위) = 40 m
펄스당 에너지 Epp = 4 μJ
펄스 반복 주파수 PRF = 200 kHz
광 대역 통과 근사치 Δλ = 100 nm
광 대역 통과 중심 λ λc = 1550 nm
레이저 중심 λ λ = 1550 nm
빔 확산 θdiv(M²sq, D0) = 2 mrad
유효 단일 PIN 직경 Dexp = 5.4 mm
검출기 대역폭 Δf = 150 MHz
사용된 플랫 QE η = 0.68
Rx 효율 RxTrans = 98 %
타겟 반사율 Ref = 10 %
평균적으로 타겟을 치는 빔의 백분율 Phit = 50 %
검출기 시야 라디안 각도 θ2deg(θd) = 2°
SNR 대 거리
SNR @ 10%
SNR=8
SNR=3
SNR @ 80%
SNR
범위(m)
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
0.1
0 12 24 36 48 60 72 84 96 108 120 132 144 156 168 180 192 204 216 228 240

도면15



도면16

