



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월06일
(11) 등록번호 10-2495782
(24) 등록일자 2023년01월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/42 (2006.01) B60W 30/14 (2006.01)
B60W 40/02 (2006.01) G01S 13/93 (2020.01)
G05D 1/02 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G01S 13/426 (2013.01)
B60W 30/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7007283
(22) 출원일자(국제) 2017년08월15일
심사청구일자 2020년08월14일
(85) 번역문제출일자 2019년03월12일
(65) 공개번호 10-2019-0035895
(43) 공개일자 2019년04월03일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/046998
(87) 국제공개번호 WO 2018/035148
국제공개일자 2018년02월22일
(30) 우선권주장
62/375,349 2016년08월15일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020010113663 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 15 항

(73) 특허권자
아리조나 보드 오브 리전츠 온 비해프 오브 더 유니버시티 오브 아리조나
미국 아리조나주 85713 투싼 스위트 110 이스트 이데아 레인 1600 더 유니버시티 오브 아리조나 테크 론치 아리조나
(72) 발명자
신 하오
미국 85721 아리조나주 투손 피.오.박스 210104 스피드웨이 불러바드 1230 이. 아리조나대학
리양 민
미국 85721 아리조나주 투손 피.오.박스 210104 스피드웨이 불러바드 1230 이. 아리조나대학
카오 시양
미국 85721 아리조나주 투손 피.오.박스 210104 스피드웨이 불러바드 1230 이. 아리조나대학
(74) 대리인
유미특허법인

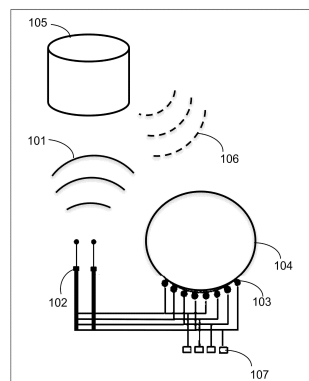
심사관 : 김민성

(54) 발명의 명칭 3D 프린트된 루네부르크 렌즈를 사용하는 새로운 차량 레이더

(57) 요약

고성능 저비용 차량 레이더는 3D 프린트된 루네부르크 렌즈 주위에 수신기를 장착함으로써 설계된다. 이러한 구성에 의해, 안테나 방사 패턴은 (빔 변형을 의미하지 않는) 모든 각도에 대해 유지된다. 또한, 본 레이더는 높은 방위각 및 광대역 동작으로 모든 방위각 및 양각에서 검출을 수행할 수 있다. 레이더는 환경에 따라 코히런트 처리 구간, 펄스 반복 주파수, 스위핑 주파수 대역, 및 그 공간 감지 패턴을 적응적으로 조정한다. 이는 초기에 개략적 스캔을 수행함으로써 이루어지며, 이는 좁은 대역폭 파형 및 넓은 빔 스캐닝을 통해 감지 결과를 업데이트한다. 관심 물체가 식별되는 경우, 특정 관심 영역에서 고해상도의 세부적 스캔이 수행된다. 이러한 방식으로, 훨씬 더 효과적인 검출이 얻어질 수 있다. 또한, 레이더에 기초한 3D 프린트된 루네부르크 렌즈의 간섭을 완화시키는 방법 및 MIMO 접근법에 기초하여 렌즈를 사용하여 각도 분해능을 향상시키는 방법이 개시된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B60W 40/02 (2013.01)
G01S 13/931 (2013.01)
G05D 1/0257 (2013.01)
B60W 2420/52 (2013.01)
B60X 10/12 (2018.01)

(56) 선행기술조사문헌

US05047776 A*
US20140139370 A1*
Chen, Yunxia 외 2명. Distributed spectrum sensing and access in cognitive radio networks with energy constraint. IEEE transactions on signal processing. 2008.*
US04538152 A
EP02275971 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

감지 방법으로서,

(a) 밀리미터파 차량 레이더를 제공하는 단계로서, 상기 밀리미터파 차량 레이더는,

(i) 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버(transceiver);

(ii) 루네부르크 렌즈;

(iii) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합된 복수의 안테나 급전 요소(antenna feed element); 및

(iv) 상기 복수의 안테나 급전 요소와 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합된 하나 이상의 처리 요소를 포함하는, 밀리미터파 차량 레이더를 제공하는 단계,

(b) 환경의 제1 스캔을 수행하는 단계로서,

(i) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해, 상기 환경에 전송되는 하나 이상의 빔(beam) 패턴을 복수의 처리 요소를 통해 생성하는 단계;

(ii) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해, 상기 하나 이상의 빔 패턴과 상기 환경 사이의 상호 작용으로부터 야기된 신호의 제1 세트를 수신하는 단계 - 각 신호는 신호 세기를 가지며, 상기 루네부르크 렌즈는 상기 복수의 안테나 급전 요소에 의한 그들의 수신 이전에 상기 신호의 제1 세트를 포커싱함(focus) -; 및

(iii) 상기 복수의 처리 요소를 통해 상기 신호의 제1 세트를 처리하는 단계 - 처리 요소에 의해 처리된 신호의 신호 세기가 미리 결정된 제1 임계값을 초과하면, 상기 처리 요소의 특정 영역은 관심 영역임을 포함하는, 환경의 제1 스캔을 수행하는 단계, 및

(c) 각각의 관심 영역의 세부적 스캔을 수행하는 단계로서,

(i) 상기 복수의 안테나 급전 요소를 통해, 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해 상기 각각의 관심 영역으로 전송되는 빔을 생성하는 단계;

(ii) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해, 신호의 제2 세트를 수신하는 단계 - 상기 신호의 제2 세트는 상기 빔과 상기 각각의 관심 영역 사이의 상호 작용의 결과이며, 상기 루네부르크 렌즈는 상기 복수의 안테나 급전 요소에 의한 그들의 수신 이전에 상기 신호의 제2 세트를 포커싱함 -; 및

(iii) 각각의 관심 영역에 대한 정보를 결정하기 위해 상기 복수의 처리 요소를 통해 상기 신호의 제2 세트를 처리하는 단계를 포함하는, 각각의 관심 영역의 세부적 스캔을 수행하는 단계를 포함하고,

다중 입력 다중 출력(multiple input multiple output, MIMO) 기술이 밀리미터파 차량 레이더의 각도 분해능을 향상시키기 위해 채용되며, 상기 MIMO 기술은

(d) 각각의 밀리미터파 송신기에 대한 하나 이상의 밀리미터파 수신기의 진폭 및 위상을 측정하는 단계;

(e) 각각의 밀리미터파 송신기 사이의 상이한 타겟 방향에 대한 복수의 위상 차이를 계산하는 단계;

(f) 상기 복수의 위상 차이를 보상하는 단계; 및

(g) 향상된 각도 분해능을 실현하기 위해 루네부르크 렌즈의 반 전력 빔(half power beam) 폭보다 더 좁은 스캐닝 빔을 생성하도록 상이한 밀리미터파 송신기로부터의 복수의 레이더 결과를 코히런트 가산하는 단계를 포함하고,

상기 스캐닝 빔은 상기 좁은 스캐닝 빔으로서 각각의 관심 영역에 전송되는,

감지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 신호가 하나 이상의 관심 물체와 상호 작용하는 경우, 주어진 처리 요소에 의해 처리된 신호의 신호 세기는 미리 결정된 제1 임계값을 초과하고,

상기 신호의 제2 세트를 처리하는 단계는 상기 하나 이상의 관심 물체에 대한 정보를 산출하는,

감지 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 밀리미터파 차량 레이더로부터 멀리 떨어져 있는 복수의 거리 중의 한 거리에 각각 상주하는 상기 하나 이상의 관심 물체의 존재를 검출하기 위해 상기 복수의 미리 결정된 제1 임계값은 복수의 거리에 대해 설정되는,

감지 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버는 하나 이상의 밀리미터파 수신기 및 하나 이상의 밀리미터파 송신기인,

감지 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 넓은 빔 패턴 및 좁은 스캐닝 빔은 밀리미터파 스펙트럼의 하나 이상의 채널을 통해 환경으로 전송되고,

주어진 시간 주기 동안 하나 이상의 채널의 이용 가능성을 결정하기 위해 기회 스펙트럼 액세스(opportunity spectrum access, OSA)가 추정되는,

감지 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 밀리미터파 차량 레이더에 대한 OSA를 추정하는데 부분적으로 관찰 가능한 마르코프 결정 프로세스(Partially Observable Markov Decision Process)가 사용되는,

감지 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 신호의 제1 및 제2 세트를 포함하는 수신된 신호로부터의 간섭을 제거하기 위해 간섭 억제 기술이 적용되고,

상기 간섭 억제 기술은 상기 수신된 신호의 시간 영역에서 수행되며, 상기 간섭 억제 기술은,

상기 수신된 신호의 진폭을 측정하는 단계,

상기 진폭이 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는지 여부를 결정하는 단계, 및

상기 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는 상기 수신된 신호의 진폭의 일부를 제거하는 단계를 포함하는,

감지 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 단계 (c)는 결정된 횟수만큼 반복되고,

각 반복은, 관심 영역의 수를 더 좁히거나, 각 관심 영역에 대한 정보를 더 상세하게 산출하거나, 또는 관심 영역의 수를 더 좁히고 각 관심 영역에 대한 정보를 더 상세하게 산출하는,

감지 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

각각의 처리 요소는 메모리에 저장된 하나 이상의 명령의 세트를 실행하는 프로세서에 동작 가능하게 결합된 메모리를 포함하며,

상기 하나 이상의 명령의 세트는,

하나 이상의 넓은 빔 패턴 및 좁은 스캐닝 빔을 생성하는 명령,

상기 신호의 제1 세트 및 신호의 제2 세트를 처리하는 명령, 및

MIMO와 간섭 억제 기술을 실행하는 명령을 포함하고,

상기 메모리는 상기 복수의 미리 결정된 제1 임계값 및 미리 결정된 제2 임계값을 더 저장하는,

감지 방법.

청구항 10

밀리미터파 차량 레이더로서,

(a) 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버;

(b) 밀리미터파 범위의 상한 주파수를 가지는 루네부르크 렌즈;

(c) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합되고, 결정된 방향으로 각각 위치한 상기 루네부르크 렌즈의 표면에 장착된 복수의 안테나 급전 요소; 및

(d) 상기 복수의 안테나 급전 요소와 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합된 하나 이상의 처리 요소를 포함하고,

상기 하나 이상의 처리 요소에 의해 생성된 하나 이상의 넓은 빔 패턴을 통해 환경의 개략적 스캔이 수행되며, 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해 상기 하나 이상의 넓은 빔 패턴이 환경으로 전송되고, 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 의해 신호의 제1 세트가 수신되고, 상기 신호의 제1 세트는 하나 이상의 관심 영역을 결정하기 위해 상기 하나 이상의 처리 요소에 의해 처리되고,

상기 하나 이상의 관심 영역을 스캔하도록 좁은 스캐닝 빔을 생성하고 전송함으로써 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 의해 수신된 신호의 제2 세트를 야기하는 세부적 스캔이 수행되고, 상기 신호의 제2 세트는 각각의 관심 영역에 대한 정보를 결정하기 위해 상기 하나 이상의 처리 요소를 통해 처리되고,

상기 루네부르크 렌즈는 상기 복수의 안테나 급전 요소에 의한 상기 신호의 제1 세트 및 제2 세트의 수신 이전에 상기 신호의 제1 세트 및 제2 세트를 포커싱하고, 상기 포커싱은 종래의 평면 위상 어레이에 비해 상기 밀리미터파 차량 레이더의 신호 대 잡음비, 각도 분해능, 처리 속도, 및 검출 범위를 향상되도록 하고, 그리고

상기 개략적 스캔은 상기 세부적 스캔의 좁은 스캐닝 빔을 통해 감지 결과를 업데이트하므로, 상기 개략적 스캔의 수행 후, 순차적으로 세부적 스캔은 환경에 따라 코히런트 처리 구간, 펄스 반복 주파수, 스위핑 주파수 대역, 및 그 공간 감지 패턴을 적응적으로 조정하는, 밀리미터파 차량 레이더.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 신호의 제1 세트의 각 신호는 신호 세기를 가지며,

처리 요소에 의해 처리된 신호의 신호 세기가 미리 결정된 제1 임계값을 초과하면, 상기 처리 요소의 특정 영역은 상기 하나 이상의 관심 영역 중 하나의 관심 영역이거나,

하나 이상의 관심 물체가 특정 영역에 있는 경우 상기 신호 세기가 제1 미리 결정된 임계값을 초과하거나,

상기 신호의 제2 세트의 처리는 상기 하나 이상의 관심 물체에 대한 정보를 산출하거나, 또는

상기 밀리미터파 차량 레이더로부터 멀리 떨어져 있는 복수의 거리 중의 한 거리에 각각 상주하는 상기 하나 이상의 관심 물체의 존재를 검출하기 위해 복수의 미리 결정된 제1 임계값은 복수의 거리에 대해 설정되며;

하나 이상의 밀리미터파 수신기 및 하나 이상의 밀리미터파 송신기는 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버 대신에 사용되는,

밀리미터파 차량 레이더.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 하나 이상의 넓은 빔 패턴 및 좁은 스캐닝 빔은 밀리미터파 스펙트럼의 하나 이상의 채널을 통해 환경으로 전송되고,

주어진 시간 주기 동안 하나 이상의 채널의 이용 가능성을 결정하기 위해 기회 스펙트럼 액세스(OSA)가 추정되는,

밀리미터파 차량 레이더.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 신호의 제1 및 제2 세트를 포함하는 수신된 신호로부터의 간섭을 제거하기 위해 간섭 억제 기술이 적용되고,

상기 간섭 억제 기술은 상기 수신된 신호의 시간 영역에서 수행되며, 상기 간섭 억제 기술은,

(a) 상기 수신된 신호의 진폭을 측정하는 단계,

(b) 상기 진폭이 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는지 여부를 결정하는 단계, 및

(c) 상기 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는 상기 수신된 신호의 진폭의 일부를 제거하는 단계를 포함하는,

밀리미터파 차량 레이더.

청구항 14

제13항에 있어서,

각각의 처리 요소는 메모리에 저장된 하나 이상의 명령의 세트를 실행하는 프로세서에 동작 가능하게 결합된 메모리를 포함하며,

상기 하나 이상의 명령의 세트는,

하나 이상의 넓은 빔 패턴 및 좁은 스캐닝 빔을 생성하는 명령,

상기 신호의 제1 세트 및 신호의 제2 세트를 처리하는 명령, 및

MIMO와 간섭 억제 기술을 실행하는 명령을 포함하고,

상기 메모리는 상기 복수의 미리 결정된 제1 임계값 및 미리 결정된 제2 임계값을 더 저장하는,

밀리미터파 차량 레이더.

청구항 15

밀리미터파 차량 레이더로서,

(a) 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버;

(b) 밀리미터파 범위의 상한 주파수를 가지는 루네부르크 렌즈;

(c) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합되고, 결정된 방향으로 각각 위치된 상기 루네부르크 렌즈의 표면에 장착된 복수의 안테나 급전 요소; 및

(d) 상기 복수의 안테나 급전 요소와 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합된 하나 이상의 처리 요소를 포함하고,

상기 하나 이상의 처리 요소에 의해 생성된 하나 이상의 넓은 빔 패턴을 통해 환경의 개략적 스캔이 수행되며, 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해 상기 하나 이상의 넓은 빔 패턴이 환경으로 전송되고, 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 의해 신호의 제1 세트가 수신되고, 상기 신호의 제1 세트는 하나 이상의 관심 영역을 결정하기 위해 상기 하나 이상의 처리 요소에 의해 처리되고,

상기 하나 이상의 관심 영역을 스캔하도록 좁은 스캐닝 빔을 생성하고 전송함으로써 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 의해 수신된 신호의 제2 세트를 야기하는 세부적 스캔이 수행되고, 상기 신호의 제2 세트는 각각의 관심 영역에 대한 정보를 결정하기 위해 상기 하나 이상의 처리 요소를 통해 처리되고,

상기 루네부르크 렌즈는 상기 복수의 안테나 급전 요소에 의한 상기 신호의 제1 세트 및 제2 세트의 수신 이전에 상기 신호의 제1 세트 및 제2 세트를 포커싱하고, 상기 포커싱은 종래의 평면 위상 어레이에 비해 상기 밀리미터파 차량 레이더의 신호 대 잡음비, 각도 분해능, 처리 속도, 및 검출 범위를 향상되도록 하고, 그리고

상기 개략적 스캔은 상기 세부적 스캔의 좁은 스캐닝 빔을 통해 감지 결과를 업데이트하므로, 상기 개략적 스캔의 수행 후, 순차적으로 세부적 스캔은 환경에 따라 코히런트 처리 구간, 펄스 반복 주파수, 스위핑 주파수 대역, 및 그 공간 감지 패턴을 적응적으로 조정하고,

상기 신호의 제1 및 제2 세트를 포함하는 수신된 신호로부터의 간섭을 제거하기 위해 간섭 억제 기술이 적용되고,

상기 간섭 억제 기술은 상기 수신된 신호의 시간 영역에서 수행되며, 상기 간섭 억제 기술은,

(a) 상기 수신된 신호의 진폭을 측정하는 단계,

(b) 상기 진폭이 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는지 여부를 결정하는 단계, 및

(c) 상기 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는 상기 수신된 신호의 진폭의 일부를 제거하는 단계를 포함하며,

각각의 처리 요소는 메모리에 저장된 하나 이상의 명령의 세트를 실행하는 프로세서에 동작 가능하게 결합된 메모리를 포함하며,

상기 하나 이상의 명령의 세트는,

하나 이상의 넓은 빔 패턴 및 좁은 스캐닝 빔을 생성하는 명령,

상기 신호의 제1 세트 및 신호의 제2 세트를 처리하는 명령, 및

MIMO와 간섭 억제 기술을 실행하는 명령을 포함하고,

상기 메모리는 상기 복수의 미리 결정된 제1 임계값 및 미리 결정된 제2 임계값을 더 저장하는,

밀리미터파 차량 레이더.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 3D 프린트된 루네부르크 렌즈 기반의 밀리미터파(millimeter wave) 레이더를 사용하여 자율 차량의 주변 환경을 적응적으로 감지하는 방법, 및 상기 레이더의 간섭을 완화시키는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근까지, 자율 운송은 공상과학 소설에만 존재했다. 여러 흥미로운 실험이 입증됨에 따라, 자율 주행 차량이 현실에 가까워지고 있는 것은 분명하다. 2억 5천 대가 넘는 미국의 차량과 12억 대의 세계의 차량을 고려할 때, 자율 운송은 정부, 민간 산업, 및 개인 소비자를 포함한 이해 관계자들이 참여하는 거대한 신흥 시장을 대표한다. 자율 운송이 원하는 대로 현실화되기 위해서는, 고성능, 높은 신뢰성, 및 경제성을 갖춘 센서 시스템이 필요하다. 현재, 많은 기술의 레이더, 라이더(Lidar), 초음파, 및 카메라 기반 센서를 포함한 차량 감지 어플리케이션에 활용되고 있다. 그러나, 분해능, 감도, 전천후 능력(all-weather capability), 및 경제성의 부족으로 기존 시스템 중 어느 것도 복잡한 시나리오에서의 자율 주행에 적합하지 않다.

[0003] 본 발명은, 자율 주行的 까다로운 요구 사항을 만족시키는 중요한 센서 해결책을 제시할 수 있는 차량을 둘러싼 전체 유효 범위(coverage), 긴 검출 범위(> 200 m), 및 높은 각도 분해능(< 2°)을 갖는 새로운 밀리미터파(30 - 300 GHz) 레이더(76 - 81 GHz)를 조사하고 개발하는 것을 제안한다. 제안된 레이더는 간섭 회피 및 빠른 처리 능력을 갖춘 진보된 감지(적응형 레이더 기술)와 혁신적인 하드웨어(3-차원 ("3D") 프린트 가능한 루네부르크 렌즈)를 결합한다. 소형 크기와 합리적인 가격을 유지하면서 10 밀리초 이내에 차량 주변의 움직이고 고정된 모든 타겟을 인식하고 위치시키기 위해 적절한 감도 및 분해능 (각도, 범위, 및 도플러/속도)을 갖는다.

[0004] 초음파 센서와 비교하여, 밀리미터파 레이더는 더 작은 크기, 더 가벼운 무게, 높은 분해능, 및 더 긴 범위의 장점을 갖는다. 라이더 및 카메라 기반 센서와 비교할 때, 이는 비, 눈, 안개, 연기, 및 먼지에 침투하는 훨씬 뛰어난 성능을 가져서 자율 주행에 필수적인 높은 신뢰성을 제공한다. 라이더는 모든 기존 센서 중에서 가장 높은 분해능을 제공하고, 대부분의 현재의 자율 차량의 원형(prototype)에서 사용되나, 주요 단점으로 높은 비용과 낮은 날씨에 대한 부작용을 가진다.

[0005] 기술기 지수를 갖는 3D 루네부르크 렌즈는 높은 이득, 광대역 기능, 및 다수의 빔 동시에 형성하는 능력이라는 장점을 가지며, 이는 많은 무선 감지 및 통신 어플리케이션에 대하여 매우 바람직하다. 그러나, 루네부르크 렌즈를 제조하기 위한 종래의 제조 방법은 시간 소모적이고, 고가이거나, 2D 렌즈를 제조하는데에만 사용될 수 있다. 결과적으로, 상업적으로 이용 가능한 3D 루네부르크 렌즈의 상한 주파수는 단지 10GHz로 밀리미터파 레이더에는 적합하지 않다. 본 발명은 밀리미터파 범위에서 작동하는 3D 프린트된 루네부르크 렌즈를 활용한다. 이러한 렌즈의 예시적인 제조 기술은 Xin 등의 저서인 "폴리머 제트 랩핑된 원형에 의해 제조된 3D 루네부르크 렌즈 안테나"에 개시되어 있다. 종래의 제조 기술과 비교하여, Xin의 3D 프린트 접근 방식은 훨씬 편하고, 빠르며, 저렴하고, 밀리미터파 범위의 루네부르크 렌즈를 구현할 수 있다.

[0006] 3D 프린트된 루네부르크 렌즈 표면 상에 급전 소자 (예컨대, 안테나)를 장착함으로써, 급전 소자가 비평면 표면에 장착될 때 고성능 빔 조종이 수행될 수 있다. 현재 사용되는 종래의 평면 위상 어레이 레이더와 비교할 때, 제안된 루네부르크 렌즈 기반 레이더는 훨씬 향상된 이득 및 더 날카로운 빔을 가지므로, 동일한 개수의 급전 소자를 가지면서 훨씬 나은 검출 범위, 각도 분해능(>2배), 및 SNR (>2배)를 초래한다. 더욱이, 루네부르크 렌즈의 구형 대칭 때문에, 제안된 레이더는 종래의 평면 위상 어레이 레이더와 동일한 성능의 동작으로 모든 방위 각 및 양각을 커버할 수 있으므로 멀리, 중간, 및 근사 범위의 하드웨어를 분리할 필요가 없어진다. 또한, 루네부르크 렌즈의 특수 포커싱 특성은 종래의 평면 어레이 레이더에 비해 각도 추정 시 계산 비용을 크게 줄이는 것이 가능하다. 결과적으로, 처리 시간은 새로운 루네부르크 렌즈 기반의 구성, 특히 높은 각도 분해능의 넓은 시야 유효 범위에 대해 크게 감소될 수 있다. 루네부르크 렌즈 어레이의 특징적인 넓은 대역폭과 자연 빔 형성과 함께, 본 발명의 루네부르크 렌즈 기반 레이더는 환경에 따른 코히런트 처리 구간(coherent processing interval), 펄스 반복 주파수, 스위핑 주파수 대역(sweeping frequency band), 및 그 공간 감지 패턴을 적응적으로 조절할 수 있다.

[0007] 본원에 기재된 임의의 특징 또는 특징들의 조합은 본 발명의 범위 내에 포함되는데, 단, 이러한 임의의 조합에 포함되는 특징은 본원의 문맥, 및 그 분야의 통상의 기술자의 지식으로부터 명백한 것과 상호 불일치하지 않는 한 포함된다. 본 발명의 추가적인 장점들 및 양태들은 이하의 상세한 설명 및 청구 범위에서 명백해질 것이다.

발명의 내용

[0008] 간단히 말하자면, 보다 효율적인 레이더 감지 시스템을 제공하는 것이 본 발명의 목적이다. 본 발명의 실시예는 자율 차량을 둘러싸는 복수의 특정 영역을 포함하는 환경을 스캐닝하기 위한 적응형 감지 방법을 특징으로 한다. 일부 실시예에서, 본 방법은 밀리미터파 차량 레이더를 제공하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 밀리미터파 차량 레이더는, 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버(transceiver), 밀리미터파 범위의 상한 주파수를 가지는 3D 프린트된 루네부르크 렌즈, 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합되는 복수의 안테나 급전 요소, 및 상기 복수의 안테나 급전 요소에 동작 가능하게 결합되는 하나 이상의 처리 요소를 포함한다. 일 실시예에서, 복수의 안테나 급전 요소는 3D 프린트된 루네부르크 렌즈의 표면에 장착되고, 각각은 결정된 방향으로 위치된다. 또다른 실시예에서, 각각의 처리 요소는 복수의 특정 영역 중 특정 영역으로부터 유래하는 주어진 신호를 처리한다.

[0009] 다른 실시예에서, 환경의 개략적 스캔은 밀리미터파 차량 레이더를 통해 수행된다. 바람직한 실시예에서, 개략적 스캔은:

[0010] (i) 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 의해 환경에 전송되는 하나 이상의 넓은 빔(wide beam) 패턴을 복수의 처리 요소를 통해 생성하는 단계;

[0011] (ii) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해 상기 하나 이상의 넓은 빔 패턴과 환경 사이의 상호 작용으로부터 야기된 신호의 제1 세트를 수신하는 단계 - 상기 신호의 제1 세트는 상기 복수의 안테나 급전 요소에 의한 그들의 수신 이전에 3D 프린트된 루네부르크 렌즈에 의해 포커싱됨(focus)-; 및

[0012] (iii) 신호의 신호 세기가 미리 결정된 제1 임계값을 초과하는 경우 상기 처리 요소의 특정 영역이 관심 영역으로 고려되는 경우에, 상기 복수의 처리 요소를 통해 신호의 제1 세트를 처리하는 단계를 포함한다.

[0013] 추가 실시예에서, 이후 이하의 단계를 포함하는 세부적 스캔이 수행되며, 세부적 스캔은:

[0014] (i) 상기 복수의 처리 요소를 통해, 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해 각각의 관심 영역으로 전송되는 좁은 스캐닝 빔을 생성하는 단계;

[0015] (ii) 상기 복수의 밀리미터파 트랜시버를 통해, 상기 좁은 빔과 상기 각각의 관심 영역 사이의 상호 작용으로부터 야기된 신호의 제2 세트를 수신하는 단계 - 3D 프린트된 루네부르크 렌즈는 복수의 안테나 급전 요소에 의한 그들의 수신 이전에 상기 신호의 제2 세트를 포커싱함-; 및

[0016] (iii) 각각의 관심 영역에 대한 정보를 결정하기 위해 상기 복수의 처리 요소를 통해 상기 신호의 제2 세트를 처리하는 단계를 포함한다.

[0017] 처리 전에 신호의 제1 및 제2 세트를 디지털 방식으로 포커싱하기 위해 3D 프린트된 루네부르크 렌즈를 사용하는 것은 종래의 평면 위상 어레이에 비해 신호 대 잡음비, 각도 분해능, 및 검출 범위의 향상과 빠른 처리를 야기한다. 또한, 개략적 스캔을 수행하고, 순차적으로 세부적 스캔은 환경에 따라 코히런트 처리 구간, 펄스 반

복 주파수, 스위핑 주파수 대역, 및 그 공간 감지 패턴을 적응적으로 조정한다.

- [0018] 일부 실시예에서, 본 방법은 기회 스펙트럼 액세스(opportunity spectrum access, OSA)를 추정하기 위해 일정 기간 동안 이용 가능한 밀리미터파 스펙트럼의 채널을 결정하는 단계를 더 포함한다. 다른 실시예에서, 부분 관측 가능한 마르코프 결정 과정(Partially Observable Markov Decision Process, POMDP)은 OSA를 추정하는데 사용된다. 밀리미터파 스펙트럼의 주파수 대역은 다수의 채널로 분할되고, POMDP는 채널의 이용 가능성을 기술하는데 사용된다. 간섭의 과거 관측에 따라, POMDP는 가까운 미래에 주어진 채널에서 간섭의 존재를 예측한다. 이용 가능한 채널은 간섭의 가능성이 낮은 채널로 고려된다.
- [0019] 자율 차량에 사용하기 위한 레이더의 각도 분해능(즉, 공간 분해능)을 향상하기 위한 시스템 및 방법은 다양한 특허의 주제가 되어 왔다. 그러나, 이러한 시스템 및 방법은 일관되게 레이더 설계의 복잡성을 상당히 증가시키는 것을 요구하고, 이는 비용 및 신호 처리 부담을 증가시킨다. 예를 들어, US20070296640호는 장거리 및 단거리 차량 레이더 검출에 사용하기 위한 구형, 공유된 유전체 렌즈를 활용하는 멀티빔(multi-beam) 안테나를 상세히 설명한다. 미리 결정된 위치에서 렌즈의 표면에 결합된 도파관 급전은 선택된 주파수에서 전자기파를 전파한다. 유전체 렌즈 및 도파관 급전은 시스템의 크기의 복잡성 및 크기를 현저히 증가시키므로 고가의 제조 비용을 필요로 한다. 또한, 도파관 피드의 큰 크기는 높은 각도 분해능을 달성하는 것을 방지한다.
- [0020] 추가적으로, US20060158369호는 자율 주행에 사용하기 위한 밀리미터파 차량 레이더를 기술한다. 레이더는 송신 안테나와 2개의 수신 안테나가 배치된 안테나 판, 및 기준 방향에 대한 타겟의 방위각을 검출하는 프로세서로 구성된다. 향상된 각도 유효 범위의 필요성은 여기서도 다뤄지는데, (회전 안테나 판을 작동시키기 위해 모터를 필요로 하는) 설계의 증가된 복잡성의 비용으로 다뤄진다.
- [0021] 따라서, 비용이 거의 들지 않고 자율 차량에 사용하기 위한 레이더의 스캐닝 분해능을 향상시키는 기술적 문제가 지속된다. 본 발명의 루네부르크 렌즈 기반 밀리미터파 차량 레이더는 밀리미터파 범위의 상한 주파수를 가지는 고이득, 광대역 기능성, 및 루네부르크 렌즈의 다중 빔을 동시에 형성하는 능력과 같은 기술적 해결책을 제공하고, 개선된 각도 분해능(>2배)을 유도하는 현저히 향상된 이득 및 날카로운 빔을 제공한다. 이러한 향상은 동일한 개수의 급전 요소를 요구하며 설계의 복잡성을 증가시키지 않으면서 얻어진다. 또한, 본 발명은 트랜시버의 개수를 증가시키는 것을 요구하지 않고 현재의 밀리미터파 차량 레이더의 각도 분해능을 더 향상시키는 다중 입력 다중 출력(multiple input multiple output, MIMO) 기술을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 본 밀리미터파 차량 레이더를 통해 실행되는 제안된 적응형 감지 방법은, 종래의 레이더와 비교하여 (환경의 복잡성에 따라) 2 내지 10배의 개선된 (스캐닝 속도와 직접적으로 관련된) 스캐닝 효율을 입증하였다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 본 발명의 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련하여 제시되는 이하의 상세한 설명을 고려함으로써 더욱 명백해질 것이다:
 - 도 1은 본 발명의 밀리미터파 차량 레이더의 예시적인 표현을 도시한다.
 - 도 2는 예시적인 실시예에 따른 본 밀리미터파 차량 레이더의 스캐닝 과정을 상세히 나타낸 흐름도이다.
 - 도 3은 본 발명의 밀리미터파 차량 레이더에 의해 채용된 적응형 감지 방법의 묘사이다.
 - 도 4는 간섭을 예측하는데 사용되는 동적 스펙트럼 접근 방법의 묘사이다.
 - 도 5a 내지 도 5b는 검출된 물체와 사용 중인 레이더 사이의 각도 계산에서의 종래의 레이더 감지와 현재의 밀리미터파 차량 레이더 사이의 레이더 출력 비교의 예시를 도시한다. 타겟 1은 레이더로부터 200미터 떨어져 0도에 위치하고; 타겟 2는 레이더로부터 50미터 떨어져 30도에 위치하며; 타겟 3은 레이더로부터 150미터 떨어져 -45도에 위치된다.
 - 도 6은 종래의 방법을 사용하여 얻어진 결과와 비교하여 본 적응형 감지 방법의 결과를 도시한다. 종래의 자율 차량 레이더와 비교하여 본 적응형 감지 방법은 감지 결과를 얻기 위해 더 적은 샘플을 필요로 한다.
 - 도 7은 각 트랜시버/송신기가 환경의 특정 각도 면적을 커버하는 본 밀리미터파 차량 레이더의 개략도를 도시한다.
 - 도 8은 적응형 감지 방법을 위한 공간적 감지 패턴의 예시를 도시한다.
 - 도 9는 본 적응형 감지 방법을 적용하지 않고 본 밀리미터파 차량 레이더에 의해 생성된 이미지화된 타겟을 도

시한다.

도 9b는 본 적응형 감지 방법을 적용한 본 밀리미터파 차량 레이더에 의해 생성된 이미지화된 타겟을 도시한다.

도 10은 2개의 신호가 교차할 때 발생하는 간섭의 묘사를 도시한다.

도 11a는 간섭 전에 검출된 수신된 신호를 도시한다.

도 11b는 간섭이 존재하는 경우에 검출된 수신된 신호를 도시한다.

도 11c는 간섭 신호가 제거된 후의 검출된 수신된 신호를 도시한다.

도 12a는 도 11a의 검출된 수신된 신호의 범위/도플러 결과를 도시한다.

도 12b는 도 11b의 검출된 수신된 신호의 범위/도플러 결과를 도시한다.

도 12c는 도 11c의 검출된 수신된 신호의 범위/도플러 결과를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이제 도 1 내지 도 12c를 참조하면, 본 발명은 자율 차량을 둘러싸는 복수의 특정 영역을 포함하는 환경을 스캐닝하기 위한 적응형 감지 방법을 특징으로 한다. 일부 실시예에서, 본 방법은 밀리미터파 차량 레이더를 제공하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 밀리미터파 차량 레이더는: 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버, 밀리미터파 범위의 상한 주파수를 갖는 3D 프린트된 루네부르크 렌즈, 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 동작 가능하게 결합되는 복수의 안테나 급전 요소, 및 상기 복수의 안테나 급전 요소 및 트랜시버에 동작 가능하게 결합되는 하나 이상의 처리 요소를 포함한다. 대안적인 실시예에서, 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버는 각각 별개의 송신기 및 수신기 디바이스이다. 일 실시예에서, 복수의 안테나 급전 요소는 3D 프린트된 루네부르크 렌즈의 표면에 장착되고, 각각은 결정된 방향에 위치된다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 처리 요소는 복수의 특정 영역들 중 특정 영역으로부터 유래하는 주어진 신호를 처리한다.

[0025] 다른 실시예에서, 환경의 개략적 스캔은 밀리미터파 차량 레이더를 통해 수행된다. 바람직한 실시예에서, 개략적 스캔은:

[0026] (i) 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버에 의해 환경에 전송되는 하나 이상의 넓은 빔 패턴을 복수의 처리 요소를 통해 생성하는 단계(202);

[0027] (ii) 복수의 안테나 급전 요소를 통해 상기 복수의 넓은 빔 패턴과 환경 사이의 상호 작용으로부터 야기된 신호의 제1 세트를 수신하는 단계(203) - 신호의 제1 세트는 상기 복수의 안테나 급전 요소에 의한 그들의 수신 이전에 3D 프린트된 루네부르크 렌즈에 의해 포커싱됨 -; 및

[0028] (iii) 신호의 신호 세기가 미리 결정된 제1 임계값을 초과하는 경우 상기 처리 요소의 특정 영역이 관심 영역으로 고려되는 경우에, 복수의 처리 요소를 통해 신호의 제1 세트를 처리하는 단계(205)를 포함한다.

[0029] 추가 실시예에서, 이후 이하의 단계를 포함하는 세부적 스캔이 각각의 관심 영역에서 수행되며, 세부적 스캔은:

[0030] (i) 복수의 안테나 급전 요소를 통해, 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해 각각의 관심 영역으로 전송되는 좁은 스캐닝 빔을 생성하는 단계(206);

[0031] (ii) 상기 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버를 통해 상기 좁은 스캐닝 빔과 상기 각각의 관심 영역 사이의 상호 작용으로부터 야기된 신호의 제2 세트를 수신하는 단계(207) - 3D 프린트된 루네부르크 렌즈는 복수의 안테나 급전 요소에 의한 그들의 수신 이전에 상기 신호의 제2 세트를 포커싱함 -; 및

[0032] (iii) 각각의 관심 영역에 대한 정보를 결정하기 위해 상기 복수의 처리 요소를 통해 상기 신호의 제2 세트를 처리하는 단계(209)를 포함한다.

[0033] 처리 전에 신호의 제1 세트와 제2 세트를 디지털 방식으로 포커싱하기 위해 3D 프린트된 루네부르크 렌즈를 사용하는 것은 종래의 평면 위상 어레이에 비해 신호 대 잡음비, 각도 분해능, 및 검출 범위의 향상과 빠른 밀리미터파 차량 레이더의 처리의 속도를 야기한다. 또한, 개략적 스캔을 수행하고, 개략적 스캔은 세부적 스캔의 좁은 스캐닝 빔을 통해 감지 결과를 업데이트 하므로, 순차적으로 세부적 스캔은 환경에 따라 코히런트 처리 구간, 펄스 반복 주파수, 스위핑 주파수 대역, 및 그 공간 감지 패턴을 적응적으로 조정한다.

[0034] 보조적인 실시예에서, 신호가 하나 이상의 관심 물체와 상호 작용할 때, 주어진 처리 요소에 의해 처리된 신호

의 신호 세기는 미리 결정된 제1 임계값을 초과한다. 이러한 방식으로 환경 내의 물체를 감지하는 것이 달성된다. 신호의 제2 세트를 처리하는 것은 밀리미터파 차량 레이더에 의해 감지된 하나 이상의 관심 물체에 대한 정보를 산출한다.

- [0035] 일부 실시예에서, 밀리미터파 차량 레이더로부터 각각 멀리 떨어져 있는 하나 이상의 관심 물체의 존재를 검출하기 위해 복수의 미리 결정된 제1 임계값은 복수의 거리에 대해 설정된다.
- [0036] 일 실시예에서, 하나 이상의 밀리미터파 수신기 및 하나 이상의 밀리미터파 송신기는 하나 이상의 밀리미터파 트랜시버 대신에 사용된다.
- [0037] 다른 실시예에서, MIMO 기술이 밀리미터파 차량 레이더의 각도 분해능을 향상시키기 위해 채용된다. 또 다른 실시예에서, MIMO 기술은 각각의 밀리미터파 송신기에 대한 하나 이상의 밀리미터파 수신기의 진폭 및 위상을 측정하는 것과 하나 이상의 밀리미터파 송신기의 각각 사이의 상이한 타겟 방향에 대한 복수의 위상 차이를 계산하는 것을 포함한다. 그 후, 복수의 위상 차이가 보상될 수 있고, (하나 이상의 밀리미터파 송신기의) 상이한 밀리미터파 송신기로부터의 복수의 레이더 결과는 향상된 각도 분해능을 실현하는 3D 프린트된 루네부르크 렌즈의 반 전력 빔(half power beam) 폭보다 더 좁은 스캐닝 빔을 생성하도록 코히런트 가산된다. 그 다음, 스캐닝 빔은 좁은 스캐닝 빔으로서 각각의 관심 영역에 전송될 수 있다. 전술한 바와 같이, MIMO 기술은 주어진 개수의 트랜시버에 대한 밀리미터파 차량 레이더의 각도 분해능을 향상시키는데 효과적이다. 대안적인 실시예에서, MIMO 기술은 주어진 각도 분해능에 필요한 트랜시버의 개수를 감소시키도록 적용될 수 있다. 종래의 평면 어레이 레이더와 본 밀리미터파 차량 레이더의 각도 찾기 방법의 출력 비교가 도 5에 도시되어 있다.
- [0038] 추가적인 실시예에서, 하나 이상의 넓은 빔 패턴 및 좁은 스캐닝 빔은 밀리미터파 스펙트럼의 하나 이상의 채널 (또는 교대로, 주파수 대역)을 통해 환경으로 전송될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 주어진 시간 주기 동안 하나 이상의 채널의 이용 가능성을 결정하기 위해 OSA가 추정된다. 일부 실시예들에서, POMDP는 OSA를 추정하는데 사용된다. POMDP는 채널의 이용 가능성을 기술하는데 사용된다. 간섭의 과거 관측에 따르면, POMDP는 가까운 미래에 주어진 채널에서 간섭의 존재를 예측한다. 이용 가능한 채널은 낮은 간섭을 가지는 채널이다.
- [0039] 일 실시예에서, 후속하는 좁은 스캐닝 빔은 결정된 횟수의 반복 동안 관심 영역에 전송된다. 각각의 반복은 관심 영역의 개수를 더 좁힐 수 있고, 및/또는 각각의 관심 영역에 대한 정보를 더 상세하게 산출할 수 있다.
- [0040] 보충 실시예에서, 임의의 수신된 신호로부터의 간섭을 제거하기 위해 간섭 억제 기술이 채용된다. 일부 실시예에서, 수신된 신호는 신호들의 제1 세트, 신호들의 제2 세트, 또는 관심 영역으로 후속하는 좁은 스캐닝 빔들의 전송으로부터 야기된 신호들 일 수 있다. 본 밀리미터파 차량 레이더는 전형적으로 선형 주파수 변조된 파형을 전송된 신호로서 채용한다 (도 10 참조). 간섭은 침입자 레이더의 신호가 이러한 전송된 신호를 교차하는 경우에 발생한다. 간섭은 현재의 적응형 감지 방법으로 하여금 가짜 타겟을 검출하거나, 노이즈 플로어를 높이거나, 수신된 신호를 처리할 때 실제 타겟을 놓치게 할 수 있다. 이러한 간섭을 억제하는 한 방법은 시간 도메인에서 수신된 신호를 제거하는 것이다. 간섭은 침입자의 신호가 현재의 레이더의 송신된 신호를 교차하는 경우만 존재한다는 점을 유의해야한다. 간섭은 전형적으로 도 11b에 도시된 바와 같이 짧은 지속 시간을 가지며, 수신된 신호보다 상당히 높은 진폭을 가지는데, 왜냐하면 간섭의 전력이 (또한 거리에 대해) 2제곱만큼 감소하는 동안 수신된 신호의 전력은 4제곱으로 감소하기 때문이다. 예시적인 실시예에서, 간섭 억제 기술은 시간 도메인에서 수행되며,
- [0041] (i) 수신된 신호의 진폭을 측정하는 단계,
- [0042] (ii) 상기 진폭이 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는지 여부를 결정하는 단계, 및
- [0043] (iii) 상기 미리 결정된 제2 임계값을 초과하는 상기 수신된 신호의 진폭의 일부를 제거하는 단계를 포함한다.
- [0044] 또 다른 실시예에서, 각각의 처리 요소는 메모리에 저장된 하나 이상의 명령의 세트를 실행하는 프로세서에 동작 가능하게 결합된 메모리를 포함한다. 일 실시예에서, 하나 이상의 명령의 세트는 하나 이상의 넓은 빔 패턴 및 좁은 스캐닝 빔을 생성하는 단계, 신호의 제1 세트 및 신호의 제2 세트를 처리하는 단계, 및 MIMO와 간섭 기술을 실행하는 단계를 포함한다. 또다른 실시예에서, 메모리는 복수의 미리 결정된 제1 임계값 및 미리 결정된 제2 임계값을 더 저장한다.
- [0045] 일부 실시예에서, 밀리미터파 차량 레이더에 관한 검출된 물체의 각도는 신호의 제1 세트의 진폭 값과 복수의 처리 요소의 보정된 감도 계수를 사용하여 검출된다. 루네부르크 렌즈의 특별한 포커싱 특성의 결과로, 각도 찾기 계산 비용은 (각도 찾기 계산에서 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)을 사용하는) 평면 어레이

이를 사용하는 종래의 레이더 시스템과 비교하여 크게 감소된다. 종래의 레이더 시스템에서, 각도 찾기 접근법은 상이한 수신기들(교대로, 요소들) 사이의 측정된 위상 차이에 기초한다. N 요소 평면 어레이 레이더 시스템의 경우, FFT를 채용하는 각도 찾기 기술의 계산 비용은 $N \cdot \log_2(N)$ 에 비례한다. 현재의 루네부르크 렌즈 기반의 밀리미터파 차량 레이더에 관하여, 상이한 방향으로부터의 전자기파(예를 들어, 수신된 신호)가 렌즈에 의해 포커싱되기 때문에 각도 찾기 절차는 훨씬 간단해진다.

[0046] 정확한 각도 찾기 결과는 각 수신기의 측정된 진폭 값과 보정된 감도 계수로부터 직접 얻을 수 있다. N-요소 루네부르크 렌즈 밀리미터파 레이더의 경우에, 계산 비용은 N에 비례하며, 이는 종래의 레이더 시스템보다 훨씬 빠르다. 예를 들어, 16-요소 루네부르크 렌즈 기반 레이더의 경우, 처리 시간은 동일한 개수의 요소를 가진 종래의 레이더보다 적어도 4배 더 빠를 것이다. 추정에 따르면, 본 레이더로 각도를 찾는데 1 밀리초 미만의 계산 시간이 요구된다. 본 밀리미터파 차량 레이더의 각도 찾기 기술은 진폭 기반이기 때문에, 수신 요소들 간의 차이를 보상하는 보정이 각도 찾기 결과를 향상시키기 위해 수행될 수 있다.

[0047] **POMDP 세부 정보**

[0048] N개의 주파수 대역은 $M=2^N$ 상태를 가지는 이산-시간 마르코프 체인에 의해 모델링될 수 있으며, 여기서 상태는 각 대역의 이용 가능성으로 정의된다. 전이 확률 $p(k)_{i,j}$ 은 $\{\alpha(k)_i, \beta(k)_j\}_{i=1}^N$ 로부터 쉽게 얻을 수 있고, 여기서 k는 간섭 레이더의 파형의 유형을 나타내며, α 는 비지(busy)로부터 아이들(idle)로의 채널의 확률을 나타내고, β 는 아이들로부터 비지로의 채널의 확률을 나타내고, i 및 j는 상이한 채널을 나타낸다. $N=2$ 에 대한 상태도가 도 4에 도시되어 있으며, 여기서 $\overline{\alpha(k)}_i = 1 - \alpha(k)_i$ 이고, 상태 {1,0}는 제2 대역이 비지인 동안 제1 대역이 이용 가능하다는 것을 나타낸다. 각 시간 슬롯에서, 사용자는 단지 하나의 대역을 선택하여 신호를 전송하고 간섭을 결정할 수 있기 때문에, 밀리미터파 스펙트럼의 상태는 부분적으로만 관찰 가능하다. $n(n = 1, \dots, T)$ 이 나머지 결정 간격의 개수를 의미하는 것이라고 두자. T 시간 슬롯에 걸친 유한한 수평선(finite horizon) POMDP의 경우, 나머지 n개의 결정 간격에서 성능을 최적화할 시간 슬롯, $T - n + 1$, 및 동작 a이 선택된다. 정보 벡터 π 의 동적 행동은 이산 시간 연속 상태 마르코프 절차이다. 밀리미터파 스펙트럼의 상태에 대한 이전의 정보 π 가 주어지면, 동작 a 하에서 θ 를 관찰한 후에 현재의 지식 π' 는 베이즈의 규칙(Bayes' rule)

$$\pi' = [\pi'_1, \dots, \pi'_M], \pi' = [\pi'_1, \dots, \pi'_M]$$

$$\pi'_j = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^K \pi_i p(k)_{i,j} \Pr[\Theta_j, a, k = \theta(k)]}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K \pi_i p(k)_{i,j} \Pr[\Theta_j, a, k = \theta(k)]}$$

[0049]

[0050] 을 통해 쉽게 얻어질 수 있으며, 상기 식은 동작 a와 θ 관찰에 기반한 π 로부터의 업데이트된 정보 벡터이다.

[0051] **실험 세부 정보**

[0052] 본 밀리미터파 차량 레이더의 상세한 실시예에서, 송신기(RPN7720, 10dBm 출력 전력) 및 인피니온(Infineon)으로부터의 수신기(RRN7745, 14 dB 노이즈 지수) 칩이 사용되었다. 루네부르크 렌즈의 이득을 23dB라고 가정하면, 관심 물체가 30MHz의 레이더 시스템 대역폭을 가지는 있는 레이더에서 20m (차량의 전형적인 RCS는 약 100 m^2) 떨어지고, 10 m^2 의 레이더 단면적(radar cross section, RCS)을 가지는 경우 수신기에서의 수신 신호는 $P_r = P_t G^2 \sigma \lambda^2 / (4\pi)^3 R^4 = -67 \text{ dBm}$ 이 될 것이다. 열 노이즈와 전형적인 14dB 수신기 노이즈 지수를 고려할 때, 신호 대 노이즈 비는 수신기 채널에서 18dB가 될 것이다. 레이더에서 100m 떨어져 있고 1 m^2 RCS (보행자용 전형적인 RCS)를 가지는 물체의 최악의 시나리오는 26dB 이득을 요구한다.

[0053] 도 9a 내지 도 9b는 본 적응형 감지 방법을 적용한 것과 적용하지 않은 본 발명의 밀리미터파 차량 레이더에 의해 생성된 타겟 이미지를 도시한다. 이 예시에서, 처리 시간은 본 적응형 감지 방법을 사용하여 10배만큼 짧아진다.

[0054] 본원에서 사용된 바와 같이, 용어 "약"은 참조된 수의 +10%, -10%를 나타낸다.

[0055] 본원에 기술된 것 이외에, 본 발명의 다양한 변형은 전술한 설명으로부터 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 이러한 변형은 또한 첨부된 청구항의 범위 내에 속하는 것으로도 의도된다. 본원에 인용된 각각의 참조 문헌은

그 전체 내용이 원용에 의해 본 명세서에 포함된다.

[0056] 비록 본 발명의 바람직한 실시예가 도시되고 설명되었지만, 첨부된 청구 범위를 벗어나지 않는 수정이 이루어질 수 있다는 것은 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 이하의 청구범위에 의해서만 한정된다. 청구범위에 인용된 참조 번호는 단지 예시일 뿐이며, 심사 시에 검토하기 용이하게 하기 위한 것이고, 어떠한 방식으로든 제한하지 않는다. 일부 실시예에서, 본 특허 출원에 제시된 수치는 각도, 치수 비율 등을 포함하여 일정한 비율로 도시된다. 일부 실시예에서, 도면은 단지 표현을 위한 것이며, 청구 범위는 도면의 치수에 의해 제한되지 않는다. 일부 실시예에서, "포함하는"이라는 문구를 사용하여 본원에 기술된 발명의 설명은 "구성되는"으로 기술될 수 있는 실시예를 포함하고, 그러한 것으로서 "구성되는"이라는 문구를 사용하는 본 발명의 하나 이상의 실시예를 청구하기 위한 서술된 발명의 설명 요구 사항이 충족된다.

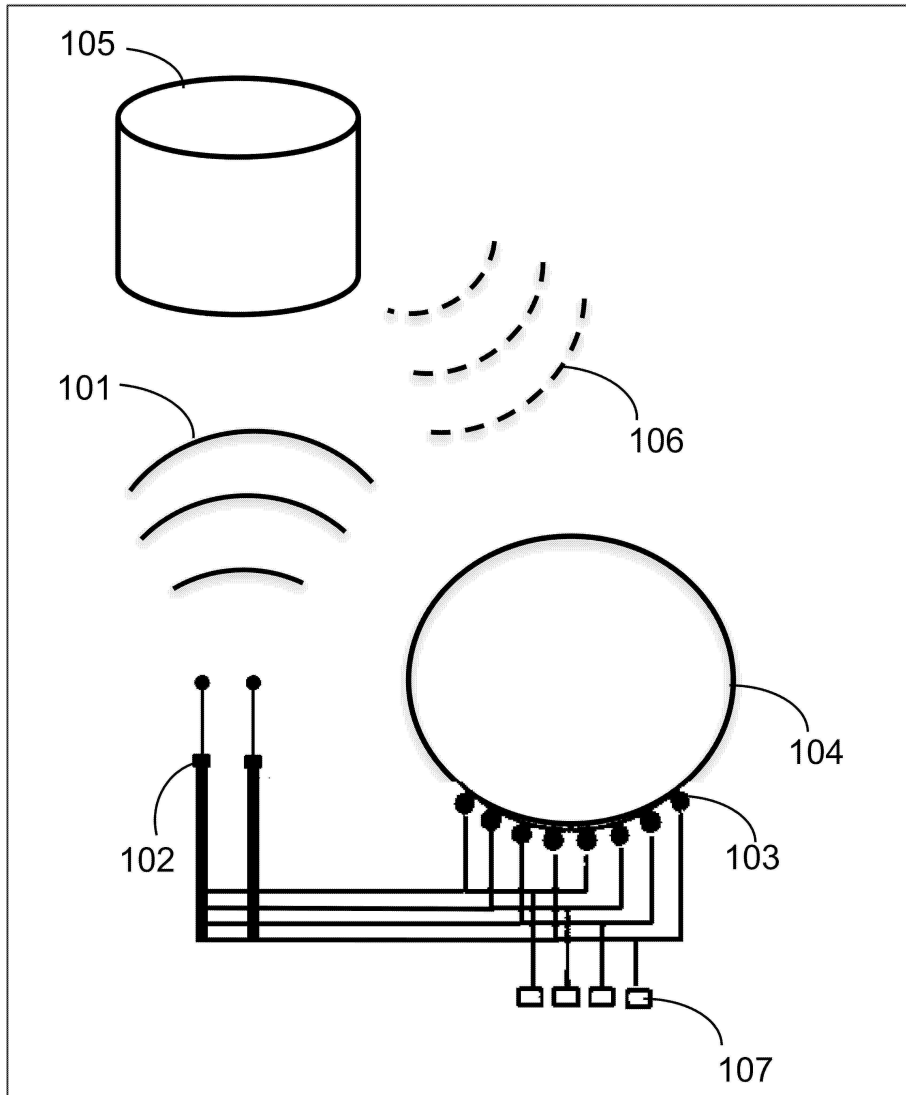
[0057] 이하의 특허 청구 범위에 인용된 참조 번호는 단지 이 특허 출원의 심사를 용이하게 하기 위한 것이며, 예시적인 것이고, 어떠한 방식으로든 특허 청구 범위의 범위를 도면에서 대응하는 참조 부호를 갖는 특정 특징으로 제한하려는 의도는 전혀 없다.

[0058] 참고 문헌:

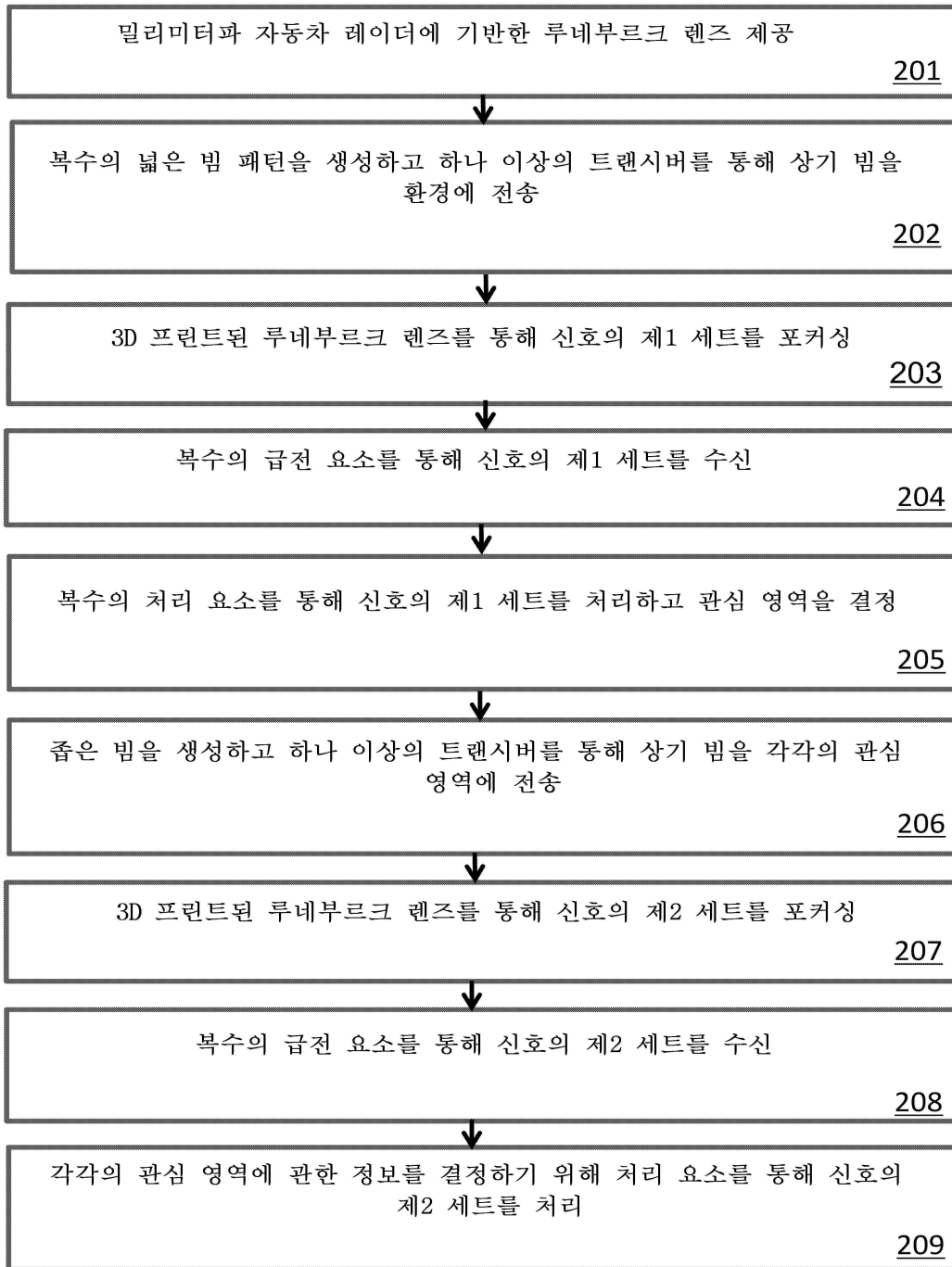
[0059] Liang, M., Ng, W. R., Chang, K., Gbele, K., Gehm, M. E., & Xin, H 저, (2014), 빠른 프로토타이핑 (prototyping)을 분사하는 폴리머에 의해 제작된 3-D 루네부르크 렌즈 안테나. 안테나 및 전파에 관한 IEEE 거래, 62(4), 1799-1807. [6698375]. DOI.

도면

도면1

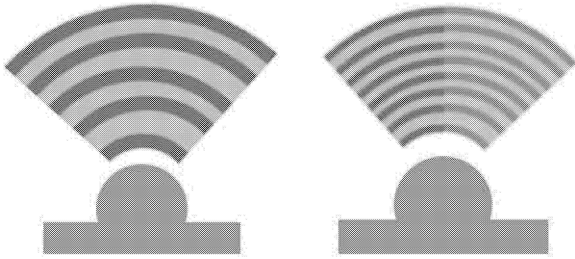


도면2



도면3

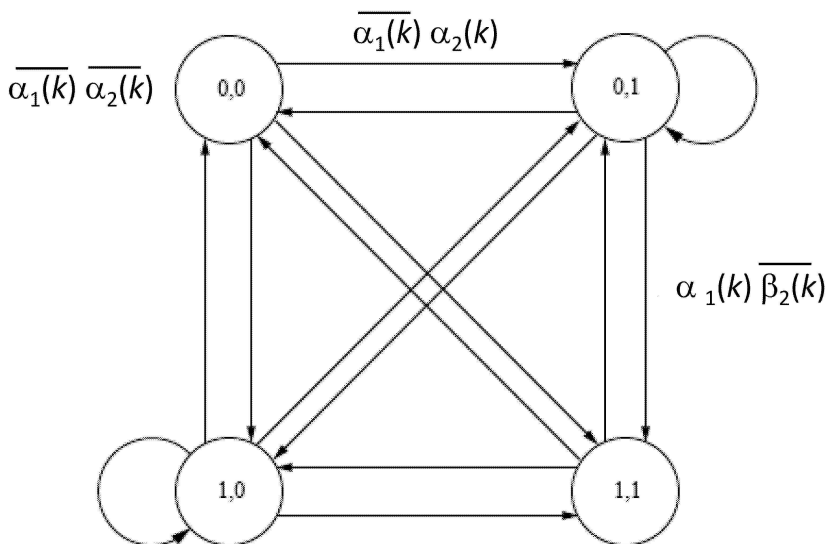
적응형 감지 자동차 레이더



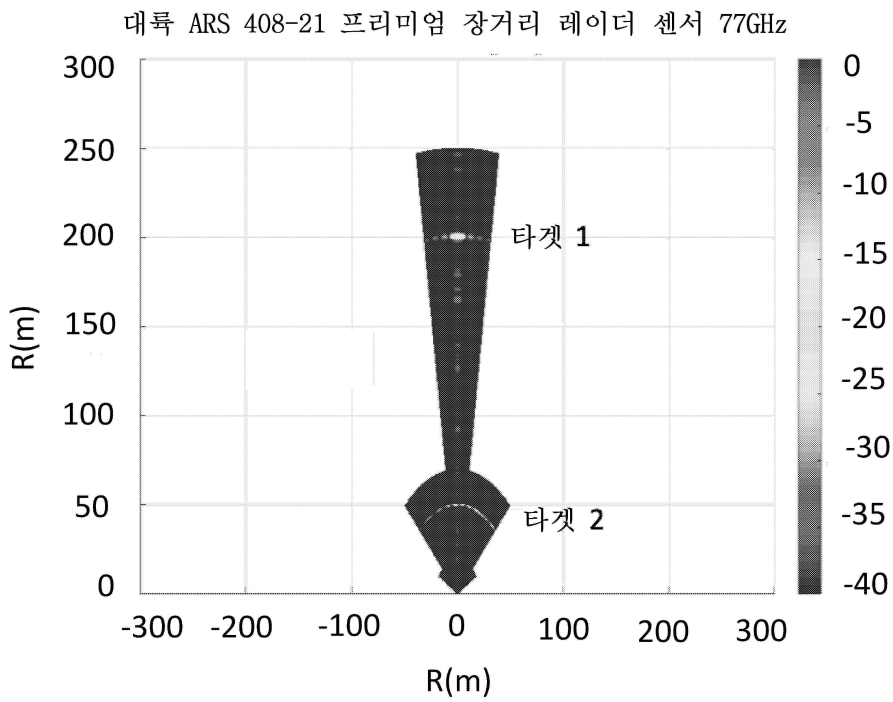
개략적 감지

세부적 감지

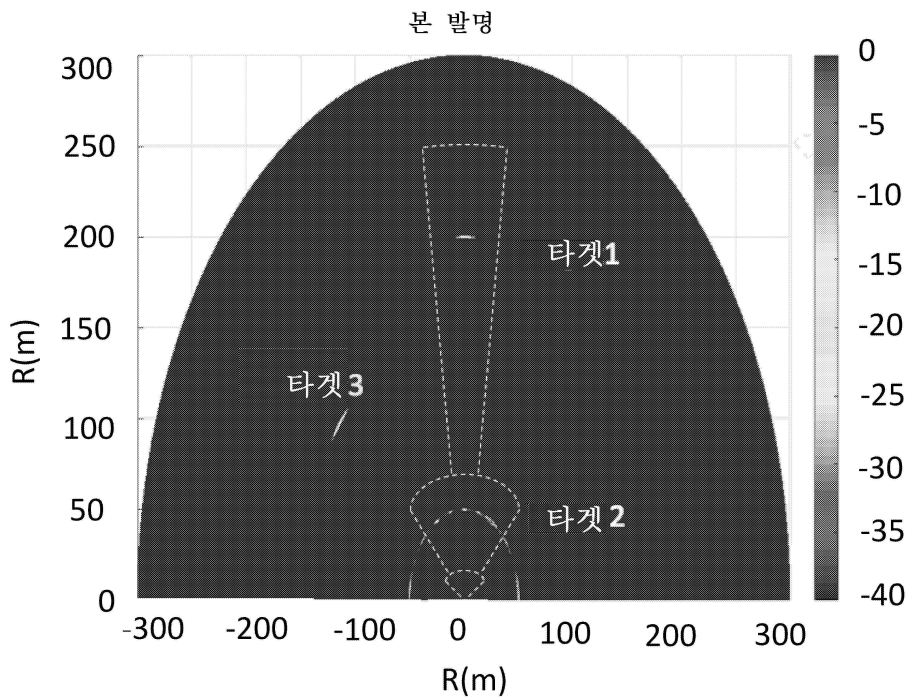
도면4



도면5a

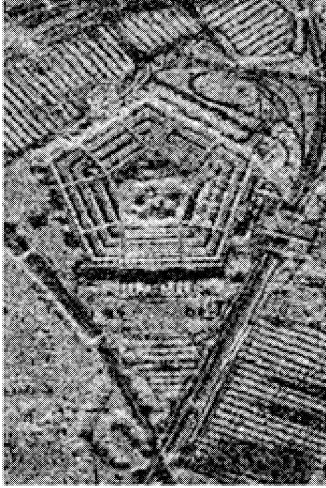


도면5b

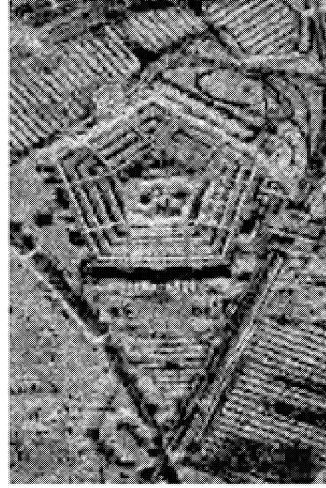


도면6

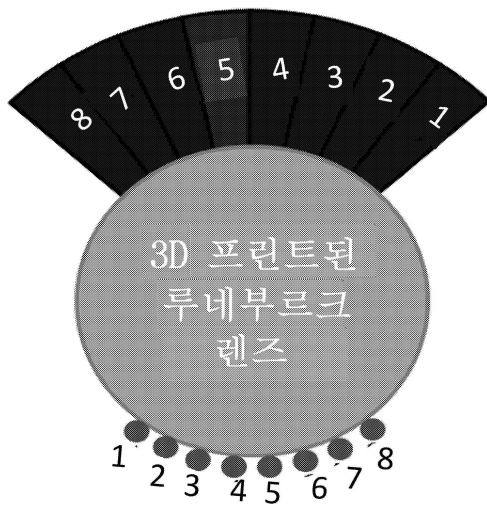
순차적 감지
(100% 감지 데이터)
SNR = 15dB



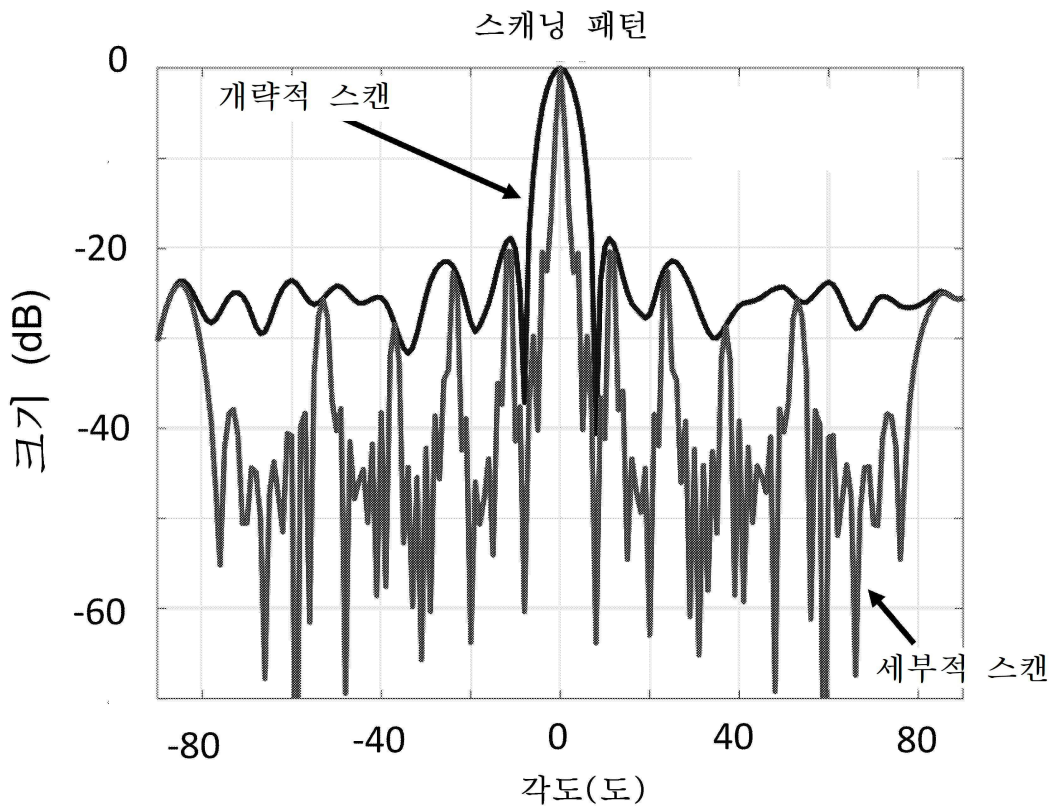
노이즈 제거를 한 감지 변환
(47% 감지 데이터)
SNR = 15dB



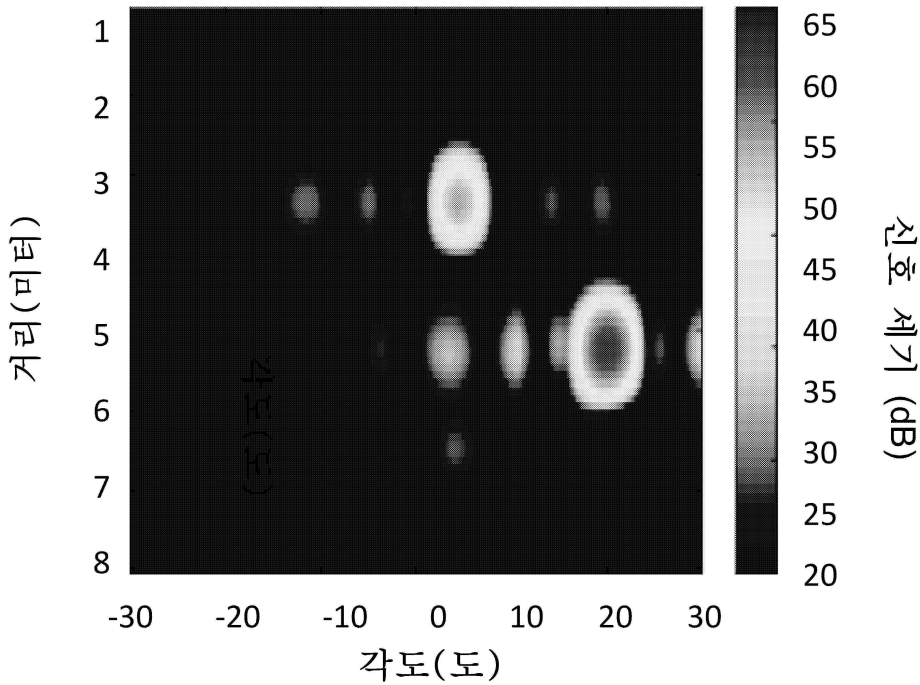
도면7



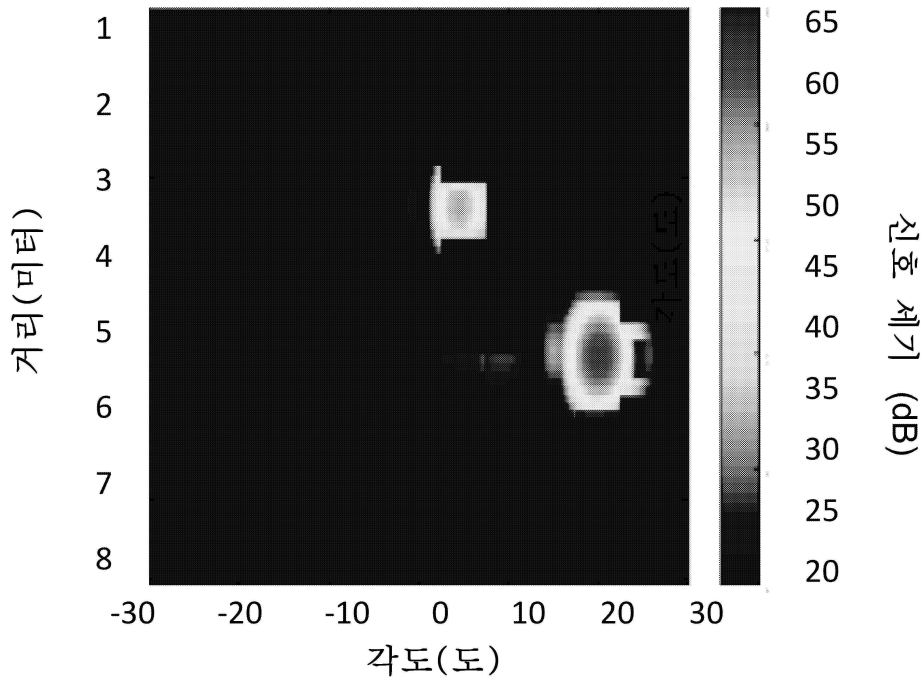
도면8



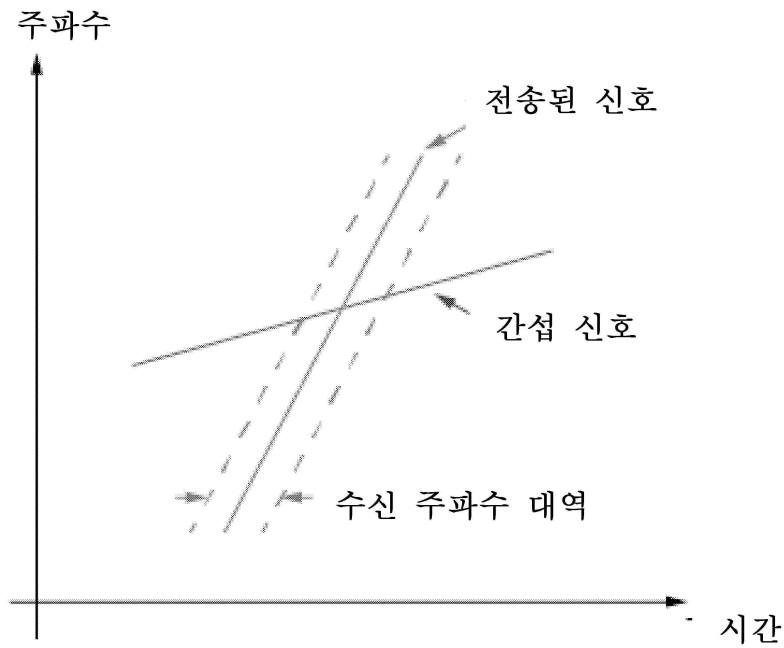
도면9a



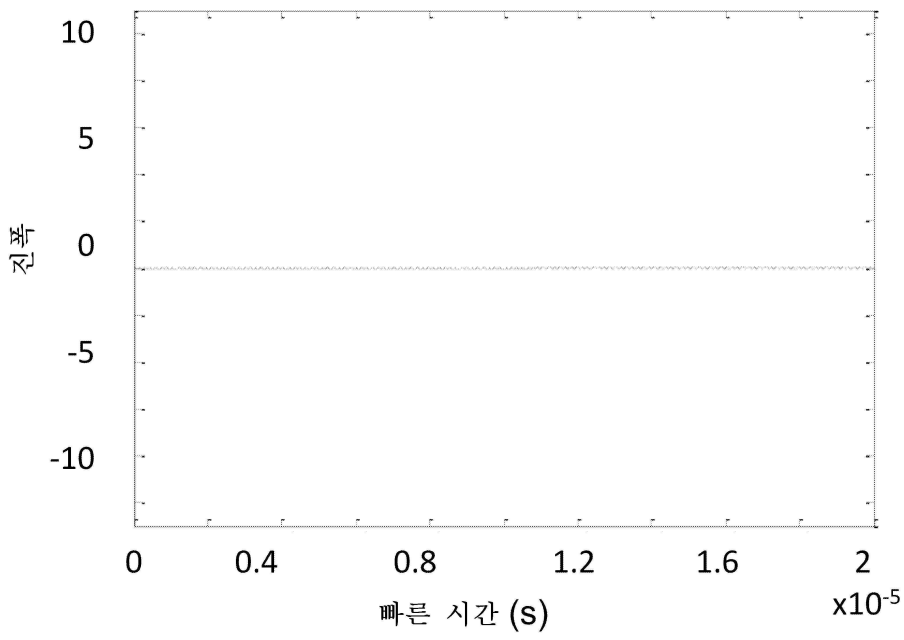
도면9b



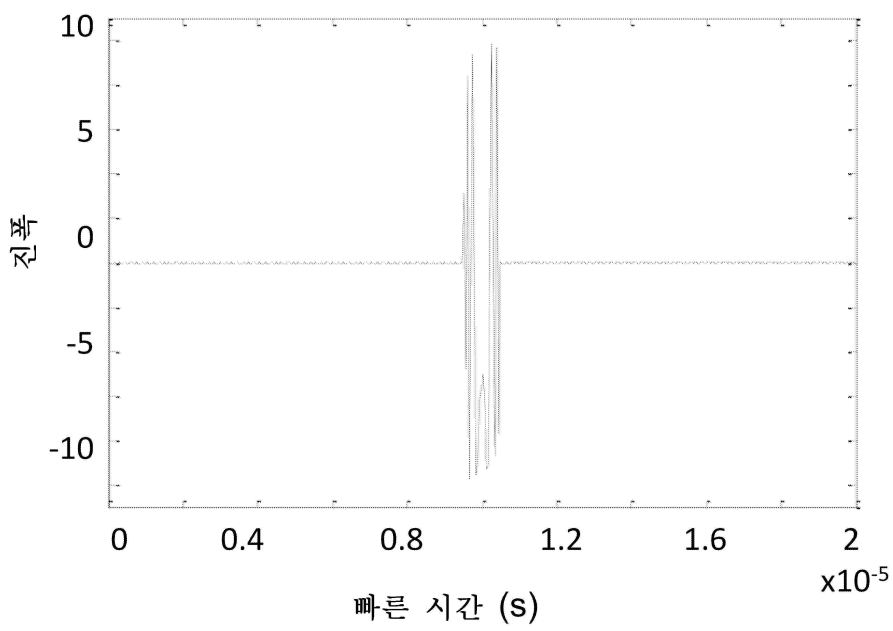
도면10



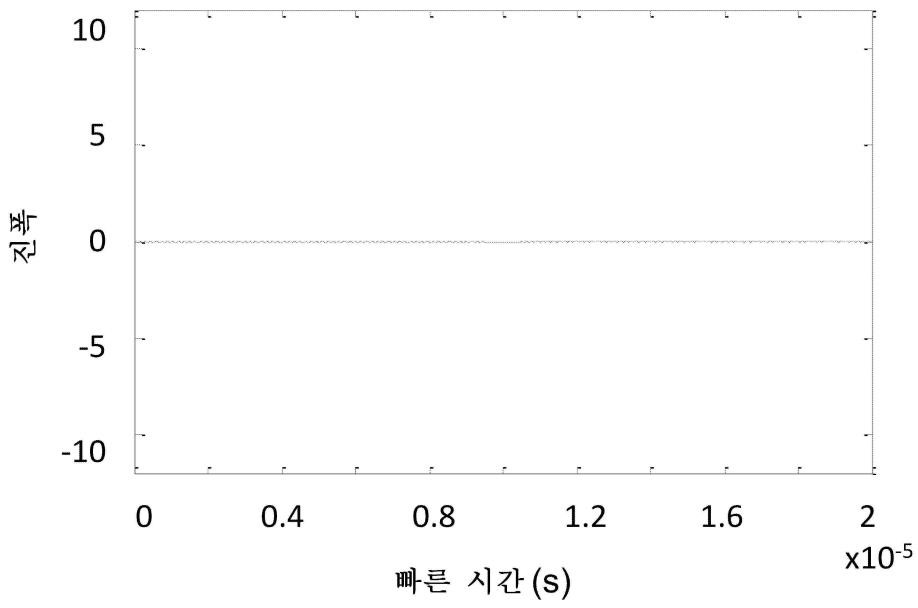
도면11a



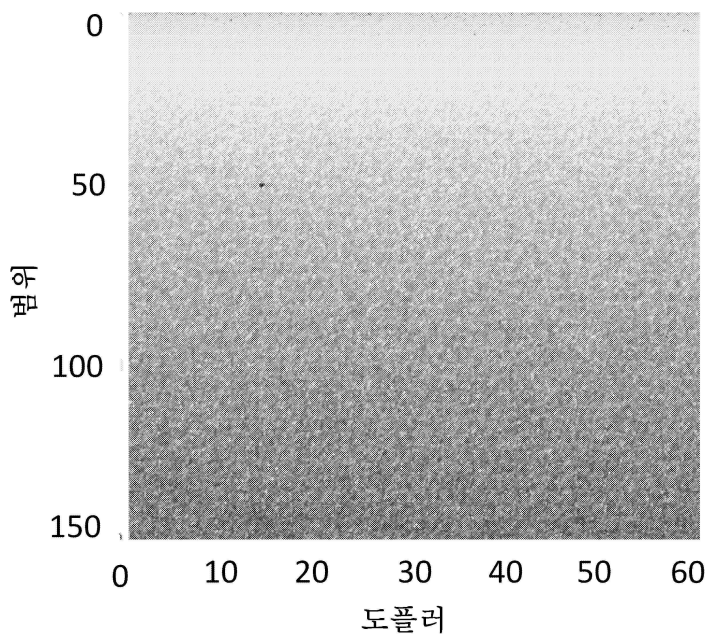
도면11b



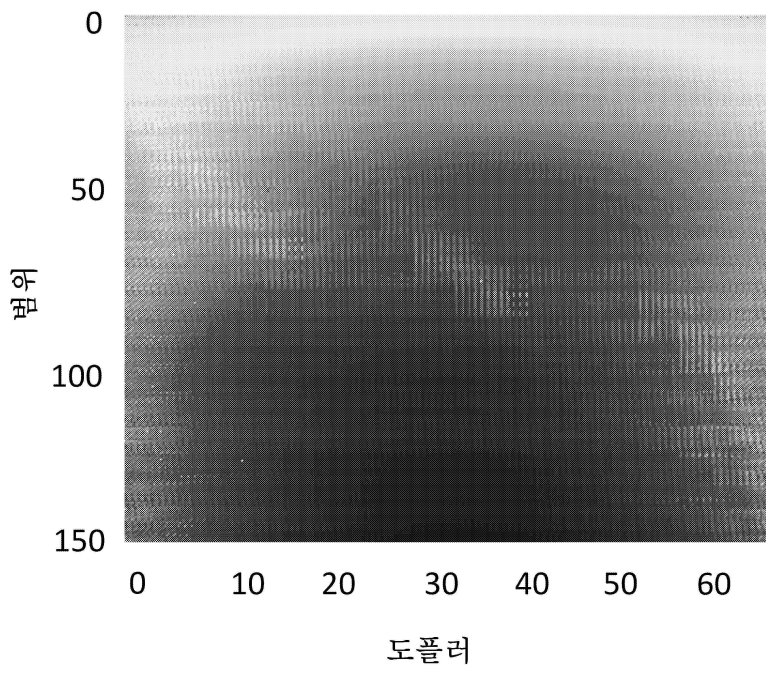
도면11c



도면12a



도면12b



도면12c

