



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0016998
(43) 공개일자 2021년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 13/62 (2006.01) G01S 13/522 (2006.01)
G01S 7/292 (2006.01) G01S 7/41 (2006.01)
G06N 3/02 (2019.01)

(52) CPC특허분류

G01S 13/62 (2013.01)
G01S 13/522 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0095582

(22) 출원일자 2019년08월06일
심사청구일자 2019년08월06일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(주)탑중앙연구소

경기도 성남시 분당구 판교로255번길 74 (삼평동)

(72) 발명자

김정태

서울특별시 서초구 서운로 197, 102동 402호 (롯데캐슬클래식아파트)

한미선

서울특별시 영등포구 당산로41길 23, 101동 604호 (당산동4가, 당산현대아파트)

(74) 대리인

특허법인 신지

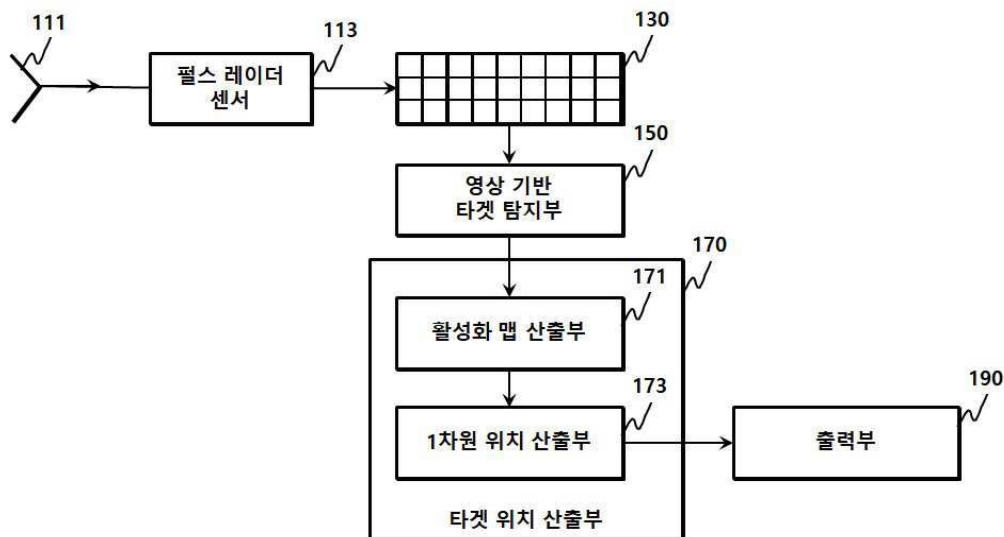
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **재실 감지를 위한 레이더 신호 처리 방법 및 그 장치**

(57) 요약

펄스 레이더를 이용하여 실내의 사람의 위치를 검출하는 레이더 신호 처리 기술이 개시된다. 펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호로부터 타겟이 감지된다. 일 예로, 시간-거리 영상 신호는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network)회로에 의해 처리될 수 있다. 길쌈 신경망 처리부의 활성화 맵에서 활성화도가 높은 연속된 영역을 추출하여 1차원 타겟 영역이 산출될 수 있다. 복수의 레이더 센서에서 획득된 복수의 1차원 타겟 영역들을 후방 투사하여 2차원 타겟 영상이 생성될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01S 7/292 (2013.01)

G01S 7/415 (2013.01)

G06N 3/02 (2019.01)

명세서

청구범위

청구항 1

펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호를 처리하여 타겟을 감지하는 영상기반 타겟 탐지부;

를 포함하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 레이더 신호 처리 장치가 :

상기 영상기반 타겟 탐지부의 활성화 맵(activation map)을 산출하여 그로부터 1차원 타겟 영역을 산출하는 타겟 위치 산출부;

를 더 포함하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 영상 기반 타겟 탐지부는 시간-거리 영상 신호를 입력받아 타겟의 존재 여부를 출력하는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 처리부;를 포함하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 타겟 위치 산출부는 :

길쌈 신경망 처리부의 활성화 맵을 산출하는 활성화 맵 산출부와;

활성화 맵에서 활성화도가 높은 연속된 영역을 추출하여 1차원 타겟 영역으로 산출하는 1차원 위치 산출부;

를 포함하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 5

각각이 펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟을 감지하는 영상기반 타겟 탐지부와, 상기 영상기반 타겟 탐지부의 활성화 맵(activation map)을 산출하여 그로부터 1차원 타겟 영역들을 산출하는 타겟 위치 산출부를 포함하는 복수의 1차원 타겟 영역 검출부와;

상기 복수의 1차원 타겟 영역 검출부의 출력들로부터 2차원 타겟 영상을 생성하여 출력하는 2차원 영상 생성부;

를 포함하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 2차원 영상 생성부는 1차원 타겟 영역 검출부에서 산출된 복수의 1차원 타겟 영역들을 후방 투사(back-projection)하여 2차원 타겟 영상을 생성하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 7

청구항 5에 있어서, 영상 기반 타겟 탐지부는 시간-거리 영상 신호를 입력받아 타겟의 존재 여부를 출력하는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 처리부;를 포함하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 타겟 위치 산출부는 :

길쌈 신경망 처리부의 활성화 맵을 산출하는 활성화 맵 산출부와;

활성화 맵에서 활성화도가 높은 연속된 영역을 추출하여 타겟 위치로 산출하는 1차원 위치 산출부;
를 포함하는 레이더 신호 처리 장치.

청구항 9

펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호를 처리하여 타겟을 감지하는 영상기반 타겟 탐지 단계

를 포함하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 레이더 신호 처리 방법이 :

상기 영상기반 타겟 탐지부의 활성화 맵(activation map)을 산출하여 그로부터 타겟 위치를 산출하는 타겟 위치 산출 단계;

를 더 포함하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 영상 기반 타겟 탐지 단계는 시간-거리 영상 신호를 입력받아 타겟의 존재 여부를 출력하는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 처리 단계;를 포함하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 타겟 위치 산출 단계는 :

길쌈 신경망 처리부의 활성화 맵을 산출하는 활성화 맵 산출 단계와;

활성화 맵에서 활성화도가 높은 연속된 영역을 추출하여 1차원 타겟 영역으로 산출하는 1차원 위치 산출 단계;

를 포함하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 13

청구항 10에 따른 영상기반 타겟 탐지 단계와 타겟 위치 산출 단계를 복수의 펄스 레이더 센서로부터의 펄스 레이더 신호에 대해 처리하는 1차원 타겟 영역 검출 단계와;

각각의 타겟 위치 산출 단계에서 산출된 1차원 타겟 영역들로부터 2차원 타겟 영상을 생성하여 출력하는 2차원 영상 생성 단계;

를 포함하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서, 2차원 영상 생성 단계는 1차원 타겟 영역 검출 단계에서 산출된 복수의 1차원 타겟 영역들을 후방 투사(back-projection)하여 2차원 타겟 영상을 생성하는 레이더 신호 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 레이더 기술, 특히 펄스 레이더를 이용하여 실내의 사람의 위치를 검출하는 레이더 신호 처리 기술이 개시된다.

배경 기술

[0002] 임펄스 무선 초광대역 레이더(Impulse-radio Ultra-wideband radar)를 이용하여 호흡에 의한 사람의 움직임(respiratory movement of a person)을 검출함으로써 사람의 존재나 위치를 영상화하는 기술이 알려져 있다. 종래 레이더 신호를 주파수 영역으로 변환하고 그 호흡 주파수 성분을 분석하여 사람을 검출하는 주파수 분석법

이 알려져 있다. 주파수 분석법은 호흡과 비슷한 주파수로 움직이는 물체, 예를 들면 바람에 휘날리는 커튼, 회전하는 선풍기, 움직이는 장난감 기차 등과 같은 물체들을 사람의 호흡과 구분하는 것에 어려움을 겪는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 펄스 레이더 신호로부터 타겟의 생체 움직임을 검출하는 새로운 진보된 방법이 제시된다.
- [0004] 또 기존보다 더 간단하면서도 신뢰도 높은 타겟의 생체 움직임을 검출하는 방법이 제시된다.
- [0005] 실내의 사람을 검출하고 위치를 파악하여 영상화하는 효과적인 레이더 신호 처리 방법이 제안된다.

과제의 해결 수단

- [0006] 일 양상에 따르면, 펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호로부터 타겟이 감지된다.
- [0007] 또 다른 양상에 따르면, 이러한 탐지 과정에서 어떤 영역이 타겟이 존재한다고 판단된 근거로 활용되는 정도를 나타내는 활성화 맵(activation map)이 산출되고 그로부터 1차원 타겟 영역이 산출될 수 있다.
- [0008] 추가적인 양상에 따르면, 시간-거리 영상 신호는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network)회로에 의해 처리될 수 있다.
- [0009] 추가적인 양상에 따르면, 길쌈 신경망 처리부의 활성화 맵에서 활성화도가 높은 연속된 영역을 추출하여 1차원 타겟 영역이 산출될 수 있다.
- [0010] 추가적인 양상에 따르면, 복수의 펄스 레이더 센서가 준비되고, 각각의 펄스 레이더 센서에 대해 그 펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호로부터 타겟이 감지되고, 그 활성화 맵에서 1차원 타겟 영역들이 산출될 수 있다. 획득된 복수의 1차원 타겟 영역들로부터 2차원 타겟 영상이 생성될 수 있다.
- [0011] 종속적인 양상에 따르면, 2차원 타겟 영상은 1차원 타겟 영역들을 후방 투사(back-projection)하여 생성될 수 있다.

발명의 효과

- [0012] 제안된 발명에 따라 레이더 센서를 이용하여 실내 공간에서 사람을 효과적으로 검출하고 영상화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 2는 또 다른 실시예에 따른 레이더 신호 처리 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법의 구성을 도시한 흐름도이다.
- 도 4는 또 다른 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법의 구성을 도시한 흐름도이다.
- 도 5는 검출 대상 공간에 배열된 레이더 센서의 예시적인 레이더 신호와 그 활성화 맵을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 전술한, 그리고 추가적인 양상들은 첨부된 도면을 참조하여 설명하는 실시예들을 통해 구체화된다. 각 실시예들의 구성 요소들은 다른 언급이나 상호간에 모순이 없는 한 다양한 조합이 가능한 것으로 이해된다. 이하에서는 이러한 양상들을 첨부된 도면을 참조하여 설명하는 실시예들을 통하여 상세히 설명한다.
- [0016] 도 1은 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 장치의 구성을 도시한 블록도이다. 제안된 발명의 일 실시예에 있어서, 임펄스 무선 초광대역 레이더(Impulse-radio Ultra-Wideband radar, IR UWB Radar) 센서가 검출 대상 공간에 배치된다. 일 실시예에 있어서, IR UWB 레이더는 펄스 레이더이다. UWB 레이더는 매우 폭이 좁은 펄스

(extremely narrow pulse)를 송출하며, 타겟으로부터 반사된 반사파를 수신한다. 과장이 매우 좁은 펄스파이기 때문에 수신된 레이더 신호는 타겟의 위치 뿐 아니라 그 생리적인 움직임, 예를 들면 호흡이나 심장의 박동에 관한 정보를 포함할 수 있으며, 비침습적으로 생체 구조에 관한 정보도 제공할 수 있다. 제안된 발명은 IR-UWB 레이더 센서를 배치하고 그 수신 신호를 이용하여 호흡하고 있는 사람이 대상 공간에 몇 명 존재하는지 및/또는 어디에 존재하는지를 파악하는 것을 목적으로 한다.

[0017] 도 5의 (a)는 검출 대상 공간에 배열된 레이더 센서의 예시적인 레이더 신호를 도시한다. 도시된 예에서, 초당 12개의 펄스 레이더 신호가 송출되고 그 반사파, 즉 레이더 신호 프레임들이 수신된다. 각각의 레이더 신호 프레임들은 펄스가 타겟에서 반사되어 수신된 것이므로 그 시간축 상에서 거리 정보를 포함한다. 각각의 레이더 신호에서 거리의 해상도는 0.65cm이다. 도시된 신호는 레이더 센서의 수신 프레임에서 1-6m 거리의 770개의 거리 샘플들을 20초 동안 모아서 쌓아 올린 것이다. 즉 각각이 770개의 거리 샘플을 포함하는 $12 \times 20 = 240$ 개의 레이더 신호 프레임들을 시간 축 상에서 쌓아 올려 2차원으로 표시한 것이다. 여기서 0m~1m 사이의 샘플들은 부정확한 정보를 포함하므로 제거되었다.

[0018] 도 1은 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 장치의 구성을 도시한 블록도이다. 도시된 바와 같이, 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법은 펄스 레이더 센서(113)로부터 레이더 신호를 입력 받아 처리한다. CMOS 기술에 기반한 UWB 레이더 센서 칩이 상용화되어 이미 제공되고 있다. 도시된 실시예에 있어서, 펄스 레이더 센서(113)는 UWB 레이더 센서 칩을 포함하며, 추가로 안테나(111)와 이 UWB 레이더 센서 칩 사이에 연결되는 저잡음 증폭기, 전력 증폭기 등의 회로 소자들을 더 포함할 수 있다. 그러나 개별적인 제어 회로와 아날로그 소자들을 사용하여 구현할 수도 있음은 당연하다.

[0019] 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 장치는 영상기반 타겟 탐지부(150)와, 타겟 위치 산출부(170)를 포함한다. 영상기반 타겟 탐지부(150)와 타겟 위치 산출부(170)는 UWB 레이더 센서 칩 내부에 구비된 디지털 신호처리기에 서 프로그램으로 구현될 수 있다. 또 다른 예로, UWB 레이더 센서 칩에 연결되는 별도의 디지털 신호 처리기 혹은 인공 지능 프로세서에서 전용 하드웨어 및 소프트웨어의 조합으로 구현될 수 있다. 이러한 구현 방법은 다양하게 알려져 있으며, 설계 사양에 따라 적절히 선택될 수 있다.

[0020] 영상기반 타겟 탐지부(150)는 펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟을 감지한다. 영상기반 타겟 탐지부(150)의 입력의 일 예가 도 5의 (a)에 도시되었다. 이러한 신호를 본 명세서에서는 “시간-거리 영상 신호”라고 부른다. 이는 펄스 레이더 신호를 일정한 길이로 잘라서 배열한 것이지만, 영상 신호와 유사한 용장 특성(redundancy characteristics)을 가지므로 이와 같이 부르기로 한다. 버퍼(130)는 도시되지 않은 메모리 제어기의 제어 하에, 펄스 레이더 센서(113)가 출력하는 디지털 레이더 신호를 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 2차원 시간-거리 영상 신호를 생성한다. 영상기반 타겟 탐지부(150)는 이와 같은 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟을 감지한다. 제안된 발명은 레이더 신호의 시간-거리 영상 전체를 입력으로 사용하여 입력 정보의 활용도를 높이고 처리 시간을 줄인다.

[0021] 추가적인 양상에 따르면, 영상 기반 타겟 탐지부(150)는 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟의 존재 여부를 출력하는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 처리부를 포함할 수 있다. 길쌈 신경망 회로는 영상 인식에 효과적으로 사용되는 인공 지능 알고리즘으로 알려져 있다. 제안된 발명은 펄스 레이더 신호를 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 영상 신호의 특성을 가지는 2차원 시간-거리 영상 신호로 구성하고, 이를 이러한 길쌈 신경망 회로로 처리하여 타겟의 존재 여부 혹은 타겟의 개수를 산출할 수 있다. 획득한 시간-거리 영상의 특징을 더욱 두드러지도록 하기 위하여 길쌈 신경망 회로에 입력하기 전에 영상 정규화(normalization) 처리를 더 거칠 수 있다.

[0022] 길쌈 신경망 회로가 타겟의 존재 여부를 출력하는 경우 시간-거리 영상과 그 타겟 존재 여부로 학습시킬 수 있다. 또 다른 예로, 길쌈 신경망 회로가 타겟의 개수를 출력하는 경우 시간-거리 영상과 그 영상에 존재하는 타겟의 개수로 학습시킬 수 있다.

[0023] 타겟 위치 산출부(170)는 영상기반 타겟 탐지부(150)의 활성화 맵(activation map)을 산출하여 그로부터 1차원 타겟 영역을 산출한다. 일 양상에 따라, 영상 기반 타겟 탐지부(150)는 타겟의 존재 여부를 판단할 때 주파수 특성을 분석하거나 하지 않고, 영상의 특정한 영역에 기초하여 판단한다. 활성화 맵은 어떤 영역이 타겟이 존재한다고 판단된 근거로 활용되는 정도를 나타내는 정도값을 모든 영역에 대해 표시한 맵이다. 이러한 활성화 맵에서 값이 높은 영역은 그 영역으로 인해 타겟 위치 산출부(170)가 타겟이 존재한다고 판단하였음을 의미한다. 따라서 활성화 맵에서 높은 값을 나타내는 영역을 분별하면 타겟이 존재하는 위치를 알 수 있다.

- [0024] 추가적인 양상에 따르면, 타겟 위치 산출부는 활성화 맵 산출부(171)와, 타겟 영역 산출부(173)를 포함할 수 있다. 활성화 맵 산출부(171)는 길쌈 신경망 회로의 활성화 맵을 산출한다. 도시된 실시예에서, 활성화 맵 산출부(171)는 GradCAM(Gradient-weighted Class Activation Mapping) 알고리즘에 따라 활성화 맵을 산출한다. 일반적으로 CNN과 같은 딥러닝 알고리즘은 매우 우수한 특성을 나타내지만 그 결과를 설명하지 못한다는 단점이 있었다. 이러한 문제를 해결하고자 XAI (Explainable Artificial Intelligence) 기술이 개발되고 있다. GradCAM은 CNN의 마지막 레이어의 전체 필터를 추출하여 각 필터들이 결과에 얼마나 영향을 주었는지 가중치를 계산하고 이를 마지막 레이어에 적용한 후 복수 필터를 평균하는 하나의 필터를 통해 양의 값을 출력하도록 변형한다. 그러나 제안된 발명은 이에 한정되지 않으며, 신경망 회로의 활성화 맵을 산출하는 다른 알고리즘을 적용할 수도 있다.
- [0025] 호홉 검출에 있어서 CNN이 타겟을 식별하는데 영향을 미친 정도가 큰 영역이 해당 영상에서 호홉이 검출된 영역, 즉 타겟이 존재하는 영역이 될 확률이 높다. 도 5의 (b)는 도 5의 (a)의 시간-거리 영상의 Grad-CAM 출력 영상을 원 영상과 동일 스케일로 표시한 것이다. 3.2m 정도 거리에 존재하는 호홉 신호 패턴에 맞추어 활성화 맵이 출력되고 있다.
- [0026] 타겟 영역 산출부(173)는 활성화 맵에서 활성화도가 높은 연속된 영역을 추출하여 1차원 타겟 영역으로 산출한다. 예를 들어 활성화 맵에서 활성화도가 일정치 이상인 영역들을 병합하고, 그 연속된 영역의 크기, 즉 영역별 픽셀수가 일정치 이상인 경우에 해당 거리에 사람이 존재한다고 판단할 수 있다.
- [0027] 도 1에 도시된 실시예에서, 출력부(190)는 타겟 위치 산출부(170)에서 구해진 1차원 타겟 영역 정보를 출력한다. 예를 들어 출력부(190)는 타겟의 존재 여부를 출력할 수 있다. 또 다른 예로, 출력부(190)는 해당 공간에 존재하는 타겟의 개수를 출력할 수 있다. 또 다른 예로, 출력부(190)는 레이더 센서에서 해당 공간에 존재하는 타겟까지의 거리를 출력할 수 있다. 또 다른 예로, 출력부(190)는 해당 공간에 존재하는 타겟을 시각화하여 영상으로 출력할 수 있다.
- [0029] 도 2는 또 다른 실시예에 따른 레이더 신호 처리 장치의 구성을 도시한 블록도이다. 도시된 바와 같이, 또 다른 실시예에 따른 레이더 신호 처리 장치는 복수의 1차원 타겟 영역 검출부(160-1, 160-2, ..., 160-n)와, 2차원 영상 생성부(180)를 포함한다.
- [0030] 편의를 위해 도시되지 않았지만, 복수의 1차원 타겟 영역 검출부(160-1, 160-2, ..., 160-n)의 각각은 영상기반 타겟 탐지부(150-1, 150-2, ..., 150-n)와, 타겟 위치 산출부(170-1, 170-2, ..., 170-n)를 포함한다. 영상기반 타겟 탐지부(150-1, 150-2, ..., 150-n)는 펄스 레이더 센서(113-1, 113-2, ..., 113-n)로부터의 펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟을 감지한다.
- [0031] 추가적인 양상에 따르면, 각각의 영상 기반 타겟 탐지부(150)는 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟의 존재 여부를 출력하는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 처리부를 포함할 수 있다. 획득한 시간-거리 영상의 특징을 더욱 두드러지도록 하기 위하여 길쌈 신경망 회로에 입력하기 전에 각각 영상 정규화(normalization) 처리를 더 거칠 수 있다.
- [0032] 타겟 위치 산출부(170-1, 170-2, ..., 170-n)는 영상기반 타겟 탐지부(150-1, 150-2, ..., 150-n)의 활성화 맵(activation map)을 산출하여 그로부터 1차원 타겟 영역들을 산출한다. 도시된 실시예에서, 활성화 맵 산출부(171)는 GradCAM(Gradient-weighted Class Activation Mapping) 알고리즘에 따라 활성화 맵을 산출한다. 이들의 구성에 대해서는 도 1과 유사하므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0033] 2차원 영상 생성부(180)는 복수의 1차원 타겟 영역 검출부의 출력들로부터 2차원 타겟 영상을 생성하여 출력한다. 복수의 1차원 타겟 영역 검출부(160-1, 160-2, ..., 160-n)가 출력하는 1차원 타겟 영역들은 대응하는 펄스 레이더 센서로부터 타겟까지의 거리 정보를 포함한다. 동일한 타겟이 복수의 펄스 레이더 센서에서 검출되므로, 이들을 종합하면 타겟의 2차원 위치를 알 수 있다.
- [0034] 추가적인 양상에 따르면, 2차원 영상 생성부(180)는 복수의 1차원 타겟 영역 검출부(160-1, 160-2, ..., 160-n)에서 산출된 복수의 1차원 타겟 영역들을 후방 투사(back-projection)하여 2차원 타겟 영상을 생성할 수 있다. 예를 들어 각각의 펄스 레이더 센서를 중심으로 산출된 1차원 타겟 영역까지의 거리를 반경으로 하는 원호를 그리고 그 만나는 점들에 타겟이 존재하는 것으로 식별할 수 있다. 이러한 후방 투사에 의해 2차원 영상을 생성하는 방

법은 알려져 있으므로 상세한 설명은 생략한다.

- [0036] 도 3은 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법의 구성을 도시한 흐름도이다. 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법은 펄스 레이더 센서(113)로부터 레이더 신호를 입력 받아 처리한다. CMOS 기술에 기반한 UWB 레이더 센서 칩이 상용화되어 이미 제공되고 있다. 일 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법은 영상기반 타겟 탐지 단계(350)와, 타겟 위치 산출 단계(370)를 포함한다. 영상기반 타겟 탐지 단계(350)와 타겟 위치 산출 단계(370)는 UWB 레이더 센서 칩 내부에 구비된 디지털 신호처리기에서 프로그램으로 구현될 수 있다. 또 다른 예로, UWB 레이더 센서 칩에 연결되는 별도의 디지털 신호 처리기 혹은 인공 지능 프로세서에서 전용 하드웨어 및 소프트웨어의 조합으로 구현될 수 있다. 이러한 구현 방법은 다양하게 알려져 있으며, 설계 사양에 따라 적절히 선택될 수 있다.
- [0037] 먼저 레이더 신호를 도시되지 않은 메모리 제어기의 제어 하에, 펄스 레이더 센서가 출력하는 디지털 레이더 신호를 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 2차원 시간-거리 영상 신호를 생성한다(단계 330). 영상기반 타겟 탐지 단계(350)에서는 이와 같은 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟을 감지한다. 제안된 발명은 레이더 신호의 시간-거리 영상 전체를 입력으로 사용하여 입력 정보의 활용도를 높이고 처리 시간을 줄인다.
- [0038] 추가적인 양상에 따르면, 영상 기반 타겟 탐지 단계(350)에서는 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟의 존재 여부를 출력하는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 처리 단계를 포함할 수 있다. 길쌈 신경망 회로는 영상 인식에 효과적으로 사용되는 인공 지능 알고리즘으로 알려져 있다. 제안된 발명은 펄스 레이더 신호를 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 영상 신호의 특성을 가지는 2차원 시간-거리 영상 신호로 구성하고, 이를 이러한 길쌈 신경망 회로로 처리하여 타겟의 존재 여부 혹은 타겟의 개수를 산출할 수 있다. 획득한 시간-거리 영상의 특징을 더욱 두드러지도록 하기 위하여 길쌈 신경망 회로에 입력하기 전에 영상 정규화(normalization) 처리를 더 거칠 수 있다.
- [0039] 길쌈 신경망 회로가 타겟의 존재 여부를 출력하는 경우 시간-거리 영상과 그 타겟 존재 여부로 학습시킬 수 있다. 또 다른 예로, 길쌈 신경망 회로가 타겟의 개수를 출력하는 경우 시간-거리 영상과 그 영상에 존재하는 타겟의 개수로 학습시킬 수 있다.
- [0040] 타겟 위치 산출 단계(370)에서는 영상기반 타겟 탐지 단계(350)에서의 처리의 활성화 맵(activation map)을 산출하여 그로부터 1차원 타겟 영역을 산출한다. 일 양상에 따라, 영상 기반 타겟 탐지 단계(350)는 타겟의 존재 여부를 판단할 때 주파수 특성을 분석하거나 하지 않고, 영상의 특정한 영역에 기초하여 판단한다. 활성화 맵은 어떤 영역이 타겟이 존재한다고 판단된 근거로 활용되는 정도를 나타내는 정도값을 모든 영역에 대해 표시한 맵이다. 이러한 활성화 맵에서 값이 높은 영역은 그 영역으로 인해 타겟 위치 산출 단계(370)가 타겟이 존재한다고 판단하였음을 의미한다. 따라서 활성화 맵에서 높은 값을 나타내는 영역을 분별하면 타겟이 존재하는 위치를 알 수 있다.
- [0041] 추가적인 양상에 따르면, 타겟 위치 산출 단계(370)는 활성화 맵 산출 단계(371)와, 타겟 영역 산출 단계(373)를 포함할 수 있다. 활성화 맵 산출 단계(371)에서는 길쌈 신경망 회로의 활성화 맵을 산출한다. 도시된 실시예에서, 활성화 맵 산출 단계(371)는 GradCAM(Gradient-weighted Class Activation Mapping) 알고리즘에 따라 활성화 맵을 산출한다. 일반적으로 CNN과 같은 딥러닝 알고리즘은 매우 우수한 특성을 나타내지만 그 결과를 설명하지 못한다는 단점이 있었다. 이러한 문제를 해결하고자 XAI (Explainable Artificial Intelligence) 기술이 개발되고 있다. GradCAM은 CNN의 마지막 레이어의 전체 필터를 추출하여 각 필터들이 결과에 얼마나 영향을 주었는지 가중치를 계산하고 이를 마지막 레이어에 적용한 후 복수 필터를 평균하는 하나의 필터를 통해 양의 값을 출력하도록 변형한다. 그러나 제안된 발명은 이에 한정되지 않으며, 신경망 회로의 활성화 맵을 산출하는 다른 알고리즘을 적용할 수도 있다.
- [0042] 호홉 검출에 있어서 CNN이 타겟을 식별하는데 영향을 미친 정도가 큰 영역이 해당 영상에서 호홉이 검출된 영역, 즉 타겟이 존재하는 영역이 될 확률이 높다. 도 5의 (b)는 도 5의 (a)의 시간-거리 영상의 Grad-CAM 출력 영상을 원 영상과 동일 스케일로 표시한 것이다. 3.2m 정도 거리에 존재하는 호홉 신호 패턴에 맞추어 활성화 맵이 출력되고 있다.
- [0043] 타겟 영역 산출 단계(373)에서는 활성화 맵에서 활성화도가 높은 연속된 영역을 추출하여 1차원 타겟 영역으로 산출한다. 예를 들어 활성화 맵에서 활성화도가 일정치 이상인 영역들을 병합하고, 그 연속된 영역의 크기, 즉 영역별 픽셀수가 일정치 이상인 경우에 해당 거리에 사람이 존재한다고 판단할 수 있다.

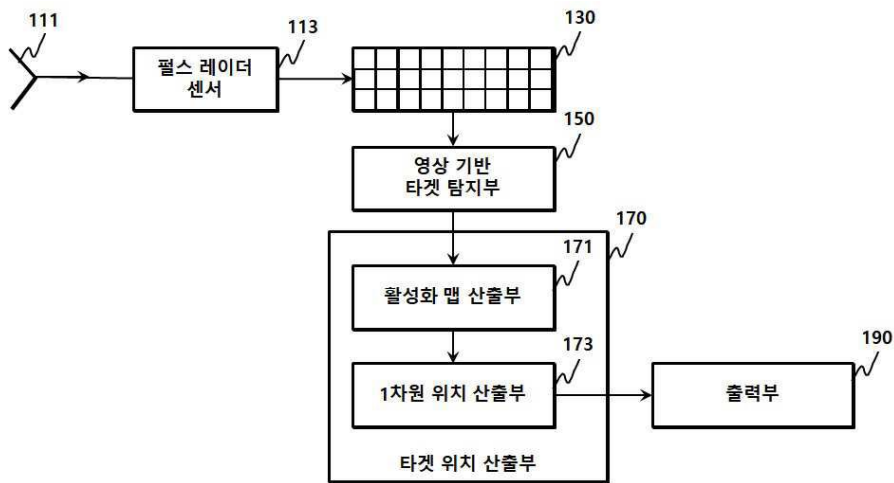
- [0044] 도 3에 도시된 실시예에서, 출력 단계(390)에서는 타겟 위치 산출 단계(370)에서 구해진 1차원 타겟 영역 정보를 출력한다. 예를 들어 출력 단계(390)에서 타겟의 존재 여부를 출력할 수 있다. 또 다른 예로, 출력 단계(390)에서 해당 공간에 존재하는 타겟의 개수를 출력할 수 있다. 또 다른 예로, 출력 단계(390)에서 레이더 센서에서 해당 공간에 존재하는 타겟까지의 거리를 출력할 수 있다. 또 다른 예로, 출력 단계(390)에서 해당 공간에 존재하는 타겟을 시각화하여 영상으로 출력할 수 있다.
- [0046] 도 4는 또 다른 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법의 구성을 도시한 흐름도이다. 도시된 바와 같이, 또 다른 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법은 복수의 1차원 타겟 영역 검출 단계(360-1, 360-2, ..., 360-n)와, 2차원 영상 생성 단계(380)를 포함한다.
- [0047] 먼저 펄스 레이더 센서들로부터의 펄스 레이더 신호 각각이 버퍼링되면서 2차원 시간-거리 영상 신호로 재배열된다(단계 330-1, 330-2, ..., 330-n). 이후에 각각의 버퍼링된 시간-거리 영상 신호가 1차원 타겟 영역 검출 단계에서 처리되어 각각의 1차원 타겟 영역이 산출된다. 편의를 위해 도시되지 않았지만, 복수의 1차원 타겟 영역 검출 단계(360-1, 360-2, ..., 360-n)의 각각은 영상기반 타겟 탐지 단계(350-1, 350-2, ..., 350-n)와, 타겟 위치 산출 단계(370-1, 370-2, ..., 370-n)를 포함할 수 있다. 영상기반 타겟 탐지 단계(350-1, 350-2, ..., 350-n)에서는 펄스 레이더 센서들로부터의 펄스 레이더 신호를 펄스 주기별로 버퍼링한 신호를 시간에 따라 누적하여 획득되는 2차원 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟을 감지한다.
- [0048] 추가적인 양상에 따르면, 각각의 영상 기반 타겟 탐지 단계(350)는 시간-거리 영상 신호를 입력 받아 타겟의 존재 여부를 출력하는 길쌈 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 처리 단계를 포함할 수 있다. 획득한 시간-거리 영상의 특징을 더욱 두드러지도록 하기 위하여 길쌈 신경망 회로에 입력하기 전에 각각 영상 정규화(normalization) 처리를 더 거칠 수 있다.
- [0049] 타겟 위치 산출 단계(370-1, 370-2, ..., 370-n)에서는 영상기반 타겟 탐지 단계(350-1, 350-2, ..., 350-n)의 활성화 맵(activation map)을 산출하여 그로부터 1차원 타겟 영역들을 산출한다. 도시된 실시예에서, 활성화 맵 산출 단계(371)는 GradCAM(Gradient-weighted Class Activation Mapping) 알고리즘에 따라 활성화 맵을 산출한다. 그러나 제안된 발명은 이에 한정되지 않으며, 신경망 회로의 활성화 맵을 산출하는 다른 알고리즘을 적용할 수도 있다. 이들의 구성에 대해서는 도 1과 유사하므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0050] 2차원 영상 생성 단계(380)에서는 복수의 1차원 타겟 영역 검출부의 출력들로부터 2차원 타겟 영상을 생성하여 출력한다. 복수의 1차원 타겟 영역 검출 단계(360-1, 360-2, ..., 360-n)에서 출력된 1차원 타겟 영역들은 대응하는 펄스 레이더 센서로부터 타겟까지의 거리 정보를 포함한다. 동일한 타겟이 복수의 펄스 레이더 센서에서 검출되므로, 이들을 종합하면 타겟의 2차원 위치를 알 수 있다.
- [0051] 추가적인 양상에 따르면, 2차원 영상 생성 단계(380)에서는 복수의 1차원 타겟 영역 검출 단계(360-1, 360-2, ..., 360-n)에서 산출된 복수의 1차원 타겟 영역들을 후방 투사(back-projection)하여 2차원 타겟 영상을 생성할 수 있다. 예를 들어 각각의 펄스 레이더 센서를 중심으로 산출된 1차원 타겟 영역까지의 거리를 반경으로 하는 원호를 그리고 그 만나는 점들에 타겟이 존재하는 것으로 식별할 수 있다. 이러한 후방 투사에 의해 2차원 영상을 생성하는 방법은 알려져 있으므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0052] 이상에서 본 발명을 첨부된 도면을 참조하는 실시예들을 통해 설명하였지만 이에 한정되는 것은 아니며, 이들로부터 당업자라면 자명하게 도출할 수 있는 다양한 변형예들을 포괄하도록 해석되어야 한다. 특허청구범위는 이러한 변형예들을 포괄하도록 의도되었다.

부호의 설명

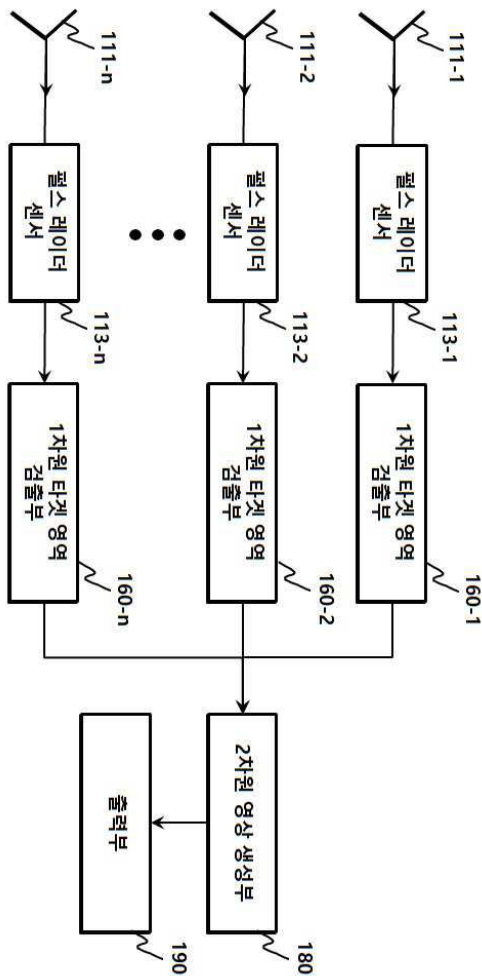
- [0053] 111 : 안테나 113 : 펄스 레이더 센서
- 130 : 버퍼 150 : 영상 기반 타겟 탐지부
- 160 : 1차원 타겟 영역 검출부 170 : 타겟 위치 산출부
- 171 : 활성화 맵 산출부 173 : 1차원 위치 산출부
- 180 : 1차원 영상 생성부 190 : 출력부

도면

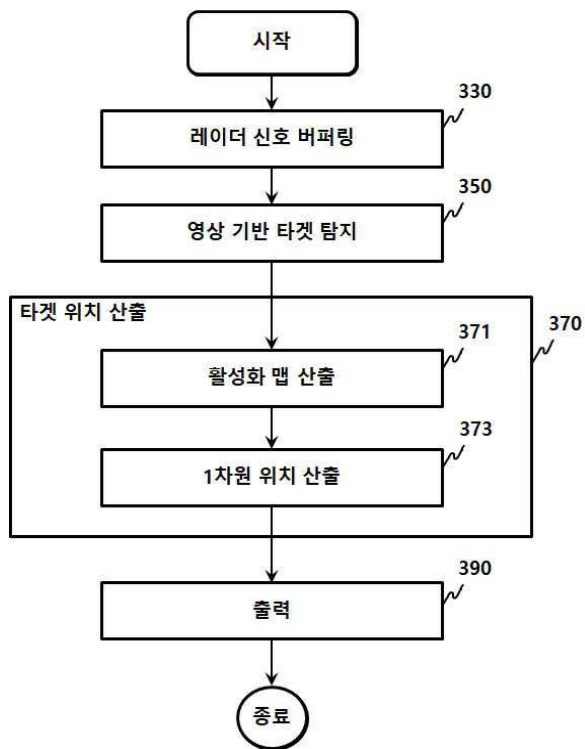
도면1



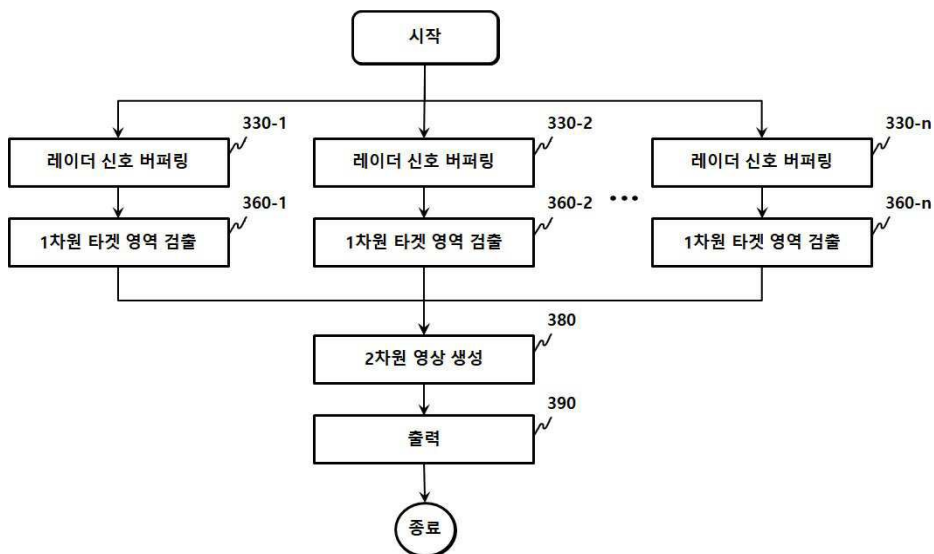
도면2



도면3



도면4



도면5

