



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년05월22일

(11) 등록번호 10-2667760

(24) 등록일자 2024년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01S 7/35 (2006.01) G01S 13/34 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G01S 7/356 (2021.05)  
G01S 13/34 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2021-0140370

(22) 출원일자 2021년10월20일

심사청구일자 2021년10월20일

(65) 공개번호 10-2023-0056385

(43) 공개일자 2023년04월27일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020180113238 A\*

KR1020200040172 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

이성주

서울특별시 광진구 독성로35길 32, 308-1110

박휘수

경기도 하남시 미사강변서로 85, 2002-2402

(74) 대리인

이강민, 안준형, 남승희

전체 청구항 수 : 총 13 항

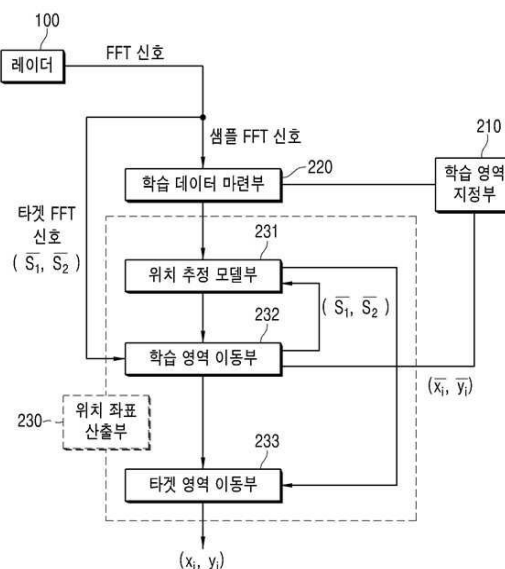
심사관 : 나영준

(54) 발명의 명칭 딥러닝을 통해 FMCW 레이더의 거리 해상도를 증가시키는 방법 및 장치

## (57) 요약

본 발명은 다수의 저해상도 FMCW레이더를 사용하여, 딥러닝 모델을 통해 거리 해상도가 개선되도록 하는 발명이다. 기계 학습의 데이터를 줄이는 방법으로, 기계 학습의 영역을 지정하고 기계 학습된 영역으로 레이더 신호를 주파수 편이하여 딥러닝 모델을 사용할 수 있도록 한다.

## 대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

**G01S 7/417** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| 과제고유번호      | 1711126109              |
| 과제번호        | 2018-0-01423-004        |
| 부처명         | 과학기술정보통신부               |
| 과제관리(전문)기관명 | 정보통신기획평가원               |
| 연구사업명       | 대학ICT연구센터지원사업           |
| 연구과제명       | 지능형 비행로봇 융합기술 연구        |
| 기 여 율       | 5/10                    |
| 과제수행기관명     | 세종대학교 산학협력단             |
| 연구기간        | 2021.01.01 ~ 2021.12.31 |

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| 과제고유번호      | 1345331679              |
| 과제번호        | 2020R1A6A1A03038540     |
| 부처명         | 교육부                     |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단                  |
| 연구사업명       | 이공학학술연구기반구축(R&D)        |
| 연구과제명       | 자율지능무인비행체연구소            |
| 기 여 율       | 1/10                    |
| 과제수행기관명     | 세종대학교 산학협력단             |
| 연구기간        | 2021.03.01 ~ 2022.02.28 |

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| 과제고유번호      | 1711133805                      |
| 과제번호        | 10080619                        |
| 부처명         | 산업통상자원부                         |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국산업기술평가관리원                     |
| 연구사업명       | 전자정보디바이스산업원천기술개발(R&D)           |
| 연구과제명       | 자동차 ADAS 및 자율주행 지원을 위한 핵심 IP 개발 |
| 기 여 율       | 4/10                            |
| 과제수행기관명     | 한양대학교 에리카 산학협력단                 |
| 연구기간        | 2021.01.01 ~ 2021.12.31         |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

FMCW 레이더 장치에 있어서,

안테나로부터 송신한 송신신호와 타겟물체로부터 반사되는 반사신호의 합성신호를 푸리에 변환하여 주파수 도메인의 신호를 획득하는 푸리에 변환부;

상기 푸리에 변환부로부터 출력되는 주파수 도메인의 신호를, 입력되는 주파수 도메인의 신호에 대응하는 위치좌표를 출력하도록 사전에 기계학습된 위치 추정모델에 입력하여 타겟물체의 좌표정보를 획득하는 위치좌표 산출부;

를 포함하여 구성되는 FMCW레이더 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 사전에 기계학습된 위치 추정모델은,

학습 영역 지정부에 의해 지정된 소정의 학습 영역에 대하여, 샘플 타겟의 FFT 신호와 해당 샘플 타겟의 상기 학습 영역에서의 위치좌표를 학습데이터로 하여 기계학습을 수행하여, 입력된 FFT 신호에 대응하는 위치좌표를 출력하도록 학습된 것;

인 FMCW레이더 장치.

#### 청구항 3

제1항 또는 2항에 있어서,

상기 위치좌표 산출부는,

타겟 물체의 FFT 신호를 학습영역의 FFT 신호로 변환하는 학습영역 이동부;

상기 학습영역의 FFT 신호를 입력받아 학습영역의 위치좌표를 출력하는 위치 추정모델;

상기 위치 추정모델에서 출력된 학습영역의 위치좌표를 실제 타겟이 위치한 타겟 영역의 위치좌표로 변환하는 타겟 영역 이동부;

를 포함하는 것;

을 특징으로 하는 FMCW 레이더 장치.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 학습영역의 FFT 신호는,

상기 타겟 물체의 FFT 신호를 소정의 주파수만큼 편이시킨 신호;

인 것을 특징으로 하는 FMCW 레이더 장치.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 학습 영역의 FFT 신호와 타겟 물체의 FFT 신호는 상호 아래 수식 1 을 만족하는 것;  
을 특징으로 하는 FMCW 레이더 장치.

(수식 1)

$$\overline{(S_1)}(n) = S_1(n) e^{\frac{2\pi(f'_1 - \bar{f}_1)n}{N}}$$

$$\overline{(S_2)}(n) = S_2(n) e^{\frac{2\pi(f'_2 - \bar{f}_2)n}{N}}$$

N은 전체 신호의 샘플수, n은 해당 샘플 수,  $S_1$ 은 제 1 레이더로부터 수신한 FFT 신호이고,  $S_2$ 은 제 2 레이더로부터 수신한 FFT 신호,  $\bar{S}_1$ 은  $S_1$ 을 학습 영역으로 주파수 이동한 신호,  $\bar{S}_2$ 은  $S_2$ 를 학습 영역으로 주파수 이동한 신호,  $f'_1$ 은 타겟 물체의 위치에 대한 레이더 1 에서의 비트 주파수,  $f'_2$ 은 타겟 물체의 위치에 대한 레이더 2 에서의 비트 주파수,  $\bar{f}_1$ 은 타겟 물체를 학습 영역으로 이동시킨 위치에서의 레이더 1 의 비트 주파수,  $\bar{f}_2$ 는 타겟 물체를 학습 영역으로 이동시킨 위치에서의 레이더 2 의 비트 주파수.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 수식 1 에서,  $f'_1 - \bar{f}_1$  및  $f'_2 - \bar{f}_2$  은 아래 수식 2 를 만족하는 것;

을 특징으로 하는 FMCW 레이더 장치.

(수식 2)

$$|f_{1a} - f_{2a}| = |f'_1 - \bar{f}_1|$$

$$|f_{1b} - f_{2b}| = |f'_2 - \bar{f}_2|$$

$f_{1a}$ 은 레이더 1 에서 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표에서의 비트 주파수,  $f_{1b}$ 는 레이더 2 에서 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표에서의 비트 주파수,  $f_{2a}$ 는 레이더 1 에서 측정한 학습 영역의 중점에 타겟 물체가 위치하는 경우의 비트 주파수,  $f_{2b}$ 는 레이더 2 에서 측정한 학습 영역의 중점에 타겟 물체가 위치하는 경우의 비트 주파수.

#### 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 타겟 영역 이동부는,

상기 산출한 타겟의 학습영역의 위치좌표를, 타겟 물체의 위치를 레이더로 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표와 상기 학습 영역의 중점 좌표간의 거리만큼 상기 학습 영역의 위치 좌표를 상기 타겟 영역으로 이동시키는 것;

인 것을 특징으로 하는 FMCW 레이더 장치.

#### 청구항 8

FMCW 레이더를 사용하여 타겟 물체의 위치좌표를 획득하는 방법으로서,

타겟 물체에서 반사되는 반사신호와 송신신호의 합성신호의 FFT 신호로부터 타겟 물체의 위치좌표를 산출하는 위치 추정 모델을 생성하는 위치 추정 모델 생성 단계;

상기 위치 추정 모델에 타겟 물체에서 반사되는 반사신호와 송신신호의 합성신호의 FFT 신호를 입력하여 타겟

물체의 정확한 위치 좌표를 획득하는 위치 추정 모델 적용 단계;  
를 포함하는 FMCW 레이더를 활용한 타겟 물체 위치좌표 산출방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,  
상기 위치추정 모델 생성 단계는,  
기계학습을 수행하기 위한 학습 영역을 지정하는 학습 영역 지정 단계;  
상기 학습 영역 내에서 학습의 대상이 되는 타겟인 샘플 타겟의 FFT 신호와 해당 샘플 타겟의 학습 영역에서의 위치좌표를 학습데이터로 수집하는 학습 데이터 마련 단계;  
상기 학습 데이터 마련 단계에서 수집한 학습 데이터를 기계 학습 모델에 입력하여 기계학습을 수행하고 위치 추정 모델을 구축하는 위치 추정 모델 구축 단계;  
를 포함하는 FMCW 레이더를 활용한 타겟 물체 위치좌표 산출방법.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,  
상기 위치 추정 모델 적용 단계는,  
안테나로부터 송신한 송신신호와 타겟 물체로부터 반사되는 반사신호의 합성신호를 푸리에 변환하여 주파수 도메인의 신호를 획득하는 FFT 신호 획득 단계;  
상기 획득한 FFT신호를 학습 영역으로 주파수 편이하는 학습 영역으로의 이동단계;  
상기 주파수 편이된 신호를 상기 위치 추정 모델에 입력하여 학습 영역의 위치 좌표를 획득하는 학습 모델 적용 단계;  
상기 학습 영역의 위치 좌표를 타겟 물체가 실제 존재하는 타겟 영역으로 이동시키는 타겟 물체의 위치 좌표 산출 단계;  
를 포함하는 FMCW 레이더를 활용한 타겟 물체 위치좌표 산출방법.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,  
상기 학습 영역으로의 이동 단계는,  
상기 획득한 FFT신호와 상기 학습 영역으로 주파수 편이된 신호가 상호 아래 수식 1 을 만족하는 것;  
을 특징으로 하는 FMCW 레이더를 활용한 타겟 물체 위치좌표 산출방법.

(수식 1)

$$\overline{(S_1)}(n) = S_1(n) e^{\frac{2\pi(f'_1 - \bar{f}_1)n}{N}}$$

$$\overline{(S_2)}(n) = S_2(n) e^{\frac{2\pi(f'_2 - \bar{f}_2)n}{N}}$$

N은 전체 신호의 샘플수, n은 해당 샘플 수,  $S_1$ 은 제 1 레이더로부터 수신한 FFT 신호이고,  $S_2$ 은 제 2 레이더로부터 수신한 FFT 신호,  $\bar{S}_1$ 은  $S_1$ 을 학습 영역으로 주파수 이동한 신호,  $\bar{S}_2$ 은  $S_2$ 를 학습 영역으로 주파수 이동한 신호,  $f'_1$ 은 타겟 물체의 위치에 대한 레이더 1 에서의 비트 주파수,  $f'_2$ 은 타겟 물체의 위치에 대한 레이더 2 에서의 비트 주파수,  $\bar{f}_1$ 은 타겟 물체를 학습 영역으로 이동시킨 위치에서의 레이더 1 의 비트 주파수,  $\bar{f}_2$ 는 타겟 물체를 학습 영역으로 이동시킨 위치에서의 레이더 2 의 비트 주파수.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 수식 1 에서,  $f'_1 - \bar{f}_1$  및  $f'_2 - \bar{f}_2$  은 아래 수식 2 를 만족하는 것;

을 특징으로 하는 FMCW 레이더를 활용한 타겟 물체 위치좌표 산출방법.

(수식 2)

$$|f_{1a} - f_{2a}| = |f'_1 - \bar{f}_1|$$

$$|f_{1b} - f_{2b}| = |f'_2 - \bar{f}_2|$$

$f_{1a}$  은 레이더 1 에서 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표에서의 비트 주파수,  $f_{1b}$  는 레이더 2 에서 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표에서의 비트 주파수,  $f_{2a}$  는 레이더 1 에서 측정한 학습 영역의 중점에 타겟 물체가 위치하는 경우의 비트 주파수,  $f_{2b}$  는 레이더 2 에서 측정한 학습 영역의 중점에 타겟 물체가 위치하는 경우의 비트 주파수.

## 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 타겟 물체의 위치좌표 산출단계는,

타겟 물체의 위치를 레이더로 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표와 상기 학습 영역의 중점 좌표간의 거리만큼 상기 학습 영역의 위치 좌표를 상기 타겟 영역으로 이동시키는 것;

을 특징으로 하는 FMCW 레이더를 활용한 타겟 물체 위치좌표 산출방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 위치 추정을 하는 DNN 모델을 구축하여 저가형 레이더로 높은 거리 해상도를 나타내기 위한 방법과 장치에 관한 것이다. 보다 자세하게는 타겟 물체가 존재할 수 있는 영역 중에서 특정 영역을 지정하여 세부 격자를 표현하고, 상기 특정 영역 내에서 물체를 여러 번 이동시키면서 얻은 학습 데이터를 통해 DNN 모델에 대한 학습을 수행한다. DNN 모델에 대한 학습이 완료되면 타겟 물체를 인식한 FMCW 레이더의 FFT 신호를 DNN 모델이 구축된 영역으로 주파수 편이(frequency shift) 하고, 상기 학습이 완료된 DNN 모델에 적용하여 위치 좌표를 얻는다. 상기 알아낸 위치 좌표는 다시 원래 타겟 물체가 존재하던 영역으로 이동시켜 정확한 타겟 물체의 위치 좌표를 알아낸다.

### 배경 기술

[0002] 물체의 거리를 측정하는 레이더 중에서 시간에 따라 신호의 주파수를 변화시켜 송신하는 방식의 레이더를 FMCW 레이더라 한다.

[0003] FMCW 레이더의 원리는, 신호를 톱니파 혹은 삼각파로 송신하고 이러한 신호가 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 수신 파형을 통하여 물체의 거리를 감지하는 것이다. FMCW 레이더의 신호는 시간에 따라 주파수가 선형적으로 변하는 형태를 띠며, 연속된 신호를 생성하여 보낸다. 송신 신호와 수신 신호는 디치핑 방법에 의해 믹싱되고, 믹싱 신호에는 송신 신호와 수신 신호간의 주파수 차이와 시간차에 대한 정보가 담겨 있으며 이는 비트 주파수 성분을 갖는다.

[0004] 비트 주파수는 도플러 효과에 의해 거리 및 상대 속도에 관한 정보를 포함하고 있다. 상기 비트 주파수를 포함하는 믹싱 신호는 ADC(Analog Digital Converter)에서 디지털 신호로 전환되어 DSP(Digital Signal Processo

r)로 입력된 후 고속 푸리에 변환을 통해 FFT 신호를 얻는다.

[0005] 이처럼 FMCW 레이더는 신호처리 방식과 송수신기 구성이 간단하여 지능형 운전자 보조 시스템(Advanced Driver Assistance) 레이더로 사용하고 있으며, FMCW 레이더 기술 적용분야에서는 정밀한 거리 측정을 위한 레이더를 요구하게 된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-2069100 B1  
(특허문헌 0002) US 2020-0341109 A1

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 종래에는 레이더의 해상도를 향상하기 위하여서는 고속 푸리에 변환 주파수 포인트 수가 커져야 하고, 이를 위해서는 고가의 고성능 레이더를 사용했어야 했다. 이를 개선하고자 본 발명에서는 타겟 물체가 존재할 수 있는 전체 영역을 격자로 나누고 상기 분할한 전체 영역 중에 특정 영역을 지정하여 DNN모형을 학습시키는 데이터를 수집하여 위치 추정 모델을 만든다.

[0008] 상기 분할한 전체 영역에 대해 학습 데이터를 수집해도 되지만, 본 발명에서는 처리해야 하는 데이터의 양을 줄이기 위해 상기 특정 영역을 지정하여 DNN 모델 학습을 진행하도록 한다.

[0009] 특정 영역 내에서만 상기 위치 추정 모델을 적용시키기 위해서는 비트 주파수 신호를 상기 특정 영역으로 주파수 편이(frequency shift)하고, 상기 위치 추정 모델 적용 후 얻어낸 좌표를 역으로 원래 물체가 존재하던 위치로 이동시킬 수 있는 기술이 요구된다.

[0010] 이로써 본 발명은 다수의 저가의 레이더를 사용하여 적은 데이터 양으로 위치 추정 모델을 구축하고 타겟 물체의 정확한 위치 좌표를 얻어내는 시스템을 제공하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은, 안테나로부터 송신한 송신신호와 타겟물체로부터 반사되는 반사신호의 합성신호를 푸리에 변환하여 주파수 도메인의 신호를 획득하는 푸리에 변환부, 상기 푸리에 변환부로부터 출력되는 주파수 도메인의 신호를 사전에 기계학습된 위치 추정모델에 입력하여 타겟물체의 좌표정보를 획득하는 위치좌표 산출부를 포함하여 구성되는 FMCW레이더 장치를 제공한다.

[0012] 상기 사전에 기계학습된 위치 추정모델은, 학습 영역 지정부에 의해 지정된 소정의 학습 영역에 대하여, 샘플 타겟의 FFT 신호와 해당 샘플 타겟의 상기 학습 영역에서의 위치좌표를 학습데이터로 하여 기계학습을 수행하여, 입력된 FFT 신호에 대응하는 위치좌표를 출력하도록 학습된 것이다.

[0013] 또한, 상기 위치좌표 산출부는, 타겟 물체의 FFT 신호를 학습영역의 FFT 신호로 변환하는 학습영역 이동부, 상기 학습영역의 FFT 신호를 입력받아 학습영역의 위치좌표를 출력하는 위치 추정모델, 상기 위치 추정모델에서 출력된 학습영역의 위치좌표를 실제 타겟이 위치한 타겟 영역의 위치좌표로 변환하는 타겟 영역 이동부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 학습영역의 FFT 신호는, 상기 타겟 물체의 FFT 신호를 소정의 주파수만큼 편이시킨 신호인 것을 특징으로 하며, 상기 학습 영역의 FFT 신호와 타겟 물체의 FFT 신호는 상호 아래 수식을 만족하는 것을 특징으로 한다.

$$[0015] \quad \overline{(S_1)}(n) = S_1(n) e^{\frac{2\pi(f_1' - f_1)n}{N}}$$

$$[0016] \quad \overline{(S_2)}(n) = S_2(n) e^{\frac{2\pi(f_2' - f_2)n}{N}}$$

[0017] 이 때,  $N$ 은 전체 신호의 샘플수,  $n$ 은 해당 샘플 수,  $S_1$ 은 제 1 레이더로부터 수신한 FFT 신호이고,  $S_2$ 은 제 2 레이더로부터 수신한 FFT 신호,  $\bar{S}_1$ 은  $S_1$ 을 학습 영역으로 주파수 이동한 신호,  $\bar{S}_2$ 은  $S_2$ 를 학습 영역으로 주파수 이동한 신호,  $f'_1$ 은 타겟 물체의 위치에 대한 레이더 1에서의 비트 주파수,  $f'_2$ 은 타겟 물체의 위치에 대한 레이더 2에서의 비트 주파수,  $\bar{f}_1$ 은 타겟 물체를 학습 영역으로 이동시킨 위치에서의 레이더 1의 비트 주파수,  $\bar{f}_2$ 은 타겟 물체를 학습 영역으로 이동시킨 위치에서의 레이더 2의 비트 주파수이다.

[0018] 또한 상기 수식  $f'_1 - \bar{f}_1$  및  $f'_2 - \bar{f}_2$ 은 아래 수식을 만족한다.

[0019]  $|f_{1a} - f_{2a}| = |f'_1 - \bar{f}_1|$

[0020]  $|f_{1b} - f_{2b}| = |f'_2 - \bar{f}_2|$

[0021] 이때,  $f_{1a}$ 은 레이더 1에서 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표에서의 비트 주파수,  $f_{1b}$ 은 레이더 2에서 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표에서의 비트 주파수,  $f_{2a}$ 은 레이더 1에서 측정된 학습 영역의 중점에 타겟 물체가 위치하는 경우의 비트 주파수,  $f_{2b}$ 은 레이더 2에서 측정된 학습 영역의 중점에 타겟 물체가 위치하는 경우의 비트 주파수이다.

[0022] 본 발명에서, 상기 타겟 영역 이동부는, 상기 산출한 타겟의 학습영역의 위치좌표를, 타겟 물체의 위치를 레이더로 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표와 상기 학습 영역의 중점 좌표간의 거리만큼 상기 학습 영역의 위치 좌표를 상기 타겟 영역으로 이동시키는 것이다.

[0023] 본 발명은 또한, FMCW 레이더를 사용하여 타겟 물체의 위치좌표를 획득하는 방법으로서, 타겟 물체의 FFT 신호로부터 타겟 물체의 위치좌표를 산출하는 위치 추정 모델을 생성하는 위치 추정 모델 생성 단계, 상기 위치 추정 모델에 타겟 물체의 FFT 신호를 입력하여 타겟 물체의 정확한 위치 좌표를 획득하는 위치 추정 모델 적용 단계를 포함하는 FMCW 레이더를 활용한 타겟 물체 위치좌표 산출방법을 제공한다.

[0024] 상기 위치추정 모델 생성 단계는, 기계학습을 수행하기 위한 학습 영역을 지정하는 학습 영역 지정 단계, 상기 학습 영역 내에서 학습의 대상이 되는 타겟인 샘플 타겟의 FFT 신호와 해당 샘플 타겟의 학습 영역에서의 위치 좌표를 학습데이터로 수집하는 학습 데이터 마련 단계, 상기 학습 데이터 마련 단계에서 수집한 학습 데이터를 기계 학습 모델에 입력하여 기계학습을 수행하고 위치 추정 모델을 구축하는 위치 추정 모델 구축 단계를 포함한다.

[0025] 또한, 상기 위치 추정 모델 적용 단계는, 안테나로부터 송신한 송신신호와 타겟 물체로부터 반사되는 반사신호의 합성신호를 푸리에 변환하여 주파수 도메인의 신호를 획득하는 FFT 신호 획득 단계, 상기 획득한 FFT신호를 상기 학습 영역으로 주파수 편이하는 학습 영역으로의 이동단계, 상기 주파수 편이된 신호를 상기 위치 추정 모델에 입력하여 학습 영역의 위치 좌표를 획득하는 학습 모델 적용 단계, 상기 학습 영역의 위치 좌표를 타겟 물체가 실제 존재하는 타겟 영역으로 이동시키는 타겟 물체의 위치 좌표 산출 단계를 포함한다.

[0026] 상기 타겟 물체의 위치좌표 산출단계는, 타겟 물체의 위치를 레이더로 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표와 상기 학습 영역의 중점 좌표간의 거리만큼 상기 학습 영역의 위치 좌표를 상기 타겟 영역으로 이동시키는 단계이다.

### 발명의 효과

[0027] 본 발명에 따르면 해상도가 낮은 저가형 레이더를 사용함에도 기계학습 방법인 DNN 모델 학습을 이용하고, 주파수 편이(frequency shift)기술을 이용하여 저해상도의 레이더를 사용하더라도 적은 데이터 양으로도 정확한 물체의 위치 좌표를 산출할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 FMCW 레이더를 설명하는 도면이다.



도 2 는 본 발명의 특징부를 보이는 시스템 구성도이다.

도 3 은 본 발명의 방법의 단계를 설명하는 도면이다.

도 4 는 타겟 물체가 위치할 수 있는 영역을 분할하고 학습 영역을 지정하여 세부 격자로 나눈 모습을 나타낸 도면이다.

도 5 는 학습 데이터를 마련하는 방식에 대해 설명하는 도면이다.

도 6 은 타겟 물체의 실제 위치, 레이더로 측정한 타겟 물체의 추정 위치 좌표, 학습 영역의 중점의 좌표, 타겟 물체에 대한 레이더 신호를 주파수 편이(frequency shift)한 신호에 대한 위치좌표, 레이더 1, 레이더 2 를 나타낸 도면이다

도 7 은 타겟 물체에 대한 FFT 신호를 주파수 편이(frequency shift) 한 신호를 위치 추정 모델에 적용하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 8 은 타겟 물체의 최초 추정 위치 좌표를 구하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 9 는 위치 추정 모델 적용 후 얻어진 학습영역에서의 세부 위치 좌표를 타겟 영역으로 이동시키는 모습을 표현한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 1. 본 발명의 FMCW 레이더와 기계 학습 모델을 통한 좌표 산출 장치
- [0030] 도 1 에서 도시된 FMCW레이더가 도 2 에서 사용되어, FMCW 레이더에서 획득하는 FFT 신호는 학습 데이터 마련부와 학습 영역 이동부에서 활용된다.
- [0031] 본 발명의 장치는 학습 영역 지정부, 학습 데이터 마련부, 위치 좌표 산출부로 구성되며, 위치좌표 산출부는 다시 위치 추정 모델부, 학습 영역 이동부, 타겟 영역 이동부로 구성된다.
- [0032] 각 구성에 대한 설명은 아래에 자세히 서술한다.
- [0033] 1.1 통상의 FMCW 레이더 장치(100)
- [0034] FMCW 레이더란, FMCW 방식을 사용하여 물체의 거리를 감지하는 레이더이며, FMCW 방식은 시간에 따라 주파수를 변화시킨 신호를 송신시키는 방법이다.
- [0035] 도 1은 단일 FMCW 레이더를 구성하는 구성도이다. FMCW 레이더는 파형 신호를 만드는 파형 발생기(Wave Generator)(101), 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하는 DAC(Digital Analog Converter)(102), 파형 신호를 톱니파 또는 삼각파로 변형하는 VCO(Voltage Control Oscillator)(103), 송수신 신호를 증폭하는 AMP(Amplifier)(104,105), 수신된 신호의 노이즈를 제거해주는 LPF(Low Pass Filter)(106), 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환해주는 ADC(Analog Digital Converter)(107), 신호를 고속 푸리에 변환해주는 푸리에 변환부를 포함하는 DSP(Digital Signal Processor)(108)로 구성된다.
- [0036] FMCW 레이더는 파형 발생기에서 파형을 생성하여 AMP(104)에서 증폭시키고 증폭된 신호는 타겟 물체로 송신된다. 송신된 신호가 타겟 물체로부터 반사되어 오는 신호를 수신신호라 하고 수신신호는 AMP(105)에서 증폭되어 송신신호와 믹싱된다. 믹싱된 신호는 ADC(107)를 통과하여 디지털 신호로 변환된 후 DSP(108)에서 고속 푸리에 변환되어 비트 주파수를 알아낼 수 있다.
- [0037] 본 발명에서는 FMCW레이더를 이용하여 타겟 물체(정확한 위치를 구하고자 하는 물체)에 대한 레이더의 FFT 신호를 얻는다.
- [0038] 본 발명에서는 다수의 레이더를 사용할 수 있으며, 각 레이더로부터 수신한 신호는 DSP(108)에서 출력되는 FFT 신호이다. 예를 들어 두 개의 레이더로부터 신호를 받는다면 각 레이더로부터 수신한 FFT 신호는  $s_1$ 과  $s_2$ 로 표현하며,  $s_1$ 은 제 1 레이더로부터 수신한 FFT 신호이고,  $s_2$ 는 제 2 레이더로부터 수신한 FFT 신호이다.
- [0039] 1.2 학습 영역 지정부(210)
- [0040] 본 발명은 DNN모델을 활용하여 기계학습을 수행하고, 학습된 모델을 이용하여 물체의 정확한 위치좌표를 얻어내는 장치를 만드는 데에 목적을 둔다. 이에 학습 영역 지정부를 구성하여 기계학습을 수행하는 영역을 지정하는

과정을 수행한다.

- [0041] 도 4 에서와 같이, 타겟 물체가 존재할 수 있는 영역을 가상의 영역으로 분할 하고, 그 중 하나의 영역(410)을 특정하여 학습 영역(410)으로 지정하는 구성이다. 학습 영역(410)을 특정하게 되면 학습 해야 하는 영역의 면적이 좁아져, 학습 해야 하는 데이터의 양이 줄어드는 효과가 있다.
- [0042] 도 4를 예를 들면, 타겟 물체가 존재할 수 있는 영역을 9개의 가상의 영역으로 분할하고 중앙의 영역(410)을 학습영역으로 지정한다. 분할한 영역은 왼쪽 가장 아래 부분부터 오른쪽 방향으로 1, 2, 3 영역, 두 번째 행에서 가장 왼쪽부터 4, 5, 6 영역, 가장 위쪽 행에서는 가장 왼쪽부터 7, 8, 9 영역으로 지정한다. 그 후 중앙의 영역(410)인 5번 영역을 학습 영역으로 지정할 수 있다. 학습 영역은 세부 격자로 나누어 다양한 학습 데이터를 얻을 수 있게 해 놓았다.
- [0043] 본 발명에서 기계 학습을 수행하는 딥러닝 모델을 DNN 모델로 정해서 기계 학습을 진행하도록 한다.
- [0044] DNN 학습을 위하여 상기 학습영역으로 지정한 중앙 영역(410)을 세부 격자로 나눈다. 도 4의 학습영역(410)을 세부 격자로 나눈 것을 도 5에 보인다.
- [0045] 1.3 학습 데이터 마련부(220)
- [0046] 상기 지정한 학습 영역에 대하여 상기 DNN 모델을 학습 시킬 데이터는, 학습 영역의 적어도 모든 세부 격자에 위치하는 샘플타겟(학습 데이터를 마련하기 위해 실험의 대상으로 쓰이는 물체)을 측정된 레이더의 FFT 신호와, 샘플 타겟이 위치한 세부격자의 좌표이다.
- [0047] 데이터를 마련할 때는 샘플 타겟이 모든 세부 격자 내에 한번 이상 위치하도록 하여 랜덤한 위치의 샘플 타겟에 대한 레이더 신호를 측정하고, 샘플 타겟의 이동 횟수가 많을수록 양질의 학습 데이터를 마련할 수 있다.
- [0048] 세부격자의 좌표를 추정하는 규칙은 다양하게 적용할 수 있는데, 예를 들면, 도 5 에서 볼 수 있듯이 ㉠표지점(510)에 샘플 타겟이 위치한다면 ㉠'표지점(520)이 위치한 좌표점으로 세부격자의 좌표를 추정하고, ㉡표지점(530)에 샘플타겟이 위치한다면 ㉡'표지점(540)이 위치한 좌표점으로 세부격자의 좌표를 추정할 수 있다. 이는 하나의 예를 든 것이며, 도 5 의 세부 격자 좌표평면이 (0,0) 부터 (6, 6) 까지 49개의 세부 격자 좌표로 구성 되어 있다고 할 때 샘플 타겟이 (1, 1), (2, 1), (2, 2), (1, 2) 가 이루는 사각형 내에 존재한다면 샘플 타겟의 좌표는 사각형의 각 꼭지점의 좌표 또는 (1.5, 1.5) 의 좌표로 근사하는 경우도 가능할 수 있다.
- [0049] 도 6 에서 도시한 바와 같이 제1 레이더(610), 제2 레이더(620) 의 2개의 레이더를 사용한 경우를 생각해 본다면, 학습 데이터는  $\{(x_1, y_1), S_{i1}, S_{i2}\}, \{(x_2, y_2), S_{j1}, S_{j2}\}, \{(x_3, y_3), S_{k1}, S_{k2}\}, \dots, \{(x_n, y_n), S_{n1}, S_{n2}\}$  와 같은 형식을 가질 수 있으며, 이 때,  $(x_n, y_n)$ 은 샘플타겟이 위치하는 학습영역 내의 세부격자 좌표이며,  $S_{n1}, S_{n2}$ 는 각각 제1 레이더(610), 제2 레이더(620)에서의 측정신호의 FFT 신호이다.
- [0050] 1.4 위치 좌표 산출부(230)
- [0051] 1.4.1 위치 추정 모델부(231)
- [0052] 본 발명의 위치 추정 모델은 레이더로부터 물체의 거리 정보가 담긴 FFT 신호를 입력 받아 물체의 정확한 위치 좌표를 출력하는 딥러닝 모델로, 본 발명은 DNN 모델에 상기 학습 데이터를 학습 시켜 위치 추정 모델을 구축하여 사용하는 발명이다. 상기 위치 추정 모델은 상기 학습 영역에 대해서만 데이터를 저장하고 있으며 이에 본 발명에서는 레이더로부터 얻은 FFT 신호를 상기 위치 추정 모델에 입력하기 위해 주파수 편이(frequency shift)를 이용하여 학습 영역의 신호로 변환하는 방법을 사용한다. 상기 변환된 신호를 위치 추정 모델에 입력하면 결과값으로 상기 학습 영역의 세부격자 좌표값을 알 수 있다.
- [0053] 즉, 위치 추정 모델부는 위치 추정 모델을 구축하고 적용하는 구성이다.
- [0054] 위치 추정 모델을 구축하기 위해서는 상기 학습 데이터 마련부에서 얻은 샘플 타겟의 위치 정보가 담긴 신호와 이에 대응하는 상기 세부 격자 좌표를 상기 학습을 위한 DNN모델에 입력하여 기계 학습을 수행하는 구성이다.
- [0055] DNN모델에 대한 기계 학습의 원리는, 여러 개의 세부 격자 내의 랜덤한 지점의 좌표값을, 근사하는 세부 격자 좌표값으로 수정하고, 상기 랜덤한 지점에 대한 레이더의 FFT 신호를, 상기 세부격자 좌표 위치에서의 레이더의 FFT 신호로 수정하는 방식으로 수행할 수 있다.
- [0056] 위의 방법에 의해 DNN모델을 학습 시켜, 위치 추정 모델을 구축한다.

[0057] 두 개의 레이더를 사용하여 FFT 신호를 획득하는 경우에 레이더 1(610)로부터 획득한 FFT 신호는  $S_1$ , 레이더 2(620)로부터 획득한 FFT 신호는  $S_2$ 로 표현할 수 있다.

[0058] 상기 획득한 FFT 신호를 상기 학습 영역내의 신호로 주파수 편이(frequency shift)했을 때 얻어지는 FFT 신호  $\bar{S}_1$ ,  $\bar{S}_2$ 를 상기 구축한 위치 추정 모델에 입력하여 학습 영역에서의 세부 격자좌표를 구한다.

[0059] 위치 추정 모델은 FFT신호를 입력시키면 해당 신호에 대응하는 학습 영역 내의 세부 격자 좌표를 얻을 수 있는 구조로 구축되었으므로 도 7에 도시된 바와 같이 주파수 편이(frequency shift)된 타겟 물체의 FFT 신호에 대한 타겟 물체의 위치 좌표(660)는 딥러닝 영역(710)안에 있을 때 세부격자 좌표(710)로 추정이 된다.

[0060] 1.4.2 학습 영역 이동부(232)

[0061] 본 발명에서는 상기 각 레이더에서 수신한 타겟 물체의 FFT 신호인  $S_1$ ,  $S_2$ 를 이용하여 해상도가 높은 타겟 물체의 위치좌표 획득을 위하여, DNN 학습 결과를 활용한다.

[0062] 이를 위해서, 타겟 물체의 FFT 신호인  $S_1$ ,  $S_2$ 를 학습 영역에 위치하는 것으로 시뮬레이션 한다. 도 6에 도시된 바와 같이 ④표지점(660)이 학습 영역으로 가상으로 이동시킨 타겟 물체의 위치이다. 타겟 물체의 신호를 가상으로 이동시키기 위해서는 주파수 편이(frequency shift)를 이용한다.

[0063] 상기 ④표지점(660)에 위치하는 타겟 물체의 FFT 신호를 상기 학습한 위치 추정 모델에 입력하면, 학습 영역에서의 세부 좌표를 구할 수 있는데, 이때의 FFT 신호를  $\bar{S}_1$ ,  $\bar{S}_2$ 라 하면, 다음 관계식이 성립한다.

### 수학식 1

$$[0064] \quad \overline{(S_1)}(n) = S_1(n) e^{\frac{2\pi(f'_1 - \bar{f}_1)n}{N}}$$

### 수학식 2

$$[0065] \quad \overline{(S_2)}(n) = S_2(n) e^{\frac{2\pi(f'_2 - \bar{f}_2)n}{N}}$$

[0066] 위의 수학식 1, 수학식 2에서  $N$ 은 전체 신호의 샘플수,  $n$ 은 해당 샘플 수이다.

[0067] 예를 들어 512개의 신호 샘플이 있다면  $N$ 은 512이고 그 중 157번 샘플을 이용한다면  $n$ 은 157이 된다.

[0068]  $f'_1$ 은 ③표지점인 타겟 물체의 위치(630)에 대한 레이더 1(610)에서의 비트 주파수,  $f'_2$ 는 ③표지점인 타겟 물체의 위치(640)에 대한 레이더 2(620)에서의 비트 주파수,  $\bar{f}_1$ 은 타겟 물체를 학습 영역으로 가상으로 이동시킨 ④표지점인 타겟 물체의 위치(660)에 대한 레이더 1(610)에서의 비트 주파수,  $\bar{f}_2$ 는 타겟 물체를 학습 영역으로 가상으로 이동시킨 ④표지점인 타겟 물체의 위치(660)에 대한 레이더 2(620)에서의 비트 주파수이다.

[0069] 상기 관계식에 따라, 학습 영역으로  $S_1$ 은  $f'_1 - \bar{f}_1$  만큼,  $S_2$ 는  $f'_2 - \bar{f}_2$  만큼 주파수 편이(frequency shift)된 신호  $\bar{S}_1$ ,  $\bar{S}_2$ 를 알 수 있다. 이 신호들은 상기 구축한 위치 추정 모델에 입력하는 신호가 된다.

[0070] 주파수 편이(frequency shift)의 크기는 ①표지점인 레이더로 측정한 타겟 물체의 추정 위치 좌표(640)와 ②표지점인 학습 영역의 중점의 좌표(650) 사이의 비트 주파수 차이값과 같다.

[0071] 여기서 ①표지점인 레이더로 측정한 타겟 물체의 추정 위치 좌표(640)는 레이더 1(610)에서 측정한 거리와, 레

이더 2(620)에서 측정된 거리의 교차점으로, 타겟 물체가 존재하는 영역의 중점으로 예를 들 수 있다.

[0072] 레이더 1(610)에서 측정된 타겟 물체가 속한 영역에서의 추정 위치 좌표(640)에서의 레이더 신호의 비트 주파수를  $f_{1a}$ , 레이더 2(620)에서 측정하여 획득한 타겟 물체의 추정 위치 좌표(640)에서의 레이더 신호의 비트 주파수를  $f_{1b}$ , 레이더 1(610)에서 측정된 학습 영역의 중점 좌표(650)에 타겟 물체가 위치한 경우의 비트 주파수를  $f_{2a}$ , 레이더 2(620)에서 측정된 학습 영역의 중점의 좌표(650)에 타겟 물체가 위치한 경우의 비트 주파수를  $f_{2b}$  라고 한다면 다음의 관계식이 성립한다.

### 수학식 3

[0073]  $|f_{1a} - f_{2a}| = |f'_1 - \bar{f}_1|$

### 수학식 4

[0074]  $|f_{1b} - f_{2b}| = |f'_2 - \bar{f}_2|$

[0075] 이 때, 레이더 1(610)과 타겟 물체의 추정 위치 좌표(640)사이의 거리를  $R_{1a}$ , 레이더 2(620)와 타겟 물체의 추정 위치 좌표(620)사이의 거리를  $R_{1b}$ , 레이더 1(610)과 학습 영역의 중점의 좌표(650)사이의 거리를  $R_{2a}$ , 레이더 2(620)와 학습 영역의 중점의 좌표(650)사이의 거리를  $R_{2b}$  라고 하면 다음의 관계식에 의해  $f_{1a}$ ,  $f_{1b}$ ,  $f_{2a}$ ,  $f_{2b}$  의 값을 알 수 있다.

### 수학식 5

[0076]  $|\Delta f| = \frac{2R \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0}$

[0077] 여기서,  $c_0$  는 광속( $3 \cdot 10^8 m/s$ ),

[0078]  $\Delta f$  는 측정된 송신주파수와 수신주파수의 차이(비트 주파수),

[0079]  $\frac{d(f)}{d(t)}$  는 단위 시간당 주파수 편이(레이더의 특성에 따라 정해진다) 이고, 이를 다시 비트 주파수에 관해 정리하면

[0080] 상기 수학식 5 를  $f_{1a}$ ,  $f_{1b}$ ,  $f_{2a}$ ,  $f_{2b}$  에 각각 적용하면

### 수학식 6

[0081]  $f_{1a} = \frac{2R_{1a} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0}$

### 수학식 7

$$f_{1b} = \frac{2 R_{1b} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0}$$

[0082]

### 수학식 8

$$f_{2a} = \frac{2 R_{2a} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0}$$

[0083]

### 수학식 9

$$f_{2b} = \frac{2 R_{2b} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0}$$

[0084]

이고,  $R_{1a}$ ,  $R_{1b}$ ,  $R_{2a}$ ,  $R_{2b}$ 는 레이더로 측정하여 구할 수 있으므로 수학식 3, 4, 6, 7, 8, 9에 의해 아래 수학식 10, 11에 보이는 것과 같은 주파수 편이가 일어난다.

### 수학식 10

$$\left( \left| \frac{2 R_{1a} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0} - \frac{2 R_{2a} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0} \right| \right) = |f'_1 - \bar{f}_1|$$

[0086]

### 수학식 11

$$\left( \left| \frac{2 R_{1b} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0} - \frac{2 R_{2b} \left| \frac{df}{dt} \right|}{c_0} \right| \right) = |f'_2 - \bar{f}_2|$$

[0087]

수학식 10, 11을 수학식 1, 2에 대입하면 학습 영역으로 주파수 편이(frequency shift)된 FFT 신호  $\bar{s}_1$ ,  $\bar{s}_2$ 를 구할 수 있다.

[0089]

1.4.3 타겟 영역 이동부(233)

[0090]

상기 위치 추정 모델부에서 알아낸 세부 격자 좌표를 타겟 영역(타겟 물체가 실제 존재하는 영역)으로 다시 이동시키는 구성이다.

[0091]

타겟 물체의 실제 위치 좌표(640)와 타겟 물체에 대한 레이더의 FFT 신호를 학습 영역으로 주파수 편이(frequency shift)적용한 신호에 대한 위치 좌표(660) 사이의 거리는, 타겟 물체의 추정 위치 좌표(640)와 학습 영역의 중점의 좌표(650)사이의 거리와 같다.

[0092]

도 8에서는 ① 표지점인 타겟 물체의 추정 위치 좌표(640)의 값을 구하는 방법을 도시해 놓았다. 도 8의 ①, ②, ③, ④ 표지점과 도 6의 ①, ②, ③, ④ 표지점은 동일하다. ③ 표지점인 레이더 1(610)과 ④ 표지점인 레이더 2(620)의 정확한 좌표는 사용자가 지정하는 값으로 두 레이더 사이의 거리( $d_x$ )는 레이더 1(610)과 레이더 2(620) 사이의 거리가 되고, 레이더의 해상도 한계의 영향을 받아 측정한 타겟 물체에 대한 거리는 레이더 1(610)으로부터의 거리  $R_{1a}$ 과 레이더 2(620)로부터의 거리  $R_{1b}$ 로,  $R_{1a}$ ,  $R_{1b}$ 는 레이더로 측정하여 알 수 있는

[0093]

값이다.

[0094] 따라서 이미 알고 있는 값  $d_x$ ,  $R_{1a}$ ,  $R_{1b}$  를 다음의 공식에 적용하여 타겟 물체의 추정 좌표값을 알 수 있다.

[0095] 
$$h^2 = R_{1a}^2 - x^2 = R_{1b}^2 - (d_x + x)^2$$

[0096] 
$$= R_{1a}^2 - R_{1b}^2 = x^2 - (d_x + x)^2$$

[0097] 
$$= R_{1a}^2 - R_{1b}^2 = -2d_x x - d_x^2$$

[0098] 
$$x = -\frac{R_{1a}^2 - R_{1b}^2 + d_x^2}{2d}$$

[0099] 
$$h = \sqrt{R_{1a}^2 - x^2}$$

[0100] 위의 식에서  $h$  는 도 8 에서 ①표지점에서 레이더 1,2 가 놓인 직선의 연장선까지 수직선을 그렸을 때의 수직선의 거리(도 6, 도 9 에서는  $h$  를  $d_y$  라고 표기해 놓았다),  $x$  는 레이더 1 으로부터 상기 레이더 1,2 가 놓인 직선과 상기 수직선이 교차하는 지점까지의 거리이다.

[0101] 도 8 에서 레이더 1(610) 의 좌표를  $(m, n)$ , 학습 영역의 중점(650)의 좌표를  $(\alpha, \beta)$ 라고 한다면 타겟 물체의 추정 위치 좌표는  $(m - x, n + h)$  이므로, 타겟 물체의 추정 위치 좌표(640)와 학습 영역의 중점 좌표(650) 사이의 거리는  $\sqrt{\{(m - x) - \alpha\}^2 + \{(n + h) - \beta\}^2}$  이다. 상기 거리는  $D$  라고 표현한다.

[0102] 따라서 상기 세부 격자 좌표는  $D = \sqrt{\{(m - x) - \alpha\}^2 + \{(n + h) - \beta\}^2}$  의 거리만큼 타겟 영역으로 이동하고, 이동한 결과 얻는 좌표의 값은 실제 타겟 물체의 정확한 위치 좌표가 된다.

[0103] 상기 이동 과정을 통해 실제 타겟 물체의 위치를 알 수 있게 된다.

[0104] 즉, ⑤표지점인 학습 영역으로 주파수 편이된 FFT신호를 위치 추정모델에 입력했을 때 얻어지는 세부 격자 좌표(710)를  $(\bar{x}_i, \bar{y}_i)$  라고 표현한다면, 이 좌표를 타겟 영역으로  $D = \sqrt{\{(m - x) - \alpha\}^2 + \{(n + h) - \beta\}^2}$  이동했을 때 얻어지는 좌표(910)는 ⑥표지점인 타겟 물체의 실제 위치 좌표이다. 이를  $(x_i, y_i)$  라고 표현한다면  $(x_i, y_i)$  는 타겟 물체가 실제 위치하는 지점에 매우 근접한 좌표값으로, 본 발명의 목적에 맞게 저해상도 레이더를 이용하여 타겟 물체의 실제 위치를 매우 정확하게 측정할 수 있다.

[0105] 2. 본 발명의 FMCW레이더와 기계 학습 모델을 통한 좌표 산출 방법

[0106] 도 3 의 방법 순서에 따라 타겟 물체의 정확한 위치 좌표를 얻어내는 방법에 대해 설명한다.

[0107] 본 발명은 위치 추정 모델을 생성하고 타겟 물체에 대한 레이더의 FFT 신호를 위치 추정 모델에 적용시켜 타겟 물체의 정확한 위치 좌표를 산출해 내는 방법을 사용한다.

[0108] 자세한 설명은 아래에 후술한다.

[0109] 2.1 위치 추정 모델 생성 단계(S100)

[0110] 2.1.1 학습 영역 지정 단계(S110)

[0111] 본 발명에서는 타겟 물체가 존재할 수 있는 공간을 2차원 평면으로 보아, 일정 수의 영역으로 분할하고 분할된 영역 중 한 개의 특정 영역(410)을 지정하여 기계 학습을 수행한다.

[0112] 상기 학습 영역 지정부에서 설명한 바와 같이 타겟 물체가 존재할 수 있는 공간을 2차원 평면으로 도시하여 가상의 영역을 9 개로 분할 할 수 있다.



- [0113] 9개의 영역 중 하나의 특정 영역(410)인 학습 영역은 세부 격자로 다시 분할하여 기계 학습에 이용될 수 있도록 한다. 상기 학습 영역 지정부에서는 9개의 영역 중 5번 영역을 학습 영역으로 지정한 바 있다.
- [0114] 본 발명에서 기계 학습의 대상이 되는 모델로는 DNN모델을 채택하였다.
- [0115] 2.1.2 학습 데이터 마련 단계(S120)
- [0116] 상기 지정한 특정 영역(410)에 대해 DNN모델 기계학습을 수행하기 전에 학습 데이터를 수집하는 단계이다.
- [0117] 상기 학습 영역 지정 단계에서 지정한 5번 영역은 도 5 에서 도시한 바와 같이 세부 격자 좌표 평면으로 분할되어 있다.
- [0118] 도 5 의 상기 세부 격자 좌표평면은 (0,0) 부터 (6, 6) 까지 49개의 세부 격자 좌표로 구성되어 있다.
- [0119] 상기 세부 격자 좌표평면 내에서 샘플 타겟을 적어도 모든 격자내에 한 번 이상 위치하도록 이동시키며, 레이더 1(610) 과 레이더 2(620) 로 측정된 샘플타겟의 FFT 신호를 수집한다. 이에 대응하여 각 이동마다 얻어지는 샘플 타겟 물체의 위치에 근사하는 세부 격자의 좌표도 함께 수집한다. 상기 학습 데이터 마련부에서 설명한 바와 같이 세부 격자의 좌표는, 세부 격자 내에 샘플 타겟이 위치하면 해당 세부 격자의 각 4개의 꼭지점이 되거나 해당 세부 격자의 중점이 될 수 있다.
- [0120] 상기 학습 데이터 마련부에서 설명한 바와 같이, 학습 데이터의 형식은  $\{(x_1, y_1), S_{i1}, S_{i2}\}$ ,  $\{(x_2, y_2), S_{j1}, S_{j2}\}$ ,  $\{(x_3, y_3), S_{k1}, S_{k2}\}$ , ...,  $\{(x_n, y_n), S_{n1}, S_{n2}\}$  으로 표현할 수 있다.  $(x_n, y_n)$ 는 샘플 타겟의 위치에 근사하는 세부격자 좌표값이고,  $S_{n1}, S_{n2}$ 는 샘플 타겟의 위치를 측정한 2 개의 레이더에 대한 FFT 신호이다. 레이더의 수는 2 개 이상이 될 수 있다.
- [0121] 2.1.3 위치 추정 모델 구축 단계(S130)
- [0122] 상기 마련한 학습 데이터를 통해 DNN모델에 대한 기계 학습을 수행하고 위치 추정 모델을 구축하는 단계이다.
- [0123] 상기 위치 추정 모델부에서 설명한 바와 같이, 학습 영역 내 세부 격자에서 랜덤한 지점의 좌표값을, 근사하는 세부 격자 좌표값으로 수정하고, 상기 랜덤한 지점에 대한 레이더의 FFT 신호를 상기 세부격자 좌표 위치에서의 레이더의 FFT 신호로 수정하는 방식으로 수행할 수 있다.
- [0124] 위의 방법에 의해 DNN모델을 학습 시켜, 위치 추정 모델을 구축한다.
- [0125] 2.2 위치 추정 모델 적용 단계(S200)
- [0126] 2.2.1 타겟 물체에 대한 레이더의 FFT 신호 획득단계(S210)
- [0127] 타겟 물체에 대해, 두 개 이상의 레이더를 이용하여 FFT 신호를 획득하는 단계이다. 이 단계는 통상적인 FMCW 레이더 장치에서 수행한다.
- [0128] 레이더 신호는 송신 신호와 수신 신호가 믹싱된 신호를 종래 기술의 DSP(108)에서 빠른 푸리에 변환(FFT)을 수행하여 FFT 신호로 얻게 된다.
- [0129] 두 개의 레이더를 사용하여 FFT 신호를 획득하는 경우 레이더 1(610)로부터 획득한 FFT 신호는  $S_1$ 으로, 레이더 2(620)로부터 획득한 FFT 신호는  $S_2$ 로 표현한 바 있다.
- [0130] 2.2.2 학습 영역으로의 이동 단계(S220)
- [0131] 상기 FFT 신호 획득 단계에서 획득한 FFT 신호를 주파수 편이(frequency shift)를 사용하여 학습 영역의 신호로 가상으로 이동시키는 단계이다.
- [0132] 상기 학습 영역 이동부에 설명된 바와 같이, 두 개의 레이더로부터 얻은 신호가  $S_1, S_2$  일 때, (수학식 1), (수학식 2)에 의해 학습 영역으로 이동한 신호는  $\bar{S}_1, \bar{S}_2$ 가 된다.
- [0133] 2.2.3 학습 모델 적용 단계(S230)

- [0134] 상기 학습 영역으로의 이동단계에서 획득한 학습 영역에서의 타겟 물체의 FFT 신호  $\overline{s}_1$ ,  $\overline{s}_2$ 를 상기 구축한 위치 추정 모델에 적용하는 단계이다.
- [0135] 위치 추정 모델은 FFT 신호를 입력하면 학습 영역의 세부 격자좌표값을 출력하는 시스템으로 설계되어 있으므로 해당 단계를 통해 학습 영역에서의 타겟 물체의 FFT 신호에 대응하는 세부격자 좌표의 값을 알 수 있다.
- [0136] 상기 위치 추정 모델부에서 설명한 바와 같이, 알아낸 세부격자 좌표(710)는, 다음 단계에서 타겟 영역으로 이동시켜 타겟 물체의 실제 정확한 위치 좌표를 알아내는 데에 사용된다.
- [0137] 상기 세부격자 좌표값(710)을 타겟 영역으로 이동하는 방법은 다음 단계에서 설명한다.
- [0138] 2.2.4 타겟 물체의 위치 좌표산출 단계(S240)
- [0139] 상기 학습 모델 적용 단계를 통해 알게 된 학습 영역에서의 타겟 물체의 FFT 신호에 대응하는 세부격자 좌표(710)를 상기 타겟영역 이동부에서 설명한 바와 같이 타겟 영역으로 이동시켜 타겟 물체의 실제 정확한 위치 좌표를 산출하는 단계이다.
- [0140] 상기 타겟 영역 이동부에서 설명한 바와 같이 타겟 물체의 위치 좌표(640)와 학습 영역의 중점의 좌표(650) 사이의 거리  $D = \sqrt{\{(a-x) - \alpha\}^2 + \{(b+h) - \beta\}^2}$  만큼 세부격자 좌표(710)를 타겟 영역으로 이동한다. 이동한 결과 얻는 좌표의 값은 실제 타겟 물체의 정확한 위치 좌표가 된다.
- [0141] 이로써 전체 영역에 대해 기계 학습을 수행하는 방법에 비해 처리해야 하는 데이터의 양이 줄어들어, 효율적인 방법으로 결과 값을 얻을 수 있는 발명이다.

### 부호의 설명

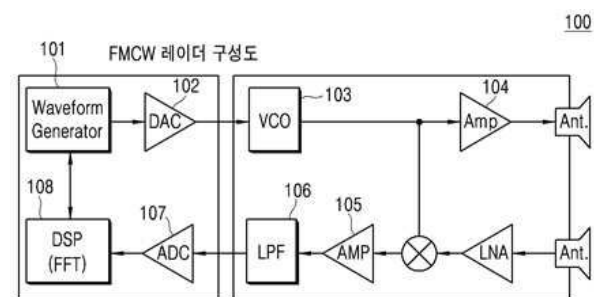
- [0144] 100 FMCW 레이더
- 101 파형 발생기
- 102 디지털 아날로그 변환기(DAC)
- 103 Voltage Control Oscillator (VCO)
- 104 Amplifier (AMP)
- 105 Amplifier (AMP)
- 106 Low Pass Filter(LPF)
- 107 아날로그 디지털 변환기(ADC)
- 108 Digital Signal Processor (DSP)
- 210 학습 영역 지정부
- 220 학습 데이터 마련부
- 230 위치 좌표 산출부
- 231 위치 추정 모델부
- 232 학습 영역 이동부
- 233 타겟 영역 이동부
- S100 위치 추정 모델 생성 단계
- S110 학습 영역 지정 단계
- S120 학습 데이터 마련 단계
- S130 위치 추정 모델 구축 단계
- S200 위치 추정 모델 적용 단계



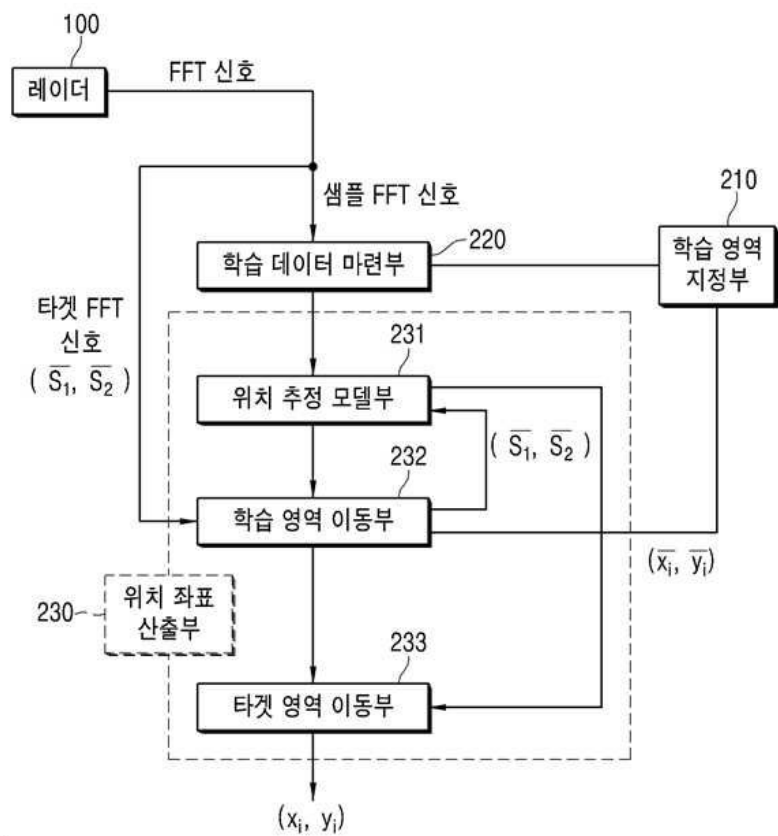
S210 FFT신호 획득 단계  
 S220 학습 영역 이동 단계  
 S230 학습 모델 적용 단계  
 S240 타겟 물체의 위치좌표 산출단계  
 410 학습 영역  
 510 샘플 타겟 예 1  
 520 샘플 타겟 예 1 의 세부 격자 좌표  
 530 샘플 타겟 예 2  
 540 샘플 타겟 예 2 의 세부 격자 좌표  
 610 레이더 1  
 620 레이더 2  
 630 타겟 물체의 실제 위치  
 640 타겟 물체의 추정 위치 좌표  
 650 학습 영역의 중점  
 660 타겟 물체에 대한 레이더 신호 위치 정보를 학습영역으로 가상으로 주파수 편이한 신호의 위치 정보  
 710 딥러닝 영역  
 720 주파수 편이된 신호를 위치추정 모델에 적용시켰을 때 얻는 세부 격자 좌표  
 910 타겟 물체의 정확한 위치 좌표

## 도면

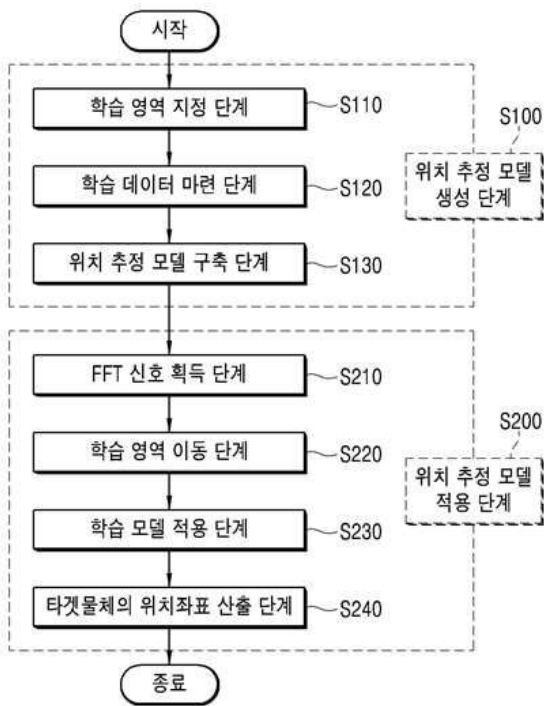
### 도면1



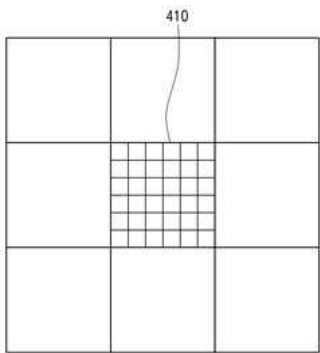
도면2



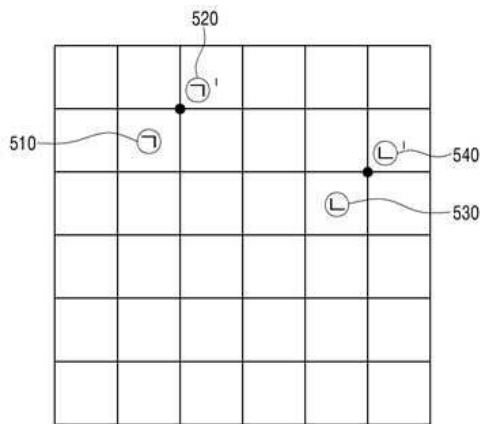
도면3



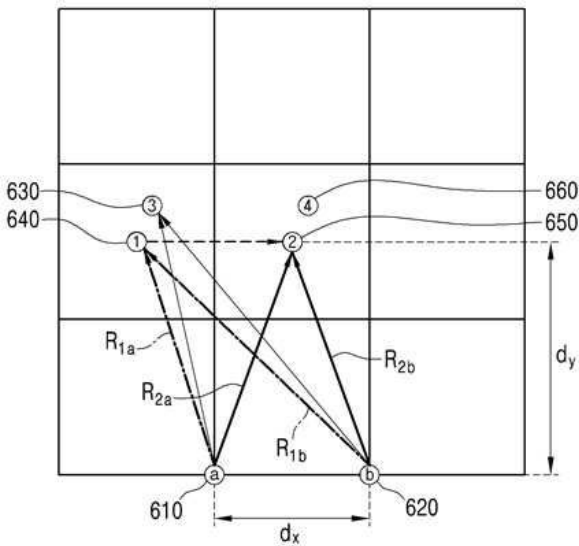
도면4



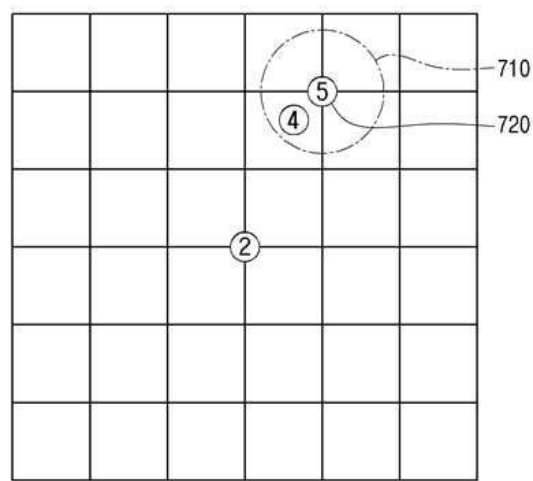
도면5



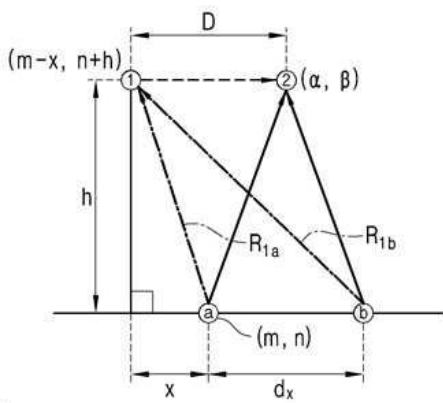
도면6



도면7



도면8



도면9

