



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월15일

(11) 등록번호 10-2191185

(24) 등록일자 2020년12월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 11/14 (2006.01) G08G 5/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 11/14 (2013.01)
G08G 5/0073 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0108165
- (22) 출원일자 2019년09월02일
심사청구일자 2019년09월02일
- (56) 선행기술조사문헌
Cha Zhang 外 3인. Maximum Likelihood Sound Source Localization and Beamforming for Directional Microphone Arrays in Distributed Meetings. IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA, VOL. 10, NO. 3, APRIL 2008 1부.*
Dhaval N. Patel 外 2인. Comparative Analysis of Adaptive Beamforming Algorithm LMS, SMI and RLS for ULA Smart Antenna. International Conference on Communication and Signal Processing, April 6-8, 2016 1부.*
Lin Shi 外 3인. Hidden Markov Model based Drone Sound Recognition using MFCC Technique in Practical Noisy Environments. JOURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS, VOL. 20, NO. 5, OCTOBER 2018 1부.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
- (72) 발명자
장경희
서울특별시 마포구 백범로 205, 101동 1110호(신공덕동, 마포펜트하우스)
- 곽준봉
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
- 이쉬티아크
인천광역시 미추홀구 재념이길39번길 11, 비02호(학익동, 대청빌라)
- (74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 임일순

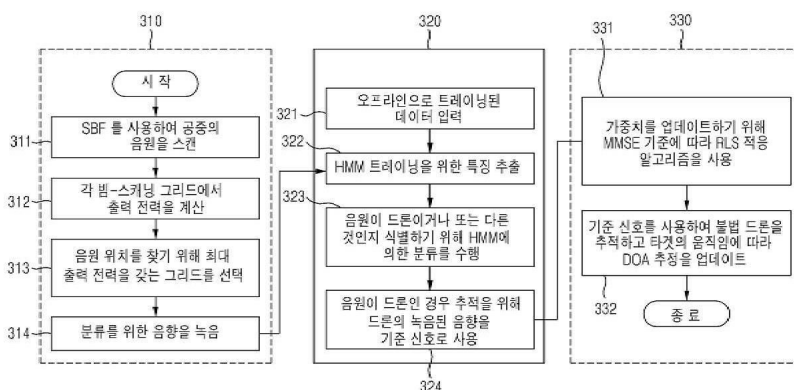
(54) 발명의 명칭 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법 및 장치

(57) 요약

음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법은 SBF(Switched Beamforming)를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하는 단계, 스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov

(뒷면에 계속)

대표도



Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 단계 및 불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 단계를 포함한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711094818(세부과제번호: 2019R1F1A1061696)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기본연구
연구과제명	[Ezbaro] 머신러닝(Machine Learning) 이론과 PSO(Particle Swarm Optimization)
알고리즘을 활용한 불법드론	탐지, 추적 및 경로계획 절차 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2019.06.01 ~ 2020.02.29
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

SBF(Switched Beamforming)를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하는 단계;

스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 단계; 및

불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 단계

를 포함하는 불법드론 분류 및 위치 추적 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

SBF를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하는 단계는,

음향인식을 기반으로 불법 드론을 추적하기 위해 SBF를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하고, 스캔된 음원에 대하여 각 빔-스캐닝 그리드에서 출력 전력을 계산하여, 음원 위치를 찾기 위해 계산된 출력 전력 중 최대 출력 전력을 갖는 그리드를 선택하고, 음원의 분류를 위해 음원의 음향을 녹음하는

불법드론 분류 및 위치 추적 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

스캔된 음원을 HMM을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 단계는,

오프라인으로 트레이닝된 데이터를 입력 받아 HMM 트레이닝을 위한 특징을 추출하고, 음원이 드론인지 아닌지 여부를 식별하기 위해 HMM에 의한 음원의 분류를 수행하며, 음원이 드론인 경우에는 추적을 위해 음원의 녹음된 음향을 기준 신호로 사용하는

불법드론 분류 및 위치 추적 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

불법 드론일 경우, ME를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 단계는,

가중치를 업데이트하기 위해 MMSE(Minimum Mean Square Error) 기준에 따라 RLS 적응 알고리즘을 사용하고, 음원의 녹음된 음향을 기준 신호를 사용하여 추적함으로써 음원의 움직임에 따라 DOA(Direction of Arrival) 추정을 업데이트하는

불법드론 분류 및 위치 추적 방법.

청구항 5

SBF(Switched Beamforming)를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하는 스캔부;

스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 드론 인식 및 분류부; 및

불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 추적부

를 포함하는 불법드론 분류 및 위치 추적 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

스캔부는,

음향인식을 기반으로 불법 드론을 추적하기 위해 SBF를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하고, 스캔된 음원에 대하여 각 빔-스캐닝 그리드에서 출력 전력을 계산하여, 음원 위치를 찾기 위해 계산된 출력 전력 중 최대 출력 전력을 갖는 그리드를 선택하고, 음원의 분류를 위해 음원의 음향을 녹음하는

불법드론 분류 및 위치 추적 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

드론 인식 및 분류부는,

오프라인으로 트레이닝된 데이터를 입력 받아 HMM 트레이닝을 위한 특징을 추출하고, 음원이 드론인지 아닌지 여부를 식별하기 위해 HMM에 의한 음원의 분류를 수행하며, 음원이 드론인 경우에는 추적을 위해 음원의 녹음된 음향을 기준 신호로 사용하는

불법드론 분류 및 위치 추적 장치.

청구항 8

제5항에 있어서,

추적부는,

가중치를 업데이트하기 위해 MMSE(Minimum Mean Square Error) 기준에 따라 RLS 적응 알고리즘을 사용하고, 음원의 녹음된 음향을 기준 신호를 사용하여 추적함으로써 음원의 움직임에 따라 DOA(Direction of Arrival) 추정을 업데이트하는

불법드론 분류 및 위치 추적 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 몇 년간 드론 개발은 다양한 응용으로 상당한 주목을 받았다. 이러한 성과는 드론 제조 비용에서 공제되는 것이다. 드론 기술의 발전은 유익한 공중 전자 감시 장치 서비스를 제공하는 데 있어 확립된 기록을 가지고 있지만, 또한 화학적, 생물학적 또는 핵 공격의 위협과 같이 사생활과 안전에 관한 심각한 우려를 증가시켰다.

[0003] 불법 드론에 의한 위협을 없애기 위해, 많은 당국이 드론 감시와 드론 공격 대책의 해결책을 얻기 위해 노력해 왔다. 종래기술에서는 무인정찰기(Unmanned Aerial Vehicles; UAV)를 무선기술에 기반하여 무인정찰기의 탐지, 인식, 교란 등을 실현할 수 있는 시스템을 설계하였다. 또 다른 종래기술에서는 저고도 공중감시통제(Low-altitude Air Surveillance Control; LASC) 시스템의 개념을 제시했다. 더욱이, 음원 위치설정을 위한 마이크 어레이에 기반한 기술은 다양한 시나리오에서 널리 사용되어 왔다. 또 다른 종래기술에서는 다양한 방향에서 발생하는 소음의 환경원을 국지화하기 위해 원형 마이크 어레이로 빔포밍을 채택하였다. 또 다른 종래기술은 마이크 어레이와 음향 빔을 사용하여 우수한 음성 소리를 캡처하고 분산된 미팅에서 스피커를 국산화했다. 또 다른 종래기술은 소형 보트의 국지화를 위해 마이크 어레이를 활용했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 음향신호를 포착해 불법 드론을 식별하는 모니터링 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 탐지를 위해 드론의 크기와 상관 없이 프로펠러 소리에 의존하여 효과적인 탐지 및 인식의 수단이 될 수 있는 마이크 어레이를 사용하여 드론인지 아닌지를 결정하고, 이후 드론을 추적한다.

과제의 해결 수단

- [0005] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법은 SBF(Switched Beamforming)를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하는 단계, 스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 단계 및 불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 단계를 포함한다.
- [0006] SBF를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하는 단계는 음향인식을 기반으로 불법 드론을 추적하기 위해 SBF를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하고, 스캔된 음원에 대하여 각 빔-스캐닝 그리드에서 출력 전력을 계산하여, 음원 위치를 찾기 위해 계산된 출력 전력 중 최대 출력 전력을 갖는 그리드를 선택하고, 음원의 분류를 위해 음원의 음향을 녹음한다.
- [0007] 스캔된 음원을 HMM을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 단계는 오프라인으로 트레이닝된 데이터를 입력 받아 HMM 트레이닝을 위한 특징을 추출하고, 음원이 드론인지 아닌지 여부를 식별하기 위해 HMM에 의한 음원의 분류를 수행하며, 음원이 드론인 경우에는 추적을 위해 음원의 녹음된 음향을 기준 신호로 사용한다.
- [0008] 불법 드론일 경우, ME를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 단계는 가중치를 업데이트하기 위해 MMSE(Minimum Mean Square Error) 기준에 따라 RLS 적응 알고리즘을 사용하고, 음원의 녹음된 음향을 기준 신호를 사용하여 추적함으로써 음원의 움직임에 따라 DOA(Direction of Arrival) 추정을 업데이트한다.
- [0009] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 장치는 SBF(Switched Beamforming)를 통해 공중에 있는 음원을 스캔하는 스캔부, 스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 드론 인식 및 분류부 및 불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 추적부를 포함한다.

발명의 효과

- [0010] 본 발명의 실시예들에 따르면 음향신호를 포착해 불법 드론을 식별할 수 있다. 탐지를 위해 드론의 크기와 상관 없이 프로펠러 소리에 의존하여 효과적인 탐지 및 인식의 수단이 될 수 있는 마이크 어레이를 사용하여 드론인지 아닌지를 결정하고, 이후 드론을 추적할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 음향 신호를 이용한 불법 드론 식별을 위한 시스템 아키텍처를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 ME가 균일하게 배치된 원형 마이크 어레이의 방향을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 0° 고도 및 0° 방위각에서 시작하는 빔 스캐닝 경로를 나타내는 도면이다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 SBF의 고도 및 방위각에 따라 각 빔 스캐닝 그리드의 출력 신호를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 SBF의 고도 및 방위각에 따라 각 빔 스캐닝 그리드의 출력 신호를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이 요소의 개수에 기초한 비행 물체 방향의 다른 빔 패턴을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 원형 어레이의 서로 다른 반경에서 ME의 수를 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 스캐닝 결과에서 대상의 위치를 나타내는 출력 전력의 색상맵을 나타낸다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 스캐닝 테스트 결과를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 MFCC 절차를 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 드론과 새소리 분광기를 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 HMM 기반 드론 소리 인식 접근 절차를 나타내는 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 트레이닝된 HMM과 시험 데이터 세트가 주어질 때 테스트 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명에서는 음향신호를 포착해 불법 드론을 식별하는 모니터링 시스템을 설계한다. 탐지를 위해서는 드론의 크기와 상관 없이 프로펠러 소리에 의존하여 효과적인 탐지 및 인식의 수단이 될 수 있는 마이크 어레이를 사용하여 드론인지 아닌지를 결정하고 나서 드론을 추적할 수 있다. 감지 및 분류를 위한 첫 번째 단계는 음향 신호의 구성 요소를 식별하기 위한 특징 추출이다. 특징 추출을 위한 음향 데이터를 기반으로 한 여러 가지 기법이 있는데, 예를 들어 고조파 선 연관성, 웨이브렛 변환, MFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficient) 방법 등이 있다. 두 번째 단계는 분류이다. 이를 위해 SVM(Support Vector Machine), 가우시안 혼합 모델, HMM(Hidden Markov Model) 등 많은 수학적 모델을 사용할 수 있다. 드론을 이용한 DOA(Direction of Arrival) 추정 절차는 빔-스캔 알고리즘과 서브스페이스 알고리즘으로 구성된다. 빔-스캔 알고리즘은 종래의 빔을 형성하고, 적절한 영역을 스캔하며, 크기가 제공된 출력을 표시한다. 따라서 최소 분산 왜곡 반응 감소(Minimum Variance Distortionless Response; MVDR) 및 루트 MVDR가 예시된다. 또한 서브스페이스 알고리즘은 신호와 노이즈 서브스페이스 사이의 직교성을 이용하는 집합으로 구성된다. 따라서 다중 신호 분류(Multiple Signal Classification; MUSIC), 루트-MUSIC, ESPRIT(Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Technique)을 통한 신호 매개변수의 추정이 어레이 안테나를 사용하여 신호의 DOA를 추정하는 데 가장 효율적이다. 단, MMSE(Minimum Mean Square Error) 기준에 따라 최소 제곱(Recursive Least Squares; RLS) 알고리즘을 사용한다. RLS 알고리즘은 비-블라인드(non-blind) 적응 알고리즘의 일종으로 목표 위치를 찾으려면 기준 신호가 필요하다. 자원 할당 및 간섭 방지 계획과는 달리 음향 원형 마이크 어레이를 사용하여 분류 및 추적용 빔포밍을 위하여 HMM이 장착된 드론의 위치를 설명한다.

[0013] 본 발명은 불법 드론을 식별하고 추적하는 감시 시스템의 문제점을 개선하고자 한다. 드론 기술의 발달은 드론의 광범위한 상업적 적용을 촉진한다. 그러나 드론이 폭발물 및 다른 파괴적인 물질을 운반할 수 있는 능력은 공공의 안전에 심각한 위협이 될 수 있다. 이러한 위협을 줄이기 위해 불법 드론의 위치 추적과 추적을 위한 음향 기반 계획을 제안한다. 제안된 계획은 세 가지 주요 초점을 가지고 있다. 첫째, 스위치 빔포밍으로 하늘을 스캔하여 음원을 찾고 마이크 어레이를 이용해 소리를 녹음하고, 둘째, 소리가 드론인지 아니면 다른 것인지 알기 위해 HMM(Hidden Markov Model)로 분류를 실시한다. 마지막으로, 음원이 드론이라면, 녹음된 소리를 적응형 빔포밍에 기초한 추적을 위한 기준 신호로 사용한다. 시뮬레이션은 이상적인 조건(배경 소음 및 간섭음이 없는 경우)과 비이상적 조건(배경 소음 및 간섭음을 포함하는 경우)에서 모두 수행되며, 불법 드론을 추적할 때 성능을 평가한다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0015] 본 발명에서 제안하는 프레임워크는 세 가지 주요 단계를 기반으로 한다.

[0016] 첫째, 균일한 원형 어레이 장치(Uniform Circular Array; UCA)에서 마이크를 사용하여 빔 패턴을 형성하고 하늘을 스캔하고 음원을 찾는다.

[0017] 둘째, 음원을 인식하기 위해 HMM을 사용하고, 불법 드론인지 다른 것인지 판단한다.

[0018] 마지막으로, 불법 드론일 경우, 어레이의 ME(Microphone Elements)로 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 RLS 빔포

밍 기반으로 추적 기준 신호로 사용한다.

[0019] 시뮬레이션은 이상적인 조건(배경 소음 및 간섭음이 없는 경우)과 비이상적 조건(배경 소음 및 간섭음을 포함하는 경우)에서 모두 수행되며, 불법 드론을 추적할 때 성능을 평가한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 음향 신호를 이용한 불법 드론 식별을 위한 시스템 아키텍처를 나타내는 도면이다.

[0022] 본 발명에서는 HMM과의 사운드 인식에 근거하여 분류 및 원형 마이크 어레이를 이용한 추적용 빔포밍을 통해 불법 드론을 탐지한다. 소리를 감지하는 데 32 ME ($m=1, 2, 3, \dots, 32$)를 고려한다. 도 1은 음향 신호를 이용한

불법 드론 식별을 위한 시스템 아키텍처를 보여주고 있는데, 이 경우 ME는 ME 사이 $\phi_m = \frac{2(m-1)\pi}{12}$ 의 각도를 사용하여 원에 균일하게 분포하며, 원형 어레이의 반지름은 약 0.18m이다. 여기서 $x_m(n)$ 은 어레이 요소들에 의해 수신되는 신호 샘플이고, 여기서 n 은 시간 지수이다. ME의 샘플링 속도는 데이터 수집 프로세스에서 44 KHz이다. 물체의 공중 도착 방향은 방위각과 고도각으로 계산된다. 따라서 방위각은 x 축에 대해 x - y 평면에 있고 ϕ 로 표시되며, z 축에 대한 고도각은 θ 로 표시된다.

[0023] 처음에, SBF(Switched Beamforming)은 하늘의 물체를 스캔하는 데 사용된다. 스캔은 $0^\circ \sim 90^\circ$, $0^\circ \sim 360^\circ$ 방위각에서 실행된다. 실제로, SBF는 불법 드론을 스캔하도록 되어 있지만, 새나 비행기 같은 다른 물체들도 하늘에 있을 수 있다. 일반적으로 비행기는 매우 높은 고도로 비행하기 때문에 공중에서 표적을 스캔하는 동안 새들이 주요 간섭원이 될 수 있다. 본 발명에서는 도 1과 같이 불법 드론(타겟 음향 신호)뿐만 아니라 새(간섭 음향 신호)를 고려한다. 더욱이, 균일한 원형 어레이(UCA)는 방위각 범위 내에서 360° 를 제공할 수 있고 방위각과 고도각 모두를 동시에 추정할 수 있다.

[0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 ME가 균일하게 배치된 원형 마이크 어레이의 방향을 나타내는 도면이다.

[0026] 본 발명에서는 전체 방위 차원 전체에 걸쳐 균일한 해상도를 가지며, 소스의 정확한 위치를 알 수 없을 때 최적의 성능을 제공하기 때문에, 3-D 영역 스캐닝에 링 패턴이 있는 원형 마이크 어레이를 활용한다. UCA에는 보통 6개에서 36개의 ME가 음향 빔포밍에 사용된다. 본 발명의 실시예에 따르면 32 ME를 고려한다. 왜냐하면 그 숫자는 충분한 스캐닝 정확도를 제공하고 시나리오에서 최소한의 복잡성을 가지기 때문이다. 도 2는 32 ME가 균일하게 배치된 원형 마이크 어레이의 방향을 보여준다. x 축, y 축, z 축은 빔포밍 어레이의 좌표를 나타내며, x 축, y 축은 수평면을, z 축은 높이를 나타낸다.

[0027] UCA에서 ME에 영향을 미치는 각도 (θ, ϕ) 의 신호 소스를 고려하고, $F(\theta, \phi)$ 가 어레이 계수를 나타낸다. 각 ME는 $m=0, 1, 2, 3, \dots, M-1$ 에 대해 복잡한 가중치 $W(m)$ 으로 가중치를 부여한다.

[0028] M 개의 ME는 반지름 R 과 함께 UCA 주위로 동일한 간격을 두기 때문에 m 번째 ME의 방위각은 다음과 같이 주어진다.

$$\phi_m = \frac{2m\pi}{M} \quad \text{수학식(1)}$$

[0030] ME 사이의 위상은 다음과 같다.

$$\beta_m = -aR \cos(\phi - \phi_m) \sin \theta \quad \text{수학식(2)}$$

$$a = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{여기서 } \lambda = \text{파장이다.}$$

[0033] 따라서 동일한 간격의 ME를 가진 UCA의 어레이 계수는 다음과 같다.

$$F(\theta, \phi) = \sum_{m=0}^{M-1} A_m e^{j[\alpha_m - aR \cos(\phi - \phi_m) \sin \theta]} \quad \text{수학식(3)}$$

[0035] 여기서 A_m 은 m 번째 ME에서 임펄스 신호의 진폭이며, 따라서 $A_m e^{j\alpha_m}$ 은 m 번째 ME의 복잡한 가중치를 나타낸다.

공간의 각도 (θ, ϕ) 에서 메인 빔을 지시하기 위해 m번째 ME 가중치의 위상은 다음과 같이 선택할 수 있다.

$$\alpha_m = aR \cos(\phi - \phi_m) \sin \theta \quad \text{수학식(4)}$$

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

제안하는 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 방법은 SBF(Switched Beamforming)를 통해 하늘에 있는 음원을 스캔하는 단계(310), 스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류하는 단계(320) 및 불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행하는 단계(330)를 포함한다.

단계(310)에서, SBF(Switched Beamforming)를 통해 하늘에 있는 음원을 스캔한다.

음향인식을 기반으로 불법 드론을 추적하기 위해, 제안된 프레임워크에서, 먼저 SBF를 통해 하늘에 있는 물체(다시 말해, 음원)를 스캔한다(311). 스캔된 물체에 대하여 각 빔-스캐닝 그리드에서 출력 전력을 계산한다(312). 음원 위치를 찾기 위해 계산된 출력 전력 중 최대 출력 전력을 갖는 그리드를 선택한다(313). 그리고, 분류를 위한 음향을 녹음한다(314).

SBF로 스캔하는 것은 최대 출력 전력 기준을 기반으로 하며, 고도에 대한 스캔 범위는 $0^\circ \sim 90^\circ$, 방위각의 경우 $0^\circ \sim 360^\circ$ 이다. SBF가 스캔을 완료하면 시스템이 음원의 존재를 감지한다. 비행기나 새 등일 수도 있고, 불법 드론일 수도 있다. 따라서 음원을 식별하기 위해 잘 알려진 HMM 기법을 채용한다.

단계(320)에서, 스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류한다. HMM을 이용하여 음원을 파악하고, 불법 드론인지 아니면 다른 것인지 판단하고 이를 분류를 한다.

먼저, 오프라인으로 트레이닝된 데이터를 입력 받는다(321). 이후, HMM 트레이닝을 위한 특징을 추출한다(322). 음원이 드론이거나 또는 다른 것인지 식별하기 위해 HMM에 의한 분류를 수행한다(323). 음원이 드론인 경우에는 추적을 위해 드론의 녹음된 음향을 기준 신호로 사용한다(324).

불법 드론일 경우, 단계(330)에서, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행한다.

가중치를 업데이트하기 위해 MMSE 기준에 따라 RLS 적응 알고리즘을 사용한다(331). 기준 신호를 사용하여 불법 드론을 추적하고 타겟의 움직임에 따라 DOA 추정을 업데이트한다(332).

HMM 분류기가 소리를 불법 드론으로 식별하는 경우, RLS는 비-블라인드(non-blind) 빔포밍이기 때문에 적응형 빔포밍은 기준 신호가 필요하다. 따라서 기준 신호 획득은 스캐닝 및 분류 프로세스에 기초한다. 더욱이 다른 방해음 신호가 있더라도 기준신호를 사용하고 대상 이동에 따라 DOA 추정을 업데이트함으로써 여전히 표적을 추적할 수 있다.

스캔 또는 획득은 SBF에 기반하여 수행된다. 최대 출력 전력을 바탕으로 음원의 위치 설정을 달성한다. SBF 방식에서 가중치 벡터는 빔의 방향을 변경하고 해당하는 그리드(grid)를 스캔하기 위해 ME에 주어진다. 따라서 출력 전력은 각 그리드에서 계산되어 최대값을 찾는다. 이 프로세스는 모든 영역이 스캔될 때까지 반복되며, 그런 다음 각 스캔 결과의 출력 전력을 비교한다. 최대 출력 전력을 제공하는 그리드는 음원의 위치를 3-D 공간에 표시한다. 즉, 빔의 피크는 물체의 방향과 일치한다. 빔포머의 출력 신호는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} y(n, \theta, \phi) &= \sum_{m=1}^M w_m^*(\theta, \phi) x_m(n) \\ &= W^H(\theta, \phi) X(n) \\ \text{where } W(\theta, \phi) &= [w_1(\theta, \phi), w_2(\theta, \phi), w_3(\theta, \phi), \dots, w_M(\theta, \phi)] \\ X(n) &= [x_1(n), x_2(n), x_3(n), \dots, x_M(n)] \end{aligned}$$

수학식(5)

여기서 $W(\theta, \phi)$ 는 가중치 벡터이고, $X(n)$ 은 n번째 스냅샷의 m번째 요소의 출력이다.

[0051] 스캔된 영역의 각 출력은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} P(\theta, \phi) &= E(|y(n, \theta, \phi)|^2) \\ &= W^H(\theta, \phi) E(X(n) X^H(n)) W(\theta, \phi) \\ &= W^H(\theta, \phi) R(n) W(\theta, \phi) \end{aligned}$$

[0052] 수학식(6)

[0053] 여기서 W^H 는 가중치 벡터의 복잡한 결합체를 나타내며, $E(\cdot)$ 는 기대값을 나타낸다. $R(n)$ 은 n번째 스냅샷에 있는 신호의 공분산 행렬이며 다음과 같이 주어진다.

$$R(n) = X(n) \cdot X^H(n) \quad \text{수학식(7)}$$

[0055] 따라서, 수학식(6)에 따라 빔포머의 출력 전력을 계산할 수 있는데, 처음에는 목표 위치를 식별하는 최대 전력을 찾기 위해 θ 와 ϕ 를 변경한다.

[0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 0° 고도 및 0° 방위각에서 시작하는 빔 스캐닝 경로를 나타내는 도면이다.

[0058] 시뮬레이션은 이상적인 조건(배경 소음과 간섭이 없는 경우)과 비이상적 조건(배경 소음과 간섭을 포함하는 경우) 모두에서 수행된다. 도 4는 0° 고도 및 0° 방위각에서 시작하는 빔 스캐닝 경로를 보여준다. 처음에 빔 스캐닝은 각각 5° 와 15° 의 해상도로 고도와 방위각을 증가시켜 경로를 따른다. 화살표는 경로의 각 그리드에서 출력 전력을 계산하면서 3-D 공간의 음원을 스캔하는 빔의 움직임을 나타낸다. 마지막으로 각 그리드의 출력 전력을 비교하고 최대 출력이 있는 그리드를 선택하여 음원이 있는지 여부를 결정한다. 단일 음원(타겟)을 고려하고 빔 스캐닝 경로를 따라 출력 전력을 계산한다.

[0060] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 SBF의 고도 및 방위각에 따라 각 빔 스캐닝 그리드의 출력 신호를 나타내는 도면이다.

[0061] 도 5(c)에서 출력 신호의 전력이 미리 정의된 임계값보다 크기 때문에 각각 고도 45° 와 방위 180° 의 그리드에서 비행 물체가 관측됨을 명확히 알 수 있다. 실제로 다른 그리드의 출력 전력도 확인하지만, 도 5(a), 도 5(b), 도 5(d)와 같이 신호의 출력 전력이 낮다.

[0063] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이 요소의 개수에 기초한 비행 물체 방향의 다른 빔 패턴을 나타내는 도면이다.

[0064] 실제로 전체 영역(즉, 0° 에서 360° 까지의 방위각과 0° 에서 90° 까지의 고도)에서의 빔 스캐닝 성능은 UCA의 반지름과 ME의 수에 따라 달라진다. 본 발명에서는 반경 0.18m를 사용하며, 충분한 빔 스캐닝 성능을 제공하는 ME의 수를 찾아낸다. 도 6(a)에서는 최대 피크(음원의 위치를 나타냄)의 노란색 영역이 다른 그리드의 피크 전력과 거의 동일하기 때문에 12 ME로는 충분하지 않다는 것을 분명히 알 수 있다. 반면에 도 6(b)는 전체 영역에서 다른 그리드의 피크 전력과 비교하여 노란색 영역의 피크 전력이 충분히 높지 않기 때문에 여전히 24 ME로 충분한 스캐닝 성능을 제공하지 않는다.

[0065] 그러나 도 6(c)는 32 ME로 스캐닝 성능이 가장 좋다. 배경과 비교했을 때 노란색 영역의 피크 파워가 충분히 높기 때문이다. 따라서, 하늘의 소리 출처를 조사하기 위해 반경 0.18m에서 32개의 ME를 선택한다.

[0067] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 원형 어레이의 서로 다른 반경에서 ME의 수를 나타내는 도면이다.

[0068] 반경 0.18m의 32 ME 선택을 검증하기 위해 도 7에 나타난 바와 같이 0.18m, 0.2m, 0.22m, 0.25m 등 원형 어레이의 서로 다른 반경에서 ME의 수를 점검한다. PAPR는 수학식(8)에서 정의되며, 임계값 이상의 PARR 최대값은 비행물체의 방향을 나타낸다.

$$\text{Peak to Average Power Ratio} = \frac{\text{Power(Peak)}}{\sum_{\text{All Grids}} \text{Power(each Grid)} / \text{Nr. of Grids}}$$

[0069] 수학식(8)

[0070] ME의 수를 늘리고 UCA의 반경을 줄임으로써 PAPR이 증가하는 것은 분명하다. 그러나 8~20ME 사이는 도 7과 같이 원형 어레이의 서로 다른 반경(0.18m, 0.2m, 0.22m, 0.22m, 0.25m)에서 유사한 PAPR 성능을 제공하며, 원형 어

레이의 경우 20 ~ 32 ME를 다른 반경(0.18m, 0.2m, 0.22m 및 0.25m)에서 사용하면 PARR 성능에 큰 영향을 미치며, 0.18m의 어레이에서 최고의 PARR 성능을 보여준다. 더욱이 ME의 수를 32개 이상으로 늘리면 PARR이 다시 동일해진다는 것을 명확히 관찰할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에서는 32를 UCA에 적합한 수의 ME로 선택한다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 스캐닝 결과에서 대상의 위치를 나타내는 출력 전력의 색상맵을 나타낸다.

빔 스캐닝 결과의 정확성을 확인하기 위해 두 대상을 스캔할 때 환경을 고려한다. 도 8에서 노란색 영역이 대상의 위치를 나타내는 출력 전력의 색상 맵을 보여준다. 마찬가지로, 하나의 표적과 하나의 간섭원이 있는 시나리오를 고려하고, 스캐닝을 테스트한다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 스캐닝 테스트 결과를 나타내는 도면이다.

노란색 부분은 대상의 위치와 간섭을 식별한다. 스캐닝 결과의 정확도는 대상과 간섭원이 여러 개 있는 환경에서도 상당히 만족스러우며 오차는 3° 미만으로 허용된다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 MFCC 절차를 나타내는 도면이다.

특징 추출의 경우 36개의 MFCC 방식을 적용한다. 드론 소리의 인식은 배경 잡음에도 불구하고 이루어지며, 분류기의 성능을 평가한다. 제안된 알고리즘의 타당성과 유효성은 실험 결과에서 볼 수 있다.

MFCC는 소리 신호 특징 추출법이 일반적으로 사용되는 것으로, cepstral 영역에서 특징을 추출하며, 로그영역에서 스펙트럼의 포락선을 추출하는 수학적 기법이다. MFCC 절차의 세부 사항은 도 10에 설명되어 있다.

처음에는 시간 영역 신호를 프레임, 윈도우 설정 및 고속 FFT를 포함한 주파수 영역으로 변환하기 위해 단기 STFT를 사용한다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 드론과 새소리 분광기를 나타내는 도면이다.

STFT 이후의 출력 신호는 다음과 같이 표시된다.

$$X_i^{ST}(f) = FFT(x_i(n) \times w_i(n)), \quad 1 \leq i \leq I, 1 \leq n \leq N \quad \text{수학식 (11)}$$

여기서 $x_i(n)$ 및 $w_i(n)$ 는 각각 총 프레임 번호 I에서 i번째 프레임으로 사용되는 음향 데이터 및 윈도우 기능이며, N 과 $X_i^{ST}(f)$ 는 각각 주파수 영역에서 프레임 길이 및 윈도우 신호이다.

해밍 N-포인트 윈도우 함수는 다음과 같이 쓰여진다:

$$w(n) = \alpha - \beta \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad \alpha = 0.54, \beta = 0.46, \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad \text{수학식 (12)}$$

mel-스케일 필터가 활용되며 다음과 같이 쓰여진다:

$$mel(f) = 1127 \ln\left(1 + \frac{f}{700}\right) \quad \text{수학식 (11)}$$

필터 뱅크의 m번째 필터 실현은 다음과 같이 표시된다:

$$H_m(k) = \begin{cases} 0, & k < f(m-1) \\ \frac{k - f(m-1)}{f(m) - f(m-1)}, & f(m-1) \leq k \leq f(m) \\ \frac{f(m-1) - k}{f(m+1) - f(m)}, & f(m) \leq k \leq f(m+1) \\ 0, & k > f(m+1) \end{cases} \quad 1 \leq m \leq M \quad \text{수학식 (12)}$$

여기서 $f(\cdot)$ 와 M 은 각각 필터의 mel-스케일 주파수와 총 개수이다.

수학식 (13)을 사용하여 mel 스펙트럼의 로그를 구한다.

$$s(m) = \ln \left(\sum_{k=0}^{N-1} |X_i^{\#}(k)|^2 H_m(k) \right), \quad 1 \leq m \leq M \quad \text{수학식(13)}$$

여기서 N 은 $R_i^{\#}(k)$ 의 FFT 길이이다.

그런 다음 다음과 같이 n 번째 cepstral 계수를 얻기 위해 DCT(Discrete Cosine Transform)을 적용한다.

$$c_n = \sum_{m=0}^{M-1} s(m) \cos \left(\frac{\pi n(m+0.5)}{M} \right), \quad n = 1, 2, \dots, N \quad \text{수학식(14)}$$

여기서 N 은 cepstral 계수를 나타낸다. 일반적으로, 수학식(15)는 MFCC에서 델타 계수를 계산하는데 사용된다.

$$d_n = \begin{cases} c_{n+1} - c_n, & n \leq L \\ \frac{\sum_{\delta=1}^L n(c_{n+\delta} - c_{n-\delta})}{\sqrt{2 \sum_{\delta=1}^L \delta^2}}, & \text{others} \\ c_n - c_{n-1}, & n > N-L \end{cases} \quad \text{수학식(15)}$$

본 발명에서는 다음과 같이 추가 델타 계수를 제안한다:

$$d_n = \begin{cases} c_{n+1} - c_n, & n \leq L \\ \frac{\sum_{\delta=1}^L (c_{n-\delta} + c_{n+\delta}) - 2LC_n}{2L}, & \text{others} \\ c_n - c_{n-1}, & n > N-L \end{cases} \quad \text{수학식(16)}$$

여기서 δ 는 계수의 차이를 계산하기 위한 단계이다.

따라서 표준 MFCC와 특징 추출용 델타 MFCC를 포함하여 36개의 MFCC가 본 발명에 적용된다.

HMM은 상태와 입력이 각각 숨겨지고 관측 가능한 일련의 변수에 대한 통계 모델이다. 관측 벡터의 순서는 다음과 같이 표시된다:

$$O = \{o_t\}, \quad 1 \leq t \leq T \quad \text{수학식(17)}$$

여기서 T 는 상태 순서이고, 일반적으로 HMM모형을 다음과 같이 나타낸다.

$$HMM = (N, M, A, B, \Pi) \quad \text{수학식(18)}$$

여기서 N , M , A , B 및 Π 는 각각 은닉 상태, 상태별 뚜렷한 관측, 상태 전환 매트릭스, 상태별 송출 확률 분포 및 초기 상태 분포 확률로 다음과 같이 기록된다.

$$\lambda = (A, B, \Pi) \quad \text{수학식(19)}$$

모델의 매개변수는 트레이닝 데이터에 의해 결정되며, 모델의 입력 데이터는 트레이닝 데이터의 추출된 특징이다. 트레이닝된 모델은 가장 가능성이 높은 음향 정체성을 나타내며, 새로 들어오는 음향 데이터를 평가하는 데 사용된다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 HMM 기반 드론 소리 인식 접근 절차를 나타내는 도면이다.

본 발명에서는 트레이닝 데이터 집합을 일부 클러스터로 설명하며, 각 클러스터는 특정 유형의 소리(D_{train})를 나타낸다.

[0115] <표 1>

	Drain	Remarks
Cluster 1	Drone 1, Drone 2, Drone 3	Drone 1: SYMA X5SW
Cluster 2	Plane 1, Plane 2, Plane 3	Drone 2: BYROBOT Drone Fighter
Cluster 3	Car 1, Car 2, Car 3, Car 4, Car 5	Drone 3: WLtoys Skywalker
Cluster 4	Bird 1, Bird 2, Bird 3	Plane 1: Helicopter
Cluster 5	Rain 1, Rain 2, Rain 3	Plane 2: Boeing737
		Plane 3: Boeing747

[0116]

[0117] 표 1은 각 클러스터의 트레이닝 데이터를 보여준다. HMM 기반 드론 소리 인식 접근 절차는 도 12에 나타나 있다.

[0118] 트레이닝 데이터 세트에 드론, 비행기, 자동차, 새, 비를 사용한다. 클러스터 1~5는 표 1에 설명된 드론, 비행기, 자동차, 새, 빗소리 각각에 대한 것이다. 성능 향상을 위해 드론, 비행기, 새, 비 클러스터 중 3종류의 소리를 사용했지만, 자동차 클러스터의 경우 자동차 소리의 시간이 짧아 각 클러스터의 총 소리 데이터 길이를 동일하게 유지하기 위해 5종류의 소음을 수집한다. 도 13은 트레이닝 문제가 Baum-Welch 알고리즘으로 해결되는 HMM의 트레이닝 절차를 보여준다.

[0119] 트레이닝 단계에서는 분류기(5개 HMM 혼합, λ_s)를 트레이닝하는 한편, Viterbi 알고리즘이 적용되는 후속 테스트 단계는 모델을 알 수 있을 때 주어진 순서의 확률을 최대화하는 상태 순서를 찾는 것이다.

[0120] 인식 절차에서의 목표는 일련의 특징 벡터 O_{test} 로 표현되는 입력 소리를 검색하는 것이다. 절차는 주어진 순서에서 가장 높은 확률의 HMM을 찾는 것이다.

[0121]
$$g^* = \arg \max_{g \in S} P(\lambda_g | O_{test})$$
 수학식(20)

[0122] 그리고 최대 확률을 제공하는 모델은 테스트 데이터가 속하는 모델이다(즉, 테스트 데이터는 선택된 모델로 대표되는 클러스터에서 분류된다).

[0124] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 트레이닝된 HMM과 시험 데이터 세트가 주어질 때 테스트 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0125] 먼저, 트레이닝 데이터 셋을 셋업한다(1310). 트레이닝 데이터 셋에 대한 특징을 추출한 후(1320), 트레이닝을 수행한다(1330).

[0126] 트레이닝 단계(1330)에서는, 초기화(1331) 후, 전방향 알고리즘 및 역방향 알고리즘을 적용한다(1332). 이후, HMM 파라미터를 업데이트하고(1333), 수렴 여부를 판단한다(1334). 수렴하지 않는 경우 단계(1332)부터 반복하고, 수렴하는 경우 예측된 HMM을 업데이트 한다(1335).

[0128] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0129] 제안하는 음향원형마이크로폰 배열안테나 빔형성에 의한 HMM 기반 불법드론 분류 및 위치 추적 장치(1400)는 스캔부(1410), 드론 인식 및 분류부(1420) 및 추적부(1430)를 포함한다.

[0130] 스캔부(1410)는 SBF(Switched Beamforming)를 통해 하늘에 있는 음원을 스캔한다. 스캔부(1410)는 음향인식을 기반으로 불법 드론을 추적하기 위해, 제안된 프레임워크에서, 먼저 SBF를 통해 하늘에 있는 물체(다시 말해, 음원)를 스캔한다. 스캔된 물체에 대하여 각 빔-스캐닝 그리드에서 출력 전력을 계산한다. 음원 위치를 찾기 위해 계산된 출력 전력 중 최대 출력 전력을 갖는 그리드를 선택한다. 그리고, 분류를 위한 음향을 녹음한다.

[0131] SBF로 스캔하는 것은 최대 출력 전력 기준을 기반으로 하며, 고도에 대한 스캔 범위는 $0^\circ \sim 90^\circ$, 방위각의 경우 $0^\circ \sim 360^\circ$ 이다. SBF가 스캔을 완료하면 시스템이 음원의 존재를 감지한다. 비행기나 새 등일 수도 있고, 불법 드론일 수도 있다. 따라서 음원을 식별하기 위해 잘 알려진 HMM 기법을 채용한다.

[0132] 드론 인식 및 분류부(1420)는 스캔된 음원을 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 식별하고 불법 드론 여부를 판단하여 분류한다.

[0133] 드론 인식 및 분류부(1420)는 HMM을 이용하여 음원을 파악하고, 불법 드론인지 아니면 다른 것인지 판단하고 이

를 분류를 한다.

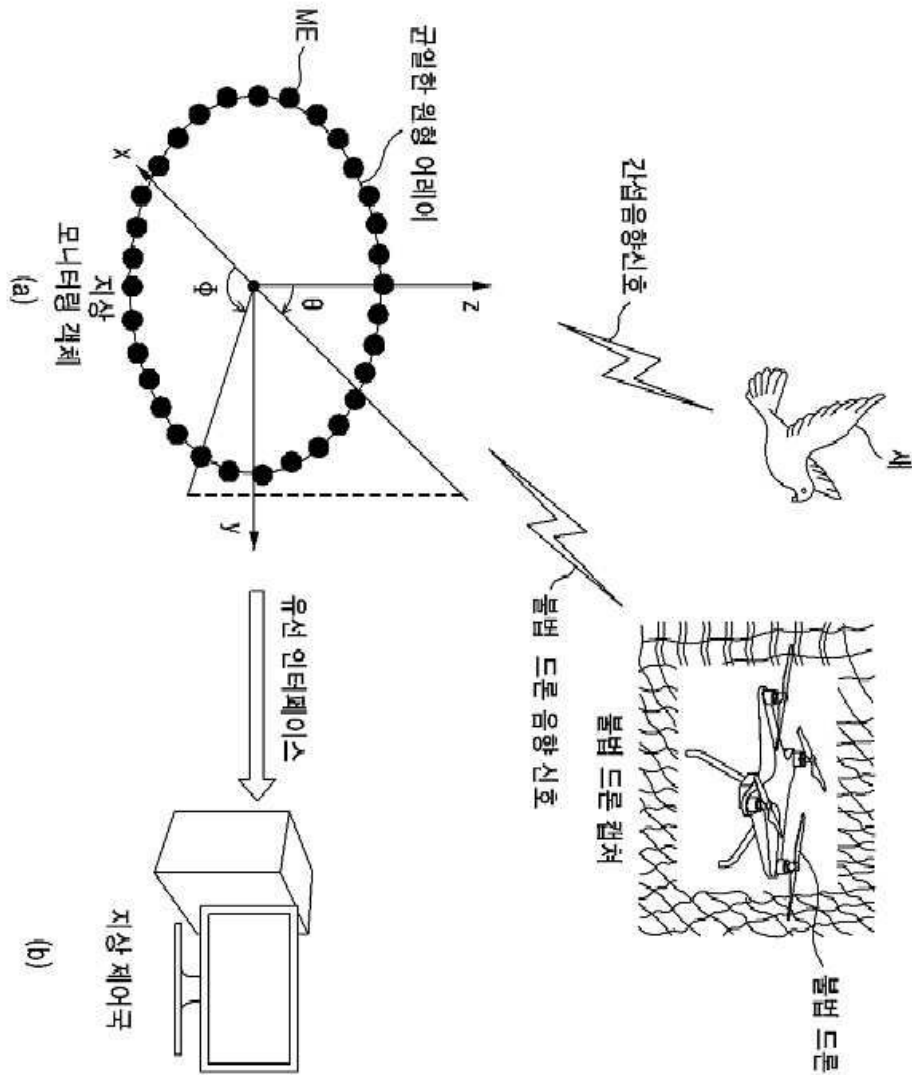
- [0134] 먼저, 오프라인으로 트레이닝된 데이터를 입력 받는다. 이후, HMM 트레이닝을 위한 특징을 추출한다. 음원이 드론이거나 또는 다른 것인지 식별하기 위해 HMM에 의한 분류를 수행한다. 음원이 드론인 경우에는 추적을 위해 드론의 녹음된 음향을 기준 신호로 사용한다.
- [0135] 추적부(1430)는 불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행한다.
- [0136] 추적부(1430)는 불법 드론일 경우, ME(microphone elements)를 통해 소리를 녹음하고, 녹음된 소리를 추적 기준 신호로 사용하는 적응형 RLS(Recursive Least Squares) 빔포밍에 기초하여 추적을 수행한다.
- [0137] 가중치를 업데이트하기 위해 MMSE 기준에 따라 RLS 적응 알고리즘을 사용한다. 기준 신호를 사용하여 불법 드론을 추적하고 타겟의 움직임에 따라 DOA 추정을 업데이트한다.
- [0138] HMM 분류기가 소리를 불법 드론으로 식별하는 경우, RLS는 비-블라인드(non-blind) 빔포밍이기 때문에 적응형 빔포밍은 기준 신호가 필요하다. 따라서 기준 신호 획득은 스캐닝 및 분류 프로세스에 기초한다. 더욱이 다른 방해음 신호가 있더라도 기준신호를 사용하고 대상 이동에 따라 DOA 추정을 업데이트함으로써 여전히 표적을 추적할 수 있다.
- [0140] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0141] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0142] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0143] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성

될 수 있다.

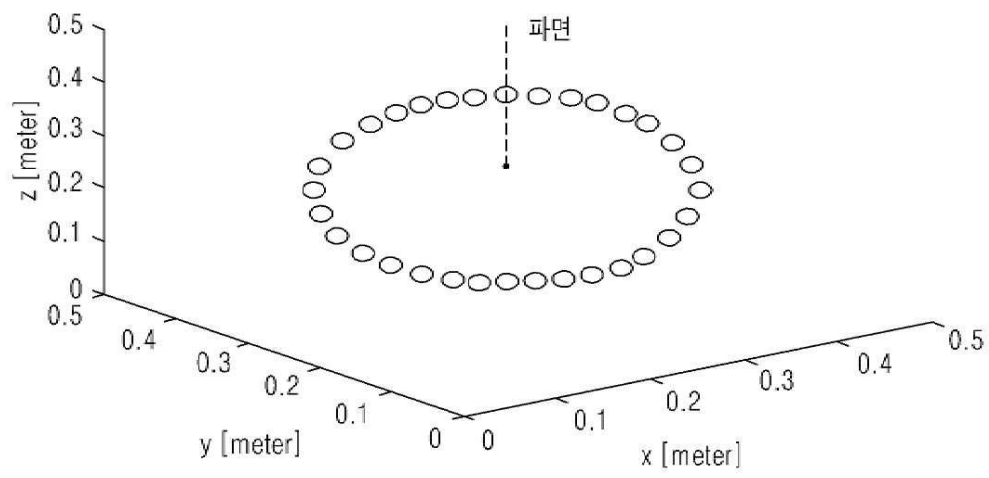
[0144] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

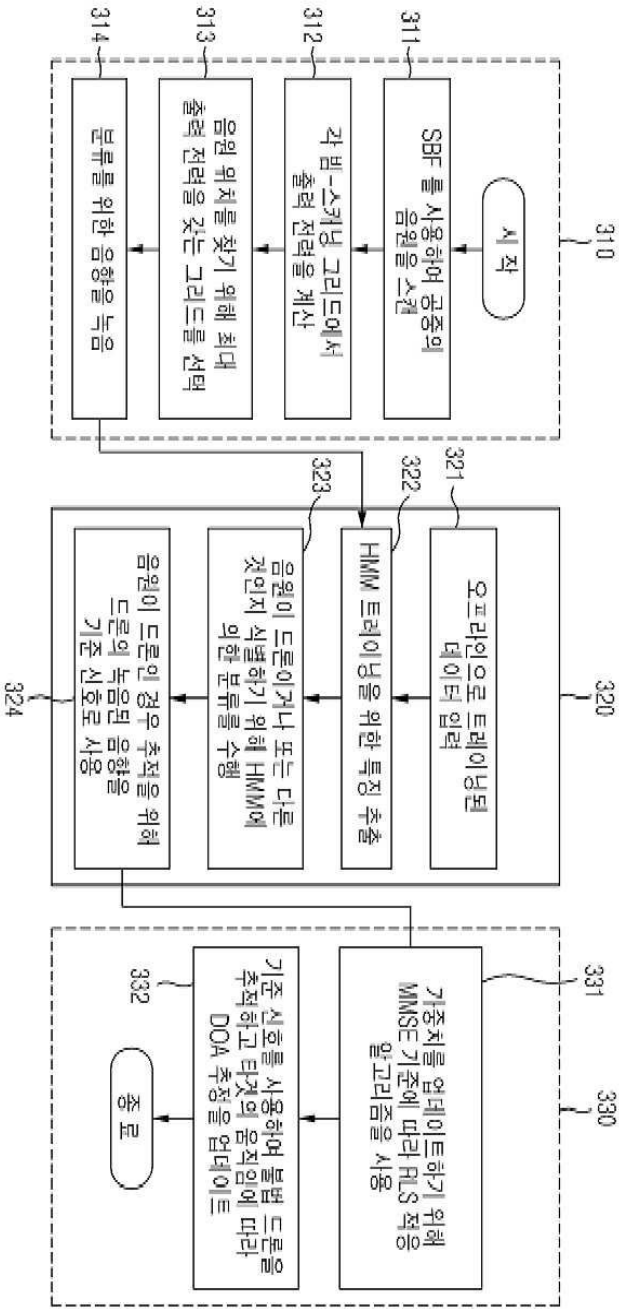
도면1



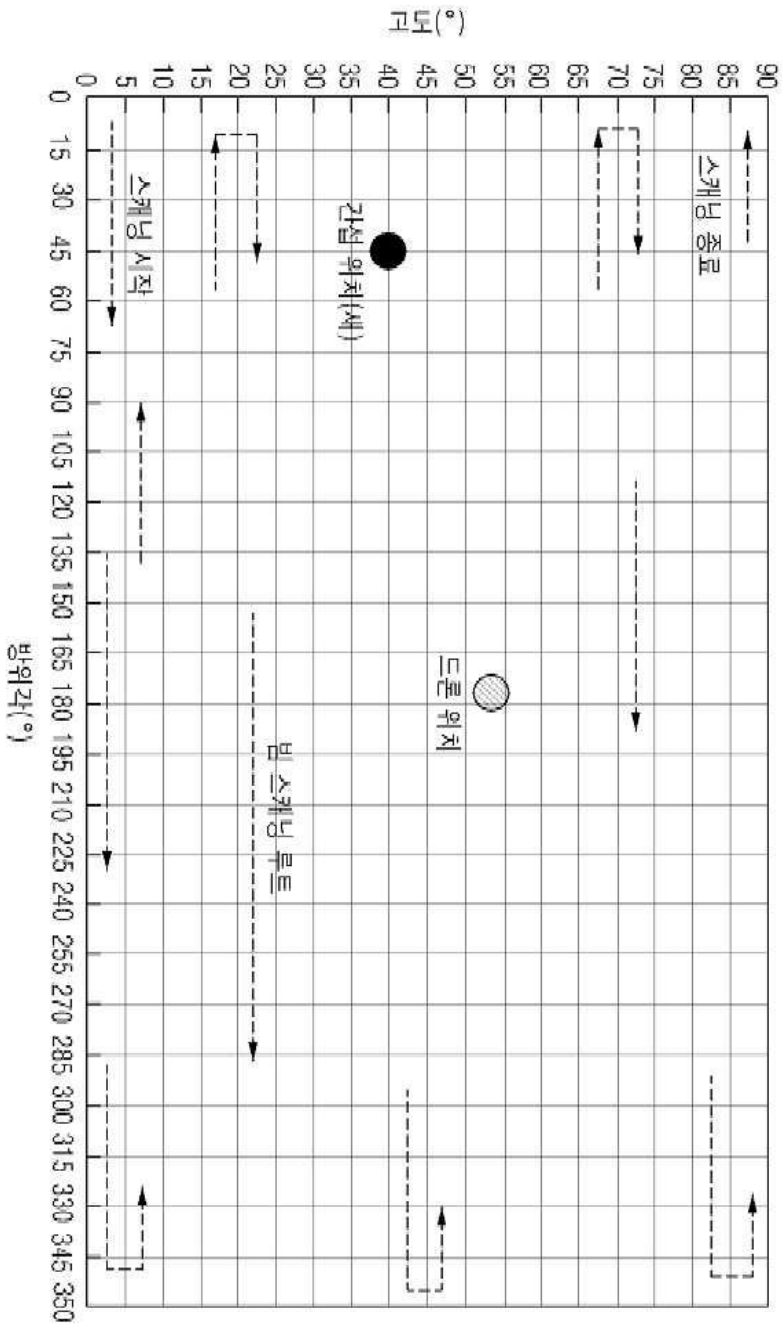
도면2



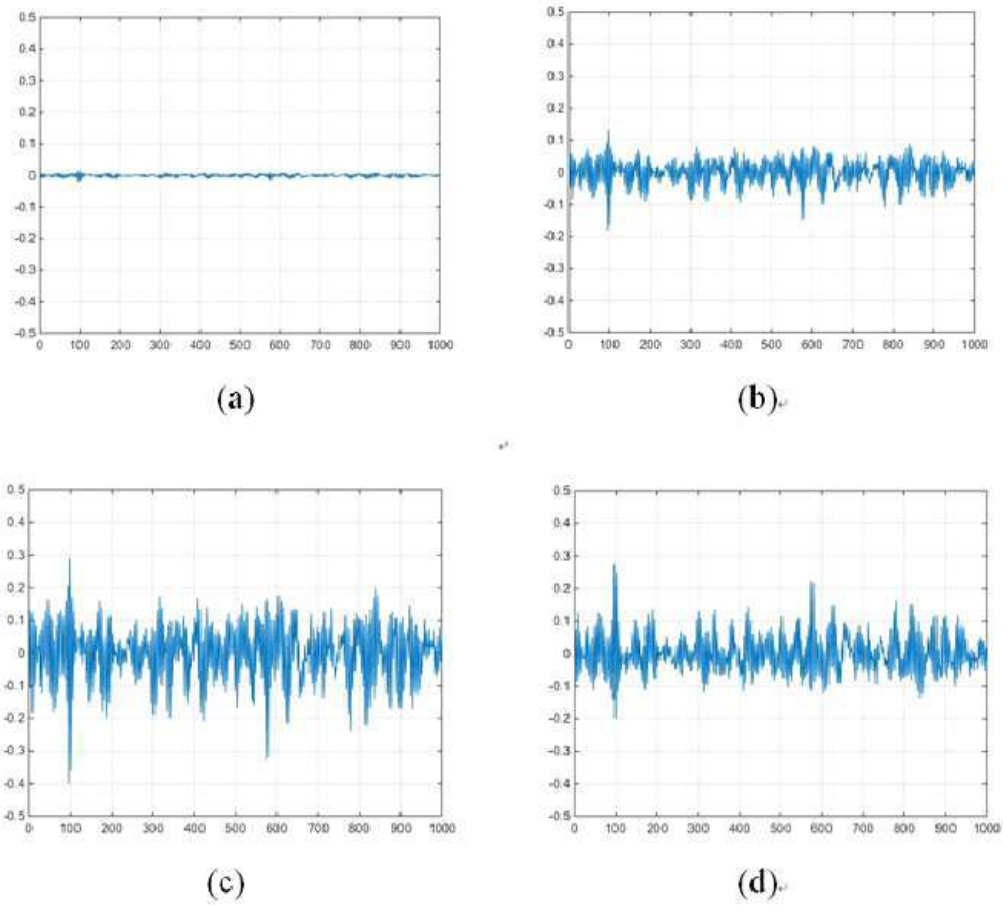
도면3



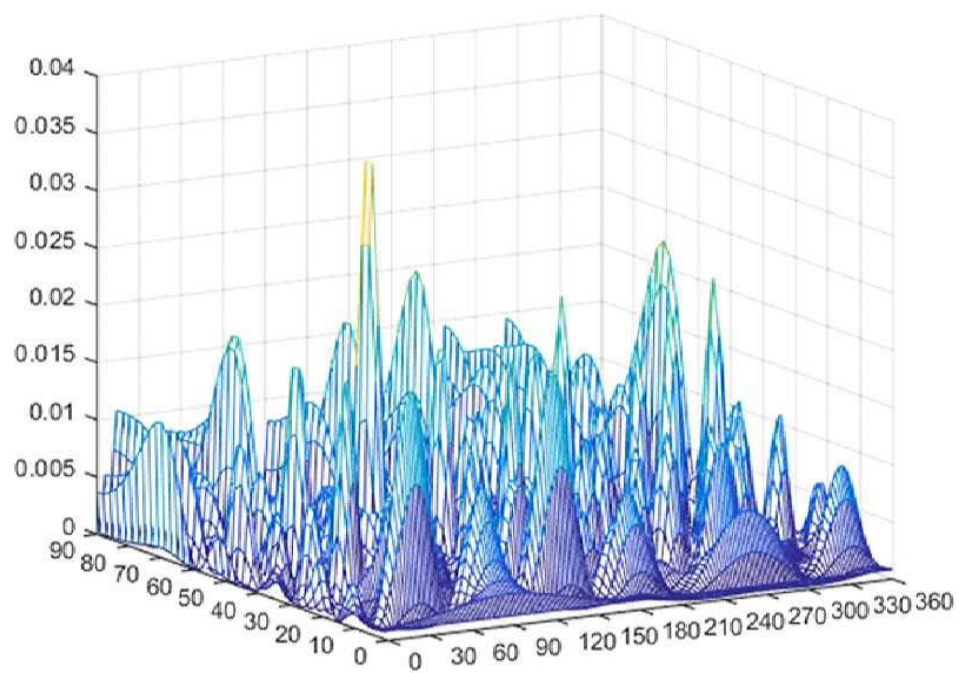
도면4



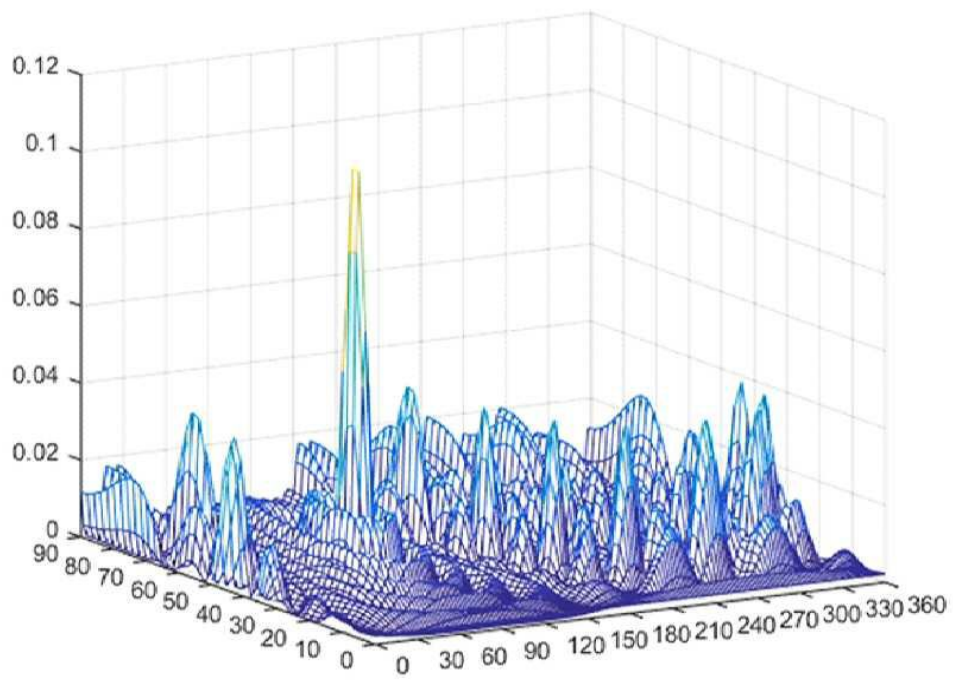
도면5



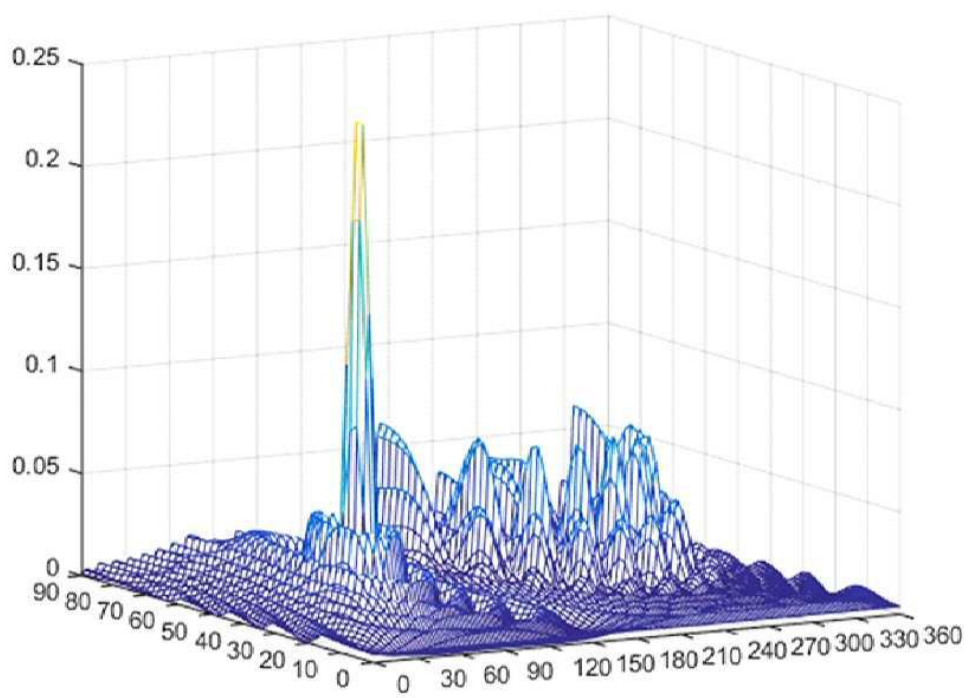
도면6a



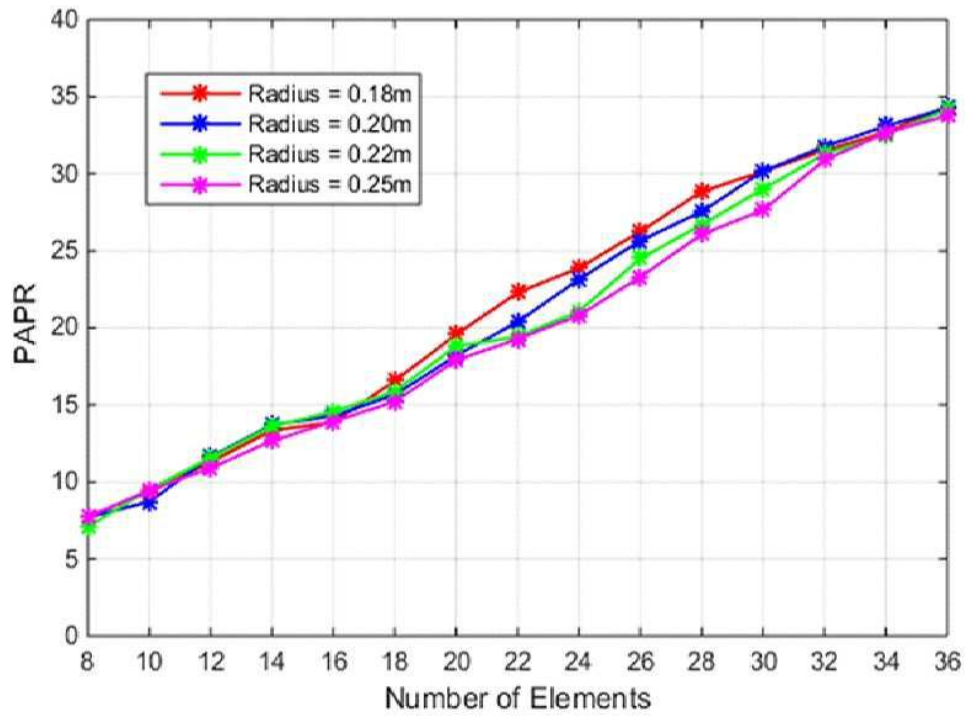
도면6b



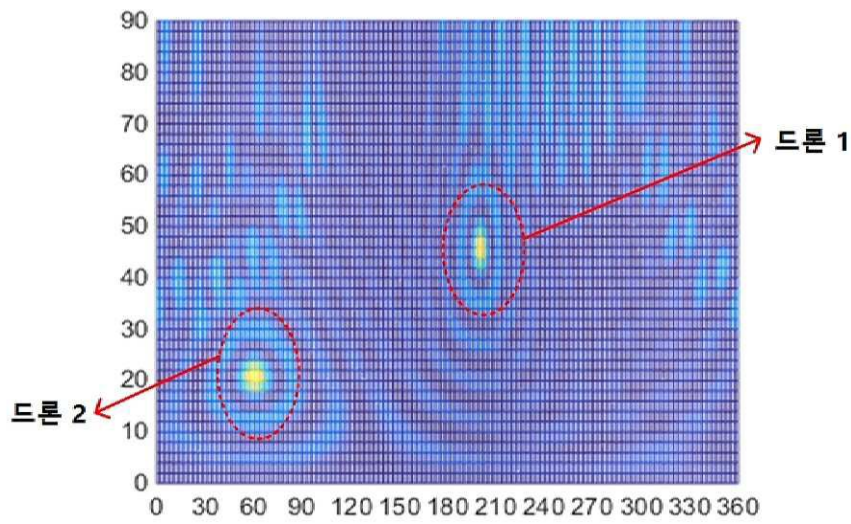
도면6c



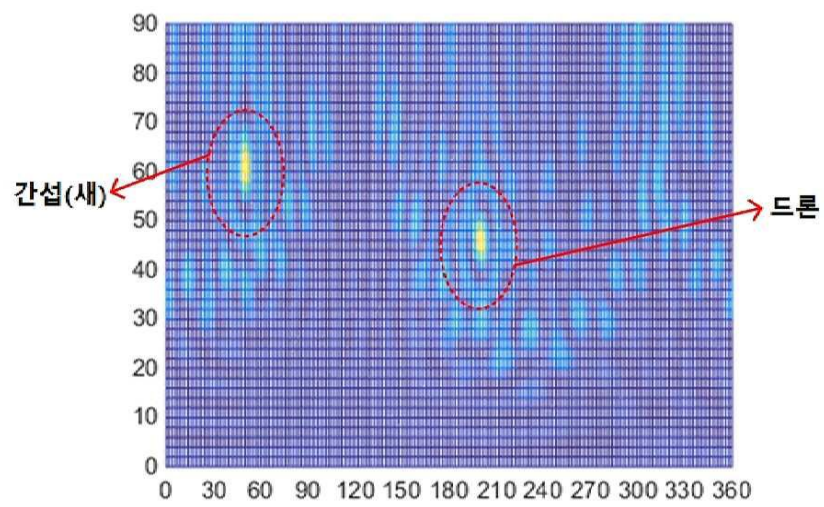
도면7



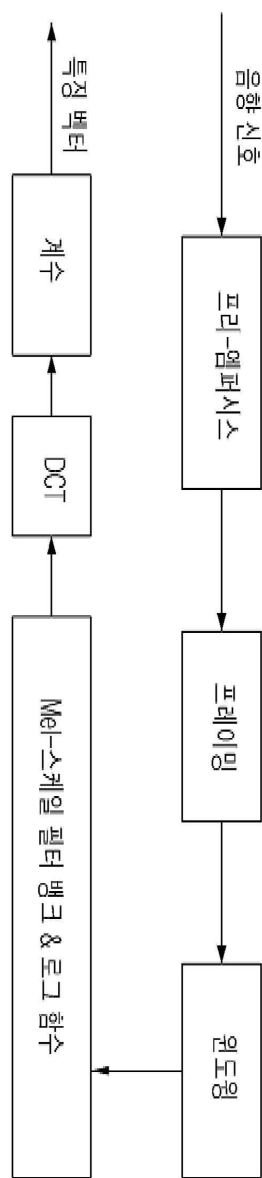
도면8



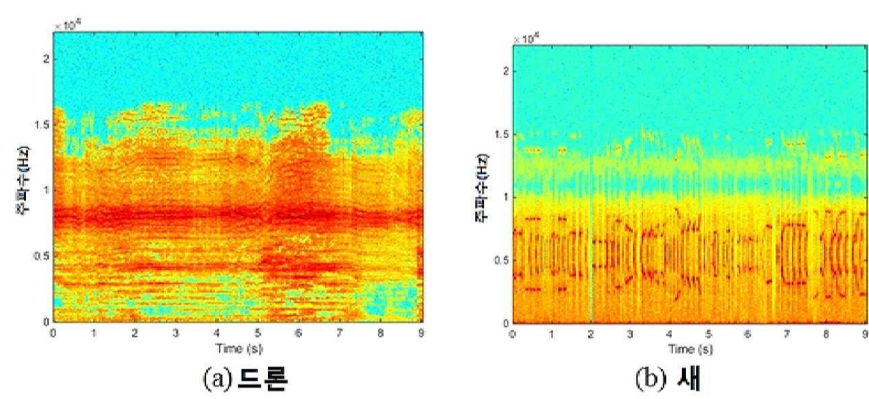
도면9



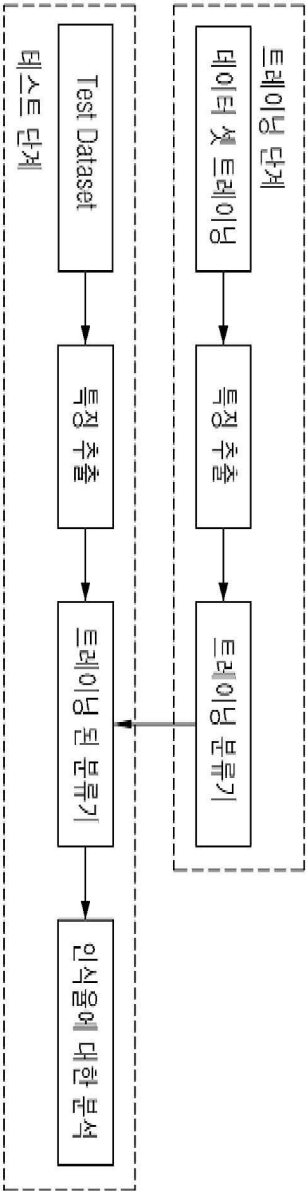
도면10



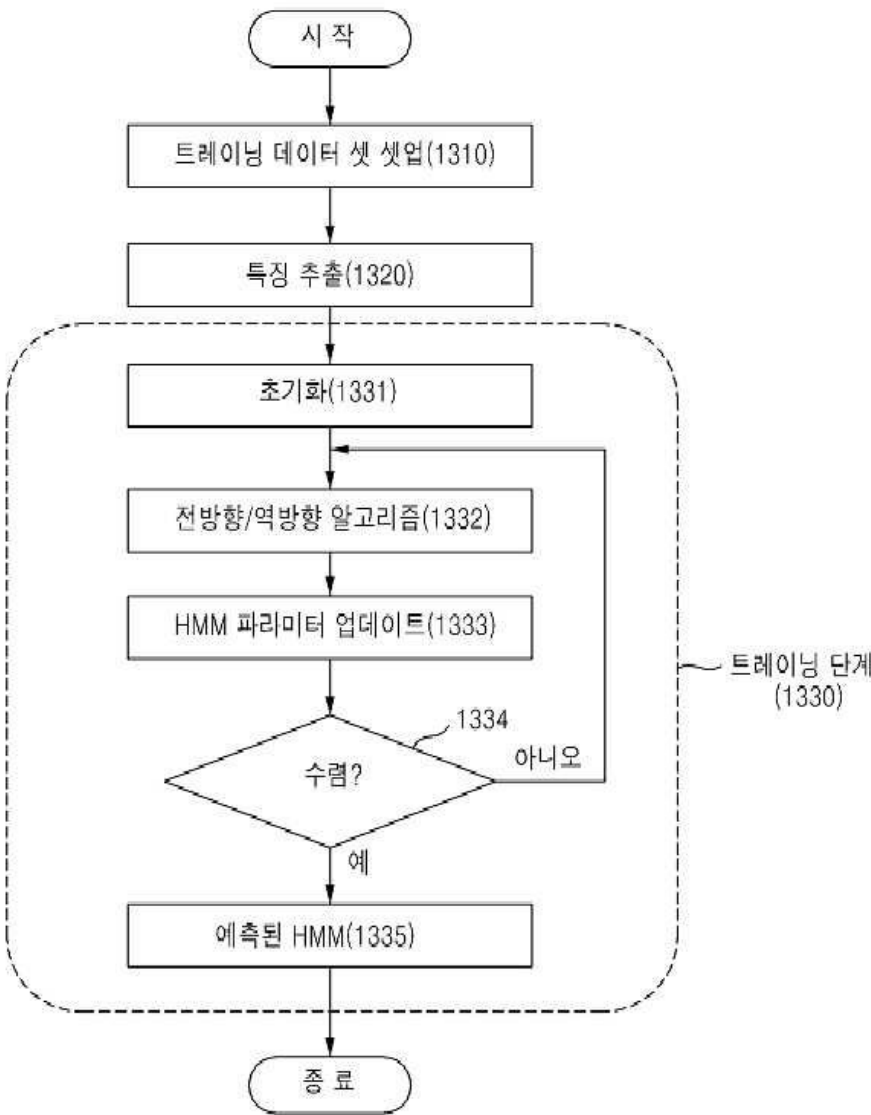
도면11



도면12



도면13



도면14

