



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0080778
(43) 공개일자 2024년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/58 (2006.01) G05D 1/20 (2024.01)
(52) CPC특허분류
G01S 13/581 (2013.01)
G05D 1/0257 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0164414
(22) 출원일자 2022년11월30일
심사청구일자 2022년11월30일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송진우
서울특별시 강남구 도곡로 320 래미안도곡카운티 105동 1702호
임형구
경기도 안산시 단원구 원선1로 37 한화꿈에그린아파트 101동 402호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김현승

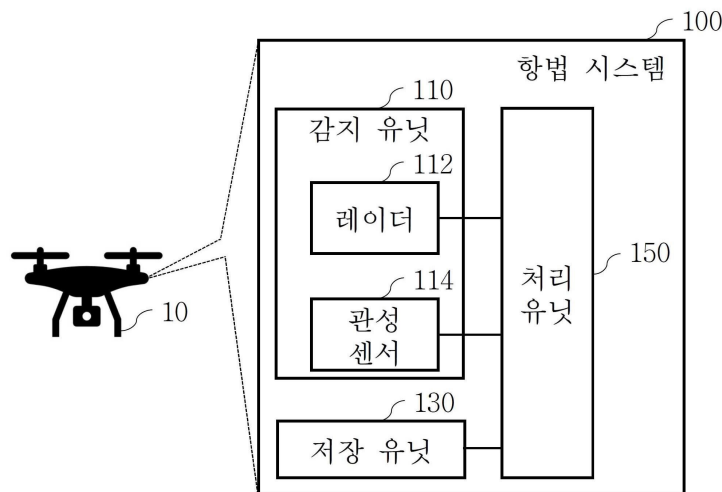
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 레이더를 이용한 무인 이동체의 속도 추정

(57) 요약

무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 속도를 추정하는 방법이 제공되는데, UV에 레이더가 마련되고, 레이더는 레이더를 사용하여 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공하고, 측정 데이터는 제1 데이터 어레이 및 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이를 포함하고, 제1 데이터 어레이는 복수의 타겟 객체 중의 각자의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함한다. 제공된 방법은, UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스에 기반하여 UV의 현재 속도를 예측하는 단계와, 제1 데이터 어레이 내의 측정된 시선 속도를 군집화하여 특정 군집을 식별함으로써 제1 데이터 어레이의 제1 서브어레이를 식별된 특정 군집이도록 구성하는 단계와, 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이에 기반하여 제1 데이터 어레이의 제2 서브어레이를 구성하는 단계와, 예측된 현재 속도, 제1 서브어레이 및 제2 서브어레이에 기반하여 UV의 현재 속도를 추정하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B60W 2420/408 (2024.01)

(72) 발명자

김지우

경기도 성남시 분당구 장안로 67 202동 403호

최준오

서울특별시 광진구 천호대로110길 83 힐탑 104호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711153241

과제번호 2020M3C1C1A01086408

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 무인이동체원천기술개발(R&D)

연구과제명 미지환경 및 항법 가혹환경 운용을 위한 실내외 복합항법기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 서울대학교

연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 속도를 추정하는 방법으로서, 상기 UV에 레이더(radar)가 마련되고, 상기 레이더는 상기 레이더를 사용하여 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공하고, 상기 측정 데이터는 제1 데이터 어레이(data array) 및 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이를 포함하고, 상기 제1 데이터 어레이는 상기 복수의 타겟 객체 중의 각자의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하고, 상기 방법은,

상기 UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스(sequence)에 기반하여 상기 UV의 현재 속도를 예측하는 단계와,

상기 제1 데이터 어레이 내의 상기 측정된 시선 속도를 군집화하여 특정 군집을 식별함으로써 상기 제1 데이터 어레이의 제1 서브어레이(sub-array)를 상기 특정 군집이도록 구성하는 단계와,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이에 기반하여 상기 제1 데이터 어레이의 제2 서브어레이를 구성하는 단계와,

상기 예측된 현재 속도, 상기 제1 서브어레이 및 상기 제2 서브어레이에 기반하여 상기 현재 속도를 추정하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 현재 속도를 추정하는 단계는,

상기 예측된 현재 속도, 상기 제1 서브어레이 및 상기 제2 서브어레이에 기반하여 투표 프로세스를 수행함으로써 상기 복수의 타겟 객체 각각에 대해 각자의 득표 점수를 판정하는 단계와,

상기 각자의 득표 점수에 기반하여 상기 복수의 타겟 객체 중에서 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체를 식별하는 단계와,

상기 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체의 측정된 시선 속도에 기반하여 상기 현재 속도를 추정하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 투표 프로세스를 수행하는 것은,

만일 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 상기 예측된 현재 속도와 매칭되는 경우 상기 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과,

만일 상기 제1 서브어레이가 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 상기 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과,

만일 상기 제2 서브어레이가 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 상기 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것을 포함하는,

방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 상기 예측된 현재 속도와 매칭됨은 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도 및 상기 예측된 현재 속도 간의 차이가 사전정의된 매칭 임계 내에 속함 및 상기 차이가 상기 복수의 타겟 객체 중 임의의 다른 것의 측정된 시선 속도 및 상기 예측된 현재 속도 간의 차이 이하임 중 적어도 하나를 포함하는,

방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 현재 속도를 예측하는 단계는 상기 UV의 추정된 이전 속도의 상기 시퀀스에 대해 선형 회귀 분석을 수행하여 상기 예측된 현재 속도를 산출하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 데이터 어레이 내의 상기 측정된 시선 속도를 군집화하여 상기 특정 군집을 식별하는 것은,

밀도 기반 군집화(density-based clustering) 알고리즘을 사용하여 상기 제1 데이터 어레이 내의 상기 측정된 시선 속도를 복수의 군집으로 군집화하는 것과,

상기 예측된 현재 속도에 기반하여 상기 특정 군집을 상기 복수의 군집 중에서 식별하는 것을 포함하는,

방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 상기 레이더의 종축에 대한 상기 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이 및 상기 각자의 타겟 객체로부터 상기 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 서브어레이를 구성하는 단계는,

상기 제2 데이터 어레이 및 상기 제3 데이터 어레이 중 상기 적어도 하나에 기반하여 상기 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 단계와,

상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도으로써 상기 제2 서브어레이를 구성하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 상기 레이더의 종축에 대한 상기 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이를 포함하고, 상기 제2 서브어레이를 구성하는 단계는,

상기 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 단계 - 상기 적어도 하나의 타겟 객체는, 상기 종축에 대한 상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도가 상기 레이더에 의해 동일한 도플러 편이(Doppler shift)가 관측되는 각도의 범위에 속한다는 각도 조건 및 상기 레이더의 이동 방향에 대한 상기 적어도 하나의 타겟 객체의 계산된 각도가 임계 각도보다 더 작다는 다른 각도 조건을 만족시키되, 상기 계산된 각도는 상기 종축에 대한 상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도 및 상기 UV의 사이드 슬립(side slip) 각도에 기반하여 산출됨 - 와,

상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도으로써 상기 제2 서브어레이를 구성하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 상기 각자의 타겟 객체로부터 상기 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이를 포함하고, 상기 제2 서브어레이를 구성하는 단계는,

상기 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 단계 - 상기 적어도 하나의 타겟 객체는, 상기 적어도 하나의 타겟 객체로부터 상기 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기가 임계 크기보다 더 크다는 신호 크기 조건을 만족시킴 - 와,

상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 상기 제2 서브어레이를 구성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 10

컴퓨터 프로세서에 의해 실행되는 경우에 상기 컴퓨터 프로세서로 하여금 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 수행하게 하는 컴퓨터 실행가능 명령어가 저장된 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 11

무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 항법 시스템으로서,

상기 UV에 마련된 레이더 - 상기 레이더는 상기 레이더를 사용하여 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공하고, 상기 측정 데이터는 제1 데이터 어레이 및 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이를 포함하고, 상기 제1 데이터 어레이는 상기 복수의 타겟 객체 중의 각자의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함함 - 와,

동작을 수행함으로써 상기 UV의 속도를 추정하는 처리 유닛을 포함하되, 상기 동작은,

상기 UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스에 기반하여 상기 UV의 현재 속도를 예측하는 것과,

상기 제1 데이터 어레이 내의 상기 측정된 시선 속도를 군집화하여 특정 군집을 식별함으로써 상기 제1 데이터 어레이의 제1 서브어레이(sub-array)를 상기 특정 군집이도록 구성하는 것과,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이에 기반하여 상기 제1 데이터 어레이의 제2 서브어레이를 구성하는 것과,

상기 예측된 현재 속도, 상기 제1 서브어레이 및 상기 제2 서브어레이에 기반하여 상기 현재 속도를 추정하는 것을 포함하는,

항법 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 현재 속도를 추정하는 것은,

상기 예측된 현재 속도, 상기 제1 서브어레이 및 상기 제2 서브어레이에 기반하여 투표 프로세스를 수행함으로써 상기 복수의 타겟 객체 각각에 대해 각자의 득표 점수를 판정하는 것과,

상기 각자의 득표 점수에 기반하여 상기 복수의 타겟 객체 중에서 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체를 식별하는 것과,

상기 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체의 측정된 시선 속도에 기반하여 상기 현재 속도를 추정하는 것을 포함하는,

항법 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 투표 프로세스를 수행하는 것은,

만일 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 상기 예측된 현재 속도와 매칭되는 경우 상기 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과,

만일 상기 제1 서버레이가 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 상기 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과,

만일 상기 제2 서버레이가 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 상기 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것을 포함하는,

항법 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 상기 예측된 현재 속도와 매칭됨은 상기 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도 및 상기 예측된 현재 속도 간의 차이가 사전정의된 매칭 임계 내에 속함 및 상기 차이가 상기 복수의 타겟 객체 중 임의의 다른 것의 측정된 시선 속도 및 상기 예측된 현재 속도 간의 차이 이하임 중 적어도 하나를 포함하는,

항법 시스템.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 현재 속도를 예측하는 것은 상기 UV의 추정된 이전 속도의 상기 시퀀스에 대해 선형 회귀 분석을 수행하여 상기 예측된 현재 속도를 산출하는 것을 포함하는,

항법 시스템.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 제1 데이터 어레이 내의 상기 측정된 시선 속도를 군집화하여 상기 특정 군집을 식별하는 것은,

밀도 기반 군집화 알고리즘을 사용하여 상기 제1 데이터 어레이 내의 상기 측정된 시선 속도를 복수의 군집으로 군집화하는 것과,

상기 예측된 현재 속도에 기반하여 상기 특정 군집을 상기 복수의 군집 중에서 식별하는 것을 포함하는,

항법 시스템.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 상기 레이더의 종축에 대한 상기 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이 및 상기 각자의 타겟 객체로부터 상기 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 서버레이를 구성하는 것은,

상기 제2 데이터 어레이 및 상기 제3 데이터 어레이 중 상기 적어도 하나에 기반하여 상기 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 것과,

상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 상기 제2 서버레이를 구성하는 것을 포함하는,

항법 시스템.

청구항 18

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 상기 레이더의 종축에 대한 상기 각자의 타겟 객체의 측정된 각

도를 포함하는 제2 데이터 어레이를 포함하고, 상기 제2 서브어레이를 구성하는 것은,

상기 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 것 - 상기 적어도 하나의 타겟 객체는, 상기 종축에 대한 상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도가 상기 레이더에 의해 동일한 도플러 편이가 관측되는 각도의 범위에 속한다는 각도 조건 및 상기 레이더의 이동 방향에 대한 상기 적어도 하나의 타겟 객체의 계산된 각도가 임계 각도보다 더 작다는 다른 각도 조건을 만족시키되, 상기 계산된 각도는 상기 종축에 대한 상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도 및 상기 UV의 사이드 슬립(side slip) 각도에 기반하여 산출됨 - 과,

상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도으로써 상기 제2 서브어레이를 구성하는 것을 포함하는, 방법 시스템.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 상기 각자의 타겟 객체로부터 상기 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이를 포함하고, 상기 제2 서브어레이를 구성하는 것은,

상기 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 것 - 상기 적어도 하나의 타겟 객체는, 상기 적어도 하나의 타겟 객체로부터 상기 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기가 임계 크기보다 더 크다는 신호 크기 조건을 만족시킴 - 과,

상기 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도으로써 상기 제2 서브어레이를 구성하는 것을 포함하는, 방법 시스템.

청구항 20

프로세서와,

상기 프로세서에 의해 실행가능한 컴퓨터 프로그램 명령어의 세트으로써 인코딩된 메모리를 포함하되, 컴퓨터 프로그램 명령어의 상기 세트는 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 수행하는 명령어를 포함하는, 컴퓨팅 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 속도를 추정하는 것에 관련되고, 더욱 구체적으로, 레이더(radar)를 이용한 UV의 속도 추정에 관련된다.

배경 기술

[0002] 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)를 위한 자율 항법(autonomous navigation)에서 관성 측정 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU) 및 글로벌 항법 위성 시스템(Global Navigation Satellite System: GNSS)과 더불어 시각적 주행기록계(Visual Odometry: VO)가 사용될 수 있다. 그러나, 이들 센서의 성능은 미지의 및/또는 가혹한 환경, 예컨대, 안개, 비, 야간, 실내, 교량 하부, 도심 등의 환경에서 저하될 수 있다.

[0003] 최근에는 레이더(radar) 기반 자율 항법에 대한 연구가 진행되고 있다. 레이더는 타겟 객체(target object)로부터 반사된 신호를 수신함으로써 그러한 검출된 타겟의 거리 및/또는 상대 속도를 측정하는 센서이다. 예를 들어, 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)의 비행 중에 타겟에 관한 다양한 측정 정보를 제공하도록 레이더가 UAV(가령, UAV의 저면)에 장착될 수 있다. 레이더는 VO를 능가하는 몇몇 특성을 보일 수 있다. 그런데, 레이더로부터 출력된 측정 데이터는 다중경로(multipath) 간섭이나 다른 잡음(noise)을 포함할 뿐만 아니라, 동적 장애물의 검출, 고스트 타겟(ghost target)의 발생, 외력의 인가 등으로 인한 불확실성을 또한 가질 수 있는바, 레이더의 신뢰성 있는 활용에 난제가 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 레이더가 장착된 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 속도의 추정이 본 문서에 개시된다.

과제의 해결 수단

[0005] 예에서, 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 속도를 추정하는 방법(UV에 레이더(radar)가 마련되고, 레이더는 레이더를 사용하여 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공하고, 측정 데이터는 제1 데이터 어레이(data array) 및 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이를 포함하고, 제1 데이터 어레이는 복수의 타겟 객체 중의 각자의 타겟 객체의 측정된 시선 속도(radial velocity)를 포함함)은, UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스(sequence)에 기반하여 UV의 현재 속도를 예측하는 단계와, 제1 데이터 어레이 내의 측정된 시선 속도를 군집화하여 특정 군집을 식별함으로써 제1 데이터 어레이의 제1 서브어레이(sub-array)를 식별된 특정 군집이도록 구성하는 단계와, 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이에 기반하여 제1 데이터 어레이의 제2 서브어레이를 구성하는 단계와, 예측된 현재 속도, 제1 서브어레이 및 제2 서브어레이에 기반하여 UV의 현재 속도를 추정하는 단계를 포함한다.

[0006] 전술된 개요는 상세한 설명에서 추가로 후술되는 몇몇 양상을 단순화된 형태로 소개하기 위해 제공된다. 이 개요는 청구된 주제(subject matter)의 중요 특징 또는 필수적 특징을 식별하도록 의도되지 않고, 청구된 주제의 범위를 정하는 데 사용되도록 의도되지도 않는다. 나아가, 청구된 주제는 본 명세서에서 논의되는 임의의 또는 모든 이점을 제공하는 구현에 한정되지 않는다.

발명의 효과

[0007] 본 개시에 따르면, 무인 이동체의 속도를 추정하기 위해 움직이는 객체나 고스트 타겟이 많은 경우에도 이상치에 강인한 추정 방안과 시간에 따라 누적되는 에러를 염두에 둘 필요가 없고 외력의 인가에 강인한 추정 방안을 상보적으로 활용함으로써 추정의 정확도를 개선할 수 있다.

[0008] 본 개시에 따르면, GNSS나 VO가 이용가능하지 않은 환경에서 레이더를 활용하여 무인 이동체의 속도를 더 정확하게 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 예시적인 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 항법 시스템의 예를 보여주는 블록도이다.

도 2는 도 1의 UV에 마련된 레이더 전방에 움직이는 타겟 객체가 별로 없는 경우에 레이더로부터 출력된 시선 속도 측정치를 군집화하여 특정 군집을 식별하는 예시적인 시나리오를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 도 1의 UV에 마련된 레이더 전방에 비교적 많은 수의 움직이는 타겟 객체가 있는 경우에 레이더로부터 출력된 시선 속도 측정치를 군집화하여 특정 군집을 식별하는 예시적인 시나리오를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 1의 UV에 마련된 레이더가 이동 중에 타겟 객체를 검출하는 예시적인 시나리오를 개략적으로 묘사한다.

도 5는 도 1의 UV의 속도를 추정하는 3가지 방안의 예시적인 조합을 설명하기 위한 도면이다.

도 6 내지 도 8은 예시적인 시나리오에서 도 5의 조합에 따라 도 1의 UV의 속도를 추정하는 실험의 결과를 보여준다.

도 9는 레이더가 마련된 UV의 속도를 추정하는 프로세스의 예를 보여주는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 본 개시에서 사용되는 다양한 용어는 본 문서에서의 기능을 고려하여 상용 용어의 용어법으로부터 선택되는데, 이는 당업자의 의도, 준례, 또는 새로운 기술의 출현에 따라서 달리 인식될 수 있다. 특정한 사례에서, 몇몇 용어에는 상세한 설명에서 개진된 바와 같이 의미가 주어질 수 있다. 따라서, 본 문서에서 사용되는 용어는, 단순히 그 명칭에 의해서가 아니라, 본 개시의 맥락에서 그 용어가 갖는 의미와 일관되게 정의되어야 한다.

[0011] 본 문서에서 용어 "포함하다", "가지다" 등은 이후에 열거된 요소, 예컨대, 어떤 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 정보 또는 이들의 조합의 존재를 명시하는 경우에 사용된다. 달리 표시되지 않는 한, 이런 용어 및 이의

변형은 다른 요소의 존재 또는 추가를 배제하도록 의도되지 않는다.

- [0012] 본 문서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "제1", "제2" 등은 몇 개의 서로 닮은 요소를 식별하도록 의도된다. 달리 기재되지 않는 한, 그러한 용어는 이들 요소의 또는 이들의 사용의 특정한 순서와 같은 한정을 부과하도록 의도된 것이 아니라, 단지 여러 요소를 따로따로 지칭하기 위해 사용된다. 예를 들면, 어떤 요소가 일례에서 용어 "제1"로써 참조될 수 있는 한편 동일한 요소가 다른 예에서 "제2" 또는 "제3"과 같은 상이한 서수로써 참조될 수 있다. 그러한 예에서, 이들 용어는 본 개시의 범위를 한정하지 않는 것이다. 또한, 여러 요소의 리스트에서 용어 "및/또는"을 사용하는 것은 열거된 항목 중 임의의 하나 또는 복수 개를 비롯하여 이들 항목의 모든 가능한 조합을 포함한다. 나아가, 단수 형태의 표현은 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 복수 형태의 의미를 포함한다.
- [0013] 첨부된 도면을 참조하여 본 개시의 소정의 예가 이제 상세히 기술될 것이다. 다만, 본 개시는 많은 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 본 문서에 개진된 예에 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 오히려, 이들 예는 본 개시의 범위의 더 나은 이해를 제공하기 위해서 주어지는 것이다.
- [0014] 도 1은 예시적인 UV(10)의 항법 시스템(100)의 예를 보여주는 블록도이다. UV(10)의 예는 모바일 로봇(가령, 바퀴 달린(wheeled) 모바일 로봇), 드론(가령, 회전익체(rotorcraft) 드론), 다른 타입의 무인 지상 이동체(Unmanned Ground Vehicle: UGV), 다른 타입의 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV), 기타 등등을 포함한다.
- [0015] 도시된 예에서, 항법 시스템(100)은 감지 유닛(sensing unit)(110), 저장 유닛(storage unit)(130) 및 처리 유닛(processing unit)(150)을 포함한다. 항법 시스템(100)의 다른 예시적인 구현이 또한 고려된다. 예를 들어, 항법 시스템(100)은 도시되지 않은 추가적인 컴포넌트를 또한 포함할 수 있고/거나, 도 1에 도시된 컴포넌트 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.
- [0016] 도 1의 예에서, 감지 유닛(110)은 UV(10)와 연관된 측정 데이터를 제공하도록 UV(10)에 마련된 적어도 하나의 센서를 포함한다. 특히, 도시된 바와 같이, 감지 유닛(110)은 레이더(112)를 포함한다. 레이더(112)는 UV(10) 주위에 있는 타겟 객체로부터 반사된 신호를 수신하고 이에 따라 타겟 객체에 관한 측정 데이터가 실린 레이더 출력 신호를 출력한다. 예를 들어, 레이더(112)는 레이더(112)를 사용하여 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공할 수 있다. 그러한 측정 데이터는 각각의 검출된 타겟 객체의 시선 속도(radial velocity)의 측정치를 포함하는 데이터 어레이(data array)(이하 "속도 데이터 어레이"로 지칭될 수 있음)를 포함할 수 있고, 각각의 검출된 타겟 객체가 레이더(112)의 종축(longitudinal axis)에 대해 이루는 각도의 측정치를 포함하는 데이터 어레이(이하 "각도 데이터 어레이"로 지칭될 수 있음) 및/또는 각각의 검출된 타겟 객체로부터 레이더(112)로 반사되고 레이더(112)에 의해 수신된 대응하는 신호의 크기의 측정치를 포함하는 데이터 어레이(이하 "신호 크기 데이터 어레이"로 지칭될 수 있음)를 더 포함할 수 있다. 후술되는 바와 같이, 레이더(112)로부터 제공되는 측정 데이터는 UV(10)의 속도를 추정하는 데에 사용될 수 있다.
- [0017] 도 1의 예에서, 감지 유닛(110)은 다른 측정 데이터를 제공하는 추가적인 센서를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 감지 유닛(110)은 UV(10)의 연관된 물리적 양을 감지하고 이를 나타내는 관성 측정 데이터를 제공하는 관성 센서(114)(가령, 관성 측정 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU))를 포함할 수 있는데, 이는 각속도 측정 데이터가 실린 신호를 출력하는 자이로스코프(gyroscope)(가령, 3축 자이로스코프) 및/또는 가속도 측정 데이터가 실린 신호를 출력하는 가속도계(accelerometer)(가령, 3축 가속도계)를 포함할 수 있다. 또한, 비록 도시되지 않으나, 감지 유닛(110)은 가령, 글로벌 포지셔닝 시스템(Global Positioning System: GPS)과 같은 글로벌 항법 위성 시스템(Global Navigation Satellite System)의 항법 위성으로부터 (가령, 반송파 신호로서 발신된) 항법 신호를 수신하는 위성 항법 수신기(가령, GPS 수신기)를 포함할 수 있다. 수신된 위성 항법 신호는 위성 측정 데이터(가령, 위성 항법 수신기에 의해 관측가능한 가시 위성 및 위성 항법 수신기 간의 의사거리(pseudorange) 및/또는 의사거리율(pseudorange rate) 및/또는 위성 항법 수신기의 위도, 경도 및/또는 방위각)를 생성하는 데에 사용될 수 있다. 몇몇 예에서, UV(10)의 사이드 슬립 각도(side slip angle)를 추정하는 데에 관성 측정 데이터가 (예컨대, 위성 측정 데이터와 조합되어) 사용될 수 있다.
- [0018] 도 1의 예에서, 저장 유닛(130)은 다양한 정보를 저장한다. 예를 들어, 저장 유닛(130)은 비일시적(non-transitory) 형태로 데이터를 저장하는 컴퓨터 판독가능 저장 매체(computer readable storage medium)를 포함할 수 있다. 그러므로, 저장 유닛(130)은 내부에 다양한 정보, 예컨대, 처리 유닛(150)에 의해 실행될 명령어의 세트 및/또는 다른 정보(가령, 레이더(112) 등의 감지 유닛(110)으로부터 제공된 측정 데이터)가 저장될 수 있다.

[0019] 도 1의 예에서, 처리 유닛(150)은 항법 시스템(100)의 전반적인 동작을 제어한다. 예를 들어, 처리 유닛(150)은 본 문서에 기술된 동작을 수행하기 위해 프로세서(processor) 또는 다른 처리 회로(processing circuitry)로써 구현될 수 있다.

[0020] 도시된 예에서, 처리 유닛(150)은 측정 데이터를 사용하여 UV(10)를 위한 항법 해를 계산할 수 있다. 그러한 항법 해 계산은 UV(10)의 위치, 속도 및/또는 자세 등의 상태를 추정하는 항법 필터링을 수반할 수 있다. 특히, 처리 유닛(150)은 레이더(112)를 이용하여 UV(10)의 속도를 추정할 수 있다. 그러한 속도 추정의 예가 이하에서 상세히 논의된다.

[0021] 우선, UV(10)의 동체 좌표계(body frame) $\{b\}$ 및 레이더(112)의 동체 좌표계 $\{r\}$ 간의 관계는 다음 식과 같이 나타내어질 수 있다.

수학식 1

$$\{b\} \rightarrow R_1(z, \psi) \rightarrow R_2(y, \theta) \rightarrow R_3(x, \phi) \rightarrow \{r\}$$

[0023] 이와 같이, $\{b\}$ 로부터 $\{r\}$ 로의 변환은 오일러 각도 시퀀스(Euler angle sequence) (ψ, θ, ϕ) 에 의해 표현될 수 있다. 즉, 이 좌표계 변환은 초기에 $\{b\}$ 와 정렬된 회전 좌표계(이는 3개의 직교 축 x , y 및 z 를 가짐)를 z 축에 대하여 오일러 각도 ψ 만큼 회전하는 것(행렬 R_1 으로 표기됨)에 이어서, 그러한 회전된 y 축에 대하여 오일러 각도 θ 만큼 회전하는 것(행렬 R_2 로 표기됨)에 이어서, 그러한 또 회전된 x 축에 대하여 오일러 각도 ϕ 만큼 회전하는 것(행렬 R_3 로 표기됨)이다.

[0024] 몇몇 예에서, 레이더(112)는 상대적으로 이동하는 타겟 객체에 의해 생긴 도플러 주파수 천이(Doppler frequency shift)에 기반하여 타겟 객체의 응시 스피드(gaze speed)를, 다시 말해, 시선 방향(radial direction)에서의 상대적 속도 v_{radial} (이는 이하에서 "시선 속도"로 지칭될 수 있음)를 측정하는 도플러 레이더 모듈을 포함할 수 있다. 그러면, UV(10)의 실제 속도의 추정을 위해 시선 속도에 대한 보상(compensation)이 수행될 수 있다. 예컨대, 레이더(112)의 종축(longitudinal axis)으로부터 각도 α 에서 타겟 객체가 검출되면, 그러한 보상은 다음 식과 같은 좌표계 변환을 수반할 수 있다.

수학식 2

$$\{r\} \rightarrow R_4(z, \alpha) \rightarrow \{r'\}$$

[0026] 여기서 R_4 는 레이더(112)의 동체 좌표계 $\{r\}$ 와 정렬된 회전 좌표계를 z 축(즉, 레이더(112)의 종축 및 횡축(transverse axis)과 직교인 법선 축(normal axis))에 대하여 각도 α 만큼 회전하는 것을 나타낸다.

[0027] UV(10)가 이동하는 동안 레이더(112)가 정지된 타겟 객체를 검출하고 그러한 타겟 객체에 대한 측정을 행하였다고 가정하면, 새로운 좌표계 $\{r'\}$ 에서의 UV(10)의 속도 $v^{r'}$ 는 다음 식과 같이 계산될 수 있다.

수학식 3

$$v^{r'} = R_4^T(z, \alpha) R_3^T(x, \phi) R_2^T(y, \theta) R_1^T(z, \psi) v^b$$

[0029]

여기서 $v^{r'} = [v_{\text{radial}} \ v_{\text{tangential}} \ v_{\text{normal}}]^T$ 이고 v^b 는 동체 좌표계 $\{b\}$ 에서의 UV(10)의 속도이다. 이에 따라, UV(10)는 레이더(112)에 의해 측정된 시선 속도 v_{radial} 로부터 (특히, 시선 방향에서의) UV(10)의 속도를 추정할 수 있다. 예로서, UV(10)의 처리 유닛(150)은 상세히 후술되는 방안 1, 방안 2, 방안 3, 또는 이의 적절한 조합을 통해 UV(10)의 속도의 추정치를 계산할 수 있다.

[0030]

방안 1은 UV(10)의 추정된 이전 속도의 시퀀스(sequence)에 기반하여 UV(10)의 현재 속도를 예측하는 것이다.

[0031]

몇몇 예에서, 처리 유닛(150)은 주어진 시간 스텝(time step) k 에서의 UV(10)의 속도를 선형 회귀(Linear

Regression: LR) 모델과 같은 통계적 모델에 따라 추정치 $\hat{v}_k$ 로서 예측할 수 있다. LR은 종속 변수 및 하나 이상의 독립 변수 간의 선형 상관(linear correlation)을 모델링하는 기법이다. 예를 들어, 다음 식과 같이, 현

재의 시간 스텝 k 에 대해 UV(10)의 속도의 추정치 $\hat{v}_k$ 는 이전의 시간 스텝 $k-1$, $k-2$ 및 $k-3$ 에 대해 각각 UV(10)의 속도로 추정된 값 $\hat{v}_{k-1}$, $\hat{v}_{k-2}$ 및 $\hat{v}_{k-3}$ 에 대한 최소 제곱(least square) 기반 LR 분석을 통해서 계산될 수 있다.

수학식 4

$$X = \begin{bmatrix} 1 & t_{k-1} \\ 1 & t_{k-2} \\ 1 & t_{k-3} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}$$

[0032]

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T [\hat{v}_{k-1} \ \hat{v}_{k-2} \ \hat{v}_{k-3}]^T$$

[0033]

$$\hat{v}_k = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t_k$$

[0034]

여기서 t_k 는 시간 스텝 k 에서의 고려되는 시간 값을 나타낸다. 이러한 LR 기법은 짧은 시간에 걸쳐 UV(10)의 속도의 경향을 파악하는 데에 도움이 될 수 있는데, 다만 실제로 UV(10)의 속도는 급작스럽게 상당히 바뀔 수 있음에 유의하여야 한다.

[0036]

방안 2는 레이더(112)로부터 현재 수신된 속도 데이터 어레이 내의 시선 속도 측정치를 군집화하여 특정 군집을 식별함으로써 속도 데이터 어레이의 특정 서브어레이(sub-array)를 이 식별된 군집으로 구성하고, 그러한 서브어레이에 기반하여 UV(10)의 현재 속도를 추정하는 것이다.

[0037]

몇몇 예에서, 처리 유닛(150)은 특정 군집을 식별하기 위해 속도 데이터 어레이 내의 시선 속도 측정치의 밀도 기반 군집화(density-based clustering)를 수행할 수 있다. 예를 들어, 처리 유닛(150)은 노이즈 있는 애플리케이션의 밀도 기반 공간적 군집화(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise: DBSCAN) 알고리즘과 같은 밀도 기반 알고리즘을 속도 데이터 어레이에 적용할 수 있다. 이는, 무엇보다도, 정지된 타겟 객체의 시선 속도 측정치는 움직이는 타겟 객체에 비해 상대적으로 더 밀집되어 분포될 것임을 감안한 것이다. 따라서, 여러 시선 속도 측정치를 이들의 밀도를 기반으로 군집화하는 알고리즘을 수행함으로써, 높은 밀도로 서로 근접하여 분포하는 시선 속도 측정치의 군집을 식별할 수 있다. 이러한 군집은 UV(10)의 속도의 추정에서 사용하기에 더 적절할 것인바, UV(10)의 속도에 대응한다고 볼 수 있다. 특히, DBSCAN 알고리즘은, 초기에 설정된

2개의 인자 ε 및 minPts 에 따라, 어떤 점으로부터 거리 ε 내에 총 minPts 개의 점이 있으면 이 점들을 하나의 군집으로 군집화하는데, 적은 수의 위치 데이터셋도 군집화할 수 있고, 군집의 총 개수를 지정할 필요가 없다는 점에서 유리할 수 있다.

[0038] 이와 관련하여, 만일 시간 스텝 $k=0$ 내지 시간 스텝 $k=150$ 의 시간 구간에 걸쳐서 레이더(112) 전방에 움직이는 타겟 객체가 별로 없는 경우, 레이더(112)로부터 출력된 시선 속도 측정치를 DBSCAN 알고리즘으로써 군집화하여 특정 군집을 식별하는 예시적인 시나리오가 도 2에 묘사된다. 또한, 그러한 시간 구간에 걸쳐서 레이더(112) 전방에 더 많은 수의 움직이는 타겟 객체가 있는 경우에 레이더(112)로부터 출력된 시선 속도 측정치를 DBSCAN 알고리즘으로써 군집화하여 특정 군집을 식별하는 예시적인 시나리오가 도 3에 묘사된다. 참조를 위해, 도 2 및 도 3에서 레이더(112)가 장착된 UV(10)의 속도를 실시간 운동(Real-Time Kinematics: RTK) GPS 방식에 따라 추정한 결과가, "RTK GPS Speed Measurement"로 레이블링되어(labelled), 함께 도시된다.

[0039] 도 2의 예에서, 간간히 이상치(outlier)가 있기는 하나, 고려되는 시간 구간 내의 임의의 시간 스텝 k 에서 시선 속도 측정치가 대체로 UV(10)의 속도에 대응하는 군집을 형성한다(이는 "Ego Speed Cluster"로 레이블링됨). 그러면, 예컨대, 처리 유닛(150)은 시간 스텝 k 에서 식별된 해당 군집 내의 측정치의 평균을 UV(10)의 속도의 추정치로서 계산할 수 있다.

[0040] 도 3의 예에서, 여전히 많은 시선 속도 측정치가 UV(10)의 속도에 대응하는 군집을 형성하면서도("Cluster 1"으로 레이블링됨), 상당한 수의 시선 속도 측정치가 몇 개의 다른 군집을 형성한다("Cluster 2", "Cluster 3" 및 "Cluster 4"로 레이블링됨). 그러면, 예컨대, 처리 유닛(150)은 고려되는 시간 구간 내의 어떤 시간 스텝 k 에서

LR 분석으로 계산된 추정치 $\hat{v}_k$ 에 기반하여 (가령, 다음의 의사코드(pseudo-code)에 기술된 바와 같이, 이 추정치와 "가장 가까운" 군집을 UV(10)의 속도에 대응하는 군집으로서 식별할 수 있고, 식별된 해당 군집 내의 측정치의 평균을 UV(10)의 속도의 추정치로서 계산할 수 있다.

[0041] 의사코드 1: LR-DBSCAN 추정

```

1:  Given:
      Radar speed:  $D_k$ 
      Radar speed accuracy:  $R$ 
      LR coefficient:  $\hat{\beta}_1$ ; LR intercept :  $\hat{\beta}_0$ 
2:  while Time step =  $k$  do
3:       $C = \text{DBSCAN}(D_k, Eps = R, MinPts = 2)$ 
4:       $\hat{v}_k = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t_k$ 
5:      while Label  $i$  in  $C$  do
6:           $\bar{v}_i = \text{mean}(D_k \text{ corresponding to label } i)$ 
7:           $d_i = \text{abs}(\hat{v}_k - \bar{v}_i)$ 
8:          if  $i$  is FirstLabel then  $\text{min} = i$ 
9:          else if  $d_{\text{min}} > d_i$  then  $\text{min} = i$ 
10:         end if
11:          $i++$ 
12:      end while
13:       $v_{\text{estimation}} = \bar{v}_{\text{min}}$ 
14: end while

```

[0042]

- [0043] 구체적으로, 의사코드 1의 행 1에 나타내어진 바와 같이, 레이더(112)로부터 제공된 속도 데이터 어레이 D_k , DBSCAN의 인자 ε 로 사용될 정밀도 R , LR 계수 $\hat{\beta}_1$ 및 LR 절편 $\hat{\beta}_0$ 이 주어진다. 시간 스텝 k 에서 의사코드 1의 행 2 내지 행 14에 정의된 동작이 수행되는데, 다음과 같다.
- [0044] 우선, 의사코드 1의 행 3에서 볼 수 있듯이, DBSCAN 알고리즘의 적용으로 D_k 내의 시선 속도 측정치가 하나 이상의 군집(이는 군집의 모음 C 로 표기됨)으로 군집화된다.
- [0045] 또한, 의사코드 1의 행 4에 나타내어진 바와 같이, LR 모델에 따라 $\hat{v}_k$ 가 계산된다.
- [0046] 이후, 의사코드 1의 행 5 내지 행 12을 참조하면, 군집의 모음 C 내의 각각의 군집(이는 레이블(label) i 로 인덱싱됨(indexed))에 대해 다음과 같은 동작이 수행된다: 해당 군집에 대응하는 시선 속도 측정치의 평균 $\bar{v}_i$ 을 계산하는 것(의사코드 1의 행 6); $\hat{v}_k$ 및 $\bar{v}_i$ 간의 차이 d_i 를 계산하는 것(의사코드 1의 행 7); 그리고 차이 d_i 가 나머지 군집에 비해 최소인 경우에 변수 min 가 레이블 i 이도록 변수 min 를 설정하는 것(의사코드 1의 행 8 내지 10).
- [0047] 이에 따라, 의사코드 1의 행 13에 기술된 바와 같이, min 으로 인덱싱되는 군집 내의 시선 속도 측정치의 평균 $\bar{v}_{min}$ 이 UV(10)의 속도의 추정치 $v_{estimation}$ 로서 제공될 수 있다.
- [0048] 방안 3은 레이더(112)로부터 현재 수신된 속도 데이터 어레이의 특정 서브어레이를 레이더(112)로부터 현재 수신된 다른 데이터 어레이(예컨대, 각도 데이터 어레이 및/또는 신호 크기 데이터 어레이)에 기반하여 구성하고, 그러한 서브어레이에 기반하여 UV(10)의 현재 속도를 추정하는 것이다.
- [0049] 이러한 추정에 관한 추가의 논의를 위해, 다음의 표기법을 고려한다: 레이더(112)의 종축에 대한 타겟 객체의 측정된 각도는 α 로 표기됨; 레이더(112)의 이동 방향에 대한 타겟 객체의 각도는 γ 로 표기됨; 타겟 객체에서 반사되어 레이더(112)에 의해 수신된 신호의 크기를 m 이라고 함; RTK GPS 방식에 따라 UV(10)의 속도로 추정된 값 및 레이더(112)에 의해 타겟 객체의 시선 속도로 측정된 값 간의 차이를 $error$ 라고 정의함; 그리고 UV(10)의 사이드 슬립 각도를 β 라고 표기함. 이제, 도 4에 묘사된 바와 같이 레이더(112)가 이동 중에 어떤 타겟 객체(401)를 검출하는 예시적인 시나리오에서, γ 및 $error$ 간에 나타나는 상관관계(correlation), 그리고 m 및 $error$ 간에 나타나는 상관관계가 주목되어야 한다. 다음 표는 몇 차례의 실증 실험에서 주어진 사이드 슬립 각도와 함께 이들 상관관계의 계수를 보여준다.

표 1

	γ 및 <i>error</i>	m 및 <i>error</i>	β
실험 1	0.565690	-0.509764	0°
실험 2	0.350835	-0.489397	0°
실험 3	0.494105	-0.44606	35°
실험 4	0.443904	-0.436982	35°

구체적으로, 다음과 같은 고려사항이 이해될 것이다:

(a) γ 및 *error* 는 비례 관계를 가지므로, UV(10)의 속도를 더 정확히 추정하는 데에는 상대적으로 작은 값의 γ 를 사용하는 것이 유리할 것이다. 레이더(112)의 이동 방향에 대해 레이더(112)의 종축이 이루는 각도는 대체로 UV(10)의 사이드 슬립 각도 β 로 둘 수 있으므로, γ 의 값은 레이더(112)로부터 제공되는 α 의 값 및 관성 측정 데이터 등으로부터 추정된 β 의 값으로부터 계산될 수 있다(도 4 참조).

(b) 반면, m 및 *error* 는 반비례 관계를 가지므로, UV(10)의 속도를 더 정확히 추정하는 데에는 상대적으로 큰 값의 m 을 사용하는 것이 유리할 것이다.

(c) 다만, 이러한 상관관계는 동일한 도플러 편이(Doppler shift)(가령, 청색 편이 또는 적색 편이)에 대해서만 유효하다.

그러면, 이들 고려사항 중 적어도 일부를 적용함으로써, 처리 유닛(150)은 레이더(112)에 의해 현재 검출된 복수의 타겟 객체 중 적어도 하나를 각도 데이터 어레이 및/또는 신호 크기 데이터 어레이에 기반하여 식별할 수 있다.

예를 들어, 그러한 식별된 타겟 객체는, 레이더(112)의 종축을 기준으로 그것이 이루는 각도로서 측정된 값 α 가 레이더(112)에 의해 동일한 도플러 편이가 관측되는 각도의 범위(가령, 도 4에서, 청색 편이에 대응하는 각도 범위(410) 또는 적색 편이에 대응하는 각도 범위(420))에 속한다는 제1 각도 조건(전술된 고려사항 (c) 참조)을 만족시키는 것일 수 있다. 아래의 의사코드 2의 행 2 내지 행 6에 제시된 *AngleFilter1*은 검출된 복수의 타겟 객체로부터 이 조건을 충족하는 타겟 객체를 식별하는 기능을 예시적으로 기술한다.

추가적으로 또는 대안적으로, 그러한 식별된 타겟 객체는, 레이더(112)의 이동 방향을 기준으로 그것이 이루는 각도로서 계산된 값 γ (가령, α 의 값 및 β 의 값의 합)이 임계 각도보다 더 작다는 제2 각도 조건(전술된 고려사항 (a) 참조)을 만족시키는 것일 수 있다. 아래의 의사코드 2의 행 7 내지 행 11에 제시된 *AngleFilter2*는 검출된 복수의 타겟 객체로부터 이 조건을 충족하는 타겟 객체를 식별하는 기능을 예시적으로 기술한다.

[0058] 추가적으로 또는 대안적으로, 그러한 식별된 타겟 객체는, 그것으로부터 레이더(112)로 반사되는 신호의 크기로 측정된 값 m 이 임계 크기보다 더 크다는 신호 크기 조건(전술된 고려사항 (b) 참조)을 만족시키는 것일 수 있다. 아래의 의사코드 2의 행 12 내지 행 16에 제시된 *MagnitudeFilter*는 검출된 복수의 타겟 객체로부터 이 조건을 충족하는 타겟 객체를 식별하는 기능을 예시적으로 기술한다.

[0059] 의사코드 2: $y-m$ 추정

```

1:  Given:
    Radar speed  $D_v$ ; Angle  $\alpha$ :  $D_\alpha$ 
    Magnitude  $D_m$ ; Side slip angle  $\beta > 0$ 
    Data Frame :  $D = [D_v \ D_\alpha \ D_m]$ 
     $D[i, j] : i^{th}$  target,  $j^{th}$  feature
     $j = 1$  , Speed feature
     $j = 2$  , Angle feature
     $j = 3$  , Magnitude feature

2:  function AngleFilter1( $D$ )
3:      for  $i = 1 : D.length$  do
4:           $I[i] \leftarrow \{i \mid -90 < D[i] < 90 - 2\beta\}$ 
5:      end for
6:  end function

7:  function AngleFilter2( $D += \beta$ )
8:      for  $i = 1 : D.length$  do
9:           $I[i] \leftarrow \{i \mid |D[i]| < D.mean\}$ 
10:     end for
11: end function

12: function MagnitudeFilter( $D$ )
13:     for  $i = 1 : D.length$  do
14:          $I[i] \leftarrow \{i \mid D[i] > D.mean - D.std\}$ 
15:     end for
16: end function

17: while Time step =  $k$  do
18:      $I_1 = \text{AngleFilter1}(D[:, 2])$ ,  $D_1 = D[I_1, 2]$ 
19:      $I_2 = \text{AngleFilter2}(D_1[:])$ ,  $D_2 = D[I_2, 3]$ 
20:      $I_3 = \text{MagnitudeFilter}(D_2[:])$ ,  $D_3 = D[I_3, 1]$ 
21:      $v_{\text{estimation}} = \text{mean}(D_3[:])$ 
22: end while

```

[0060]

- [0061] 의사코드 2를 참조하여, 처리 유닛(150)이 전술된 고려사항 모두를 적용하는, 다시 말해, 제1 각도 조건, 제2 각도 조건 및 신호 크기 조건 모두를 만족시키는 타겟 객체를 식별하는 예를 설명한다. 의사코드 2의 행 1에 나타내어진 바와 같이, 레이더(112)로부터 제공된 속도 데이터 어레이 D_v , 레이더(112)로부터 제공된 각도 데이터 어레이 D_α , 레이더(112)로부터 제공된 신호 크기 데이터 어레이 D_m , UV(10)의 사이드 슬립 각도 β 가 주어진다. 또한, 편의상, 데이터 프레임 D가 선언되는데, $D[i,j]$ 는 i번째 검출된 타겟 객체의 측정된 시선 속도(j가 1인 경우), 레이더(112)의 종축에 대한 i번째 검출된 타겟 객체의 측정된 각도(j가 2인 경우), 또는 i번째 검출된 타겟 객체로부터 레이더(112)로 반사된 대응하는 신호의 측정된 크기(j가 3인 경우)를 나타낸다. 시간 스텝 k에서 의사코드 2의 행 17 내지 행 22에 정의된 동작이 수행되는데, 다음과 같다.
- [0062] 우선, 의사코드 2의 행 18에서 볼 수 있듯이, 각도 데이터 어레이 $D_\alpha = D[:,2]$ 로써 *AngleFilter1*가 호출된다. 이에 따라, 모든 검출된 타겟 객체 중에서 제1 각도 조건을 만족시키는 것이 식별되는데(의사코드 2의 행 3 내지 5행 참조), 여기서 제1 각도 조건은 주어진 타겟 객체에 대해 각도 α 의 측정된 값이 -90° 보다 크고 90° 에서 사이드 슬립 각도를 뺀 값보다 작다는 것이다. 식별된 타겟 객체는 I_1 내의 대응하는 레이블에 의해 인덱싱된다. 식별된 타겟 객체의 각도 측정치로써 각도 데이터 어레이의 서브어레이 $D_1 = D[I_1,2]$ 가 구성된다.
- [0063] 또한, 의사코드 2의 행 19에 나타내어진 바와 같이, 서브어레이 D_1 로써 *AngleFilter2*가 호출된다. 이에 따라, I_1 내의 레이블에 의해 인덱싱되는 타겟 객체 중에서 제2 각도 조건을 만족시키는 것이 식별되는데(의사코드 2의 행 8 내지 10 참조), 여기서 제2 각도 조건은 주어진 타겟 객체에 대해 각도 $\gamma = \alpha + \beta$ 의 계산된 값이 임계 각도(이는 I_1 내의 레이블에 의해 인덱싱되는 타겟 객체 각각에 대해 계산된 각도 γ 의 평균치로 설정됨)보다 작다는 것이다. 식별된 타겟 객체는 I_2 내의 대응하는 레이블에 의해 인덱싱된다. 식별된 타겟 객체의 신호 크기 측정치로써 신호 크기 데이터 어레이의 서브어레이 $D_2 = D[I_2,3]$ 가 구성된다.
- [0064] 나아가, 의사코드 2의 행 20에 기재된 바와 같이, 서브어레이 D_2 로써 *MagnitudeFilter*가 호출된다. 이에 따라, I_2 내의 레이블에 의해 인덱싱되는 타겟 객체 중에서 신호 크기 조건을 만족시키는 것이 식별되는데(의사코드 2의 행 13 내지 15 참조), 여기서 신호 크기 조건은 주어진 타겟에 대해 신호 크기 m 의 측정된 값이 임계 크기(이는 I_2 내의 레이블에 의해 인덱싱되는 타겟 객체 각각에 대해 계산된 신호 크기 m 의 평균치에서 그러한 신호 크기 m 의 표준 편차를 뺀 값으로 설정됨)보다 크다는 것이다. 식별된 타겟 객체는 I_3 내의 대응하는 레이블에 의해 인덱싱된다. 식별된 타겟 객체의 시선 속도 측정치로써 속도 데이터 어레이의 서브어레이 $D_3 = D[I_3,1]$ 가 구성된다.
- [0065] 이에 따라, 의사코드 2의 행 21에 나타내어진 바와 같이, 서브어레이 D_3 내의 시선 속도 측정치의 평균치가 UV(10)의 속도의 추정치 $v_{estimation}$ 로서 제공될 수 있다.
- [0066] 앞서 언급된 바와 같이, UV(10)의 속도는 방안 1 내지 방안 3을 조합하여 추정될 수 있다. 예를 들어, 처리 유닛(150)은 방안 1에 따라 산출된 추정치(가령, LR 모델에 따라 구한 $\hat{v}_k$), 방안 2에 따라 산출된 추정치(가령, 의사코드 1의 13행에서 구한 $v_{estimation}$) 및 방안 3에 따라 산출된 추정치(가령, 의사코드 2의

행 21에서 구한 $v_{estimation}$)에 기반하여, 예컨대, 이들의 적절한 가중화를 통해, UV(10)의 속도의 최종 추정치를 계산할 수 있다. 대안적으로, 처리 유닛(150)은 방안 1 내지 방안 3 각각에 따라 산출된 추정치 그 자체로부터 UV(10)의 속도의 최종 추정치를 계산하는 것 대신에, 해당 방안을 활용하여 속도 데이터 어레이 내의 시선 속도 측정치 중 신뢰할 만한 것을 추려내어 이를 기반으로 UV(10)의 속도를 추정할 수 있다. 이제 도 5를 참조하여, 후자의 접근법의 예가 더 상세히 논의된다.

[0067] 도 5의 예에서, 레이더(112)에 의해 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관해 레이더(112)로부터 현재 수신된 측정 데이터는 속도 데이터 어레이(501), 각도 데이터 어레이(502) 및 신호 크기 데이터 어레이(503)를 포함한다.

[0068] 블록(511)에서 방안 1에 따라 UV(10)의 이전 속도의 몇몇 추정치로부터 UV(10)의 현재 속도가 예측된다(가령, LR 분석의 결과인 $\hat{v}_k$).

[0069] 블록(512)에서 방안 2가 수행되는데, 여기서 속도 데이터 어레이(501)로부터 식별된 시선 속도 측정치의 특정 군집이 속도 데이터 어레이(501)의 제1 서브어레이로서 구성된다(가령, 의사코드 1에서 min 에 의해 인덱싱되는 군집).

[0070] 블록(513)에서 방안 3이 수행되는데, 여기서 속도 데이터 어레이(501)의 제2 서브어레이가 각도 데이터 어레이(502) 및/또는 신호 크기 어레이(503)에 기반하여 구성된다(가령, 의사코드 2에서 D_3 로 표기된 데이터 서브어레이). 그러한 구성을 위해 UV(10)의 사이드 슬립 각도(504)(가령, 관성 센서(114)로부터 수신된 관성 측정 데이터를 기반으로 계산됨)가 사용될 수 있다.

[0071] 블록(520)에서 투표 프로세스가 수행된다. 이 프로세스에 따라, 블록(511)에서 예측된 현재 속도, 블록(512)에서 구성된 제1 서브어레이 및 블록(513)에서 구성된 제2 서브어레이에 기반하여 각각의 타겟 객체에 대해 각각의 득표 점수가 판정된다. 예를 들어, 각각의 타겟 객체의 시선 속도 측정치가 예측된 현재 속도와 매칭되는 경우(가령, 이들 간의 차이가 사전정의된 임계 값 내에 속하고/거나 이들 간의 차이가 임의의 다른 타겟 객체에 비해 최소인 경우), 해당 타겟 객체의 득표 점수는 1표만큼 증가될 수 있다. 또한, 각각의 타겟 객체의 시선 속도 측정치가 제1 서브어레이에 포함된 경우, 해당 타겟 객체의 득표 점수는 1표만큼 증가될 수 있다. 나아가, 각각의 타겟 객체의 시선 속도 측정치가 제2 서브어레이에 포함된 경우, 해당 타겟 객체의 득표 점수는 1표만큼 증가될 수 있다.

[0072] 그러면, 판정된 득표 점수에 기반하여 하나 이상의 최고 득표 타겟 객체가 식별되고, 이러한 타겟 객체의 시선 속도 측정치에 기반하여 (가령, 최고 득표 타겟 객체의 시선 속도 측정치의 평균으로서) UV(10)의 현재 속도의 추정치(530)가 산출된다.

[0073] 도 5에 예시된 조합 구조는 다음과 같이 상보적인 측면에서 유리할 수 있다: 방안 1은 움직이는 객체나 고스트 타겟이 많은 경우에도 이상치에 강인한 한편, 방안 2 및 3은 시간에 따라 누적되는 에러를 염두에 둘 필요가 없고 외력의 인가에 강인한바, 이들의 조합으로 상당히 정확한 속도 추정이 가능하게 된다.

[0074] 도 6 내지 도 8은 다음과 같은 예시적인 시나리오에서 도 5의 예에 따라 UV(10)의 속도를 추정하는 실험의 결과를 보여준다: UV(10)는 Craeca K-LD7 레이더 송수신기 모듈로 구성된 레이더(112)가 장착된 무인 비행체이며, 많은 수의 동적 객체가 있는 도심 환경에서 UV(10)가 $\theta=30^\circ$ 으로 (i) 사이드 슬립 없이 전방으로 이동하거나(도 6의 예), (ii) 사이드 슬립과 함께 곧게 이동하거나(도 7의 예), (iii) 사이드 슬립과 함께 외력이 가해지면서 곧게 이동한다. 도 6 내지 도 8에서, 레이더(112)로부터 수신된 속도 데이터 어레이는 "Radar Speed Measurement"로 레이블링되고, UV(10)의 속도를 도 5의 예에 따라 추정한 값은 "Speed Estimation"으로 레이블링되고, UV(10)의 속도를 RTK GPS 방식에 따라 추정한 값은 "RTK GPS Speed Measurement"로 레이블링된다. 도 6은 $\beta=0^\circ$ 이고 외력의 인가 없이 레이더(112)로부터 수신된 측정 데이터를 기반으로 UV(10)의 속도를 추정한 실험의 결과를 보여주는데, 이 추정의 평균 오차(mean error)는 대략 7.08%이며, 추정된 속도의 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error: RMSE)는 0.24m/s이다. 도 7은 $\beta=35^\circ$ 이고 외력의 인가 없이 레이더(112)로부터 수신된 측정 데이터를 기반으로 UV(10)의 속도를 추정한 실험의 결과를 보여주는데, 이 추정의 평균 오차는 대략 5.42%이며, 추정된 속도의 RMSE는 0.21m/s이다. 도 8은 $\beta=35^\circ$ 이고 외력이 가해지는 동안 레이더(112)로부터 수신된 측정 데이터를 기반으로 UV(10)의 속도를 추정한 실험의 결과를 보여주는데, 이 추정의 평균 오차는 대략 8.16%이며, 추정된 속도의 RMSE는 0.25m/s이다.

- [0075] 이제, 도 9를 참조하여, 레이더가 마련된 UV의 속도를 추정하는 예시적인 프로세스(900)가 설명된다. 예를 들어, 프로세스(900)는 항법 시스템(100)(특히, 처리 유닛(150))에 의해 수행될 수 있다. 프로세스(900)의 다른 예시적인 흐름이 또한 고려된다. 예를 들어, 프로세스(900)는 도시되지 않은 추가적인 동작을 또한 포함할 수 있고/거나, 도 9와 관련하여 예시된 동작 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.
- [0076] 이 예에서, UV(가령, UV(10))의 레이더(가령, 레이더(112))는 레이더를 사용하여 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공하는데, 이 측정 데이터는 복수의 타겟 객체 중의 각자의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 데이터 어레이(이하 "제1 데이터 어레이"로 지칭될 수 있음) 및 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이를 포함한다.
- [0077] 동작(910)에서, UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스에 기반하여 UV의 현재 속도가 예측된다. 예를 들어, UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스에 대한 LR 분석을 통해 UV의 현재 속도가 예측될 수 있다.
- [0078] 동작(920)에서, 제1 데이터 어레이 내의 측정된 시선 속도의 군집화를 통해 특정 군집이 식별되고, 이에 따라 제1 데이터 어레이의 제1 서브어레이가 그러한 특정 군집이도록 구성된다. 예를 들어, 그러한 군집화는 DBSCAN과 같은 밀도 기반 군집화일 수 있다. 제1 데이터 어레이 내의 측정된 시선 속도가 복수의 군집으로 군집화된 경우, 동작(910)에서 예측된 현재 속도에 기반하여 복수의 군집 중에서 특정 군집이 식별될 수 있다.
- [0079] 동작(930)에서, 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이에 기반하여 제1 데이터 어레이의 제2 서브어레이가 구성된다. 예를 들어, 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 레이더의 종축에 대한 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 데이터 어레이(이하 "제2 데이터 어레이"로 지칭될 수 있음) 및/또는 각자의 타겟 객체로부터 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 데이터 어레이(이하 "제3 데이터 어레이")를 포함할 수 있다. 이에 따라, 제2 데이터 어레이 및/또는 제3 어레이 데이터에 기반하여 복수의 타겟 객체 중 적어도 하나(예컨대, 전술된 제1 각도 조건, 제2 각도 조건 및 신호 크기 조건을 만족시키는 타겟 객체)가 식별될 수 있다. 그러면, 식별된 타겟 객체의 측정된 시선 속도로서 제2 서브어레이가 구성될 수 있다.
- [0080] 동작(940)에서, UV의 현재 속도는 동작(910)에서 예측된 현재 속도, 동작(920)에서 구성된 제1 서브어레이 및 동작(930)에서 구성된 제2 서브어레이에 기반하여 추정된다. 특정한 예에서, 예측된 현재 속도, 제1 서브어레이 및 제2 서브어레이에 기반한 투표 프로세스를 통해 각각의 타겟 객체에 대해 각자의 득표 점수가 판정될 수 있다. 그러면, 이러한 득표 점수에 기반하여 복수의 타겟 객체 중에서 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체가 식별될 수 있고, 그것의 측정된 시선 속도에 기반하여 UV(10)의 현재 속도가 추정될 수 있다. 투표 프로세스는 다음과 같이 수행될 수 있다: 만일 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 예측된 현재 속도와 매칭된다는 되는 경우, 해당 타겟 객체 측에 투표함(가령, 해당 타겟 객체의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시킴); 만일 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 제1 서브어레이에 포함된 경우 해당 타겟 객체 측에 투표함(가령, 해당 타겟 객체의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시킴); 그리고 만일 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 제2 서브어레이에 포함된 경우 해당 타겟 객체 측에 투표함(가령, 해당 타겟 객체의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시킴). 예를 들어, 어떤 타겟 객체가 전술된 3개의 조건 중에서 충족하는 조건의 개수만큼 해당 타겟 객체의 득표 점수가 증가될 수 있다.
- [0081] 다음은 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 속도를 추정하는 것에 관련된 다양한 예이다.
- [0082] 예 1에서, 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 속도를 추정하는 방법이 제공되는데, 위 UV에 레이더(radar)가 마련되고, 위 레이더는 위 레이더를 사용하여 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공하고, 위 측정 데이터는 제1 데이터 어레이(data array) 및 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이를 포함하고, 위 제1 데이터 어레이는 위 복수의 타겟 객체 중의 각자의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하고, 위 방법은, 위 UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스(sequence)에 기반하여 위 UV의 현재 속도를 예측하는 단계와, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 특정 군집을 식별함으로써 위 제1 데이터 어레이의 제1 서브어레이(sub-array)를 위 특정 군집이도록 구성하는 단계와, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이에 기반하여 위 제1 데이터 어레이의 제2 서브어레이를 구성하는 단계와, 위 예측된 현재 속도, 위 제1 서브어레이 및 위 제2 서브어레이에 기반하여 위 현재 속도를 추정하는 단계를 포함한다.
- [0083] 예 2는 예 1의 주제를 포함하는데, 위 현재 속도를 추정하는 단계는, 위 예측된 현재 속도, 위 제1 서브어레이 및 위 제2 서브어레이에 기반하여 투표 프로세스를 수행함으로써 위 복수의 타겟 객체 각각에 대해 각자의 득표 점수를 판정하는 단계와, 위 각자의 득표 점수에 기반하여 위 복수의 타겟 객체 중에서 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체를 식별하는 단계와, 위 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체의 측정된 시선 속도에 기반하여 위 현

재 속도를 추정하는 단계를 포함한다.

- [0084] 예 3은 예 2의 주제를 포함하는데, 위 투표 프로세스를 수행하는 것은, 만일 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 위 예측된 현재 속도와 매칭되는 경우 위 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과, 만일 위 제1 서버레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과, 만일 위 제2 서버레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것을 포함한다.
- [0085] 예 4는 예 2의 주제를 포함하는데, 위 투표 프로세스를 수행하는 것은, 만일 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 위 예측된 현재 속도와 매칭되는 경우 위 각자의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시키는 것과, 만일 위 제1 서버레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각자의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시키는 것과, 만일 위 제2 서버레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각자의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시키는 것을 포함한다.
- [0086] 예 5는 예 3 또는 예 4의 주제를 포함하는데, 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 위 예측된 현재 속도와 매칭됨은 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이가 사전정의된 매칭 임계 내에 속함 및 위 차이가 위 복수의 타겟 객체 중 임의의 다른 것의 측정된 시선 속도 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이 이하임 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0087] 예 6은 예 1 내지 예 5 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 현재 속도를 예측하는 단계는 위 UV의 추정된 이전 속도의 위 시퀀스에 대해 선형 회귀 분석을 수행하여 위 예측된 현재 속도를 산출하는 단계를 포함한다.
- [0088] 예 7은 예 1 내지 예 6 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 위 특정 군집을 식별하는 것은, 위 제1 데이터 어레이에 밀도 기반 군집화(density-based clustering) 알고리즘을 적용하여 위 제1 데이터 어레이로부터 위 특정 군집을 식별하는 것을 포함한다.
- [0089] 예 8은 예 1 내지 예 6 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 위 특정 군집을 식별하는 것은, 밀도 기반 군집화(density-based clustering) 알고리즘을 사용하여 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 복수의 군집으로 군집화하는 것과, 위 예측된 현재 속도에 기반하여 위 특정 군집을 위 복수의 군집 중에서 식별하는 것을 포함한다.
- [0090] 예 9는 예 1 내지 예 6 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 위 특정 군집을 식별하는 것은, 밀도 기반 군집화 알고리즘을 사용하여 위 제1 데이터 어레이 내의 측정된 시선 속도를 복수의 군집으로 군집화하는 것과, 위 복수의 군집 각각에 대해, 위 각각의 군집 내의 측정된 시선 속도의 평균 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이를 판정하는 것과, 위 판정된 차이에 기반하여 위 특정 군집을 위 복수의 군집 중에서 식별하는 것을 포함한다.
- [0091] 예 10은 예 9의 주제를 포함하는데, 위 차이는 위 복수의 군집 중 임의의 다른 것 내의 측정된 시선 속도의 평균 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이 이하이다.
- [0092] 예 11은 예 7 내지 예 10 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 밀도 기반 군집화 알고리즘은 노이즈 있는 애플리케이션의 밀도 기반 공간적 군집화(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise: DBSCAN) 알고리즘이다.
- [0093] 예 12는 예 1 내지 예 11 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 레이더의 종축에 대한 위 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이 및 위 각자의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이 중 적어도 하나를 포함하고, 위 제2 서버레이를 구성하는 단계는, 위 제2 데이터 어레이 및 위 제3 데이터 어레이 중 위 적어도 하나에 기반하여 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 단계와, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서버레이를 구성하는 단계를 포함한다.
- [0094] 예 13은 예 1 내지 예 11 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 레이더의 종축에 대한 위 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이를 포함하고, 위 제2 서버레이를 구성하는 단계는, 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 단계(위 적어도 하나의 타겟 객체는, 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도가 위 레이더에 의해 동일한 도플러 편이(Doppler shift)가 관측되는 각도의 범위에 속한다는 각도 조건 및 위 레이더의 이동 방향에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 계산된 각도가 임계 각도보다 더 작다는 다른 각도 조건을 만족시키되, 위 계산된

각도는 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도 및 위 UV의 사이드 슬립(side slip) 각도에 기반하여 산출됨)와, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서브어레이를 구성하는 단계를 포함한다.

[0095] 예 14는 예 1 내지 예 11 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 각자의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이를 포함하고, 위 제2 서브어레이를 구성하는 단계는, 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 단계(위 적어도 하나의 타겟 객체는, 위 적어도 하나의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기가 임계 크기보다 더 크다는 신호 크기 조건을 만족시킴)와, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서브어레이를 구성하는 단계를 포함한다.

[0096] 예 15는 예 1 내지 예 11 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 레이더의 종축에 대한 위 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이 및 위 각자의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이를 포함하고, 위 제2 서브어레이를 구성하는 단계는, 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 단계(위 적어도 하나의 타겟 객체는, 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도가 위 레이더에 의해 동일한 도플러 편이가 관측되는 각도의 범위에 속한다는 각도 조건, 위 레이더의 이동 방향에 대해 위 적어도 하나의 타겟 객체의 계산된 각도가 임계 각도보다 더 작다는 다른 각도 조건 및 위 적어도 하나의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기가 임계 크기보다 더 크다는 신호 크기 조건을 만족시킴), 위 계산된 각도는 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도 및 위 UV의 사이드 슬립 각도에 기반하여 산출됨)와, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서브어레이를 구성하는 단계를 포함한다.

[0097] 예 16에서, 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 항법 시스템은, 위 UV에 마련된 레이더(위 레이더는 위 레이더를 사용하여 현재 검출된 복수의 타겟 객체에 관한 측정 데이터를 제공하고, 위 측정 데이터는 제1 데이터 어레이 및 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이를 포함하고, 위 제1 데이터 어레이는 위 복수의 타겟 객체 중의 각자의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함함)와, 동작을 수행함으로써 위 UV의 속도를 추정하는 처리 유닛을 포함하되, 위 동작은, 위 UV의 추정된 이전 속도의 시퀀스에 기반하여 위 UV의 현재 속도를 예측하는 것과, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 특정 군집을 식별함으로써 위 제1 데이터 어레이의 제1 서브어레이를 위 특정 군집이도록 구성하는 것과, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이에 기반하여 위 제1 데이터 어레이의 제2 서브어레이를 구성하는 것과, 위 예측된 현재 속도, 위 제1 서브어레이 및 위 제2 서브어레이에 기반하여 위 현재 속도를 추정하는 것을 포함한다.

[0098] 예 17은 예 16의 주제를 포함하는데, 위 현재 속도를 추정하는 것은, 위 예측된 현재 속도, 위 제1 서브어레이 및 위 제2 서브어레이에 기반하여 투표 프로세스를 수행함으로써 위 복수의 타겟 객체 각각에 대해 각자의 득표 점수를 판정하는 것과, 위 각자의 득표 점수에 기반하여 위 복수의 타겟 객체 중에서 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체를 식별하는 것과, 위 적어도 하나의 최고 득표 타겟 객체의 측정된 시선 속도에 기반하여 위 현재 속도를 추정하는 것을 포함한다.

[0099] 예 18은 예 17의 주제를 포함하는데, 위 투표 프로세스를 수행하는 것은, 만일 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 위 예측된 현재 속도와 매칭되는 경우 위 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과, 만일 위 제1 서브어레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것과, 만일 위 제2 서브어레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각각의 타겟 객체 측에 투표하는 것을 포함한다.

[0100] 예 19는 예 17의 주제를 포함하는데, 위 투표 프로세스를 수행하는 것은, 만일 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 위 예측된 현재 속도와 매칭되는 경우 위 각자의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시키는 것과, 만일 위 제1 서브어레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각자의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시키는 것과, 만일 위 제2 서브어레이가 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도를 포함하는 경우 위 각자의 득표 점수를 하나의 투표만큼 증가시키는 것을 포함한다.

[0101] 예 20은 예 18 또는 예 19의 주제를 포함하는데, 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도가 위 예측된 현재 속도와 매칭됨은 위 각각의 타겟 객체의 측정된 시선 속도 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이가 사전정의된 매칭 임계 내에 속함 및 위 차이가 위 복수의 타겟 객체 중 임의의 다른 것의 측정된 시선 속도 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이 이하임 중 적어도 하나를 포함한다.

- [0102] 예 21은 예 16 내지 예 20 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 현재 속도를 예측하는 것은 위 UV의 추정된 이전 속도의 위 시퀀스에 대해 선형 회귀 분석을 수행하여 위 예측된 현재 속도를 산출하는 것을 포함한다.
- [0103] 예 22는 예 16 내지 예 21 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 위 특정 군집을 식별하는 것은, 위 제1 데이터 어레이에 밀도 기반 군집화 알고리즘을 적용하여 위 제1 데이터 어레이로부터 위 특정 군집을 식별하는 것을 포함한다.
- [0104] 예 23은 예 16 내지 예 21 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 위 특정 군집을 식별하는 것은, 밀도 기반 군집화 알고리즘을 사용하여 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 복수의 군집으로 군집화하는 것과, 위 예측된 현재 속도에 기반하여 위 특정 군집을 위 복수의 군집 중에서 식별하는 것을 포함한다.
- [0105] 예 24는 예 16 내지 예 21 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 제1 데이터 어레이 내의 위 측정된 시선 속도를 군집화하여 위 특정 군집을 식별하는 것은, 밀도 기반 군집화 알고리즘을 사용하여 위 제1 데이터 어레이 내의 측정된 시선 속도를 복수의 군집으로 군집화하는 것과, 위 복수의 군집 각각에 대해, 위 각각의 군집 내의 측정된 시선 속도의 평균 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이를 판정하는 것과, 위 판정된 차이에 기반하여 위 특정 군집을 위 복수의 군집 중에서 식별하는 것을 포함한다.
- [0106] 예 25는 예 24의 주제를 포함하는데, 위 차이는 위 복수의 군집 중 임의의 다른 것 내의 측정된 시선 속도의 평균 및 위 예측된 현재 속도 간의 차이 이하이다.
- [0107] 예 26은 예 22 내지 예 25 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 밀도 기반 군집화 알고리즘은 노이즈 있는 애플리케이션의 밀도 기반 공간적 군집화(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise: DBSCAN) 알고리즘이다.
- [0108] 예 27은 예 16 내지 예 26 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 레이더의 종축에 대한 위 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이 및 위 각자의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이 중 적어도 하나를 포함하고, 위 제2 서버레이를 구성하는 것은, 위 제2 데이터 어레이 및 위 제3 데이터 어레이 중 위 적어도 하나에 기반하여 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 것과, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서버레이를 구성하는 것을 포함한다.
- [0109] 예 28은 예 16 내지 예 26 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 레이더의 종축에 대한 위 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이를 포함하고, 위 제2 서버레이를 구성하는 것은,
- [0110] 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 것(위 적어도 하나의 타겟 객체는, 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도가 위 레이더에 의해 동일한 도플러 편이가 관측되는 각도의 범위에 속한다는 각도 조건 및 위 레이더의 이동 방향에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 계산된 각도가 임계 각도보다 더 작다는 다른 각도 조건을 만족시키되, 위 계산된 각도는 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도 및 위 UV의 사이드 슬립(side slip) 각도에 기반하여 산출됨)과, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서버레이를 구성하는 것을 포함한다.
- [0111] 예 29는 예 16 내지 예 26 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 각자의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이를 포함하고, 위 제2 서버레이를 구성하는 것은, 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 것(위 적어도 하나의 타겟 객체는, 위 적어도 하나의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기가 임계 크기보다 더 크다는 신호 크기 조건을 만족시킴)과, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서버레이를 구성하는 것을 포함한다.
- [0112] 예 30은 예 16 내지 예 26 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 적어도 하나의 추가적인 데이터 어레이는 위 레이더의 종축에 대한 위 각자의 타겟 객체의 측정된 각도를 포함하는 제2 데이터 어레이 및 위 각자의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기를 포함하는 제3 데이터 어레이를 포함하고, 위 제2 서버레이를 구성하는 것은, 위 복수의 타겟 객체 중의 적어도 하나의 타겟 객체를 식별하는 것(위 적어도 하나의 타겟 객체는, 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도가 위 레이더에 의해 동일한 도플러 편이가 관측되는 각도의 범위에 속한다는 각도 조건, 위 레이더의 이동 방향에 대해 위 적어도 하나의 타

겟 객체의 계산된 각도가 임계 각도보다 더 작다는 다른 각도 조건 및 위 적어도 하나의 타겟 객체로부터 위 레이더로 반사되는 대응하는 신호의 측정된 크기가 임계 크기보다 더 크다는 신호 크기 조건을 만족시키되, 위 계산된 각도는 위 종축에 대한 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 각도 및 위 UV의 사이드 슬립 각도에 기반하여 산출됨)과, 위 적어도 하나의 타겟 객체의 측정된 시선 속도로써 위 제2 서브레이를 구성하는 것을 포함한다.

[0113] 예 31에서, 컴퓨터 프로세서에 의해 실행되는 경우에 위 컴퓨터 프로세서로 하여금 예 1 내지 예 16 중 임의의 것에 기재된 방법을 수행하게 하는 컴퓨터 실행가능 명령어가 저장된 컴퓨터 판독가능 저장 매체가 제공된다.

[0114] 예 32에서, 컴퓨팅 장치는, 프로세서와, 위 프로세서에 의해 실행가능한 컴퓨터 프로그램 명령어의 세트으로써 인코딩된 메모리를 포함하되, 컴퓨터 프로그램 명령어의 위 세트는 예 1 내지 예 16 중 임의의 것에 기재된 방법을 수행하는 명령어를 포함한다.

[0115] 특정한 예에서, 본 문서에서 언급된 장치, 디바이스, 시스템, 머신 등은 임의의 적합한 유형은 컴퓨팅 장치이거나, 이를 포함하거나, 이에 구현될 수 있다. 컴퓨팅 장치는 프로세서 및 프로세서에 의해 판독가능한 컴퓨터 판독가능 저장 매체를 포함할 수 있다. 프로세서는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 하나 이상의 명령어를 실행할 수 있다. 프로세서는 또한 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 다른 정보를 판독할 수 있다. 추가로, 프로세서는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 새로운 정보를 저장할 수 있고 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 어떤 정보를 갱신할 수 있다. 프로세서는, 예컨대, 중앙 처리 유닛(Central Processing Unit: CPU), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor: DSP), 그래픽 처리 유닛(Graphics Processing Unit: GPU), 프로세서 코어(processor core), 마이크로프로세서(microprocessor), 마이크로제어기(microcontroller), 필드 프로그램가능 게이트 어레이(Field-Programmable Gate Array: FPGA), 애플리케이션 특정 집적 회로(Application Specific Integrated Circuit: ASIC), 다른 하드웨어 및 로직 회로, 또는 이의 임의의 적합한 조합을 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 다양한 정보, 예컨대, 프로세서에 의해 수행될 수 있는 프로세서 실행가능(processor executable) 명령어의 세트 및/또는 다른 정보로써 인코딩된다. 예를 들어, 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 프로세서에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치(가령, 프로세서)로 하여금 본 문서에 개시된 몇몇 동작을 수행하게 하는 컴퓨터 프로그램 명령어 및/또는 그러한 동작에서 사용되는 정보, 데이터, 변수, 상수, 데이터 구조, 기타 등등이 내부에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는, 예컨대, 판독 전용 메모리(Read-Only Memory: ROM), 랜덤 액세스 메모리(Random-Access Memory: RAM), 휘발성(volatile) 메모리, 비휘발성(non-volatile) 메모리, 착탈가능(removable) 메모리, 비착탈가능(non-removable) 메모리, 플래시(flash) 메모리, 솔리드 스테이트(solid-state) 메모리, 다른 타입의 메모리 디바이스, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광 기록 매체, 플롭티컬 디스크와 같은 자기-광 매체, 다른 타입의 저장 디바이스 및 저장 매체, 또는 이의 임의의 적합한 조합을 포함할 수 있다.

[0116] 특정한 예에서, 본 문서에 기술된 동작, 기법, 프로세스, 또는 이의 어떤 양상이나 부분은 컴퓨터 프로그램 제품 내에 구체화될 수 있다. 그러한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 어떤 유형의 (가령, 컴파일형(compiled) 또는 해석형(interpreted)) 프로그래밍 언어, 예컨대, 어셈블리(assembly), 기계어(machine language), 프로시저형(procedural) 언어, 객체지향(object-oriented) 언어 등등으로 구현될 수 있고, 하드웨어 구현과 조합될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터 판독가능 저장 매체의 형태로 배포될 수 있거나 온라인으로 배포될 수 있다. 온라인 배포를 위해, 컴퓨터 프로그램 제품의 일부 또는 전부가 서버(가령, 서버의 컴퓨터 판독가능 저장 매체) 내에 일시적으로 저장되거나 일시적으로 생성될 수 있다.

[0117] 이상의 설명은 상세하게 몇몇 예를 제시하고 기술하기 위해 제시되었다. 본 개시의 범주에서 벗어나지 않고서 위의 교시에 비추어 많은 수정 및 변형이 가능함을 당업자는 응당 이해할 것이다. 다양한 예에서, 전술된 기법이 상이한 순서로 수행되고/거나, 전술된 시스템, 아키텍처, 디바이스, 회로 및 유사한 것의 컴포넌트 중 일부가 상이한 방식으로 결합 또는 조합되거나, 다른 컴포넌트 또는 이의 균등물에 의해 대체 또는 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0118] 그러므로, 본 개시의 범주는 개시된 그 형태에 한정되어서는 안 되며, 후술하는 청구항 및 이의 균등물에 의해 정해져야 한다.

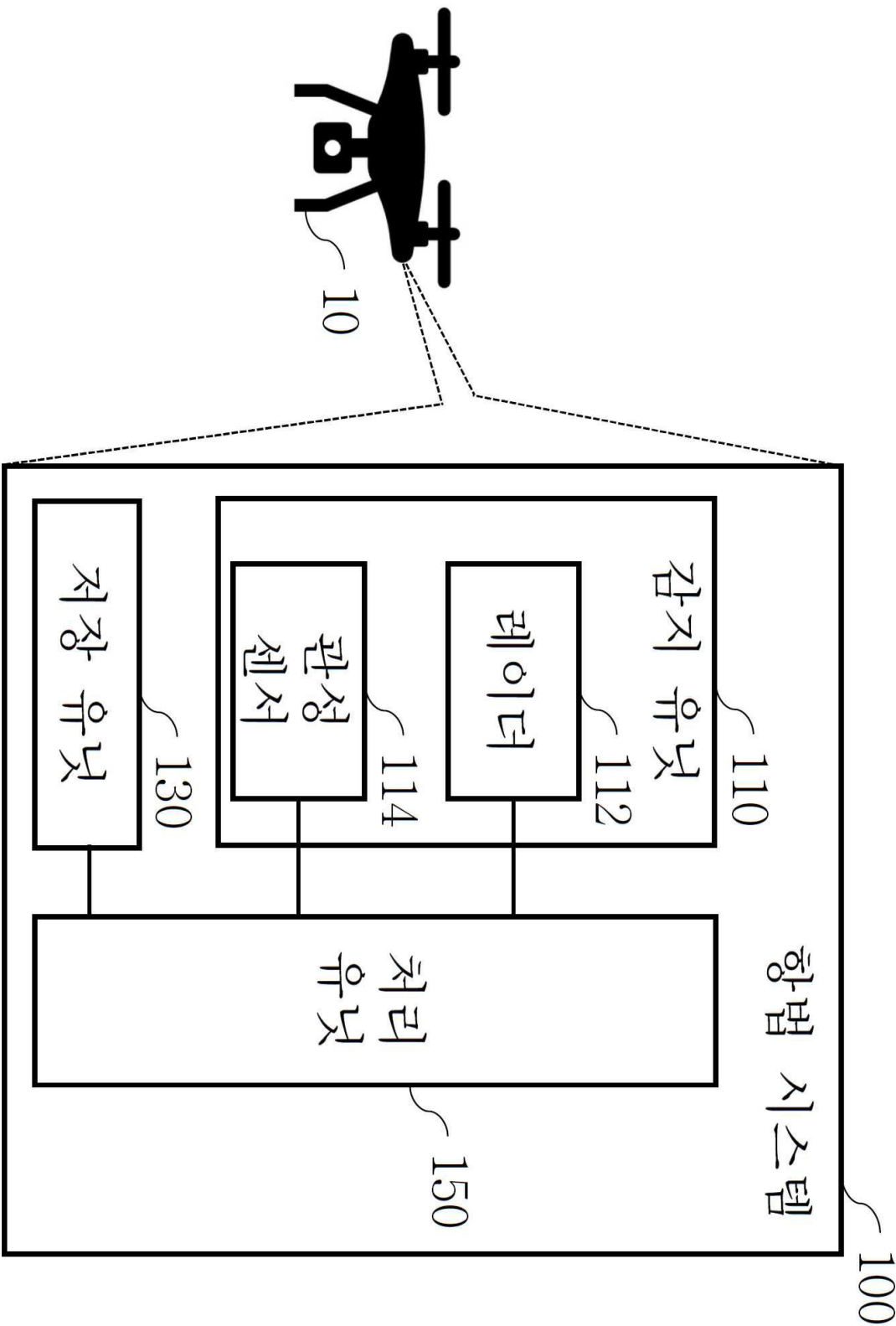
부호의 설명

[0119] 10: 무인 이동체

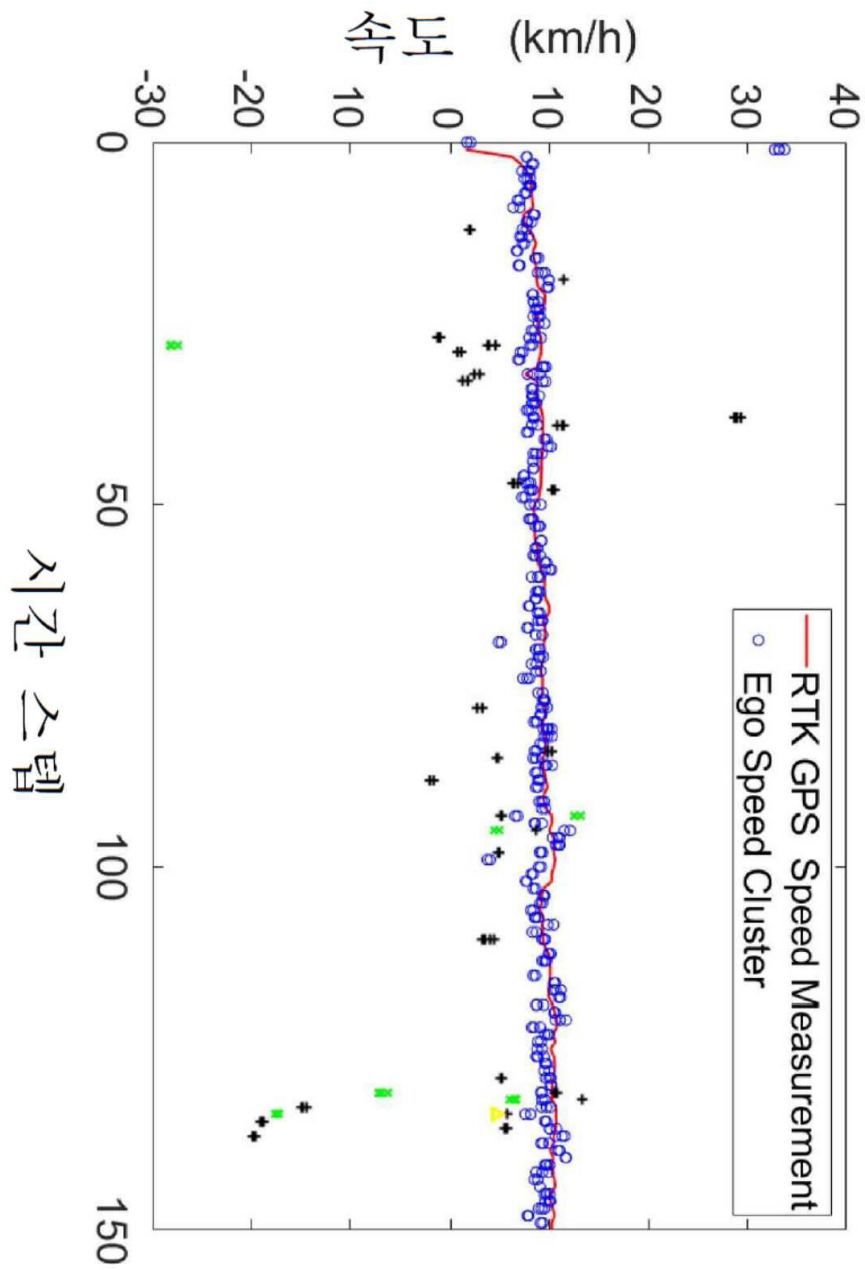
- 100: 항법 시스템
- 110: 감지 유닛
- 112: 레이더
- 114: 관성 센서
- 130: 저장 유닛
- 150: 처리 유닛

도면

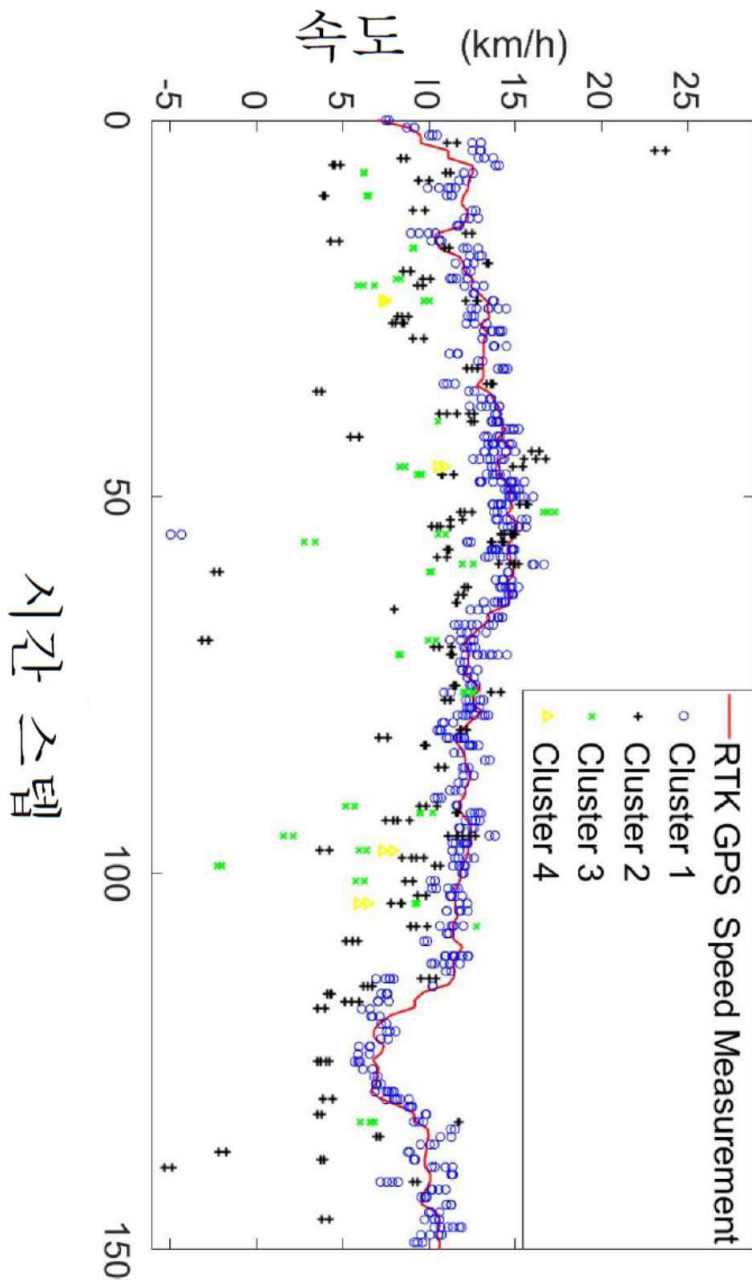
도면1



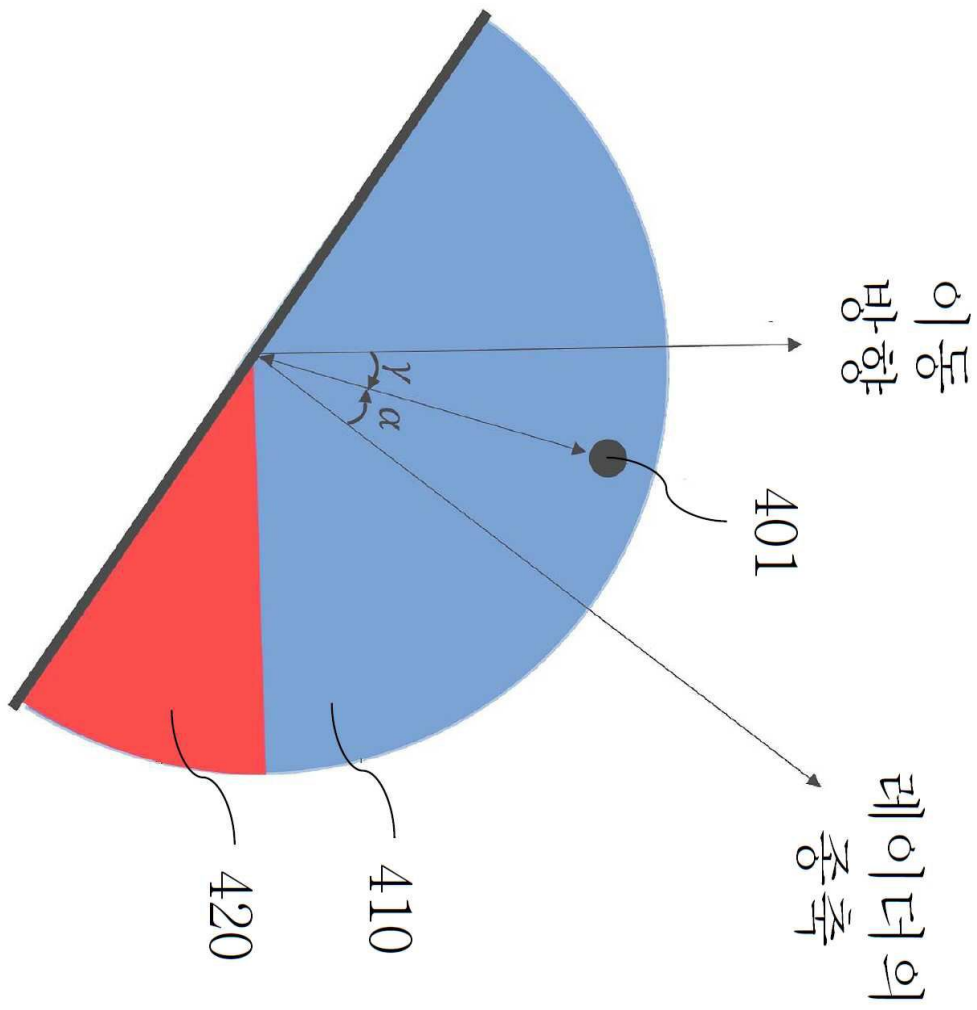
도면2



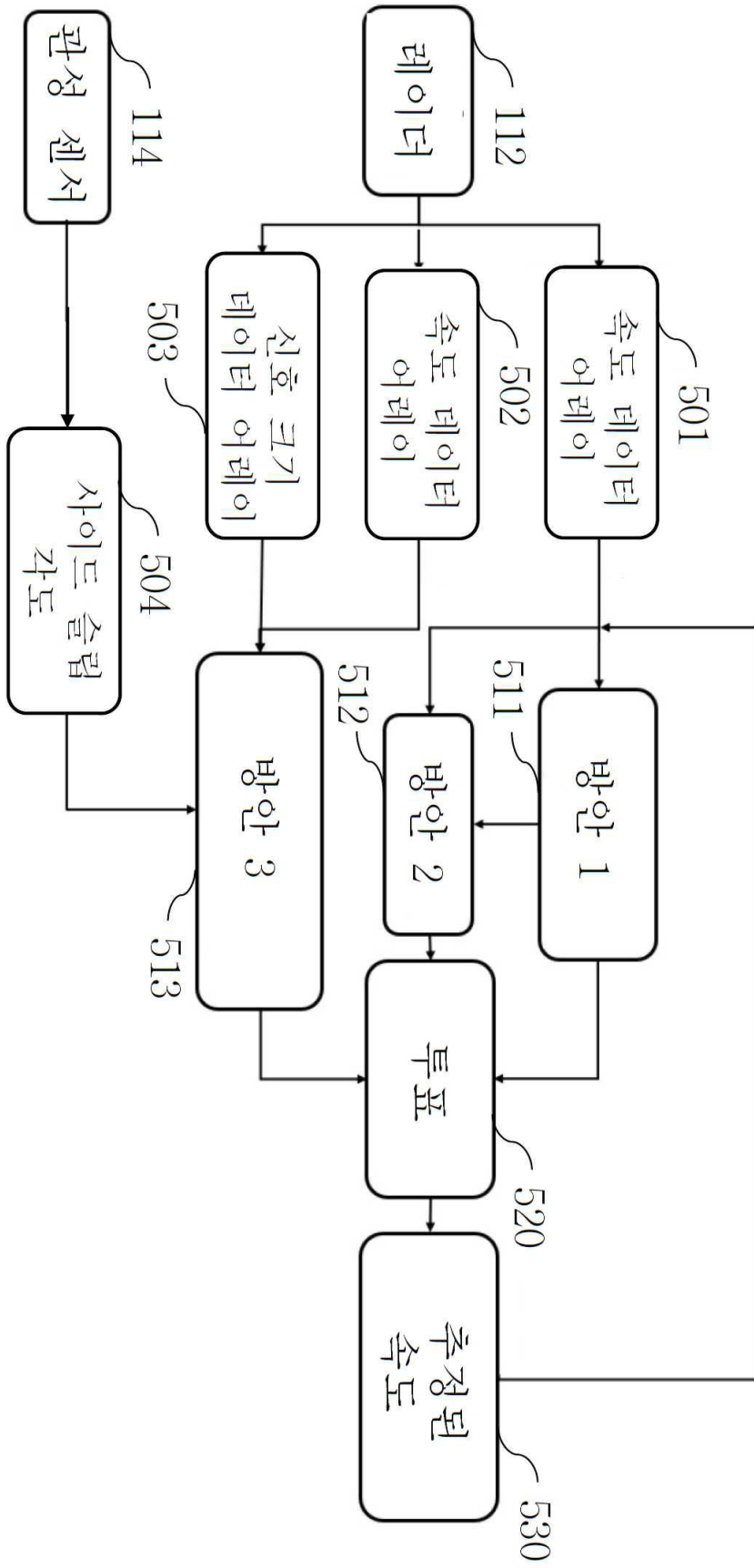
도면3



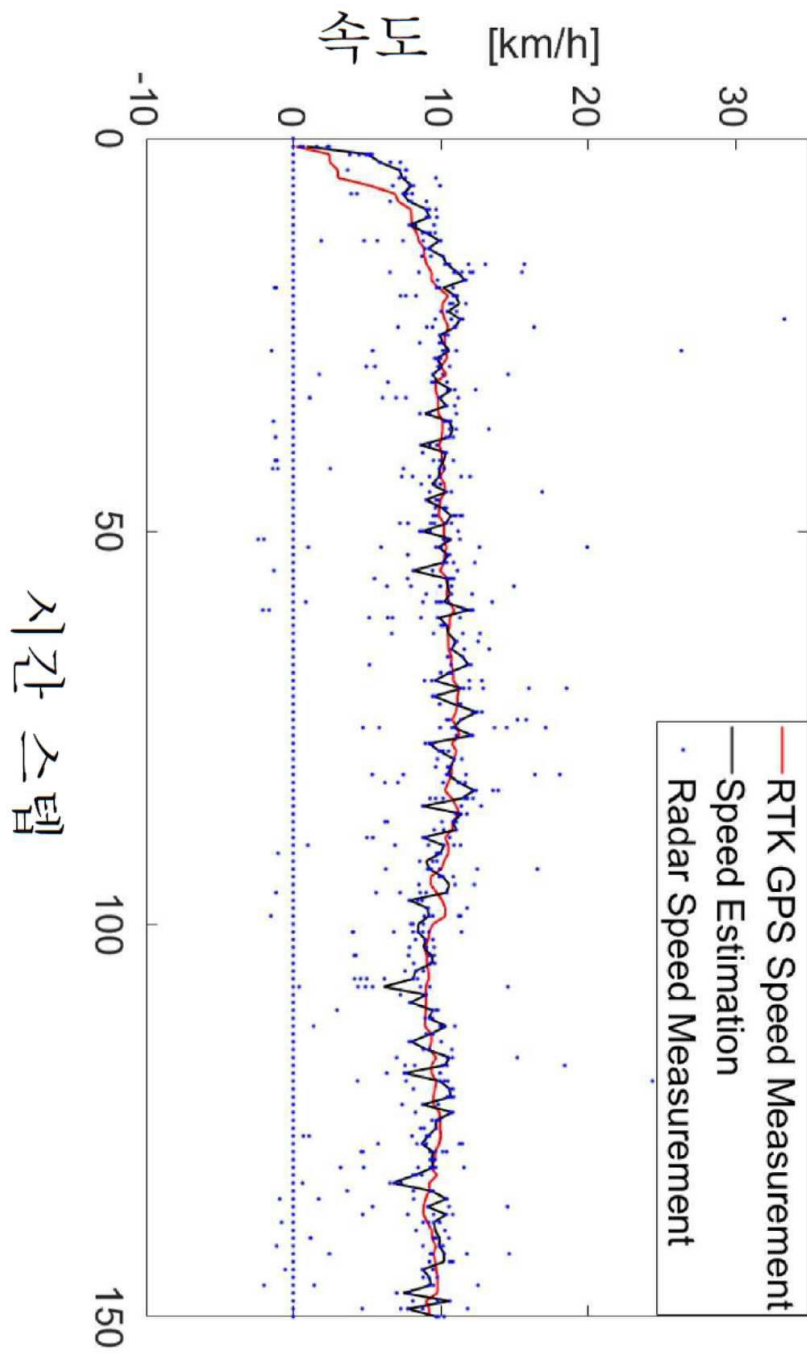
도면4



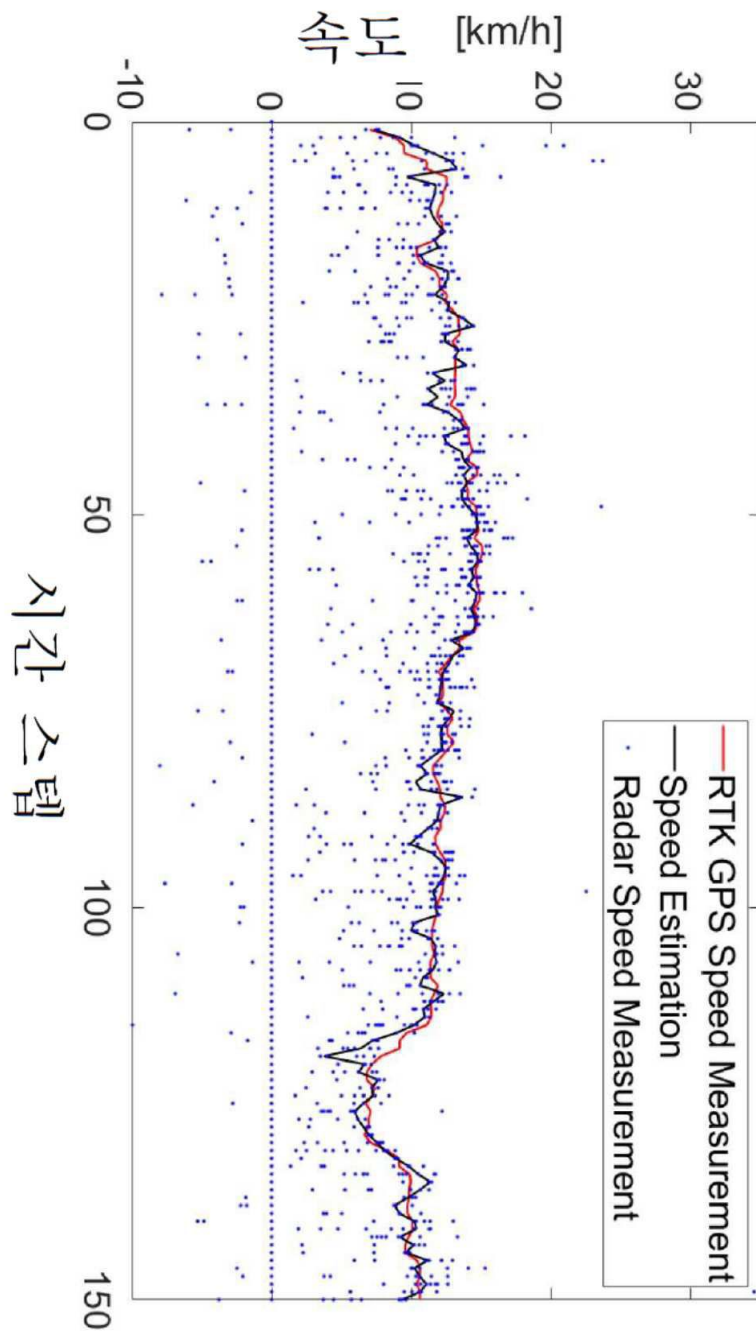
도면5



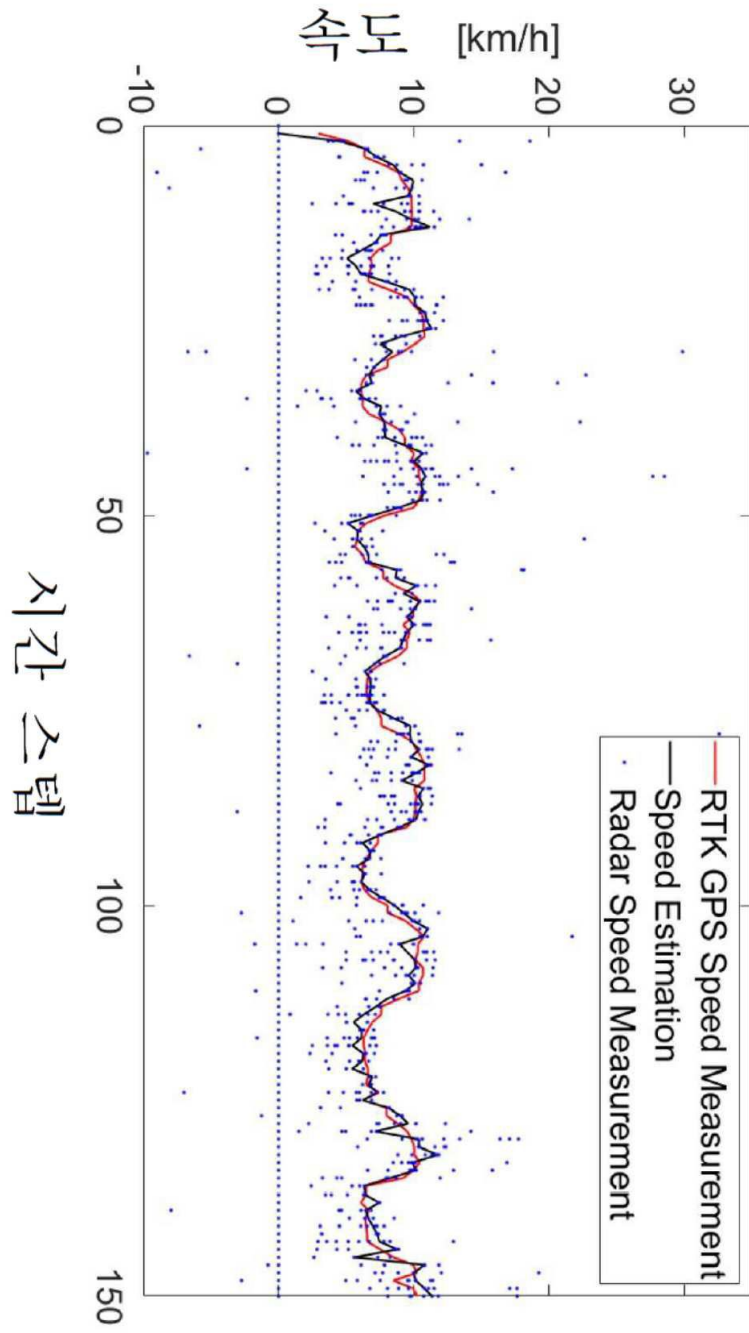
도면6



도면7



도면8



도면9

900 ↘

