



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월22일
(11) 등록번호 10-2103651
(24) 등록일자 2020년04월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/02 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/0274 (2013.01)
G05D 1/0212 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0149782
(22) 출원일자 2018년11월28일
심사청구일자 2018년11월28일
(56) 선행기술조사문헌
JP2018155732 A*
KR1020150041895 A*
KR1020180068711 A*
KR1020180102317 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국교통대학교산학협력단
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50
(72) 발명자
정호기
서울특별시 영등포구 선유로 207, 609동 902호 (양평동3가, 현대아파트)
최미진
경기도 의왕시 갈미로 32, 203동 801호 (내손동, 반도보라빌리지아파트)
서재규
인천광역시 부평구 갈월동로 45, 101동 501호 (갈산동, 두산아파트)
(74) 대리인
김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 9 항

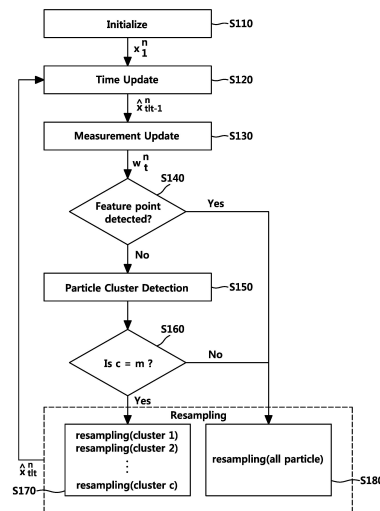
심사관 : 김동성

(54) 발명의 명칭 지도의 차로 개수를 활용한 파티클 필터링 퇴화 경감 방법 및 시스템

(57) 요약

파티클 필터링 퇴화 경감 방법이 개시된다. 상기 방법은 상태 천이 모델과 파티클의 이전 상태를 이용하여 파티클의 현재 상태를 예측하는 단계와, 환경 인식 센서를 통해 검출된 주행 환경 정보와 정밀 지도 정보를 매칭하여 파티클의 가중치를 갱신하는 단계와, 차량의 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하는지 여부에 따라 파티클을 클러스터링하고, 리샘플링을 수행하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G05D 1/0268 (2013.01)

G05D 1/0272 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 18TLRP-B101406-04

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 교통물류연구

연구과제명 자율협력주행을 위한 LDM 및 V2X 기반 도로시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국도로공사

연구기간 2018.01.12 ~ 2018.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

상태 천이 모델과 파티클의 이전 상태를 이용하여 파티클의 현재 상태를 예측하는 단계;

하기의 수학식에 의해 환경 인식 센서를 통해 검출된 주행 환경 정보와 정밀 지도 정보를 매칭하여 파티클의 가중치를 갱신하는 단계;

차량의 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하는지 여부에 따라 파티클을 클러스터링하고, 리샘플링을 수행하는 단계;를 포함하는 파티클 필터링 퇴화 경감 방법.

[수학식]

$$w_{L,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_L^2}} \exp\left\{-\frac{(l_t^n - l_{m,t})^2}{2\sigma_L^2}\right\}$$

$$w_{E,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi \det(\Sigma_E)}} \exp\left\{-\frac{(\mathbf{P}_{E,t}^n - \mathbf{P}_{E,m,t}) \Sigma_E^{-1} (\mathbf{P}_{E,t}^n - \mathbf{P}_{E,m,t})^T}{2}\right\}$$

$$w_{R,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi \det(\Sigma_R)}} \exp\left\{-\frac{(\mathbf{P}_{R,t}^n - \mathbf{P}_{R,m,t}) \Sigma_R^{-1} (\mathbf{P}_{R,t}^n - \mathbf{P}_{R,m,t})^T}{2}\right\}$$

$$w_{S,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_S^2}} \exp\left\{-\frac{(\phi_t^n - \phi_{m,t})^2}{2\sigma_S^2}\right\}$$

여기서, $w_{L,t}^n, w_{E,t}^n, w_{R,t}^n, w_{S,t}^n$ 각각은 차선 오프셋으로부터 계산된 가중치, 차선 끝점의 상대 위치로부터 계산된 가중치, 노면표시의 상대 위치로부터 계산된 가중치, 도로 표지판의 방향으로부터 계산된 가중치를 의미하며,

$l_t^n, \mathbf{P}_{E,t}^n, \mathbf{P}_{R,t}^n, \phi_t^n$ 각각은 파티클과 정밀 지도 정보를 통해 얻은 차선 오프셋, 차선 끝점의 상대 위치, 노면표시의 상대 위치, 도로 표지판의 방향을 의미하며,

$l_{m,t}, \mathbf{P}_{E,m,t}, \mathbf{P}_{R,m,t}, \phi_{m,t}$ 각각은 환경 인식 센서로부터 측정된 차선 오프셋, 차선 끝점의 상대 위치, 노면표시의 상대 위치, 도로 표지판의 방향을 의미하며,

σ_L 와 σ_S 각각은 환경 인식 센서로부터 측정된 차선 오프셋과 도로 표지판의 방향 검출 잡음에 대한 표준편차이며,

Σ_E 와 Σ_R 각각은 차선 끝점의 상대 위치와 노면표시의 상대 위치 검출 공분산 행렬을 의미하며,

상기 $w_{L,t}^n, w_{E,t}^n, w_{R,t}^n, w_{S,t}^n$ 를 정규화(normalization)하여 합이 1이 되도록 한다.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 리샘플링을 수행하는 단계는,

상기 차량의 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하지 않을 경우 파티클을 클러스터링하는 단계; 및

파티클 클러스터의 개수가 지도로부터 얻을 수 있는 주행 도로의 주행 가능 차로 개수와 동일한 경우, 각 클러스터별로 리샘플링을 수행하여 주행 가능 차로 모두에 파티클들을 유지시키는 단계;를 포함하는 파티클 필터링 퇴화 경감 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 리샘플링을 수행하는 단계는,

상기 파티클 클러스터의 개수가 지도로부터 얻을 수 있는 주행 도로의 주행 가능 차로 개수와 동일하지 않은 경우, 전체 파티클에 대해 리샘플링을 수행하는 단계;를 포함하는 파티클 필터링 퇴화 경감 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 리샘플링을 수행하는 단계는,

상기 차량의 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하는 경우 전체 파티클에 대해 리샘플링을 수행하여 주행 차로를 확정하는 단계;를 포함하는 파티클 필터링 퇴화 경감 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 파티클의 가중치를 갱신하는 단계는,

차선, 차선 끝점, 노면 표시, 및 도로 표지판을 매칭 정보로 사용하는 것을 특징으로 하는 파티클 필터링 퇴화 경감 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 도로 표지판을 매칭 정보로 사용할 때, 차량의 주행 방향에 대한 상기 도로 표지판의 방향을 상기 매칭 정보로 사용하는 것을 특징으로 하는 파티클 필터링 퇴화 경감 방법.

청구항 7

차량의 주행 환경 정보를 인식하는 센서;

상기 주행 환경 정보로부터 특징점을 검출하는 특징점 검출부;

지도 정보를 수신하여 출력하는 지도 정보 수신부; 및

하기의 수학적식에 의해 상기 주행 환경 정보와 상기 지도 정보를 매칭하여 차량의 위치를 추정하는 파티클 필터부;를 포함하고,

상기 파티클 필터부는, 차량의 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하지 않을 경우, 상기 지도 정보로부터 얻을 수 있는 주행도로의 주행 가능 차로 개수를 이용하여 차량의 위치를 추정하는 것을 특징으로 하는 차량의 위치 추정 장치.

[수학적식]

$$w_{L,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_L^2}} \exp\left\{-\frac{(l_t^n - l_{m,t})^2}{2\sigma_L^2}\right\}$$

$$w_{E,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\det(\Sigma_E)}} \exp\left\{-\frac{(\mathbf{P}_{E,t}^n - \mathbf{P}_{E,m,t})\Sigma_E^{-1}(\mathbf{P}_{E,t}^n - \mathbf{P}_{E,m,t})^T}{2}\right\}$$

$$w_{R,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\det(\Sigma_R)}} \exp\left\{-\frac{(\mathbf{P}_{R,t}^n - \mathbf{P}_{R,m,t})\Sigma_R^{-1}(\mathbf{P}_{R,t}^n - \mathbf{P}_{R,m,t})^T}{2}\right\}$$

$$w_{S,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_S^2}} \exp\left\{-\frac{(\phi_t^n - \phi_{m,t})^2}{2\sigma_S^2}\right\}$$

여기서, $w_{L,t}^n, w_{E,t}^n, w_{R,t}^n, w_{S,t}^n$ 각각은 차선 오프셋으로부터 계산된 가중치, 차선 끝점의 상대 위치로부터 계산된 가중치, 노면표시의 상대 위치로부터 계산된 가중치, 도로 표지판의 방향으로부터 계산된 가중치를 의미하며,

$l_t^n, \mathbf{P}_{E,t}^n, \mathbf{P}_{R,t}^n, \phi_t^n$ 각각은 파티클과 정밀 지도 정보를 통해 얻은 차선 오프셋, 차선 끝점의 상대 위치, 노면표시의 상대 위치, 도로 표지판의 방향을 의미하며,

$l_{m,t}, \mathbf{P}_{E,m,t}, \mathbf{P}_{R,m,t}, \phi_{m,t}$ 각각은 환경 인식 센서로부터 측정된 차선 오프셋, 차선 끝점의 상대 위치, 노면표시의 상대 위치, 도로 표지판의 방향을 의미하며,

v_x 와 v_y 각각은 환경 인식 센서로부터 측정된 차선 오프셋과 도로 표지판의 방향 검출 잡음에 대한 표준편차이며,

r_x 와 r_y 각각은 차선 끝점의 상대 위치와 노면표시의 상대 위치 검출 공분산 행렬을 의미하며,

상기 $w_{Lz}^n, w_{Rz}^n, w_{Rz}^n, w_{Rz}^n$ 를 정규화(normalization)하여 합이 1이 되도록 한다.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 파티클 필터부는 차량의 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 나타나기 전까지 파티클 클러스터링을 수행하고, 파티클 클러스터 수를 상기 주행 가능 차로 개수와 동일하게 유지시켜 주는 것을 특징으로 하는 차량의 위치 추정 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 파티클 클러스터의 개수가 지도로부터 얻을 수 있는 주행 도로의 주행 가능 차로 개수와 동일한 경우, 각 클러스터별로 리샘플링을 수행하여 주행 가능 차로 모두에 파티클들을 유지시켜 주는 것을 특징으로 하는 차량의 위치 추정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 센서 융합 기반 정밀 측위 구현을 위해 파티클 필터링을 사용할 때 퇴화 문제를 경감시켜주는 파티클 필터링 퇴화 경감 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 차량의 정확한 위치 추정은 첨단 운전자 지원 시스템(advanced driver assistance system(ADAS))이나 자율 주행 분야에서 요구되고 있는 중요한 요소이다. 최근에는 차량의 위치를 추정하기 위해 기존에 사용하였던 전지구 위치과악시스템(global position system(GPS))이나 관성 항법 장치(inertial navigation system(INS)) 뿐만 아니라 카메라나 LIDAR와 같은 환경 인식 센서 등의 다양한 센서 정보를 융합하여 사용하는 방법들이 개발되고 있다.

[0003] 다양한 센서 정보를 융합하는 필터링 기법 중에서 파티클 필터링(particle filtering)은 비선형 비가우시안 시스템에 적용할 수 있는 장점 때문에 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히 차량이나 로봇과 같은 이동체의 위치 추정을 위해 많이 사용되고 있다.

[0004] 파티클 필터는 칼만 필터(Kalman Filter)가 기반하는 해석적 방법 즉, 선형 운동으로 가정하고 파라미터를 찾는 것이 아니라, 시행 착오(trial and error)에 기반하는 시뮬레이션을 통한 예측 기술의 하나로, 계속적인 몬테 카를로(Sequential Monte Carlo(SMC)) 방법이라고도 한다. 파티클 필터의 동작원리는 시스템에 적절하게 제안된 확률분포로 임의로 생성된 입력을 여럿 가하여보고 그것들을 종합하여 시스템의 정보를 추측하는 것이다. 파티클 필터의 목적은 연속적으로 들어오는 정보를 오차가 존재하는 관측값만을 가지고 정보를 예측하는 데에 있다.

[0005] 파티클 필터링은 센서 데이터로부터 직접적으로 상태 변수를 추정하지 않아도 되기 때문에 상태 변수의 정보를 직접적으로 출력하는 센서뿐만 아니라 다양한 센서를 활용할 수 있다.

[0006] 등록 특허 공보 제10-0809352호는 파티클 필터를 이용한 격자 기반 슬램 알고리즘에 센서의 오차를 반영하여 가중치를 조정하여 이동 로봇의 자세를 상대적으로 정확하게 추정하는 이동 로봇의 자세 추정 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0007] 상기 선행기술문헌에는 이동 로봇의 자세 변화량을 감지하여 이전 파티클에 감지된 자세 변화량을 적용하여 현재 파티클의 자세를 구하고, 센서로부터 획득한 레인지 데이터(range data)와 지도 정보로부터 현재 파티클의

자세 확률 예측 및 가중치를 구하고, 가중치를 기초로 현재 파티클을 리샘플링(resampling)하여, 센서의 오차를 고려하여 가중치를 조정하는 구성이 개시되어 있다.

[0008] 그러나, 파티클 필터링은 유한한 개수의 파티클을 사용하기 때문에, 고차원의 확률 분포를 정확하게 표현하는데 한계를 가지고 있다. 따라서, 상기 선행기술문헌은 파티클 퇴화(degeneracy) 즉, 파티클들의 부정확한 확률 분포 묘사로부터 발생하는 문제점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 등록 특허 공보 제10-0809352호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 파티클 필터링 퇴화 경감 방법은, 지도로부터 얻을 수 있는 차로 개수를 활용하여 주행차로를 유지시키는 것을 목적으로 한다.

[0011] 본 발명의 두번째 목적은 위치 추정에 활용되는 주행 환경 정보를 차선 뿐만 아니라 차선 끝점, 노면 표시, 도로 표지판을 이용하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 파티클 필터링 퇴화 경감 방법은 상대 천이 모델과 파티클의 이전 상태를 이용하여 파티클의 현재 상태를 예측하는 단계와, 환경 인식 센서를 통해 검출된 주행 환경 정보와 정밀 지도 정보를 매칭하여 파티클의 가중치를 갱신하는 단계와, 차량의 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하는지 여부에 따라 파티클을 클러스터링하고, 리샘플링을 수행하는 단계를 포함한다.

[0013] 상기 리샘플링을 수행하는 단계는, 상기 차량의 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하지 않을 경우 파티클을 클러스터링하는 단계와, 파티클 클러스터의 개수가 지도로부터 얻을 수 있는 주행 도로의 주행 가능 차로 개수와 동일한 경우, 각 클러스터별로 리샘플링을 수행하여 주행 가능 차로 모두에 파티클들을 유지시키는 단계를 포함한다.

[0014] 상기 리샘플링을 수행하는 단계는, 상기 파티클 클러스터의 개수가 지도로부터 얻을 수 있는 주행 도로의 주행 가능 차로 개수와 동일하지 않은 경우, 전체 파티클에 대해 리샘플링을 수행하는 단계를 포함한다.

[0015] 상기 리샘플링을 수행하는 단계는, 상기 차량의 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하는 경우 전체 파티클에 대해 리샘플링을 수행하여 주행 차로를 확정하는 단계를 포함한다.

[0016] 상기 파티클의 가중치를 갱신하는 단계는, 차선, 차선 끝점, 노면 표시, 및 도로 표지판을 매칭 정보로 사용한다.

[0017] 상기 도로 표지판을 매칭 정보로 사용할 때, 차량의 주행 방향에 대한 상기 도로 표지판의 방향을 상기 매칭 정보로 사용한다.

[0018] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 차량의 위치 추정 장치는 차량의 주행 환경 정보를 인식하는 센서와, 지도 정보를 수신하여 출력하는 지도 정보 수신부와, 상기 주행 환경 정보와 상기 지도 정보를 매칭하여 차량의 위치를 추정하는 파티클 필터부를 포함하고, 상기 파티클 필터부는, 차량의 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하지 않을 경우, 상기 지도 정보로부터 얻을 수 있는 주행도로의 주행 가능 차로 개수를 이용하여 차량의 위치를 추정한다.

[0019] 상기 파티클 필터부는 차량의 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 나타나기 전까지 파티클 클러스터링을 수행하고, 파티클 클러스터 수를 상기 주행 가능 차로 개수와 동일하게 유지시킨다.

[0020] 상기 파티클 클러스터의 개수가 지도로부터 얻을 수 있는 주행 도로의 주행 가능 차로 개수와 동일한 경우, 각 클러스터별로 리샘플링을 수행하여 주행 가능 차로 모두에 파티클들을 유지시킨다.

발명의 효과

- [0021] 상기한 바와 같은 본 발명의 파티클 필터링 퇴화 경감 방법은 차량의 위치를 추정할 때 지도로부터 얻을 수 있는 차로 개수를 활용하여 주행차로에 파티클들을 유지시킴으로써 파티클 퇴화 문제를 경감할 수 있는 효과가 있다.
- [0022] 또한, 상기한 바와 같은 본 발명의 파티클 필터링 퇴화 경감 방법은 위치 추정에 활용되는 주행 환경 정보를 차선 뿐만 아니라 차선 끝점, 노면 표시, 도로 표지판을 이용함으로써, 차선 오프셋만 이용하여 차량의 위치를 추정할 경우에 발생하는 중방향 위치의 불확실성을 보완할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 파티클 퇴화를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 차량의 주행 방향에 대한 도로 표지판의 방향(Φ)을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 파티클 퇴화 문제를 경감시키기 위한 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 실시 예에 따른 시간에 따른 파티클 클러스터링 과정을 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하에서는 본 발명에 따른 실시예 및 도면을 참조하여, 본 발명을 더욱 상술한다.
- [0025] 도 1은 파티클 퇴화를 나타내는 도면이다. 환경 인식 센서 기반 위치 추정 방법은 환경 인식 센서로부터 정적인 특징점(예컨대, 차선, 차선끝점, 도로 표지판 등)을 검출하고, 검출된 특징점을 정밀 지도 정보와 매칭하여 위치를 추정하는 것이다.
- [0026] 특징점이 적은 도로에서는 주행 차로를 확정시킬 수 있는 노면 표시(road surface marker(RSM))가 나타나지 않은 구간이 있다. 주행 차로를 확정할 수 없을 경우에는 주행한다고 생각할 수 있는 모든 차로에 대한 가능성을 유지하여야 한다. 파티클 필터링에서는 이러한 가능성을 파티클을 통해 표현하는데, 이것은 가능성 있는 모든 차로에 파티클이 계속 유지되어야 하는 것을 의미한다.
- [0027] 도 1은 파티클 퇴화 때문에 가능성 있는 차로 모두에 파티클이 유지되지 못하는 상황을 나타낸다. 파란색이 파티클들을 나타낸다고할 때, 초기 위치(2, 3, 4차로)에서 파티클들은 가능성 있는 차로 모두에 존재하였으나, 주행하는 동안 2차로와 3차로에 있는 파티클들이 점차 소멸한다. 실제 주행 차로가 2차로나 3차로인 경우, 이러한 결과는 주행 차로를 잘못 인식하는 오인식 문제를 야기한다.
- [0029] 파티클 필터링은 측정된 정보로부터 상태 변수들의 현재 확률 분포를 추정한다. 여기서, 확률 분포는 가중치(weight)를 가지는 M개의 파티클 집합으로 표현된다. 즉, 파티클 필터링은 차량의 위치 및 자세에 대한 예측치를 가진 복수개의 샘플을 추출하고, 각 샘플이 실제 차량의 위치 및 자세일 확률을 이용하여 차량의 최적의 위치 및 자세를 추정하는 방법이다.
- [0030] 파티클 필터링은 상태전이 모델과 파티클의 이전 상태를 이용하여 파티클의 현재 상태 $\hat{\mathbf{x}}_{t|t-1}^n$ 를 예측하는 시간 업데이트(time update) 단계와, 측정된 정보로부터 파티클의 가중치 w_t^n 를 갱신하는 측정 업데이트(measurement update) 단계와, 가중치를 기반으로 현재 파티클 $\hat{\mathbf{x}}_{t|t}^n$ 을 분배하는 리샘플링(resampling) 단계를 반복함으로써 최적의 상태 변수를 추정한다.
- [0031] 차량의 위치 및 자세를 추정하기 위해 시간 t에 대한 n번째 파티클 \mathbf{x}_t^n 은 하기의 [수학식 1]과 같이 설정할 수 있다.

[0032] [수학식 1]

[0033]
$$\mathbf{x}_t^n = [x_t^n \ y_t^n \ \theta_t^n]^T$$

[0034] 여기서, x와 y는 차량의 2차원 위치이며, θ 는 차량의 자세를 나타내는 헤딩(heading)을 의미한다.

[0036] 시간 업데이트 단계에서, 현재 차량의 위치와 자세 추정치는 CTRV(constant turn rate and velocity) 상태 천이 모델과 거동 센서를 통해 얻어진 차량의 속도 v와 요레이트(yaw rate) w를 이용하여 하기의 [수학식 2]와 같이 계산된다.

[0037] CTRV 모델은 차량이나 로봇 등 이동체의 모션(위치 및 자세)을 추정하기 위한 모델이다. CTRV 모델은 Z축 중심의 회전을 고려한 모션 모델 중의 하나이고, 속도와 요레이트가 일정하다고 가정하여 모션을 추정하는 모델이다.

[0038] [수학식 2]

$$\hat{\mathbf{x}}_{t|t-1}^n = \begin{bmatrix} \hat{x}_{t|t-1}^n \\ \hat{y}_{t|t-1}^n \\ \hat{\theta}_{t|t-1}^n \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \hat{x}_{t-1|t-1}^n - \tilde{v}/\tilde{\omega}\sin(\hat{\theta}_{t-1|t-1}^n) + \tilde{v}/\tilde{\omega}\sin(\hat{\theta}_{t-1|t-1}^n + \tilde{\omega}\Delta t) \\ \hat{y}_{t-1|t-1}^n + \tilde{v}/\tilde{\omega}\cos(\hat{\theta}_{t-1|t-1}^n) - \tilde{v}/\tilde{\omega}\cos(\hat{\theta}_{t-1|t-1}^n + \tilde{\omega}\Delta t) \\ \hat{\theta}_{t-1|t-1}^n + \tilde{\omega}\Delta t \end{bmatrix}$$

$$\tilde{v} = v + \text{sample}(\sigma_v^2), \tilde{\omega} = \omega + \text{sample}(\sigma_\omega^2)$$

[0039]

[0040] 여기서, sample() 함수는 불확실성을 생성하는 함수이며, σ_v 와 σ_ω 각각은 속도와 요레이트 센서의 신호 잡음의 표준 편차를 의미한다.

[0042] 측정 업데이트 단계에서, 환경 인식 센서를 통해 검출된 주행 환경 정보와 정밀 지도 정보를 매칭하여 파티클의 가중치를 갱신한다. 상기 가중치는 이동체의 추정된 위치 및 자세에 해당될 확률을 나타낸다. 위치 추정에 활용되는 대표적인 주행 환경 정보인 차선의 경우, 전방 카메라로 차선을 검출하면 자차에 대한 차선의 횡방향 오프셋을 검출할 수 있는데, 이를 지도상에서 파티클 위치에 자차가 있다고 가정했을 때 관찰되는 차선 정보로 구한 횡방향 오프셋과 비교한다.

[0043] 본 명세서에서 자차에 대한 차선의 횡방향 오프셋이란 자차와 차선 사이의 횡방향 거리를 의미한다.

[0044] 그러나, 일반적으로 차선이 주행 방향과 평행하게 그려져 있기 때문에 차선 오프셋만 사용하는 경우, 자차에 대한 종방향 위치 불확실성이 존재한다. 본 발명은 종방향 위치 불확실성을 보완하기 위해 파티클 필터링에 차선 끝점, 노면 표시, 도로 표지판을 매칭 정보로 사용한다. 전방 카메라 영상을 활용하여 차선 끝점과 노면 표시의 3차원 정보를 추정할 수 있기 때문에, 이를 지도상에서 파티클 위치에 자차가 있다고 가정했을 때 관찰되는 차선 끝점과 노면 표시와 비교한다.

[0045] 그러나, 도로 표지판의 경우, 3차원 복원에서 발생하는 오류가 크기 때문에 상대 위치를 매칭 정보로 활용하는 대신, 도 2에 도시된 바와 같이 차량의 주행 방향에 대한 도로 표지판의 방향(ϕ)을 매칭 정보로 활용한다.

[0046] 파티클 $\hat{\mathbf{x}}_{t|t-1}^n$ 의 가중치 w_t^n 는 하기의 [수학식 3]과 같다.

[0047] [수학식 3]

$$w_t^n = w_{L,t}^n w_{E,t}^n w_{R,t}^n w_{S,t}^n$$

[0048]

[0049] 여기서, $w_{L,t}^n w_{E,t}^n w_{R,t}^n w_{S,t}^n$ 각각은 차선 오프셋으로부터 계산된 가중치, 차선 끝점의 상대 위치로부터 계산된 가중치, 노면표시의 상대 위치로부터 계산된 가중치, 도로 표지판의 방향으로부터 계산된 가중치를 의미하며, 가우시안 확률 분포를 활용하여 하기의 [수학식 4]와 같이 표현된다.

[0050] [수학식 4]

$$w_{L,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_L^2}} \exp\left\{-\frac{(l_t^n - l_{m,t})^2}{2\sigma_L^2}\right\}$$

$$w_{E,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi \det(\Sigma_E)}} \exp\left\{-\frac{(\mathbf{P}_{E,t}^n - \mathbf{P}_{E,m,t}) \Sigma_E^{-1} (\mathbf{P}_{E,t}^n - \mathbf{P}_{E,m,t})^T}{2}\right\}$$

$$w_{R,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi \det(\Sigma_R)}} \exp\left\{-\frac{(\mathbf{P}_{R,t}^n - \mathbf{P}_{R,m,t}) \Sigma_R^{-1} (\mathbf{P}_{R,t}^n - \mathbf{P}_{R,m,t})^T}{2}\right\}$$

$$w_{S,t}^n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_S^2}} \exp\left\{-\frac{(\phi_t^n - \phi_{m,t})^2}{2\sigma_S^2}\right\}$$

[0051]

[0052]

여기서, l_t^n , $\mathbf{P}_{E,t}^n$, $\mathbf{P}_{R,t}^n$, ϕ_t^n 각각은 파티클과 정밀 지도 정보를 통해 얻은 차선 오프셋, 차선 끝점의 상대 위치, 노면표시의 상대 위치, 도로 표지판의 방향을 의미하며, $l_{m,t}$, $\mathbf{P}_{E,m,t}$, $\mathbf{P}_{R,m,t}$, $\phi_{m,t}$ 각각은 환경 인식 센서로부터 측정된 차선 오프셋, 차선 끝점의 상대 위치, 노면표시의 상대 위치, 도로 표지판의 방향을 의미한다. 또한, σ_L 와 σ_S 각각은 환경 인식 센서로부터 측정된 차선 오프셋과 도로 표지판의 방향 검출 잡음에 대한 표준편차이며, Σ_E 와 Σ_R 각각은 차선 끝점의 상대 위치와 노면표시의 상대 위치 검출 공분산 행렬을 의미한다.

[0053]

모든 파티클의 가중치가 구해지면 파티클의 가중치를 정규화(normalization)하여, 가중치 합이 1이 되도록 한다.

[0055]

리샘플링 단계에서, 파티클의 가중치에 비례하여 새로운 파티클들을 생성한다. 한정된 개수의 파티클을 사용하여 좀 더 정확하게 상태를 추정하기 위해서 유의미한 파티클을 위주로 재분배하기 위함이다. 즉, 가중치가 작은 파티클들은 사라지고 가중치가 클수록 더 많은 새로운 파티클들을 생성하게 된다. 예컨대, low variance sampling 기법은 가중치에 비례하여 파티클을 나열하고, 고정 간격의 파티클들을 선택하는 샘플링 기법으로 적은 연산량을 필요로 한다.

[0056]

[0057]

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 파티클 퇴화 문제를 경감시키기 위한 방법을 설명하기 위한 플로우차트이고, 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 실시 예에 따른 시간에 따른 파티클 클러스터링 과정을 설명하기 위한 개념도이다. 도 4a 내지 도 4c 각각의 첫번째 그래프는 시간 업데이트 단계 이후의 파티클 분포를 나타내고, 특히 도 4a의 첫번째 그래프는 초기 위치의 파티클 분포를 나타내고, 도 4a 내지 도 4c 각각의 두번째 그래프는 파티클 클러스터링의 결과를 클러스터 별로 다른 색으로 보여주고, 도 4a 내지 도 4c 각각의 세번째 그래프는 리샘플링 단계 이후 파티클의 분포를 나타낸다.

[0058]

도 3을 참조하면, 초기 시간(t=1)에서의 파티클들의 상태(위치와 자세)가 설정된다(S110).

[0059]

상태전이 모델과 파티클의 이전 상태를 이용하여 파티클의 현재 상태 $\hat{\mathbf{x}}_{i|t-1}^n$ 를 예측한다(S120). 환경 인식 센서를 통해 검출된 주행 환경 정보와 정밀 지도 정보 매칭을 통해 파티클의 가중치 w_t^n 를 갱신한다(S130).

[0060]

주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 환경 인식 센서의 검출 영역 내에 존재하는지 여부를 판단한다(S140). 여기서, 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이란 노면 표시나 도로 표지판과 같이 주행하는 차도에 따라 검출 결과에 차이가 있는 특징점을 의미한다. 차선 끝점의 경우에는 주행하는 차로마다 동일하게 검출되므로 주행차로를 확정할 수 있는 특징점에 해당하지 않는다. 예컨대, 전방 카메라의 경우 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점은 카메라로부터 촬영된 영상을 통해서 검출된다.

[0061]

환경 인식 센서의 검출 영역은 자차의 위치로부터 특징점이 검출되는 범위(영역)을 의미한다. 예컨대, 전방 카메라의 경우 자차 기준 중방향으로 6~19m 이내 특징점만 검출 가능하다.

[0062]

특징점이 검출되는 구간은 환경 인식 센서로부터 특징점이 검출되는 구간(지역)을 의미한다. 예컨대, 상기 특징점이 검출되는 구간은 지도의 특징점의 위치를 통해 얻을 수 있는 정보이다.

[0063]

예컨대, 환경 인식 센서의 검출 영역이 20m이고, 100m 전방에 도로 표지판이 있다고 가정할 때, 환경 인식 센서로부터 특징점이 검출되는 구간은 80m 부터이다.

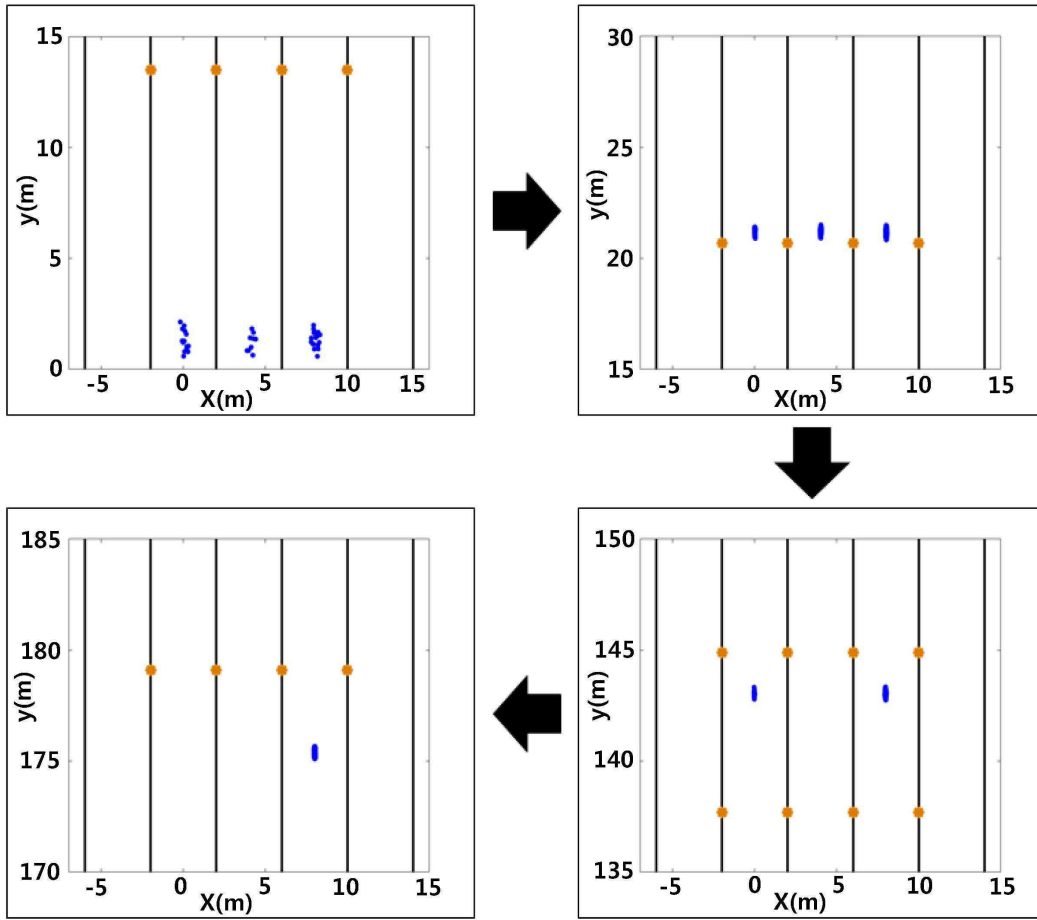
- [0064] 도 4c는 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 검출되는 구간의 파티클 분포를 나타낸다. 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하면(S140의 Yes), 파티클 클러스터링을 수행하지 않고 전체 파티클에 대한 리샘플링을 수행하게 된다. 이를 통해 리샘플링 단계에서 주행 차로를 확정지을 수 있다.
- [0065] 그러나, 주행 차로를 확정할 수 있는 특징점이 센서의 검출 영역 내에 존재하지 않으면(S140의 No), 파티클들을 클러스터링한다(S150). 여기서, 파티클 클러스터링은 데이터의 밀도 분포를 기반으로 데이터 분포의 중심과 클러스터를 검출하는 mean-shift 알고리즘을 사용할 수 있다.
- [0066] 검출된 파티클 클러스터의 개수(c)가 지도로부터 얻을 수 있는 주행도로의 주행 가능 차로 개수(m)와 동일한 경우(S160의 Yes), 각 클러스터 별로 리샘플링을 수행한다(S170).
- [0067] 도 4b는 검출된 파티클 클러스터 수가 3개로 주행 도로의 주행 가능 차로 개수와 동일한 경우를 나타낸다. 각 클러스터별로 독립적인 리샘플링을 수행하므로 리샘플링 단계 이후에도 리샘플링 이전과 동일하게 주행 가능 차로 모두에 파티클들이 유지된다.
- [0068] 그러나, 검출된 파티클 클러스터의 개수(c)가 지도로부터 얻을 수 있는 주행도로의 주행 가능 차로 개수(m)와 동일하지 않은 경우(S160의 No), 전체 파티클에 대해서 리샘플링을 수행한다(S180).
- [0069] 도 4a의 첫번째 그래프는 초기 위치의 파티클 분포를 나타낸다. 파티클 클러스터링 결과, 검출된 파티클 클러스터 수가 14개로 주행도로의 주행가능 차로 개수(3개)와 동일하지 않기 때문에 전체 파티클에 대한 리샘플링을 수행한다.
- [0070] 이러한 방법은 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 나타나기 전까지 파티클 클러스터링을 수행하여 파티클 클러스터 수를 주행 가능 차로 개수와 동일하게 유지시켜주고, 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 검출되는 구간에서는 파티클 클러스터링을 수행하지 않고 전체 파티클에 대한 리샘플링을 수행하여 주행 차로를 확정시킨다.
- [0072] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 차량의 위치 추정 장치를 나타낸다. 도 5를 참조하면 차량의 위치 추정 장치(10)는 환경 인식 센서(100), 정밀 지도 정보 수신부(200), 파티클 필터부(300), 특징점 검출부(500), 및 차량 위치 계산부(400)를 포함할 수 있다. 환경 인식 센서(100)는 카메라나 LIDAR일 수 있다. 정밀 지도 정보 수신부(200)는 외부로부터 정밀 지도 정보를 수신하여 저장할 수 있다. 특징점 검출부(500)는 환경 인식 센서(100)로부터 영상 등을 수신하고, 수신된 영상으로부터 차선, 차선끝점, 도로 표지판 등의 정적인 특징점을 검출할 수 있다.
- [0073] 파티클 필터부(300)는 특징점 검출부(500)로부터 차선, 차선끝점, 도로 표지판 등의 정적인 특징점을 수신한다. 파티클 필터부(300)는 정밀 지도 정보 수신부(200)로부터 정밀 지도 정보를 읽어오고, 상기 특징점과 상기 정밀 지도 정보를 매칭하여 주행 차로를 추정할 수 있다.
- [0074] 파티클 필터부(300)는 상기 특징점과 상기 정밀 지도 정보를 매칭하여 차량의 위치를 추정할 때, 주행 차로를 확정시킬 수 있는 특징점이 나타나기 전까지 파티클 클러스터링을 수행하여 파티클 클러스터 수를 주행 가능 차로 개수와 동일하게 유지시켜줌으로써, 파티클 퇴화 문제를 경할 수 있는 효과가 있다.
- [0075] 차량 위치 계산부(400)는 추정된 주행 차로를 이용하여 차량의 위치를 추정할 수 있다.
- [0076] 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

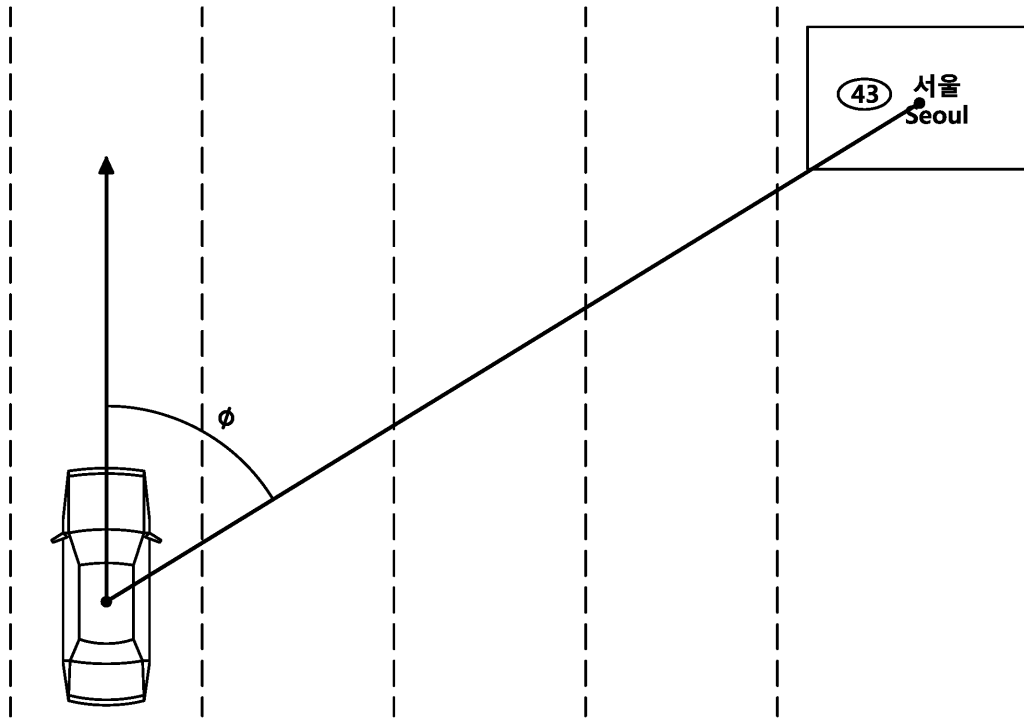
- [0077] 10; 차량의 위치 추정 장치
- 100; 환경 인식 센서
- 200; 정밀 지도 정보 수신부
- 300; 파티클 필터부

도면

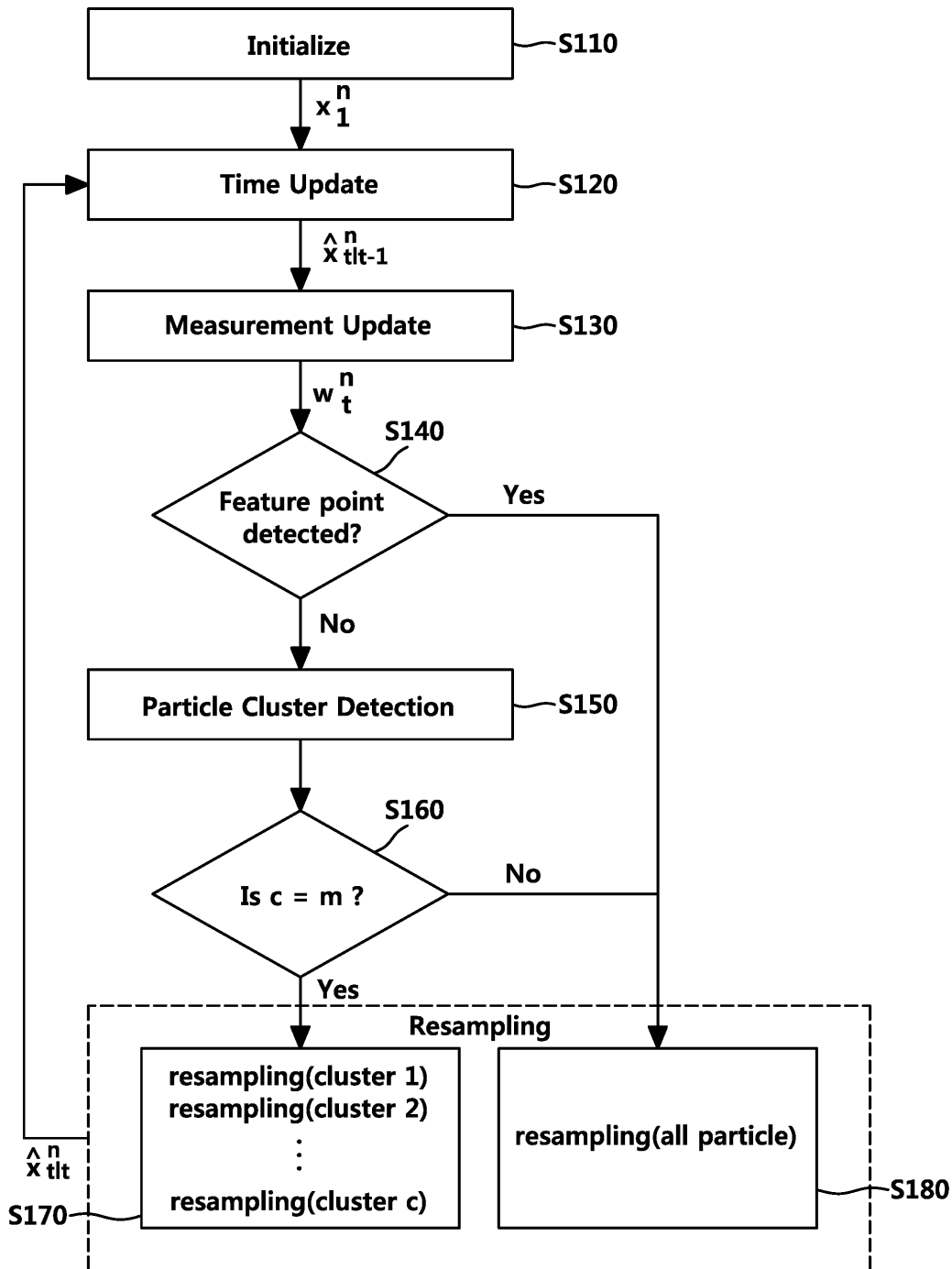
도면1



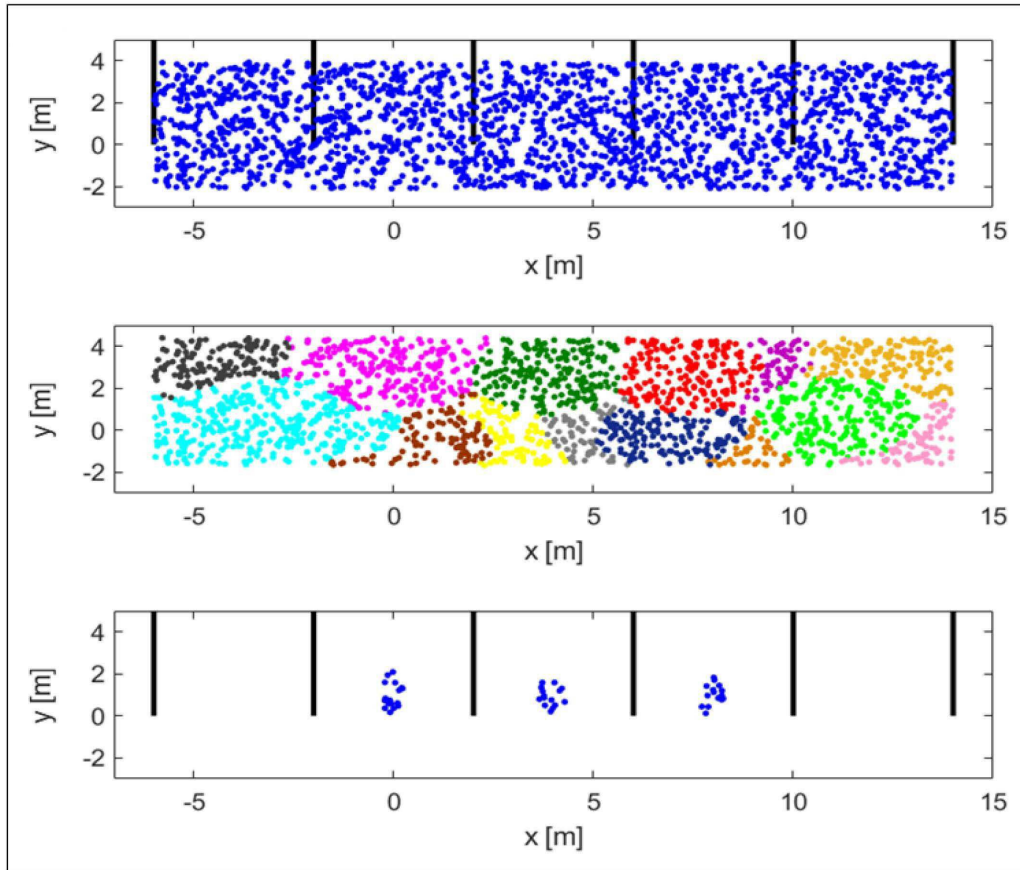
도면2



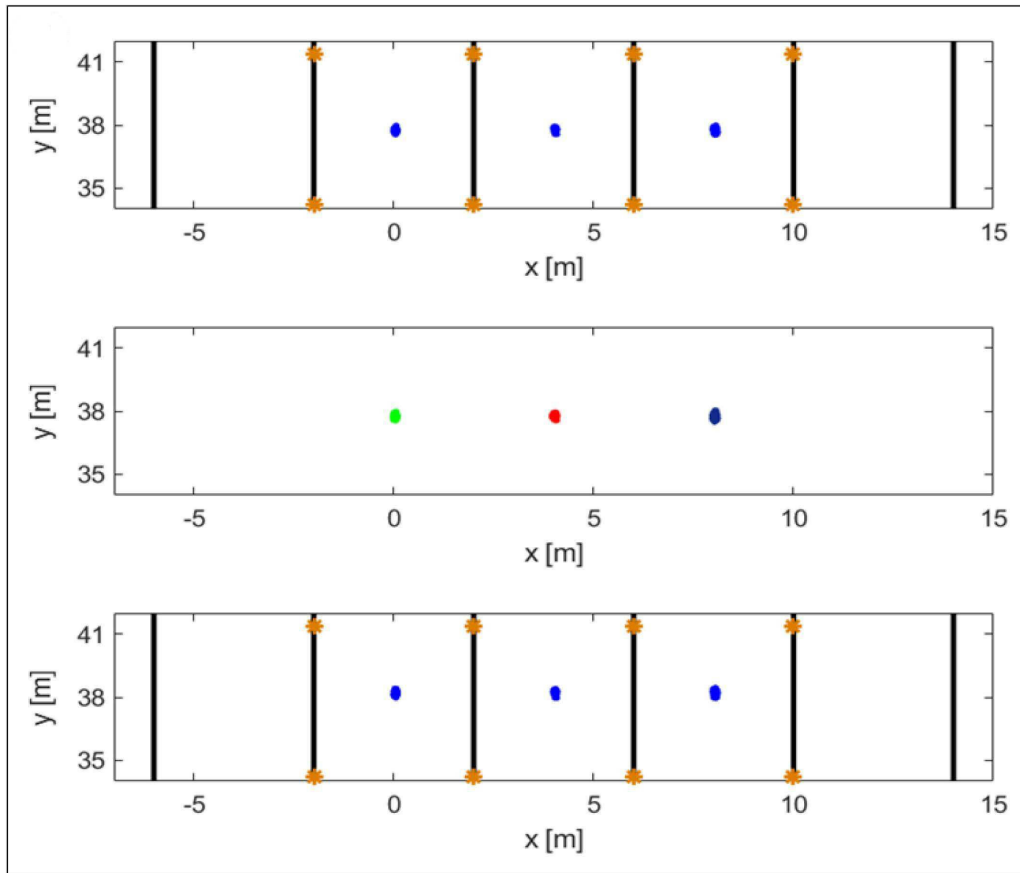
도면3



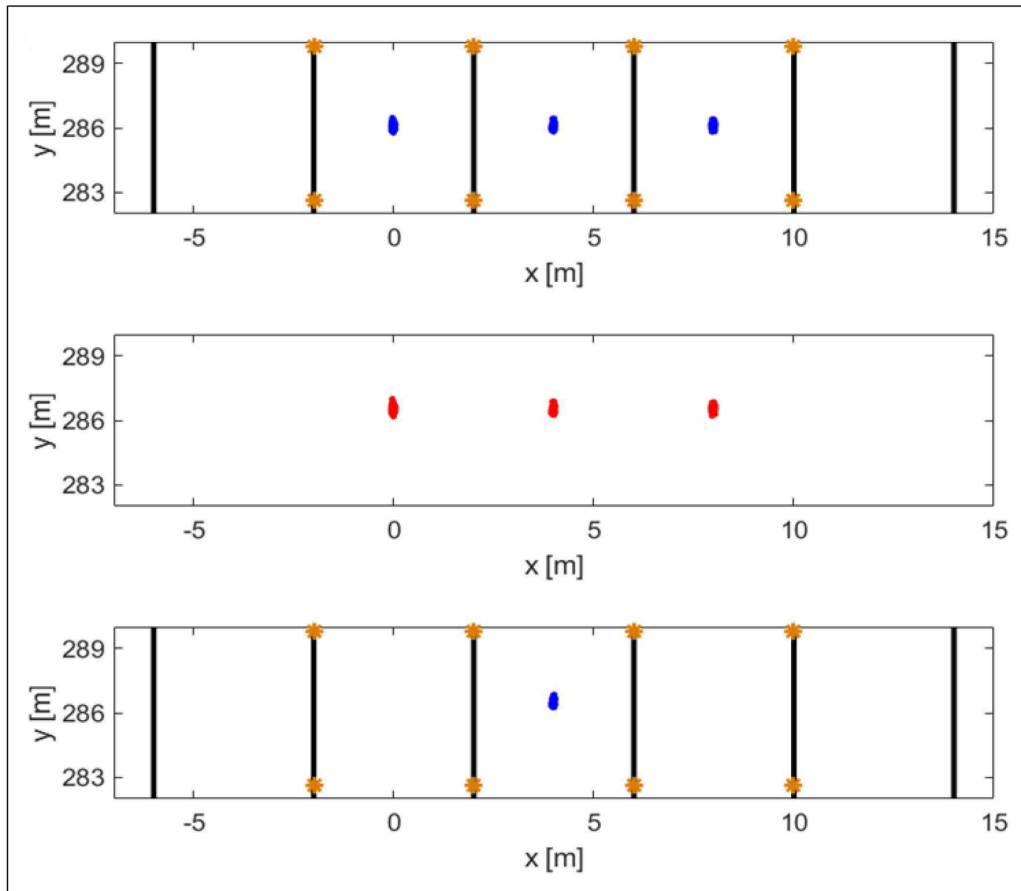
도면4a



도면4b



도면4c



도면5

