(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0028355
(43) 공개일자 2025년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/40 (2006.01) *G01S 13/86* (2006.01)
G01S 13/931 (2020.01) *G01S 17/87* (2020.01)
G01S 19/23 (2010.01) *G01S 7/497* (2006.01)
G06T 7/80 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/4004 (2021.01)
G01S 13/865 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7001028
(22) 출원일자(국제) 2023년05월11일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2025년01월10일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/062655
(87) 국제공개번호 WO 2023/247109
국제공개일자 2023년12월28일
(30) 우선권주장
22180544.3 2022년06월22일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
에이아이모티브 케이에프티.
헝가리, 에이치-1025 부다페스트, 셉볼지 우트 22
(72) 발명자
지로시, 타마시
헝가리 5440 쿤센트마르톤 도자 외르시 스트리트 5
레란트-네스테, 마티아시
헝가리 1062 부다페스트 세켈리 벨타란 스트리트 1/비
코즈마, 페테르 다니엘
헝가리 1023 부다페스트 메체트 스트리트 8
(74) 대리인
양영준, 이민호, 백만기

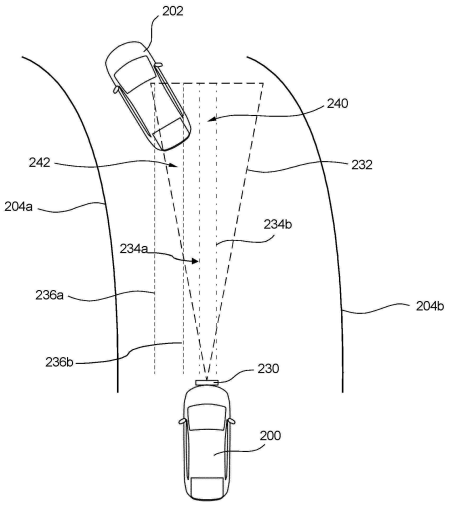
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **상이한 센서 모달리티들, 예컨대, 카메라, 레이더 및 라이더 센서들의 자동 외부 교정 및 교정 검증**

(57) 요 약

본 발명은 차량의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 방법을 제공하고, 그 방법은: - 제1 센서로부터의 제1 데이터 및 제2 센서로부터의 제2 데이터를 획득하는 단계; - 제2 데이터의 데이터 포인트들의 포지션들에 기초하여 적어도 제2 데이터를 필터링하는 단계; 및 - 제1 데이터 및 필터링된 제2 데이터에 기초하여 제1 센서와 제2 센서 사이의 교정의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2b



(52) CPC특허분류
G01S 13/867 (2013.01)
G01S 13/931 (2013.01)
G01S 17/87 (2013.01)
G01S 19/23 (2013.01)
G01S 7/497 (2013.01)
G06T 7/85 (2017.01)
G06T 2207/10012 (2013.01)
G06T 2207/10028 (2013.01)
G06T 2207/30252 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

차량(122, 124, 126)의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 방법으로서,

- 상기 제1 센서로부터의 제1 데이터 및 상기 제2 센서로부터의 제2 데이터를 획득하는 단계;

- 상기 제2 데이터의 데이터 포인트들의 포지션들에 기초하여 적어도 상기 제2 데이터를 필터링하는 단계; 및

- 상기 제1 데이터 및 필터링된 제2 데이터에 기초하여 상기 제1 센서와 상기 제2 센서 사이의 교정의 하나 이상의 파라미터(302, 330)를 결정하는 단계

를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 데이터 및/또는 상기 제2 데이터를 공통 도메인으로 변환하기 위해 선험적 교정(a priori calibration)을 사용하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 데이터에서 제1 객체들을 검출하고/하거나 필터링된 제2 데이터에서 제2 객체들을 검출하고, 상기 제1 객체들 및/또는 상기 제2 객체들에 기초하여 상기 하나 이상의 파라미터(302, 330)의 결정을 수행하는 단계를 더 포함하고, 바람직하게는, 상기 하나 이상의 파라미터(302, 330)의 결정은 상기 제1 객체들 및/또는 상기 제2 객체들의 중심 포인트들에 기초하는, 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 센서 및/또는 상기 제2 센서는 일반적인 카메라, 스테레오 카메라, 레이더(210), 라이더 중 하나 이상을 포함하는, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 교정의 하나 이상의 파라미터(302, 330)는 요 및 피치 파라미터들(302, 330)을 포함하고,

상기 방법은 센서(100, 230)로부터 원거리 포인트를 향하는 중심 라인 주위의 영역 폭을 갖는 필터링 영역에 기초하여 상기 제2 데이터를 필터링하는 단계를 더 포함하고, 상기 원거리 포인트는 상기 센서(100, 230)의 포지션의 측방 및/또는 수직 좌표 성분에 대응하는 측방 및/또는 수직 좌표 성분을 갖는, 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

- 상기 영역 폭은 상기 제1 센서와 상기 제2 센서의 주어진 페어에 미리 결정된 폭을 배정하는 미리 결정된 테이블에 기초하여 결정되고/되거나,

- 상기 영역 폭은 상기 센서(100, 230)의 포지션 및/또는 배향에 기초하여 결정되는, 방법.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서,

기준 센서의 좌표들에서의 상기 원거리 포인트의 포지션은,

- $\mathbf{p}_{ref_sensor} = \mathbf{T}\,\mathbf{p}_{cal_sensor}$,

- $\mathbf{p}_{ref_sensor} = \mathbf{K}_{\mathbf{ref_sensor}}\,\mathbf{T}\,\mathbf{p}_{cal_sensor}$,

- $\mathbf{p}_{ref_sensor} = \mathbf{T}\,\mathbf{K}^{-1}_{\mathbf{cal_sensor}}\,\mathbf{p}_{cal_sensor}$, 및

- $\mathbf{p}_{ref_sensor} = \mathbf{K}_{\mathbf{ref_sensor}}\,\mathbf{T}\,\mathbf{K}^{-1}_{\mathbf{cal_sensor}}\,\mathbf{p}_{cal_sensor}$

로서 결정되고,

상기 $\mathbf{p}_{cal_sensor}$는 교정 센서의 좌표들에서의 상기 원거리 포인트의 포지션이고, 상기 $\mathbf{p}_{ref_sensor}$는 상기 기준 센서의 좌표들에서의 상기 원거리 포인트의 포지션이고, 상기 T는 상기 교정 센서와 상기 기준 센서의 좌표계들 사이의 행렬 변환이고, 상기 $\mathbf{K}_{\mathbf{cal_sensor}}$ 및 상기 $\mathbf{K}_{\mathbf{ref_sensor}}$는 개개의 카메라 행렬 변환들인, 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 교정의 하나 이상의 파라미터(302, 330)는 적어도 하나의 롤 파라미터를 포함하고,

상기 방법은 상기 센서(100, 230)로부터 상기 센서(100, 230)의 좌표들에서 측방 시프트만큼 상기 센서의 포지션으로부터 측방으로 시프트된 원거리 포인트를 향하는 중심 라인 주위의 고정 폭을 갖는 필터링 영역에 기초하여 상기 제2 데이터를 필터링하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 데이터를 필터링하는 단계는 필터링 영역에 기초하여 필터링하는 단계를 포함하고, 상기 필터링 영역은 상기 차량(122, 124, 126)의 조향 방향의 각도에 기초하여 조정되고, 바람직하게는, 상기 필터링 영역의 측방 위치를 결정하는 것은 상기 조향 방향의 각도의 사인(sinus)을 평가하는 것을 포함하고, 바람직하게는, 상기 평가하는 것은 상기 조향 방향의 각도의 사인과 감도 상수를 곱하는 것, 바람직하게는, 카메라 센서의 초점 거리에 비례하는 상수와 추가로 곱하는 것을 포함하는, 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방법은 상기 제1 센서와 상기 제2 센서 사이의 복수의 후보 선험적 교정들을 사용하여 반복적으로 수행되고, 바람직하게는, 상기 방법은 상기 복수의 후보 선험적 교정들로부터 바람직한 선험적 교정을 선택하는 추가적인 단계를 포함하는, 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 센서와 상기 제2 센서 사이의 교정의 하나 이상의 파라미터(302, 330)를 결정하는 단계는,

- 상기 제1 데이터 내의 포인트들과 상기 제2 데이터 내의 포인트들 사이의 페어링을 결정하는 단계; 및

- 페어링된 포인트들 사이의 에러가 최소화되도록 상기 하나 이상의 파라미터(302, 330)를 결정하는 단계

를 포함하고,

바람직하게는, 상기 제1 센서 및 상기 제2 센서를 교정하는 것은 상기 제1 센서 및 상기 제2 센서로 제3 센서를

교정하는 것을 더 포함하고, 상기 교정의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 단계는 상기 제1 센서와 상기 제2 센서 사이의 포인트 페어들, 상기 제2 센서와 상기 제3 센서 사이의 포인트 페어들 및 상기 제3 센서와 상기 제1 센서 사이의 포인트 페어들의 에러를 최소화하는 단계를 포함하고, 바람직하게는, 상기 포인트 페어들의 에러를 최소화하는 단계는 센서 페어들의 포인트 페어들의 에러들의 가중 합을 최소화하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

결정된 교정을 검증하는 단계(340)를 더 포함하고, 상기 검증하는 단계(340)는 상기 결정된 교정의 하나 이상의 파라미터(302, 330)를 선험적 교정의 하나 이상의 대응하는 파라미터(302, 330)와 비교하고, 상기 결정된 교정과 상기 선험적 교정 사이의 차이가 미리 결정된 임계치 미만인 경우 상기 선험적 교정을 검증하는 단계(340)를 포함하는, 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 검증하는 단계(340)는, 상기 제1 센서 및 상기 제2 센서를 포함하는 복수의 센서들(100, 230) 각각에 대해,

- 상기 결정된 교정의 파라미터들(302, 330)을 사용하여 상기 복수의 센서들(100, 230) 중 다른 센서의 좌표들 상으로 투영된 검출된 객체들의 제1 중심 포인트들을 결정하는 단계;

- 상기 선험적 교정의 파라미터들을 사용하여 상기 복수의 센서들 중 다른 센서의 좌표들 상으로 투영된 검출된 객체들의 제2 중심 포인트들을 결정하는 단계; 및

- 상기 제1 중심 포인트들과 상기 제2 중심 포인트들 사이의 거리를 결정하는 단계

를 포함하고,

바람직하게는, 상기 센서(100, 230)와 상기 복수의 센서들(100, 230) 중 다른 센서 사이의 교정은 상기 거리가 미리 결정된 임계치 미만인 경우 검증되는, 방법.

청구항 14

차량(122, 124, 126)의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 교정 시스템으로서,

교정 유닛은,

- 제1 센서로부터의 제1 데이터 및 상기 제2 센서로부터의 제2 데이터를 획득하기 위한 획득 유닛;

- 상기 제2 데이터의 데이터 포인트들의 포지션들에 기초하여 적어도 상기 제2 데이터를 필터링하기 위한 필터링 유닛; 및

- 상기 제1 데이터 및 필터링된 제2 데이터에 기초하여 상기 제1 센서와 상기 제2 센서 사이의 교정의 하나 이상의 파라미터(302, 330)를 결정하기 위한 결정 유닛

을 포함하는, 교정 시스템.

청구항 15

프로그램 코드를 저장한 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서,

상기 프로그램 코드는 프로세서에 의해 실행될 때 제1항 내지 제13항 중 어느 한 항의 방법을 수행하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 차량의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 방법 및 차량의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 교정 유닛에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 또한 프로그램 코드를 저장한 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 관한 것이고, 프로그램 코드는 이러한 방법을 수행하기 위한 명령어들을 포함한다.

배 경 기 술

[0003] 자율과 비자율 둘 모두의 현대의 자동차들은 상이한 모달리티들(modalities)의 점점 더 많은 수의 센서들을 포함한다. 이러한 센서들은 교정될 필요가 있다. 예컨대, 카메라의 내부 교정(intrinsic calibration)은 2D 이미지 포인트들을 3D 장면 포인트들과 관련시키는 카메라 투영 모델에 대한 파라미터들의 세트를 결정하는 것을 포함하고, 여기서, 최적의 파라미터들은 최소 재투영 에러에 대응한다. 하나 초과의 모달리티의 센서들이 있는 경우, 외부 교정(extrinsic calibration)이 요구된다. 외부 교정은 하나의 센서로부터의 포인트들을 다른 센서의 대응하는 포인트들과 매칭시키는 파라미터들을 결정하는 것을 수반할 수 있다.

발명의 내용

[0004] 본 발명의 목적은 차량의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 방법 및 차량의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 교정 유닛을 제공하는 것인데, 이는 위에서 언급된 종래 기술의 문제들 중 하나 이상을 극복한다.

[0005] 본 발명의 제1 양태는 차량의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 방법을 제공하고, 그 방법은:

[0006] - 제1 센서로부터의 제1 데이터 및 제2 센서로부터의 제2 데이터를 획득하는 단계,

[0007] - 제2 데이터의 데이터 포인트들의 포지션들에 기초하여 적어도 제2 데이터를 필터링하는 단계, 및

[0008] - 제1 데이터 및 필터링된 제2 데이터에 기초하여 제1 센서와 제2 센서 사이의 교정의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 단계

[0009] 를 포함한다.

[0010] 제1 양태의 방법은 교정이 필터링된 제2 데이터에 기초하여 수행된다는 이점을 갖는다. 필터링은 명확하게 무관한 포인트들이 필터링되고 교정이 필터링되지 않은 포인트들에 대해 수행되도록 수행될 수 있다. 따라서, 잘못된 교정의 확률이 감소될 수 있고, 교정의 전체 신뢰성이 개선된다.

[0011] 제1 센서 및/또는 제2 센서는 카메라를 포함할 수 있다. 제1 데이터 및/또는 제2 데이터를 획득하는 것은 제1 이미지 및/또는 제2 이미지를 획득하는 것을 포함할 수 있다.

[0012] 아래에서 추가로 약술될 바와 같이, 제1 센서 및 제2 센서에 추가하여, 방법은 추가적인 센서들을 동시에 교정할 수 있다는 것을 이해한다.

[0013] 적어도 제2 데이터를 필터링하는 것은 임의로 또한 제1 데이터가 필터링될 수 있다는 것을 의미한다. 적어도 제2 데이터를 필터링하는 것은 특정 하나 이상의 영역, 예컨대, 하나 이상의 미리 결정된 특정 영역에 속하는 포지션들을 갖는 제2 데이터의 데이터 포인트들이 필터링, 즉, 제거된다는 것을 포함할 수 있다. 예컨대, 특정 타깃 영역 외부에 있는 포지션들을 갖는 데이터 포인트들이 제거될 수 있다. 타깃 영역은 조향의 특성들, 예컨대, 차량의 조향 방향에 의존할 수 있다.

[0014] 교정은 제1 센서와 제2 센서 사이의 정렬을 포함할 수 있는데, 예컨대, 교정은 제1 센서와 제2 센서의 좌표계 사이의 병진을 위한 3개의 파라미터 및 회전을 위한 트리 파라미터들을 포함할 수 있다.

[0015] 제1 양태에 따른 방법의 제1 구현에서, 방법은 제1 데이터 및/또는 제2 데이터를 공통 도메인으로 변환하기 위해 선험적 교정(a priori calibration)을 사용하는 단계를 더 포함한다.

[0016] 선험적 교정을 사용하는 것은 제1 센서와 제2 센서 사이의 상대적 배향에 관한 선험적 지식이 제1 센서와 제2 센서 사이의 최종 교정을 결정하기 위한 시작 포인트로서 사용될 수 있다는 이점을 갖는다. 예컨대, 제2 센서의 장착 포지션에 대한 제1 센서의 장착 포지션에 관한 지식은 선험적 교정을 결정하기 위해 사용될 수 있다.

[0017] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 방법은 제1 데이터에서 제1 객체들을 검출하고/하거나 필터링된 제2 데이터에서 제2 객체들을 검출하고 제1 객체들 및/또는 제2 객체들에 기초하여 하나 이상의 파라미터의 결정을 수행하는 단계를 더 포함한다.

[0018] 검출된 객체들에 기초하여 교정을 수행하는 것은 제1 센서 및 제2 센서가 (제1 데이터 및 제2 데이터에서 상이한 종류들의 데이터 포인트들을 결과로 발생시킬 수 있는) 상이한 모달리티들을 사용하는 경우에도, 제1 데이터

및 제2 데이터에서 완전히 대응할 수 있는 검출된 객체들에 기초하여 – 정확한 교정이 수행될 수 있다는 이점을 갖는다.

[0019] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 하나 이상의 파라미터를 결정하는 것은 제1 객체들 및/또는 제2 객체들의 중심 포인트들에 기초한다.

[0020] 예컨대, 제1 센서는 주어진 객체에 대해 다수의 데이터 포인트들을 취득할 수 있는 반면, 제2 센서는 동일한 주어진 객체에 대해 더 적은 데이터 포인트들을 요구할 수 있다. 그러나, 제1 센서 상의 데이터 포인트들 및 제2 센서의 데이터 포인트들로부터, 동일한 중심 포인트들이 결정될 수 있다.

[0021] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 제1 센서 및/또는 제2 센서는 일반적인 카메라, 스테레오 카메라, 레이더 및 라이더 중 하나 이상을 포함한다.

[0022] 다른 실시예들에서, 제1 센서 및/또는 제2 센서는 방법을 실행하는 데 적절한 데이터를 제공하는 임의의 추가의 센서 모달리티들을 포함할 수 있다.

[0023] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 교정의 하나 이상의 파라미터는 요 및 피치 파라미터들을 포함하고, 방법은 센서로부터 원거리 포인트를 향하는 중심 라인 주위의 영역 폭을 갖는 필터 영역에 기초하여 제2 데이터를 필터링하는 단계를 더 포함하고, 여기서, 원거리 포인트는 센서의 포지션의 측방 및/또는 수직 좌표 성분에 대응하는 측방 및/또는 수직 좌표 성분을 갖는다.

[0024] 다시 말하면, 이 구현에서, 필터 영역은 차량 전방의 직사각형 영역(위에서 볼 때)일 수 있다. 실험들은 이 영역이 필터 영역으로서 특히 유용하다는 것을 나타냈다. 본원에서, 필터 영역은 데이터 포인트들이 필터링되지 않는 영역, 즉, 데이터 포인트들이 유지되고 추가의 교정 프로세스에서 사용되는 영역을 지칭한다.

[0025] 바람직하게는, 영역 폭은 제1 센서와 제2 센서의 주어진 페어에 미리 결정된 폭을 배정하는 미리 결정된 테이블에 기초하여 결정되고/되거나 영역 폭은 센서의 포지션 및/또는 배향에 기초하여 결정된다.

[0026] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 기준 센서의 좌표들에서의 원거리 포인트의 포지션은:

[0027] – $\mathbf{p}_{\text{ref_sensor}} = \mathbf{T}\,\mathbf{p}_{\text{cal_sensor}}$,

[0028] – $\mathbf{p}_{\text{ref_sensor}} = \mathbf{K}_{\mathbf{ref_sensor}}\,\mathbf{T}\,\mathbf{p}_{\text{cal_sensor}}$,

[0029] – $\mathbf{p}_{\text{ref_sensor}} = \mathbf{T}\,\mathbf{K}^{-1}_{\mathbf{cal_sensor}}\,\mathbf{p}_{\text{cal_sensor}}$, 및

[0030] – $\mathbf{p}_{\text{ref_sensor}} = \mathbf{K}_{\mathbf{ref_sensor}}\,\mathbf{T}\,\mathbf{K}^{-1}_{\mathbf{cal_sensor}}\,\mathbf{p}_{\text{cal_sensor}}$

[0031] 로서 결정되고,

[0032] 여기서, $\mathbf{p}_{\text{cal_sensor}}$는 교정 센서의 좌표들에서의 원거리 포인트의 포지션이고, $\mathbf{p}_{\text{ref_sensor}}$는 기준 센서의 좌표들에서의 원거리 포인트의 포지션이고, $\mathbf{T}$는 교정 센서와 기준 센서의 좌표계들 사이의 행렬 변환이고, $\mathbf{K}_{\mathbf{cal_sensor}}$ 및 $\mathbf{K}_{\mathbf{ref_sensor}}$는 개개의 카메라 행렬 변환들이다.

[0033] $\mathbf{K}_{\mathbf{cal_sensor}}$ 및 $\mathbf{K}_{\mathbf{ref_sensor}}$는 단위 행렬들일 수 있다. 일반적으로, 사용되는 행렬은 사용되는 센서 타입에 의존한다.

[0034] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 교정의 하나 이상의 파라미터는 적어도 하나의 롤 파라미터를 포함하고, 방법은 센서로부터 센서의 좌표들에서 측방 시프트만큼 센서의 포지션으로부터 측방으로 시프트된 원거리 포인트를 향하는 중심 라인 주위의 고정 폭을 갖는 필터링 영역에 기초하여 제2 데이터를 필터링하는 단계를 더 포함한다.

[0035] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 제2 데이터를 필터링하는 것은 필터링 영역에 기초하여 필터링하는 것을 포함하고, 여기서, 필터링 영역은 차량의 조향 방향의 각도에 기초하여 조정된다.

[0036] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 필터링 영역의 측방 위치를 결정하는 것은 조향 방향의 각도의 사인

(sinus)을 평가하는 것을 포함하고, 여기서 바람직하게는, 평가하는 것은 조향 방향의 각도의 사인과 감도 상수를 곱하는 것, 바람직하게는, 카메라 센서의 초점 거리에 비례하는 상수와 추가로 곱하는 것을 포함한다.

[0037] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 방법은 제1 센서와 제2 센서 사이의 복수의 후보 선험적 교정들을 사용하여 반복적으로 수행되고, 여기서 바람직하게는, 방법은 복수의 후보 선험적 교정들로부터 바람직한 선험적 교정을 선택하는 추가적인 단계를 포함한다.

[0038] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 제1 센서와 제2 센서 사이의 교정의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 단계는:

[0039] - 제1 데이터 내의 포인트들과 제2 데이터 내의 포인트들 사이의 페어링을 결정하는 단계, 및

[0040] - 페어링된 포인트들 사이의 에러가 최소화되도록 하나 이상의 파라미터를 결정하는 단계

[0041] 를 포함한다.

[0042] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 제1 센서 및 제2 센서를 교정하는 것은 제1 센서 및 제2 센서로 제3 센서를 교정하는 것을 더 포함하고, 교정의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 것은 제1 센서와 제2 센서 사이의 포인트 페어들, 제2 센서와 제3 센서 사이의 포인트 페어들 및 제3 센서와 제1 센서 사이의 포인트 페어들의 에러를 최소화하는 것을 포함한다.

[0043] 바람직하게는, 포인트 페어들의 에러를 최소화하는 것은 센서 페어들의 포인트 페어들의 에러들의 가중 합을 최소화하는 것을 포함한다.

[0044] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 방법은 선험적 교정을 검증하는 단계를 더 포함하고, 여기서, 검증하는 단계는 결정된 교정의 하나 이상의 파라미터를 선험적 교정의 하나 이상의 대응하는 파라미터와 비교하고, 결정된 교정과 선험적 교정 사이의 차이가 미리 결정된 임계치 미만인 경우 교정을 검증하는 단계를 포함한다.

[0045] 제1 양태에 따른 방법의 추가의 구현에서, 검증하는 단계는, 제1 센서 및 제2 센서를 포함하는 복수의 센서들 각각에 대해:

[0046] - 결정된 교정의 파라미터들을 사용하여 복수의 센서들 중 다른 센서의 좌표들 상으로 투영된 검출된 객체들의 제1 중심 포인트들을 결정하는 단계,

[0047] - 선험적 교정의 파라미터들을 사용하여 복수의 센서들 중 다른 센서의 좌표들 상으로 투영된 검출된 객체들의 제2 중심 포인트들을 결정하는 단계, 및

[0048] - 제1 중심 포인트들과 제2 중심 포인트들 사이의 거리를 결정하는 단계

[0049] 를 포함하고,

[0050] 여기서 바람직하게는, 센서와 복수의 센서들 중 다른 센서 사이의 교정은 거리가 미리 결정된 임계치 미만인 경우 검증된다.

[0051] 본 발명의 제2 양태는 차량의 제1 센서 및 제2 센서를 교정하기 위한 교정 시스템을 제공하고, 교정 유닛은:

[0052] - 제1 센서로부터의 제1 데이터 및 제2 센서로부터의 제2 데이터를 획득하기 위한 획득 유닛,

[0053] - 제2 데이터의 데이터 포인트들의 포지션들에 기초하여 적어도 제2 데이터를 필터링하기 위한 필터링 유닛, 및

[0054] - 제1 데이터 및 필터링된 제2 데이터에 기초하여 제1 센서와 제2 센서 사이의 교정의 하나 이상의 파라미터를 결정하기 위한 결정 유닛

[0055] 을 포함한다.

[0056] 교정 유닛은 교정 시스템일 수 있다.

[0057] 본 발명의 추가의 양태는 프로그램 코드를 저장한 컴퓨터 판독가능 저장 매체를 참조하고, 프로그램 코드는 프로세서에 의해 실행될 때 제2 양태 또는 제1 양태의 구현들 중 하나의 방법을 수행하는 명령어들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0058] 본 발명의 실시예들의 기술적 피처들을 더 명확하게 예시하기 위해, 실시예들을 설명하기 위해 제공되는 첨부 도면들이 이하에서 간략하게 소개된다. 이하의 설명에서의 첨부 도면들은 본 발명의 단지 일부 실시예들일 뿐

이고, 청구항들에서 정의되는 바와 같은 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 이러한 실시예들에 대한 수정들이 가능하다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른, 자동차 전방의 객체로서 검출된 차량들의 개략도이다.

도 2a는 본 발명의 실시예에 따른, 자동차 및 그의 2개의 센서(레이더 및 카메라)의 뷰 영역들의 개략도이다.

도 2b는 본 발명의 실시예에 따른, 자동차, 자동차의 센서의 뷰 영역 및 베이스 필터 영역뿐만 아니라 자동차의 조향 각도에 기초하는 시프트된 필터 영역의 개략도이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0059] 전술된 설명들은 단지 본 발명의 구현 방식들일 뿐이고, 본 발명의 범위는 이에 제한되지 않는다. 임의의 변형들 또는 대체들이 관련 기술분야의 통상의 기술자를 통해 용이하게 이루어질 수 있다. 따라서, 본 발명의 보호 범위는 첨부 청구항들의 보호 범위에 따라야 한다.

[0060] 자율 주행의 관점에서, 다수의 센서들, 예컨대, 다수의 카메라들은 도로 안전을 개선하는 데 중요하다. 그러나, 차량 상의 다수의 센서들의 데이터를 프로세싱하는 것은 각각의 카메라에 대한 정확한 내부 교정과 정확한 외부 교정 둘 모두를 요구한다. 카메라의 정확한 내부 교정은 2D 이미지 포인트들을 3D 장면 포인트들과 관련시키는 카메라 투영 모델에 대한 최적의 파라미터들의 세트로 구성될 수 있는데; 이러한 최적의 파라미터들은 최소 재투영 에러에 대응한다. 이하에서, 우리는 외부 교정의 태스크를 대신 참조한다. 정확한 외부 교정은 차량 상의 기준 프레임에 대한 정확한 카메라 포즈들에 대응할 수 있다. 정확한 교정은 하나의 센서로부터의 피처 포인트들이 낮은 재투영 에러들로 다른 센서로 재투영되는 것을 허용한다.

[0061] 이하에서 단지 교정으로서 지칭되는 자동 외부 교정 프로세스 동안, 다음의 데이터가 사용될 수 있다:

[0062] ● 일반적인 카메라 프레임들(2D) 또는 스테레오 카메라들로부터 생성되는 깊이 이미지(3D).

[0063] ● 레이더 포인트 클라우드(2D/3D)

[0064] ● 라이더 포인트 클라우드(3D)

[0065] ● 교정될 센서는 추가적인 데이터, 예컨대, 속도, 세기, 단면 크기, 및/또는 검출들의 신뢰도를 제공할 수 있다. 그들은 교정 프로세스를 보조하기 위해 사용될 수 있다.

[0066] ● 추적을 구현하는 센서들의 경우, 이러한 추적들은 교정 프로세스를 보조하기 위해 추가로 활용될 수 있다. (추적들은 또한 물리적 크기, 신뢰도 등과 같은 추가의 특성들을 나타낼 수 있음.)

[0067] 교정 전의 중요한 단계는 센서들 사이의 위의 검출들의 페어링이다. 상기 검출들의 포맷이 임의의 센서 페어 사이에서 변화되는 경우, 먼저, 그들은 동일한 도메인으로 – 실제로 그들의 페어링을 지원하는 도메인으로 변환된다. 이러한 공통 도메인들 및 대응하는 변환들은 다음 중 하나 이상일 수 있다:

[0068] ● 일반적인 카메라 프레임 + 포인트 클라우드: 클라우드의 포인트들은 카메라의 이미지 공간 상으로 투영된다.

[0069] ● 포인트 클라우드 + 추적 정보를 갖는 포인트 클라우드: 일반적인 포인트 클라우드 상에서, 객체 검출이 실행된다. 이어서, 이러한 객체들은 추적들과 페어링될 수 있다.

[0070] ● 포인트 클라우드 + 포인트 클라우드: 이전의 포인트와 유사한 객체 검출 기반. 또한, 이러한 포인트 클라우드들의 밀도가 크게 상이할 수 있기 때문에, 그들의 일대일 페어링은 옵션이 아닐 수 있다는 것에 유의한다.

[0071] 라이더 디바이스는 각각의 측정에서 수만 개의 포인트를 검출할 수 있는 한편, 레이더 디바이스는 그의 측정들 각각에서 단지 10개 내지 100개의 포인트만을 검출할 수 있어서 이러한 데이터의 일대일 페어링을 번거롭게 만들 수 있다.

[0072] 입력들의 핸들링의 예

[0073] 제1 실시예에서, 각각의 검출된 객체는 단일 포인트로 표현된다. 단일 카메라 및 단일 레이더 디바이스를 교정하기 위해, 다음의 것이 이루어질 수 있다.

[0074] 카메라 프레임들을 프로세싱하기 위해, 상이한(최신) 이미지 프로세싱 및/또는 객체 검출 방법들이 사용될 수 있다. 이 예의 경우, 검출된 객체들이 카메라 프레임 상에서 보이는 자동차들이라고 하자. 이어서, 우리는 이

러한 객체들을 검출하여 이미지 공간 내의 그들의 포지션들을 제공하기 위해 트레이닝된 신경망을 사용할 수 있다.

[0075] 레이더 프레임들을 프로세싱하기 위해, 우리는 카메라 프레임들의 경우와 마찬가지로 여러 방법들을 사용할 수 있다. 예컨대, 대부분의 레이더들에 의해 제공되는 상대 속도들을 사용하여, 우리는 어느 객체들이 움직이고 있고 어느 객체들이 정지되어 있는지를 선택할 수 있다. 게다가, 포인트 클라우드는 클러스터링될 수 있고(이러한 목적을 위해 여러 알고리즘들이 존재함), 그 후, 이러한 방식으로 발견된 객체들의 중심 포인트들이 쉽게 설정될 수 있다.

[0076] 도 1은 센서(100), 예컨대, 카메라가 센서(100)를 보유하는 차량(도시되지 않음) 전방에 차량들(122, 124 및 126)이 있는 도로(120)를 보는 방식을 도시한다.

[0077] 방법은 상이한 센서들을 사용할 때 상이하게 구현될 수 있다: 객체들을 추적할 수 있는 레이더 디바이스를 사용하면, 우리는 디바이스 자체로부터 요구되는 포지션들을 얻기 때문에, 클러스터링 단계가 제거될 수 있다. 예컨대, 카메라 대신에 라이더를 사용하면, 레이더의 것과 마찬가지로 그의 포인트 클라우드를 클러스터링할 수 있다.

[0078] 일반적으로, 검출된 객체들, 여기서는 차량들(122, 124, 126) 각각에 대해, 경계 박스들(132, 134, 136) 및 경계 박스들(132, 134, 136)의 중심 포인트들이 식별될 수 있다.

[0079] 도 1에서, 자동차들 내의 크로스(cross)들(142, 144, 146)은 신경망을 사용하여 카메라 프레임들 상에서 검출된 객체들의 중심들을 표시한다. 원들(152, 154, 156)은 이미지 상으로 투영된 레이더 프레임들 상에서 검출된 클러스터들의 중심들을 표시한다. 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 카메라 프레임 상에서 검출된 객체들의 중심들(142, 144, 146)은 레이더 프레임들 상에서 검출된 클러스터들의 중심들과 완전히 정렬되지 않는다.

[0080] 데이터의 페어링

[0081] 설명되는 교정 방법의 중요한 양태는 데이터가 페어링되는 방식이다. 이는 이미 어려운 태스크일 수 있는데, 그 이유는, 예컨대, 페어링된 센서들의 데이터를 동일한 도메인 상으로 변환하기 위해 사용되는 선험적 교정이 매우 손상될 수 있기 때문이다. 이 단계를 위해, 센서 페어링들의 모든 가능한 조합들에 대해 작동할 수 있는 방법이 요구된다.

[0082] 페어링의 단순한 방식은 센서들 사이에서 (소정의 표준을 사용하여 공간적으로) 가장 근접한 포인트들을 선택하는 것이다. 그러나, 이 방법은 에러에 매우 취약하여, 더 정교한 방법들의 사용을 필요로 한다. 이 포인트를 넘어서, 문헌은 어떠한 추가의 지침도 제공하지 않는다.

[0083] 일부 필터링 방법들을 사용하면, 충분한 포인트들이 제거될 수 있고, 그에 따라, 부정확한 페어링을 취득할 가능성들이 최소화된다. 필터링은 다음과 같다:

[0084] ○ 쉬움(Easy) – 우리는 검출된 객체당 하나의 포인트(그의 중심 포인트)에 대해서만 작업하면 된다. 예컨대, 그들의 포지션에 의한 이러한 데이터의 필터링은 작은 계산 용량을 요구한다.

[0085] ○ 강건함(Robust) – 그것은 모든 센서들에 대해 구현될 수 있다.

[0086] 예컨대, 제1 센서로부터의 데이터와 제2 센서로부터의 데이터 둘 모두가 필터링될 수 있고, 그 경우, 상이한 필터링 규칙들이 상이한 센서들로부터의 데이터에 적용될 수 있다는 것을 이해한다. 적용되는 필터링 방법들 중 적어도 하나는 데이터의 포지션에 기초하는데, 즉, 어느 데이터 포인트를 유지할지 및 어느 데이터 포인트를 필터링할지에 대한 판정은 데이터 내의 데이터 포인트의 포지션에 기초한다.

[0087] 선험적 교정은 상당한 에러들을 포함할 수 있다. 제시되는 방법의 목적은 이러한 에러들의 제거를 포함한다. 에러가 존재하지 않거나 또는 단지 최소의 에러만이 존재하는 경우, 포인트 페어들의 거리들은 최소이고, 그에 따라, 교정의 결과는 선험적인 것과 매우 유사할 것이다. 따라서, 방법은 기존의 교정 파라미터들의 검증을 위해 또한 사용될 수 있다.

[0088] 센서 페어들의 선택은 사용자 또는 소프트웨어에 의해 이루어질 수 있다. 페어는 공통 뷰 영역을 공유하는 한 존재하는 카메라, 레이더 및 라이더 디바이스들의 임의의 조합이 될 수 있다.

[0089] 일반적으로: 센서의 요 및 피치를 교정하기 위해, 그의 뷰 영역의 중심이 선택될 것이다. 센서의 롤을 교정하기 위해, 그의 뷰 영역의 주변부가 선택될 것이다. 또한, 제2 센서의 경우, 선택된 뷰 영역은 제1 센서의 뷰

영역 및 선험적 교정에 의존한다(예컨대, 하나의 센서는 앞을 바라볼 수 있고 다른 센서는 옆을 바라볼 수 있음).

[0090] 요 및 피치의 교정을 위해, 다음의 단계들이 활용될 수 있다:

[0091] 센서 전방의 가상 포인트($\mathbf{P}_{cal_sensor}$)를 선택하는 것: 센서로부터 세로 방향으로 X 미터까지.(우리의 경우, X = 50.) 측방 및 수직으로 포인트의 포지션은 센서의 것과 상이하지 않다.(포인트는 센서의 좌표들에서 정의됨.)

[0092] 필터링된 영역의 폭을 선택하는 것은 각각의 센서를 포함하는 미리 정의된 리스트를 사용함으로써 이루어질 수 있다.(우리의 경우, 폭들은 도로 차선의 폭과 동일한 약 3 내지 4 미터였음.)

[0093] ■ 이 리스트의 값들은 사용자가 정의해야 한다. 그들은 센서들의 포지션 및 배향, 가능한 환경들 및 검출될 객체들을 염두에 두고 선택될 것이다.

[0094] ■ 리스트는 센서 페어들의 모든 가능한 조합들을 포함할 것이다.

[0095] 필터링된 영역의 폭을 알고 그의 중심을 이전에 정의된 가상 포인트($\mathbf{P}_{cal_sensor}$)로 설정하면, 영역이 양호하게 정의된다. 이 영역은 그들의 선험적 교정을 사용하여 센서들 사이에서 변환될 수 있다.(예컨대, T를 센서들의 좌표계들 사이의 행렬 변환이라고 하자.) 또한, 센서들 중 하나가 카메라라고 가정하자 – 이 경우, 우리는 또한 K개의 카메라 행렬 변환을 적용하여 3D 포인트들을 이미지 공간 상으로 투영해야만 한다. 그들을 사용하여, 다음의 것이 작성될 수 있다: $\mathbf{P}_{ref_sensor} = (\mathbf{K}*)\,\mathbf{T} * \mathbf{P}_{cal_sensor}$.

[0096] 롤의 교정을 위해, 활용되는 단계들은 가상 포인트의 포지션을 제외하고는 이전과 동일하다 – 그의 측방 거리는 제로가 아니라, 뷰 영역의 주변부 영역 상의 객체들이 최적으로 선택될 수 있는 값이다. 전방 주시 레이더의 경우, 이 값은 Y = +/- x 미터로서 선택될 수 있고, x는 3 내지 12 미터, 바람직하게는 4 내지 8 미터이다. 이러한 값들은 우측 및 좌측 도로 차선들에 거의 대응하기 때문에 유익한 것으로 나타났다.

[0097] 도 2a는 자동차(200) 및 그의 2개의 센서(레이더(210) 및 카메라(220))의 뷰 영역들의 개략도이다. 구체적으로, 레이더(210)는 뷰 영역(212)을 갖고, 카메라(220)는 레이더의 뷰 영역(212)과 부분적으로 중첩되는 뷰 영역(222)을 갖는다. 베이스 필터 영역(240)의 좌측 경계(234a) 및 우측 경계(234b)는 자동차의 세로 방향 중간에 의해 정의되는 중심 라인(도 2b에 도시되지 않음)에 평행한 라인들로서 정의된다. 수평 방향에서, 이러한 경계들(234a, 234b)은 중심 라인까지 동일한 거리를 갖는다.

[0098] 페어링된 센서들 중 하나가 차량이 이동하는 방향과 크게 상이지만 다른 하나는 이 이동 방향과 양호하게 정렬된다면, 방법의 실행은 선험적 교정에 최소로 의존할 수 있다. 선험적 교정의 에러는 투영된 필터링된 영역에서 에러로서 실현된다. 선험적 교정에 대한 이러한 의존성은 여러 방법들에 의해 완화될 수 있다:

[0099] ○ 제1 결과가 이상적이지 않은 경우, 방법을 반복적으로 실행하는 것은 더 양호한 솔루션으로 이어질 것이다.

[0100] ○ 상이하게 수정된 선험적 교정들로 필터링을 여러 번 실행하는 것은 그의 에러를 보상할 수 있다.(그 필터링 실행들의 횟수가 증가됨에 따라, 실행 시간이 또한 증가되지만, 필터링 알고리즘이 가볍기 때문에(이전 참조), 전체 프로세스는 여전히 가볍게 유지될 것임.)

[0101] 또한, 선택된 필터링 영역은 조향 휠 각도에 기초하여 수정될 수 있다. 이는 페어링의 성공을 추가로 증가시킬 수 있는데, 그 이유는 곡선 도로 상에서 조향 시에 수정되지 않는 경우 필터링된 영역에 다른 자동차들이 없을 수 있기 때문이다. 필터링된 영역은 다음과 같이 수정될 수 있다:

[0102] ○ 3D 검출들의 경우: $Y_{new} = Y_{old} + \sin(\text{조향 각도}) * X * c$이다(여기서, c는 미리 설정된 상수이고, 조향의 효과의 감도를 수정함).

[0103] ○ 이미지 공간 검출들의 경우: $Y_{new} = Y_{old} + \sin(\text{조향 각도}) * X * c * f_x / res_x$이다(여기서, f_x는 카메라의 초점 거리이고, res_x는 픽셀 단위의 카메라의 폭임).

[0104] 도 2b는 자동차(200), 자동차의 센서(230)의 뷰 영역(234) 및 베이스 필터 영역(240)뿐만 아니라 자동차의 조향 각도에 기초하는 시프트된 필터 영역(242)의 개략도이다. 구체적으로, 자동차가 직진으로 주행하고 있을 때의 필터 영역에 대응하는 베이스 필터 영역(240)이 경계들(234a, 234b)을 갖는다는 것을 볼 수 있다.

[0105] 자동차가 좌측으로 조향되고 있을 때, 필터 영역이 또한 좌측으로 시프트되고, 그에 따라, 베이스 필터 영역의 경계들(234a, 234b)로부터 좌측으로 시프트된 경계들(236a, 236b)을 갖는 새로운 필터 영역(242)을 획득한다.

[0106] 일 실시예에서, 경계들의 시프트는 조향 각도 또는 조향 각도의 사인 또는 조향 각도의 다른 함수에 비례한다. 시프트된 필터 영역의 폭은 베이스 필터 영역의 폭과 동일할 수 있거나 또는 다른 실시예들에서는 그것은 또한 조향 각도의 함수에 기초하여 변화될 수 있다.

[0107] 도 2b에서 볼 수 있는 바와 같이, 필터 영역의 좌측 시프트는 필터 영역이 차량이 조향되고 있는 방향으로 시프트된다는 이점을 갖는다. 따라서, 선두 자동차(202)가 필터 영역에 속할 가능성이 더 높다. 필터링이 필터 영역과 뷰 영역의 중첩에 속하는 데이터 포인트의 수를 상당히 감소시키더라도, 선두 자동차가 이 중첩에 속할 가능성이 매우 높다.

[0108] 다시 말하면, 일 실시예에서, 센서를 보유하는 차량 전방에서 주행하는 자동차는 레이더 프레임들 상에서 보이는 바와 같이 중심 영역을 벗어나 있는데, 이는 이 영역이 조향 각도만큼 오프셋되지 않은 경우이다. 따라서, 필터링된 영역을 수정하기 위해 조향 각도를 사용하는 것은 결과들의 품질을 변화시키지 않으면서 데이터 수집을 단축시킨다.

[0109] 도 2b에서 볼 수 있는 바와 같이, 필터 영역은 전형적으로 센서의 뷰 영역(232)과 부분적으로만 중첩된다.

[0110] 결과들의 컴퓨팅

[0111] 해당 센서들의 외부 교정을 발견하기 위해, 우리는 페어링된 포인트들 사이의 에러가 최소인 변환을 컴퓨팅한다. 이를 달성하기 위한 양호한 선택은 최적화를 사용하는 것이다 – 그것은 페어링된 포인트들 사이의 에러를 반복적으로 최소화하여, 실제 외부 교정을 충분히 양호하게 표현하는 변환 상태에 도달할 수 있다.

[0112] 이전에 설명된 포인트 페어링 방법은 신속하고 강건하고, 그것은 언급된 센서 타입들 중 임의의 것의 경우에서 사용될 수 있다. 게다가, 포인트 페어링 방법 덕분에, 2개 초과의 센서를 동시에 함께 교정하는 것이 또한 가능하여 방법의 안정성을 추가로 증가시킨다. 이는 번들 조정(bundle adjustment)으로서 또한 지칭된다. 우리의 경우에 대한 그의 가능한 공식화는 다음과 같다. 3개의 센서(A, B 및 C)가 있다고 하자. 일반적인 최적화를 사용하여, 예컨대, 센서 페어 A-B의 포인트 페어들 사이의 에러만이 최소화될 것이다. 번들 조정을 사용함으로써, 우리는, 예컨대, 센서 페어들 A-B, A-C 및 B-C의 포인트 페어들 사이의 에러를 동시에 최소화할 수 있는데, 이는 더 양호한 전체 결과를 결과로 발생시킨다.

[0113] 도 1에 대해 유사하게: 도면 상에서, 우리는 작은 크로스들로서 마킹된 카메라 프레임 상의 검출된 객체들, 원들로서 마킹된 레이더 프레임 상의 검출된 객체들을 볼 수 있다. 추가적으로, 실제로는 라이더 프레임 상의 검출된 객체들을 표현하는 추가의 포인트들(도 1에 도시되지 않음)이 있을 수 있다. 번들 조정은 모든 가능한 센서 조합들의 포인트 페어들 사이의 에러들을 동시에 최소화하여 그에 따라 전체 에러를 효율적으로 감소시킨다.

[0114] 번들 조정 동안, 임의의 2개의 센서 페어링 사이의 에러 메트릭들은 상이할 수 있다. 이러한 판정들은 사용자가 판정해야 한다.

[0115] 번들 조정을 사용하는 것은 방법을 구현하는 데 필수적인 것은 아니고, 일반적인 최적화 또는 동일한 목적들을 달성하는 임의의 다른 방법이 문제를 해결하는 데 적절할 수 있다. 바람직한 실시예에서, 번들 조정은 그의 명백한 이점들 및 그의 보편화로 인해 사용된다.

[0116] 검증

[0117] 검증의 기초는 위에서 설명된 교정 프로세스이다. 센서들의 교정이 선험적 교정과 동일한(또는 거의 동일한) 외부 파라미터들을 제공하는 경우, 선험적 교정은 여전히 유효한 것으로 간주된다.

[0118] 이 포인트에서는 간단하게 보일 수 있지만, 선험적 및 결과적인 교정들의 외부 파라미터들의 단순한 비교는 종종 최상의 솔루션이 아니다. 대신에, 다음의 것이 선호될 수 있다: 다른 센서에 대해 교정되는 각각의 센서에 대해, 우리는 선험적 및 방금 발견된 결과적인 외부 파라미터들 둘 모두를 사용하여 – 다른 센서의 공간 상으로 투영되는 바와 같은 그의 검출들의 중심 포인트들을 컴퓨팅한다. 이어서, 선험적 및 결과적인 경우들 둘 모두에 대해, 이러한 포인트들과 그들의 페어들 사이의 에러가 컴퓨팅된다. 이는 최적화의 처음 및 마지막 단계들 동안 이미 발견되었을 수 있다. 에러를 컴퓨팅하는 데 사용되는 메트릭은 자유롭게 사용될 수 있고 사용자가 판정해야 한다. 이러한 에러들은, 예컨대, 그들의 비율을 취하고 그를 소정의 임계치에 대해 설정함으로써 비교된다.

[0119] 이 방법을 지속적으로 반복하면, 우리는 상기 센서들의 외부 파라미터들의 연속적인 검증 프로세스를 달성할 수 있다.

[0120] 검증이 가능하기 전에, 위에서 설명된 교정을 사용하여 선험적 교정이 획득된다.

[0121] 도 3a 및 도 3b는 초기화(300), 데이터의 수집(310), 결과들의 계산(320), 및 선험적 파라미터들로서 또한 지칭되는 원래의 파라미터들의 검증(340)을 위한 방법의 더 상세한 흐름도이다.

[0122] 상세하게는, 초기화(300)는 다음의 단계들을 포함한다:

[0123] 제1 단계(302)에서, 원래의 외부 파라미터들이 초기화된다. 이는 다른 소스들, 예컨대, 센서들의 위치에 관한 정보에 기초하여 선험적 교정을 결정하는 것을 수반할 수 있다.

[0124] 이어서, 단계(304)에서, 교정될 하나 이상의 센서가 선택되고, 센서 페어링이 결정된다. 단계(306)에서, 기본 필터 영역이 계산된다. 이 기본 필터 영역은 요-피치 및 롤에 기초할 수 있다. 후속하여, 308에서, 3개의 제안된 필터 영역이 결정되고, 데이터를 수집하는 후속 단계 및 결과들을 계산하는 후속 단계가 이러한 3개의 제안된 필터 영역에 대해 개별적으로 수행된다. 제안된 필터 영역들을 결정하는 것은 제안된 필터 영역들의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 것을 포함할 수 있지만, 추가의 파라미터들이 데이터 취득 동안 조정될 수 있다는 것을 이해한다.

[0125] 실시예에서, (차량의 조향 방향에 의해 추후에 시프트될 수 있는) 필터 영역의 폭 및 중심 라인이 이러한 단계들 동안 결정된다.

[0126] 바람직한 실시예에서, 중심 라인은 교정되어야 하는 센서 상에서 알려져 있지만, 그것은 기준 센서 상에서는 알려져 있지 않다. 따라서, 중심 라인은 기준 센서의 좌표계로 변환되어야 한다. 이 단계는 정확한 외부 파라미터들이 알려져 있지 않기 때문에 (가능하게는) 에러들을 도입하므로 다음의 최적화가 수행될 수 있다: 약간 상이한 파라미터들을 갖는 다수의 변환들이, 예컨대, 변환 파라미터들을 결정하기 위한 상이한 접근법들에 기초하여 또는 파라미터들에 대해 도입된 (예컨대, 랜덤) 변동에 기초하여 적용된다. 다수의 상이한 변환들에 기초하여, 다수의 필터 영역들이 결정될 수 있고, 최상의 결과들을 산출하는 것이 최적화의 끝에서 사용될 수 있다.

[0127] 데이터 수집(310)은 차량(또는 바람직하게는 차량군)이 실세계 데이터 취득을 위해 도로들 상에서 이동하고 있을 때 수행될 수 있다. 그러나, 제시되는 방법은 가상 차량이 가상 세계를 통해 이동하고 있는(그리고 시뮬레이트된 환경으로부터 가상 데이터를 취득하고 있는) 가상 시나리오에서 또한 적용될 수 있다는 것을 이해한다.

[0128] 데이터 수집(310)은 다음의 단계들을 더 포함한다:

[0129] 먼저, 단계(312a)에서, 요-피치 교정을 위한 데이터가 수집된다. 병렬로, 단계(312b)에서, 롤 교정을 위한 데이터가 수집된다.

[0130] 단계들(314a, 314b)에서, 하나 이상의 센서가 장착된 차량의 현재의 조향 각도에 기초하여 필터 영역들이 이동된다. 하나 이상의 또는 모든 센서의 필터 영역들이 조향 각도에 기초하여 이동될 수 있다. 조향 각도에 추가하여, 차량의 속력과 같은 추가적인 정보가 필터 영역(들)을 이동시키거나 또는 다른 방식으로 조정하기 위해 사용될 수 있다.

[0131] 단계들(316a, 316b)에서, 필터링된 데이터에서 대응하는 페어들이 식별된다.

[0132] 결과 계산(320)은 다음의 단계들을 포함한다:

[0133] 먼저, 3개의 수집된 데이터 세트 모두에 대해, 단계들(322a, 322b 및 322c)에서 비용 함수가 평가 및 최적화된다. 광범위한 최적화 후에도, 작은 에러들이 남아 있고, 이러한 남아 있는 잔여 에러들이 단계들(324a, 324b, 324c)에 있다. 후속하여, 단계(326)에서, 에러들이 비교될 수 있고, 최상의 결과가 선택될 수 있다.

[0134] 이어서, 원래의 외부 파라미터들(302) 및 교정된 외부 파라미터들(330)의 최종 결과는 검증(340)에 제공될 수 있다.

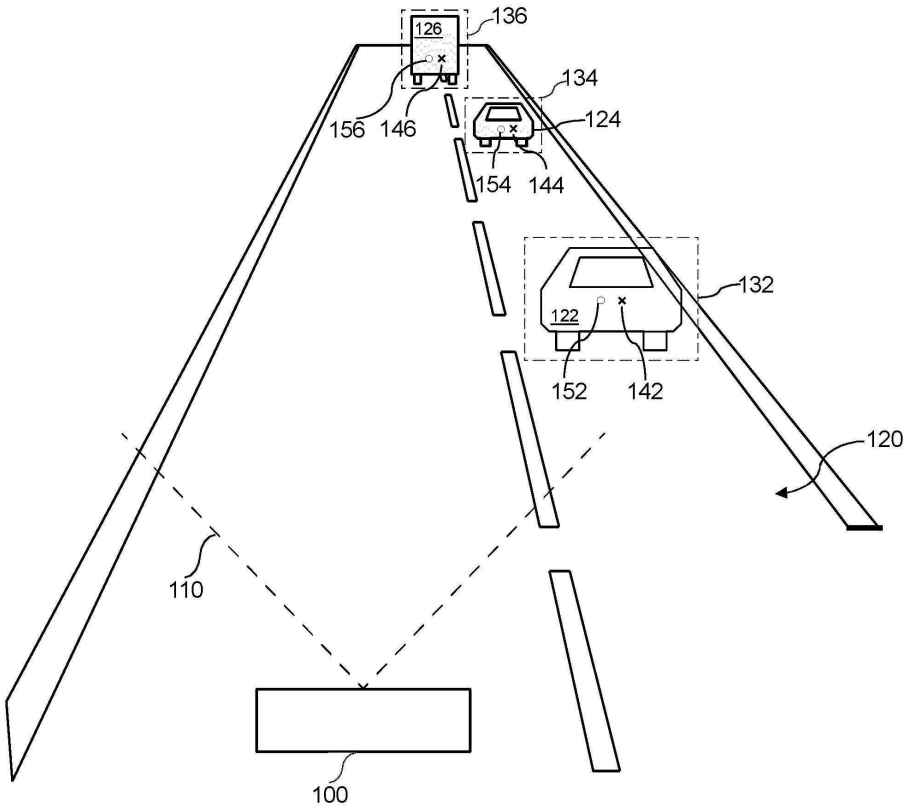
[0135] 검증(340)은 다음의 단계들을 포함한다:

[0136] 단계(342)에서, 페어링된 포인트들이 재투영되고, 단계(344)에서, 에러가 계산된다. 마지막으로, 선험적 파라미터들이 정확한지 여부를 평가하기 위해 검증 메트릭이 적용된다. 예컨대, 선험적 파라미터들은 단계(344)에서 계산된 에러가 미리 결정된 임계치 미만인 경우 정확한 것으로서 고려될 수 있다. 대안적으로, 방법은 여러

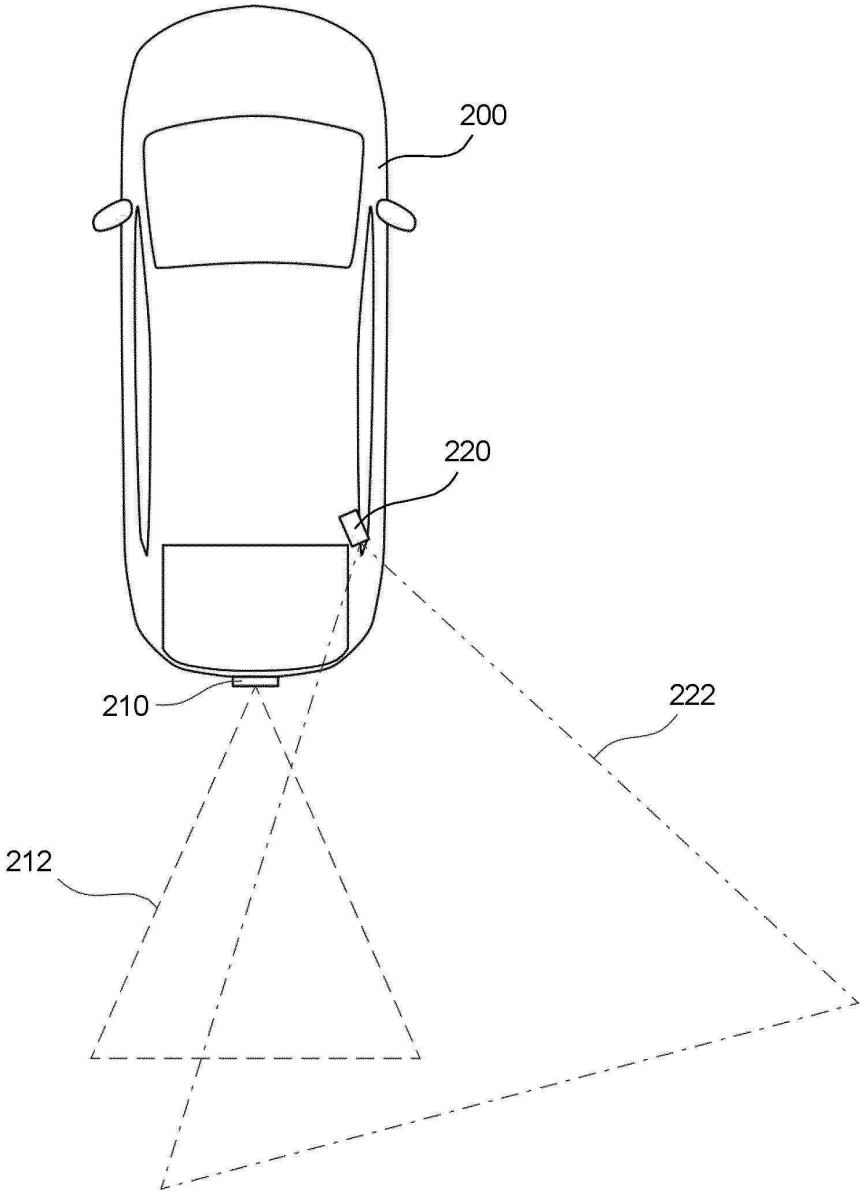
선험적 파라미터들에 대해 수행될 수 있고, 최소의 계산된 에러를 산출하는 것들이 정확한 파라미터들로서 결정된다.

도면

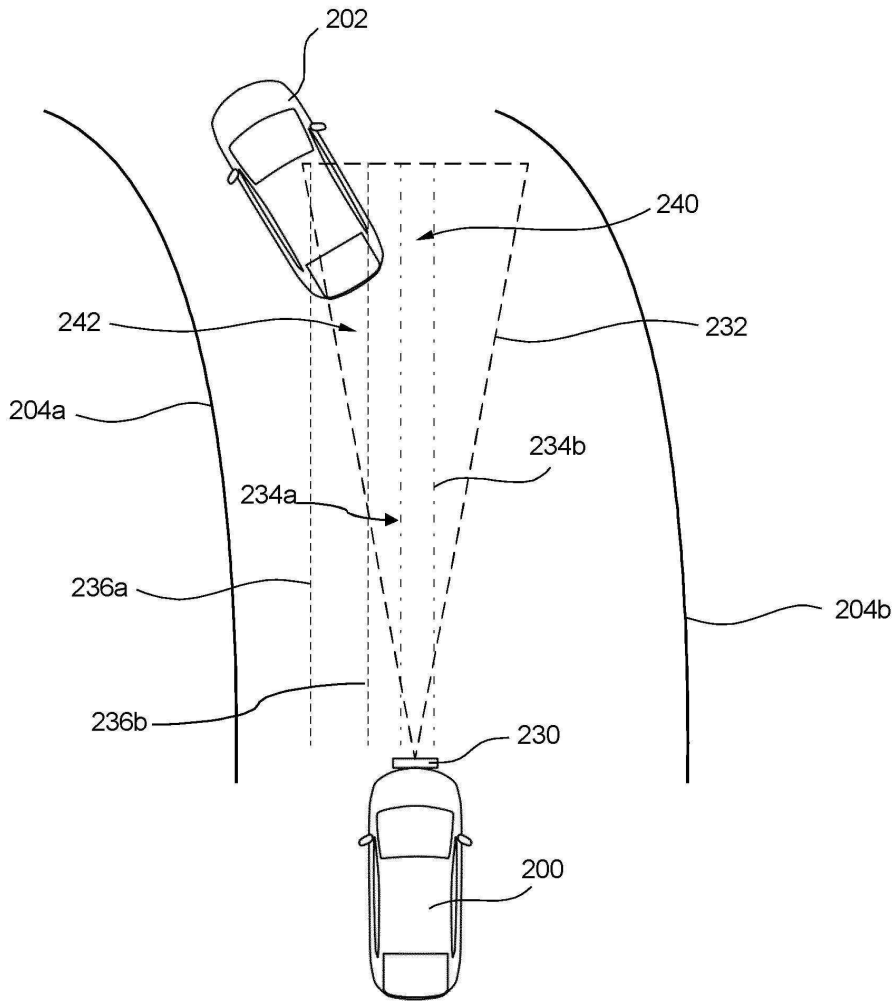
도면1



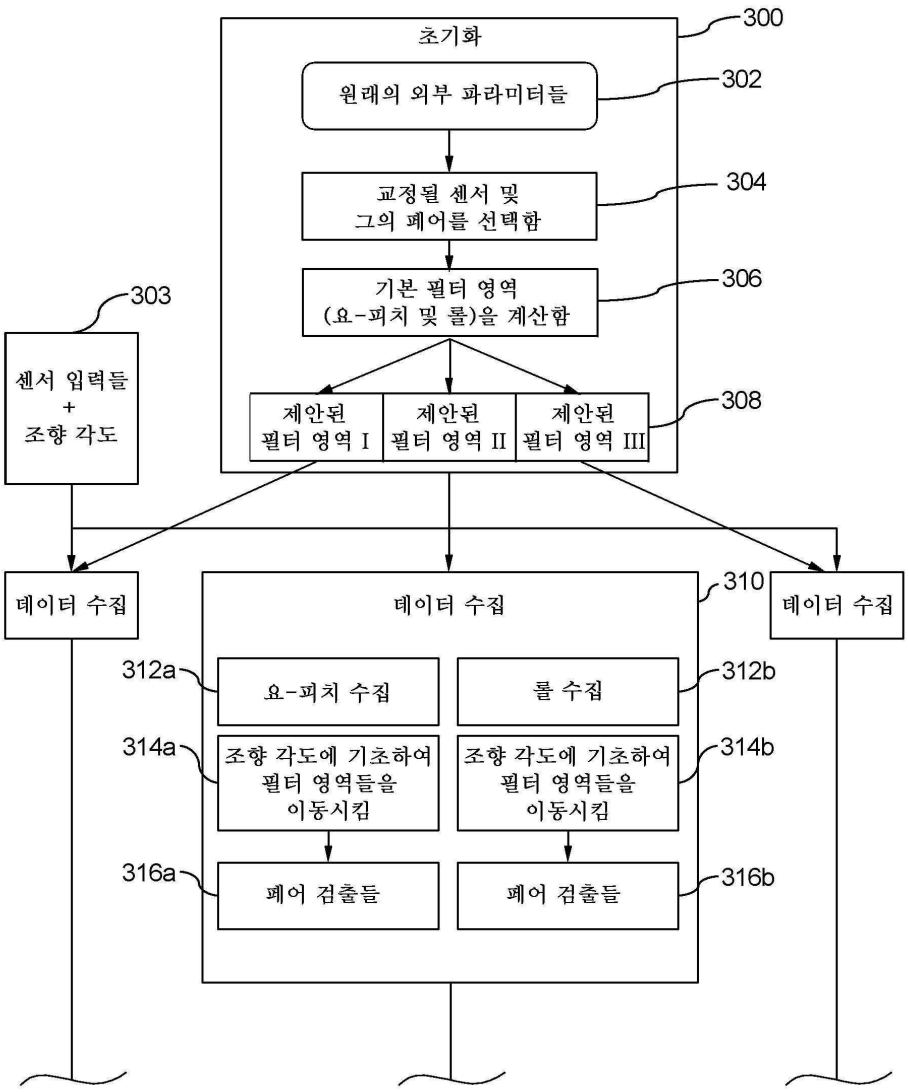
도면2a



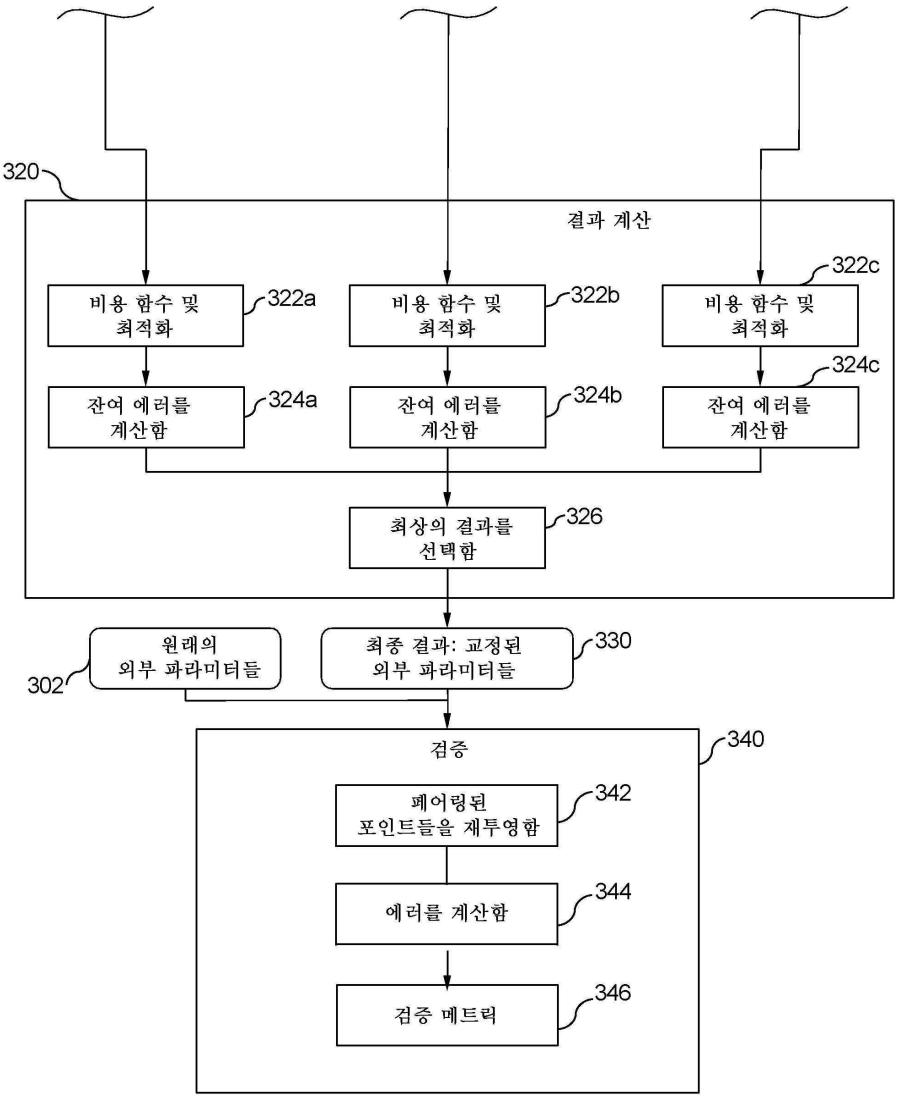
도면2b



도면3a


초기화
300
원래의 외부 파라미터들
302
교정될 센서 및
그의 페어를 선택함
304
기본 필터 영역
(요-피치 및 롤)을 계산함
306
303
센서 입력들
+
조향 각도
제안된
필터 영역 I
제안된
필터 영역 II
제안된
필터 영역 III
308
데이터 수집
데이터 수집
310
데이터 수집
312a
요-피치 수집
롤 수집
312b
314a
조향 각도에 기초하여
필터 영역들을
이동시킴
조향 각도에 기초하여
필터 영역들을
이동시킴
314b
316a
페어 검출들
페어 검출들
316b

도면3b


320
결과 계산
비용 함수 및 최적화
322a
비용 함수 및 최적화
322b
비용 함수 및 최적화
322c
잔여 에러를 계산함
324a
잔여 에러를 계산함
324b
잔여 에러를 계산함
324c
최상의 결과를 선택함
326
원래의 외부 파라미터들
302
최종 결과: 교정된 외부 파라미터들
330
검증
340
페어링된 포인트들을 재투영함
342
에러를 계산함
344
검증 메트릭
346