



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월08일
(11) 등록번호 10-1947280
(24) 등록일자 2019년02월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60R 21/34 (2011.01) B60R 21/00 (2006.01)
G08G 1/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60R 21/34 (2013.01)
G08G 1/166 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0118873
(22) 출원일자 2017년09월15일
심사청구일자 2017년09월15일
(56) 선행기술조사문헌
KR101770924 B1*
KR1020160065703A
KR1020160054925A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도

(73) 특허권자
한국교통대학교산학협력단
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50
(72) 발명자
정호기
서울특별시 영등포구 선유로 207, 609동 902호 (양평동3가, 현대아파트)
이연주
서울특별시 마포구 월드컵로11길 35, 101동 504호 (망원동, 함성월드빌2차)
(74) 대리인
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 6 항

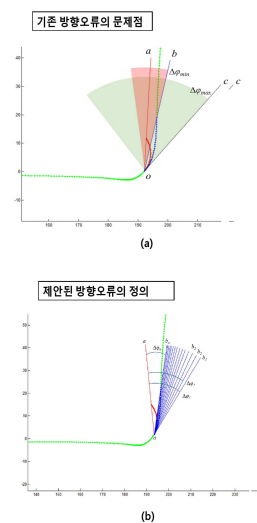
심사관 : 황정범

(54) 발명의 명칭 보행자 보호 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 보행자 보호 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 실시 예에 따른 보행자 보호 방법은, 입력 영상에서 보행자 후보 객체를 추출하는 후보 생성 단계; 주행 데이터의 통계적 분석을 통해 차량의 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP(Region of Prediction Path)을 산출하는 단계; 상기 ROPP의 좌변 및 우변 외측 영역을 미리 설정된 기준에 따라 확장하여 상기 ROD를 산출하는 단계; 및 상기 후보 생성 단계를 통해 추출된 보행자 후보 객체 중 ROD내에 위치하는 보행자 후보만을 선별 및 출력하는 단계; 및 상기 필터링된 후보자 후보 객체 각각에 대한 후보 검증을 수행하여 위험 상태의 보행자를 검출하는 후보 검증 단계를 포함하고, 상기 ROPP를 산출하는 단계는, 차량의 속도 및 각속도를 이용하여 방향 오류 범위를 설정하고, 상기 방향 오류 범위 및 최대 가속도를 이용하여 ROPP를 산출하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

B60R 2021/003 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711036628

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 IT·SW융합산업원천기술개발

연구과제명 Deep Learning 기반의 보행자 안전 지원 스마트카 비전 기술의 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2016.04.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

입력 영상에서 보행자 후보 객체를 추출하는 후보 생성 단계;

주행 데이터의 통계적 분석을 통해 차량의 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP(Region of Prediction Path)을 산출하는 단계;

상기 ROPP의 좌변 및 우변 외측 영역을 미리 설정된 기준에 따라 확장하여 ROD(Region of Danger)을 산출하는 단계; 및

상기 후보 생성 단계를 통해 추출된 보행자 후보 객체 중 ROD내에 위치하는 보행자 후보만을 선별 및 출력하는 단계; 및

필터링된 보행자 후보 객체 각각에 대한 후보 검증을 수행하여 위험 상태의 보행자를 검출하는 후보 검증 단계를 포함하고,

상기 ROPP를 산출하는 단계는,

상기 주행 데이터에 포함된 차량의 속도 및 각속도를 획득하는 단계;

상기 속도 및 각속도를 이용하여 예측시간 동안의 예상 경로 끝점을 계산하고, 상기 예상 경로 끝점의 위상각을 계산하는 단계;

록업 테이블로부터 상기 속도 및 각속도가 속하는 셀을 선택하는 단계;

상기 선택된 셀로부터 방향 오류의 평균과 표준편차를 읽어오고, 상기 읽어온 방향 오류의 평균과 표준 편차를 이용하여 상기 예상 경로 끝점의 위상각에 대한 최대 방향 오류와 최소 방향 오류를 계산하는 단계;

상기 계산된 최대 방향오류와 최소 방향 오류를 이용하여 상기 ROPP의 위상각의 범위를 계산하는 단계;

상기 선택된 셀로부터 가속도의 평균과 표준 편차를 읽어오고, 상기 읽어온 가속도의 평균과 표준 편차를 이용하여 최대 도달 거리를 계산하는 단계; 및

상기 위상각의 범위와 상기 최대 도달 거리에 의해 정의되는 상기 ROPP를 산출하는 단계;를 포함하고,

상기 록업 테이블은 상기 차량의 속도 및 각속도에 따라 정의되는 복수의 셀을 포함하고, 각 셀마다 상기 각 셀에 할당된 속도와 각속도를 이용하여 가속도와 방향 오류를 계산하고, 계산된 가속도의 평균과 표준 편차 및 계산된 방향 오류의 평균과 표준편차를 계산하여 기록한 것을 특징으로 하는 보행자 보호 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 ROPP를 산출하는 단계는,

" $x(t) = \frac{v}{\omega} \sin \omega t$ " 및 " $y(t) = \frac{v}{\omega} (1 - \cos \omega t)$ "를 근거로 예측시간 T 동안의 예상 경로 끝점(x(T), y(T))을 계산하는 단계;

" $\Phi(T) = \tan^{-1}(y(T)/x(T))$ "의 식에 따라 상기 예상 경로 끝점의 위상각($\Phi(T)$)을 계산하는 단계;

CTRV 모션 모델을 근거로 EKF(Extended Kalman Filtering)를 적용하는 CTRV_EKF에 근거해 보정된 속도(v') 및 각속도(ω')가 속하는 셀(cell)을 선택하는 단계;

상기 선택된 셀로부터 방향 오류의 평균(μ_ϕ)과 표준편차(σ_ϕ)를 추출하여 “ $\Delta\phi_{\max} = \mu_\phi + \beta\sigma_\phi$, $\Delta\phi_{\min} = \mu_\phi - \beta\sigma_\phi$ ”의 식에 따라 최대 방향오류($\Delta\phi_{\max}$) 및 최소 방향오류($\Delta\phi_{\min}$)를 계산하는 단계;

상기 최대 방향오류($\Delta\phi_{\max}$) 및 최소 방향오류($\Delta\phi_{\min}$)를 기반하여 “ $\phi(T) + \Delta\phi_{\min} \sim \phi(T) + \Delta\phi_{\max}$ ”를 ROPP의 위상각 범위로 정의하는 단계;

상기 선택된 셀로부터 가속도의 평균(μ_a)과 표준편차(σ_a)를 추출하여 “ $a_{\max} = \mu_a + \beta\sigma_a$ ”의 식에 따라 상기 최대가속도(a_{\max})를 계산하는 단계;

“ $s_{\max}(v) = vT + \frac{1}{2} a_{\max}(v)T^2$ ”에 근거해 최대 도달거리($s_{\max}(v)$)를 계산하는 단계; 및

반지름이 $s_{\max}(v)$ 이고 위상각이 $\phi(T) + \Delta\phi_{\min} \sim \phi(T) + \Delta\phi_{\max}$ 범위인 부채꼴로 정의되는 ROPP를 산출하는 단계;를 포함하며,

상기 셀을 선택하는 단계에서, 해당되는 셀이 없을 경우 거리가 가장 가까운 활성영역의 셀을 선택하고,

상기 x 및 y는 차량 전방과 좌측을 x축과 y축으로 하는 좌표계 상의 좌표를, 상기 v은 속도를, 상기 ω 는 각속도를, 상기 t는 시각을, 상기 T는 예측 시간을 나타내는 것을 특징으로 하는 보행자 보호 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 ROD을 산출하는 단계는

상기 ROPP에 미리 저장해 둔 차량 횡방향 폭(W)을 파악하는 단계; 및

상기 ROPP의 좌변 및 우변 외측 영역을 상기 차량 횡방향 폭(W)의 절반(W/2)만큼 각각 확장함으로써, 상기 ROD을 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 보행자 보호 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 ROD내에 위치하는 보행자 후보만을 선별 및 출력하는 단계는

상기 ROD를 상기 입력 영상에 투영하는 단계; 및

상기 입력 영상에 투영된 ROD 위치와 보행자 후보 객체의 위치를 비교하여, 상기 ROD내에 위치하는 보행자 후보 객체만을 검증 대상 객체로 선별 및 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 보행자 보호 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 ROD를 상기 입력 영상에 투영하는 단계는

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{X}$$

"에 따라 ROD의 차량 중심 좌표계를 입력 영상 좌표계로 변환하며, 상기 $\mathbf{x}(u, v, 1)$ 는 입력 영상 좌표계, 상기 $\mathbf{P}(X, Y, Z, 1)$ 는 차량 중심 좌표계, 상기 \mathbf{P} 는 카메라의 투사 매트릭스인 것을 특징으로 하는 보행자 보호 방법.

청구항 7

입력 영상에서 보행자 후보 객체를 추출하는 후보 생성부;

주행 데이터의 통계적 분석을 통해 차량의 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP(Region of Prediction Path)을 산출하는 ROPP 산출부;

상기 ROPP의 좌변 및 우변 외측 영역을 기 설정된 기준에 따라 확장하여 ROD(Region of Danger)을 산출하는 ROD 산출부; 및

상기 후보 생성부를 통해 추출된 보행자 후보 객체 중 ROD내에 위치하는 보행자 후보만을 선별하여 후보 검증부에 전달하는 보행자 후보 선별부; 및

필터링된 보행자 후보 객체 각각에 대한 후보 검증을 수행하여 위험 상태의 보행자를 검출하는 후보 검증부를 포함하고,

상기 ROPP를 산출부는,

상기 주행 데이터에 포함된 차량의 속도 및 각속도를 획득하고,

상기 속도 및 각속도를 이용하여 예측시간 동안의 예상 경로 끝점을 계산하고, 상기 예상 경로 끝점의 위상각을 계산하고,

특업 테이블로부터 상기 속도 및 각속도가 속하는 셀을 선택하고,

상기 선택된 셀로부터 방향 오류의 평균과 표준편차를 읽어오고, 상기 읽어온 방향 오류의 평균과 표준 편차를 이용하여 상기 예상 경로 끝점의 위상각에 대한 최대 방향 오류와 최소 방향 오류를 계산하고,

상기 계산된 최대 방향오류와 최소 방향 오류를 이용하여 상기 ROPP의 위상각의 범위를 계산하고,

상기 선택된 셀로부터 각속도의 평균과 표준 편차를 읽어오고, 상기 읽어온 각속도의 평균과 표준 편차를 이용하여 최대 도달 거리를 계산하고,

상기 위상각의 범위와 상기 최대 도달 거리에 의해 정의되는 상기 ROPP를 산출하고,

상기 특업 테이블은 상기 차량의 속도 및 각속도에 따라 정의되는 복수의 셀을 포함하고, 각 셀마다 상기 각 셀에 할당된 속도와 각속도를 이용하여 각속도와 방향 오류를 계산하고, 계산된 각속도의 평균과 표준 편차 및 계산된 방향 오류의 평균과 표준편차를 계산하여 기록한 것을 특징으로 하는 보행자 보호 시스템.

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 보행자 보호 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보행자 검출에 소요되는 시간을 최소화하며, 특히 속도 및 각속도를 이용하여 방향오류범위를 설정하여 시스템 실시간성을 개선할 수 있도록 하는 보행자 보호 시스템 및 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경기술

- [0003] 보행자 보호시스템은 차대 보행자 사고를 예측하여 긴급 제동 등을 통하여 이를 미연에 방지하는 시스템이다.
- [0004] 기존의 보행자 보호시스템은 일반적으로 후보생성(HG: Hypothesis Generation), 후보검증(HV: Hypothesis Verification), 위험도평가(RA: Risk Assessment)의 3단계를 순차적으로 수행하도록 한다.
- [0005] HG는 비교적 가벼운 알고리즘으로 구현되며, 영상 전체에서 보행자가 있을 것으로 예상되는 영역을 후보로 골라낸다. HV는 비교적 무겁지만 정확도가 높은 알고리즘으로 구현되며, 생성된 후보가 보행자인지 여부를 평가한다. RA는 검출된 보행자가 차량의 경로 상에 있는지 여부를 평가하여 사고 위험도를 평가한다.
- [0006] 이와 같은 보행자 보호시스템은 단순히 정보만을 제공하는 시스템에 비해 긴급 제동과 같이 돌이킬 수 없는 수단을 사용하기 때문에, 오동작에 의한 비용이 매우 큰 특징이 있다. 오동작은 크게 보행자가 아닌 물체를 보행자로 인식하는 보행자 오검출(false detection)과 차량의 경로를 잘못 예측하여 안전한 보행자를 위험하다고 판단하는 경로예측 오류 때문에 발생한다. 따라서 실용성과 소비자 수용성을 확보하기 위해서는 오동작을 최소화하여야 한다.
- [0007] 보행자 오검출 최소화 방안의 대표적인 예로 CNN(Convolutional Neural Network)를 통해 HV를 수행하는 방안이 있다. CNN은 다양한 인식 분야에서 기존 시스템들의 성능을 월등히 앞서는 것으로 보고되고 있으며, 보행자 인식 분야에서도 매우 낮은 오검출율을 보였다. 그러나 CNN은 기존 시스템들에 비해 상당히 무거워서 실시간 구현에 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 GPU(Graphic Processing Unit)나 FPGA와 같은 고속화 하드웨어를 사용하는 방안과 ACF(Aggregated Channel Feature)와 같은 비교적 가벼운 검출기를 HG로 활용하여 보행자 후보 수를 줄이는 방안이 제안된 바 있으나, 이들 또한 실시간성 확보가 어려운 단점을 가진다.
- [0008] 따라서 CNN를 통해 구현되는 HV의 실시간성 개선이 당분간 보행자 오검출 최소화의 중요한 수단이 될 것으로 예상된다.
- [0010] 또한, 출원인의 한국 등록 특허 제10-1770924호의 경우, 상기의 문제점을 해결하기 위하여 실시간성이 개선되도록 하는 시스템 및 방법을 제안 하였으나, 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP(Region of Prediction Path) 설정 시, 가속도와 방향오류의 최대값을 현재 속도에 따라서만 분석하여, ROPP를 넓게 설정하는 문제점이 존재하며, 가속도와 방향오류의 최대값을 함수로 도출하기 때문에, 형태가 복잡한 경우 적용이 어려운 문제점이 존재하였다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1770924호

비특허문헌

- [0013] (비특허문헌 0001) David Gerðnimo, Antonio M. López, Angel D. Sappa, and Thorsten Graf, "Survey of Pedestrian Detection for Advanced Driver Assistance Systems," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 32, no. 7, Jul. 2010, pp. 1239-1258.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 위험도평가(RA: Risk Assessment)을 통해 위험한 보행자 후보만을 추출한 후 후보검증(HV: Hypothesis Verification)을 수행하도록 함으로써, 상대적으로 무거운 HV의 처리 부담이 경감되어 HV의 실시간성이 개선되도록 하는 보행자 보호 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명은 속도 및 각속도를 고려하여 미래 경로가 존재할 수 있는 영역 ROPP를 좁게 설정하여 보행자 검

중에 소요되는 시간을 절약하도록 하는 보행자 보호 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명은 속도 및 각속도를 고려하여 미래 경로가 존재할 수 있는 영역 ROPP를 룩업 테이블을 이용하여 학습과 활용이 용이할 수 있도록 하는 보행자 보호 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 보행자 보호 방법은, 입력 영상에서 보행자 후보 객체를 추출하는 후보 생성 단계; 주행 데이터의 통계적 분석을 통해 차량의 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP(Region of Prediction Path)을 산출하는 단계; 상기 ROPP의 좌변 및 우변 외측 영역을 미리 설정된 기준에 따라 확장하여 상기 ROD을 산출하는 단계; 및 상기 후보 생성 단계를 통해 추출된 보행자 후보 객체 중 ROD내에 위치하는 보행자 후보만을 선별 및 출력하는 단계; 및 상기 필터링된 보행자 후보 객체 각각에 대한 후보 검증을 수행하여 위험 상태의 보행자를 검출하는 후보 검증 단계를 포함하고, 상기 ROPP를 산출하는 단계는, 차량의 속도 및 각속도를 이용하여 방향 오류 범위를 설정하고, 상기 방향 오류 범위 및 최대 가속도를 이용하여 ROPP를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 ROPP를 산출하는 단계는, 상기 최대 가속도와 상기 방향 오류 범위를 이용하여 미리 설정된 룩업 테이블에 의해 ROPP를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 상기 ROPP를 산출하는 단계가 상기 룩업 테이블에 의할 때, 상기 ROPP를 산출하는 단계는, 차속(v) 및 각속도

(ω)를 입력하는 단계; " $x(t) = \frac{v}{\omega} \sin \omega t$ " 및 " $y(t) = \frac{v}{\omega} (1 - \cos \omega t)$ "를 근거로 예측시간 T 동안의 예상 경로 끝점(x(T), y(T))을 계산하는 단계; " $\Phi(T) = \tan^{-1}(y(T)/x(T))$ "의 식에 따라 상기 예상 경로 끝점의 위상각($\Phi(T)$)을 계산하는 단계; CTRV 모션 모델을 근거로 EKF(Extended Kalman Filtering)를 적용하는 CTRV_EKF에 근거해 보정된 차속(v') 및 각속도(ω')가 속하는 셀(cell)을 선택하는 단계; 상기 선택된 셀로부터 방향오류 평균(μ_ϕ)과 표준편차(σ_ϕ)를 추출하여 " $\Delta \phi_{\max} = \mu_\phi + \beta \sigma_\phi$, $\Delta \phi_{\min} = \mu_\phi - \beta \sigma_\phi$ "의 식에 따라 최대 방향오류($\Delta \phi_{\max}$) 및 최소 방향오류($\Delta \phi_{\min}$)를 계산하는 단계; 상기 최대 방향오류($\Delta \phi_{\max}$) 및 최소 방향오류($\Delta \phi_{\min}$)를 기반하여 " $\Phi(T) + \Delta \phi_{\min} \sim \Phi(T) + \Delta \phi_{\max}$ "를 ROPP의 위상각 범위로 정의하는 단계; 상기 선택된 셀로부터 가속도의 평균(μ_a)과 표준편차(σ_a)를 추출하여 " $a_{\max} = \mu_a + \beta \sigma_a$ "의 식에 따라 상기 최대가속

$$s_{\max}(v) = vT + \frac{1}{2} a_{\max}(v)T^2$$

도(a_{\max})를 계산하는 단계; "에 근거해 최대 도달거리($s_{\max}(v)$)를 계산하는 단계; 및 반지름이 $s_{\max}(v)$ 이고 위상각이 $\Phi(T) + \Delta \phi_{\min} \sim \Phi(T) + \Delta \phi_{\max}$ 범위인 부채꼴로 정의되는 ROPP를 산출하는 단계를 포함하며, 상기 셀을 선택하는 단계에서, 해당되는 셀이 없을 경우 거리가 가장 가까운 활성영역의 셀을 선택하고, 상기 x 및 y는 차량 전방과 좌측을 x축과 y축으로 하는 좌표계 상의 좌표를, 상기 v은 속도를, 상기 ω 는 각속도를, 상기 t는 시각을, 상기 T는 예측 시간을 나타내는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 ROD을 산출하는 단계는 미리 저장해 둔 차량 횡방향 폭(W)을 파악하는 단계; 및 상기 ROPP의 좌변 및 우변 외측 영역을 상기 차량 횡방향 폭(W)의 절반(W/2)만큼 각각 확장함으로써, 상기 ROD을 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 ROD내에 위치하는 보행자 후보만을 선별 및 출력하는 단계는 상기 ROD를 상기 입력 영상에 투영하는 단계; 및 상기 입력 영상에 투영된 ROD 위치와 보행자 후보 객체의 위치를 비교하여, 상기 ROD내에 위치하는 보행자 후보 객체만을 검증 대상 객체로 선별 및 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{X}$$

[0023] 상기 ROD를 상기 입력 영상에 투영하는 단계는 "에 따라 ROD의 차량 중심 좌표계를 입력 영상 좌표계로 변환하며, 상기 $\mathbf{x}(u, v, 1)$ 는 입력 영상 좌표계, 상기 $\mathbf{X}(X, Y, Z, 1)$ 는 차량 중심 좌표계, 상기 P는 카메라의 투사 매트릭스인 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 보행자 보호 시스템은, 입력 영상에서 보행자 후보 객체를 추출하는 후보 생성부; 주행 데이터의 통계적 분석을 통해 차량의 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP(Region of Prediction Path)을 산출하는 ROPP 산출부; 상기 ROPP의 좌변 및 우변 외측 영역을 기 설정된 기준에 따라 확장하여 상기 ROD를 산출하는 ROD 산출부; 및 상기 후보 생성부를 통해 추출된 보행자 후보 객체 중 ROD내에 위치하는 보행자 후보만을 선별하여 상기 후보 검증부에 전달하는 보행자 후보 선별부; 및 상기 필터링된 후보자 후보 객체 각각에 대한 후보 검증을 수행하여 위험 상태의 보행자를 검출하는 후보 검증부를 포함하고, 상기 ROPP 산출부는, 차량의 속도 및 각속도를 이용하여 방향 오류 범위를 설정하고, 상기 방향 오류 범위 및 최대 각속도를 이용하여 ROPP를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 ROPP 산출부는, 상기 최대 각속도와 상기 방향 오류 범위를 이용하여 미리 설정된 룩업 테이블에 의해 ROPP를 산출하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0027] 상기와 같은 본 발명의 보행자 보호 시스템 및 방법에 따르면, 후보생성, 후보검증, 위험도평가의 3단계에 따라 능동적 보행자 보호를 위한 보행자를 검출하는 경우, 후보 검증의 처리 부하가 상대적으로 큼을 고려하여, 위험도평가를 후보검증 이전에 수행하도록 한다. 그 결과 후보 검증의 처리 부하가 최소화되어 처리 시간이 감소되게 되며, 이에 따라 시스템 전체의 실시간성이 개선되게 된다.

[0028] 또한, 본 발명은 속도 및 각속도를 고려하여 미래 경로가 존재할 수 있는 영역 ROPP를 좁게 설정함으로써, ROD를 더 좁게 설정할 수 있으며, 이에 따라 보행자 검증에 소요되는 시간을 절약할 수 있게 된다.

[0029] 또한, 본 발명은 각속도와 방향오류의 최대값을 속도와 각속도 공간의 룩업 테이블로 구현함으로써, 학습 및 사용이 더욱 용이하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 보행자 보호 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 차량 회전 시에 발생될 수 있는 CTRV 모션 모델을 사용한 물리학 기반 경로 예측의 문제점을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 속도-각속도와 가속도 사이의 관계에 따라 변화되는 종방향 운동 상태 범위를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 속도-각속도와 방향오류 사이의 관계에 따라 변화되는 횡방향 운동 상태 범위를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 차량 주행 시 속도에 따른 방향오류의 범위를 비교하여 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 방향 오류의 정의를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 룩업 테이블 생성을 위한 속도-각속도 평면의 셀 분할을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 RODPP 산출 단계를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 ROD 산출 단계를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 보행자 후보 객체 선별 단계를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.
- 도 12는 차량 주행 시 다양한 상황에서 설정된 ROPP를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 13은 차량 주행 시 다양한 상황에서 설정된 ROD를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 14 및 도 15는 차량 주행 시 다양한 상황에서 설정된 ROD를 전방 연상 상에서 설명하기 위한 도면이다.
- 도 16은 본 발명의 일 실시 예에 따른 보행자 보호 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로

정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는, 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.

- [0033] 또한, 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계를 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0035] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0036] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.
- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 보행자 보호 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0039] 도 1을 참고하면, 본 발명의 보행자 보호 방법은 입력 영상에서 보행자 후보 객체를 추출하는 후보 생성(HG) 단계(S10), 주행 데이터로부터 ROD(Region of Danger)을 파악한 후, 이를 기반으로 차량 출동 가능성이 있는 보행자 후보 객체를 선별하는 위험도 평가(RA) 단계(S20), 및 CNN(Convolutional Neural Network)에 기반한 후보 검증 동작을 선별된 보행자 후보 객체 각각에 대해 수행하여, 위험 상태의 보행자를 검출 및 통보하는 후보 검증(HV) 단계(S30) 등을 포함할 수 있다.
- [0040] 즉, 본 발명에서는 종래에서와 달리 HV 단계(S30) 이전에 RA 단계(S20)를 수행하도록 한다. 이렇게 동작 순서가 변경되면, RA 단계(S20)에서는 종래에 비해 많은 수의 입력을 처리해야 하나, HV 단계(S30)에서는 종래에 비해 작은 수의 입력을 처리하게 된다. 그러나 HV 단계(S30)의 계산 요구량이 RA 단계(S20)에 비해서 월등히 크기 때문에, 결과적으로 본 발명의 방법은 종래에 비해 단축된 동작시간을 가질 수 있게 된다.
- [0042] 예를 들어, 보행자 후보 하나를 처리하는데 HV 단계(S30)와 RA 단계(S20) 각각이 10ms와 0.1ms를 소비한다고 가정하도록 한다(이는 HV 단계(S30)의 계산 요구량이 RA 단계(S20)에 비해서 100배 크다고 가정한 것인데, 일반적으로 더 큰 값을 가진다).
- [0043] 이러한 경우 HG 단계에서 10개의 보행자 후보를 출력하고 HV가 4개의 보행자를 출력하고 RA 단계에서 2명의 위험한 보행자를 출력한다면, 종래 방식에서는 HV가 10번 작동하고 RA가 4번 작동하므로 HV와 RA가 소비하게 되는 시간은 " $10ms \times 10 + 0.1ms \times 4 = 100.4ms$ "가 된다.
- [0044] 반면, HG 단계에서 10개의 보행자 후보를 출력하고 RA가 4개의 위험한 보행자 후보를 출력하고 HV가 2명의 위험한 보행자를 출력한다면, 본 발명에서 RA가 10번 작동하고 HV가 4번 작동하므로 HV와 RA가 소비하게 되는 시간은 " $0.1ms \times 10 + 10ms \times 4 = 41ms$ "가 된다.
- [0045] 즉, HV 단계의 수행시간이 RA 단계의 수행시간에 비해 월등히 크기 때문에 시스템 수행시간이 HV 단계가 처리하는 입력의 개수에 근사적으로 비례하게 된다.
- [0046] 이에 본 발명은 HV 단계에서 정보 처리량을 감소시켜 시스템 전반의 동작 시간이 단축되도록 하고, 그 결과 시스템 실시간성까지 개선되도록 해준다.
- [0048] 도 1을 계속하여 참고하면, 본 발명의 RA 단계(S20)는 다시 차량의 주행 데이터의 통계적 분석을 통해 차량의 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP(Region of Prediction Path)을 산출하는 단계(S21), ROPP를 기반으로 보행자가 위험한 영역인 ROD(Region of Danger)을 산출하는 단계(S22), 및 다수의 보행자 후보 중 ROD에 위치하는 보행자 후보만을 차량 출동 가능성이 있는 보행자 후보 객체로 선별한 후, HV 단계(S30)에 전달하는 단계(S23)를 포함할 수 있다.
- [0050] 이하, 도 2 내지 도 14를 참고하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 RA 단계(S20)에 대해 보다 상세히 살펴보면 다음과 같다.

[0052] 참고로, 차량 경로 예측은 크게 물리학 기반(physics-based), 의도 기반(manuever-based), 상호작용 기반(interaction-based)의 3가지 방법으로 수행될 수 있다. 물리학 기반 예측 방법은 속도, 가속도, 각속도 등 현재의 운동 상태를 연장하여 경로를 예측하는 것으로, 이는 비교적 가벼운 알고리즘으로 실시간 구현이 용이하지만, 예측 가능 시간이 제한적이며 급격한 방향전환이 많은 도심에서 큰 오류가 발생한다. 이와 같은 불확실성의 원인은 차량 운동이 기본적으로 운전자의 의도에 따라 계속적으로 조종되기 때문이다. 의도 기반 예측 방법은 운전자의 의도를 파악함으로써 이런 불확실성을 감소시키는 장점이 있으나, 운전자의 의도를 파악하기 위해서는 지도, 전방 영상, 운전자 영상 등 다양한 대용량 정보를 처리해야 하는 부담이 생기기 때문에, 양산제품 적용은 아직 제한적이라는 단점이 있다. 상호작용 기반 예측 방법은 차량과 타차의 상호작용까지 고려하는 방법으로, 아직 개발 초기 단계에 머물고 있다.

[0054] 이에 본 발명은 물리학 기반(physics-based) 예측 방법을 활용하여 ROPP를 예측하도록 한다.

[0055] 물리학 기반(physics-based) 경로 예측은 차속과 각속도가 짧은 시간 동안 일정하다고 가정하는 CTRV(Constant Turn-Rate and Velocity) 모션 모델을 기반으로 예상 경로 끝점(x(t), y(t))을 계산할 수 있다.

[0056] [수학식1]

$$x(t) = \frac{v}{\omega} \sin \omega t$$

[0057]

[0058] [수학식2]

$$y(t) = \frac{v}{\omega} (1 - \cos \omega t)$$

[0059]

[0060] 이때, x, y는 차량 전방과 좌측을 x축과 y축으로 하는 좌표계 상의 좌표를, v는 차속을, ω 는 각속도를, t는 시간을 각각 의미한다. t는 현재 시점인 0s에서 최대 예측 시각 T(예를 들면, 3초)까지 증가될 수 있다.

[0062] 한편, 차량 포즈(pose) 추정에 자주 사용되는 CTRA 모션 모델은 저속 주행을 포함하는 경로 예측에는 적합하지 않는 문제점을 가진다. 저속 주행 시 큰 감속도로 차속이 거의 0m/s에 가까워지는 상황이 자주 발생하는데, 이 경우 CTRA 모션 모델은 미래 경로를 차량 후진방향으로 예측하는 문제점이 있기 때문이다.

[0064] 또한 CTRV 모션 모델은 회전 시에 큰 오차를 발생시키는 문제점도 가진다. 조향각을 일정하게 유지하는 곡선로와 달리, 회전 시에 운전자는 조향각을 점진적으로 크게 했다가 다시 점진적으로 작게 조정하는 데, 이때 회전 반경은 조향각이 커질수록 작아지기 때문에, 현재 상태의 회전 반경을 기준으로 미래 경로를 예측할 경우 큰 오차가 발생되기 때문이다.

[0066] 도 2는 차량 회전 시에 발생할 수 있는 CTRV 모션 모델을 사용한 물리학 기반 경로 예측의 문제점을 나타낸 도면이다.

[0067] 도 2에서, 청색 점선은 $t=0 \sim T$ 기간 동안의 실제 경로를 표현한 것이고, 적색 점선은 예측 경로를 표현한 것이며, 차량이 왼쪽에서 위쪽으로 녹색 경로를 따라 회전하는 상황이라고 가정하기로 한다.

[0069] 도 2의 (a)는 좌회전 직전 시 차량의 실제 경로와 예측 경로를 보여주는 도면으로, 실제 경로를 보면 차속이 감소하고 위쪽으로 방향 전환이 시작되지만, 물리학 기반 경로 예측 방법은 차량이 현재까지는 직진 중임을 고려하여 현재 속도를 유지하는 직선 경로를 예측하게 된다.

[0070] 도 2의 (b)는 좌회전이 거의 완료된 상황에서의 차량의 실제 경로와 예측 경로를 보여주는 도면으로, 실제 경로를 보면 차속이 증가하고 위쪽으로 직진하기 시작하지만, 물리학 기반 경로 예측 방법은 현재까지는 곡선 경로 상에 있기 때문에 현재 회전 반경을 유지하는 곡선 경로를 예측하게 된다.

[0071] 도 2의 (c)는 좌회전하는 동안 실제 경로와 예상 경로를 각각 원에 피팅(fitting)하여 계산한 추정 곡률(실제 곡률로 간주, 청색 실선)과 예상 곡률(적색 실선)의 그래프로, 이를 참고하면 예상 곡률이 추정 곡률보다 작았다가 커지고 그 오차의 크기도 일정하지 않기 때문에, 단순한 방법으로 이를 보상하기 곤란함을 알 수 있다.

[0073] 이와 같은 물리학 기반 경로예측의 한계는 운전자가 계속적으로 차량 운동을 조정하기 때문에 발생하는데, 저속에서 회전하는 경우 조향각 변화의 크기와 변화율이 모두 크기 때문에 상기와 같은 오류가 필연적으로 발생한다.

- [0074] 따라서 정확한 미래 경로를 확정할 수 없다면, 미래 경로가 존재할 수 있는 영역을 최대한 작게 예측하는 방법이 차선책일 것이다. 이에 본 발명에서는 주행 데이터를 통계적으로 분석함으로써, 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP를 최소의 크기를 가지는 부채꼴 형태로 예측함으로써, 상기와 같은 오류의 발생 가능성을 최소화하도록 한다.
- [0076] 차량은 기본적으로 ESC(Electronic Stability Control)와 같은 전자제어 사시 제어 시스템 등을 포함하며, ESC는 속도와 각속도 등을 포함하는 주행 데이터를 제공할 수 있다.
- [0077] 이에 본 발명은 주행 데이터에 포함된 속도와 각속도에 기반하여 차량의 경로를 예측하도록 한다. 특히, 운전자는 차속에 따라서 상당히 다른 운전행태를 보임을 고려하여 차속에 따른 종/횡방향 운동 상태 범위를 모델링한 후, 이들을 근거로 미래 경로가 존재할 수 있는 영역 ROPP를 계산하도록 한다.
- [0078] 이 때, 종방향 운동 상태 범위는 속도-각속도와 가속도 사이의 관계에 따라 결정되며, 횡방향 운동 상태 범위는 속도-각속도와 방향오류 사이의 관계에 따라 결정되는 특징이 있다.
- [0080] 먼저, 도 3을 참고하여 속도-각속도와 가속도 사이의 관계에 따라 변화되는 종방향 운동 상태 범위를 살펴보기로 한다.
- [0081] 도 3의 (a)는 속도에 따른 가속도의 범위를 나타내는 도면이고, 도 3의 (b)는 각속도에 따른 가속도의 범위를 나타내는 도면이다.
- [0082] 도 3의 (a)를 참고하면, 차속이 0에 가까울 때에는 가속도의 범위가 비교적 넓고, 일정 속도에 도달하면 가속도의 범위가 크게 감소한다. 이와 같이, 속도에 따른 최대 가속도는 반비례 관계로 근사화할 수 있다.
- [0083] 도 3의 (b)를 참고하면, 각속도의 경우 절대값이 0.1보다 작은 경우($|\omega| < 0.1$)에는 직진주행 상태로, 0.1보다 크거나 같은 경우($|\omega| \geq 0.1$)를 회전 주행 상태로 볼 수 있으며, 가속도의 부호는 회전방향을 나타낸다.
- [0084] 도 3의 (b)에서 각속도의 절대 값이 0에 가까운 직진주행의 경우에는 속도의 변화가 크게 발생할 가능성이 높기 때문에 가속도의 범위가 넓게 나타나고, 각속도의 절대값이 큰 회전주행의 경우에는 직진주행에 비해 크게 감속 또는 가속을 하는 경우가 거의 없어서 가속도의 범위가 좁게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 반면에 최대가속도는 각속도에 상관없이 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. ROPP를 결정할 때는 최대가속도만 필요로 하기 때문에, 종방향의 경우에는 각속도에 따른 분석은 큰 의미를 갖지 않는다.
- [0086] 또한, 도 4를 참고하여 속도-각속도와 방향오류 사이의 관계에 따라 변화되는 횡방향 운동 상태 범위를 살펴보기로 한다.
- [0087] 도 4의 (a)는 속도에 따른 방향오류의 범위를 나타내는 도면이고, 도 4의 (b)는 각속도에 따른 방향오류의 범위를 나타낸 도면이다.
- [0088] 도 4의 (a)를 참고하면, 가속도와 마찬가지로, 방향오류도 속도가 증가함에 따라 그 범위가 감소되는 반비례 관계로 근사화할 수 있다.
- [0089] 반면에, 도 4의 (b)를 참고하면, 각속도의 값에 따라서 방향오류의 범위의 폭은 비교적 일정하지만, 범위의 위치는 달라지는 것을 확인할 수 있다.
- [0090] 각속도가 양의 방향(좌회전)으로 증가할 때는 방향오류의 범위가 음수 값(실제경로가 예상경로를 기준으로 우측에 존재)을 가지며, 각속도가 음의 방향(우회전)으로 그 값이 증가할 때는 방향오류의 범위가 양수 값(실제경로가 예상경로를 기준으로 좌측에 존재)을 갖는다. 즉, 횡방향 운동상태를 분석할 때 직진주행과 회전주행을 구분하지 않고 하나의 운동상태로 분석하게 되면 직진주행과 회전주행 모두에서 불필요하게 넓은 ROPP를 얻게 되는 것이다.
- [0091] 따라서, 횡방향 운동상태를 분석할 때에는 직진주행과 회전주행을 구분하여 분석하여야 한다.
- [0093] 도 5는 차량 주행 시 속도에 따른 방향오류의 범위를 비교하여 설명하기 위한 도면이다.
- [0094] 도 5를 참고하면, 각속도를 고려하여 방향오류 범위를 설정할 경우, ROPP가 횡방향으로 감소될 것이라고 예상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0095] 방향오류 범위의 설정 방법 중, 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법인 속도에 따른 방향오류 절대값의 최대 및 최소 함수를 활용하여 설정하는 방법이 있다. 상기 방법은 각속도에 상관없이 동일한 속도에서는 동

일한 방향오류 범위를 갖는다고 가정하여 설정한 것이다.

- [0096] 그러나, 주행 데이터를 확인해보면 각속도 값에 따라 방향오류 범위가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있다.
- [0098] 도 5는 직진 주행 중의 방향오류 분포(녹색 점들)와 좌회전 중의 방향오류 분포(적색 점들)를 나타낸다. 진한 청색 선과 밝은 청색 선은 각각 설정된 최대, 최소 방향오류 함수를 나타낸다. 직진 주행 시의 방향오류 범위는 최대, 최소 방향오류 함수 사이에 포함되지만, 좌회전 시의 방향오류 범위는 두 함수 사이를 벗어날 뿐만 아니라 그 폭도 좁게 나타난다.
- [0099] 예를 들어, 좌회전 중이면서 속도가 5m/s일 때, 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법은, 방향 오류의 범위를 A로 설정하게 되지만, 각속도를 고려하여 좌회전 중의 데이터만 구분하여 분석하게 되면 방향 오류의 범위를 B로 설정하게 된다.
- [0100] 결과적으로, 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법은 A-B만큼의 불필요한 영역을 만들어내기 때문에 효율성이 저하되는 것으로 분석되며, 방향오류 범위의 각속도를 고려하여 설정할 수 있다면 ROPP의 위상각 범위를 축소시킬 수 있음을 알 수 있다.
- [0102] 따라서, 상기 도 5에서 방향오류의 범위를 비교한 결과와 같이, ROPP의 위상각 범위를 축소시키기 위하여, 각속도를 고려하여 설정한 방향오류 범위의 정의를 설명한다.
- [0104] 도 6은 방향 오류의 정의를 설명하기 위한 도면이다.
- [0105] 상기 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법은, 방향오류를 CTRV를 기반으로 얻은 예상경로의 끝점과 실제 경로의 끝점 사이의 방향각도로 정의한다.
- [0106] 상기 방법의 경우, 도 6의 (a)와 같이 나타나며, 실제 경로가 휘어진 경우에는 ROPP가 실제 경로를 모두 포함하지 못하는 문제점이 있다.
- [0107] 자차는 녹색 선을 따라 좌회전하는 상황이며, 청색 점선과 적색 점선을 각각 현재부터 T초 사이의 실제 경로와 예상 경로를 나타낸다.
- [0108] 도 6의 (a)의 방법은, 현재위치 o와 예상 경로의 끝점을 잇는 선분(a)과 o와 실제 경로의 끝점을 잇는 선분(b) 사이의 각도인 $\Delta \phi_{\min}$ 만 방향오류로 사용한 것이다. 이 경우, ROPP는 도 6의 (a)와 같이 선분 a를 기준으로 $\pm \Delta \phi_{\min}$ 범위를 갖는 적색 부채꼴로 설정되고, 이는 T초 한 점을 제외한 나머지 시간 동안의 실제 경로는 포함하지 못하는 문제를 초래한다. 반면, 실제 경로를 지나는 점들 중 선분 a와 가장 큰 각도를 이루는 선분 c로부터 얻어지는 방향오류 $\Delta \phi_{\max}$ 를 적용하면 녹색 부채꼴과 같이 실제 경로를 모두 포함하는 ROPP를 얻을 수 있다.
- [0109] 따라서, 실제경로상의 모든 점에 대한 방향오류 모두를 분석에 사용하면 ROPP가 실제 경로를 모두 포함하도록 설정할 수 있다.
- [0111] 방향오류의 정의는, 도 6의 (b)와 같이 현재 위치 o에서 예상 경로의 끝점을 잇는 선분 a와 T초 동안 이동되는 실제 경로 상의 각각의 점을 잇는 선분들($b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$) 사이 각도 모두를 방향오류($\Delta \phi_1, \Delta \phi_2, \Delta \phi_3, \dots, \Delta \phi_n$)로 정의할 수 있다.
- [0112] 상기 방향오류 데이터를 이용하여 최대, 최소 범위를 구하면 ROPP 내 실제 경로의 포함 비율을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0114] 이하, 방향오류 범위의 설정에 있어서, 속도-각속도 공간을 기반으로 하는 3차원 공간 상에서 운동 상태 범위를 결정하기 위하여 룩업 테이블을 활용하는 구현방법에 대하여 설명한다.
- [0116] 도 3의 (a) 및 (b)와 도 4의 (a) 및 (b)에서와 같이 2차원 공간 상에서 운동 상태를 분석할 경우에는 속도와 가속도, 각속도와 가속도, 속도와 방향오류, 각속도와 방향오류의 데이터 분포를 각각 단순한 관계식으로 표현하는 것이 가능하다.
- [0117] 그러나, 도 3의 (c) 및 도 4의 (c)와 같이 3차원 공간 상에서 속도-각속도에 따른 가속도와 방향오류의 범위를 분석할 경우에는 정형화하기 어려운 복잡한 형태를 가지기 때문에 단순한 관계식으로 표현하는 것이 쉽지 않다.
- [0118] 속도-각속도 공간에서의 가속도와 방향오류 범위에 대하여, 학습데이터를 이용하여 룩업 테이블을 사전에 생성하고, 주행 중에는 이를 활용하여 ROPP를 설정하는 방법에 의하면 3차원 공간 상에서도 속도-각속도에 따른 가

속도와 방향오류의 범위를 분석하는 것이 가능하다.

- [0120] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 록업 테이블 생성을 위한 속도-각속도 평면의 셀 분할을 설명하기 위한 도면이다.
- [0122] 우선, 학습데이터로부터 도 7의 (a)와 같이 속도의 최대값과 최소값, 각속도의 최대값과 최소값을 구하고, 속도와 각속도 공간 상에서 학습데이터가 존재하는 영역을 도 7의 (b)의 적색 실선과 같이 설정한다.
- [0123] 상기 적색 실선의 영역을 속도와 각속도 축에 대하여 각각 일정한 간격으로 분할 하고, 분할된 특정한 범위의 속도와 각속도와 결정되는 하나의 작은 영역을 셀(cell)이라 정의한다. 학습데이터들은 각 순간의 속도와 각속도에 해당하는 셀에 할당된다.
- [0124] 도 7의 (b)의 녹색 영역은 할당된 데이터가 존재하는 활성 영역을 나타내고, 녹색 이외의 영역은 할당된 데이터가 없는 비활성 영역을 나타낸다. 활성 영역 셀마다 그 셀에 할당된 순간들의 가속도와 방향오류를 구하고, 이들의 평균과 분산을 구해 기록함으로써 종방향 운동 범위와 횡방향 운동범위에 대한 록업 테이블을 생성할 수 있다.
- [0125] 상기 각 셀은 데이터들이 가우시안 분포를 갖는다고 가정한다. 주행 중에는 현재 차속과 각속도에 해당하는 종방향 록업 테이블 셀의 정보를 활용하여 최대 가속도를 계산할 수 있고, 횡방향 록업 테이블 셀의 정보를 활용하여 최대방향오류(예상경로를 기준으로 좌측 방향)와 최소방향오류(예상경로를 기준으로 우측 방향)를 계산할 수 있다.
- [0127] 이와 같은 종/횡방향 운동 상태 범위 모델링이 완료되면, 본 발명은 ROPP 산출 단계(S21)를 통해 종/횡방향 운동 상태 범위 모델을 근거로 미래 경로가 존재할 수 있는 영역 ROPP를 계산할 수 있게 된다.
- [0129] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 ROPP 산출 단계를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.
- [0130] 먼저, 주행 데이터에 포함된 차량의 현재 속도(v)와 각속도(ω)를 추출 및 획득하도록 한다(S211).
- [0131] 그리고 수학식1과 수학식2를 근거로 예상 경로 끝점 ($x(T)$, $y(T)$) 계산한 후(S212), 예상 경로 끝점의 위상각 ($\phi(T)=\tan^{-1}(y(T)/x(T))$)을 계산하도록 한다(S213).
- [0132] 그리고 CTRV_EKF를 통해 보정된 차속(V') 및 각속도(ω')가 속하는 셀을 선택하도록 한다(S214). 이 때, 해당되는 셀이 없을 경우에는, 거리가 가장 가까운 활성영역의 셀을 선택하도록 한다. 상기 CTRV_EKF는 CTRV 모션을 근거로 EKF(Extended Kalman Filtering)를 적용하는 것을 의미하며, 여기서는 차량 거동 특성을 고려하여 차속과 각속도의 노이즈를 제거하는 역할을 수행한다.
- [0133] 그리고 상기 선택된 셀로부터 방향오류 평균(μ_ϕ)과 표준편차(σ_ϕ)를 이용하여 최대 방향오류($\Delta \phi_{\max} = \mu_\phi + \beta \sigma_\phi$) 및 최소 방향오류($\Delta \phi_{\min} = \mu_\phi - \beta \sigma_\phi$)를 계산하도록 한다(S215).
- [0134] 그리고 상기 최대 방향오류 및 상기 최소 방향오류를 기반으로 하여 ROPP의 위상각의 범위 ($\phi(T) + \Delta \phi_{\min} \sim \phi(T) + \Delta \phi_{\max}$)를 계산하도록 한다(S216).
- [0135] 그리고 상기 선택된 셀로부터 가속도의 평균(μ_a)과 표준편차(σ_a)를 추출하여 최대 가속도($a_{\max} = \mu_a + \beta \sigma_a$)를

$$s_{\max}(v)=vT+\frac{1}{2}a_{\max}(v)T^2$$

계산하고(S217), 최대 도달거리()를 계산하도록 한다(S218).

- [0136] 마지막으로 반지름이 $s_{\max}(v)$ 이고 위상각이 $\phi(T) + \Delta \phi_{\min} \sim \phi(T) + \Delta \phi_{\max}$ 범위인 부채꼴로 정의되는 ROPP를 산출하도록 한다(S219).
- [0138] 도 8의 ROPP 산출 단계(S21)를 통해 ROPP가 산출되면, 본 발명은 도9에서와 같이 ROPP를 기반으로 ROD을 산출하고, 이를 입력영상에 투영하여 보행자 후보 생성 단계(S10)에서 생성된 보행자 후보 객체를 선별하도록 한다.
- [0140] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 ROD 산출 단계(S22)를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.
- [0141] 도 9를 참고하면, 본 발명의 ROD 산출 단계는 미리 저장해 둔 차량 횡방향 폭 W 을 파악한 후(S221), ROPP의 좌변 외측 영역과 우변 외측 영역을 차량 횡방향 폭 W 의 절반($W/2$)만큼 각각 확장함으로써, ROD를 획득하도록 한

다(S222).

[0142] 도 10의 (a)의 적색 점선은 속도와 가속도를 근거로 계산한 예상 경로이고, 청색 부채꼴은 최대 도달거리와 최대 방향 오류를 근거로 계산한 ROPP을 나타낸다. 도 10의 (b)의 청색 영역은 설정된 ROPP의 양변에서 차량 횡방향 폭의 절반만큼 좌우로 확장하여 설정한 ROD을 나타낸다.

[0144] 도 11 및 도 12는 본 발명의 일 실시 예에 따른 보행자 후보 객체 선별 단계(S23)를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.

[0145] 도 11을 참고하면, 본 발명의 보행자 후보 객체 선별 단계는 ROD의 차량 중심 좌표계를 입력 영상 좌표계로 변환함으로써, ROD를 입력 영상에 투영하는 단계(S231), 입력 영상에 투영된 ROD 위치와 보행자 후보 객체의 위치를 비교하여, ROD내에 위치하는 보행자 후보 객체만을 검증 대상 객체로 선별한 후, HV 단계(S30)에 전달하는 단계(S232)를 포함하도록 한다.

[0146] ROD는 주행 데이터의 통계적 분석에 의해 산출된 것이므로 입력 영상과 상이한 좌표계, 즉 차량 중심 좌표계를 가지게 된다. 이에 ROD의 차량 중심 좌표계를 카메라의 투사 매트릭스(projection matrix, **P**)를 이용하여 입력 영상 좌표계로 변환하도록 해야 한다.

[0147] 수학식6에서와 같이 차량 중심 좌표계 상의 한 점 **X**(X, Y, Z, 1)에 카메라 투사 매트릭스 **P**를 곱하면 영상 상의 한 점 **x**(u, v, 1)를 구할 수 있게 되고, 이에 따라 ROD를 입력 영상에 투영할 수 있게 된다.

[0148] [수학식6]

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{X}$$

[0149]

[0150] 이때, **P**의 크기는 3×4이고, **X**와 **x**는 동종(homogeneous) 좌표계를 사용한다. 차량 중심 좌표계 상의 ROD는 지표면에 존재하기 때문에, Z는 카메라 높이의 음수 -H로 설정된다. ROD의 경계를 일정한 개수의 점들로 샘플링하고 이 점들에 대응되는 영상 상의 점들을 계산함으로써, 영상 상의 ROD을 계산할 수 있다.

[0151] 도 12의 (a)에서 적색 실선으로 그려진 대략적인 부채꼴 모양 도형은 차량 중심 좌표계 상의 ROD을 나타내는 것이고, 도 12의 (b)는 이에 대응되는 입력 영상에 투영된 ROD을 나타내는 것이다. 다만, ROD가 대략적으로 부채꼴 모양이지만, 투영변환(perspective transformation) 때문에 입력 영상에 투영된 ROD는 부채꼴 모양으로 나타나지 않을 수도 있다.

[0152] ROD는 정해진 시간 내에 차량이 점유할 수 있는 영역을 의미하기 때문에, 본 발명에서는 도 12의 (c)에서와 같이 어떤 보행자가 ROD 내부에 존재한다면 그 보행자가 위험하다고 판단할 수 있다. 또한 차량 중심 좌표계 ROD을 사용할 경우엔, 보행자 중심 좌표 (X, Y)가 ROD 내부에 존재하는지 여부를 평가할 수 있다. 또한 영상 좌표계 ROD를 사용할 경우엔 보행자 영역 사각형의 밑변 중심이 ROD 내부에 존재하는지 여부를 평가할 수 있다.

[0153] 도 12의 (c)에서 적색 실선은 ROD을 나타내는 것으로, 이를 참고하면, 차속이 작은 경우, 최대 도달 거리는 작고 좌우 각도 범위는 넓게 설정된 ROD가 산출됨을 알 수 있다. 그리고 적색 사각형으로 표시된 보행자의 경우 밑면 중심이 ROD 내부에 존재하기 때문에 위험한 보행자로 분류되고, 청색 사각형으로 표시된 보행자는 ROD 외부에 존재하므로 위험하지 않은 보행자로 분류됨을 알 수 있다.

[0155] 도 13은 차량 주행 시 다양한 상황에서 설정된 ROPP를 설명하기 위한 도면이다.

[0156] 적색부채꼴은 룩업테이블(방향오류 평균-방향오류 표준편차)(LUT($\mu - \sigma$))방식의 ROPP를 나타내고, 흑색부채꼴은 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법의 ROPP를 나타낸다. 또한, 적색 점선은 CTRV(Constant Turn-Rate and Velocity) 모션모델 기반 예상 경로를 나타내고, 청색 점선은 CTRV 모션모델 기반 실제 경로를 나타낸다.

[0157] 도 13의 (a)와 (b)는 저속 직진 상황과 고속 직진 상황을 나타내는 도면이다. 저속에서는 각속도와 속도를 함께 분석함으로써 방향오류 범위와 최대가속도가 작아지기 때문에 불필요한 범위가 감소되어 ROPP가 더 작게 설정될 수 있다. 고속에서는 회전이 거의 발생하지 않고 직진 상황에 있는 데이터만 존재하기 때문에 한국 등록 특허

제10-1770924호에 제안된 방법과 ROPP의 크기가 거의 유사하다.

- [0159] 도 13의 (c), (d), (e)는 각각 회전 초기 시점, 회전 중간 시점, 회전 종료 시점에서의 ROPP를 나타낸다. 회전에 들어가는 초기에는 대부분의 운전자들이 속도를 감소시킨다. 이러한 경우, 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법을 적용하게 되면 방위각 범위가 180도가 되는 반원형태의 ROPP가 그려지는 반면, 본 발명의 록업테이블 방식을 이용할 경우, 현재 시점의 속도와 각속도에서의 데이터 분포를 그대로 반영해주기 때문에 보다 더 작은 크기의 ROPP가 나타날 수 있다. 마찬가지로, 회전 중간지점과 종료지점에서도 실제경로는 모두 포함하면서 보다 더 작은 크기의 ROPP가 나타날 수 있다.
- [0161] 도 14 및 도 15는 차량 주행 시 다양한 상황에서 설정된 ROD를 입력 영상 상에서 설명하기 위한 도면이다.
- [0162] 적색 실선은 본 발명의 방법에 의한 ROD를 나타내고, 청색 실선은 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법에 의한 ROD를 나타낸다. 또한, 적색 점선과 청색 점선은 예상 경로와 실제 경로를 나타낸다.
- [0164] 도 14의 (a)와 (b)는 저속 직진 상황에서의 ROD를 나타낸다. 도 14의 (a)는 정지된 상태에서 차량이 출발할 때의 ROD이며 이는 매우 저속인 상태라 좌우로는 넓고 종방향으로는 짧은 ROD가 생성된다. 하지만, 본 발명의 방법에 의할 때 종/횡방향으로 모두 보다 더 작은 ROD를 가질 수 있다.
- [0165] 도 14의 (b)는 저속 직진 상황에서의 ROD를 보여주며, 본 발명의 방법에 의할 때, ROD가 상당부분 감소한다. 도 14의 (c)는 고속 직진 상태의 ROD이며, 좌우로는 좁고 종방향으로는 긴 ROD가 생성된다. 고속 직진 상황에서는 본 발명에 의한 방법과 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법이 거의 유사하게 나타난다.
- [0166] 도 15의 (a), (b), (c)는 회전의 초기, 중간, 종료 시점에서의 ROD를 보여준다. 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법에 의할 때 보다 본 발명의 방법에 의할 때 ROD가 상당히 작아졌지만 실제 경로는 모두 포함하고 있다.
- [0168] 본 발명인 록업테이블을 이용하여 방향오류 범위를 설정하는 방법에 의한 보행자 보호방법과 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법에 의한 보행자 보호방법에 대하여 비교하여 평가하였다.
- [0170] 평가 방법으로는 키티 비전 벤치마크 스위트(KITTI Vision Benchmark Suite)의 로데이터(raw data)를 사용하였다.
- [0171] 로데이터는 전방 칼라 스테레오 카메라와 전방 흑백 스테레오 카메라, 3D 레이저 스캐닝 라이다, 고정밀 측위 시스템을 탑재한 차량이 다양한 환경을 주행하면서 수집한 데이터와 캘리브레이션(calibration) 정보를 제공한다.
- [0172] 이 중, 측위 정보는 OXTS® RT 3003을 사용하여 취득되었으며, 거리와 각도 해상도는 각각 0.02m와 0.1° 이다. 로데이터는 총 71개 시퀀스로 구성되어 있는데, 이 중 67개 시퀀스를 사용하였다.
- [0173] 제외된 시퀀스는 GPS 음영 지역을 포함하여 측위 오류가 심한 경우와 정지 상태에서 IMU(inertial measurement unit) 오류가 심한 경우, 길이가 너무 짧은 경우를 포함한다. 67개 시퀀스는 10Hz로 획득된 35,637 프레임으로 구성되어 있으며, 약 59분 주행 분량에 해당한다. 로데이터는 취득 지역에 따라 네 종류(city, residential, road, campus)로 분류된다.
- [0175] 하기의 표 1은 학습과 평가를 위한 데이터를 동일하게 사용한 경우, 실제경로 포함 비율과 전체영상 대비 ROD 비율을 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법, LUT(min-max), LUT($\mu - \sigma$) 세가지 방법으로 비교한 결과를 나타낸 표이다.

표 1

Method	실제경로 포함 비율(%)	전체영상 대비 ROD 비율(%)
한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법	99.28	28.96
LUT (min-max)	99.95	24.02
LUT ($\mu - \sigma$)	99.24	18.38

- [0178] 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법은 속도에 따른 종/횡방향 운동상태 범위를 함수로 표현한 방법이고, LUT (min-max)는 셀 값을 결정할 때, 셀에 포함되는 데이터들의 최대, 최소값을 그대로 저장하는 방법이며,

LUT ($\mu - \sigma$)는 셀에 포함되는 데이터들의 평균과 표준편차로 최대, 최소 범위를 결정하는 방법이다.

- [0179] 룩업 테이블에 속하는 배열 즉, 셀의 개수는 27×33 으로 결정하였고, LUT ($\mu - \sigma$)에서 $\beta=3$ (최대, 최소 값은 분산의 3배 범위, $\mu \pm 3 \sigma$)을 사용하였다.
- [0180] 또한, 최대 예측 시각 T를 3초로 설정하였다. ROPP의 성능은 설정된 ROPP가 실제 경로를 얼마나 포함하는가(실제 경로 포함 비율)로 평가하였고, ROD 성능은 생성된 ROD를 입력 영상에 투영하여 얼마나 탐색영역을 축소시킬 수 있는가(전체영상 대비 ROD 비율)로 평가하였다.
- [0181] 참고로, 실제경로 포함 비율은 높을수록 우수한 것이고, 전체영상 대비 ROD 비율은 낮을수록 우수한 것이다.
- [0183] 상기 표 1을 보면, LUT (min-max)는 데이터 분포에서 얻어지는 최대, 최소를 그대로 반영하기 때문에 실제 경로 포함 비율이 99.95%로 가장 높고, LUT ($\mu - \sigma$)는 99.24%로 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법과 거의 결과가 유사하다.
- [0184] 반면, 전체영상 대비 ROD비율은 LUT ($\mu - \sigma$)의 경우 18.38%로 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법보다 약 10% 감소된 것을 확인할 수 있다.
- [0185] 따라서, 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법과 비교했을 때, 실제경로 포함 비율은 비슷하면서 전체영상 대비 ROD 비율의 감소가 가장 큰 LUT ($\mu - \sigma$) 방법이 가장 우수하다는 것을 알 수 있다.
- [0187] 하기 표 2는 LUT (min-max)와 LUT ($\mu - \sigma$) 방법에 대하여 다시 학습과 평가 데이터를 분리한 경우, 실제 경로 포함 비율과 전체 영상 대비 ROD 비율의 결과를 비교한 표이다.

표 2

Method	끝점을 이용한 방향오류		모든 점을 이용한 방향오류	
	실제경로 포함 비율 (%)	전체영상 대비 ROD 비율 (%)	실제경로 포함 비율 (%)	전체영상 대비 ROD 비율 (%)
LUT (min-max)	94.38	21.87	98.14	22.23
LUT ($\mu - \sigma$)	96.94	19.73	98.25	18.16

- [0190] 학습 및 평가를 위해서 67개의 시퀀스 중 2/3는 학습에 사용하고 나머지 1/3은 평가에 사용하였으며, 3겹 교차 검증(3-fold cross validation)을 수행하였다. 또한, 방향오류를 계산할 때, 예상 경로와 실제 경로의 양 끝점 사이의 각도오차만을 이용한 한국 등록 특허 제10-1770924호에 제안된 방법의 결과와 예상 경로의 끝점과 실제 경로 상의 모든 점 사이의 각도오차를 모두 이용한 방법도 함께 비교하였다.
- [0191] 우선, 상기 표 2의 모든 점을 이용한 방향오류의 결과들을 보면, 학습과 평가 데이터를 분리하더라도 학습과 평가 데이터를 동일하게 사용한 경우와 비교하였을 때, ROPP와 ROD 성능이 거의 유사함을 확인할 수 있다.
- [0192] 또한, 본 발명의 방법인 LUT ($\mu - \sigma$) 방법이 실제 경로 포함 비율이 98.25%, 전체 영상 대비 ROD 비율이 18.16%로 LUT (min-max)보다 우수한 성능을 보여준다.
- [0193] 상기 표 2를 보면, 끝점 만을 이용한 방향오류 데이터를 이용한 경우보다 모든 점을 이용한 방향오류 데이터를 이용한 경우가 실제 경로 포함 비율이 높게 나타났고, 전체 영상 대비 ROD 비율은 LUT ($\mu - \sigma$)의 경우에만 약간 감소하였다.
- [0194] 상기 결과를 종합해 보면, 실제 경로 상의 모든 점을 이용함으로써 끝점만을 이용하는 경우보다 학습데이터가 충분히 증가됨으로써 셀의 분포를 가우시안 분포로 모델링 하는데 도움이 된 것으로 분석된다.
- [0196] 도 16은 본 발명의 일 실시 예에 따른 보행자 보호 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0197] 도 16을 참고하면, 본 발명의 보행자 보호 시스템은 전방 카메라와 같은 각종 영상 획득 장치를 통해 입력 영상을 획득 및 제공하는 입력 영상 획득부(10), 전자제어 사시 제어시스템 등과 통신하여 차속과 각속도 등을 포함하는 주행 데이터를 획득하는 주행 데이터 획득부(20), 입력 영상에서 보행자 후보 객체를 추출하는 후보 생성부(30), 주행 데이터로부터 ROD(Region of Danger)을 파악한 후, 이를 기반으로 차량 충돌 가능성이 있는 보행자 후보 객체를 선별하는 위험도 평가부(40), 및 CNN(Convolutional Neural Network) 등에 기반하여 보행자 후보 객체 각각을 검증하여 보행자만을 선별 및 통보하는 후보 검증부(50), 위험 상태의 보행자의 위치 및 차량 주행 상태 등을 고려하여 충돌 방지를 위한 각종 차량 제어 동작을 수행하는 차량 제어부(60) 등을 포함할 수

있다.

[0198] 더하여, 위험도 평가부(40)는 다시 차량의 주행 데이터의 통계적 분석을 통해 차량의 미래 경로가 존재할 수 있는 영역인 ROPP을 산출하는 ROPP 산출부(41), ROPP를 기반으로 보행자가 위험한 영역인 ROD을 산출하는 ROD 산출부(42), 및 ROD를 기반으로 차량 출동 가능성이 있는 보행자 후보 객체만을 선별하여 후보 검증부(50)에 제공하는 보행자 후보 선별부(43) 등을 포함할 수 있다.

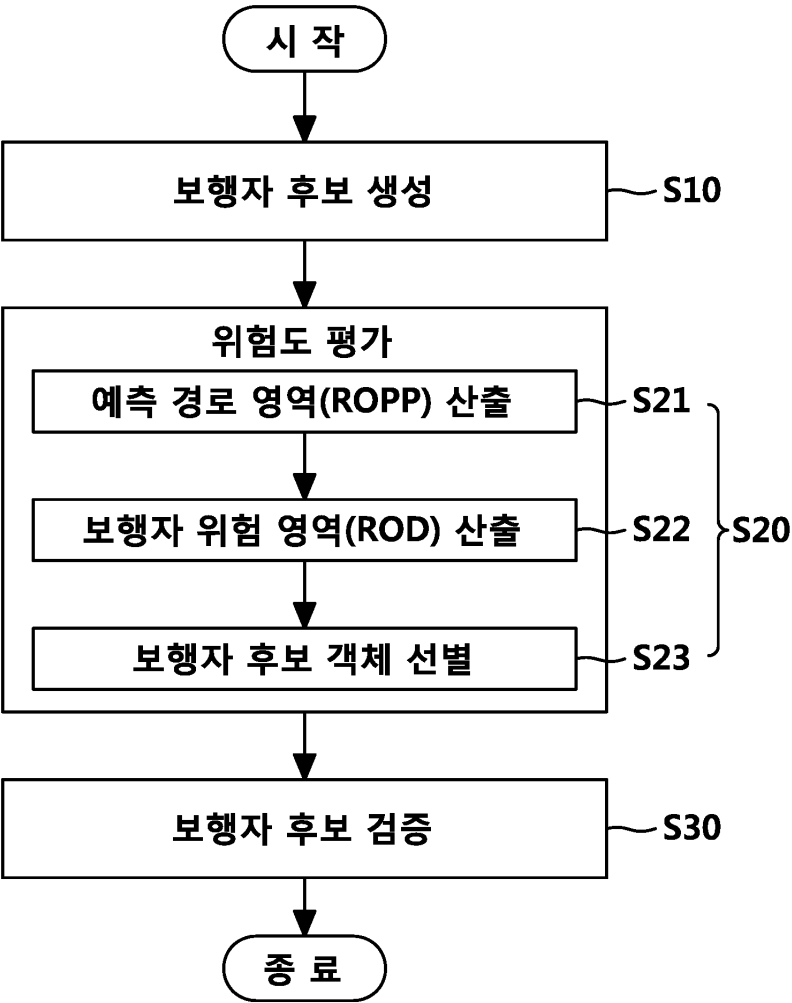
[0199] 즉, 본 발명의 보행자 보호 시스템은 후보 검증부(50)의 처리 부하가 위험도 평가부(40)에 비해 매우 큼을 고려하여, 처리 부하가 상대적으로 작은 위험도 평가부(40)를 통해 후보 검증부(50)에 입력되는 정보의량을 최소화하도록 한다. 그 결과, 본 발명의 시스템의 동작 시간이 종래에 비해 크게 감소되어, 시스템 실시간성이 될 수 있게 된다.

[0201] 상술한 실시 예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시 예에 포함되며, 반드시 하나의 실시 예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시 예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시 예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시 예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다.

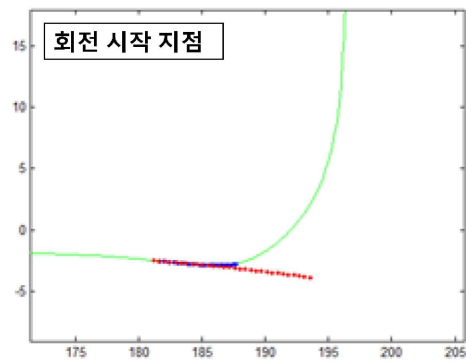
[0202] 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시 예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시 예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

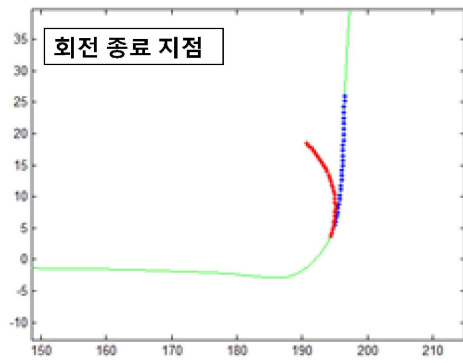
도면1



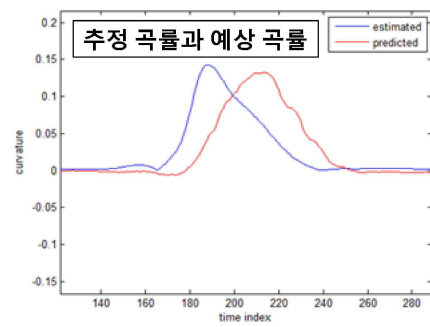
도면2



(a)



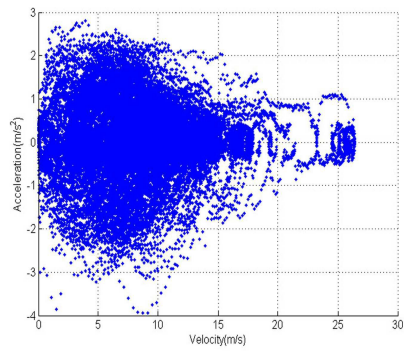
(b)



(c)

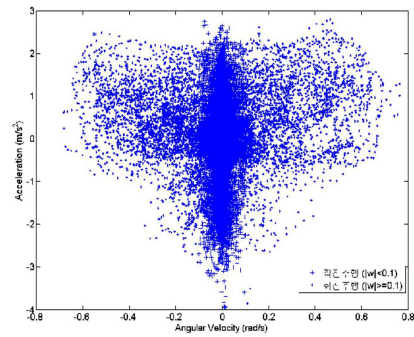
도면3

속도에 따른 가속도 범위



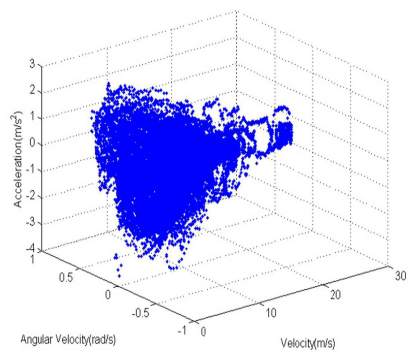
(a)

각속도에 따른 가속도 범위



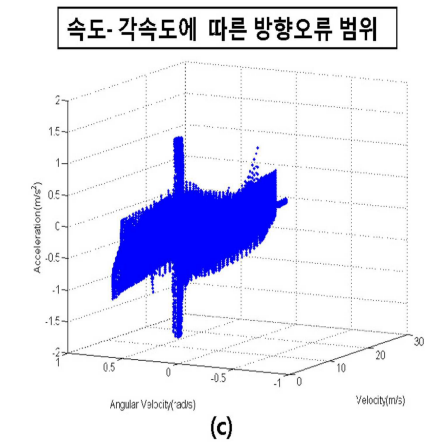
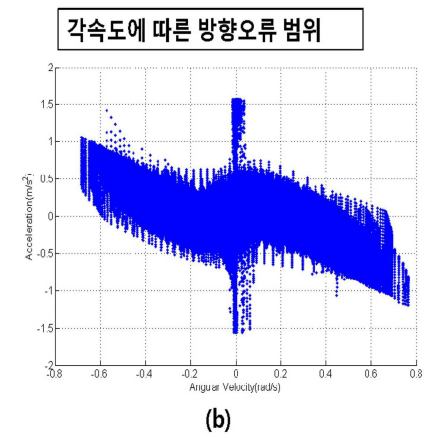
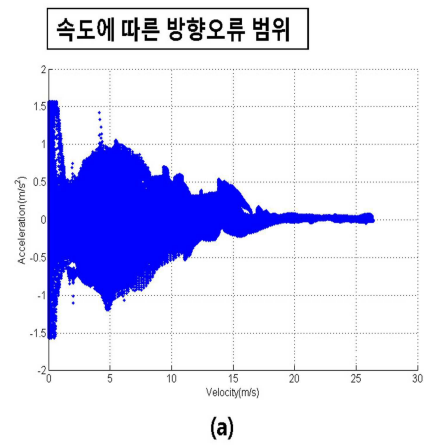
(b)

속도-각속도에 따른 가속도 범위

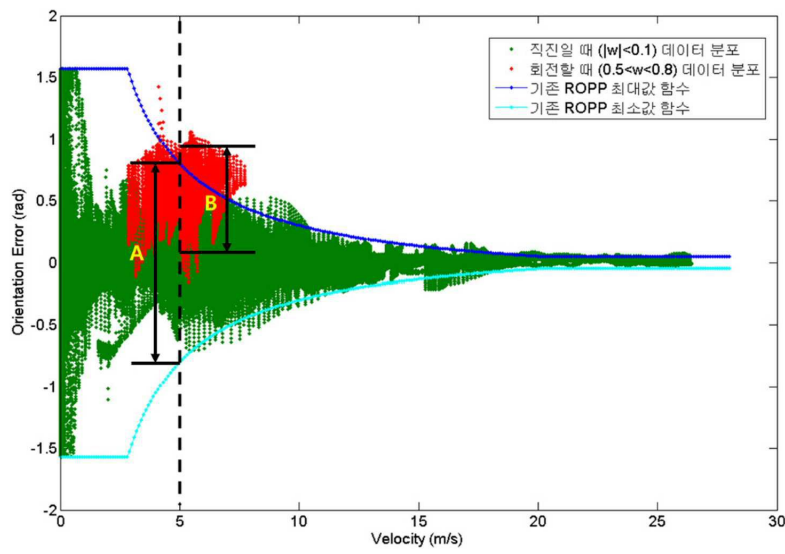


(c)

도면4

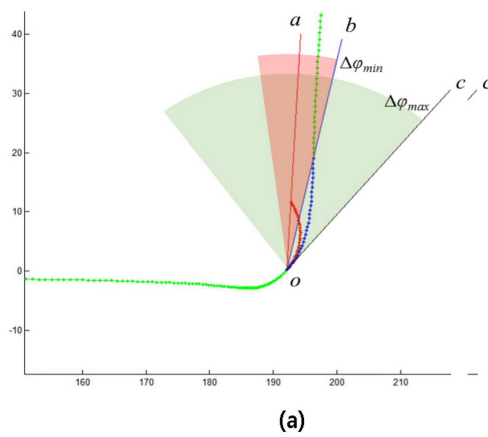


도면5



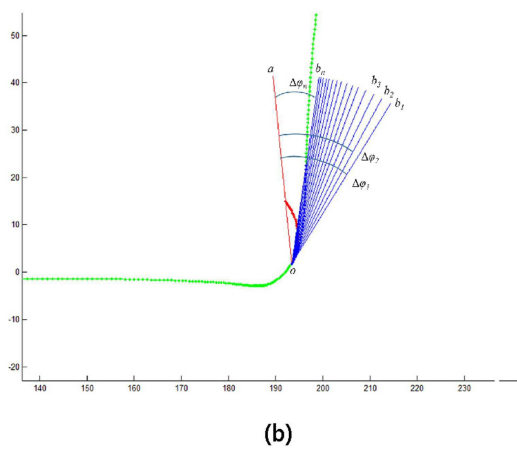
도면6

기존 방향오류의 문제점



(a)

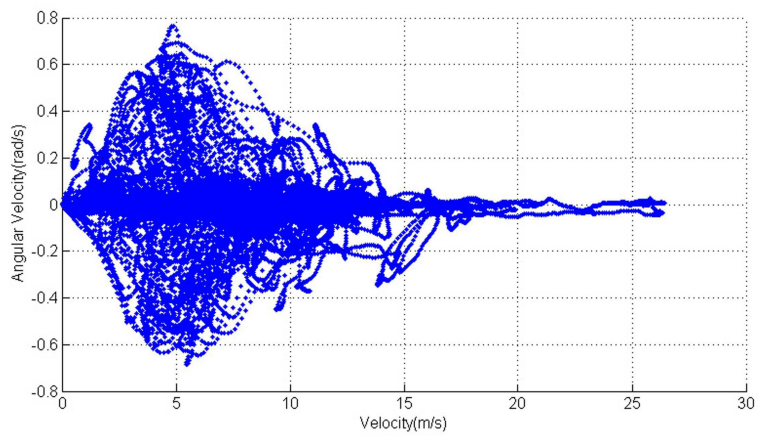
제안된 방향오류의 정의



(b)

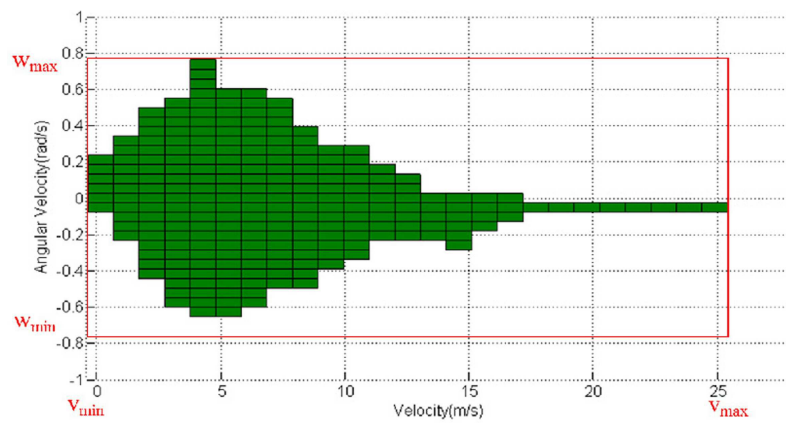
도면7

속도와 각속도 평면 상의 주행 데이터 분포



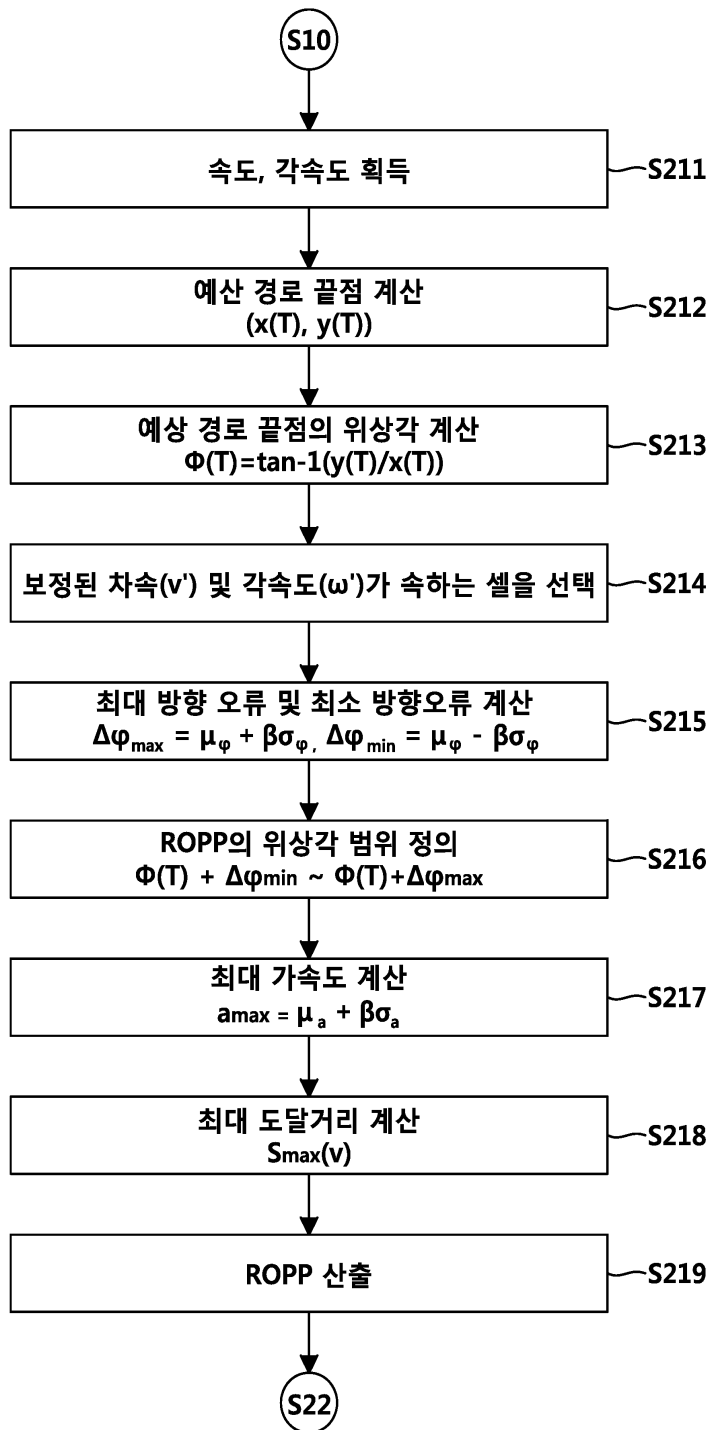
(a)

속도-각속도 평면의 cell 분할

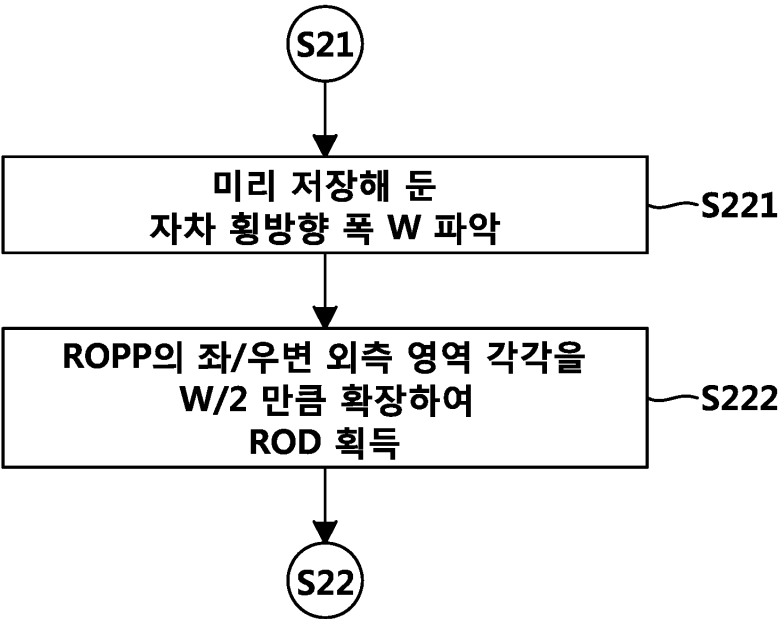


(b)

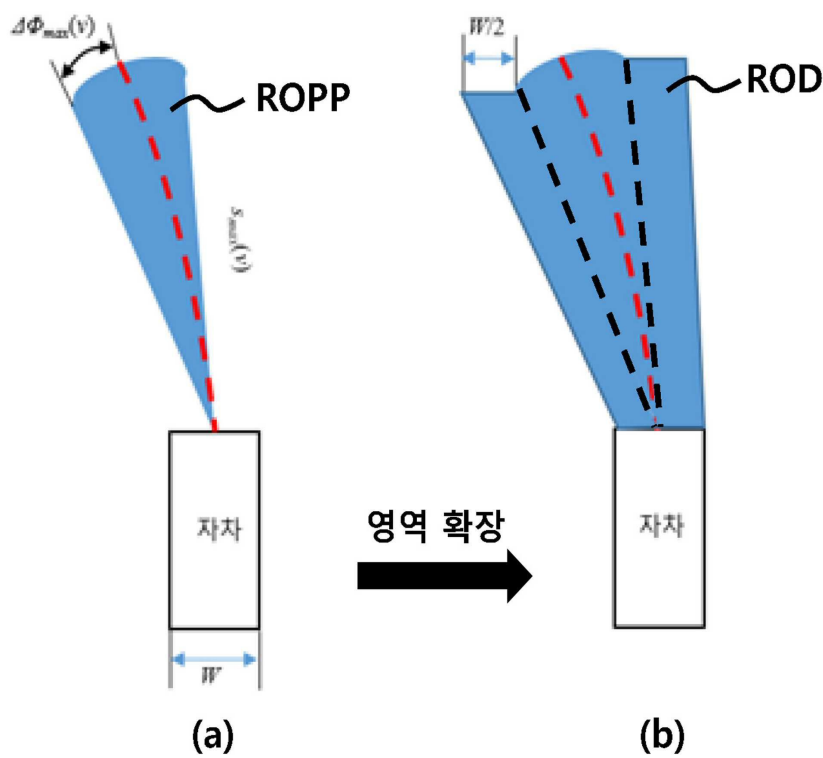
도면8



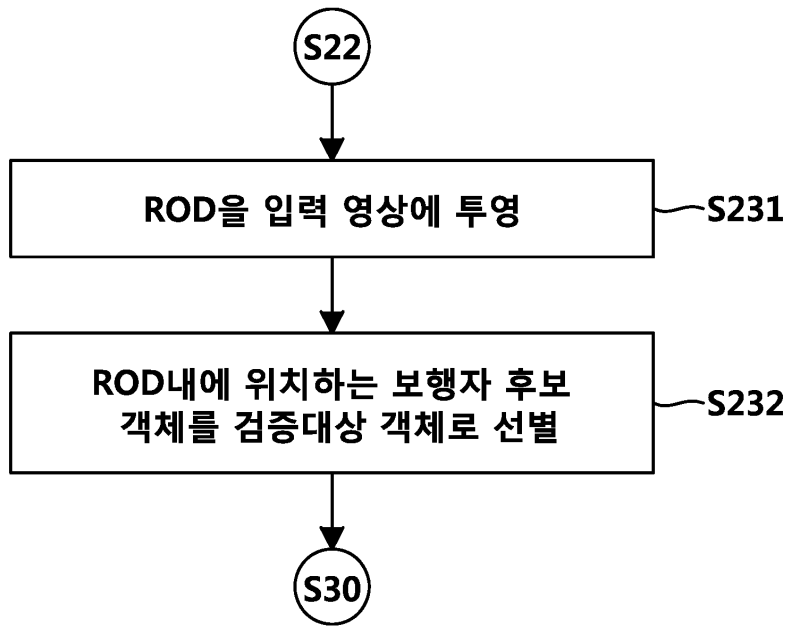
도면9



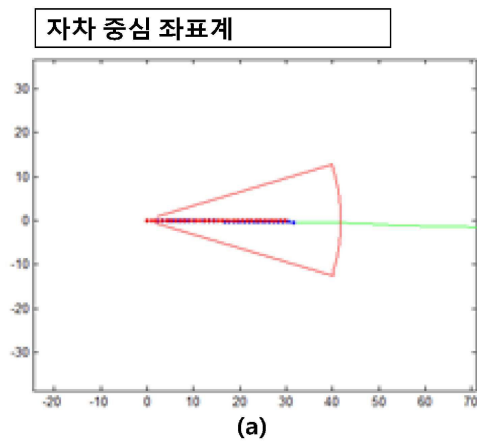
도면10



도면11



도면12



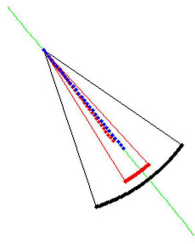
입력 영상 좌표계



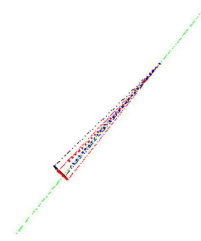
ROD기반 보행자 후보 필터링



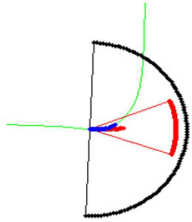
도면13



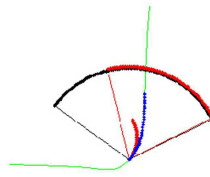
(a) 저속 직진 상황



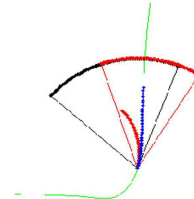
(b) 고속 직진 상황



(c) 회전 직전



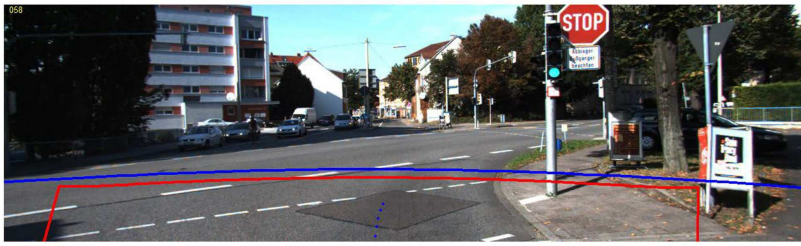
(d) 회전 중



(e) 회전 종료

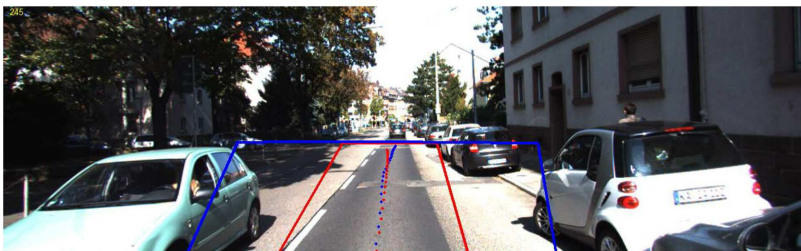
도면14

저속 직진 상황 1



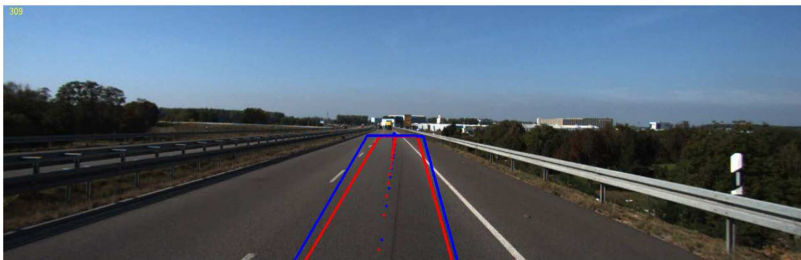
(a)

저속 직진 상황 2



(b)

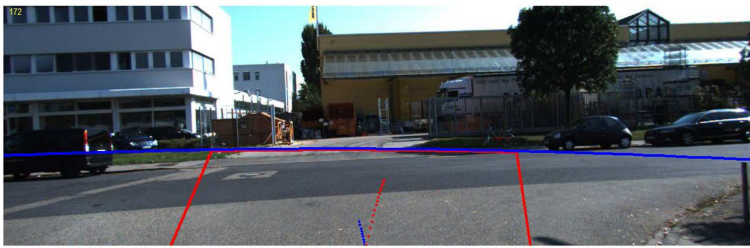
고속 직진 상황



(c)

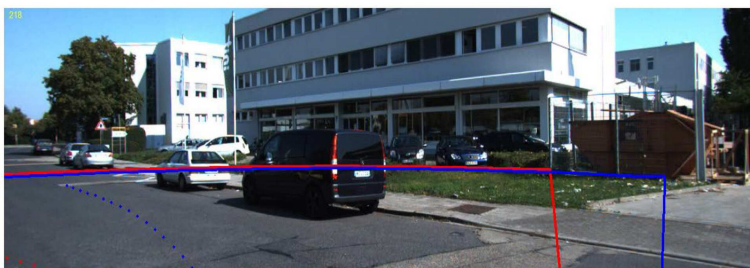
도면15

회전 직전



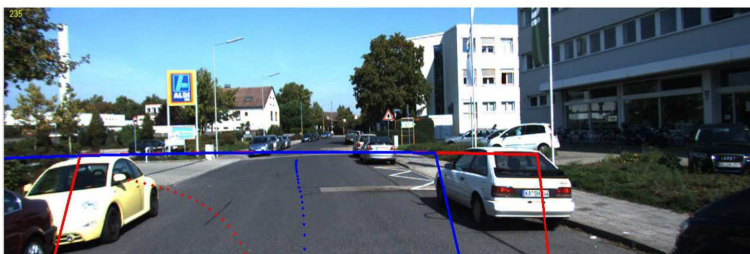
(a)

회전 중



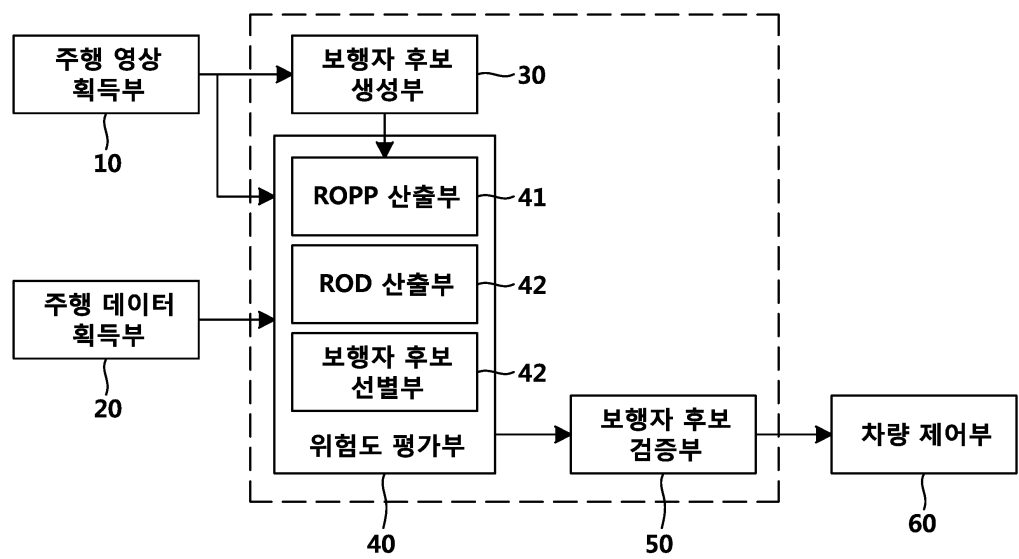
(b)

회전 종료



(c)

도면16



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 7의 7째줄

【변경전】

상기 후보 검증부에

【변경후】

후보 검증부에