



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월09일
(11) 등록번호 10-1618501
(24) 등록일자 2016년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 30/08 (2006.01) B60W 40/12 (2006.01)
H04N 13/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60W 30/08 (2013.01)
B60W 40/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0017494
(22) 출원일자 2015년02월04일
심사청구일자 2015년02월04일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007256029 A
JP4984659 B2
JP2007199932 A
JP2014501401 A

(73) 특허권자
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한
국기술교육대학교)
(72) 발명자
신동호
경기도 화성시 반송동 메타폴리스 303동 1402호
송문형
충청남도 천안시 동남구 병천면 가전7길 1-30, B
동 203호
(74) 대리인
이한욱, 이성준

전체 청구항 수 : 총 7 항

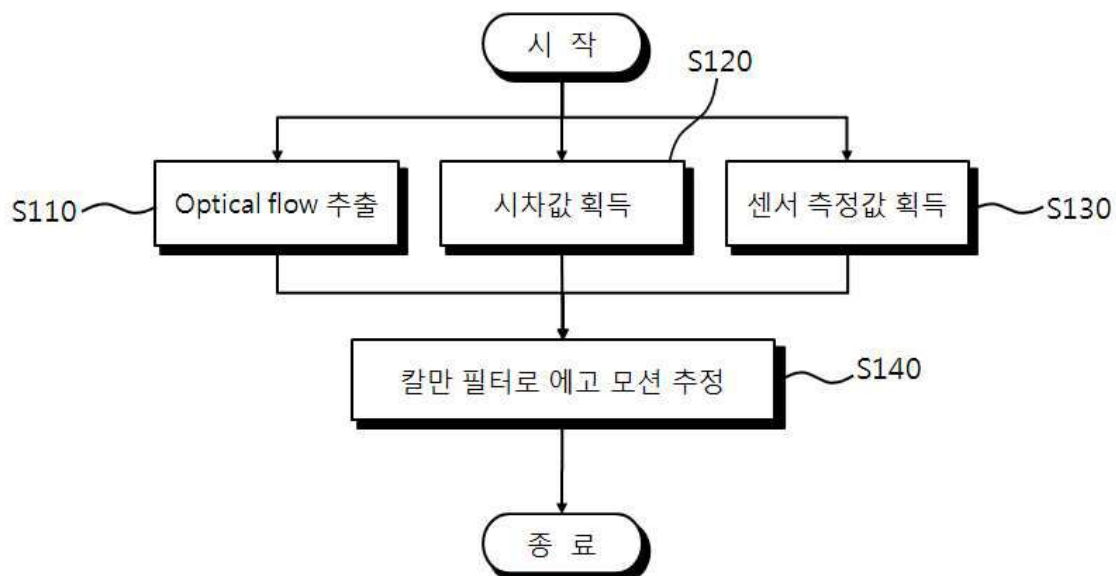
심사관 : 김성호

(54) 발명의 명칭 자차량의 예고 모션 추정방법

(57) 요약

본 발명은 운행 중인 차량의 위치와 관련된 어플리케이션을 제공하기 위한 기반이 되는 자차량의 예고 모션 추정 방법에 관한 것으로, 스테레오 비전 중 일측 카메라로부터 받은 이미지 스트림으로 고정되어 있는 물체에 대한 고정 특징점 및 옵티컬 플로우(optical flow)를 측정하는 단계, 상기 스테레오 비전으로 들어오는 두 영상으로 상기 고정 특징점에 대한 시차(Disparity)값을 얻는 단계, 차량 내 센서로부터 센서 측정값을 얻는 단계, 및 상기 옵티컬 플로우(optical flow), 시차값, 및 센서 측정값을 이용하여 칼만 필터로 자차량의 3축 선속도와 각속도를 추정하는 단계;로 이루어지되, 상기 칼만 필터 추정시 차량의 횡방향 동역학 및 소실점 추정인자를 반영을 제공한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H04N 13/0203 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

스테레오 비전 중 일측 카메라로부터 받은 이미지 스트림으로 고정되어 있는 물체에 대한 고정 특징점 및 옵티컬 플로우(optical flow)를 측정하는 단계;

상기 스테레오 비전으로 들어오는 두 영상으로 상기 고정 특징점에 대한 시차(Disparity)값을 얻는 단계;

차량 내 센서로부터 센서 측정값을 얻는 단계; 및

상기 옵티컬 플로우(optical flow), 시차값, 및 센서 측정값을 이용하여 칼만 필터로 차량량의 3축 선속도와 각속도를 추정하는 단계;로 이루어지되,

상기 칼만 필터 추정시 차량의 횡방향 동역학 및 소실점 추정인자를 반영하는 것을 특징으로 하는 차량량의 예고 모션 추정방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 차량내 센서는 종방향 및 횡방향 가속도, 요레이트(yaw-rate), 및 조향각 중 어느 하나 이상을 측정하는 것을 특징으로 하는 차량량의 예고 모션 추정방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 차량의 횡방향 동역학 반영은 차량의 파라미터를 이용하여 미끄러짐각이 발생하는 주행 속도 이상에서 차량의 횡방향 거동을 동역학적으로 추정하는 것을 특징으로 하는 차량량의 예고 모션 추정방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 소실점 추정인자는 스테레오 비전 중 일측 카메라가 촬영한 화면 정중앙 라인과 소실선의 거리($\alpha \cdot v_x$)를 나타내는 것을 특징으로 하는 차량량의 예고 모션 추정방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 옵티컬 플로우(optical flow), 시차(disparity)값, 및 센서 측정값은 동시간대에 추출되는 것을 특징으로 하는 차량량의 예고 모션 추정방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 칼만 필터 내 시스템 모델은 예고 모션 추정을 위한 이산 시간 영역에서의 상태 공간 방정식으로 하기의 식과 같은 것을 특징으로 하는 자차량의 예고 모션 추정방법.

[식]

$$x(k+1)=A(k)x(k)+B(k)u(k)$$

여기서, 시스템 행렬 $A(k)$ 와 입력 행렬 $B(k)$ 는 차량 플랫폼의 거동, 및 상태 변수 $x(k)$ 는 ego-motion값으로 3축 선속도(V_x, V_y, V_z), 3축 각속도($\omega_x, \omega_y, \omega_z$), 횡방향 가속도(a_x), 종방향 가속도(a_z), 그리고 소실점 추정 인자(α_{vp})로 이루어지며, $u(k)$ 는 입력 변수로 조향각(δ_f)으로 이루어짐.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 차량 횡방향 동역학과 소실점 추정 인자를 이용한 상태 공간 방정식은 하기의 식과 같은 것을 특징으로 하는 자차량의 예고 모션 추정방법.

[식]

$$\begin{bmatrix} V_{x_k} \\ V_{y_k} \\ V_{z_k} \\ \omega_{x_k} \\ \omega_{y_k} \\ \omega_{z_k} \\ a_{x_k} \\ a_{z_k} \\ \alpha_{vp_k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{11} & 0 & 0 & 0 & F_{12} & 0 & \Delta t & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ F_{21} & 0 & 0 & 0 & F_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{x_{k-1}} \\ V_{y_{k-1}} \\ V_{z_{k-1}} \\ \omega_{x_{k-1}} \\ \omega_{y_{k-1}} \\ \omega_{z_{k-1}} \\ a_{x_{k-1}} \\ a_{z_{k-1}} \\ \alpha_{vp_{k-1}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} G_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ G_2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \delta_f + w$$

여기서, 상태변수는 3축 선속도(V_x, V_y, V_z), 3축 각속도($\omega_x, \omega_y, \omega_z$), 횡방향 가속도(a_x), 종방향 가속도(a_z) 그리고 소실점 추정 인자(α_{vp})를 나타내며, 상태 행렬 내 F 는 차량 횡방향 동역학에 대한 상태 행렬 요소이고 입력 행렬 내 G 또한 차량 횡방향 동역학에 대한 입력 행렬 요소이다.

여기서, δ_f 는 조향각, w 는 백색 공정 잡음(white process noise)을 의미함.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 자차량의 예고 모션 추정방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 운행 중인 차량의 움직임과 이와 관련된 장애물의 위치에 대한 지능형 자동차 어플리케이션을 제공하기 위한 기반이 되는 자차량의 예고 모션 추정방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 최근 들어, 적응형 차간거리시스템, 차선유지지원시스템, 자동주차시스템, 및 충돌회피 시스템과 같은 다양한 운전자 보조시스템(ADAS;Advanced Driver Assistance System)이 개발되어 양산되고 있는 실정이다. 이러한 운전자 보조 시스템은 일차적으로 주변 환경을 인지할 수 있는 다양한 센서를 필요로 한다.
- [0003] 특히, 영상 센서는 타 센서에 비해 가격 경쟁력을 갖고 있으며 다양한 운전자 보조 시스템에 응용가능하다는 장점을 가지고 있다.
- [0004] 영상 기반 운전자 보조 시스템의 주요 입력 정보로는 카메라 전방에 대한 이미지와 깊이(depth) 정보를 들 수 있다. 이를 통한 주변 환경 지각 능력의 정확도가 시스템의 신뢰도를 좌우한다.
- [0005] 그러나, 지능형 자동차 플랫폼의 경우 자차량의 거동에 따라 매순간 발생하는 카메라의 운동이 외란으로써 작용하기 때문에 고정 플랫폼에 비하여 정확도가 낮아진다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 카메라가 설치되어 있는 차량 플랫폼의 움직임(Ego-motion), 즉 자차량의 3축 선속도와 각속도를 정확히 추정하고 이를 보정하여 자동차의 움직임으로 인한 영향을 최소화해야 한다.
- [0006] 또한, 정확한 ego-motion 정보를 이용하여 자차량의 이동 경로를 예측함으로써 충돌회피 시스템에 있어 위험요소가 되는 전방 장애물을 선별할 수 있으며 지능형 차간거리시스템의 추종목표차량을 찾는 데 있어도 이용할 수 있다. 이와 같은 이유로 자차량에 대한 정확한 ego-motion 관측의 중요성이 날로 높아지고 있다.
- [0007] ego-motion 추정을 위한 기법으로는 크게 최소자승법(Least square method)과 RANSAC 알고리즘, 그리고 칼만 필터(Kalman filter)를 이용한 방법 등으로 나눌 수 있다.
- [0008] 최소자승법을 이용한 방식의 경우 상대적으로 적은 계산량을 갖으나 이상점에 의한 바이어스가 생길 가능성이 높다. Oliver Pink는 최소 자승법으로 인한 바이어스를 후보점을 통해 줄여주는 연구를 제안하였으나 이는 최소자승법으로 인한 바이어스의 완전한 해결책이 되지 못하였다.
- [0009] Koichiro Yamaguchi, Florian Raudies, Adrien Bak 등이 연구를 통하여 RANSAC 알고리즘을 사용할 경우 이상점을 제거함으로써 최소자승법보다 다소 정확한 결과를 만들어 낼 수 있다는 것을 밝혔다.
- [0010] 그러나, RANSAC 알고리즘은 참고값 없이 임의적 선택과 입력 데이터에 바탕을 둔 알고리즘이기 때문에 원하는 보간 모델과 완전히 다른 결과값이 나올 수 있다는 한계를 가지고 있다. 현실적으로 상용되는 차량 전자 장비의 경우 최적값을 찾기 위한 반복 횟수가 제한될 수밖에 없다.
- [0011] 또한 기본적으로 ego-motion 자체가 비전 기반의 주변 환경 인지 능력 개선을 위해 수행되는 만큼 영상을 통한 입력 정보의 신뢰도가 높지 못하다. 그렇기 때문에 참고값 없이 낮은 신뢰도의 입력 정보에 의존하는 추정 역시 신뢰도에 한계를 가질 수밖에 없다.
- [0012] ego-motion에 대한 종래 기술들은 지능형 자동차 뿐만 아니라 모바일 로봇과 같은 모든 종류의 차량에 사용이 가능하도록 연구되어 왔으나, 그 결과 모바일 로봇이나 인공위성과 같은 여타 플랫폼에서도 쉽게 적용 가능하나 반대로 지능형 자동차(e.g 승용차)의 특성을 고려하지 못한다는 한계를 가져왔다.
- [0013] 또한 차량 플랫폼에 대하여 고려했다 하더라도 기구학적 가정 등 실제 차량 거동을 충분히 설명하지 못하는 가정에 기대었다는 한계를 지니고 있다.
- [0014] 관련 선행기술로는 한국공개특허 제2013-0030208호(공개일:2013.03.26., 발명의 명칭: 예고모션 추정 시스템 및 방법)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 optical flow, 깊이(depth) 정보 그리고 차량 내부 센서 정보를 기반으로 차량 플랫폼을 최적으로 고려한 칼만 필터를 설계하여 예고 모션을 추정하는 자차량의 모션 추정방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0016] 또한, 본 발명은 칼만필터 시스템 모델에 대한 차량 횡방향 동역학 및 실시간 소실점 추정인자를 반영한 자차량의 모션 추정방법을 제공하기 위한 것이다.

[0017] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 차량의 예고 모션 추정방법은, 스테레오 비전 중 일측 카메라로부터 받은 이미지 스트림으로 고정되어 있는 물체에 대한 고정 특징점 및 옵티컬 플로우(optical flow)를 측정하는 단계; 상기 스테레오 비전으로 들어오는 두 영상으로 상기 고정 특징점에 대한 시차(disparity)값을 얻는 단계; 차량 내 센서로부터 센서 측정값을 얻는 단계; 및 상기 옵티컬 플로우(optical flow), 시차값, 및 센서 측정값을 이용하여 칼만 필터로 차량의 3축 선속도와 각속도를 추정하는 단계;로 이루어지되, 상기 칼만 필터 추정 시 차량의 횡방향 동역학 및 소실점 추정인자를 반영하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 구체적으로, 상기 차량내 센서는 종방향 및 횡방향 가속도, 요레이트(yaw-rate), 및 조향각 중 어느 하나 이상을 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 차량의 횡방향 동역학 반영은 차량의 파라미터를 이용하여 미끄러짐각이 발생하는 주행 속도 이상에서 차량의 횡방향 거동을 동역학적으로 추정하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 소실점 추정인자는 스테레오 비전 중 일측 카메라가 촬영한 화면 정중앙 라인과 소실선의 거리 (α_{vp})를 나타내는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 옵티컬 플로우(optical flow), 시차(disparity)값, 및 센서 측정값은 동시간대에 추출되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 칼만 필터 내 시스템 모델은 예고 모션 추정을 위한 이산 시간 영역에서의 상태 공간 방정식으로 하기의 식과 같은 것을 특징으로 한다.

[0024] [식]

$$x(k+1)=A(k)x(k)+B(k)u(k)$$

[0026] 여기서, 시스템 행렬 $A(k)$ 와 입력 행렬 $B(k)$ 는 차량 플랫폼의 거동, 및 상태 변수 $x(k)$ 는 ego-motion값으로 3축 선속도(V_x, V_y, V_z), 3축 각속도($\omega_x, \omega_y, \omega_z$), 횡방향 가속도(a_x), 종방향 가속도(a_z), 그리고 소실점 추정 인자(α_{vp})로 이루어지며, $u(k)$ 는 입력 변수로 조향각(δ_f)으로 이루어짐.

[0027] 또한, 상기 차량 횡방향 동역학과 소실점 추정 인자를 이용한 상태 공간 방정식은 하기의 식과 같은 것을 특징으로 한다.

[0028] [식]

$$\begin{bmatrix} V_{x_k} \\ V_{y_k} \\ V_{z_k} \\ \omega_{x_k} \\ \omega_{y_k} \\ \omega_{z_k} \\ a_{x_k} \\ a_{z_k} \\ \alpha_{vp_k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{11} & 0 & 0 & 0 & F_{12} & 0 & \Delta t & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ F_{21} & 0 & 0 & 0 & F_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{x_{k-1}} \\ V_{y_{k-1}} \\ V_{z_{k-1}} \\ \omega_{x_{k-1}} \\ \omega_{y_{k-1}} \\ \omega_{z_{k-1}} \\ a_{x_{k-1}} \\ a_{z_{k-1}} \\ \alpha_{vp_{k-1}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} G_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \delta_f + w$$

[0029]

[0030] 여기서, 상태변수는 3축 선속도(V_x, V_y, V_z), 3축 각속도($\omega_x, \omega_y, \omega_z$), 횡방향 가속도(a_x), 종방향 가속도(a_z) 그리고 소실점 추정 인자(α_{vp})를 나타내며, 상태 행렬 내 F 는 차량 횡방향 동역학에 대한 상태 행렬 요소이고 입력 행렬 내 G 또한 차량 횡방향 동역학에 대한 입력 행렬 요소이다.

여기서, δ_f 는 조향각, w 는 백색 공정 잡음(white process noise)을 의미함.

발명의 효과

[0031] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 자차량이 예고 모션 추정에 있어 외란을 제거하고 정확도를 높이는 효과가 있다.

[0032] 또한, 본 발명은 가격 경쟁력이 있는 영상센서 이용시 발생하는 외란이 발생을 줄이는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 자동차의 동체고정 좌표계를 나타낸 도면이다.

도 2는 이미지 좌표계를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 자차량의 모션 추정시스템을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 자차량의 모션 추정방법을 나타낸 흐름도이다.

도 5는 자동차의 횡방향 동역학 모델(2륜 자전거 모델)을 나타낸 도면이다.

도 6은 optical flow 기준에 따른 소실점 차이를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 3축 방향 선속도를 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명에 따른 3축 각속도를 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명에 따른 횡방향 및 종방향 가속도를 나타낸 그래프이다.

도 10은 본 발명에 따른 소실점 인자 추정 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 어느 곳에서든지 동일한 부호로 표시한다. 또한 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0035] 도 1은 자동차의 동체고정 좌표계를 나타낸 도면이고, 도 2는 이미지 좌표계를 나타낸 도면이다.

[0036] 본 발명을 설명하기 위한 본 발명에서 사용되는 차량 좌표계, 즉, 동체고정 좌표계는 도 1과 같으며, 백미러 뒤편에 설치된 이미지 센서를 원점으로 하여 오른손 좌표계를 따른다.

[0037] 횡방향 X축은 차량 오른쪽을 양으로 하며, Y축은 지면에 대하여 수직인 축이고, Z 축은 차량의 진행방향인 종방향 축을 의미한다.

[0038] 도 1의 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 는 각 축에 대한 각속도를 의미한다.

[0039] 도 2는 본 발명에서 사용되는 이미지 좌표계를 나타낸 것으로, 이미지 좌측 상단을 원점으로 하여 오른쪽 방향을 양의 x' , 아래쪽 방향을 양의 y' 로 정의한다.

[0040] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 자차량의 모션 추정시스템을 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 자차량의 모션 추정방법을 나타낸 흐름도로써, 자차량의 모션 추정방법은 다음과 같다.

[0041] 먼저, 스테레오 비전 중 일측 카메라로부터 받은 이미지 스트림으로 고정되어 있는 물체에 대한 고정 특징점 및 그에 대한 옵티컬 플로우(optical flow)를 측정한다(S110).

[0042] 이때, 스테레오 비전 중 일측 카메라는 운전자의 시야와 비슷한 위치로 맞추기 위해 운전자와 가까운 카메라인 것이 바람직하다.

[0043] 즉, 운전자와 가까운 카메라에서 나오는 이미지 스트림을 이용하여 고정된 물체에 대한 특징점 추출 및 그에 대한 옵티컬 플로우(Optical flow)를 측정한다.

[0044] 이때, 상기 고정 특징점의 단위 시간당 움직임은 하기 식 1과 같다.

[0045] [식 1]

$$\dot{P} = -V - \omega \times P$$

[0046] 여기서, P는 고정 특징점, V는 선속도, ω 는 각속도를 의미한다.

[0048] 카메라 픽셀 좌표계로의 투영을 위한 핀 홀 모델은 식 2와 같다.

[0049] [식 2]

$$x = f_x \frac{X}{Z} + c_x$$

$$y = f_y \frac{Y}{Z} + c_y$$

[0050]

[0051] 여기서, f_x, f_y 는 각 축에 대한 초점 거리(focal length), c_x, c_y 는 주점(principal point coordinate s)이다. 식 2를 식1에 대입하면, 하기의 식3 및 식 4와 같이 이미지 좌표계에서의 특징점이 갖는 속도를 나타낼 수 있다.

[0052] [식 3]

$$\dot{x} = f_x \frac{\dot{X}}{Z} - f_x \frac{X}{Z^2} \dot{Z}$$

$$= -\frac{f_x}{Z} V_x + \frac{x - c_x}{Z} V_z + \frac{(x - c_x)(y - c_y)}{f_y} \omega_x$$

$$- f_x \left(1 + \left(\frac{x - c_x}{f_x}\right)^2\right) \omega_y + f_x \frac{y - c_y}{f_y} \omega_z$$

[0053]

[0054] [식 4]

$$\dot{y} = f_y \frac{\dot{Y}}{Z} - f_y \frac{Y}{Z^2} \dot{Z}$$

$$= -\frac{f_y}{Z} V_y + \frac{y - c_y}{Z} V_z - f_y \left(1 + \left(\frac{y - c_y}{f_y}\right)^2\right) \omega_x$$

$$+ \frac{(x - c_x)(y - c_y)}{f_x} \omega_y + f_y \frac{x - c_x}{f_x} \omega_z$$

[0055]

[0056] 또한, 칼만필터에 적용되는 소실점 추정 인자 α_{vp} 를 반영하면 다음의 식 5 및 식 6과 같다.

[0057] [식 5]

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f_x \frac{\dot{X}}{Z} - f_x \frac{X}{Z^2} \dot{Z} \\ &= -\frac{f_x}{Z} V_x + \frac{x-c_x}{Z} V_z + \frac{(x-c_x)(y-(c_y+\alpha_{vp}))}{f_y} \omega_x \\ &\quad - f_x \left(1 + \left(\frac{x-c_x}{f_x}\right)^2\right) \omega_y + f_x \frac{y-(c_y+\alpha_{vp})}{f_y} \omega_z\end{aligned}$$

[0058]

[0059] [식 6]

$$\begin{aligned}\dot{y} &= f_y \frac{\dot{Y}}{Z} - f_y \frac{Y}{Z^2} \dot{Z} \\ &= -\frac{f_y}{Z} V_y + \frac{y-(c_y+\alpha_{vp})}{Z} V_z - f_y \left(1 + \left(\frac{y-(c_y+\alpha_{vp})}{f_y}\right)^2\right) \omega_x \\ &\quad + \frac{(x-c_x)(y-(c_y+\alpha_{vp}))}{f_x} \omega_y + f_y \frac{x-c_x}{f_x} \omega_z\end{aligned}$$

[0060]

[0061] 이어서, 스테레오 비전으로 들어오는 두 영상으로 고정 특징점에 대한 시차값(disparity)을 얻는다(S120).

[0062] 이때, 스테레오 비전을 이용한 거리(depth, Z) 측정식은 하기의 식 7과 같이 나타낸다.

[0063] [식 7]

$$Z(x,y) = \frac{f_x b}{d(x,y)}$$

[0064]

[0065] 상기 식 7을 시차값에 대한 식으로 정리한 후 거리(Z)에 대하여 미분하면 단위 시간당 시차값(disparity)의 변화량에 대한 수식적 모델이 되면 이는 식 8과 같다.

[0066] [식 8]

$$\begin{aligned}\dot{d} &= -\frac{f_x b}{Z^2} \dot{Z} = -\frac{f_x b}{Z^2} (-V_z - \omega_x Y + \omega_y X) \\ &= \frac{f_x b}{Z^2} V_z + \frac{f_x b(y-c_y)}{f_y Z} \omega_x - \frac{b(x-c_x)}{Z} \omega_y\end{aligned}$$

[0067]

[0068] 상기 식 8에 소실점 추정 인자 α_{vp} 를 반영하면 다음의 식 9와 같다.

[0069] [식 9]

$$\dot{d} = \frac{f_x b}{Z^2} V_z + \frac{f_x b(y-(c_y+\alpha_{vp}))}{f_y Z} \omega_x - \frac{b(x-c_x)}{Z} \omega_y$$

[0070]

[0071] 이어서, 차량 내 센서들로부터 측정된 센서 측정값을 얻는다(S130).

[0072] 이때, 차량 내 센서는 종방향 및 횡방향 가속도, 요레이트(yaw-rate), 및 조향각 중 어느 하나 이상을 측정할 수 있다.

[0073] 여기서, 차량 내 센서는 2G1Y 센서를 사용하여 종방향 및 횡방향 가속도, 요레이트(yaw-rate), 및 조향각을 추정하는 하는 것이 바람직하다. 이때, 2G1Y센서는 Combo 센서라고도 하며 종, 횡방향 가속도 및 요레이트를 측정할 수 있는 센서 또는 센서모듈을 의미한다.

[0074] 2G1Y 센서의 측정 종방향 가속도와 요레이트에 대응하는 상태 변수 및 지배 운동 방정식은 다음의 식 10과

같다.

[식 10]

$$a_{lon,Measured} = a_{z_k}$$

$$a_{lat,Measured} = a_{x_k} + \omega_{y_k} \cdot V_{z_k}$$

$$\dot{\psi}_{measured} = \omega_{y_k} \quad (\text{요레이트에 대한 상태변수})$$

2G1Y 센서를 통하여 얻을 수 있는 횡가속도($a_{lat,Measured}$)는 관성 좌표계를 기준으로 하기 때문에 동체 고정 좌표계 기준 X축 방향 선가속도 a_x 와 회전에 의한 차량의 횡가속도 $\omega_y \cdot V_z$ 의 합으로 표현된다.

또한, 상기 옵티컬 플로우(optical flow), 시차(disparity)값, 및 센서 측정값은 동시간대에 추출되는 것이 바람직하다.

마지막으로, 옵티컬 플로우(optical flow), 시차값, 및 센서 측정값을 칼만 필터로 자차량의 3축 선속도와 각속도를 추정하되, 칼만 필터 추정 시 차량의 횡방향 동역학 및 소실점 추정인자를 반영한다(S140).

여기서, 차량의 횡방향 동역학 반영은 차량의 파라미터를 이용하여 미끄러짐각이 발생하는 주행 속도 이상에서 자차량의 횡방향 거동을 동역학적으로 추정하는 것이 바람직하다. 이때, 더욱 바람직하게는 미끄러짐 각이 발생하는 주행 속도는 약 30km/h이상이다.

차량 횡방향 운동 방정식은 도 5와 같이 이륜 자전거 모델로 가정하였으며, 도 5의 차량 횡방향 운동 방정식은 이륜 자전거 모델로 가정하였으며, 도 5 3에서 δ_f 는 앞바퀴의 조향 각을, l_f, l_r 는 각각 차량 무게 중심으로부터 앞, 뒤 바퀴까지의 거리를 나타낸다. 이 모델에 대하여 뉴턴의 제 2법칙을 이용하면 식 11과 같은 동역학 기본식을 얻을 수 있다.

[식 11]

$$\begin{cases} m(\ddot{x} + \dot{\psi}V_z) = F_{xf} + F_{xr} \\ I_y \ddot{\psi} = l_f F_{xf} - l_r F_{xr} \end{cases}$$

여기서, 차량의 파라미터인 m 은 차량의 질량, I_y 는 동체 좌표계 Y축 관성 모멘트, $\dot{\psi}$, $\ddot{\psi}$ 는 각각 Y축 각속도와 각가속도, F_{xf}, F_{xr} 는 각각 전륜과 후륜에 작용하는 횡방향 힘을 나타내며 선형 타이어 모델을 이용하면 식 12와 같이 표현된다.

[식 12]

$$\begin{aligned} F_{xf} &= 2C_{\alpha_f}(\delta_f - \theta_{vf}) \\ F_{xr} &= 2C_{\alpha_r}(-\theta_{vr}) \end{aligned}$$

여기서 $C_{\alpha_f}, C_{\alpha_r}$ 는 각각 전륜과 후륜의 타이어 강성을, 상수 2는 전륜과 후륜이 각각 두 개씩 있음을 의미한다. θ_{vf}, θ_{vr} 는 각각 차량 속도와 전륜과 후륜 종방향 벡터가 이루는 각도이며 하기의 식 13와 같이 나타낼 수 있다.

[0090] [식 13]

$$\theta_{vf} = \frac{\dot{x} + l_f \dot{\psi}}{V_z}$$

$$\theta_{vr} = \frac{\dot{x} - l_r \dot{\psi}}{V_z}$$

[0091]

[0092] 식 12 및 식 13를 식 11에 대입하여 상태 공간 방정식으로 정리하면 식 14가 된다.

[0093] [식 14]

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} + B \delta_f$$

where

$$A_{11} = -\frac{2C_{\alpha f} + 2C_{\alpha r}}{m V_z} \quad A_{12} = -V_z - \frac{2C_{\alpha f} l_f + 2C_{\alpha r} l_r}{m V_z}$$

$$A_{21} = -\frac{2C_{\alpha f} l_f - 2C_{\alpha r} l_r}{I_y V_z} \quad A_{22} = -\frac{2C_{\alpha f} l_f^2 + 2C_{\alpha r} l_r^2}{I_y V_z}$$

$$B_1 = \frac{2C_{\alpha f}}{m} \quad B_2 = \frac{2l_f C_{\alpha f}}{I_y}$$

[0094]

[0095] $C_{\alpha f}$, $C_{\alpha r}$, I_y 등 연산에 사용되는 차량 파라미터들은 측정하거나 실차 실험을 통하여 추정하였다. 이렇게 완성된 식 14는 연속시간 모델이다. 실제 칼만 필터 연산은 이산 시간 기반으로 수행되므로 다음의 식 15 및 식 16을 이용하여 각각 이산시간 형태의 시스템 행렬과 입력 행렬로 변환하여 사용한다.

[0096] [식 15]

$$F_k = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{bmatrix} = e^{AT} \cong I + AT + \frac{A^2}{2!} T^2 + \frac{A^3}{3!} T^3 + \dots$$

[0097]

[0098] [식 16]

$$G_k = \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \end{bmatrix} \cong (TI + \frac{T^2}{2!} A + \frac{T^3}{3!} A^2 + \dots) B$$

[0099]

[0100] 또한, 소실점 추정인자는 도 6에 나타낸 바와 같이, 스테레오 비전 중 일측 카메라가 촬영한 화면 정중앙 라인과 소실선의 거리(α_{vp})를 나타낸다.

[0101] 상기 칼만 필터 내 시스템 모델은 예고 모션 추정을 위한 이산 시간 영역에서의 상태 공간 방정식으로 하기의 식 17과 같다.

[0102] [식 17]

$$x(k+1) = A(k)x(k) + B(k)u(k)$$

[0103]

[0104] 여기서, 시스템 행렬 $A(k)$ 와 입력 행렬 $B(k)$ 는 차량 플랫폼의 거동을 반영하고 있으며, 칼만 필터의 정확도는 이 두 행렬이 시스템을 얼마나 정확히 표현하고 있는가에 좌우된다.

[0105] 이러한 특성을 고려하여 본 발명에서는 2륜 자동차 모델 기반의 차량 횡방향 동역학을 적용하였다.

[0106] 추정하고자 하는 상태 변수 $x(k)$ 는 ego-motion값으로 3축 선속도(V_x, V_y, V_z), 3축 각속도($\omega_x, \omega_y, \omega_z$), 횡방향 가속도(a_x), 종방향 가속도(a_z), 소실점 추정 인자(α_{vp}), 로 이루어지며, $u(k)$ 는 입력 변수로 조향각(δ_f)으로 이루어졌다.

[0107] 여기서, 상기 차량 횡방향 동역학과 소실점 추정 인자를 이용한 상태 공간 방정식은 하기의 식 18과 같다.

[0108] [식 18]

$$\begin{bmatrix} V_{x_k} \\ V_{y_k} \\ V_{z_k} \\ \omega_{x_k} \\ \omega_{y_k} \\ \omega_{z_k} \\ a_{x_k} \\ a_{z_k} \\ \alpha_{vp_k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{11} & 0 & 0 & 0 & F_{12} & 0 & \Delta t & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ F_{21} & 0 & 0 & 0 & F_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{x_{k-1}} \\ V_{y_{k-1}} \\ V_{z_{k-1}} \\ \omega_{x_{k-1}} \\ \omega_{y_{k-1}} \\ \omega_{z_{k-1}} \\ a_{x_{k-1}} \\ a_{z_{k-1}} \\ \alpha_{vp_{k-1}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} G_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \delta_f + w$$

[0109]

[0110] 여기서, 상태변수는 3축 선속도(V_x, V_y, V_z), 3축 각속도($\omega_x, \omega_y, \omega_z$), 횡방향 가속도(a_x), 종방향 가속도(a_z) 그리고 소실점 추정 인자(α_{vp})를 나타내며, 상태 행렬 내 F 는 차량 횡방향 동역학에 대한 상태 행렬 요소이고 입력 행렬 내 G 또한 차량 횡방향 동역학에 대한 입력 행렬 요소이다. 여기서 w 는 백색 공정 잡음(white process noise)을 의미한다.

[0111] 도 7은 각 축 방향에 대한 선속도이며 도 8은 각 축에 대한 각속도, 도 9는 횡방향 가속도 a_x , 종방향 가속도 a_z 를 보여주고 있으며, 도 10은 소실점 인자 추정 결과를 나타낸다.

[0112] 차량 횡방향 동역학 및 소실점 인자를 반영한 ego-motion 추정기 결과(각 도의 검정색 실선)를 살펴 보면 다음과 같다.

[0113] 도 7의 (c) 종방향 속도 V_z 를 확인해보면 차량 변속기로부터 측정되는 차량의 속도와 비슷한 양상을 보이고 있음을 알 수 있다. 본 시뮬레이션의 경우 도 7 (a)의 횡방향 속도 V_x 와 도 7의 (b) Y축 방향 속도 V_y 가 0에 가깝기 때문에 차량 변속기로부터 나오는 차량의 속도가 일반적으로 차량의 종방향 속도와 같다는 가정에 비추어 V_z 가 잘 추정되고 있다고 할 수 있다.

[0114] 도 8의 (b) 그래프 Y축 방향 각속도 ω_y 를 살펴보면 2G1Y센서로부터 받은 차량의 요레이트값을 잘 추종하는 것을 확인할 수 있다.

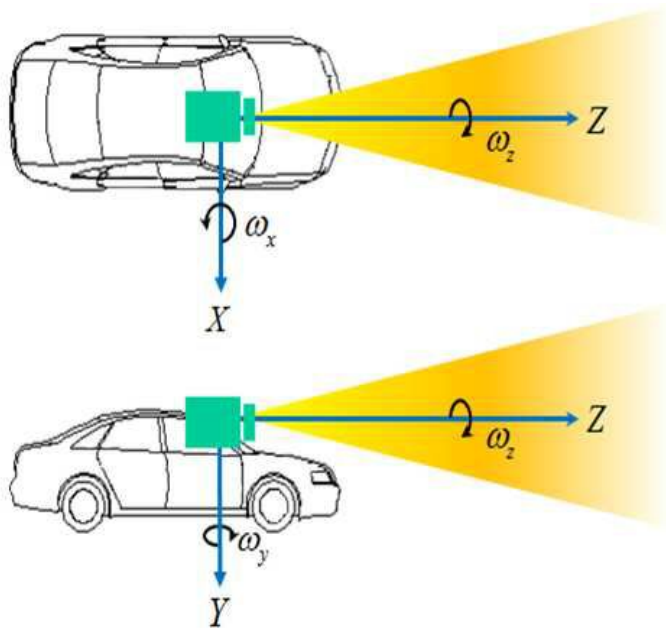
[0115] 관성 좌표계 기준의 횡가속도 $a_{lat, Measured}$ 는 동체고정 좌표계(body-fixed coordinate system) 기준 선가속도

와 회전에 의한 횡가속도를 합한 것과 같다는 의미이다.

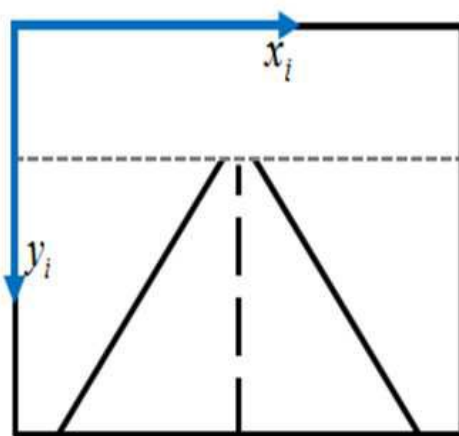
- [0116] 도 9의 (a1)과 같이 주행 중 X축 방향 선가속도 a^x 는 차가 급격하게 횡방향으로 미끄러지는 상황이 아니라면 0 근처의 값을 갖기 때문에 결국 관성 좌표계 기준 차량 횡가속도는 차량의 회전운동으로 인하여 발생하는 가속도, 즉 $V^z \cdot \omega^y$ 에 주로 의존한다.
- [0117] 도 9의 (a2)를 보면 상기 식 10의 우변인 $a^x + V^z \cdot \omega^y$ 계산 값이 차량 내부 센서로부터 측정된 관성 좌표계 기준 횡방향 가속도 $a^{lat, Measured}$ 와 일치함을 알 수 있다. 이를 근거로 차량의 종방향 속도 V^z , 동체 고정 좌표계 기준 횡방향 가속도 a^x , 그리고 Y축 방향 각속도 ω^y 가 잘 추정되고 있음을 추론할 수 있다.
- [0118] 횡방향 속도 V^x 또한 횡방향 가속도와 같은 이유로 차량의 회전에 의한 영향($V^z \cdot \omega^y \cdot \Delta t$)을 받기 때문에 차량의 yaw-rate 파형과 비슷한 양상을 갖는 것이 타당하다. 도 7 (a)의 횡방향 속도 V^x 를 살펴보면 도 8 (b) Y축 방향 각속도 ω^y 와 같은 경향의 파형을 갖고 있음을 확인할 수 있다.
- [0119] 소실점 추정 인자 α^{vp} 에 대한 그래프인 도 10을 살펴보면 오르막에서 내리막으로 변하는 천이구간에 따라 소실점의 위치가 변동하는 것을 확인할 수 있다. 이와 마찬가지로 도 8의 (a) X축 방향 각속도 ω^x , 즉 pitch-rate도 천이구간에 의한 영향을 받는 것을 확인할 수 있다.
- [0120] 본 발명에서 설정한 차량 좌표계에 따르면 차량이 하늘 방향으로 속도를 가질 경우 음(-)의 속력을 갖으며 반대로 차량이 지면 방향으로 속도를 가질 경우 양(+)의 값을 갖는다. 도 7의 (b) Y축 속도 V^y 를 살펴보면 오르막 구간(0~2100frame)에서 음(-)의 값을 갖으며, 1300~ 2100frame까지 0근처의 값을 갖던 V^y 가 내리막 구간에 들어서면서부터 양(+)의 값을 갖는 것을 확인할 수 있다. 이는 시뮬레이션상의 차량 주행 시나리오와 정확히 일치한다.
- [0121] 2G1Y센서의 종가속도 측정값을 잘 추종하는 Z축 방향 가속도 a^z (도 9(b))와 차량의 움직임에 따라 좌우로 가벼운 흔들림을 보이는 Z축 방향 각속도 ω^z (도 9(c)) 등 나머지 추정값들도 차량 주행 시나리오에 따라 물리적으로 적합한 값이 추정되고 있음을 확인할 수 있다.
- [0122] 차량 횡방향 동역학을 적용하지 않았을 경우(파란색 파선) 도 7의 (a)와 같이 X축 방향 속도가 물리적으로 적절한 값 이상으로 크게 요동치는 것을 확인할 수 있다.
- [0123] 그 결과 차량 내부 센서 측정값을 1:1로 받아오는 추정치 외 다른 모든 추정치들에 직·간접적으로 영향을 미쳐 차량 특성을 모두 반영한 결과에 비하여 바이어스 및 노이즈가 발생함을 확인할 수 있다.
- [0124] 소실점을 추정하지 않았을 경우(빨간색 1점 쇄선)에는 도 7의 (b) Y축 방향 속도와 같이 큰 바이어스를 갖게 된다. 그리고 차량 횡방향 방정식을 반영 않을 경우와 마찬가지로 다른 추정치들에 직·간접적으로 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.
- [0125] 상기와 같은 자차량의 예고 모션 추정방법은 위에서 설명된 실시예들의 구성과 작동 방식에 한정되는 것이 아니다. 상기 실시예들은 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 구성될 수도 있다.

도면

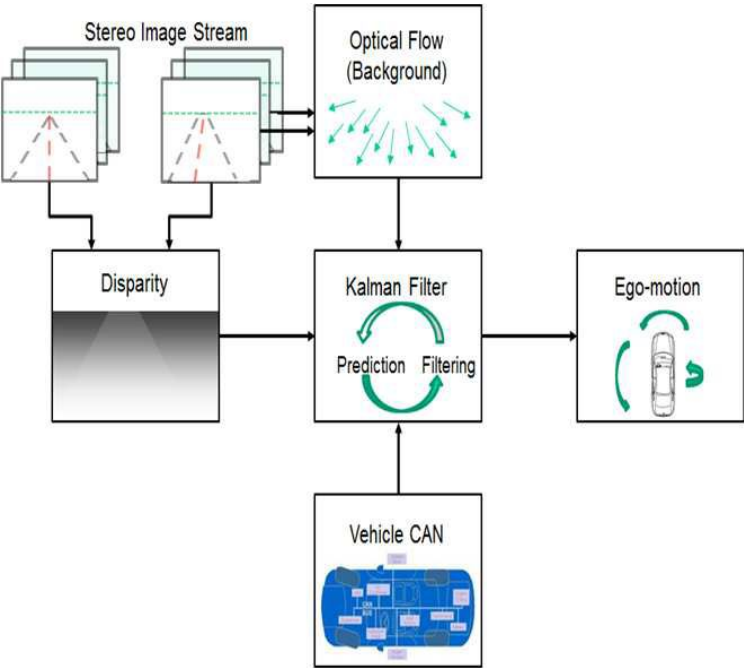
도면1



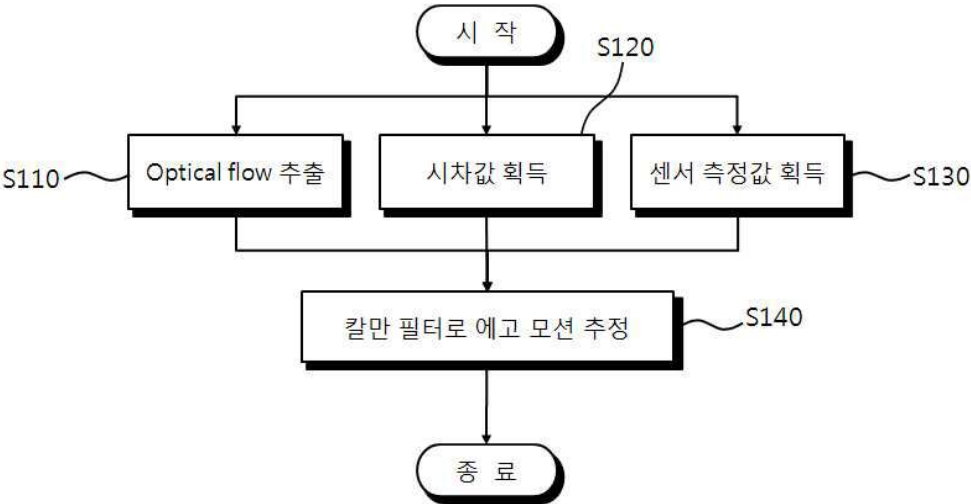
도면2



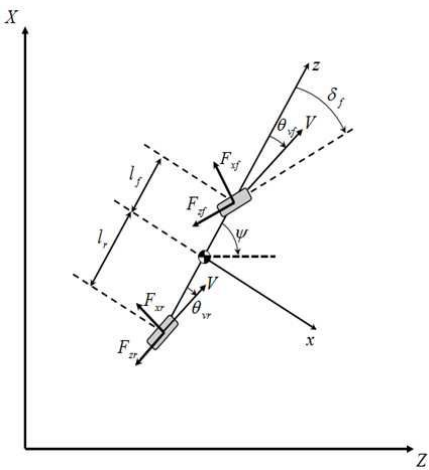
도면3



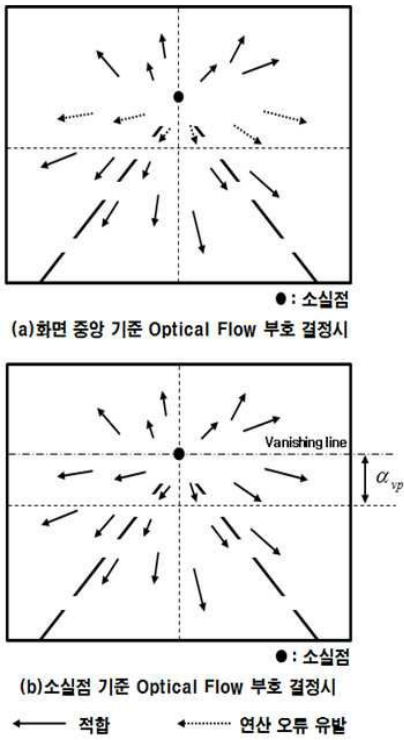
도면4



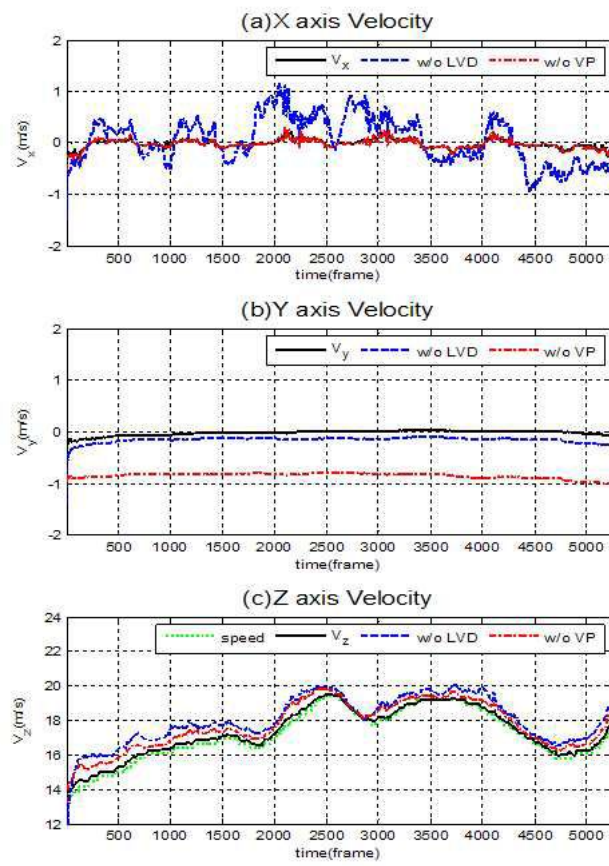
도면5



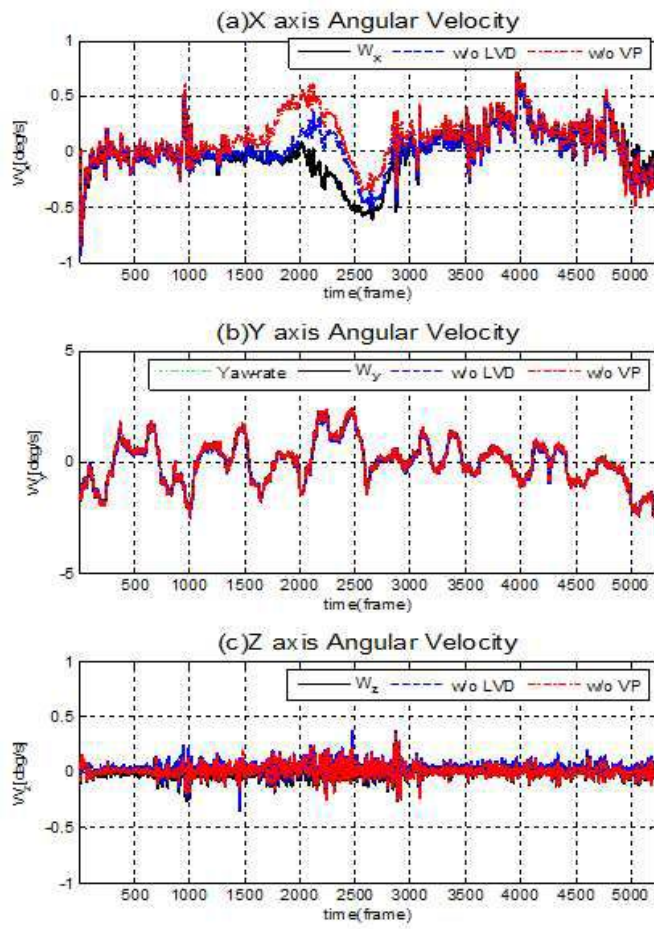
도면6



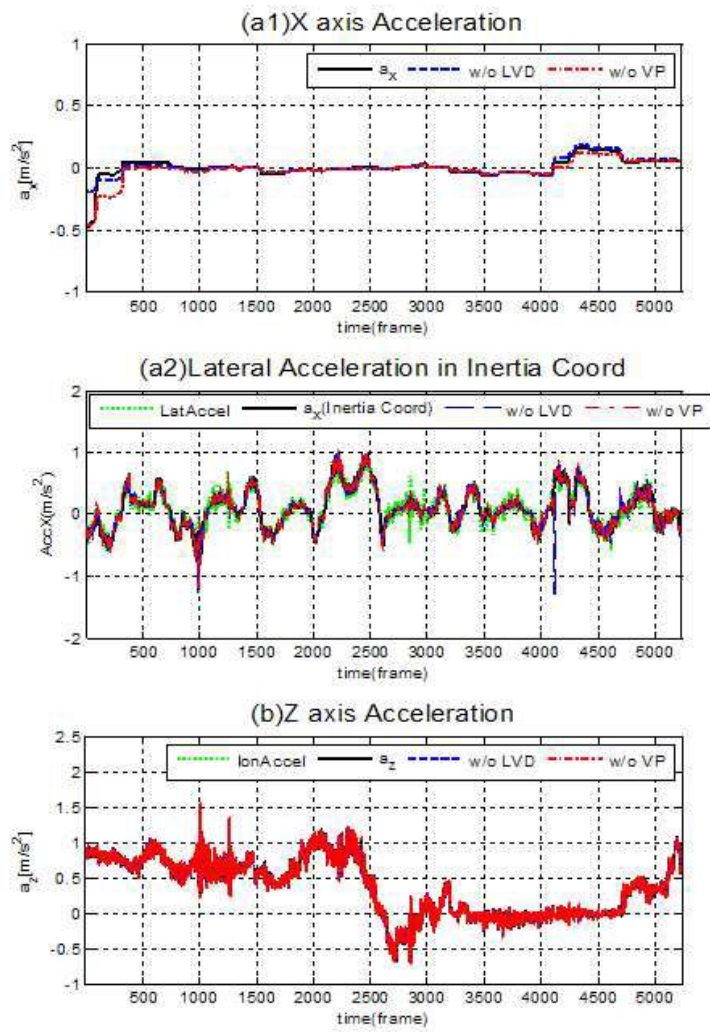
도면7



도면8



도면9



도면10

