



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0098609
(43) 공개일자 2014년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 40/06 (2006.01) B60W 40/02 (2006.01)
B60W 40/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0011483
(22) 출원일자 2013년01월31일
심사청구일자 2013년01월31일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한
국기술교육대학교)
(72) 발명자
신동호
경기도 화성시 메타폴리스로 22, 303동 1402호 (반
송동, 동탄시범다운마을 롯데대동 다숲캐슬)
김창일
경기도 안산시 상록구 일동로 51, 545-14 1/6 302
(일동)
(74) 대리인
김민태

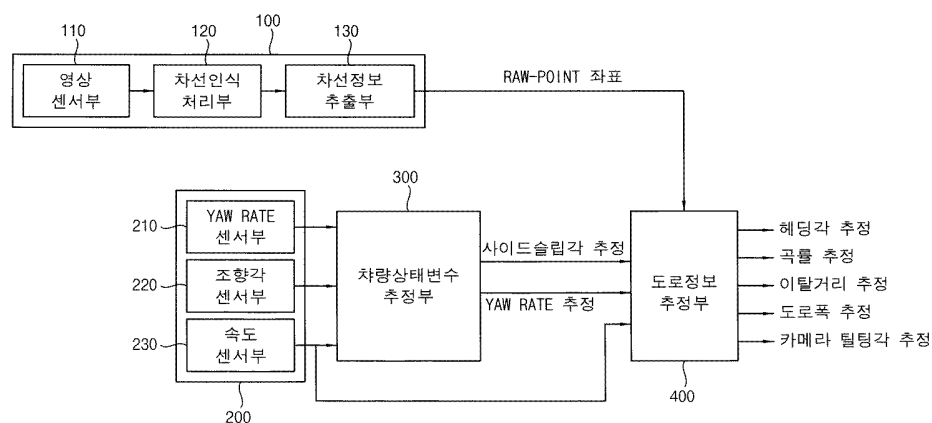
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 칼만필터를 기반으로 차량거동을 고려한 도로 정보 추출 시스템 및 이를 이용한 도로 정보 추출 방법

(57) 요약

도로 정보 추출 시스템 및 이를 이용한 도로 정보 추출 방법에서, 상기 도로 정보 추출 시스템은 제1 측정부, 제2 측정부, 차량상태변수 추정부 및 도로정보 추정부를 포함한다. 상기 제1 측정부는 주행 중인 차선의 실제 좌표에 관한 정보를 추출한다. 상기 제2 측정부는 YAW RATE 센서부, 조향각 센서부 및 속도 센서부를 포함한다. 상기 차량상태변수 추정부는 상기 제2 측정부에서 측정된 정보를 제공받아, 차량상태변수를 추정한다. 상기 도로정보 추정부는 상기 차선의 실제 좌표에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 주행 중인 도로정보를 추정한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

주행 중인 차선의 실제 좌표에 관한 정보(raw-point coordinates)를 추출하는 제1 측정부;

YAW RATE 센서부, 조향각 센서부 및 속도 센서부를 포함하는 제2 측정부;

상기 제2 측정부에서 측정된 정보를 제공받아, 차량상태변수를 추정하는 차량상태변수 추정부; 및

상기 차선의 실제 좌표에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 주행 중인 도로정보를 추정하는 도로정보 추정부를 포함하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 YAW RATE 센서부, 상기 조향각 센서부 및 상기 속도 센서부는 각각, 주행 중인 차량의 YAW RATE, 조향각 및 속도를 측정하며,

상기 도로정보 추정부는 상기 속도 센서부에서 측정된 속도에 관한 정보도 제공받는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 차량상태변수 추정부는,

상기 주행 중인 차량의 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보를 바탕으로, 사이드 슬립각 및 YAW RATE를 추정하는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 차량상태변수 추정부는,

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix} \delta_f \quad \text{식 (1)}$$

$$\begin{aligned} a_{11} &= -\frac{c_f + c_r}{\hat{m}V} & a_{12} &= -1 + \frac{c_r L_r - c_f L_f}{\hat{m}V^2} \\ a_{21} &= \frac{c_f L_f - c_r L_r}{I_{xx}} & a_{22} &= -\frac{c_f L_f^2 + c_r L_r^2}{I_{xx}V} \\ b_{11} &= \frac{c_f}{\hat{m}V} & b_{21} &= \frac{c_f L_f}{I_{xx}} \end{aligned}$$

상기 식 (1)로 정의되는 이륜 자전거 모델(two-wheel bicycle model)의 상태 방정식을 이용하며,

상기 차량상태변수 추정부는,

$$\begin{aligned} \dot{\hat{X}} &= (A - LC)\hat{X} + BU + LY \\ \text{where } Y &= CX = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \hat{X} = \gamma \end{aligned} \quad \text{식 (3)}$$

상기 식 (3)을 이용하여 차량상태변수를 추정하는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 도로정보 추정부는,

도로정보의 상태변수인 차량의 heading각, 도로의 곡률, 차량의 이탈거리, 도로폭 및 카메라 틸팅각을 추정하는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제1 측정부는,

주행 중인 차량의 전방의 영상을 촬영하는 영상 센서부;

상기 영상 센서부에서 촬영된 영상을 처리하여, 전방차선에 관한 영상을 추출하는 차선인식 처리부; 및

상기 차선인식 처리부에서 추출된 전방차선에 관한 영상에서 주행 중인 차선의 실제 좌표에 관한 정보를 추출하는 차선정보 추출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 차선정보 추출부는,

상기 주행 중인 차선의 좌측 차선 및 우측 차선 각각의 6 개의 실제 좌표를 추출하는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 도로정보 추정부에서는, 상기 도로정보에 관한 상태변수를 추정하기 전에,

선행-추정 상태변수 및 선행 오차 공분산을 예측하고,

칼만 이득을 계산하는 것을 특징으로 하는 도로정보 추출 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 선행-추정 상태변수 및 선행 오차 공분산은,

$$\hat{X}_{k+1}^- = F \hat{X}_k + G u_k \quad \text{식 (10)}$$

$$P_{k+1}^- = F P_k A^T + Q \quad \text{식 (11)}$$

상기 식 (10) 및 식 (11)로 각각 예측되며,

상기 칼만 이득은,

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R)^{-1} \quad \text{식 (12)}$$

상기 식 (12)로 계산되는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 도로정보에 관한 상태변수는,

$$\hat{X}_k = \hat{X}_k^- + K_k (X_f - h(\hat{X}_k^-)) \quad \text{식 (13)}$$

상기 식 (13)으로 계산되는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 시스템.

청구항 11

제1 측정부에서 주행 중인 차선의 실제 좌표에 관한 정보(raw-point coordinates)에 관한 정보를 추출하는 단계;

제2 측정부에서 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보를 측정하는 단계;

상기 제2 측정부에서 측정된 정보를 제공받아, 차량상태변수를 추정하는 단계; 및

상기 차선의 실제 좌표에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 주행 중인 도로 정보를 추정하는 단계를 포함하는 도로 정보 추출 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 도로정보를 추정하는 단계는,

초기값을 선정하는 단계;

상기 초기값으로부터 선행-추정 상태변수 및 오차 공분산을 예측하는 단계;

칼만 이득을 계산하는 단계; 및

상기 도로정보의 상태변수인 차량의 heading, 도로의 곡률, 차량의 이탈거리, 도로폭 및 카메라 틸팅각을 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 도로 정보 추출 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 도로 정보 추출 시스템 및 이를 이용한 도로 정보 추출 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 칼만필터를 기반으로 차량거동을 고려한 도로 정보 추출 시스템 및 이를 이용한 도로 정보 추출 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 증가하는 교통량과 장거리 운전자의 증가로 교통사고 발생률을 지속적으로 증가하고 있으며, 이를 줄이기 위한 노력으로 많은 지능형 안전장치들이 개발되고 있다. 그 중, Lane Keeping Assistance System(LKAS)은 카메라로 차선을 인식하여 차량이 차선을 이탈하지 않도록 유지하는 시스템으로 최근 각광받고 있는 연구 분야에 해당된다. 관련하여, 기초연구는 1990년대 초부터 진행되고 있으나 국내의 경우 관련 연구가 미비한 실정이다.

[0003] 특히, LKAS는 차선 인식부, 도로정보 추출부, 조향제어부 등으로 구성되는데, 도로정보 추출부와 관련하여 기존 연구에서는 주로 Random walk 기반의 칼만필터를 주로 사용해 왔다.

[0004] 그러나, 상기 Random walk 기반의 칼만필터를 사용하는 경우 정확성이 부족하고, 차량의 급격한 동적인 움직임에 대하여 수렴속도가 지연되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은 차량의 급격한 거동시 수렴속도 및 정확성을 향상시킬 수 있는 도로 정보 추출 시스템에 관한 것이다.

[0006] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 도로 정보 추출 시스템을 이용한 도로 정보 추출 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 상기 도로 정보 추출 시스템은 제1 측정부, 제2 측정부, 차량상태변수 추정부 및 도로정보 추정부를 포함한다. 상기 제1 측정부는 주행 중인 차선의 실제 좌표에 관한 정보를 추출한다. 상기 제2 측정부는 YAW RATE 센서부, 조향각 센서부 및 속도 센서부를 포함한다. 상기 차량상태변수 추정부는 상기 제2 측정부에서 측정된 정보를 제공받아, 차량상태변수를 추정한다. 상기 도로정보 추정부는 상기 차선의 실제 좌표에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 주행 중인 도로정보를 추정한다.

[0008] 일 실시예에서, 상기 YAW RATE 센서부, 상기 조향각 센서부 및 상기 속도 센서부는 각각, 주행 중인 차량의 YAW RATE, 조향각 및 속도를 측정할 수 있다. 상기 도로정보 추정부는 상기 속도 센서부에서 측정된 속도에 관한 정보도 제공받을 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 차량상태변수 추정부는, 상기 주행 중인 차량의 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보를 바탕으로, 사이드 슬립각 및 YAW RATE를 추정할 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 차량상태변수 추정부는,

[0011]
$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix} \delta_f \quad \text{식 (1)}$$

[0012]
$$\begin{aligned} a_{11} &= -\frac{c_f + c_r}{\hat{m}V} & a_{12} &= -1 + \frac{c_f L_r - c_r L_f}{\hat{m}V^2} \\ a_{21} &= \frac{c_f L_r - c_r L_f}{I_{zz}} & a_{22} &= -\frac{c_f L_r^2 + c_r L_f^2}{I_{zz}V} \\ b_{11} &= \frac{c_f}{\hat{m}V} & b_{21} &= \frac{c_f L_f}{I_{zz}} \end{aligned}$$

[0013] 상기 식 (1)로 정의되는 이륜 자전거 모델(two-wheel bicycle model)의 상태 방정식을 이용할 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 차량상태변수 추정부는,

[0015]
$$\begin{aligned} \dot{\hat{X}} &= (A - LC)\hat{X} + BU + LY \\ \text{where } Y &= CX = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \hat{X} = \gamma \end{aligned} \quad \text{식 (3)}$$

[0016] 상기 식 (3)을 이용하여 차량상태변수를 추정할 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 도로정보 추정부는, 도로정보의 상태변수인 차량의 헤딩각, 도로의 곡률, 차량의 이탈거리, 도로폭 및 카메라 틸팅각을 추정할 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 제1 측정부는, 주행 중인 차량의 전방의 영상을 촬영하는 영상 센서부, 상기 영상 센서부에서 촬영된 영상을 처리하여, 전방차선에 관한 영상을 추출하는 차선인식 처리부, 및 상기 차선인식 처리부에서 추출된 전방차선에 관한 영상에서 주행 중인 차선의 실제 좌표에 관한 정보를 추출하는 차선정보 추출부를 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시예에서, 상기 차선정보 추출부는, 상기 주행 중인 차선의 좌측 차선 및 우측 차선 각각의 6 개의 실제 좌표를 추출할 수 있다.

[0020] 일 실시예에서, 상기 도로정보 추정부에서는, 상기 도로정보에 관한 상태변수를 추정하기 전에, 선행-추정 상태변수 및 선행 오차 공분산을 예측하고, 칼만 이득을 계산할 수 있다.

[0021] 일 실시예에서, 상기 선행-추정 상태변수 및 선행 오차 공분산은,

[0022]
$$\hat{X}_{k+1}^- = F \hat{X}_k + Gu_k \quad \text{식 (10)}$$

[0023]
$$P_{k+1}^- = FP_k A^T + Q \quad \text{식 (11)}$$

[0024] 상기 식 (10) 및 식 (11)로 각각 예측될 수 있다.

[0025] 일 실시예에서, 상기 칼만 이득은,

[0026]
$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R)^{-1} \quad \text{식 (12)}$$

[0027] 상기 식 (12)로 계산될 수 있다.

[0028] 일 실시예에서, 상기 도로정보에 관한 상태변수는,

[0029]
$$\hat{X}_k = \hat{X}_k^- + K_k (X_I - h(\hat{X}_k^-)) \quad \text{식 (13)}$$

[0030] 상기 식 (13)으로 계산될 수 있다.

[0031] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 도로 정보 추출 방법은 제1 측정부에서 주행 중인 차선의 실제 좌표에 관한 정보(raw-point coordinates)에 관한 정보를 추출한다. 제2 측정부에서 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보를 측정한다. 상기 제2 측정부에서 측정된 정보를 제공받아, 차량상태변수를 추정한다. 상기 차선의 실제 좌표에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 주행 중인 도로 정보를 추정한다.

[0032] 일 실시예에서, 상기 도로정보를 추정하는 단계는, 초기값을 선정하는 단계, 상기 초기값으로부터 선행-추정 상태변수 및 오차 공분산을 예측하는 단계, 칼만 이득을 계산하는 단계, 및 상기 도로정보의 상태변수인 차량의 headings, 도로의 곡률, 차량의 이탈거리, 도로폭 및 카메라 틸팅각을 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 실시예들에 의하면, 차선정보 추출부에서 현재 주행 중인 차선의 좌측 및 우측 차선의 실제 좌표에 관한 정보를 입력받아, headings, 곡률, 이탈거리, 도로폭 및 카메라 틸팅각 등 도로정보를 추출할 수 있으며, 검증된 바와 같이 도로정보의 정확성을 향상시키고, 차량의 급격한 이동시 수렴속도를 개선하므로, 종래의 칼만필터를 이용하는 경우보다 향상된 성능을 가진다고 할 수 있다.

[0034] 특히, 도로정보에 관한 상태변수를 추정하는 경우, 선행-추정 상태변수를 우선 예측한 후, 상기 실제 좌표에 관한 정보로부터 상태변수를 추정하므로 추출된 도로정보의 정확성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 도로 정보 추출 시스템을 나타낸 블록도이다.
 도 2는 도 1의 도로 정보 추출 시스템을 이용한 도로 정보 추출 방법을 나타낸 흐름도이다.
 도 3은 도 1의 차량상태변수 추정부에서 차량상태변수를 추정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 도 4는 도 3의 차량상태변수 추정 방법을 나타낸 블록도이다.
 도 5는 도 1의 도로정보 추정부에서 도로정보를 추정하는 경우, 영상과 도로의 관계를 정의하기 위한 좌표계를 도시한 모식도이다.
 도 6은 도 5의 도로정보 추정에서, 칼만필터 측정식을 도출하기 위한 모식도이다.
 도 7은 도 1의 도로정보 추정부의 도로정보 추정 방법을 나타낸 흐름도이다.
 도 8은 도 1의 도로 정보 추출 시스템을 이용하여 추출된 도로 정보 추출 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0037] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0038] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 도로 정보 추출 시스템을 나타낸 블록도이다.

[0040] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 의한 도로 정보 추출 시스템은 제1 측정부(100), 제2 측정부(200), 차량상태변수 추정부(300) 및 도로정보 추정부(400)를 포함한다. 이 경우, 상기 제1 측정부(100)는 영상 센서부(110), 차선 인식 처리부(120) 및 차선정보 추출부(130)를 포함하며, 상기 제2 측정부(200)는 YAW RATE 센서부(210), 조향각

센서부(220) 및 속도 센서부(230)를 포함한다.

- [0041] 상기 영상 센서부(110)는 차량이 운행하는 중에 실시간으로 전방의 영상을 촬영하여, 촬영된 영상을 차선인식 처리부(120)로 전달한다. 상기 영상 센서부(110)는 차량의 이동 중에 전방의 모든 영상을 촬영할 수 있다. 다만, 후술할 차선인식 처리부(120)에서 차선을 추출할 필요가 있으므로, 상기 영상 센서부(110)는 전방의 하방의 영상을 촬영하여, 상기 영상 센서부(110)에서 촬영된 영상에 전방의 차선에 관한 영상이 포함되는 것이 바람직하다.
- [0042] 상기 차선인식 처리부(120)는 상기 영상 센서부(110)에서 촬영된 차량의 전방의 영상을 제공받아, 영상처리과정을 통해 전방차선에 관한 영상만 추출한다. 차선의 경우, 일반적으로 흰색 또는 노란색의 연속된 선, 또는 연속과 단속을 반복하는 선으로 촬영되므로, 상기 차선인식 처리부(120)에서는 전방차선에 관한 영상을 용이하게 추출할 수 있다.
- [0043] 이와 같이, 전방 영상으로부터 전방차선에 관한 영상만 추출되면, 상기 차선정보 추출부(130)로 전달된다. 상기 차선정보 추출부(130)는 전방차선에 관한 영상으로부터, 차선에 관한 정보를 실시간으로 파악할 수 있다. 구체적으로, 상기 차선정보 추출부(130)는 추출된 전방차선에 관한 영상으로부터, 현재 운행 중인 차선의 양측의 실제 좌표를 추출할 수 있다.
- [0044] 즉, 상기 차선정보 추출부(130)는 현재 주행 중인 차선의 좌측 및 우측 차선의 실제 좌표(raw-point coordinates)를 복수 개 추출할 수 있으며, 예를 들어, 좌측 및 우측 차선의 실제 좌표를 각각 6개씩 추출할 수 있다.
- [0045] 또한, 상기 차선정보 추출부(130)로부터 추출된 실제 좌표에 관한 정보는 후술할 도로정보 추정부(400)로 제공된다.
- [0046] 한편, 상기 제2 측정부(200)의 YAW RATE 센서부(210)는 현재 운행 중인 차량의 YAW RATE를 측정한다. 이 경우, 상기 요레이트란 요 각속도라고도 하며, 차량의 중심을 통과하는 수직선 주위에 회전각(요각)이 변하는 속도를 의미한다. 이렇게 측정된 상기 요레이트에 관한 정보는 후술할 차량상태변수 추정부(300)로 제공된다.
- [0047] 상기 조향각 센서부(220)는 현재 운행 중인 차량의 조향각(steering angle)을 측정한다. 이 경우, 상기 조향각이란 차량의 직선 주행 위치에서 핸들을 꺾은 각을 의미한다. 한편, 상기 조향각 센서부(220)는 필요한 경우, 실조향각을 측정할 수도 있으며, 이 경우, 상기 실조향각이란 상기 핸들을 꺾은 각에 대해 실제로 타이어가 회전한 각을 의미한다. 이렇게 측정된 상기 조향각에 관한 정보도 후술할 차량상태변수 추정부(300)로 제공된다.
- [0048] 상기 속도 센서부(230)는 현재 운행 중인 차량의 속도(speed)를 측정하며, 예를 들어, GPS 등을 이용하여 측정할 수 있다. 마찬가지로, 상기 속도 센서부(230)에서 측정된 속도에 관한 정보도 후술할 차량상태변수 추정부(300)로 제공된다.
- [0049] 이상과 같이, 상기 제2 측정부(200)는, 현재 운행 중인 차량의 요레이트, 조향각, 속도 등과 같은 차량 운행 상태에 관한 정보를 측정하여, 상기 차량상태변수 추정부(300)로 전달한다.
- [0050] 상기 차량상태변수 추정부(300)는 상기 제2 측정부(200)의 요레이트 센서부(210), 조향각 센서부(220) 및 속도 센서부(230)로부터 각각 측정된 요레이트, 조향각 및 속도에 관한 정보를 제공받아, 차량상태 변수를 추정한다.
- [0051] 구체적으로, 상기 차량상태변수 추정부(300)는 이륜 자전거 모델(two-wheel bicycle model) 기반의 관측기(observer)를 이용하여 상기 측정된 요레이트, 조향각 및 속도에 관한 정보로부터, 차량 사이드 슬립각(side slip angle) 및 차량 요레이트(yaw rate)를 추정한다. 한편, 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트를 추정하기 위해서는 상기 제2 측정부(200)의 측정결과를 매 순간 제공받는 것이 바람직하다.
- [0052] 이 경우, 보다 구체적인 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트 추정방법은 도 3 및 도 4를 참조하여 후술한다.
- [0053] 한편, 상기 차량상태변수 추정부(300)로부터 추정된 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트에 관한 추정값에 관한 정보는 후술할 도로정보 추정부(400)로 제공된다. 나아가, 상기 속도 센서부(230)에서 측정된 속도에 관한 정보도 상기 도로정보 추정부(400)로 동시에 제공될 수 있다.
- [0054] 상기 도로정보 추정부(400)는, 이미 설명한 바와 같이, 상기 제1 측정부(100)의 상기 차선정보 추출부(130)에서 추출된 차선정보(실제 좌표값), 상기 차량상태변수 추정부(300)에서 추정된 차량 사이드슬립각 및 차량 요레이트 추정값에 관한 정보, 및 상기 측정된 속도에 관한 정보를 제공받아, 도로정보를 추정한다.

- [0055] 즉, 상기 도로정보 추정부(400)는 제공된 정보를 바탕으로, 후술할 칼만필터를 이용하여 차량의 헤딩각(heading angle), 전방도로의 곡률(road curvature), 차량의 차선 이탈거리, 도로폭, 카메라 틸팅각 등을 추정할 수 있다.
- [0056] 이 경우, 보다 구체적인 도로정보 추정 방법은 후술할 도 5를 참조하여 설명한다.
- [0057] 도 2는 도 1의 도로정보 추출 시스템을 이용한 도로정보 추출 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0058] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 의한 도로정보 추출 방법에서는, 상기 제1 측정부(100)의 영상 센서부(110)가 차량의 전방의 영상을 촬영한다(단계 S10). 이렇게 촬영된 차량의 전방 영상은 상기 차선인식 처리부(120)로 제공되어, 상기 차선인식 처리부(120)는 상기 촬영된 또는 인식된 전방 영상을 처리하여 전방차선에 관한 영상만 추출한다(단계 S20). 이렇게 추출된 전방차선에 관한 영상은 상기 차선정보 추출부(130)로 제공되며, 상기 차선정보 추출부(130)는 전방차선에 관한 영상으로부터, 현재 주행 중인 차선의 양 측(좌측 및 우측)의 실제 좌표(raw-point coordinates)를 실시간으로 추출한다. 이렇게 추출된 차선의 양 측의 실제 좌표에 관한 정보는 상기 도로정보 추정부(400)로 전달된다.
- [0059] 한편, 상기 제2 측정부(200)의 YAW RATE 센서부(210)는 현재 운행 중인 차량의 YAW RATE를 측정하고, 상기 조향각 센서부(220)는 현재 운행 중인 차량의 조향각을 측정하며, 상기 속도 센서부(230)는 현재 운행 중인 차량의 속도를 측정한다(단계 S40). 이렇게 측정된 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보는 상기 차량상태변수 추정부(300)로 제공된다. 이 후, 상기 차량상태변수 추정부(300)는 상기 정보를 바탕으로 차량상태 변수를 추정한다(단계 S50). 이 때, 차량상태 변수 추정이란, 이륜 자전거 모델 기반의 관측기를 이용하여 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트를 추정하는 것을 의미한다. 이를 위해, 상기 제2 측정부(200)의 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보를 매 순간마다 제공받는 것이 필요하다.
- [0060] 이렇게 추정된 차량상태 변수에 관한 정보는 상기 도로정보 추정부(400)로 제공되며, 상기 도로정보 추정부(400)는 상기 차선 양 측의 실제 좌표에 관한 정보, 및 차량 사이드 슬립각과 차량 요레이트에 관한 정보를 바탕으로 차량의 이탈거리, 차량의 헤딩각, 전방도로의 곡률, 도로폭, 카메라 틸트각 등 도로정보를 추정한다(단계 S60).
- [0061] 이 후, 차량이 계속 운행되고 있는 상황이라면(단계 S70), 상기 제1 및 제2 측정부들(100, 200)은 계속 필요한 정보를 측정하여 본 실시예에 의한 도로정보 추정을 수행하며, 차량의 운행이 중단된 상황이라면 도로정보 추정을 중단한다.
- [0062] 도 3은 도 1의 차량상태변수 추정부에서 차량상태변수를 추정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 4는 도 3의 차량상태변수 추정 방법을 나타낸 블록도이다.
- [0063] 도 3 및 도 4는, 앞서 설명한 상기 차량상태변수 추정부(300)에서 이륜 자전거 모델(two-wheel bicycle model) 기반의 관측기를 이용하여 차량의 사이드 슬립각 및 차량 요레이트를 추정하기 위한 방법에 관한 상태 방정식을 도출하기 위한 모식도 및 블록도이다. 이하, 도 3 및 도 4의 도면을 참조하여, 이륜 자전거 모델 기반의 상태 방정식을 도출하여, 상기 차량상태변수 추정부(300)에서 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트를 추정하는 방법을 설명한다.
- [0064] 도 3을 참조하면, 기준좌표 (X_I, Y_I) , 및 현재 이동 중인 차량의 움직임과 함께 이동하는 이동좌표 (X_B, Y_B) 에 대하여, 이륜 자전거 모델을 적용하면 차량상태변수인 사이드 슬립각(β)과 요레이트(γ)는 하기 식 (1)의 상태방정식으로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix} \delta_f \quad \text{식 (1)}$$

- [0066] 상기 식 (1)은 표현된 바와 같이 한 개의 행렬식으로 표현되며, 상기 식 (1)은 하기 식 (2)와 같이 정리될 수 있다.

$$\Leftrightarrow \dot{X} = AX + BU$$

where $X = \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix}, \text{ and } U = \delta_f$

식 (2)

[0068] 이 경우, 행렬식은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} a_{11} &= -\frac{c_f + c_r}{\tilde{m}V} & a_{12} &= -1 + \frac{c_r L_r - c_f L_f}{\tilde{m}V^2} \\ a_{21} &= \frac{c_r L_r - c_f L_f}{I_{zz}} & a_{22} &= -\frac{c_f L_f^2 + c_r L_r^2}{I_{zz}V} \\ b_{11} &= \frac{c_f}{\tilde{m}V} & b_{21} &= \frac{c_f L_f}{I_{zz}} \end{aligned}$$

[0069]

[0070] 여기서, β 는 차량 사이드 슬립각(vehicle side-slip angle), γ 는 차량 요레이트(vehicle yaw rate), δ_f 는 휠 조향각(wheel steering angle), V 는 차량 속도벡터(vehicle velocity vector), m 은 차량 중량(vehicle mass), $\tilde{m}$ 은 가상 중량(m/μ 로 정의됨), c_f , c_r 은 각각 전면/후면 타이어의 코너링 강성(cornering stiffness of front/rear tires), L_f , L_r 는 각각 차량의 무게 중심으로부터 전륜/후륜까지의 거리(distance from vehicle center of gravity to front/rear axles), I_{zz} 은 요방향 관성모멘트(yaw directional moment of inertia)를 의미한다.

[0071]

[0072] 본 실시예에 의한 상기 차량상태변수를 추정하기 위해서는, 상기 상태 방정식에 관한 식(2)로부터 상기 속도 센서부(230)의 속도에 관한 정보를 이용하여 시스템 행렬인 A와 B를 계산한다. 이 후, 하기 식 (3)과 같이 상기 차량상태변수 추정부(300)에서의 차량상태변수 추정 방법에 관한 모델이 완성된다.

$$\begin{aligned} \dot{\hat{X}} &= (A-LC)\hat{X} + BU + LY \\ \text{where } Y &= CX = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \hat{X} = \gamma \end{aligned}$$

[0073] 식 (3)

[0074] 즉, 상기 차량상태변수 추정부(300)에서는 상기 식 (3)을 이용하여, 차량상태변수를 추정하게 되며, 상기 식 (3)의 차량상태변수 추정 모델을 블록도로 도시한 것이 도 4이다.

[0075] 상기 식 (3) 및 도 4를 동시에 참조하면, 상기 차량상태변수 추정부(300)에서는, 상기 조향각 센서부(220)로부터 측정된 조향각에 관한 정보를 입력 받으면(U) 입력행렬 B와 행렬곱셈연산을 수행한다. 또한, 상기 YAW RATE 센서부(210)로부터 측정된 요레이트에 관한 정보와 관측기 이득 행렬 L에 대하여 행렬곱셈연산을 수행한다. 이 경우, 이득행렬 L은 행렬 A-LC의 고유값(eigen value)의 실수부가 음수가 되도록 결정한다.

[0076] 또한, 차량의 속도에 따라 시스템 행렬 A는 가변적이므로, 각 속도영역에 따라 A가 변하며 이를 반영하여 이득 행렬 L도 속도에 따라 변하도록 결정된다.

[0077] 상기 동일한 방식으로 추정된 상태변수 $\hat{X}$ 에 행렬 A-LC와 곱셈연산을 수행한 후, 상기 3개의 행렬연산을 통해 도출된 결과값을 덧셈기를 통해 합한다. 이 결과값을 적분기를 통해 계산하면 필요한 차량상태변수값, 즉 차량 사이드 슬립각 및 요레이트가 추정된다.

[0078] 이 후, 상기 차량상태변수값, 즉 추정된 차량 사이드 슬립각과 추정된 요레이트가 후술할 상기 도로정보 추정부(400)로 제공된다.

[0079] 도 5는 도 1의 도로정보 추정부에서 도로정보를 추정하는 경우, 영상과 도로의 관계를 정의하기 위한 좌표계를 도시한 모식도이다.

[0080] 도 5를 참조하면, 상기 도로정보 추정부(400)에서 도로정보를 추정하는 경우, 우선, 상기 영상 센서부(110)를 통해 제공되는 영상의 도로 정보를 사용하기 위해 영상과 도로 사이의 관계식에 대한 정의가 필요하다.

[0081] 따라서, 도 5에 도시된 바와 같이, 차량 중심 좌표계 X_v , Y_v , Z_v , 및 카메라 중심 좌표계 X_c , Y_c , Z_c 는 카메라 틸팅각(α)와 하기 식 (1)의 관계를 갖는다.

[0082]

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_v \\ Y_v \\ -H \end{bmatrix} \quad \text{식 (1)}$$

또한, 도 5에서 차량 중심 좌표계 및 카메라 중심 좌표계의 X축은 동일하므로 이미지 좌표계 X_I , Y_I 와는 초점거리(f)를 매개로 하기 식 (2)의 관계를 갖는다.

$$X_I = \frac{fX_c}{Y_c}, \quad Y_I = \frac{fZ_c}{Y_c} \quad \text{식 (2)}$$

한편, 상기 식(2)는 하기와 같은 식 (3)으로 표현할 수 있다.

$$X_I = \frac{fX_v}{Y_v \cos\alpha + H \sin\alpha}, \quad Y_I = \frac{f(Y_v \sin\alpha - H \cos\alpha)}{Y_v \cos\alpha + H \sin\alpha} \quad \text{식 (3)}$$

도 6은 도 5의 도로정보 추정에서, 칼만필터 측정식을 도출하기 위한 모식도이다.

도 6을 참조하면, 상기 식 (3)에서 카메라 틸팅각(α)가 매우 작다고 가정하여 선형화하면, 칼만필터의 측정식 $h(\hat{x})$ 는 하기 식 (4)로 표현할 수 있다.

$$h(\hat{x}) = X_{I-Estimated} = \frac{fX_c}{Y_c} \approx \left(\frac{f\alpha - Y_I}{H} \right) X_v \quad \text{식 (4)}$$

이 경우, X_v 는 도 6의 모식도를 참조하면 하기와 같이 식 (5)로 정의되며, 카메라 높이인 H는 하기 식 (6)으로 정의된다.

$$X_v = x_{cam} + \frac{k}{2} W_r + d_s \Big|_{at Y_c = Y_{c0}} - \frac{1}{2} \rho (Y_c - Y_{c0})^2 + \Delta\psi (Y_c - Y_{c0}) \quad \text{식 (5)}$$

$$H = \left[\frac{\partial h}{\partial X} \Big|_{(Y, \rho)} \quad \dots \quad \frac{\partial h}{\partial X} \Big|_{(Y, \rho)} \quad \frac{\partial h}{\partial X} \Big|_{(Y, \rho)} \quad \dots \quad \frac{\partial h}{\partial X} \Big|_{(Y, \rho)} \right]^T \quad \text{식 (6)}$$

여기서, x_{cam} 은 카메라 횡방향 위치, d_s 는 도로중심과 차량의 이탈거리, ρ

는 도로 곡률, $\Delta\psi$ 는 도로와 차량의 상대 경로각, W_r 은 도로폭을 의미한다.

한편, 상기 도로정보 추정부(400)에서 도로정보 추정시, 추정 결과인 도로중심과 차량의 이탈거리(d_s), 도로 곡률(ρ), 도로와 차량의 상대 경로각(즉, 헤딩각 $\Delta\psi$), 도로폭(W_r), 및 카메라틸팅각(α)은, 상기 차량상태 변수 추정부(300)으로부터 입력된 추정 사이드 슬립각(β) 및 추정 YAW RATE(γ)와 하기 식 (7)의 관계를 만족하며, 이를 도로정보 추정을 위한 상태공간 방정식이라 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \dot{ds} \\ \dot{\rho} \\ \Delta\dot{\psi} \\ \dot{w} \\ \dot{\alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & V & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -V & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ds \\ \rho \\ \Delta\psi \\ w \\ \alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V & Ls \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$

[0097] 식 (7)

[0098] 상기 식 (7)은 아래와 같은 식 (8)로 다시 표현될 수 있다

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu} \quad \text{식 (8)}$$

[0100] 한편, 상기 식 (8)을 이산화하면, 하기 식 (9)로 표현되며, 하기 식 (9)에서 상태변수에 관한 행렬 X_k 는 임의의 시간 k 에서의 상기 도로정보 추정부(400)에서 추정된 차량의 이탈거리, 도로 곡률, 도로와 차량의 상대 경로각, 도로폭 및 카메라 틸팅각을 의미하며, X_{k+1} 은 임의의 시간 $k+1$ 에서의 상기 도로정보 추정부(400)에서 추정된 차량의 이탈거리, 도로 곡률, 도로와 차량의 상대 경로각, 도로폭 및 카메라 틸팅각을 의미한다.

$$X_{k+1} = FX_k + GU_k \quad \text{식 (9)}$$

[0102] 도 7은 도 1의 도로정보 추정부의 도로정보 추정 방법을 나타낸 흐름도이다. 상기 도로정보 추정부(400)에서는 상기 식 (4)로 표현되는 칼만필터 측정식 및 상기 식 (9)로 표현된 이산화된 상태 방정식을 바탕으로 도로정보를 추정하며, 구체적인 추정 방법이 도 7에 도시된다.

[0103] 도 7을 참조하면, 상기 도로정보 추정부(400)에서 도로정보를 추정하는 단계에서는, 우선 초기값을 입력한다(단계 S100). 초기값으로, 추정된 상태변수(이 경우, 상태변수란, 상기 도로정보 추정부에서 추정되는 도로정보인 이탈거리, 곡률, 경로각(헤딩각), 도로폭, 틸팅각을 의미함)의 초기값을 의미하는, $\hat{X}_0$ 실제 측정된 도로정보와 추정된 도로정보 차이의 분산(이하, 오차 공분산이라함)을 의미하는 P_0 , 임의의 초기값인 프로세스 화이트 노이즈 공분산인 Q , 및 측정 화이트 노이즈 공분산인 R 을 입력한다.

[0104] 이 후, 선행적으로 상기 상태변수를 추정하여 선행(prior)-추정(estimated) 상태변수 및 이 경우의 오차 공분산을 예측한다(단계 S110).

[0105] 구체적으로, 상기 선행-추정 상태변수인 $\hat{X}_{k+1}^-$ 는 임의의 시간인 $k+1$ 에서의 추정 상태변수 $\hat{X}_{k+1}$ 를 추정하기 전에 선행적으로 추정한 상태변수로서, 임의의 시간인 k 에서의 추정 상태변수 $\hat{X}_k$ 와 상기 식 (9)를 통해, 하기 식 (10)으로 예측될 수 있다.

$$\hat{X}_{k+1}^- = F \hat{X}_k + G u_k \quad \text{식 (10)}$$

[0107] 또한, 이렇게 추정된 선행-추정 상태변수 $\hat{X}_{k+1}^-$ 의 오차 공분산 P_{k+1}^- 은 하기 식 (11)로 계산된다.

$$P_{k+1}^- = F P_k A^T + Q \quad \text{식 (11)}$$

[0109] 이 후, 칼만 이득을 계산한다(단계 S120). 구체적으로, 상기 칼만 이득은 하기 식 (12)와 같이 계산되며, 이 경우, 칼만 이득 K_k 는 상기 식 (11)에서의 오차 공분산 P_k^- 와 상기 식 (6)의 행렬 H 를 이용하여 계산될 수 있다.

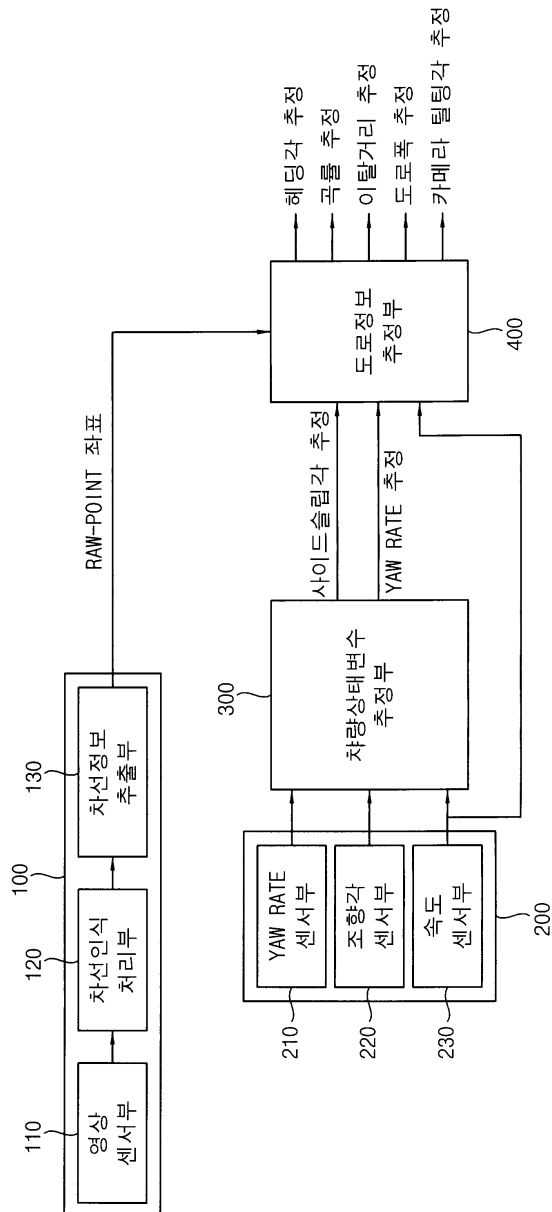
$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R)^{-1} \quad \text{식 (12)}$$

[0111] 이 후, 상기 계산된 칼만 이득을 바탕으로, 하기 식 (13)과 같이 임의의 시간 k 에서의 상태변수 $\hat{X}_k$ 를 추정할

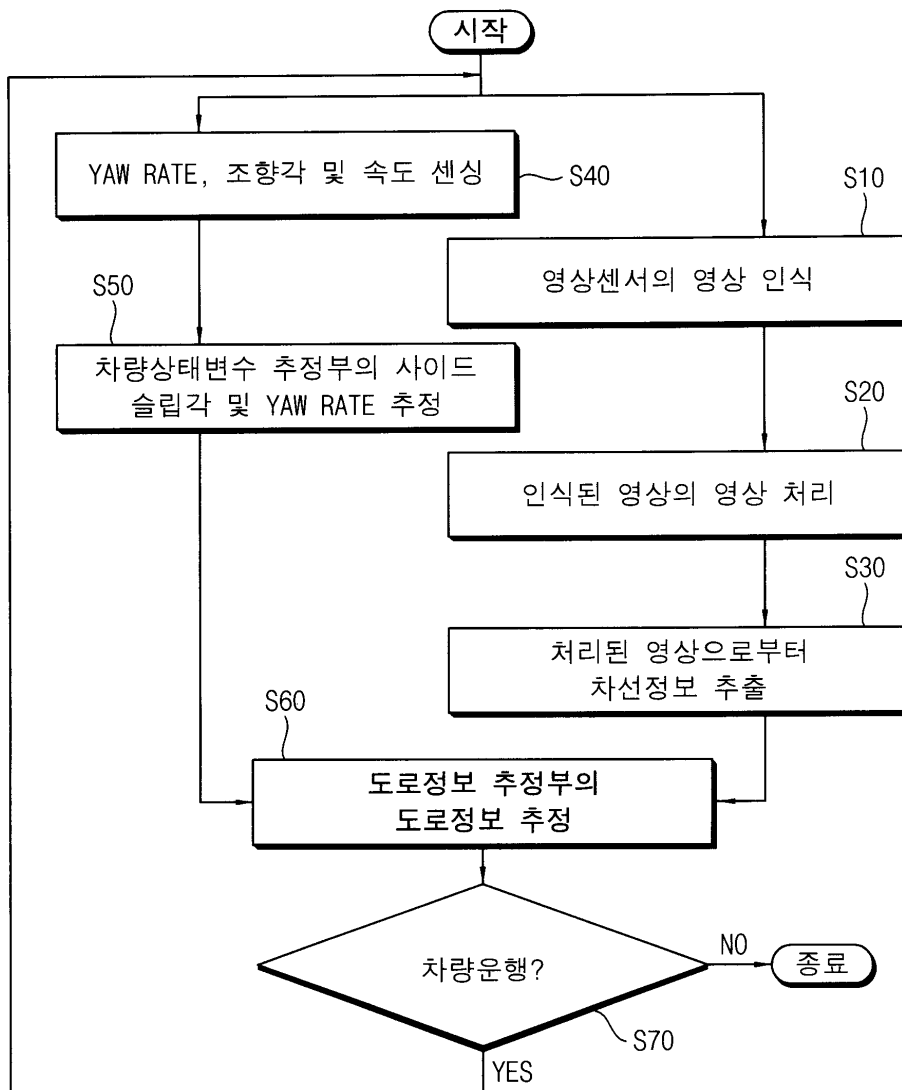
- | | |
|------------------|--------------------|
| 200 : 제2 측정부 | 210 : YAW RATE 센서부 |
| 220 : 조향각 센서부 | 230 : 속도 센서부 |
| 300 : 차량상태변수 추정부 | 400 : 도로정보 추정부 |

도면

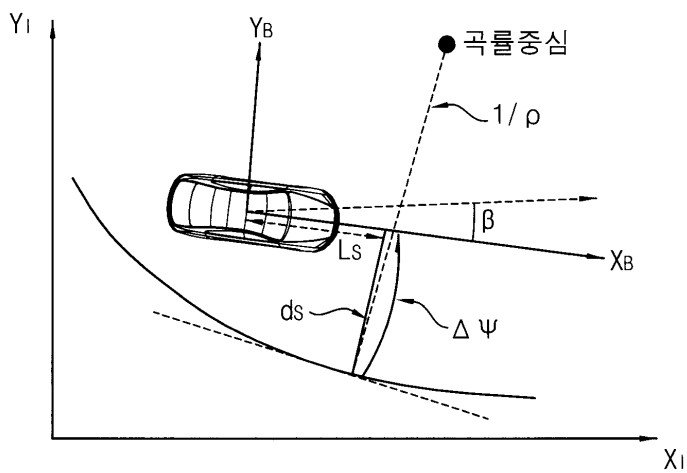
도면1



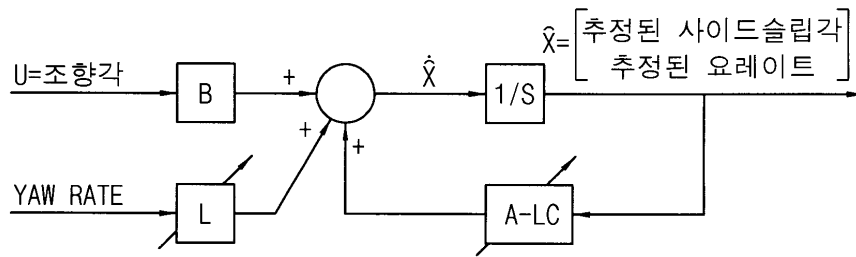
도면2



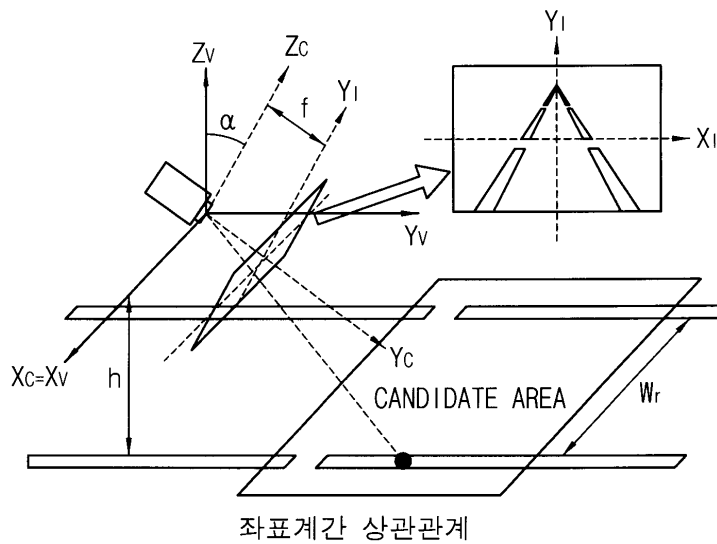
도면3



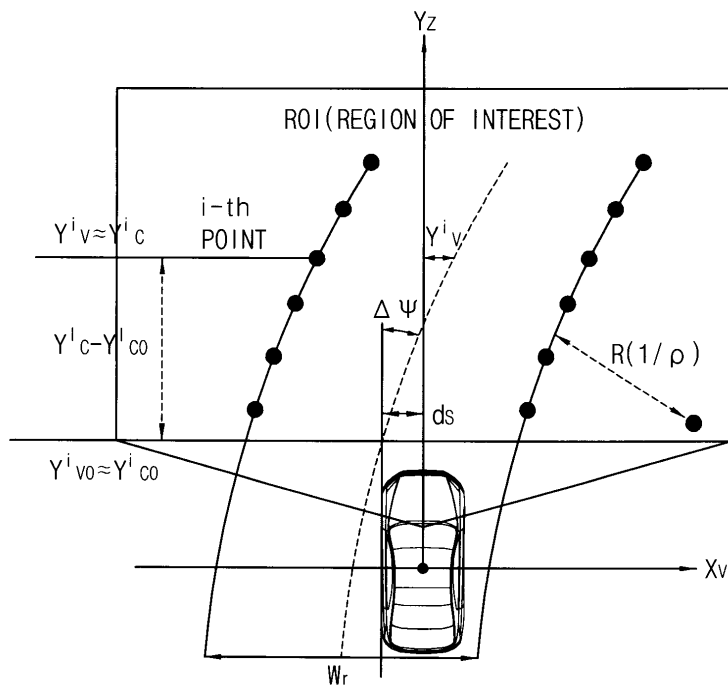
도면4



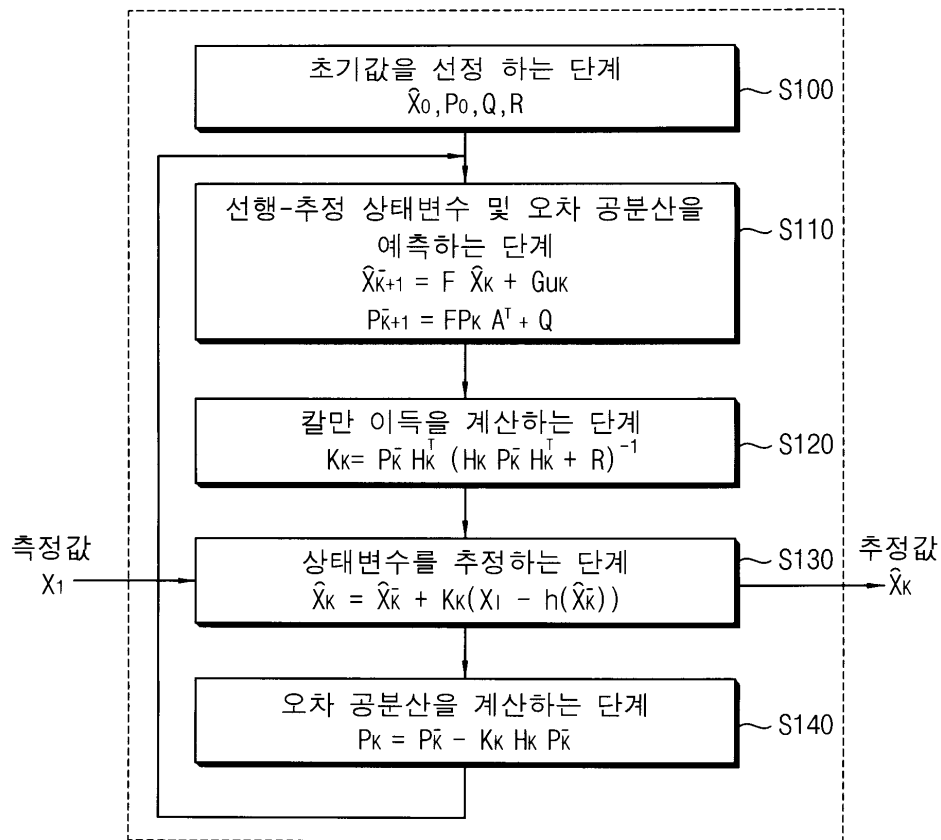
도면5



도면6



도면7



도면8

