(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0141561
(43) 공개일자 2014년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 40/072 (2012.01) *B60W 40/10* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0150890(분할)
(22) 출원일자 2014년11월03일
심사청구일자 2014년11월03일
(62) 원출원 특허 10-2013-0011417
원출원일자 2013년01월31일
심사청구일자 2013년01월31일

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

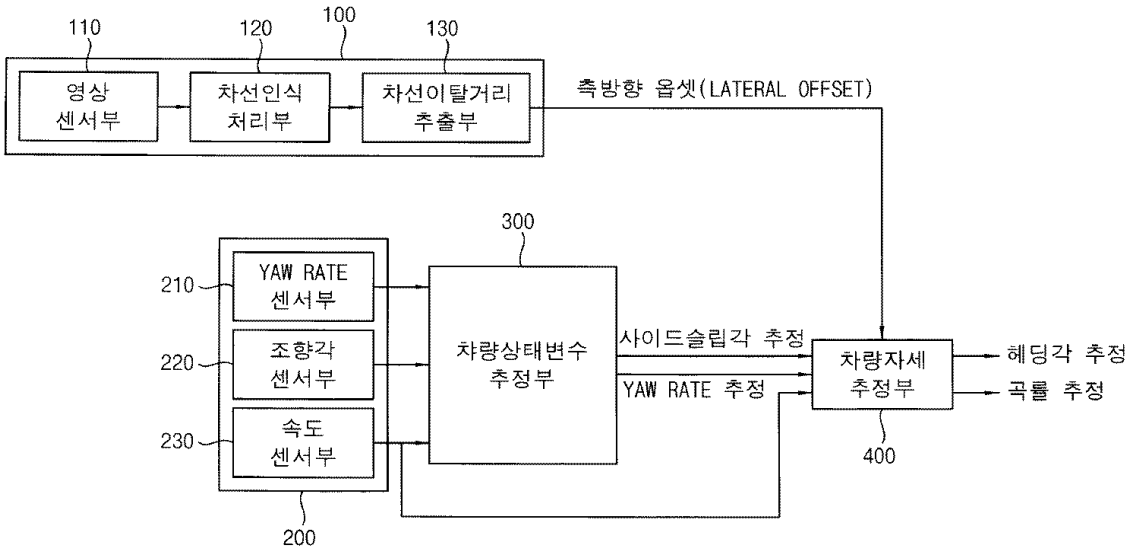
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **영상센서를 기반으로 차량거동을 고려한 도로 곡률 추출 시스템 및 이를 이용한 도로 곡률 추출 방법**

(57) 요 약

도로 곡률 추출 시스템 및 이를 이용한 도로 곡률 추출 방법에서, 상기 도로 곡률 추출 시스템은 제1 측정부, 제2 측정부, 차량상태변수 추정부 및 차량자세 추정부를 포함한다. 상기 제1 측정부는 측방향 옵셋(lateral offset)에 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 차량자세 추정부는 상기 측방향 옵셋에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 전방도로의 곡률 상태에 따라 차량자세를 추정한다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

측방향 옵셋(lateral offset)에 관한 정보를 추출하는 제1 측정부;

주행 중인 차량의 YAW RATE, 조향각 및 속도를 각각 측정하는 YAW RATE 센서부, 조향각 센서부 및 속도 센서부를 포함하는 제2 측정부;

상기 제2 측정부에서 측정된 주행 중인 차량의 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보를 제공받아, 차량상태변수인 사이드 슬립각 및 YAW RATE를 추정하는 차량상태변수 추정부; 및

상기 속도 센서부에서 측정된 속도에 관한 정보, 상기 측방향 옵셋에 관한 정보 및 상기 사이드 슬립각 및 YAW RATE에 관한 정보를 직접 제공받아, 차량의 헤딩각 및 전방도로의 곡률을 추정하는 차량자세 추정부를 포함하고,

상기 차량자세 추정부는, 전방도로의 곡률이 일정하다고 가정된 경우 및 상기 전방도로의 곡률이 시간에 대한 일차함수라고 가정된 경우 모두에 대하여 차량자세를 추정하고,

상기 차량상태변수 추정부는,

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

$$a_{11}=-\frac{c_f+c_r}{\tilde{m}V} \quad a_{12}=-1+\frac{c_rL_r-c_fL_f}{\tilde{m}V^2}$$
$$a_{21}=\frac{c_rL_r-c_fL_f}{I_{zz}} \quad a_{22}=-\frac{c_rL_r^2+c_fL_f^2}{I_{zz}V}$$
$$b_{11}=\frac{c_f}{\tilde{m}V} \quad b_{21}=\frac{c_fL_f}{I_{zz}}$$

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

상기 차량상태변수 추정부는,

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

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

명 세 서

기 술 분 야

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

배 경 기 술

[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. 그러나, 칼만필터를 이용한 도로정보

추출 방법의 경우, 복잡한 계산식을 가지고 있으므로 계산 시간이 많이 소요되는 문제점을 갖는다.

[0004] 나아가, 칼만필터를 이용한 도로정보 추출 방법의 경우, 상기 계산상의 부하로 인해 도로의 곡률을 추출하는 경우 소정의 수렴 시간이 필요하다는 문제를 갖는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은 계산량을 줄이면서 정확성을 향상시킬 수 있는 도로 곡률 추출 시스템에 관한 것이다.

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

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 도로 곡률 추출 시스템은 제1 측정부, 제2 측정부, 차량상태변수 추정부 및 차량제서 추정부를 포함한다. 상기 제1 측정부는 측방향 옵셋(lateral offset)에 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 차량자세 추정부는 상기 측방향 옵셋에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 전방도로의 곡률 상태를 포함한 차량자세를 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 차량자세 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] $$\begin{bmatrix}\dot{\beta}\\ \dot{\gamma}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}a_{11} & a_{12}\\ a_{21} & a_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\beta\\ \gamma\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}b_{11}\\ b_{21}\end{bmatrix}\delta_f$$ 식 (1)

[0012] $$a_{11}=-\frac{c_f+c_r}{\tilde{m}V} \quad a_{12}=-1+\frac{c_rL_r-c_fL_f}{\tilde{m}V^2}$$
$$a_{21}=\frac{c_rL_r-c_fL_f}{I_z} \quad a_{22}=-\frac{c_rL_r^2+c_fL_f^2}{I_zV}$$
$$b_{11}=\frac{c_f}{\tilde{m}V} \quad b_{21}=\frac{c_fL_f}{I_z}$$

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

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

[0017] 일 실시예에서, 상기 차량자세 추정부는 차량의 헤딩각 및 도로의 곡률을 추정할 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 차량자세 추정부는, 전방도로의 곡률이 일정하다고 가정된 경우,

$$\begin{bmatrix} \dot{d}_s \\ \Delta\dot{\psi} \\ \dot{\rho} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 \\ 0 & 0 & -V \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \dot{X}_{caseI} = A_1 X_{caseI} + B_1 U_{caseI}$$

$$where \quad X_{caseI} = \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \end{bmatrix}, A_1 = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 \\ 0 & 0 & -V \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, and \ U_{caseI} = \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$

[0019] 식 (4)

[0020] 상기 식 (4)의 상태방정식을 이용할 수 있다.

[0021] 일 실시예에서, 상기 차량자세 추정부는,

$$\dot{\hat{X}}_{caseI} = (A_1 - L_1 C_1)\hat{X}_{caseI} + B_1 U_{caseI} + L_1 Y_{caseI}$$
$$where \ Y_{caseI} = C_1 X_{caseI} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} X_{caseI} = d_s$$

[0022] 식 (5)

[0023] 상기 식 (5)를 이용하여 차량자세를 추정할 수 있다.

[0024] 일 실시예에서, 상기 차량자세 추정부는, 전방도로의 곡률이 시간에 대한 일차함수라고 가정된 경우,

$$\begin{bmatrix} \dot{d}_s \\ \Delta\dot{\psi} \\ \dot{\rho} \\ \ddot{\rho} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -V & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \\ \dot{\rho} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \dot{X}_{caseII} = A_2 X_{caseII} + B_2 U_{caseII}$$

$$where \quad X_{caseII} = \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \\ \dot{\rho} \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -V & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, and \ U_{caseII} = \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$

[0025] 식 (6)

[0026] 상기 식 (6)의 상태방정식을 이용할 수 있다.

[0027] 일 실시예에서, 상기 차량자세 추정부는,

$$\dot{\hat{X}}_{caseII} = (A_2 - L_2 C_2)\hat{X}_{caseII} + B_2 U_{caseII} + L_2 Y_{caseII}$$
$$where \ Y_{caseII} = C_2 X_{caseII} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} X_{caseII} = d_s$$

[0028] 식 (7)

[0029] 상기 식 (7)을 이용하여 차량자세를 추정할 수 있다.

[0030] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 도로 곡률 추출 방법은 제1 측정부에서 측방향 옵셋(lateral offset)에 관한 정보를 추출한다. 제2 측정부에서 YAW RATE, 조향각 및 속도에 관한 정보를 측정한다. 상기 제2 측정부에서 측정된 정보를 제공받아, 차량상태변수를 추정한다. 상기 측방향 옵셋에 관한 정보 및 상기 차량상태변수에 관한 정보를 제공받아, 전방도로의 곡률 상태에 따라 차량자세를 추정한다.

발명의 효과

[0031] 본 발명의 실시예들에 의하면, 차량자세 추정부에서 측방향 옵셋에 관한 정보, 추정된 사이드 슬립각 및 추정된 요레이트에 관한 정보를 바탕으로 제안된 차량자세 추정 모델을 이용하여, 차량의 헤딩각 및 도로의 곡률을 추정할 수 있으며, 제안된 차량자세 추정 모델의 경우, 검증된 바와 같이 추출된 곡률의 진동이 거의 발생하지 않고, 응답성도 향상됨을 확인할 수 있다.

[0032] 특히, 상기 차량자세 추정부에서는 전방도로의 곡률이 일정하다고 가정한 경우, 및 전방도로의 곡률이 시간에 따른 일차식으로 변한다고 가정한 경우 각각에 대하여 차량자세를 추정할 수 있으므로, 곡률이 변하는 다양한 도로의 상태에 대하여도 효과적으로 곡률을 추출할 수 있다. 그리하여, 다양한 곡률의 도로에 대하여 추출된 곡률의 정확성이 보다 향상될 수 있다.

[0033] 또한, 기존의 전방도로 곡률 계산에 많이 이용되는 칼만필터를 이용하는 경우와 비교하여, 계산상의 부하가 절감되며, 응답성능의 향상으로 수렴시간을 줄일 수 있는 장점을 가진다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 도로 곡률 추출 시스템을 나타낸 블록도이다.

도 2는 도 1의 도로 곡률 추출 시스템을 이용한 도로 곡률 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 차량자세 추정부에서 도로 곡률을 추정하는 방법의 일 예를 나타낸 블록도이다.

도 6은 도 1의 차량자세 추정부에서 도로 곡률을 추정하는 방법의 다른 예를 나타낸 블록도이다.

도 7은 도 1의 도로 곡률 추출 시스템을 이용하여 추출된 도로 곡률 추출 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 도로 곡률 추출 시스템을 나타낸 블록도이다.

[0039] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 의한 도로 곡률 추출 시스템은 제1 측정부(100), 제2 측정부(200), 차량상태변수 추정부(300) 및 차량자세 추정부(400)를 포함한다. 이 경우, 상기 제1 측정부(100)는 영상 센서부(110), 차선인식 처리부(120) 및 차선이탈거리 추출부(130)를 포함하며, 상기 제2 측정부(200)는 YAW RATE 센서부(210), 조향각 센서부(220) 및 속도 센서부(230)를 포함한다.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 이와 같이, 전방 영상으로부터 전방차선에 관한 영상만 추출되면, 상기 차선이탈거리 추출부(130)로 전달된다. 상기 차선이탈거리 추출부(130)는 전방차선에 관한 영상으로부터, 차량이 중앙차선 또는 현재 운행 중인 차선으로부터 이탈되는 거리를 실시간으로 파악할 수 있다. 구체적으로, 상기 차선이탈거리 추출부(130)는 추출된 전

방차선에 관한 영상으로부터, 현재 운행 중인 차선의 양 측 차선의 픽셀값의 좌표를 이용하여 차선의 이탈 거리를 추출하게 된다.

[0043] 즉, 상기 차선이탈거리 추출부(130)로부터 차량이 중앙차선 또는 현재 운행 중인 차선으로부터 이탈되는 거리를 추출할 수 있으며, 이와 같이 추출된 이탈 거리가 측방향 옵셋(lateral offset)에 해당된다.

[0044] 또한, 상기 차선이탈거리 추출부(130)로부터 추출된 측방향 옵셋에 관한 정보는 후술할 차량자세 추정부(400)로 제공된다.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] 이 경우, 보다 구체적인 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트 추정방법은 도 3 및 도 4를 참조하여 후술한다.

[0052] 한편, 상기 차량상태변수 추정부(300)로부터 추정된 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트에 관한 추정값에 관한 정보는 후술할 차량자세 추정부(400)로 제공된다. 나아가, 상기 속도 센서부(230)에서 측정된 속도에 관한 정보도 상기 차량자세 추정부(400)로 동시에 제공될 수 있다.

[0053] 상기 차량자세 추정부(400)는, 이미 설명한 바와 같이, 상기 제1 측정부(100)의 상기 차선이탈거리 추출부(130)에서 추출된 측방향 옵셋에 관한 정보, 상기 차량상태변수 추정부(300)에서 추정된 차량 사이드슬립각 및 차량 요레이트 추정값에 관한 정보, 및 상기 측정된 속도에 관한 정보를 제공받아, 차량자세를 추정한다.

[0054] 즉, 상기 차량자세 추정부(400)는 제공된 정보를 바탕으로, 차로중앙의 가상 경로와 차량주행 자세 사이의 관계식을 바탕으로 차량의 헤딩각(heading angle), 및 전방도로의 곡률(road curvature)을 추정할 수 있다.

[0055] 이 경우, 보다 구체적인 차량자세 추정 방법은 후술할 도 5를 참조하여 설명한다.

[0056] 도 2는 도 1의 도로 곡률 추출 시스템을 이용한 도로 곡률 추출 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0057] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 의한 도로 곡률 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 차선이탈거리 추출부(130)로 제공되며, 상기 차선이탈거리 추출부(130)는 전방차선에 관한 영상으로부터, 차량이 중앙차선 또는 현재 운행 중인 차선으로부터 이탈되는 거리를 실시간으로 추출한다. 이렇게 추출된 차선이탈 거리, 즉 측방향 옵셋에 관한 정보는 상기 차량자세 추정부(400)로 전달된다.

[0058] 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.

[0059] 이렇게 추정된 차량상태 변수에 관한 정보는 상기 차량자세 추정부(400)로 제공되며, 상기 차량자세 추정부(400)는 상기 측방향 옵셋에 관한 정보, 및 차량 사이드 슬립각과 차량 요레이트에 관한 정보를 바탕으로 차량의 헤딩각 및 전방도로의 곡률을 추정한다(단계 S60).

[0060] 이 후, 차량이 계속 운행되고 있는 상황이라면(단계 S70), 상기 제1 및 제2 측정부들(100, 200)은 계속 필요한 정보를 측정하여 본 실시예에 의한 도로 곡률 추정을 수행하며, 차량의 운행이 중단된 상황이라면 도로 곡률 추정을 중단한다.

[0061] 도 3은 도 1의 차량상태변수 추정부에서 차량상태변수를 추정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 4는 도 3의 차량상태변수 추정 방법을 나타낸 블록도이다.

[0062] 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 상태방정식을 도출하여, 상기 차량상태변수 추정부(300)에서 차량 사이드 슬립각 및 차량 요레이트를 추정하는 방법을 설명한다.

[0063] 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.

$$\begin{bmatrix}\dot{\beta}\\ \dot{\gamma}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}a_{11} & a_{12}\\ a_{21} & a_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\beta\\ \gamma\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}b_{11}\\ b_{21}\end{bmatrix}\delta_f$$

[0064] 식 (1)

[0065] 상기 식 (1)은 표현된 바와 같이 한 개의 행렬식으로 표현되며, 상기 식 (1)은 하기 식 (2)와 같이 정리될 수 있다.

$$\Leftrightarrow\ \dot{X}\equiv AX+BU$$
$$where\ \ X=\begin{bmatrix}\beta\\ \gamma\end{bmatrix}, A=\begin{bmatrix}a_{11} & a_{12}\\ a_{21} & a_{22}\end{bmatrix}, B=\begin{bmatrix}b_{11}\\ b_{21}\end{bmatrix}, and U=\delta_f$$

[0066] 식 (2)

[0067] 이 경우, 행렬식은 다음과 같이 정의된다.

$$a_{11}=-\frac{c_f+c_r}{\tilde{m}V}\quad a_{12}=-1+\frac{c_rL_r-c_fL_f}{\tilde{m}V^2}$$
$$a_{21}=\frac{c_rL_r-c_fL_f}{I_{zz}}\quad a_{22}=-\frac{c_rL_r^2+c_fL_f^2}{I_{zz}V}$$
$$b_{11}=\frac{c_f}{\tilde{m}V}\quad b_{21}=\frac{c_fL_f}{I_{zz}}$$

[0068]

[0069] 여기서, β는 차량 사이드 슬립각(vehicle side-slip angle), γ는 차량 요레이트(vehicle yaw rate), δ_f는 휠 조향각(wheel steering angle), V는 차량 속도벡터(vehicle velocity vector), m은 차량 중량(vehicle mass), $\tilde{m}$은 가상 중량(m/μ로 정의됨), c_f, c_r은 각각 전면/후면 타이어의 코너링 강성(cornering stiffness of front/rear tyres), L_f, L_r는 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.

[0070] 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.

[0071]
$$\dot{\hat{X}} = (A - LC)\hat{X} + BU + LY$$
$$where\ Y = CX = [0 \quad 1]X = \gamma$$
식 (3)

[0072] 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.

[0073] 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.

[0074] 또한, 차량의 속도에 따라 시스템 행렬 A는 가변적이므로, 각 속도영역에 따라 A가 변하며 이를 반영하여 이득행렬 L도 속도에 따라 변하도록 결정된다.

[0075] 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.

[0076] 이 후, 상기 차량상태변수값, 즉 추정된 차량 사이드 슬립각과 추정된 요레이트가 후술할 상기 차량자세 추정부(400)로 제공된다.

[0077] 도 5는 도 1의 차량자세 추정부에서 도로 곡률을 추정하는 방법의 일 예를 나타낸 블록도이다. 도 6은 도 1의 차량자세 추정부에서 도로 곡률을 추정하는 방법의 다른 예를 나타낸 블록도이다.

[0078] 도 5 및 도 6들은, 앞서 설명한 상기 차량자세 추정부(400)에서 전달받은 측방향 옵셋에 관한 정보, 및 추정된 사이드 슬립각과 추정된 요레이트에 관한 정보를 바탕으로 차량의 자세, 즉, 헤딩각 및 곡률을 추정하기 위한 블록도들이다.

[0079] 이 경우, 차량자세 추정부의 설계를 위해서는, 차선이탈거리, 차로 중앙에 대한 상대경로각인 차량 헤딩각, 및 곡률 사이의 상관 관계식을 도출할 필요가 있다. 다만, 상기 상관 관계식을 도출하는 경우, 전방도로의 곡률을 일정하다고 가정하거나, 상기 전방도로의 곡률이 시간에 따라 일차함수로 변한다고 가정할 수 있다. 이와 관련하여, 도 5는 상기 차량자세 추정부의 차량자세 추정 방법에서, 전방도로의 곡률이 일정하다고 가정된 경우를 도시한 블록도이며, 도 6은 상기 차량자세 추정 방법에서 전방도로의 곡률이 시간에 따른 일차함수로 변한다고 가정된 경우를 도시한 블록도이다.

[0080] 우선, 전방도로의 곡률이 일정하다고 가정하는 경우, 즉 $\dot{\rho}=0$인 경우, 상기 차량자세 추정부(400)에서 차량자세(즉, 차선이탈거리, 차량 헤딩각 및 곡률)를 추정하는 방법은 하기 식 (4)와 같은 상태 방정식으로 표현된다.

[0081]
$$\begin{bmatrix} \dot{d}_s \\ \Delta\dot{\psi} \\ \dot{\rho} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 \\ 0 & 0 & -V \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$
$$\Leftrightarrow \dot{X}_{case1} = A_1 X_{case1} + B_1 U_{case1}$$
$$where \quad X_{case1} = \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \end{bmatrix}, A_1 = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 \\ 0 & 0 & -V \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, and\ U_{case1} = \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$
식 (4)

[0082] 이 경우, d_s는 차선이탈거리, ψ는 좌표 (X_I, Y_I)를 기준으로 한 차량의 요각(yaw angle), ψ_I는 (X_I, Y_I)와 차량 진행방향에 대한 tangent값의 사이각, $\Delta\psi$는 $\psi-\psi_I$, ρ는 도로 곡률, L_s는 차량의 무게 중심으로부터 도

로 상의 소정의 위치까지의 거리, μ는 도로의 마찰계수를 의미한다.

[0083] 상기 식 (4)를 바탕으로, 상기 차량자세 추정부(400)에서 곡률이 일정한 경우의 차량자세를 추정하는 방법은, 하기 식 (5)의 모델로 완성된다.

[0084]
$$\dot{\hat{X}}_{caseI} = (A_1 - L_1C_1)\hat{X}_{caseI} + B_1U_{caseI} + L_1Y_{caseI}$$
$$where\ Y_{caseI} = C_1X_{caseI} = [1\ \ 0\ \ 0]X_{caseI} = d_s$$

식 (5)

[0085] 상기 식 (5) 및 도 5의 블록도를 참조하면, 상기 차량자세 추정부(400)에서는 상기 차량상태변수 추정부(300)로부터 제공된 추정 사이드 슬립각 및 추정 YAW RATE에 관한 정보(U_{CASEI})와 입력행렬 B_1을 행렬곱셈연산을 수행한다. 또한, 상기 차선이탈거리 추출부(130)로부터 제공받은 차선이탈거리, 즉 측방향 옵셋에 관한 정보와 이득행렬 L_1를 행렬곱셈연산을 수행한다. 이 경우, 이득행렬 L_1는 행렬 A_1-L_1C_1의 고유값(eigen value)의 실수부가 음수가 되도록 결정한다.

[0086] 또한, 상기 시스템 행렬 A_1는 차량의 속도에 따라 가변적이므로, 이를 반영하여 이득행렬 L_1도 속도에 따라 변하게 된다.

[0087] 상기와 동일한 방법으로 추정된 상태변수 $\hat{X}_{caseI}$와 행렬 A_1-L_1C_1의 곱셈연산을 수행하여 상기 3개의 행렬연산을 통해 나온 결과값을 덧셈기를 통해 합을 구한다. 이를 적분기를 통해 계산하면 차량자세 추정값이 도출된다. 즉, 상기 차량자세 추정부(400)에서는 상기 식 (5)의 연산을 통해 곡률이 일정하다고 가정된 경우의 차선이탈거리, 차량의 헤딩각 및 도로의 곡률과 같은 추정값을 외부로 제공하게 된다.

[0088] 반면, 전방도로의 곡률이 시간에 따른 일차함수로 변한다고 가정하는 경우, 즉 $\ddot{\rho}=0$인 경우, 상기 차량자세 추정부(400)에서 차량자세(즉, 차선이탈거리, 차량 헤딩각 및 곡률)를 추정하는 방법은 하기 식 (6)과 같은 상태방정식으로 표현된다.

[0089]
$$\begin{bmatrix} \dot{d}_s \\ \Delta\dot{\psi} \\ \dot{\rho} \\ \ddot{\rho} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -V & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \\ \dot{\rho} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$
$$\Leftrightarrow \dot{X}_{caseII} = A_2X_{caseII} + B_2U_{caseII}$$
$$where\ \ X_{caseII} = \begin{bmatrix} d_s \\ \Delta\psi \\ \rho \\ \dot{\rho} \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 0 & V & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -V & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} V & L_s \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, and\ U_{caseII} = \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$$

식 (6)

[0090] 상기 식 (6)을 바탕으로, 상기 차량자세 추정부(400)에서 곡률이 시간에 따른 일차함수로 변하는 경우의 차량자세를 추정하는 방법은, 하기 식 (7)의 모델로 완성된다.

[0091]
$$\dot{\hat{X}}_{caseII} = (A_2 - L_2C_2)\hat{X}_{caseII} + B_2U_{caseII} + L_2Y_{caseII}$$
$$where\ Y_{caseII} = C_2X_{caseII} = [1\ \ 0\ \ 0\ \ 0]X_{caseII} = d_s$$

식 (7)

[0092] 상기 식 (7) 및 도 6의 블록도를 참조하면, 상기 차량자세 추정부(400)에서는 상기 차량상태변수 추정부(300)로부터 제공된 추정 사이드 슬립각 및 추정 YAW RATE에 관한 정보(U_{CASEII})와 입력행렬 B_2을 행렬곱셈연산을 수행한다. 또한, 상기 차선이탈거리 추출부(130)로부터 제공받은 차선이탈거리, 즉 측방향 옵셋에 관한 정보와 이득행렬 L_2를 행렬곱셈연산을 수행한다. 이 경우, 이득행렬 L_2는 행렬 A_2-L_2C_2의 고유값(eignen value)의 실수부가 음수가 되도록 결정한다.

[0093] 또한, 상기 시스템 행렬 A_2는 차량의 속도에 따라 가변적이므로, 이를 반영하여 이득행렬 L_2도 속도에 따라 변하게 된다.

[0094] 상기와 동일한 방법으로 추정된 상태변수 $\hat{X}_{caseII}$와 행렬 A_2-L_2C_2의 곱셈연산을 수행하여 상기 3개의 행렬연산을

통해 나온 결과값을 덧셈기를 통해 합을 구한다. 이를 적분기를 통해 계산하면 차량자세 추정값이 도출된다. 즉, 상기 차량자세 추정부(400)에서는 상기 식 (7)의 연산을 통해 곡률이 시간에 따른 일차함수로 변한다고 가정된 경우의 차선이탈거리, 차량의 헤딩각 및 도로의 곡률과 같은 추정값을 외부로 제공하게 된다.

[0095] 도 7은 도 1의 도로 곡률 추출 시스템을 이용하여 추출된 도로 곡률 추출 결과를 나타낸 그래프이다. 도 7은 속도/가속도의 방법으로 구한 곡률, 본 실시예에 의한 도로 곡률 추출 시스템을 이용하여 추출된 곡률, 및 실제 곡률을 비교한 결과이다.

[0096] 상기 결과는 시속 90km/h로 주행한 결과이며, 도 7을 참조하면, 속도/가속도의 방법으로 구한 곡률은 500R의 가상도로에서 약 ± 50R의 최대 진동이 발생함을 확인할 수 있다. 그러나, 본 실시예에 의한 도로 곡률 추출 시스템을 이용하여 추출된 곡률은 진동이 거의 발생하지 않았으며, 최대 25R 정도의 고주파 노이즈만 관측됨을 확인할 수 있다. 또한, 응답성능도 95%의 settling time에서 2초정도 향상됨을 확인할 수 있었다.

[0097] 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 의하면, 차량자세 추정부에서 측방향 옵셋에 관한 정보, 추정된 사이드 슬립각 및 추정된 요레이트에 관한 정보를 바탕으로 제안된 차량자세 추정 모델을 이용하여, 차량의 헤딩각 및 도로의 곡률을 추정할 수 있으며, 제안된 차량자세 추정 모델의 경우, 검증된 바와 같이 추출된 곡률의 진동이 거의 발생하지 않고, 응답성도 향상됨을 확인할 수 있다.

[0098] 특히, 상기 차량자세 추정부에서는 전방도로의 곡률이 일정하다고 가정한 경우, 및 전방도로의 곡률이 시간에 따른 일차식으로 변한다고 가정한 경우 각각에 대하여 차량자세를 추정할 수 있으므로, 곡률이 변하는 다양한 도로의 상태에 대하여도 효과적으로 곡률을 추출할 수 있다. 그리하여, 다양한 곡률의 도로에 대하여 추출된 곡률의 정확성이 보다 향상될 수 있다.

[0099] 또한, 기존의 전방도로 곡률 계산에 많이 이용되는 칼만필터를 이용하는 경우와 비교하여, 계산상의 부하가 절감되며, 응답성능의 향상으로 수렴시간을 줄일 수 있는 장점을 가진다.

산업상 이용가능성

[0100] 본 발명에 따른 도로 곡률 추출 시스템 및 이를 이용한 도로 곡률 추출 방법은 차량용 지능형 안전장치에 사용될 수 있는 산업상 이용 가능성을 갖는다.

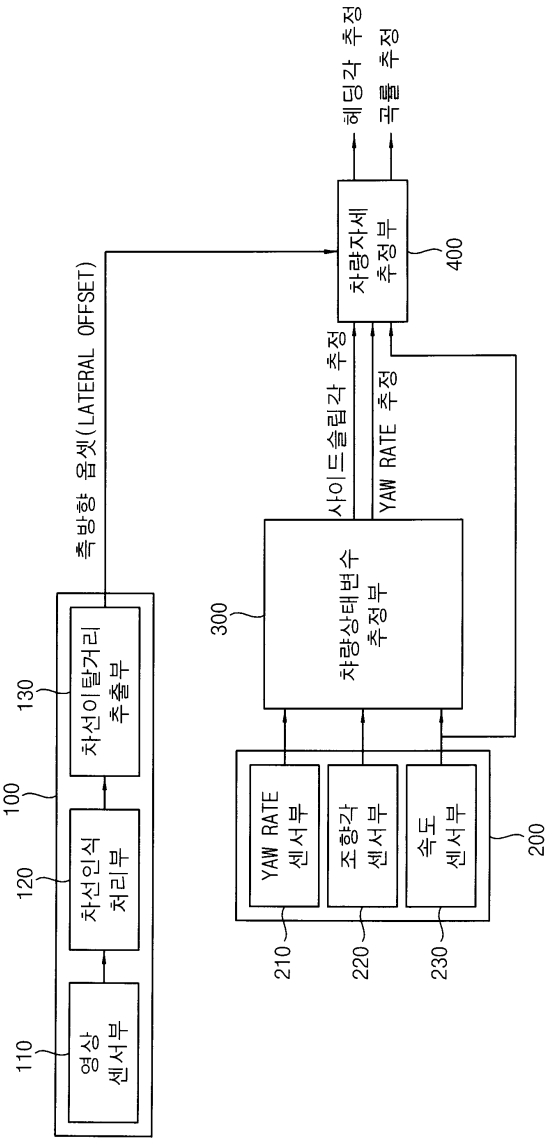
부호의 설명

[0101]

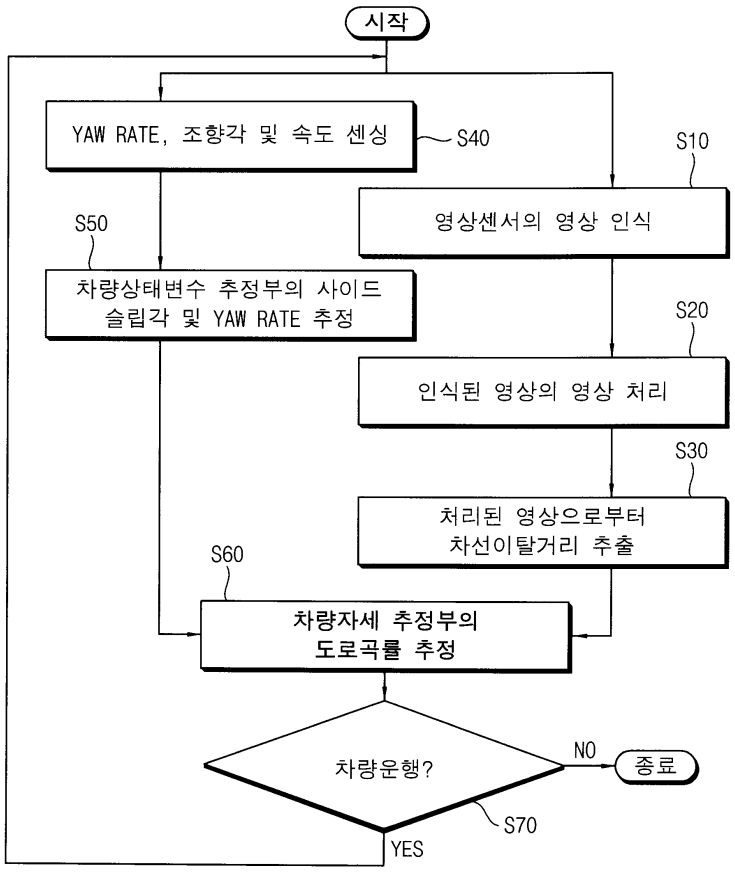
100 : 제1 측정부	110 : 영상 센서부
120 : 차선인식 처리부	130 : 차선이탈거리 추출부
200 : 제2 측정부	210 : YAW RATE 센서부
220 : 조향각 센서부	230 : 속도 센서부
300 : 차량상태변수 추정부	400 : 차량자세 추정부

도면

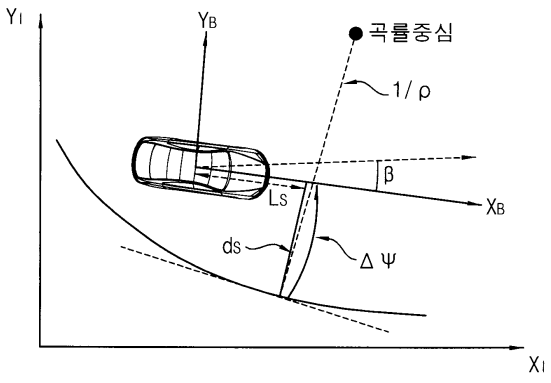
도면1


헤딩각 추정
곡률 추정
차량자세 추정부
400
사이드슬립각 추정
YAW RATE 추정
차량상태변수 추정부
300
YAW RATE 센서부
조향각 센서부
속도 센서부
200
210
220
230
측방향 옵셋(LATERAL OFFSET)
차선이탈거리 추출부
130
차선인식 처리부
120
100
영상 센서부
110

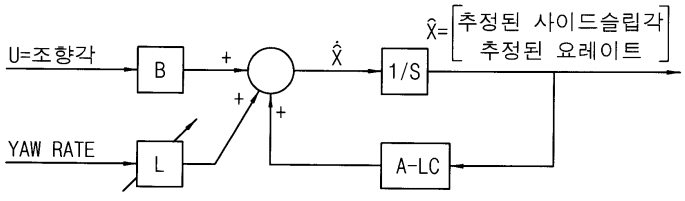
도면2


시작
YAW RATE, 조향각 및 속도 센싱
S40
S10
영상센서의 영상 인식
S50
차량상태변수 추정부의 사이드 슬립각 및 YAW RATE 추정
S20
인식된 영상의 영상 처리
S30
처리된 영상으로부터 차선이탈거리 추출
S60
차량자세 추정부의 도로곡률 추정
차량운행?
NO
종료
S70
YES

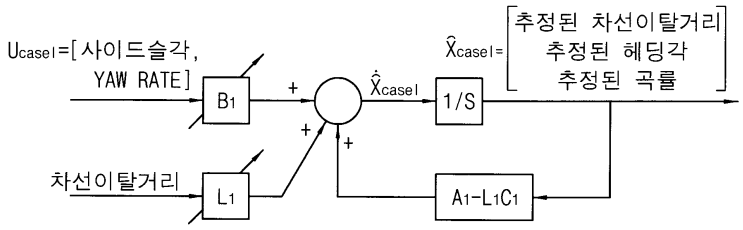
도면3


YI
YB
곡률중심
1/ρ
β
LS
XB
dS
Δψ
XI

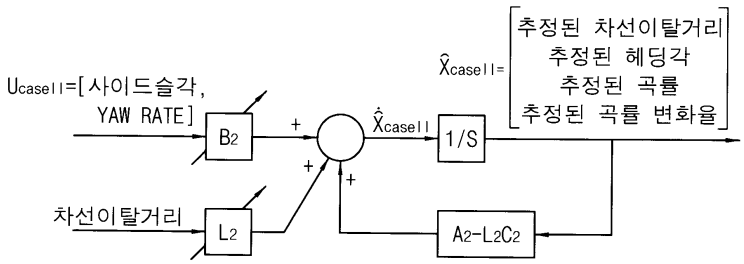
도면4


U=조향각
B
+
+
+
1/S
YAW RATE
L
A-LC
추정된 사이드슬립각
추정된 요레이트

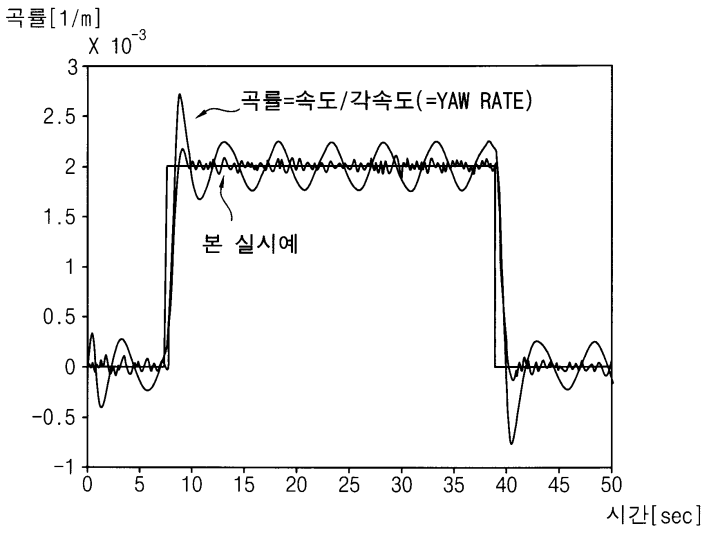
도면5


Ucase I=[사이드슬각,
YAW RATE]
B1
+
+
+
X̂case I
1/S
X̂case I=
추정된 차선이탈거리
추정된 헤딩각
추정된 곡률
차선이탈거리
L1
A1-L1C1

도면6


Ucase II=[사이드슬각,
YAW RATE]
B2
+
+
+
X̂case II
1/S
X̂case II=
추정된 차선이탈거리
추정된 헤딩각
추정된 곡률
추정된 곡률 변화율
차선이탈거리
L2
A2-L2C2

도면7


곡률[1/m]
X 10-3
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
시간[sec]
곡률=속도/각속도(=YAW RATE)
본 실시예