(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년08월20일
(11) 등록번호 10-1298388
(24) 등록일자 2013년08월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 30/04 (2006.01) *B60R 21/13* (2006.01)
B60R 21/01 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0031907
(22) 출원일자 2012년03월28일
심사청구일자 2012년03월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR100640175 B1

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거2동 산29
(72) 발명자
하철근
서울특별시 강남구 대치2동 미도아파트 210동 901호
이슬람 모하메드 마니
방글라데시 다카-1230 우타라 9번 섹터 4번가 34번지
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 정향남

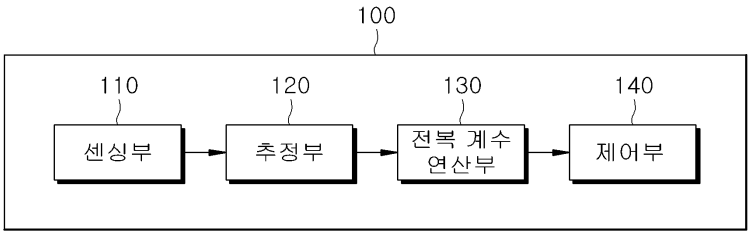
(54) 발명의 명칭 **차량 전복 방지 장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 차량 전복 방지 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 차량 전복 방지 장치는, 차량의 롤 각속도 및 측방향 가속도를 센싱하는 센싱부와, 상기 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 이용하여 롤 모멘트를 연산하고, 상기 롤 모멘트로부터 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정하는 추정부와, 상기 추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 이용하여 상기 차량의 전복 계수를 연산하는 전복 계수 연산부와, 상기 연산된 전복 계수를 이용하여 상기 차량을 제어하는 제어부를 포함한다.

이에 따라, 이동중인 차량으로부터 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 통해 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 동시에 추정함으로써 차량의 전복을 방지하는 전복 계수를 정확하게 추정할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2011-0353
부처명 교육과학기술부
연구사업명 지역대학우수과학자지원사업
연구과제명 활주로 조향이 가능한 적응적 자동이착륙 설계기법 연구(3)
주관기관 울산대학교 산학협력단
연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

차량의 롤 각속도 및 측방향 가속도를 센싱하는 센싱부;

상기 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 이용하여 롤 모멘트를 연산하고, 상기 롤 모멘트로부터 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정하는 추정부;

상기 추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 이용하여 상기 차량의 전복 계수를 연산하는 전복 계수 연산부; 및

상기 연산된 전복 계수를 이용하여 상기 차량을 제어하는 제어부를 포함하는 차량 전복 방지 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 추정된 롤 각에 따라 상기 차량의 속도 및 무게중심 위치를 비례 미분 제어하는 안정 보강 제어부;

상기 연산된 전복 계수와 기 설정된 전복 계수 간의 차이에 따라 상기 차량의 운전 각도를 제어하는 긴급 운전 제어부; 및

상기 연산된 전복 계수가 기 설정된 전복 계수 보다 큰 경우, 상기 차량의 운전 속도를 제어하는 긴급 제동 제어부를 포함하는 차량 전복 방지 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 추정부는,

재귀형 최소 자승 추정 알고리즘을 이용하여 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정하는 차량 전복 방지 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 추정부는,

상기 차량의 무게중심 위치와 롤 각을 추정하기 위해 다음의 수학식을 이용하는 차량 전복 방지 장치:

$$(J_{2,x}+m_2\hat{h}^2)\ddot{\phi}_{\hat{h}}+d_{\phi}\dot{\phi}_{\hat{h}}+(c_{\phi}-m_2g\hat{h})\phi_{\hat{h}}=m_2\hat{h}a_y^{meas}$$

여기서, $J_{2,x}$는 상기 차량의 스프링상 질량의 관성 롤 모멘트, m_2는 상기 차량의 스프링상 질량, $\hat{h}$는 상기 차량의 무게중심 위치, $\phi_{\hat{h}}$는 상기 무게중심 위치에서의 롤 각속도, c_{ϕ}는 수동 서스펜션의 롤 강성도 계수, d_{ϕ}는 수동 서스펜션의 롤 댐핑 계수, g는 상기 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 상기 차량의 측방향 가속도를 나타낸다.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전복 계수 연산부는,

상기 차량의 전복 계수($\hat{R}$)를 연산하기 위해 다음의 수학식을 이용하는 차량 전복 방지 장치:

$$\hat{R} = \frac{2(h_R + \hat{h})(a_y^{meas} - \hat{h}\ddot{\hat{\phi}})}{T \cdot g}$$

여기서, h_R은 지면과 롤 축 간의 높이, $\hat{h}$는 상기 차량의 무게중심 위치, $\hat{\phi}$는 상기 차량의 롤 각, T는 차량 폭, g는 상기 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 상기 차량의 측방향 가속도를 나타낸다.

청구항 6

차량 전복 방지 장치를 이용한 차량 전복 방지 방법에 있어서,

상기 차량의 롤 각속도 및 측방향 가속도를 센싱하는 단계;

상기 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 이용하여 롤 모멘트를 연산하고, 상기 롤 모멘트로부터 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정하는 단계;

상기 추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 이용하여 상기 차량의 전복 계수를 연산하는 단계; 및

상기 연산된 전복 계수를 이용하여 상기 차량을 제어하는 단계를 포함하는 차량 전복 방지 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제어하는 단계는,

상기 추정된 롤 각에 따라 상기 차량의 속도 및 무게중심 위치를 비례 미분 제어하는 단계;

상기 연산된 전복 계수와 기 설정된 전복 계수 간의 차이에 따라 상기 차량의 운전 각도를 제어하는 단계; 및

상기 연산된 전복 계수가 기 설정된 전복 계수 보다 큰 경우, 상기 차량의 운전 속도를 제어하는 차량 전복 방지 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 추정하는 단계는,

재귀형 최소 자승 추정 알고리즘을 이용하여 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정하는 차량 전복 방지 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 추정하는 단계는,

상기 차량의 무게중심 위치와 롤 각을 추정하기 위해 다음의 수학식을 이용하는 차량 전복 방지 방법:

$$(J_{2,x} + m_2\hat{h}^2)\ddot{\hat{\phi}}_{\hat{h}} + d_{\hat{\phi}}\dot{\hat{\phi}}_{\hat{h}} + (c_{\phi} - m_2 g\hat{h})\hat{\phi}_{\hat{h}} = m_2\hat{h}a_y^{meas}$$

여기서, $J_{2,x}$는 상기 차량의 스프링상 질량의 관성 롤 모멘트, m_2는 상기 차량의 스프링상 질량, $\hat{h}$는 상기 차량

의 무게중심 위치, $\phi_{\hat{h}}$는 상기 무게중심 위치에서의 롤 각속도, c_{ϕ}는 수동 서스펜션의 롤 강성도, d_{ϕ}는 수동 서스펜션의 롤 댐핑, g는 상기 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 상기 차량의 측방향 가속도를 나타낸다.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 전복 계수를 연산하는 단계는,

상기 차량의 전복 계수($\hat{R}$)를 연산하기 위해 다음의 수학식을 이용하는 차량 전복 방지 방법:

$$\hat{R} = \frac{2(h_R + \hat{h})(a_y^{meas} - \hat{h}\ddot{\hat{\phi}})}{T \cdot g}$$

여기서, h_R은 지면과 롤 축 간의 높이, $\hat{h}$는 상기 차량의 무게중심 위치, $\hat{\phi}$는 상기 차량의 롤 각, T는 차량 폭, g는 상기 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 상기 차량의 측방향 가속도를 나타낸다.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 차량 전복 방지 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 동시에 추정하여 차량의 전복을 방지하는 기술이 개시된다.

배 경 기 술

[0002] 차량 전복은 차량이 뒤집히는 유형의 자동차 사고이다. 차량 전복의 주된 요인은 차량이 과속 운행중에 급격하게 운전 방향을 변경하는 것이다. 차량 전복 사고는 모든 자동차 사고의 평균 사상율 보다 높은 사상율을 가져온다. 차량 전복 방지 기술의 주요 목적은 차량이 코너링하는 동안 발생하는 전복 모멘트(overturning moment)를 견딜 수 있는 능력을 제공하는데 있다. 무게중심의 위치(height of the center of mass), 차량 폭(track width), 및 서스펜션의 운동 특성(kinematics properties of the suspensions)은 롤 안정성(roll stability)을 결정하는데 사용되고 있다.

[0003] 차량의 무게중심 위치가 상대적으로 높고, 차량의 차량 폭이 상대적으로 좁은 경우, 차선을 변경하거나 장애물을 피하거나 외란을 받으면 차량의 차체는 코너를 이탈하고, 무게중심은 중앙선의 아웃보드(outboard)를 이동시키며 결국 뒤집히게 된다. 또한 차량이 미끄러지는 상태로 접어들고, 바퀴들이 장애물과 부딪치는 경우에도 차량의 전복은 발생할 수 있다.

[0004] 최근 들어 제어 시스템은 차량의 무게중심을 낮추는 데 중요하게 정립된 요 움직임(yaw movement)의 안정성을 위한 개별적인 바퀴 제동이나 능동 조정을 이용하는 최적의 제어 조건에 근접하기 위해 관계된 프로세스들의 동역학과 측정의 제한사항을 고려하고 있다. 종래에는 차량 전복의 위험을 줄이기 위해 여러 접근이 있었다. 그러나, 차량의 전복 위험을 판단하기 위해 차량에 대한 측정치 중 일부만을 이용하였다. 따라서, 정확한 전복 위험성을 판단하기 어렵다는 문제점이 있었다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 등록특허공보 제10-1027958호(2011.04.01)에 기재되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 이동중인 차량으로부터 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 통해

차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 동시에 추정함으로써 차량의 전복을 방지하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 차량 전복 방지 장치는, 차량의 롤 각속도 및 측방향 가속도를 센싱하는 센싱부와, 상기 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 이용하여 롤 모멘트를 연산하고, 상기 롤 모멘트로부터 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정하는 추정부와, 상기 추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 이용하여 상기 차량의 전복 계수를 연산하는 전복 계수 연산부와, 상기 연산된 전복 계수를 이용하여 상기 차량을 제어하는 제어부를 포함한다.

[0008] 또한, 상기 제어부는, 상기 추정된 롤 각에 따라 상기 차량의 속도 및 무게중심 위치를 비례 미분 제어하는 안정 보강 제어부와, 상기 연산된 전복 계수와 기 설정된 전복 계수 간의 차이에 따라 상기 차량의 운전 각도를 제어하는 긴급 운전 제어부와, 상기 연산된 전복 계수가 기 설정된 전복 계수 보다 큰 경우, 상기 차량의 운전 속도를 제어하는 긴급 제동 제어부를 포함한다.

[0009] 또한, 상기 추정부는, 재귀형 최소 자승 추정 알고리즘을 이용하여 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 추정부는, 상기 차량의 무게중심 위치와 롤 각을 추정하기 위해 다음의 수학식을 이용할 수 있다:

[0011] $$(J_{2,x}+m_2\hat{h}^2)\ddot{\phi}_{\hat{h}}+d_{\phi}\dot{\phi}_{\hat{h}}+(c_{\phi}-m_2g\hat{h})\phi_{\hat{h}}=m_2\hat{h}a_y^{meas}$$

[0012] 여기서, $J_{2,x}$는 상기 차량의 스프링상 질량의 관성 롤 모멘트, m_2는 상기 차량의 스프링상 질량, $\hat{h}$는 상기 차량의 무게중심 위치, $\phi_{\hat{h}}$는 상기 무게중심 위치에서의 롤 각속도, c_{ϕ}는 수동 서스펜션의 롤 강성도 계수, d_{ϕ}는 수동 서스펜션의 롤 댐핑 계수, g는 상기 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 상기 차량의 측방향 가속도를 나타낸다.

[0013] 또한, 상기 전복 계수 연산부는, 상기 차량의 전복 계수($\hat{R}$)를 연산하기 위해 다음의 수학식을 이용할 수 있다:

[0014] $$\hat{R}=\frac{2(h_R+\hat{h})(a_y^{meas}-\hat{h}\ddot{\phi})}{T\cdot g}$$

[0015] 여기서, h_R은 지면과 롤 축 간의 높이, $\hat{h}$는 상기 차량의 무게중심 위치, $\hat{\phi}$는 상기 차량의 롤 각, T는 차량 폭, g는 상기 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 상기 차량의 측방향 가속도를 나타낸다.

[0016] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 차량 전복 방지 방법은, 차량 전복 방지 장치를 이용한 차량 전복 방지 방법에 있어서, 상기 차량의 롤 각속도 및 측방향 가속도를 센싱하는 단계와, 상기 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 이용하여 롤 모멘트를 연산하고, 상기 롤 모멘트로부터 상기 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정하는 단계와, 상기 추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 이용하여 상기 차량의 전복 계수를 연산하는 단계와, 상기 연산된 전복 계수를 이용하여 상기 차량을 제어하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0017] 이와 같이 본 발명에 따르면 이동중인 차량으로부터 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 통해 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 동시에 추정함으로써 차량의 전복을 방지하는 전복 계수를 정확하게 추정할 수 있다. 또한, 전복 계수를 이용하여 차량의 운전을 제어함으로써 전복 위험을 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 차량 전복 방지 장치의 구성도,

도 2는 도 1에 따른 차량 전복 방지 장치에 의해 구현되는 차량 전복 방지 방법의 흐름도,

도 3은 도 1에 따른 차량 전복 방지 장치의 차량 모델의 정면도,

도 4는 도 1에 따른 차량 전복 방지 장치의 차량 모델의 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 사용되는 용어들은 실시예에서의 기능을 고려하여 선택된 용어들로서, 그 용어의 의미는 사용자, 운용자의 의도 또는 판례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 후술하는 실시예들에서 사용된 용어의 의미는, 본 명세서에 구체적으로 정의된 경우에는 그 정의에 따르며, 구체적인 정의가 없는 경우는 당업자들이 일반적으로 인식하는 의미로 해석되어야 할 것이다.

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 차량 전복 방지 장치의 구성도이고, 도 2는 도 1에 따른 차량 전복 방지 장치에 의해 구현되는 차량 전복 방지 방법의 흐름도이다.

[0021] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 차량 전복 방지 장치(100)는 센싱부(110), 추정부(120), 전복 계수 연산부(130), 제어부(140)를 포함한다.

[0022] 먼저, 센싱부(110)는 이동중인 차량의 롤 각속도(roll rate) 및 측방향 가속도(lateral acceleration)를 센싱한다(S210). 예를 들어, 센싱부(110)는 롤 각속도 자이로(roll rate gyro)와 가속도계를 포함하며, 각속도 자이로를 이용하여 차량의 롤 각속도를 센싱하고, 가속도계를 이용하여 차량의 측방향 가속도를 센싱할 수 있다. 이러한 롤 각속도와 측방향 가속도는 차량에 따라 센싱되는 값이 달라질 수 있으며, 이는 차량의 무게중심의 위치 또는 롤 각을 추정하는데 필요한 기초 정보이다. 본 발명의 실시예에 따른 차량 전복 방지 장치에 기준이 되는 차량 모델은 도 3 및 도 4를 참조하여 후술하도록 한다.

[0023] 도 3은 도 1에 따른 차량 전복 방지 장치의 차량 모델의 정면도이고, 도 4는 도 1에 따른 차량 전복 방지 장치의 차량 모델의 평면도이다.

[0024] 도 3 및 도 4를 참조하면, 차량 모델의 전체 질량은 m으로, 스프링하 질량(unsprung mass)은 m_1으로, 스프링상 질량(sprung mass)은 m_2로 설정된다. 여기서, 스프링하 질량은 스프링이 지지하는 물체의 질량으로 차량의 휠, 타이어 등 서스펜션(suspension) 아래쪽에 있는 부품들을 의미한다. 스프링상 질량은 차량의 차체 등 스프링에 의해 지지되는 질량을 의미한다.

[0025] 또한, 차량 모델에서 지표면 위의 롤 축의 높이(h_R)에서의 롤 축은 수평면과 길이(longitudinal) 방향으로 평행하다고 가정한다. 스프링, 쇼크업소버(shock absorber), 기타 차량의 상부를 지지하는 부품들 및 스태빌라이저(stabilizer)는 차량이 효율적인 롤 댐핑 계수(d_ϕ)와 롤 강성도 계수(c_ϕ)로 진동하는 동안 차체의 진동을 가라앉힌다. 전진 속도는 필수적인 안정 제약 조건이기 때문에 움직임에 따라 다양하게 고려될 수 있다. 차량이 가변적인 속도에서 측방향으로 움직이는 동안에는 측방향(lateral), 요(yaw), 롤(roll) 움직임은 다음의 수학식 1을 이용하여 구할 수 있다.

수학식 1

[0026]

$$\text{(leteral)}\quad mv\dot{\beta} - m_2 h\ddot{\phi} = (\frac{\rho}{v} - mv)r - \sigma\beta + Y_f\delta_f$$

$$\text{(yaw)}\quad J_z\dot{r} = -\frac{\lambda}{v}r + \rho\beta + N_f\delta_f - \frac{T}{2}u_b$$

$$\text{(roll)}\quad J_{xe}\ddot{\phi} + d_{\dot{\phi}}\dot{\phi} + (c_\phi - m_2 gh)\phi = m_2 hv(\dot{\beta} + r)$$

[0027] 수학식 1에서, ρ, σ, Y_f, λ, N_f, J_{xe}와 같은 파라미터는 각각 $\rho=(c_r l_r - c_f l_f)\mu$, $\sigma=(c_f+c_r)\mu$, $Y_f=\mu c_f$, $\lambda=(c_f l_f^2 - c_r l_r^2)\mu$, $N_f=\mu c_f l_f$, $J_{xe}=(J_{2,x}+m_2 h^2)$와 같은 관계식으로 정의될 수 있다.

[0028] 차량의 스로틀(throttle)은 브레이크 압력에 따라 전진 속도가 변화하더라도 일정하게 유지된다. 따라서, 전진 속도의 미분 방정식은 $m\dot{v} = -|u_b|$ 로 표현될 수 있으며, 이는 $u_b=F_{b,r}-F_{b,l}$과 같으며 오른쪽 바퀴가 제동되는 경우 $u_b>0$이며, 왼쪽 바퀴가 제동되는 경우 $u_b<0$이다.

[0029] 또한, 스프링하 질량에서 측방향 가속도(lateral acceleration)는 $a_{y,1} = v(\dot{\beta} + r)$ 로 표현된다. 또한, β는 스프링하 질량에서 차량의 사이드슬립 각도(sideslip angle), r은 요 율(yaw rate), ϕ는 롤 각(roll angle), $\dot{\phi}$ 는 롤 율(roll rate)을 각각 나타내며 이는 시스템 특성으로 설정되고, δ_f은 정면 휠 조향 각이며 시스템 입력으로 설정된다.

[0030] 기타, 차량 모델을 정의하는 각 기호 및 그 설명은 아래의 표 1과 같이 정의된다.

표 1

[0031]

기호	설명
c_f	정면 코너링 강성도(front cornering stiffness)
c_r	후면 코너링 강성도(rear cornering stiffness)
c_ϕ	수동 현가 장치의 롤 강성도(roll stiffness of passive suspension)
d_ϕ	수동 현가 장치의 롤 댐핑(roll damping of passive suspension)
g	중력 가속도(acceleration due to gravity)
h_R	지표면에서 롤 축의 높이(height of roll axis over ground)
h	롤 축에서 제2 무게중심의 높이(nominal height of CG_2 over roll axis)
$J_{2,x}$	스프링상 질량에서 롤 관성 모멘트(roll moment of inertia, sprung mass)
J_z	전체 요 관성 모멘트(overall yaw moment of inertia)
l_f	앞차축과 제1 무게중심까지의 거리(distance front axle to CG_1)
l_r	뒷차축과 제1 무게중심까지의 거리(distance rear axle to GG_1)
m	차량 전체 질량(overall vehicle mass)
m_2	스프링상 질량(sprung mass)
μ	도로 부착 계수(road adhesion coefficient)
T	차량 폭(track width)

[0032] 한편, 차량의 왼쪽 바퀴 또는 오른쪽 바퀴가 지표면과의 접촉이 줄어들 때 차량이 경사지로 움직이는 것을 고려하면, 일반적인 힘의 평형과 롤 모멘트의 점진성으로부터 전복 계수(rollover 계수, R)를 $R=\triangle F_z/F_z$으로 정의할 수 있다. 이 경우 $\triangle F_z=F_{z,R}-F_{z,L}$, $F_z=F_{z,R}+F_{z,L}$이고, $F_{z,R}$, $F_{z,L}$은 지표면과 수직인 타이어의 힘이다.

[0033] 예를 들어, $F_{z,R}=0$이면 오른쪽 바퀴가 지면에서 뜨고, 전복 계수는 -1이 된다. 이와 반대로 $F_{z,L}=0$이면 왼쪽 바퀴가 지면에서 뜨고, 전복 계수는 1이 된다. 차량이 평탄한 도로를 직선 주행을 하는 동안 $F_{z,R}=F_{z,L}$관계를 유지하므로, 전복 계수는 0이 된다. 따라서, 차량의 움직임은 전복 계수의 절대값이 1보다 작은 경우에 유효하며, 이는 차량의 네 바퀴가 모두 지표면과 접촉하고 있음을 의미한다.

[0034] 한편, 스프링상 질량에서 측방향 가속도는 다음의 수학식 2를 이용하여 구할 수 있다.

수학식 2

[0035] $$a_{y,2} = v(\dot{\beta} + r) - h\ddot{\phi}$$

[0036] 수학식 2에서, m_1(스프링하 질량)<<m_2(스프링상 질량), $h\sin\phi << (h_R + h\cos\phi)(a_{y,2}/g)$이고, 롤 각($\phi$)가 매우 작다고 가정하면 전복 계수는 다음의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

[0037] $$R = \frac{2(h_R + h)}{T}\frac{a_{y,2}}{g}$$

[0038] 수학식 3에서, 차량 폭 비율인 $2(h_R+h)/T$가 차량의 전복 계수를 결정하는데 중요한 변수이다. 그러나, 차량의 전복을 예상하기 위해 무게중심 위치를 정확하게 파악하는데 어려움이 있다. 따라서, 본 발명에서는 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 동시에 추정하게 된다.

[0039] 다시 도 1을 참조하면, 다음으로 추정부(120)는 센싱부(110)로부터 센싱된 차량의 롤 각속도 및 측방향 가속도를 이용하여 롤 모멘트를 연산하고, 롤 모멘트로부터 차량의 무게중심 위치(height of mass center) 및 롤 각(roll angle)을 추정한다(S220). 측정된 값과 추정된 값은 $y(t)=\xi^T(t)\Theta$와 같은 관계가 성립할 수 있다. 이 경우, 측정된 값인 y(t)에는 에러가 없다고 가정하고, $\Theta=[\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \ldots, \Theta_N]^T$는 미지수 벡터이고, $\xi=[\xi_1, \xi_2, \xi_3, \ldots, \xi_N]^T$는 알려진 회귀 벡터(regression vector)로 설정할 수 있다.

[0040] 예를 들어, 추정부(120)는 재귀형 최소 자승 추정(recursive least squares estimation) 알고리즘을 이용하여 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 추정할 수 있다. 미지수 벡터 Θ의 시간 t에서의 추정 벡터 $\hat{\theta}(t)$는 $\hat{\theta}(t)=\hat{\theta}(t-1)+k(t)[y(t)-\xi(t)^T\hat{\theta}(t-1)]$를 통해 구할 수 있다. 이 경우, k(t)는 게인 벡터이며, $k(t)=p(t-1)\xi(t)[1+\xi(t)^Tp(t-1)\xi(t)]^{-1}$로 표현될 수 있다. p(t)는 에러 분산 매트릭스이며, $p(t)=[I-k(t)\xi(t)T]p(t-1)$로 표현될 수 있다.

[0041] 추정부(120)는 무게중심의 위치를 앞에서 설명한 수학식 1의 롤 동역학(roll dynamic) 식을 이용하므로, 롤 각을 동시에 추정할 수 있다. 센싱부(110)에서 센싱된 롤 각속도는 $\dot{\phi}_{meas}$로 설정되고, 스프링하 질량에서의 측

방향 가속도는 $a_y^{meas} = a_{y,1}$로 설정된다. 또한, 추정된 롤 각($\hat{\phi}$)은 다음의 수학식 4와 수학식 5를 통해 구할 수 있다.

수학식 4

[0042]
$$\dot{\hat{\phi}} = \dot{\phi}_{meas} + k_{par}(\phi_{\hat{h}} - \hat{\phi})$$

수학식 5

[0043]
$$(J_{2,x} + m_2\hat{h}^2)\ddot{\phi}_{\hat{h}} + d_{\dot{\phi}}\dot{\phi}_{\hat{h}} + (c_\phi - m_2 g\hat{h})\phi_{\hat{h}} = m_2\hat{h}a_y^{meas}$$

[0044] 수학식 4 및 수학식 5에서, k_{par}는 사용자에 의해 설정되는 설계변수, $J_{2,x}$는 차량의 스프링상 질량의 관성 롤 모멘트, m_2는 차량의 스프링상 질량, $\hat{h}$는 차량의 무게중심 위치, $\phi_{\hat{h}}$는 무게중심 위치에서의 롤 각속도, c_ϕ는 수동 서스펜션의 롤 강성도 계수, d_ϕ는 수동 서스펜션의 롤 댐핑 계수, g는 상기 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 상기 차량의 측방향 가속도를 나타낸다.

[0045] 수학식 4 및 수학식 5를 이용하여, 차량의 스프링상 질량에서의 무게중심 위치를 추정하기 위해 추정된 롤 각을 포함하는 측정값은 다음의 수학식 6을 통해 계산할 수 있다.

수학식 6

[0046]
$$y(t) = [\frac{J_{xe}}{m_2\hat{h}}\dddot{\hat{\phi}} + \frac{d_{\dot{\phi}}}{m_2\hat{h}}\ddot{\hat{\phi}} + \frac{c'_\phi}{m_2\hat{h}}\dot{\hat{\phi}}]$$

[0047] 수학식 6에서, $\ddot{\hat{\phi}}$, $\dddot{\hat{\phi}}$은 추정된 롤 각($\hat{\phi}$)을 미분하여 구할 수 있으며, $c'_\phi = c_\phi - m_2 g\hat{h}$이다. 이 경우, 회귀 벡터는 $\xi = [\dddot{\hat{\phi}}\ \ddot{\hat{\phi}}\ \dot{\hat{\phi}}]^T$, 미지수 벡터 $\Theta = [\hat{\theta}_1\ \hat{\theta}_2\ \hat{\theta}_3]^T$가 된다. 또한, $\hat{\theta}_1 = J_{xe}/(m_2\hat{h})$, $\hat{\theta}_2 = d_\phi/(m_2\hat{h})$, $\hat{\theta}_3 = c'_\phi/(m_2\hat{h})$이다. 일단, 미지수 $\hat{\theta}_1$이 계산되면, 차량의 무게중심 위치($\hat{h}$)는 $m_2\hat{h}^2 - m_2\hat{\theta}_1\hat{h} + J_{2,x} = 0$를 통해 구할 수 있다.

[0048] 다음으로, 전복 계수 연산부(130)는 추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 이용하여 차량의 전복 계수를 연산한다(S230). 전복 계수 연산부(130)는 차량의 전복 계수($\hat{R}$)를 연산하기 위해 다음의 수학식 7을 이용할 수 있다.

수학식 7

[0049]
$$\hat{R} = \frac{2(h_R + \hat{h})(a_y^{meas} - \hat{h}\ddot{\hat{\phi}})}{T \cdot g}$$

[0050] 수학식 7에서, h_R은 지면과 롤 축 간의 높이, $\hat{h}$는 차량의 무게중심 위치, $\hat{\phi}$는 차량의 롤 각, T는 차량 폭, g는 차량의 중력 가속도, a_y^{meas}는 차량의 측방향 가속도를 나타낸다. 이는 수학식 3의 전복 계수를 추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 반영하여 재정의한 것이다.

[0051] 다음으로, 제어부(140)는 상기 연산된 전복 계수를 이용하여 상기 차량을 제어한다(S240). 제어부(140)는 보다 구체적으로 안정 보강 제어부(도시하지 않음), 긴급 운전 제어부(140)(도시하지 않음) 및 긴급 제동 제어부(도시하지 않음)를 포함한다.

[0052] 안정 보강 제어부는 추정된 롤 각을 입력받고, 그에 따라 액추에이터(도시하지 않음)를 통해 차량의 속도 및 무게중심 위치를 비례 미분(proportional-derivative, PD) 제어를 하는 안정 보강 제어 신호를 생성하여 전복 계수가 안정 범위 내에 포함되도록 제어한다.

[0053] 긴급 운전 제어부는 연산된 전복 계수와 기 설정된 전복 계수 간의 차이에 따라 액추에이터를 통해 차량의 운전 각도를 제어하는 긴급 운전 제어 신호를 생성한다. 기 설정된 전복 계수는 차량이 전복되지 않는 안정 범위로 사용자 설정에 따라 달리 설정될 수 있다. 긴급 운전 제어부에서 생성된 긴급 운전 제어 신호는 앞서 설명한 안정 보강 제어부의 안전 보강 제어 신호와 함께 액추에이터를 제어하여 차량의 무게중심 위치와 롤 각을 피드백 제어한다.

[0054] 긴급 제동 제어부는 연산된 전복 계수가 기 설정된 전복 계수 보다 큰 경우, 차량의 운전 속도를 감속하는 긴급 제동 신호를 생성한다. 이 경우, 차량의 운전자가 브레이크 페달을 통해 입력되는 제동 신호를 고려하여 긴급 제동 신호는 변경될 수 있다.

[0055] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면 이동중인 차량으로부터 센싱된 롤 각속도 및 측방향 가속도를 통해 차량의 무게중심 위치 및 롤 각을 동시에 추정함으로써 차량의 전복을 방지하는 전복 계수를 정확하게 추정할 수 있다. 또한, 전복 계수를 이용하여 차량의 운전을 제어함으로써 전복 위험을 줄일 수 있다.

[0056] 이상에서 본 발명은 도면을 참조하면서 기술되는 바람직한 실시예를 중심으로 설명되었지만 이에 한정되는 것은 아니다. 따라서 본 발명은 기재된 실시예로부터 도출 가능한 자명한 변형예를 포괄하도록 의도된 특허청구범위의 기재에 의해 해석되어져야 한다.

부호의 설명

[0057] 100 : 차량 전복 방지 장치

110 : 센싱부

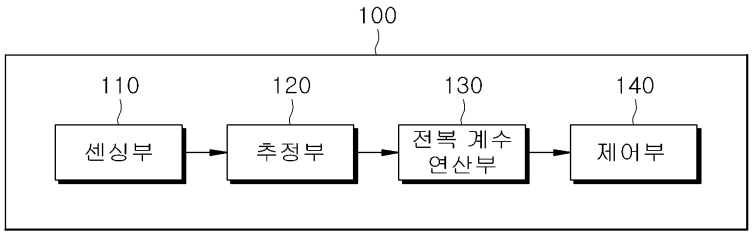
120 : 추정부

130 : 전복 계수 연산부

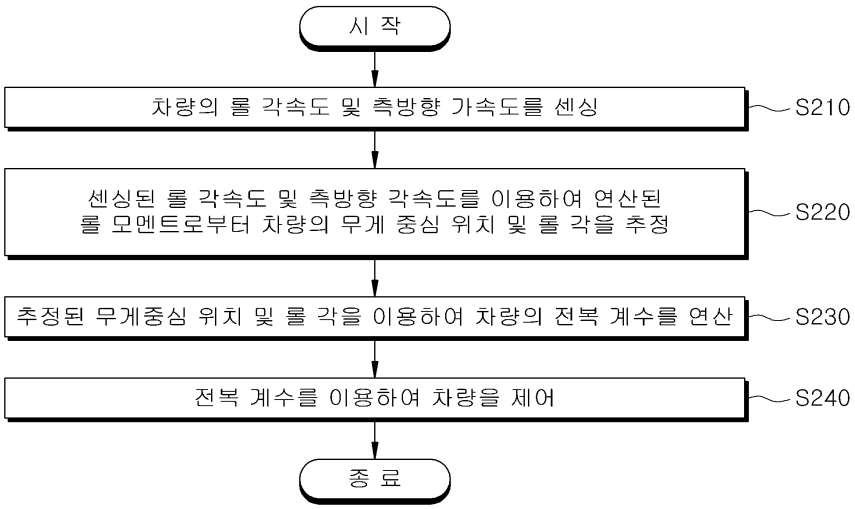
140 : 제어부

도면

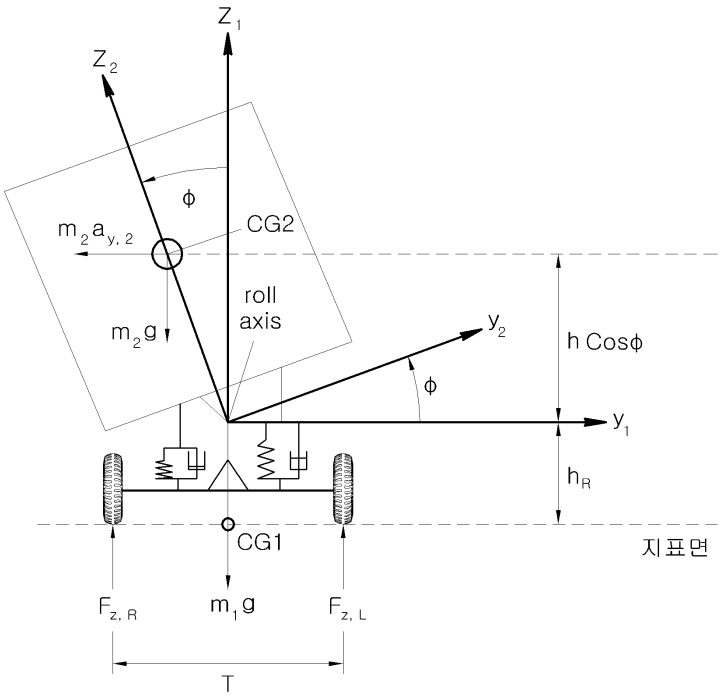
도면1


100
110
120
130
140
센싱부
추정부
전복 계수 연산부
제어부

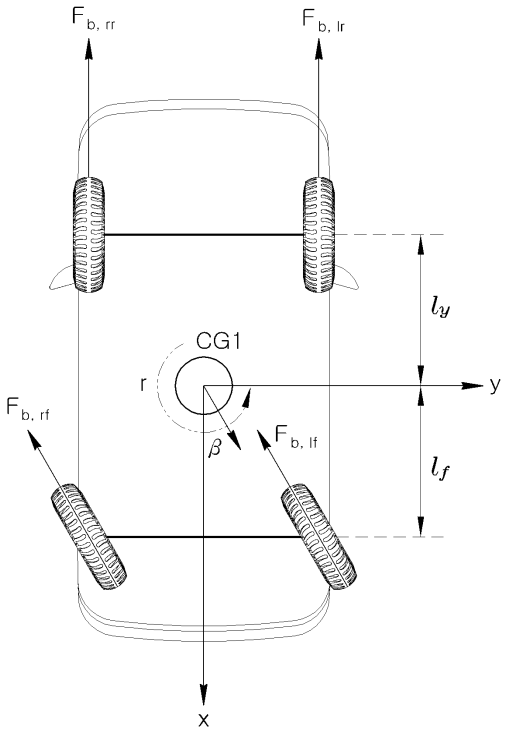
도면2


시 작
차량의 롤 각속도 및 측방향 가속도를 센싱
S210
센싱된 롤 각속도 및 측방향 각속도를 이용하여 연산된 롤 모멘트로부터 차량의 무게 중심 위치 및 롤 각을 추정
S220
추정된 무게중심 위치 및 롤 각을 이용하여 차량의 전복 계수를 연산
S230
전복 계수를 이용하여 차량을 제어
S240
종 료

도면3


Z1
Z2
ϕ
m2 ay, 2
CG2
roll
axis
m2 g
y2
h Cosϕ
ϕ
y1
hR
CG1
지표면
Fz, R
m1 g
Fz, L
T

도면4


Fb, rr
Fb, lr
ly
CG1
r
y
Fb, rf
Fb, lf
β
lf
x