



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. B60K 31/12 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년02월16일 10-0684033 2007년02월10일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2002-0009735 2002년02월23일 2006년01월17일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2003-0070268 2003년08월30일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자	주식회사 만도 경기도 평택시 포승면 만호리 343-1
(72) 발명자	김동신 서울특별시송파구송파동32-1경남레이크파트517호
(74) 대리인	서상욱 서봉석

심사관 : 우동기

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 차량의 주행 안정성 제어방법

(57) 요약

본 발명은 차량의 주행 안정성 제어방법에 관한 것으로, 본 발명의 목적은 운전자가 원하는 선회속도를 정확히 예측하고, 실제 차량의 운동이 이 선회속도에 따른 차량 궤적을 추종하도록 제동력과 엔진 구동력을 함께 조절함으로써 차량의 안정성을 확보하는 데 있다.

본 발명에서는 선회주행시 차량의 조향각과 기준차속을 이용하여 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 추정하고, 추정된 선회속도와 기준차속을 이용하여 추정된 차량의 횡가속도와 횡가속도센서로부터 측정된 실제 횡가속도를 비교하여 차량의 주행노면을 판단한다. 판단된 노면상태에 따라 운전자가 원하는 기준선회속도를 결정하며, 결정된 기준선회속도 및 선회속도센서로부터 측정된 실제 선회속도를 비교하여 언더스티어 또는 오버스티어인지를 결정하여 그 결정결과에 따라 차량의 제동력 및 구동력을 제어함으로써 양호한 차량 안정성을 확보하는 효과가 있다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

차량의 주행 안정성 제어방법에 있어서,

선회주행시, 차량의 조향각과 기준차속을 이용하여 차량의 노면에 상응하는 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 설정하는 단계;

상기 기준차속과 상기 미리 설정된 기준노면에서 설정된 선회속도를 이용하여 추정된 차량의 횡가속도와 횡가속도센서로부터 측정된 실제 횡가속도를 비교하여 차량의 주행노면을 판단하는 단계;

상기 판단된 노면에 상응하는 상기 설정된 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 기준선회속도로 결정하고, 상기 결정된 기준선회속도와 선회속도센서로부터 측정된 실제 선회속도를 비교하여 언더스티어 또는 오버스티어인지를 결정하는 단계;

상기 결정결과에 따라 제동력 및 구동력을 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 차량의 주행 안정성 제어방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 미리 설정된 기준노면에서 설정된 선회속도는 상기 조향각 및 기준차속과 함께 상기 조향각 및 기준차속의 변화에 따라 미리 설정된 선회속도의 보상값을 더 고려하여 추정되는 것을 특징으로 하는 차량의 주행 안정성 제어방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 선회속도를 설정하기 위해 기준차속을 산출하되 차량이 4륜 구동차량인 경우의 기준차속은 종가속도센서의 오차와 경사로 주행시의 중력가속도에 따른 외란치를 감안하여 기준차속을 산출할 수 있도록 다음의 식을 이용하여 종가속도 센서값과 바퀴속도값의 신뢰도에 따라 가중치를 변경시켜 산출하는 것을 특징으로 하는 차량의 주행 안정성 제어방법.

$$V_{ref}(n+1) = \alpha [a_{x0}(n+1) + a_x(n+1)] \Delta t + (1-\alpha)[c_1 V_{ref}(n) + (1-c_1) V_{wheel}(n+1)]$$

여기서, Vref : 기준차속 (Reference Speed)

α : 종가속도에 대한 가중치 (Weighting Factor)

a_{x0} : 종가속도에 대한 외란보상치(Perturbation Factor)

a_x : 차체 종가속도값

Δt : 적분시간 (Integration Time)

c_1 : 이전 기준차속에 대한 가중치 (Weighting Factor)

V_{wheel} : 바퀴속도 (Wheel Speed)

청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 제동력 및 구동력 제어단계에서의 해당 바퀴의 브레이크 압력 및 구동토크량은 브레이크 압력이 지나치게 상승하여 바퀴를 로킹시키지 않으며 지나친 엔진토크 저하로 인하여 운전자의 주행의지를 방해하지 않도록, 다음의 식을 만족하도록 제어되는 것을 특징으로 하는 차량의 주행 안정성 제어방법.

$$J = \int [W_1(r_{desired} - r_{measured})^2 + W_2 \sum_1^4 P_i + W_3(T_{desired} - T_{actual})^2] dt$$

여기서, J: 목적함수(Performance Index)

$W_{1,2,3}$: 가중치(Weighting Factors)

$r_{desired}$: 운전자 요구 선회속도

$r_{measured}$: 측정된 선회속도

P_i : 바퀴 제어압력

$T_{desired}$: 운전자 요구 엔진토크

T_{actual} : 제어된 엔진토크

청구항 5.

제 4항에 있어서,

상기 바퀴에서의 슬립값이 기준값 이상일 경우에는 상기 바퀴에 제어압력을 발생시키지 않으며, 상기 기준값은 차량의 노면마찰계수, 조향각 및 차속에 대응되게 미리 설정된 것을 특징으로 하는 차량의 주행 안정성 제어방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 차량의 주행 안정성 제어방법에 관한 것으로, 차량의 언더스티어나 오버스티어시에 제동력 및 구동력을 제어하여 차량의 주행 안정성을 확보하도록 한 차량의 주행안정성 제어방법에 관한 것이다.

일반적으로, 안티록 브레이크 시스템(ABS)은 차륜속도로부터 연산되는 슬립률에 따라 휠에 가해지는 제동압을 적절히 조절하여 바퀴의 록킹(locking)을 방지하는 것이고, 트랙션 콘트롤 시스템(TCS)은 차량의 급발진이나 급가속시 과도한 슬립을 방지하기 위해 엔진의 구동력을 조절하는 것이다.

안티록 브레이크 시스템(ABS)과 트랙션 콘트롤 시스템(TCS)은 차량이 직선 도로를 주행하는 경우 양호한 성능을 발휘할 수 있으나, 커브 도로를 선회 주행하는 경우에는 바깥쪽으로 과도하게 기울어지는 언더스티어(plow)가 일어날 수 있고 이와 반대로 안쪽으로 과도하게 기울어지는 오버스티어(spin-out)가 일어날 수 있다.

그래서 차량이 주행하는 어떠한 상황에서도 차량의 자세를 안정적으로 제어하는 즉 차량의 조향성 상실을 방지하기 위한 차량 안정성 시스템이 요구되고 있다. 일례로 선회주행시 운전자가 원하는 주행궤적에서 바깥으로 밀려나가는 언더스티어가 발생하는 상황에서는 후륜 내측 바퀴에 제동력을 가함으로써 차량이 바깥쪽으로 밀려 나가는 것을 방지하고, 선회주행시 차량의 선회속도가 과도하게 커져 운전자 원하는 주행궤적에서 안쪽으로 기울어지는 오버스티어가 발생하는 상황에서는 전륜 외측 바퀴에 제동력을 가하는 동작이 필요하다.

선회주행시 차량 안정성을 제어하기 위해서는 운전자가 희망하는 차량의 선회속도를 정확히 예측하고, 예측된 선회속도에 따라 차량이 주행하도록 전륜과 후륜에 적절한 제동압을 가할 수 있는지에 따라 시스템의 성능이 결정된다.

또한 차량의 안정성을 제어함에 있어서 전술한 안티록 브레이크 시스템 및 트랙션 콘트롤 시스템의 성능을 떨어뜨리지 않아야 하며, 이와 반대로 안티록 브레이크 시스템 및 트랙션 콘트롤 시스템에 의하여 차량의 안정성이 떨어지는 악영향을 미쳐서도 안된다.

그러므로, 차량의 운동 상태에 적절하게 차량의 안전성을 제어하기 위해서는 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 정확히 예측하면서도 기존의 안티록 브레이크 시스템 및 트랙션 콘트롤 시스템과 서로 연계하여 협조 제어하는데 주안점을 두는 것이 바람직하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상술한 배경하에서 안출한 것으로, 본 발명의 목적은 운전자가 원하는 선회속도를 정확히 예측하고, 실제 차량의 궤적이 이 선회속도에 따른 궤적을 추종하도록 제동력과 엔진 구동력을 함께 조절함으로써 차량의 안정성을 확보하는 데 있다.

발명의 구성

전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 차량의 주행 안정성 제어방법에 있어서, 선회주행시, 차량의 조향각과 기준차속을 이용하여 차량의 노면에 상응하는 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 설정하는 단계; 상기 기준차속과 상기 미리 설정된 기준노면에서 설정된 선회속도를 이용하여 추정된 차량의 횡가속도와 횡가속도센서로부터 측정된 실제 횡가속도를 비교하여 차량의 주행노면을 판단하는 단계; 상기 판단된 노면에 상응하는 상기 설정된 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 기준선회속도로 결정하고, 상기 결정된 기준선회속도와 선회속도센서로부터 측정된 실제 선회속도를 비교하여 언더스티어 또는 오버스티어인지를 결정하는 단계; 상기 결정결과에 따라 제동력 및 구동력을 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명한다.

본 발명은 선회주행시 차량이 원하는 주행코스보다 바깥쪽으로 밀려나가는 언더스티어(plow)가 일어나는 상황에 처할 경우에는 후륜 내측바퀴에 제동력을 가함으로써 차량의 조향성 상실을 방지하며, 차량의 원하지 않는 선회속도 증가로 인하여 선회반경이 급격히 줄어들면서 차량 안정성을 잃어버리는 오버스티어(spin-out)가 일어나는 상황에 처할 경우에는 전륜 외측 바퀴에 제동력을 가함으로써 차량의 조향성 상실을 방지한다.

도 1은 본 발명에 따른 차량 주행 안정성 제어시스템의 구성도이다. 도 1에 도시된바와 같이, 본 발명의 차량 안정성 제어시스템은 측정부(10), 전자제어부(20), 브레이크 제어부(30), 엔진토크 제어부(40), ABS 제어부(50), TCS 제어부(60)로 이루어져 있다.

측정부(10)는 4바퀴의 휠 속도를 검출하기 위한 휠 속도센서(11), 차량의 종방향 가속도를 검출하기 위한 종가속도센서(12), 조향핸들의 조향각을 검출하기 위한 조향각센서(13), 차량의 횡방향의 가속도를 검출하기 위한 횡가속도센서(14) 및 차량의 선회정도를 검출하기 위한 선회속도센서(15)를 포함하고 있다. 여기서 종가속도센서는 4륜 구동차량에 한하여 적용된다.

전자제어부(20)는 휠 속도센서(11)와 종가속도센서(12)로부터 검출된 값을 이용하여 차량의 기준속도를 추정하는 기준차속추정부(21), 조향각 센서(13)로부터 검출된 값을 이용하여 조향핸들의 조향각을 연산하는 조향각 연산부(22), 횡가속도센서(14)로부터의 검출된 횡가속도, 기준차속 및 조향각을 이용하여 차량의 안정성 제어시점, 언더스티어/오버스티어를 결정하기 위한 데드존(DeadZone)을 설정하는 데드존설정부(23), 차량의 기준차속과 조향각을 이용하여 기준노면(고마찰

노면)에서의 운전자가 원하는 선회속도를 추정하고, 이 선회속도와 기준차속를 이용하여 추정된 횡가속도와 횡가속도센서(14)로부터 검출된 횡가속도를 비교하여 주행 차량의 노면마찰계수를 추정하는 노면마찰계수추정부(24), 추정된 노면마찰계수의 노면에서의 운전자가 원하는 기준선회속도를 결정하는 기준선회속도추정부(25), 기준선회속도와 선회속도센서(15)로부터 검출된 선회속도의 차이값을 설정된 데드존과 비교하여 차량의 상태가 언더스티어 또는 오버스티어인지를 결정하는 언더스티어/오버스티어 판단부(26), 판단된 언더스티어 또는 오버스티어에 따라 브레이크 제어부(30), 엔진토크 제어부(40) 단독 또는 ABS 제어부(50) 및 TCS 제어부(60)와 협조 제어하여 차량의 제동력 및 엔진의 구동력을 제어하는 언더스티어/오버스티어 제어부(27)로 이루어져 있다.

브레이크 제어부(30)는 유압모듈레이터로부터 해당 바퀴의 휠 실린더에 공급되는 브레이크 액압을 제어하여 제동시킨다.

엔진토크 제어부(40)는 엔진제어기에 목표토크를 전송함으로써 엔진의 구동력을 제어한다.

도 2는 본 발명에 따른 차량의 주행 안정성 제어시스템에 대한 전체 흐름도이다. 도 2에 도시된바와 같이, 먼저, 전자제어부(20)는 노면상태에 따라 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 설정한다(S100). 이때, 고마찰노면에서의 운전자가 원하는 선회속도는 기준차속추정부(21)로부터의 기준차속과 조향각연산부(22)로부터의 조향각을 고마찰노면에서의 차량의 운동 모델에 적용하여 산출하고, 저마찰노면에서의 운전자가 원하는 선회속도는 기준차속추정부(21)로부터의 기준차속과 횡가속도센서(14)로부터 검출된 횡가속도를 적용하여 산출한다.

전자제어부(20)는 노면에 따른 운전자가 원하는 차량의 선회속도가 산출되면, 측정부(10)로부터의 각종 센서들의 값에 따라 차량의 주행노면이 고마찰계수의 노면인지 저마찰계수의 노면인지를 판단한다(S200).

노면의 판단결과 주행노면이 고마찰계수의 노면이면, 전자제어부(20)는 단계(S100)에서 설정된 선회속도 중 고마찰 노면에서의 운전자가 원하는 선회속도를 기준선회속도로 결정하고, 저마찰계수의 노면이면, 저마찰 노면에서의 운전자가 원하는 선회속도를 기준선회속도로 결정하게 된다(S300).

운전자가 원하는 기준선회속도가 정해지면, 전자제어부(20)는 데드존설정부(23)로부터 설정된 데드존을 참조하여, 언더스티어/오버스티어 판단부(26)를 통해 선회속도센서(15)로부터 검출된 차량의 실제 선회속도와 기준선회속도를 비교하여 차량의 상태가 오버스티어인지 언더스티어인지를 판단하게 된다(S300).

차량의 상태를 판단한 결과, 언더스티어인 경우에는 언더스티어/오버스티어제어부(27)를 통해 브레이크 제어부(30), 엔진토크 제어부(40), 또한 필요한 경우 ABS 제어부(50), TCS 제어부(60)와 협조하여 후륜 내측바퀴에 제동력을 가함으로써 차량의 조향성 상실을 방지하며, 오버스티어인 경우에는 언더스티어/오버스티어제어부(27)를 통해 브레이크 제어부(30), 엔진토크 제어부(40), 또한 필요한 경우 ABS 제어부(50), TCS 제어부(60)와 협조하여 전륜 외측 바퀴에 제동력을 가함으로써 차량의 조향성 상실을 방지한다.

다시 말해, 전륜보다 후륜에서 먼저 타이어와 노면사이의 접촉한계에 도달했을 때 오버스티어 현상이 나타나므로 전륜의 제동장치를 제어함으로써 전륜에 의해 발생하는 선회모멘트를 줄여준다. 반대로, 전륜에서 먼저, 타이어와 노면의 접촉한계에 도달하여 언더스티어 현상이 발생했을 때 후륜을 제어하여 차량이 원하는 궤적으로 운동하게 한다. 노면의 마찰계수가 변화시에는 오버스티어가 더욱 크게 나타날 수 있으므로 기준선회속도와 실제 측정된 선회속도의 차가 규정된 변화율 이상으로 증가하면 전륜의 바깥쪽 바퀴 이외에 후륜의 바깥쪽 바퀴도 함께 제어함으로써 차량 안정성을 확보한다.

또한, 본 발명에서는 최적의 안정성과 승차감을 확보하기 위해 제동력만으로 불충분한 경우에는 엔진 구동력을 함께 감소 시킴으로서 지나친 제동력에 의한 차량의 흔들림(rocking) 현상을 최소화하기 위한 제어동작을 병행한다.

이하에서는 도 2에서의 주행노면에 따른 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 설정하기 위한 방법을 설명한다.

<고마찰 노면에서의 운전자가 원하는 차량의 선회속도>

고마찰 노면에서의 운전자가 원하는 차량의 궤적을 나타내는 선회속도(yaw rate)는 기본 물리법칙에 의거하여 조향각과 차속(기준차속)으로부터 결정된다.

도 3은 차량을 2 자유도 시스템으로 모델링한 도면이다.

식(1)은 차체선회속도(r)와 차체미끄럼각(β)에 대한 차량운동방정식을 나타내며, 뉴톤(Newton)의 제 2법칙과 미분 개념을 이용하여 식(1)을 유도할 수 있다.

(식1)

$$I_z r = N_\beta \beta + N_r r + N_\delta \delta_{sw}$$

$$m V (r + \dot{\beta}) = Y_\beta \beta + Y_r r + Y_\delta \delta_{sw}$$

여기서, N_δ 은 제어모멘트 미분계수[control moment derivative ($-l_f c_f$)]

Y_δ 는 제어력 미분계수[control force derivative(c_f)]

N_r 은 요댐핑 미분계수[yaw damping derivative $\{(l_f^2 c_f + l_r^2 c_r)/V\}$]

Y_β 는 사이드 댐핑 미분계수[damping inside slip derivative($c_f + c_r$)]

N_β 은 정적 횡방향 안정 미분계수[static directional stability derivative $\{(l_f c_f - l_r c_r)\}$]

Y_r 는 횡력/요커플링 미분계수[lateral force/yaw coupling derivative $\{(l_f c_f - l_r c_r)/V\}$]

I_z 는 z축에 대한 차량 관성모멘트[vehicle inertia of moment about z-axis]

m은 차량 무게[vehicle mass]

l은 중심과 차축의 거리[distance of the axle and the center of gravity]

아래 첨자 f,r은 각각 전륜과 후륜

c는 타이어 코너링 스티프니스[tire cornering stiffness]

V는 차속

식(1)을 차체속도(r)에 대하여 정리하면 식(1)으로부터 식 (2)을 구할 수 있고, 이 식(2)에 의하여 운전자가 원하는 선회속도($r_{resired}$)는 조향각(δ_{sw})과 차속(V)으로부터 구한다.

(식2)

$$\frac{r_{desired}}{\delta_{sw}} = G_{ij} (C_1 + \frac{C_2}{V} + C_3 V)$$

여기서 식(2)의 계수값 C_1, C_2, C_3 은 전형적인 하나의 작용점 (Operating Point)에서만 만족하지 않고 모든 운전상황에서 만족해야 함으로 조향각 및 차속이 변함에 따라 그 값을 변경시켜야 한다. 즉, 조향각 구간을 m단계로 나누고 차속 구간을 n단계로 나누어 차량모델에 대한 선회속도 게인(Gain) G_{ij} ($i:1 \sim m, j:1 \sim n$)를 시험을 통하여 구한 후 C_1, C_2, C_3 에 각각 곱하게 된다. 이때, 계인은 도 4에서와 같이, 차속과 조향각의 변화에 대한 보상값이다.

<저마찰노면에서의 운전자가 원하는 차량의 선회속도>

저마찰 노면에서의 운전자가 원하는 차량의 궤적을 나타내는 선회속도($r_{resired}$)는 차량의 횡가속도와 차속(기준차속)으로부터 결정된다.

노면마찰계수가 작을 경우, (식2)로부터 얻어진 선회속도($r_{desired}$)를 이용하여 제어하면 차량은 운전자가 원하는 주행궤적을 쫓아갈 수 있지만 차체미끄럼각이 커지게 되어 안정성을 잃게 된다. 이 경우에는 선회속도($r_{desired}$)를 제한함으로써 차량 안정성을 확보하면서 차량이 원하는 방향으로 운동할 수 있도록 한다.

본 발명에서 선회속도($r_{desired}$)를 제한하는 방법으로 기본적인 차량운동학을 나타내는 (식3)으로부터 결정된다.

(식3)

$$a_{y, max} = f(\mu, V)$$

$$r_{desired} = \frac{a_{y, max}}{V}$$

여기서, $a_{y, max}$ 는 노면마찰계수에 의해 제한된 횡가속도의 최대값

이하에서는 도 2에서의 주행노면을 판단하기 방법을 설명한다.

도 6은 차량의 횡가속도를 이용하여 주행노면을 판단하기 위한 방법에 대한 흐름도이다. 식(3)에 보인바와 같이, 차량의 차체횡가속도(a_y)는 노면마찰계수(??)와 차속(V)의 함수로 나타낼 수 있다.

기준횡가속도($a_{y, stab}$)($r_{desired}$ 와 V의 곱)와 측정된 횡가속도($a_{y, means}$)의 차가 일정값($\Delta\mu_{ay}$) 이상이면 저마찰계수의 노면으로 판단하고, 그렇지 않으면, 고마찰계수의 노면으로 판단한다. 저마찰노면인 경우에는 식(3)의 노면마찰계수에 의해 제한된 횡가속도($a_{y, max}$)를 이용한다. 또한, 작은 조향각에 의해 노면마찰을 과소평가하는 것을 방지하기 위하여 차량 선회 운동 중에 측정된 횡가속도의 최대값을 고려하여 횡가속도를 결정한다.

이하에서는 도 2에서의 주행노면에 따른 운전자가 원하는 차량의 기준선회속도를 결정하고, 차량이 오버스티어인지 언더스티어인지를 판단한 후 그에 따른 제동력 및 구동력을 제어하는 방법을 설명한다.

상술한 바와 같이, 선회차량의 주행노면이 고마찰 노면인 경우에는 운전자가 원하는 차량의 선회속도를 식(2)을 이용하여 산출한 후 기준선회속도로 결정하고, 저마찰 노면인 경우에는 식(3)을 이용하여 산출한 후 기준선회속도로 결정한다.

기준선회속도가 정해지면, 실제 측정된 차량의 선회속도와 기준선회속도를 비교하여 그 차이값을 계산한 후 그 차이값과 데드존값을 비교하여 오버스티어 또는 언더스티어를 판단하게 된다.

데드존(Deadzone)의 설정방법을 살펴보면, 차량 안정성 제어시스템은 모든 운전상황에서 작동하여야 하고 불필요한 제어로 인하여 운전을 방해하여서는 안되므로, (식4) 으로부터 데드존(Deadzone)을 설정한다.

(식4)

$$DZone = K_0 + K_1\delta + K_2d\delta + K_3a_y + K_4Vref$$

여기서, K_0, K_1, K_2, K_3, K_4 : 변수

δ : 조향각(steering wheel angle)

$d\delta$: 조향각의 미분계수(derivative of steering wheel angle)

a_y : 차체 횡가속도값 (측정값)

V_{ref} : 차량의 기준차속

운전자가 원하는 선회속도($r_{desired}$)와 실제 회전속도의 차가 일정 기본값(K_0)내에서는 제어가 되지 않으며 조향각과 조향각의 변화율 그리고 차체 횡가속도에 따라 그 제어범위가 결정된다. 여기서, K_0, K_1, K_2, K_3, K_4 의 값은 각각 조향각, 조향각 변화율, 차체 횡가속도값, 차량기준차속에 따라서 그 값이 변화하며, 도 4와 같은 개념을 이용하여 구간별로 계수값을 결정한다.

또한 데드존(Deadzone)은 경사로(Banked Road)를 주행시 그 범위를 증가시킴으로써 오작동을 방지하며 서스펜션(Suspension), 스티어링(Steering), 타이어(Tire)의 변화에 의해서 발생하는 운전자가 원하는 선회속도의 오차를 고려하여 그 범위를 증가시킴으로서 시스템의 강건성(Robustness)을 증대시킨다. 한편, SN비(Signal-to-Noise Ratio)가 감소하는 저속운전 및 차량동역학적 측면에서 전진운전과 차이가 있는 후진시에는 작동하지 않는다.

데드존이 설정되면, 실제 측정된 차량의 선회속도와 기준선회속도의 차이값과 데드존값과 비교하여 차이값이 데드존값보다 작은 경우에는 언더스티어로 판단하고, 차이값이 데드존값보다 큰 경우에는 오버스티어로 판단한다.

이하에서는 도 2에서의 판단결과 차량의 상태가 오버스티어 또는 언더스티어인 경우 제동력 및 구동력을 제어하는 방법을 설명한다.

<<바퀴압력 제어량 및 압력발생>>

본 발명의 차량 안정성 제어시스템에서는 언더스티어 또는 오버스티어(spin out)을 감지했을 때 제어하는 바퀴는 각각 후륜의 안쪽 바퀴와 전륜의 바깥쪽 바퀴가 대상이 되며, 감지된 양이 어느 기준값이상일 경우에는 같은 쪽 바퀴도 함께 제어한다. 이때 제어되는 바퀴압력은 최적제어이론에 의해서 결정(Rough Tuning)되며 실제 제어값(Fine Tuning)은 기준선회속도와 실제 측정된 선회속도의 차이와 그 변화율에 따라 실차시험을 통해 결정된다. 이때, 바퀴슬립을 고려하여 제어압력을 제한한다. 지나친 압력상승은 바퀴를 로킹(Locking)시킬 수 있으며 궁극적으로 차량의 안정성을 떨어뜨리고 빈번한 압력제어를 유발시킨다. 식(5)은 최적의 주행안정성과 짧고 빠른 압력제어, 또한 지나친 엔진토크 저하로 인하여 운전자의 주행의지를 방해하지 않도록 제어를 하기위한 목적함수(Performance Index)를 나타내며 이를 최소화 하도록 제어를 수행하게 된다.

식(5)

$$J = \int [W_1(r_{desired} - r_{measured})^2 + W_2 \sum_1^4 P_i + W_3(T_{desired} - T_{actual})^2] dt$$

여기서, J : 목적함수(Performance Index)

$W_{1,2,3}$: 가중치(Weighting Factors)

$r_{desired}$: 운전자 요구 선회속도

$r_{measured}$: 측정된 선회속도

P_i : 바퀴제어압력

$T_{desired}$: 운전자 요구 엔진토크

T_{actual} : 제어된 엔진토크

식(5)에서의 첫 번째 항은 운전자가 원하는 차량선회속도와 실제차량선회속도의 차이를 나타내며, 둘째 항은 각 바퀴에서의 제어압력을 나타낸다. 세 번째 항은 운전자가 원하는 엔진토크와 제어된 실제 엔진토크량의 차이를 나타낸다. 각각의 항이 모두 작아지도록 제어를 하는 것이 바람직하나 실제적으로 불가능한 일이므로 타협점 (Trade Off)을 찾아야 한다. 즉, 첫 번째 항이 커지더라도 어느 정도까지는 제어를 금지하여 과도한 제동압력이 발생하지 않도록 하여 운전자의 승차감을 떨어뜨리지 않게 한다. 또한, 첫 번째 항의 항상이 미미할 경우에는 더 이상의 제어압력을 발생시키지 않는다. 즉, 바퀴슬립이 기준값이상일 경우에는 제어압력을 제한한다. 지나친 압력상승은 바퀴를 로킹시킬 수 있으며 궁극적으로는 차량의 안정성을 떨어뜨리고 빈번한 압력제어를 유발시키기 때문이다. 여기서 기준슬립값을 결정하는 방법은 노면, 조향각 및 차속에 따라서 바퀴슬립이 차량모멘트에 끼치는 영향이 다르므로 각각의 운전상황별로 다르게 제어한다.

도 5는 기준바퀴슬립량을 결정하기 위한 룩 업(Look Up) 테이블을 나타낸다. 도 5에 도시된바와 같이, 차속별로 노면의 마찰계수(μ)를 m등분하고, 조향각(δ)을 n등분하여 각 상황에서 최대 차량모멘트를 발생시킬 수 있는 바퀴슬립량(λ)을 결정한다.

한편, 첫 번째항을 작게하기 위하여 엔진토크를 지나치게 감소시킬 경우, 운전자의 가속감을 떨어뜨리지 않도록 해야 한다. 빙판과 같이 노면마찰계수가 작을 경우에는 제동압력에 의해서 바퀴가 쉽게 로킹이 됨으로 두 번째 항을 이용하여 첫 번째항의 값을 줄이는 것보다 세 번째항을 이용하는 것이 바람직하다.

본 발명에서는 운전자가 원하는 선회속도를 정확하게 추정하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 선회속도 산출에 이용되는 조향각과 기준차속을 정확히 구하는 것이 중요하다.

이하에서는 조향각과 기준차속을 구하는 방법에 대해서 설명한다.

<<조향각 설정>>

상대조향각 센서는 영점검출(Zero angle Detection)후에 이용할 수 있으며 영점검출시 그 때의 실제 조향각값이 0° -360° 360°인지를 판단하는 기준이 필요하다. 이를 위해 정상상태에서의 조향각과 차량선회속도와의 차량 동역학 관계식을 이용한다. 여기서 추정된 조향각이 영점검출시 $\pm 180^\circ$ 이내의 각도이면, 0°로 판단하고, -180° 이상일 경우는 -360° 로, 180° 이상일 경우에는 360° 로 판단한다.

(식6)

$$\delta = i \frac{r}{V} (L + K_{us} V^2 / g)$$

여기서, δ 는 조향각(steering wheel angle)

i 는 스티어링 기어비(steering gear ratio)

r 은 측정된 요레이트(measured yaw rate)

V 는 차속

L 은 휠베이스(wheelbase)

K_{us} 는 언더스티어 계수(understeer coefficient)

g 는 중력가속도

<<차속 설정>>

차량의 구동방식이 전륜구동이나 후륜구동인 경우에는 기준차속을 비구동륜으로부터 구하고, 4륜구동(4WD)의 경우에는 증가속도 센서를 함께 이용하여 기준차속을 구한다.

식(7)은 차속결정 관계식을 나타낸다.

식(7)

$$V_{ref}(n+1) = \alpha [a_{x0}(n+1) + a_x(n+1)] \Delta t + (1-\alpha)[c_1 V_{ref}(n) + (1-c_1) V_{wheel}(n+1)]$$

여기서, Vref : 기준차속 (Reference Speed)

α : 증가속도에 대한 가중치 (Weighting Factor)

a_{x0} : 증가속도에 대한 외란보상치(Perturbation Factor)

a_x : 차체 증가속도값

Δt : 적분시간 (Integration Time)

c_1 : 이전 기준차속에 대한 가중치 (Weighting Factor)

V_{wheel} : 바퀴속도 (Wheel Speed)

4륜 구동차량의 경우에는 구동력에 의해서 모든 바퀴에 스핀(Spin)이 발생하기 때문에 바퀴속도만으로 기준차속을 결정할 수 없다. 따라서, 차체증가속도 센서로부터 증가속도값을 결정하여 그 값을 적분함으로서 기준차속을 구한다. 여기서, 증가속도 센서값은 오차를 수반할 수 있으므로, 예를 들면, 경사로 (Up-Hill, Down-Hill) 주행시 중력가속도에 의해서 오차가 발생할 수 있으므로 a_{x0} 와 같은 외란보상치(Perturbation Factor)를 포함시킨다. 한편, 2륜 구동차량과 같이, 바퀴 스핀이 없을 경우에는 바퀴속도를 이용하여 기준차속을 이용한다. 즉, 증가속도센서값과 바퀴속도값의 신뢰도에 따라 가중치를 변경시키면서 기준차속을 결정한다.

한편, 차체선회속도가 일정값 이상이고, 조향각이 어느 일정값 이상일 경우에는 장착되어 있는 선회속도센서로부터 선회속도값을 이용하여 기준차속을 보정한다.

<< ABS제어와의 협조제어 >>

본 발명의 차량 안정성 제어시스템이 ABS제어와 협조 제어함에 있어서는 임의의 바퀴를 제어할 경우 ABS제어에만 의존할 때 발생할 수 있는 제동압력감소, 즉덤프(Dump)를 방지하여 차량 안정성에 악영향을 끼치지 않도록 하는 것이다. 즉, 상기에서 설정된 제어되는 바퀴의 목표슬립을 크게 가져가는 것이다.

또한 오버스티어(spin-out)시 후륜의 목표슬립을 작게 가져감으로서 후륜에서의 횡력을 증가시켜, 전륜 바깥쪽에서의 제동력에 의한 불충분한 선회모멘트를 보상시켜준다.

여기서, 목표슬립을 결정하는 방법은 도 5에서 상술한 바와 같이 노면, 조향각 및 차속별로 바퀴슬립이 차량 선회모멘트에 끼치는 영향을 분석하여 각 운전상황에 맞게 슬립량을 설정한다.

<< TCS제어와의 협조제어 >>

본 발명의 차량 안정성 제어시스템이 TCS제어와의 협조 제어함에 있어서는 기본적으로 차량의 운동이 심하여 큰 제동력이 필요하게 될 경우나 노면마찰계수가 작은 경우, 엔진 구동토크를 감소시켜 차량의 요동(Rocking)을 방지하면서 제어되는 바퀴의 브레이크 압력을 작게 해준다. 차량이 전륜구동이면 언더스티어(plow)시 목표 회전속도(wheel spin)를 감소시켜(목표토크를 작게 하여) 전륜에서의 횡력을 증가시킨다. 반대로 차량이 후륜구동이면 오버스티어(spin-out)시 목표 회전속도(wheel spin)를 감소시켜 후륜에서의 횡력을 증가시킨다. 차량이 4륜구동(4WD)인 경우에는 언더스티어나 오버스티어의 경우 모두 목표 회전속도(wheel spin)를 작게 해줌으로서 구동토크를 줄여준다.

한편, BTCS(Brake Intervention Traction Control System)와의 협조제어에서는 ABS와의 협조제어에서와 같이 도 5의 기준바퀴슬립율을 이용하여 바퀴슬립을 제한한다.

발명의 효과

이상과 같이 본 발명에 따른 차량 안정성 제어시스템은 선회주행시 발생할 수 있는 언더스티어, 오버스티어를 방지하기 위해 운전자가 원하는 선회속도를 노면에 따라 정확히 추정한 후 바퀴에 가해지는 제동력과 엔진의 구동력을 함께 제어함으로써 양호한 차량 안정성을 확보하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 차량의 주행 안정성 제어시스템의 구성도이다,

도 2는 본 발명에 따른 차량의 주행 안정성 제어시스템에 대한 전체 흐름도이다.

도 3은 차량을 2자유도 시스템으로 모델링한 도면이다.

도 4는 고마찰 노면에서의 운전자가 원하는 선회속도를 계산하는데 이용되는 계인을 설명하기 위한 도이다.

도 5는 최대선회보상모멘트를 위한 바퀴의 슬립율을 나타낸 도이다.

도 6은 차량의 횡가속도를 이용하여 주행노면을 판단하기 위한 방법에 대한 흐름도이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

10 : 센서부 11 : 휠 속도센서

12 : 종가속도센서 13 : 조향각센서

14 : 횡가속도센서 15 : 선회속도센서

20 : 전자제어부 21 : 기준차속추정부

22 : 조향각연산부 23 : 데드존설정부

24 : 노면마찰계수추정부 25 : 기준선회속도결정부

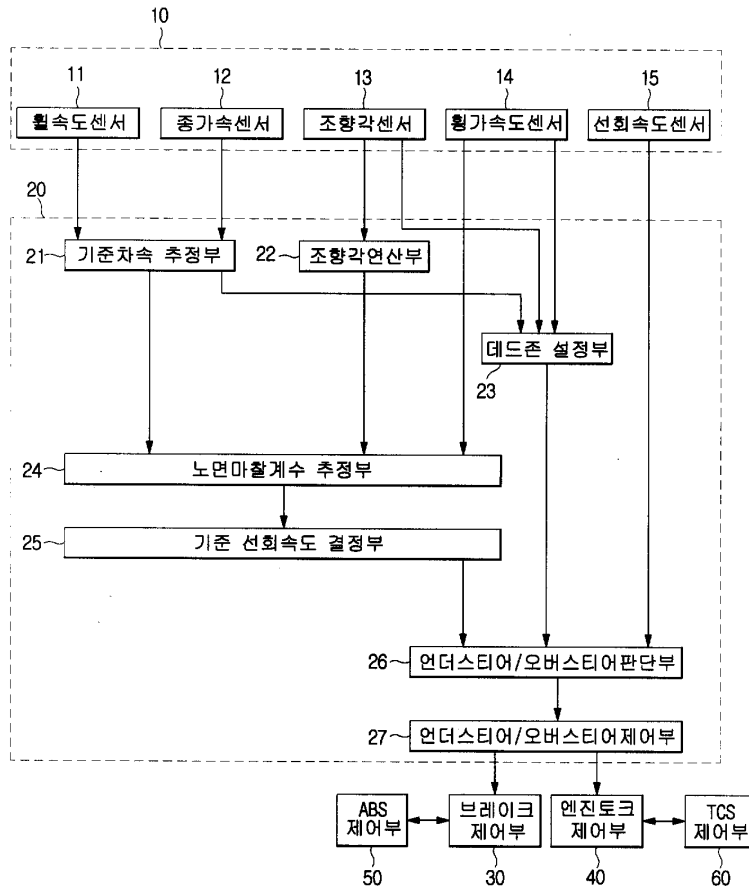
26 : 언더스티어/오버스티어판단부 27 : 언더스티어/오버스티어제어부

30 : 브레이크 제어부 40 : 엔진토크 제어부

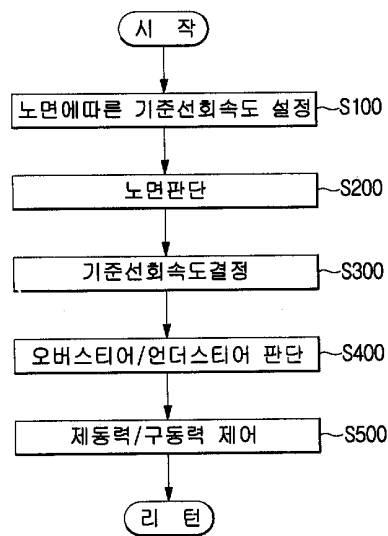
50 : ABS 제어부 60 : TCS 제어부

도면

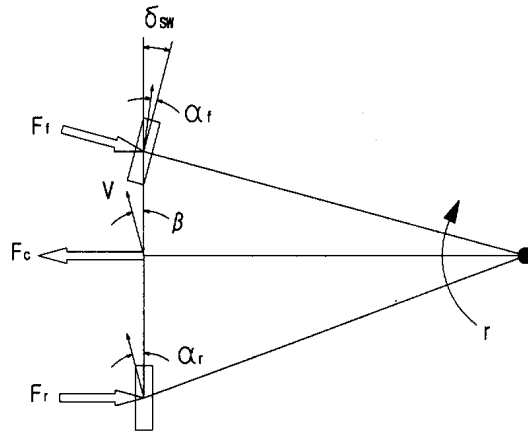
도면1



도면2



도면3



도면4

조향각 차속	δ_1	...	δ_m
V1	G11	...	Gm1
⋮	⋮	⋮	⋮
Vn	G1n	...	Gmn

도면5

조향각 노면 마찰계수	μ_1	...	μ_n
δ_1	λ_{11}	...	λ_{m1}
⋮	⋮	⋮	⋮
δ_m	λ_{1n}	...	λ_{mn}

도면6

