



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0069450  
(43) 공개일자 2020년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B60G 21/055 (2006.01) B60G 17/015 (2006.01)  
B60G 17/018 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B60G 21/0555 (2013.01)  
B60G 17/0157 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0156325  
(22) 출원일자 2018년12월06일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
현대자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
기아자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
(72) 발명자  
이희권  
경기 안양시 동안구 관악대로 135, 130동 603호(비산동, 삼성래미안아파트)  
김우균  
서울특별시 강남구 언주로113길 18-9 401호 (논현동)  
이민수  
경기도 성남시 분당구 내정로165번길 35, 505동 302호 (수내동, 양지마을한양아파트)  
(74) 대리인  
특허법인 신세기

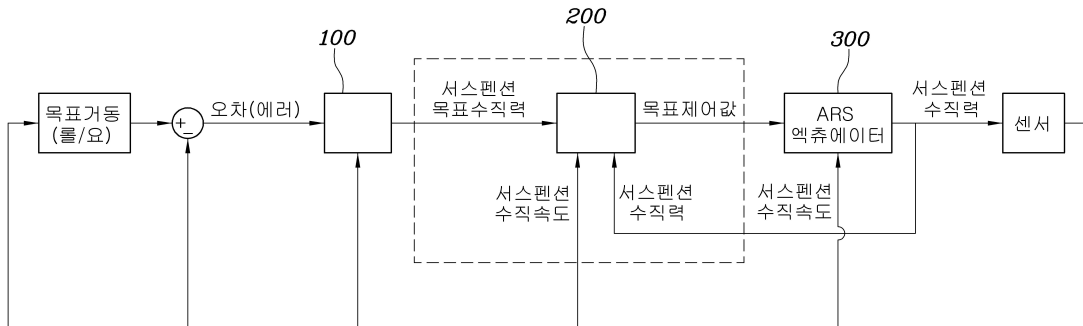
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 액티브 서스펜션 제어유닛 및 액티브 서스펜션 제어방법

(57) 요약

본 발명에 의한 액티브 서스펜션 제어유닛은, ARS(Active Roll Stabilization) 구조로 마련되어 서스펜션의 반응 특성을 가변적으로 조절하는 액츄에이터; 및 센서로 입력받는 정보를 통해 주행 상황을 판단하고, 주행 상황에 따라 미리 설정된 서스펜션 수직력 목표값과, 좌륜과 우륜의 서스펜션 수직속도 차이에 의해 발생하는 외란값을 이용하여 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 제어부;를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

**B60G 17/018** (2013.01)

*B60G 2400/102* (2013.01)

*B60G 2400/20* (2013.01)

*B60G 2600/182* (2013.01)

*B60G 2800/70* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

ARS(Active Roll Stabilization) 구조로 마련되어 서스펜션의 반응 특성을 가변적으로 조절하는 액츄에이터; 및 센서로 입력받는 정보를 통해 주행 상황을 판단하고, 주행 상황에 따라 미리 설정된 서스펜션 수직력 목표값과, 좌륜과 우륜의 서스펜션 수직속도 차이에 의해 발생하는 외란값을 이용하여 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 제어부;를 포함하는 액티브 서스펜션 제어유닛.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

제어부는 서스펜션 수직력 목표값을 출력하는 제1제어부; 및

제1제어부에서 전송받은 서스펜션 수직력 목표값을 통해 계산된 제1목표제어값 및 외란값을 이용하여 계산된 제2목표제어값을 합산하여 최종목표제어값을 계산하는 제2제어부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어유닛.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

제2제어부는 제1제어부에서 좌륜 또는 우륜 중 적어도 어느 하나의 서스펜션 수직력 목표값을 입력받고, 하기 식 1을 이용하여 액츄에이터의 제1목표제어값을 계산하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어유닛.

$$\text{식 1: } \tau_{Gc} = G_c F_{R,d} / \tau_{Gc} = G_c F_{L,d}$$

단,  $\tau_{Gc}$ 는 제2제어부 제1목표제어값,  $G_c$ 는 제2제어부의 제어함수,  $F_{R,d}$ 는 우륜 서스펜션 수직력 목표값,  $F_{L,d}$ 는 좌륜 서스펜션 수직력 목표값이다.

#### 청구항 4

청구항 2에 있어서,

제2제어부는 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 각각 입력받아 외란값( $V_R - V_L$ )을 계산하고, 하기 식 2를 이용하여 액츄에이터의 제2목표제어값을 계산하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어유닛.

$$\text{식 2: } \tau_{Y2} = Y_2 (V_R - V_L)$$

단,  $\tau_{Y2}$ 는 제2제어부 제2목표제어값,  $Y_2$ 는 제2제어부의 제어함수,  $V_R$ 은 우륜 서스펜션 수직속도,  $V_L$ 은 좌륜 서스펜션 수직속도이다.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

제2제어부는 수직속도 추정모듈로부터 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 각각 입력받는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어유닛.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서,

수직속도 추정모들은 차체 가속도센서와 휠 가속도센서에서 측정된 가속도 차이를 이용하여 서스펜션 수직속도를 추정하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어유닛.

**청구항 7**

청구항 2에 있어서,

제2제어부는 서스펜션 수직력 목표값을 이용하여 계산된 액츄에이터의 제1목표제어값과, 외란값을 이용하여 계산된 액츄에이터의 제2목표제어값을 합산하여 최종목표제어값을 계산하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어유닛.

**청구항 8**

주행 상황에 따라 서스펜션 수직력 목표값을 산출하는 단계;

우륵 서스펜션 수직속도와 좌륵 서스펜션 수직속도를 추정하여 외란값을 산출하는 단계;

서스펜션 수직력 목표값을 이용하여 액츄에이터의 제1목표제어값을 계산하고, 외란값을 이용하여 액츄에이터의 제2목표제어값을 계산하며, 제1목표제어값 및 제2목표제어값을 합산하여 최종목표제어값을 계산하는 단계; 및

계산된 액츄에이터의 최종목표제어값을 이용하여 액츄에이터를 작동시키는 단계;를 포함하는 액티브 서스펜션 제어방법.

**청구항 9**

청구항 8에 있어서,

액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 단계는 하기 식1을 이용하여 서스펜션 수직력 목표값으로부터 액츄에이터의 제1목표제어값을 계산하고, 하기 식 2를 이용하여 외란값으로부터 액츄에이터의 제2목표제어값을 계산하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어방법.

식 1:  $\tau_{Gc} = G_c F_{c,R}$

식 2:  $\tau_{Y2} = Y_2 (V_R - V_L)$

단,  $\tau_{Gc}$ 는 제2제어부 제1목표제어값,  $G_c$ 는 제2제어부의 제어함수,  $F_{c,R}$ 는 우륵 서스펜션 수직력 목표값,  $\tau_{Y2}$ 는 제2제어부 제2목표제어값,  $Y_2$ 는 제2제어부의 제어함수,  $V_R$ 은 우륵 서스펜션 수직속도,  $V_L$ 은 좌륵 서스펜션 수직속도이다.

**청구항 10**

청구항 8에 있어서,

서스펜션 수직력 목표값을 산출하는 단계는 주행 상황에 따라 미리 설정된 서스펜션 수직력 목표값을 출력하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어방법.

**청구항 11**

청구항 8에 있어서,

외란값을 산출하는 단계는 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도의 차이를 계산하여 외란값을 출력하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어방법.

## 청구항 12

청구항 11에 있어서,

외란값을 산출하는 단계는 차체의 가속도와 휠의 가속도 차이를 이용하여 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 각각 추정하는 것을 특징으로 하는 액티브 서스펜션 제어방법.

## 발명의 설명

### 기술분야

- [0001] 본 발명은 액티브 서스펜션 제어유닛 및 액티브 서스펜션 제어방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 ARS(Active Roll Stabilization) 방식의 서스펜션에 적용할 수 있는 액티브 서스펜션 제어유닛 및 액티브 서스펜션 제어방법에 관한 것이다.

### 배경기술

- [0003] 종래의 스텝바(Stabilizer bar) 방식의 서스펜션은 롤강성을 증대시키기 위해 차량의 좌륜과 우륜 사이를 연결하는 구성이다. 이러한 스텝바를 이용하여 좌륜과 우륜의 높이가 변화할 때, 예를 들어 험로 주행이나 선회 주행시 차량의 롤링을 억제하게 된다.
- [0004] 그러나 스텝바는 고정적인 구성이기 때문에, 탑승자의 안락성을 위해서는 스텝바를 소프트하게 설정해야 하고, 주행 안정성을 향상시키기 위해서는 스텝바를 하드하게 설정해야 하는바, 이 둘을 절충시킨 중간 정도의 강성을 갖도록 조절해야 하며, 차량의 목적에 따라 스텝바의 강성을 다르게 조절할 필요가 있다.
- [0005] 한편, ARS(Active Roll Stabilization) 방식의 서스펜션은 전자적인 제어를 통해 차량의 좌우륜을 개별적으로 제어하여, 험로 주행이나 선회 주행시 차량 거동의 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0006] 이러한 ARS 방식의 서스펜션은 주행 상황에 따라 롤강성을 소프트하게 조절하거나 하드하게 조절할 수 있기 때문에, 복잡한 주행 상황에 대응하여 탑승자의 안락감과 주행 안정성을 모두 향상시킬 수 있게 된다.
- [0007] 종래의 ARS는 주행 상황에 따라 발생하는 서스펜션 수직속도를 이용하여 목표 서스펜션 수직력을 계산하고, 이를 통해 액추에이터 목표제어값을 결정하는 피드백 방식으로 제어를 수행하였다. 그러나 이러한 피드백 방식은 주행 상황이 실시간으로 변화하는 조건에서는 안정화까지 시간이 걸리는 딜레이 현상이 발생하고, 좌륜과 우륜의 높이가 달라지는 외란 상황에 제대로 대처하지 못하는 문제가 있었다.
- [0008] 따라서, 딜레이를 최소화하고 변화무쌍한 도로 상황에 대응할 수 있는 새로운 액티브 서스펜션 제어유닛 및 이를 이용한 제어방법이 요구되고 있는 실정이다.
- [0010] 상기의 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해 증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) JP 2005-255152 A (2005.09.22)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0013] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은, 서스펜션 목표 수직력을 통해 계산된 액츄에이터의 제1목표제어값과 외란을 통해 계산된 액츄에이터의 제2목표제어값을 합산하여 액츄에이터를 제어하는 액티브 서스펜션 제어유닛 및 액티브 서스펜션 제어방법을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

[0015] 위 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 액티브 서스펜션 제어유닛은, ARS(Active Roll Stabilization) 구조로 마련되어 서스펜션의 반응 특성을 가변적으로 조절하는 액츄에이터; 센서로 입력받는 정보를 통해 주행 상황을 판단하고, 주행 상황에 따라 미리 설정된 서스펜션 수직력 목표값을 출력하는 제1제어부; 및 제1제어부에서 전송받은 서스펜션 수직력 목표값과, 좌륜과 우륜의 서스펜션 수직속도 차이에 의해 발생하는 외란값을 이용하여 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 제2제어부;를 포함한다.

[0016] 제2제어부는 제1제어부에서 우륜의 서스펜션 수직력 목표값을 입력받고, 하기 식 1을 이용하여 우륜에 대한 액츄에이터의 제1목표제어값을 계산할 수 있다.

[0017] 식 1:  $\tau_{Gc} = G_c F_{R,d} / \tau_{Gc} = G_c F_{L,d}$

[0018] 단,  $\tau_{Gc}$ 는 제2제어부 제1목표제어값,  $G_c$ 는 제2제어부의 제어함수,  $F_{R,d}$ 는 우륜 서스펜션 수직력 목표값,  $F_{L,d}$ 는 좌륜 서스펜션 수직력 목표값이다.

[0019] 제2제어부는 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 각각 입력받아 외란값( $V_R - V_L$ )을 계산하고, 하기 식 2를 이용하여 액츄에이터의 제2목표제어값을 계산할 수 있다.

[0020] 식 2:  $\tau_{Y2} = Y_2 (V_R - V_L)$

[0021] 단,  $\tau_{Y2}$ 는 제2제어부 제2목표제어값,  $Y_2$ 는 제2제어부의 제어함수,  $V_R$ 은 우륜 서스펜션 수직속도,  $V_L$ 은 좌륜 서스펜션 수직속도이다.

[0022] 제2제어부는 수직속도 추정모듈로부터 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 각각 입력받을 수 있다.

[0023] 수직속도 추정모듈은 차체 가속도센서와 휠 가속도센서에서 측정된 가속도 차이를 이용하여 서스펜션 수직속도를 추정할 수 있다.

[0024] 제2제어부는 서스펜션 수직력 목표값을 이용하여 계산된 액츄에이터의 제1목표제어값과, 외란값을 이용하여 계산된 액츄에이터의 제2목표제어값을 합산하여 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산할 수 있다.

[0026] 한편, 액티브 서스펜션 제어방법은, 주행 상황에 따라 서스펜션 수직력 목표값을 산출하는 단계; 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 추정하여 외란값을 산출하는 단계; 서스펜션 수직력 목표값을 이용하여 액츄에이터의 제1목표제어값을 계산하고, 외란값을 이용하여 액츄에이터의 제2목표제어값을 계산하며, 제1목표제어값과 제2목표제어값을 합산하여 최종목표제어값을 계산하는 단계; 및 계산된 액츄에이터의 최종목표제어값을 이용하여 액츄에이터를 작동시키는 단계;를 포함한다.

[0027] 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 단계에서는 하기 식 1을 이용하여 서스펜션 수직력 목표값으로부터 액츄에이터의 제1목표제어값을 계산하고, 하기 식 2를 이용하여 외란값으로부터 액츄에이터의 제2목표제어값을 계산할 수 있다.

[0028] 식 1:  $\tau_{Gc}=G_cF_{R,d}$

[0029] 식 2:  $\tau_{Y2}=Y_2(V_R-V_L)$

[0030] 단,  $\tau_{Gc}$ 는 제2제어부의 제1목표제어값,  $G_c$ 는 제2제어부의 제어함수,  $F_{R,d}$ 는 우륜 서스펜션 수직력 목표값,  $\tau_{Y2}$ 는 제2제어부의 제2목표제어값,  $Y_2$ 는 제2제어부의 제어함수,  $V_R$ 은 우륜 서스펜션 수직속도,  $V_L$ 은 좌륜 서스펜션 수직속도이다.

[0031] 서스펜션 수직력 목표값을 산출하는 단계는 주행 상황에 따라 미리 설정된 서스펜션 수직력 목표값을 출력할 수 있다.

[0032] 외란값을 산출하는 단계는 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도의 차이를 계산하여 외란값을 출력할 수 있다.

[0033] 외란값을 산출하는 단계는 차체의 가속도와 휠의 가속도 차이를 이용하여 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 각각 추정할 수 있다.

**발명의 효과**

[0035] 본 발명에 의한 액티브 서스펜션 제어유닛 및 액티브 서스펜션 제어방법에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.

[0036] 첫째, 외란에 신속하게 대응하여 탑승자의 안락감 및 주행 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0037] 둘째, 반응 딜레이를 최소화시켜 차량의 롤/요 흔들림을 신속하게 억제할 수 있다.

[0038] 셋째, 제2제어부를 통해 외란에 대응하기 때문에, 제1제어부(ECU)는 외란 고려없이 독립적으로 설계할 수 있다.

[0039] 넷째, 제어를 위한 전달함수를 간략화하여 제어부 설계 및 적용의 편의성을 증대시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0041] 도 1은 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어유닛의 개략적인 개념도이고,

도 2는 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어유닛의 구조도이며,

도 3은 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어방법의 순서도이고,

도 4는 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어유닛 및 제어방법을 사용했을 때의 수직력 유동이 감소된 모습을 나타낸 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0042] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0043] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0044] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 액티브 서스펜션 제어유닛 및 액티브 서스펜션 제어방법에 대하여 설명하기로 한다.

- [0046] 먼저 액티브 서스펜션 제어유닛에 대해 설명하도록 한다. 도 1은 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어유닛의 개략적인 개념도이고, 도 2는 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어유닛의 구조도이다.
- [0047] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 제어유닛은 크게 제1제어부(100), 제2제어부(200) 및 이들에 의해 제어되는 액츄에이터(300)를 포함하여 구성된다.
- [0048] 본 발명은 특히 ARS(Active Roll Stabilization)가 적용된 타입의 서스펜션에 설치되어 이를 제어하기 위한 발명이다. 제1제어부(100)는 차량의 중심 제어부로서, 예를 들어 ECU(Electronic control unit)일 수 있다. 제1제어부(100)에서는 차량에 장착되어 있는 여러 종류의 센서 등에서 정보를 수신받아 제어 신호를 발생시킨다. 예를 들어 차량상태 추정모듈은 서스펜션 수직속도를 추정하여 이를 제1제어부(100)에 전송하고, 제1제어부(100)에서는 이를 토대로 액츄에이터(300)에 제어신호를 전송할 수 있다.
- [0049] 이때, 차량상태 추정모듈은 예를 들어 차체와 휠에 각각 설치되어 있는 가속도센서로부터 측정된 차체 수직가속도와 휠 수직가속도를 적분하여, 서스펜션 수직속도를 추정할 수 있다.
- [0050] 또한, 이하 본 발명의 상세한 설명에서는 액츄에이터(300)를 모터, 감속기, 부시로 구성된 하드웨어로 설정하여 작성되었지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 유압식 장치 또는 모터-웜기어 형식으로 연결된 구조를 적용할 수도 있다.
- [0051] 제1제어부(100)는 차량이 직진 주행 중인지 선회 주행 중인지, 도로 상태가 평탄한지 험난한지, 차량 속도가 어느 정도인지를 파악한 후, 미리 설정되어 있는 데이터베이스에서 서스펜션 수직력 목표값을 산출한다. 이렇게 산출된 서스펜션 수직력 목표값은 후술할 제2제어부(200)에서 활용하게 된다.
- [0052] 제1제어부(100)만으로 액츄에이터(300)를 제어할 경우, 차량의 거동에 의해 발생하는 신호를 연산하여 제어신호를 송출한 후, 액츄에이터(300)가 작동하여 차량의 거동이 변화하고, 이로 인하여 변경된 차량의 거동 신호를 다시 연산하여 액츄에이터(300)의 제어신호를 변경 송출하는 사이클에서 딜레이가 발생하게 된다. 따라서, 보다 즉각적인 응답성을 나타내어 딜레이를 최소화시킬 수 있도록 후술할 제2제어부(200)를 적용해야 한다.
- [0053] 제2제어부(200)는 수직력 목표값 및 외란값에 기초하여 액츄에이터(300)의 목표 제어값을 결정한다.
- [0054] 제2제어부(200)는 제1제어부(100)에서 전송받은 서스펜션 수직력 목표값과 차량상태 추정모듈에서 계산된 좌륜과 우륜의 서스펜션 수직속도 차이값인 외란값을 이용하여 액츄에이터(300)의 최종목표제어값을 계산하게 된다. 이때, 서스펜션 수직력 목표값을 통해 계산된 제1목표제어값과 외란값을 통해 계산된 제2목표제어값을 합산하여, 최종목표제어값을 계산하게 된다.
- [0055] 제2제어부(200)는 제1제어부(100)에서 차량 우륜의 서스펜션 수직력 목표값을 입력받고, 하기 식 1을 이용하여 우륜에 대한 액츄에이터(300)의 제1목표제어값을 계산하게 된다.
- [0056] 식 1:  $\tau_{G_c} = G_c F_{R,d} / \tau_{G_c} = G_c F_{L,d}$
- [0057] 단,  $\tau_{G_c}$ 는 제2제어부 제1목표제어값,  $G_c$ 는 제2제어부의 피드백 제어함수,  $F_{R,d}$ 는 우륜 서스펜션 수직력 목표값,  $F_{L,d}$ 는 좌륜 서스펜션 수직력 목표값이다. 이때  $G_c$ 는 식 1-1에 의해 정의되고,  $F_{R,d}$ 는 제1제어부(100)로부터 정해진 값을 전송받게 된다.
- [0058] 식 1-1:  $G_c = Y_1 / S$
- [0059] 단,  $Y_1$ 은 제2제어부의 오픈 루프 제어함수이고,  $S$ 는 민감도 함수로서 식 1-2 내지 1-4로 정의된다.
- [0060] 식 1-2:  $S = 1 - T$
- [0061] 식 1-3:  $T = 1 / (\tau s + 1)^2$
- [0062] 식 1-4:  $\tau = 1 / 2 \pi f$
- [0063] 단,  $T$ 는 목표 전달함수,  $\tau$ 는 시간 상수,  $s$ 는 라플라스 연산자,  $f$ 는 컷오프 주파수를 의미한다.
- [0064] 이때,  $T$ 는  $Y_1 H_4$ 로 표현할 수도 있다.  $H_4$ 는 ARS 액츄에이터 하드웨어의 전달함수 중 하나로서, ARS 액츄에이터 하드웨어의 전달함수는 아래와 같다.

- [0065]  $H1=F_L/\tau_{motor}$
- [0066]  $H2=F_L/V_L$
- [0067]  $H3=F_L/V_R$
- [0068]  $H4=F_R/\tau_{motor}$
- [0069]  $H5=F_R/V_L$
- [0070]  $H6=F_R/V_R$
- [0071] 단,  $F_L$ 은 좌륵 서스펜션 수직력(relative suspension vertical force),  $F_R$ 은 우륵 서스펜션 수직력,  $V_L$ 은 좌륵 서스펜션 수직속도(relative suspension vertical velocity),  $V_R$ 은 우륵 서스펜션 수직속도,  $\tau_{motor}$ 는 액츄에이터의 최종목표제어값( $\tau_{Gc}+\tau_{Y2}$ )을 의미한다. 이때,  $\tau_{Y2}$ 에 대해서는 후술한다.
- [0072] 결과적으로, 제2제어부(200)에서 계산된 우륵의 서스펜션 수직력과 최종목표제어값은 다음과 같이 계산된다.
- [0073]  $F_R=H4\tau_{motor}+H5V_L+H6V_R$
- [0074]  $\tau_{motor}=H4^{-1}(F_R-H5V_L-H6V_R)$
- [0075] 상술한 바와 같이, 본 발명의 상세한 설명에서는 우륵의 서스펜션 수직력 목표값을 기반으로 제1목표제어값을 계산하는 것으로 설명되어 있지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 좌륵의 서스펜션 수직력 목표값을 기반으로 제1목표제어값을 계산할 수도 있다.
- [0076] 이 경우, 식 H4를 식 H1으로 치환하고, 식 H5를 식 H2로 치환하며, 식 H6를 식 H3으로 치환하여,  $F_R$  및  $V_R$ 을 계산할 수 있을 것이다.
- [0077] 한편, 제2제어부(200)는 수직속도 추정모듈로부터 우륵 서스펜션 수직속도와 좌륵 서스펜션 수직속도를 각각 입력받을 수 있다. 이때 수직속도 추정모듈은 차체 가속도센서와 휠 가속도센서에서 측정된 가속도를 적분하여 서스펜션 수직속도를 추정할 수 있다.
- [0078] 제2제어부(200)는 우륵 서스펜션 수직속도와 좌륵 서스펜션 수직속도를 각각 입력받아 그 차이인 외란값( $V_R-V_L$ )을 계산하고, 하기 식 2를 이용하여 액츄에이터(300)의 제2목표제어값을 계산하게 된다.
- [0079] 식 2:  $\tau_{Y2}=Y_2(V_R-V_L)$
- [0080] 단,  $\tau_{Y2}$ 는 제2제어부 제2목표제어값,  $Y_2$ 는 제2제어부의 제어함수,  $V_R$ 은 우륵 서스펜션 수직속도,  $V_L$ 은 좌륵 서스펜션 수직속도이다. 또한,  $Y_2$ 는 하기 식 2-1에 의해 계산되고,  $V_R$  및  $V_L$ 은 하기 식 2-2 및 2-3와 같이 계산된다.
- [0081] 식 2-1:  $Y_2=-H4^{-1}H6/(\tau s+1)^2$
- [0082] 식 2-2:  $V_R=V_{us,R}-V_{s,R}$
- [0083] 식 2-3:  $V_L=V_{us,L}-V_{s,L}$
- [0084] 단,  $V_{us,R}$ 은 우륵 언스프링매스(unsprung mass) 수직속도,  $V_{s,R}$ 은 우륵 스프링매스(sprung mass) 수직속도,  $V_{us,L}$ 은 좌륵 언스프링매스(unsprung mass) 수직속도,  $V_{s,L}$ 은 좌륵 스프링매스(sprung mass) 수직속도이다.
- [0085] 즉, 서스펜션 수직속도는 언스프링매스(예를 들어, 휠) 수직속도와 스프링매스(예를 들어, 차체) 수직속도의 차이로 계산되고, 외란값은 좌륵과 우륵의 서스펜션 수직속도의 차이로 계산된다. 즉, 외란은 좌륵과 우륵의 높이 및 승강 속도의 차이에 의해 발생하는 바, 예를 들어 험로를 주행하거나 둔턱을 넘을 때 발생할 수 있다.
- [0086] 정리하면, 최종적인 액츄에이터(300)의 출력(모터 토크)은 하기 식 3과 같이 제2제어부(200)에서 각각 계산된 제1목표제어값 및 제2목표제어값을 합산하여 결정된다.

- [0087] 식 3:  $\tau_{motor} = \tau_{Gc} + \tau_{Y2}$
- [0088] 상술한 바와 같이 구성된 액티브 서스펜션 제어유닛은 차량의 전륜 또는 후륜 중 어느 하나에 적용될 수도 있고, 전륜과 후륜에 모두 적용될 수 있다. 즉, 전륜액츄에이터(310)에 전륜제2제어부(210)를 설치하고, 후륜액츄에이터(320)에 후륜제2제어부(220)를 설치할 수 있을 것이다.
- [0089] 한편, 제2제어부(200)에서는 하나의 제어기로 제1목표제어값 및 제2목표제어값을 계산할 수도 있지만, 별도로 구성된 두 개의 제어기를 통해 제1목표제어값과 제2목표제어값을 각각 계산할 수도 있을 것이다.
- [0091] 도 3은 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어방법의 순서도이고, 도 4는 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어유닛 및 제어방법을 사용했을 때의 수직력 유동이 감소된 모습을 나타낸 도면이다.
- [0092] 도 1 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 액티브 서스펜션 제어방법은, 주행 상황에 따라 서스펜션 수직력 목표값을 산출하는 단계, 우륜 서스펜션 수직속도와 좌륜 서스펜션 수직속도를 추정하여 외란값을 산출하는 단계, 서스펜션 수직력 목표값을 이용하여 액츄에이터의 제1목표제어값을 계산하고, 외란값을 이용하여 액츄에이터의 제2목표제어값을 계산하며, 액츄에이터의 제1목표제어값 및 제2목표제어값을 합산하여 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 단계 및 계산된 액츄에이터의 최종목표제어값을 이용하여 액츄에이터를 작동시키는 단계를 포함하여 구성된다.
- [0093] 서스펜션 수직력 목표값을 산출하는 단계에서는, 제1제어부(100)에서 차량의 속도, 선회각, 노면 상태 등을 종합적으로 고려하여 미리 저장되어 있는 프로파일에서 좌륜 및 우륜에 대한 서스펜션 수직력 목표값을 산출한다.
- [0094] 외란값을 산출하는 단계에서는, 차량상태 추정모듈에서 서스펜션 수직가속도를 적분하여 서스펜션 수직속도를 추정하고, 좌륜과 우륜의 서스펜션 수직속도의 차이를 이용하여 외란값을 산출한다.
- [0095] 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 단계에서는, 서스펜션 수직력 목표값을 산출하는 단계에서 발생된 정보와, 외란값을 산출하는 단계에서 발생된 정보를 이용하여 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하게 된다.
- [0096] 구체적으로는, 제1제어부(100)에서 전달된 서스펜션 수직력 목표값에 대응하기 위한 액츄에이터(300)의 제1목표제어값 및 차량상태 추정모듈에서 전달된 외란값에 대응하기 위한 서스펜션 수직력 및 액츄에이터(300) 제2목표제어값을 제2제어부(200)에서 각각 계산하여, 제1목표제어값 및 제2목표제어값을 합산하여 액츄에이터(300)의 최종목표제어값을 계산하게 된다.
- [0097] 만약 제2제어부(200)가 없다면, 인너시아(inertia) 및 댐핑 요소들에서 발생하는 지연시간으로 인해 0.2초 정도의 제어 딜레이가 발생하게 된다. 이러한 딜레이를 탑승자가 인지하면 출렁임이나 진동 등의 불편을 경험하게 되므로, 종래에는 초기 반응시 액츄에이터 출력을 과도하게 높이거나 별도의 제어전략을 추가하는 방법을 사용하였다.
- [0098] 도 4에 도시된 바와 같이, 서브제어부(200)를 사용하지 않을 경우 액츄에이터(300)의 하드웨어적 특성 때문에 목표로 하는 종래의 스텝바 반응성과 차이를 나타내게 되고, 이는 탑승자에게 이질감을 발생시킬 뿐만 아니라 과도한 흔들림이 유발될 수 있다.
- [0099] 따라서, 본 발명에서는 제2제어부(200)를 통해 딜레이를 최소화하면서, 종래의 스텝바와 유사한 반응성을 나타낼 수 있도록 액츄에이터(300)의 출력을 제어함으로써, 탑승자의 안락감을 향상시킴과 함께 둔탁이나 험로 주행 시에도 안정적인 주행 성능을 나타낼 수 있게 된다.
- [0100] 액츄에이터를 작동시키는 단계에서는, 앞서 계산된 최종적인 액츄에이터 출력을 액츄에이터(300)에 인가하여 작동시킴으로써, 차량의 실내공간에 전달되는 흔들림, 진동 등을 최소화시키게 된다.
- [0101] 또한, 외란값을 산출하는 단계, 액츄에이터의 최종목표제어값을 계산하는 단계에서의 세부적인 제어 방법은 앞서 설명한 액티브 서스펜션 제어유닛에 대한 설명으로 같음하도록 한다.
- [0103] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

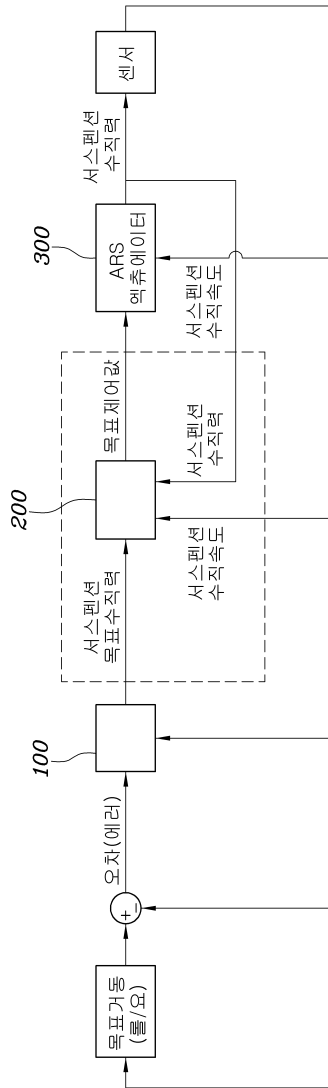
[0104] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**부호의 설명**

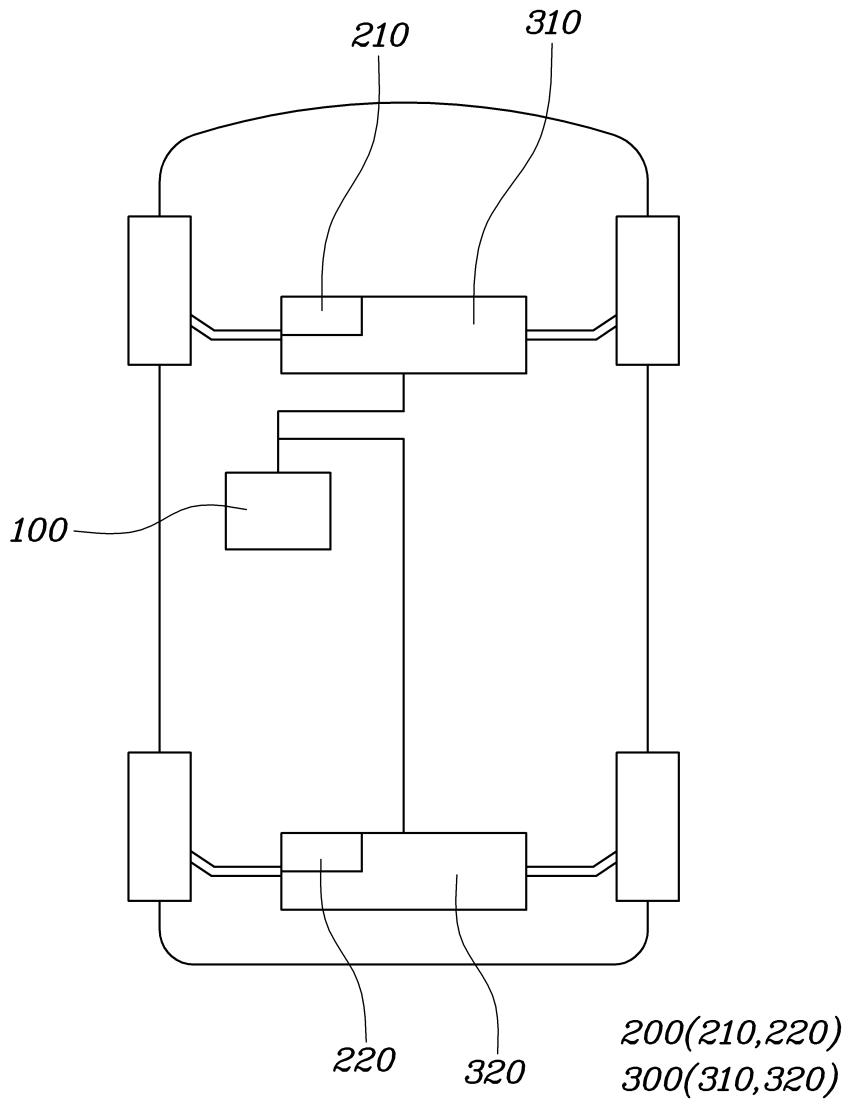
[0106] 100: 제1제어부  
 200: 제2제어부  
 210: 전륜제2제어부  
 220: 후륜제2제어부  
 300: 액츄에이터  
 310: 전륜액츄에이터  
 320: 후륜액츄에이터

도면

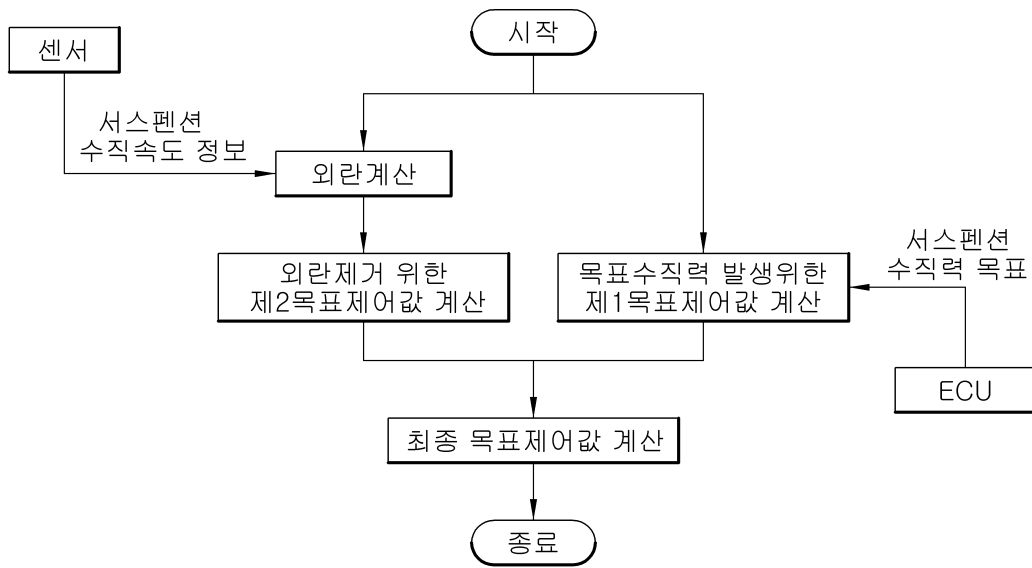
도면1



도면2



도면3



도면4

