



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0117665  
(43) 공개일자 2024년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B60W 40/13 (2012.01) B60W 40/109 (2012.01)  
(52) CPC특허분류  
B60W 40/13 (2013.01)  
B60W 40/109 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2023-0009182  
(22) 출원일자 2023년01월25일  
심사청구일자 2023년01월25일

(71) 출원인  
한국기술교육대학교 산학협력단  
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)  
(72) 발명자  
유승한  
서울특별시 강남구 도곡로78길 22, 108동 2006호 (대치동, 대치삼성아파트)  
(74) 대리인  
이관호, 문종화

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치 및 방법**

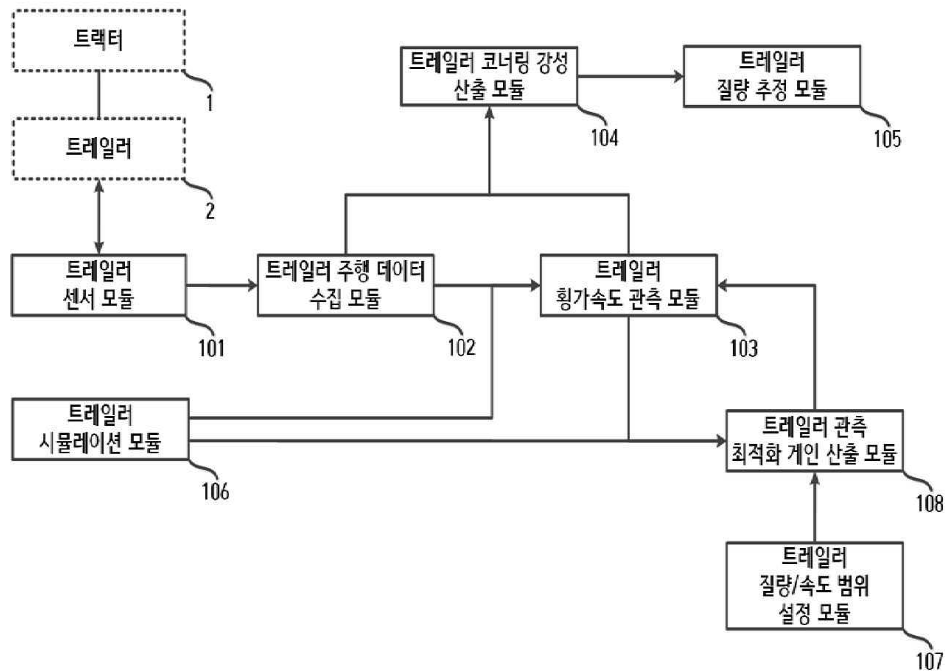
(57) 요약

횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치 및 방법이 개시된다. 트레일러의 주행 데이터를 감지하는 트레일러 센서 모듈; 상기 트레일러 센서 모듈에서 실시간 감지되는 주행 데이터를 수집하는 트레일러 주행 데이터 수집 모듈; 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 횡가속도를 관측하는

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

100



트레일러 횡가속도 관측 모듈; 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터 및 상기 트레일러 횡가속도 관측 모듈에서 관측된 트레일러 횡가속도에 기반하여 코너링 강성을 산출하는 트레일러 코너링 강성 산출 모듈; 상기 트레일러 코너링 강성 산출 모듈에서 산출된 트레일러 코너링 강성을 이용하여 상기 트레일러의 트레일러 질량을 추정하는 트레일러 질량 추정 모듈을 구성한다. 상술한 횡가속도를 이용한 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치 및 방법에 의하면, 트레일러의 주행 중 횡가속도를 정확하게 측정하고, 이를 기반으로 코너링 강성 변화를 이용하여 트레일러의 질량을 정확하게 추정하도록 구성됨으로써, 트레일러의 화물 적재 여부에 무관하게 트레일러의 질량을 언제든지 쉽게 찾을 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

*B60W 2300/145* (2013.01)

*B60W 2520/10* (2013.01)

*B60W 2520/125* (2013.01)

*B60W 2530/10* (2013.01)

*B60W 2540/18* (2013.01)

*B60Y 2200/148* (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

트레일러의 주행 데이터를 감지하는 트레일러 센서 모듈;

상기 트레일러 센서 모듈에서 실시간 감지되는 주행 데이터를 수집하는 트레일러 주행 데이터 수집 모듈;

상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 트레일러 질량 추정 모듈을 포함하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 주행 데이터는,

상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도를 포함하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 트레일러 질량 추정 모듈은,

상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 트레일러 질량 추정 모듈은,

상기 트레일러의 소정 범위의 주행 속도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치.

#### 청구항 5

제3항에 있어서, 상기 트레일러 질량 추정 모듈은,

상기 트레일러의 소정 범위의 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치.

#### 청구항 6

트레일러 센서 모듈이 트레일러의 주행 데이터를 감지하는 단계;

트레일러 주행 데이터 수집 모듈이 상기 트레일러 센서 모듈에서 실시간 감지되는 주행 데이터를 수집하는 단계;

트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계를 포함하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 주행 데이터는,

상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도를 포함하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서, 상기 트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계는,

상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법.

**청구항 9**

제8항에 있어서, 상기 트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계는,

상기 트레일러의 소정 범위의 주행 속도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법.

**청구항 10**

제8항에 있어서, 상기 트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계는,

상기 트레일러의 소정 범위의 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 트레일러(trailer) 질량 추정 장치 및 방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 횡가속도(lateral acceleration)를 이용한 트레일러 질량 추정 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0002] 이 특허는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1004405).

**배경 기술**

[0004] 트랙터(tractor)를 이용하여 트레일러(trailer)를 끌기 위해서는 트레일러의 무게를 미리 가늠할 필요가 있다. 트랙터 질량과 트레일러 자체의 명목상 질량을 이미 알고 있다는 가정 하에 화물 등으로 인한 트레일러의 질량 변동치를 가늠할 수 있어야 트레일러를 끌 수 있을지 여부를 미리 판단할 수 있고, 트레일러가 사고로 이어지는 것을 방지할 수 있다.

[0005] 즉, 트레일러에 화물이나 짐이 실려 있거나 또는 트레일러가 비어 있는 경우에는 트레일러 전체의 무게 차이가 매우 크다. 트레일러의 적재 여부나 적재 무게에 따라서도 트레일러의 전체 무게가 달라지기 때문에 언제든지 트레일러의 무게를 정확하게 측정할 수 있어야 한다.

[0006] 그러나, 질량에 변동이 발생한 트레일러의 무게를 직접적으로 측정하기는 쉽지 않다는 문제점이 있다.

[0007] 이에, 트레일러의 무게를 직접 측정하지 않고서도 트레일러의 무게를 정확하게 측정할 수 있는 수단이 요구된다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 공개특허공보 10-2021-0136022  
(특허문헌 0002) 공개특허공보 10-2020-0104878

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 목적은 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치를 제공하는 데 있다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법을 제공하는 데 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0013] 상술한 본 발명의 목적에 따른 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치는, 트레일러의 주행 데이터를 감지하는 트레일러 센서 모듈; 상기 트레일러 센서 모듈에서 실시간 감지되는 주행 데이터를 수집하는 트레일러 주행 데이터 수집 모듈; 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 트레일러 질량 추정 모듈을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 주행 데이터는, 상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도를 포함하도록 구성될 수 있다.

[0015] 그리고 상기 트레일러 질량 추정 모듈은, 상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0016] 그리고 상기 트레일러 질량 추정 모듈은, 상기 트레일러의 소정 범위의 주행 속도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0017] 그리고 상기 트레일러 질량 추정 모듈은, 상기 트레일러의 소정 범위의 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0018] 상술한 본 발명의 다른 목적에 따른 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법은, 트레일러 센서 모듈이 트레일러의 주행 데이터를 감지하는 단계; 트레일러 주행 데이터 수집 모듈이 상기 트레일러 센서 모듈에서 실시간 감지되는 주행 데이터를 수집하는 단계; 트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계를 포함하도록 구성될 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 주행 데이터는, 상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도를 포함하도록 구성될 수 있다.

[0020] 그리고 상기 트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계는, 상기 트레일러의 주행 속도 및 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0021] 그리고 상기 트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계는, 상기 트레일러의 소정 범위의 주행 속도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0022] 그리고 상기 트레일러 질량 추정 모듈이 상기 트레일러 주행 데이터 수집 모듈에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정하는 단계는, 상기 트레일러의 소정 범위의 조향 각도에 기반하여 상기 트레일러의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0024] 상술한 횡가속도를 이용한 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치 및 방법에 의하면, 트레일러의 주행 중 횡가속도를 정확하게 측정하고, 이를 기반으로 코너링 강성 변화를 이용하여 트레일러의 질량을 정확하게 추정하도록 구성됨으로써, 트레일러의 화물 적재 여부에 무관하게 트레일러의 질량을 언제든지 쉽게 찾을 수 있는 효과가 있다.
- [0025] 특히, 트레일러 주행 시뮬레이션을 이용하여 트레일러의 주행 속도나 질량의 범위에 따라 횡가속도 추정의 게인 (gain)을 최적화하도록 구성됨으로써, 횡가속도 추정 및 이에 따른 질량 추정의 정확도를 더욱 높일 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치의 블록 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 트레일러 주행 관련 파라미터를 도시한 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 히치각의 2차 미분치  $\ddot{\theta}$  추정 결과 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 트레일러 횡가속도 추정 검증 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 질량 변화에 따른 횡가속도 추정 결과 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 질량 변화에 따른 횡가속도 추정 결과 그래프이다.
- 도 7은 트레일러 질량이 +400kg일 때 이중 차선 변경(double lane change, DLC) 상황의 추정 결과 예시도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법의 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0028] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 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.
- [0029] 제1, 제2, A, B 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. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0031] 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 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0032] 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.

[0033] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치의 블록 구성도이다. 그리고 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 트레일러 주행 관련 파라미터를 도시한 모식도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 히치각의 2차 미분치  $\ddot{\theta}$  추정 결과 그래프이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 트레일러 횡가속도 추정 검증 그래프이고, 도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 질량 변화에 따른 횡가속도 추정 결과 그래프이고, 도 7은 트레일러 질량이 +400kg일 때 이중 차선 변경(double lane change, DLC,) 상황의 추정 결과 예시도이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 장치(100)는 트레일러 센서(trailer sensor) 모듈(101), 트레일러 주행 데이터 수집 모듈(102), 트레일러 횡가속도(lateral acceleration) 관측 모듈(103), 트레일러 코너링 강성(trailer cornering stiffness) 변화 산출 모듈(104), 트레일러 질량 추정 모듈(105), 트레일러 시뮬레이션 모듈(106), 트레일러 질량/속도 범위 설정 모듈(107), 트레일러 관측 최적화 계인(trailer observer optimization gain) 산출 모듈(108)을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0036] 이하, 세부적인 구성에 대하여 설명한다.

[0037] 트레일러 센서 모듈(101)은 트레일러(2)의 주행 데이터를 감지하도록 구성될 수 있다. 트레일러 센서 모듈(101)은 트레일러(2)에 부착되어 각종 주행 데이터를 감지하며, 여기서, 주행 데이터는 도 2의 트랙터 조향각  $\delta_f$ , 트랙터 주행 속도  $V_x$ , 트랙터 요레이트(yawrate)  $r_1$ , 트랙터 횡가속도  $Ay_1$  등을 수집하도록 구성될 수 있다.

[0038] 트레일러 주행 데이터 수집 모듈(102)은 트레일러 센서 모듈(101)에서 실시간 감지되는 주행 데이터를 수집하도록 구성될 수 있다.

[0039] 트레일러 횡가속도 관측 모듈(103)은 트레일러 주행 데이터 수집 모듈(102)에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 횡가속도를 관측하도록 구성될 수 있다. 여기서, 트레일러 횡가속도 관측 모듈(103)은 루엔버거 관측기(Luenberger observer)를 이용하여 횡가속도를 추정하도록 구성될 수 있다.

[0040] 트레일러 횡가속도 관측 모듈(103)은 트레일러(2)의 횡가속도  $Ay_2$ 를 다음 수학식 1을 이용하여 추정하도록 구성될 수 있다.

**수학식 1**

$$\begin{aligned}
 Ay_2 &= \dot{v}_1 + ur - h_1\dot{r} - a_2(\dot{r} + \ddot{\theta})\cos\theta \\
 &= Ay_1 - h_1\dot{r} - a_2(\dot{r} + \ddot{\theta})
 \end{aligned}$$

[0041]

[0042] 여기서,  $Ay_2$ 는 트레일러의 횡가속도,  $Ay_1$ 는 트랙터의 횡가속도,  $\dot{v}_1$ 은 트랙터(1)의 횡속도(lateral velocity)의 미분치,  $r$ 은 요레이트(yawrate),  $\dot{r}$ 은 요레이트의 미분치,  $\theta$ 는 트랙터(1)와 트레일러(2) 사이의 각도인 히치각(hitch angle),  $\ddot{\theta}$ 는 트랙터(1)와 트레일러(2) 간의 히치각의 2차 미분치,  $a_1$ 은 트랙터 전륜에서 트랙터 질량 중심까지의 거리,  $a_2$ 는 트랙터 후단에서 트레일러 질량 중심까지의 거리,  $h_1$ 은 트랙터 질량 중심에서 트랙터 후단까지의 거리이고,  $u$ 는 종방향 속도이고, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다..

[0043] 여기서,  $Ay_1 = \dot{v}_1 + ur$  이고,  $\phi \approx 0$  의 가정 하에  $\cos\phi \approx 1$  이라고 본다.

[0044] 위 수학적 식 1의 횡가속도 추정은 다음 수학적 식 2의 트레일러 운동방정식으로부터 도출될 수 있다.

**수학적 식 2**

[0045] 
$$m_2(\dot{v}_1 + ur - h_1\dot{r} - a_2(\dot{r} + \ddot{\phi})\cos\phi) = F_3\cos\phi - F_{yh}$$

[0046] 여기서,  $m_2$ 는 트레일러(2)의 질량,  $\phi$ 는 트랙터(1)와 트레일러(2) 사이의 각도인 히치각(hitch angle),  $r$ 은 트랙터 요레이트(yawrate),  $\dot{r}$ 은 트랙터 요레이트의 미분치,  $u$ 는 트랙터 종방향 속도,  $a_2$ 는 트랙터 후단에서 트레일러 질량 중심까지의 거리,  $h_1$ 은 트랙터 질량 중심에서 트랙터 후단까지의 거리이고,  $F_3$ 는 트레일러 후륜의 횡력,  $F_{yh}$ 는 히치에서 트레일러에 작용하는 횡력이고, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0047] 한편, 트레일러(2)의 횡가속도를 추정하기 위해서는  $\ddot{\phi}$ 를 먼저 연산하여야 하며,  $\ddot{\phi}$ 는 진드라 트레일러 모델(Jindra Trailer model)을 이용하여 다음의 상태 방정식에서 산출될 수 있다.

**수학적 식 3**

[0048] 
$$M\dot{x} = -\frac{1}{u}Ax + B\delta_1$$

[0049] 여기서,  $x$ 는 상태 벡터이고,  $\delta_1$ 은 트랙터(1)의 전륜휠 조향 각도(front wheel steer angle),  $u$ 는 종방향 속도, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0050] 그리고 위 수학적 식 3은 다음 수학적 식 4와 같이 풀어서 표현될 수 있다.

**수학적 식 4**

[0051] 
$$\underbrace{\begin{bmatrix} m_1+m_2 & -m_2(h_1+a_2) & -m_2a_2 & 0 \\ -m_2h_1 & l_1+m_2h_1(h_1+a_2) & m_2h_1a_2 & 0 \\ -m_2a_2 & l_2+m_2a_2^2+m_2h_1a_2 & l_2+m_2a_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_M \underbrace{\begin{bmatrix} C_1+C_2+C_3 & a_1C_1-b_1C_2-(h_1+l_2)C_3+(m_1+m_2)u^2 & -l_2C_3 & -uC_3 \\ a_1C_1-b_1C_2-h_1C_3 & a^2C_1+b^2C_2+h_1(h_1+l_2)C_3-m_2h_1u^2 & h_1l_1C_3 & uh_1C_3 \\ -(a_2+b_2)C_3 & (a_2+b_2)(h_1+l_2)C_3-m_2a_2u^2 & l_2^2C_3 & ul_2C_3 \\ 0 & 0 & -u & 0 \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} v_1 \\ \dot{r} \\ \ddot{\phi} \\ \phi \end{bmatrix}}_x = -\frac{1}{u} \begin{bmatrix} C_1+C_2+C_3 & a_1C_1-b_1C_2-(h_1+l_2)C_3+(m_1+m_2)u^2 & -l_2C_3 & -uC_3 \\ a_1C_1-b_1C_2-h_1C_3 & a^2C_1+b^2C_2+h_1(h_1+l_2)C_3-m_2h_1u^2 & h_1l_1C_3 & uh_1C_3 \\ -(a_2+b_2)C_3 & (a_2+b_2)(h_1+l_2)C_3-m_2a_2u^2 & l_2^2C_3 & ul_2C_3 \\ 0 & 0 & -u & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ r \\ \phi \\ \phi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 \\ a_1C_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \delta_1$$

[0052] 여기서,  $m$ 은 질량(mass),  $l$ 은 질량 중심까지의 거리(distance to mass center),  $C_1$ 은 트랙터 전륜의 코

너링 강성(cornering stiffness),  $C_2$ 는 트랙터 후륜의 코너링 강성,  $C_3$ 은 트레일러의 코너링 강성,  $a_1$ 은 트랙터 전륜에서 트랙터 질량 중심까지의 거리,  $a_2$ 는 트랙터 후단에서 트레일러 질량 중심까지의 거리,  $h_1$ 은 트랙터 질량 중심에서 트랙터 후단까지의 거리이고,  $b_1$ 은 트랙터 질량 중심에서 트랙터 후륜까지의 거리이고,  $b_2$ 는 트레일러 질량 중심에서 트레일러 후륜까지의 거리,  $l_1$ 은 트랙터 전륜에서 트랙터 후륜까지의 거리,  $l_2$ 는 트레일러 전단에서 트레일러 후륜까지의 거리,  $\delta$ 은 휠 각도(wheel angle),  $u$ 는 종방향 속도, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0053] 그리고 위 수학식 3 및 수학식 4는 각각 다음 수학식 5 및 수학식 6으로 변환될 수 있다.

수학식 5

$$\dot{x} = -\frac{1}{u}M^{-1}Ax + M^{-1}B\delta_1$$

[0054]

수학식 6

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{r} \\ \ddot{\phi} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \frac{1}{u} \begin{bmatrix} m_1+m_2 & -m_2(h_1+a_2) & -m_2a_2 & 0 \\ -m_2h_1 & l_1+m_2h_1(h_1+a_2) & m_2h_1a_2 & 0 \\ -m_2a_2 & l_2+m_2a_2^2+m_2h_1a_2 & l_2+m_2a_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_1+C_2+C_3 & a_1C_1-b_1C_2-(h_1+l_2)C_3+(m_1+m_2)u^2 & -l_2C_3 & -uC_3 \\ a_1C_1-b_1C_2-h_1C_3 & a^2C_1+b^2C_2+h_1(h_1+l_2)C_3-m_2h_1u^2 & h_1l_1C_3 & ul_1C_3 \\ -(a_2+b_2)C_3 & (a_2+b_2)(h_1+l_2)C_3-m_2a_2u^2 & l_2^2C_3 & ul_2C_3 \\ 0 & 0 & -u & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ r \\ \dot{\phi} \\ \phi \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} m_1+m_2 & -m_2(h_1+a_2) & -m_2a_2 & 0 \\ -m_2h_1 & l_1+m_2h_1(h_1+a_2) & m_2h_1a_2 & 0 \\ -m_2a_2 & l_2+m_2a_2^2+m_2h_1a_2 & l_2+m_2a_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_1 \\ a_1C_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \delta_1 = \bar{A}$$

$$= \bar{B}$$

[0055]

[0056] 여기서,  $m$ 은 질량(mass),  $l$ 은 질량 중심까지의 거리(distance to mass center),  $C_1$ 은 트랙터 전륜의 코너링 강성(cornering stiffness),  $C_2$ 는 트랙터 후륜의 코너링 강성,  $C_3$ 은 트레일러의 코너링 강성,  $a_1$ 은 트랙터 전륜에서 트랙터 질량 중심까지의 거리,  $a_2$ 는 트랙터 후단에서 트레일러 질량 중심까지의 거리,  $h_1$ 은 트랙터 질량 중심에서 트랙터 후단까지의 거리이고,  $b_1$ 은 트랙터 질량 중심에서 트랙터 후륜까지의 거리이고,  $b_2$ 는 트레일러 질량 중심에서 트레일러 후륜까지의 거리,  $l_1$ 은 트랙터 전륜에서 트랙터 후륜까지의 거리,

$l_2$  는 트레일러 전단에서 트레일러 후륜까지의 거리,  $\delta$  은 휠 각도(wheel angle),  $u$  는 종방향 속도, 첨자 1 은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0057] 위 수학식 6은 다음 수학식 7로 간략화될 수 있고, 수학식 7은 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

**수학식 7**

[0058] 
$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{r} \\ \ddot{\emptyset} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{A_{11}} & \overline{A_{12}} & \overline{A_{13}} & \overline{A_{14}} \\ \overline{A_{21}} & \overline{A_{22}} & \overline{A_{23}} & \overline{A_{24}} \\ \overline{A_{31}} & \overline{A_{32}} & \overline{A_{33}} & \overline{A_{34}} \\ \overline{A_{41}} & \overline{A_{42}} & \overline{A_{43}} & \overline{A_{44}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ r \\ \dot{\phi} \\ \phi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \overline{B_{11}} \\ \overline{B_{21}} \\ \overline{B_{31}} \\ \overline{B_{41}} \end{bmatrix} \delta_1$$

[0059] 여기서,  $\emptyset$  는 트랙터(1)와 트레일러(2) 사이의 각도인 히치각(hitch angle),  $\ddot{\emptyset}$  는 트랙터(1)와 트레일러(2) 간의 히치각의 2차 미분치,  $u$  는 종방향 속도, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0060] 이때,  $Ay_1$  은 수학식 8이므로,  $\dot{v}_1$  과  $Ay_1$  은 각각 수학식 9 및 수학식 10과 같이 변환될 수 있다.

**수학식 8**

[0061] 
$$Ay_1 = \dot{v}_1 + ur$$

[0062] 여기서,  $Ay_1$  은 트랙터 횡가속도,  $r$  은 요레이트(yawrate),  $u$  는 종방향 속도, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2 는 트레일러(2)를 의미한다.

**수학식 9**

[0063] 
$$\dot{v}_1 = \overline{A_{11}} v_1 + \overline{A_{12}} r + \overline{A_{13}} \dot{\emptyset} + \overline{A_{14}} \emptyset + \overline{B_{11}} \delta_1$$

[0064] 여기서,  $Ay_1$  은 트랙터 횡가속도,  $\emptyset$  는 트랙터(1)와 트레일러(2) 사이의 각도인 히치각(hitch angle),  $\delta$  은 휠 각도(wheel angle)이고, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

**수학식 10**

[0065] 
$$Ay_1 = \overline{A_{11}} v_1 + (\overline{A_{12}} + u) r + \overline{A_{13}} \dot{\emptyset} + \overline{A_{14}} \emptyset + \overline{B_{11}} \delta_1$$

[0066] 여기서,  $Ay_1$  은 트랙터 횡가속도,  $\emptyset$  는 트랙터(1)와 트레일러(2) 사이의 각도인 히치각(hitch angle),  $\delta$  은 휠 각도(wheel angle)이고, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0067] 위 수학식 9 및 수학식 10에 의해 트랙터(1) 및 트레일러(2)의 요레이트  $r$  와 트랙터(1)의 횡가속도  $Ay_1$ 를 나타내는 상태 방정식은 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

$$\begin{bmatrix} \dot{r} \\ Ay_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ \bar{A}_{11} & \bar{A}_{12} + u & \bar{A}_{13} & \bar{A}_{14} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ r \\ \dot{\phi} \\ \phi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{B}_{11} \end{bmatrix} \delta_1$$

[0068]

[0069] 여기서,  $r$  은 트랙터 요레이트(yawrate),  $v_1$  은 트랙터 속도(velocity),  $\delta_1$  은 트랙터 전륜 조향 각도(wheel angle), 첨자 1은 트랙터(1)를 의미한다.

[0070] 즉, 트레일러 횡가속도 관측 모듈(103)은 위 수학식 11의 상태 방정식을 이용하여 먼저 트랙터(1)의 횡가속도를 추정하도록 구성될 수 있다.

[0071] 그리고 수학식 11로부터 다음의 수학식 12 및 수학식 13이 도출될 수 있으며, 트레일러(2)의 횡가속도가 추정될 수 있다.

수학식 12

$$\dot{\hat{x}} = \bar{A}\hat{x} + \bar{B}u + L(y - \hat{y})$$

[0072]

수학식 13

$$\hat{A}y_2 = Ay_1 - h_1\dot{r} - a_2(\dot{r} + \ddot{\phi})$$

[0073]

[0074] 여기서,  $\hat{A}y_2$  는 트레일러(2)의 횡가속도 추정치이고,  $\dot{r}$  은 요레이트의 미분치,  $a_2$  는 트랙터 후단에서 트레일러 질량 중심까지의 거리,  $h_1$  은 트랙터 질량 중심에서 트랙터 후단까지의 거리,  $\phi$  는 트랙터(1)와 트레일러(2) 사이의 각도인 히치각(hitch angle),  $\ddot{\phi}$  는 히치각의 2차 미분의 추정치, 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0075] 트레일러 코너링 강성 변화 산출 모듈(104)은 트레일러 주행 데이터 수집 모듈(102)에서 수집된 주행 데이터 및 트레일러 횡가속도 관측 모듈(103)에서 관측된 트레일러 횡가속도에 기반하여 코너링 강성을 산출하도록 구성될 수 있다.

[0076] 먼저 트레일러 코너링 강성 변화 산출 모듈(104)은 트레일러(10)의 코너링 힘(cornering force) 즉, 횡력은 코너링 강성과 슬립각(slip angle)의 곱이므로, 횡가속도를 이용하여 코너링 강성을 산출할 수 있다.

[0077] 한편, 트레일러 코너링 강성 변화 산출 모듈(104)은 트레일러(2)의 질량  $m_2$ 의 변화는 트레일러(10)를 앞에서 견인하는 트랙터(1)의 전륜과 후륜의 힘  $Fz$ 의 변화로 인하여 트랙터(1)의 전/후 코너링 강성(cornering stiffness)도 수학식 14 및 수학식 15와 같이 변화한다고 가정한다.

수학식 14

$$C_1 \rightarrow (K_1 m_2 + K_2) C_{1,n}$$

수학식 15

$$C_2 \rightarrow (K_3 m_2 + K_4) C_{2,n}$$

여기서,  $C_1$  은 트랙터 전륜의 코너링 강성(cornering stiffness),  $C_2$  는 트랙터 후륜의 코너링 강성,  $K_1$ ,  $K_3$  는 트레일러 무게  $m_2$ 에 대한 트랙터 전/후 코너링 강성 변화 비례 계인,  $K_2$ ,  $K_4$ 는 트레일러 장착에 의해 변화하는 상수이고,  $m$  은 질량(mass), 첨자 1은 트랙터(1)의 전륜, 첨자 2는 트레일러(2)의 후륜을 의미한다.

일반적으로는 트레일러(2)의 무게에 의해 트랙터(1)의 후륜의 **Fz** 는 증가하고 트랙터(1)의 전륜의 **Fz**는 감소한다.

트레일러 질량 추정 모듈(105)은 트레일러 코너링 강성 산출 모듈(104)에서 산출된 트레일러 코너링 강성을 이용하여 트레일러 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

여기서, 위 수학식 14 및 수학식 15의 가정 하에 코너링 강성과 트레일러(2)의 질량  $m_2$  간의 관계식을 다음 수학식 16과 같이 도출될 수 있다.

수학식 16

$$m_2 = m_{2,n} + \frac{1}{2} \left[ \frac{C_1}{K_1 C_{1,n}} + \frac{C_2}{K_3 C_{2,n}} - \frac{K_1 + K_3}{K_1 K_3} \right]$$

여기서,  $C_1$  은 트랙터 전륜의 코너링 강성(cornering stiffness),  $C_2$  는 트랙터 후륜의 코너링 강성,  $m$  은 질량(mass), 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

이때,  $C_{1,n}$  과  $C_{2,n}$  은  $m_{2,n}$ 에 대해 적합하게 설정될 수 있다.

그리고 트레일러 질량을 추정하기 위해 위 수학식 14로부터 다음 수학식 17 또는 수학식 18과 같이 변환할 수 있다.

수학식 17

$$\delta - \frac{a_1 + b_1}{v_x} r - \frac{P_1}{\alpha_1} + \frac{P_2}{\alpha_2} = \left[ F_{y1,nom} - P_1 \frac{C_{1,n} - \alpha_1 m_{2,n}}{\alpha_1} \right] \frac{1}{C_1} + \left[ -F_{y2,nom} + P_2 \frac{C_{2,n} - \alpha_2 m_{2,n}}{\alpha_2} \right] \frac{1}{C_2}$$

[0089] 여기서,  $\delta$  은 휠 각도(wheel angle),  $\alpha$  는 타이어 슬립각(tire slip angle),  $v$  는 속도이고, 여기서,  $C_1$ 은 트랙터 전륜의 코너링 강성(cornering stiffness),  $C_2$  는 트랙터 후륜의 코너링 강성,  $F_{y1,nom}$ 은 트랙터 명목상 횡력,  $F_{y2,nom}$  은 트레일러 명목 횡력,  $m$  은 질량(mass), 첨자  $x, y, z$ 는 종방향/횡방향/수직방향(longitudinal/lateral/vertical direction), 첨자 1은 트랙터(1), 첨자 2는 트레일러(2)를 의미한다.

[0090]  $F_{y1,nom}$  와  $P_1$  은 다음 수학적 식 18과 정의되고,  $F_{y2,nom}$  와  $P_2$  는 다음 수학적 식 19와 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 18

$$F_{y1} = \frac{m_1 a_{y,1} b_1 + I_{z,1} \dot{r}_1}{a_1 + b_1} + \frac{h_1 - b_1}{a_1 + b_1} F_{yh}$$

$$= \frac{m_1 a_{y,1} b_1 + I_{z,1} \dot{r}_1}{a_1 + b_1} + \frac{h_1 - b_1}{a_1 + b_1} \frac{-k_2^2 (\dot{r}_1 + \ddot{\phi}) - b_2 a_{y,2}}{a_2 + b_2} m_2$$

$F_{y1,nom}$

$P_1$

[0091]

수학적 식 19

$$F_{y2} = \frac{m_1 a_{y,1} a_1 - I_{z,1} \dot{r}_1}{a_1 + b_1} - \frac{a_1 + h_1}{a_1 + b_1} F_{yh} \quad * \alpha_2 = K_3 C_{2,n}$$

$$= \frac{m_1 a_{y,1} a_1 - I_{z,1} \dot{r}_1}{a_1 + b_1} - \frac{a_1 + h_1}{a_1 + b_1} \frac{-k_2^2 (\dot{r}_1 + \ddot{\phi}) - b_2 a_{y,2}}{a_2 + b_2} m_2$$

$F_{y2,nom}$

$P_2$

[0092]

[0093] 다음 수학적 식 20은 수학적 식 17을 간략화하여 나타낸 것이다.

수학식 20

$$y = \phi_1^T \theta_1 + \phi_2^T \theta_2$$

여기서,  $\phi_1$ ,  $\phi_2$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  는 다음 수학식 21과 같이 정의된다.

수학식 21

$$\underbrace{\delta - \frac{a_1 + b_1}{v_x} r - \frac{P_1}{\alpha_1} + \frac{P_2}{\alpha_2}}_y = \underbrace{\left[ F_{y1,nom} - P_1 \frac{C_{1,n} - \alpha_1 m_{2,n}}{\alpha_1} \right]}_{\phi_1^T} \underbrace{\frac{1}{C_1}}_{\theta_1} + \underbrace{\left[ -F_{y2,nom} + P_2 \frac{C_{2,n} - \alpha_2 m_{2,n}}{\alpha_2} \right]}_{\phi_2^T} \underbrace{\frac{1}{C_2}}_{\theta_2}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow y &= \phi_1^T \theta_1 + \phi_2^T \theta_2 \\ \hat{y} &= \phi_1^T \hat{\theta}_1 + \phi_2^T \hat{\theta}_2 \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} \varepsilon = y - \hat{y} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\hat{C}_1} \right) = \dot{\hat{\theta}}_1 = \gamma_1 \varepsilon \phi_1 \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\hat{C}_2} \right) = \dot{\hat{\theta}}_2 = \gamma_2 \varepsilon \phi_2 \end{cases}$$

파라미터 적응(parameter adaption) 알고리즘을 이용하여 트레일러 질량을 추정하기 위한 관계식이 다음 수학식 19과 같이 도출할 수 있다.

수학식 22

$$\hat{m}_2 = m_{2,n} + \frac{1}{2} \left[ \frac{\hat{C}_1}{K_1 C_{1,n}} + \frac{\hat{C}_2}{K_3 C_{2,n}} - \frac{K_1 + K_3}{K_1 K_3} \right]$$

여기서,  $\hat{m}_2$  는 트레일러(2)의 질량 추정치이고,  $C_1$  은 트랙터 전륜의 코너링 강성(cornering stiffness),  $C_2$  는 트랙터 후륜의 코너링 강성, 첨자 1은 트랙터이고, 첨자 2는 트레일러를 의미한다.

트레일러(2)의 질량  $m_2$  는 트레일러(2)의 자체 질량인 기지의 명목 질량과 화물 적재로 인한 질량 변동량의 합으로 구성된다고 볼 수 있다.

트레일러 시뮬레이션 모듈(106)은 트레일러(10)의 소정의 질량 범위에 따른 주행 데이터를 시뮬레이션하여 시뮬레이션 데이터를 생성하도록 구성될 수 있다. 트레일러(10)의 화물 적재 등에 따라 질량 범위가 다소 크다고 볼 수 있으므로, 이에 따른 질량 추정의 정확도를 위해 시뮬레이션이 이루어질 수 있다. 질량 범위는 시뮬레이션에 기반하여 -200kg에서 +600kg까지의 시뮬레이션 데이터가 이용될 수 있다.

이때, 트레일러 횡가속도 관측 모듈(103)은 트레일러 시뮬레이션 모듈(106)에서 생성된 시뮬레이션 데이터를 이용하여 트레일러 횡가속도를 관측하도록 구성될 수 있다.

트레일러 질량/속도 범위 설정 모듈(107)은 트레일러(10)의 횡가속도 관측을 질량 범위 및 주행 속도 범위를 설정하도록 구성될 수 있다.

트레일러 관측 최적화 게인 산출 모듈(108)은 트레일러 질량/주행속도 범위 설정 모듈(107)에서 설정된 질량 범

위 및 주행 속도 범위에서의 트레일러 횡가속도 관측을 최적화하기 위한 게인(gain)을 산출하여 트레일러 횡가속도 관측 모듈(103)에 적용하도록 구성될 수 있다.

[0105] 트레일러 관측 최적화 게인 산출 모듈(108)은 -200kg에서 +600kg까지의 트레일러 질량 변화에 강건한 최적화 게인을 산출하도록 구성되며, 최적화 게인은 다음 수학식 23이 적용될 수 있다.

**수학식 23**

$$L_{trailer} = \underset{L}{\operatorname{argmin}} (a_{y,2} - \hat{a}_{y,2})^2$$

$$= \begin{bmatrix} 1.3408 & 115.2419 & -181.6057 & 5.5343 \\ 0.9505 & 0.1901 & 0.0014 & 0.0308 \end{bmatrix}^T$$

[0106]

[0107] 여기서,  $a_{y,2}$  는 트레일러(2)의 횡방향 가속도이고,  $\hat{a}_{y,2}$  는 트레일러(2)의 횡방향 가속도의 추정치이다.

[0108] 도 3에서는  $\ddot{\theta}$  추정 그래프로서, 카심(carsim) 소프트웨어를 이용하여 추정한  $\ddot{\theta}$  그래프와 트레일러 모델에 기여 추정한  $\ddot{\theta}$  그래프 (Method 1), 본 발명에 따른  $\ddot{\theta}$  그래프(Method 2)가 모두 일치되게 나오는 것을 나타내고 있다.

[0109] 도 4 역시 횡가속도 추정 그래프로서, 카심 소프트웨어를 이용한 횡가속도 그래프와 트레일러 모델에 기반한 횡가속도 그래프(Method 1), 본 발명에 따른 횡가속도 그래프(Method 2)가 모두 일치되게 나오는 것이 검증되어 있다.

[0110] 도 5는 질량 변화에 따라 횡가속도를 추정한 그래프를 나타내며, 마찬가지로 사이멀링크(simulink) 그래프, 트레일러 모델 그래프(Method 1), 상태 관측 그래프(Method 2) 모두 유사한 궤적을 나타내고 있음이 검증되어 있다.

[0111] 도 6은 질량 변화에 따라 횡가속도를 추정한 그래프를 나타내며, 마찬가지로 카심(carsim) 그래프, 트레일러 모델 그래프(Method 1), 상태 관측 그래프(Method 2) 모두 유사한 궤적을 나타내고 있음을 검증하고 있다.

[0112] 도 7은 트레일러 질량이 +400kg일 때 이중 차선 변경(double lane change, DLC, 20 km/h) 상황의 추정 결과 예시도이다.

[0113] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 횡가속도를 이용한 트레일러 질량 추정 방법의 흐름도이다.

[0114] 도 8을 참조하면, 트레일러 센서 모듈(101)이 트레일러(10)의 주행 데이터를 감지한다(S101).

[0115] 다음으로, 트레일러 주행 데이터 수집 모듈(102)이 트레일러 센서 모듈(101)에서 실시간 감지되는 주행 데이터를 수집한다(S102). 여기서, 주행 데이터는 트레일러(10)의 주행 속도 및 조향 각도를 포함하도록 구성될 수 있다.

[0116] 다음으로, 트레일러 질량 추정 모듈(105)이 트레일러 주행 데이터 수집 모듈(102)에서 수집된 주행 데이터를 이용하여 트레일러 질량을 추정한다(S103).

[0117] 이때, 트레일러 질량 추정 모듈(105)은 트레일러(10)의 주행 속도 및 조향 각도에 기반하여 트레일러(10)의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0118] 그리고 트레일러 질량 추정 모듈(105)은 트레일러(10)의 소정 범위의 주행 속도 및 소정 범위의 조향 각도에 기반하여 트레일러(10)의 질량을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0119] 이상 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

**부호의 설명**

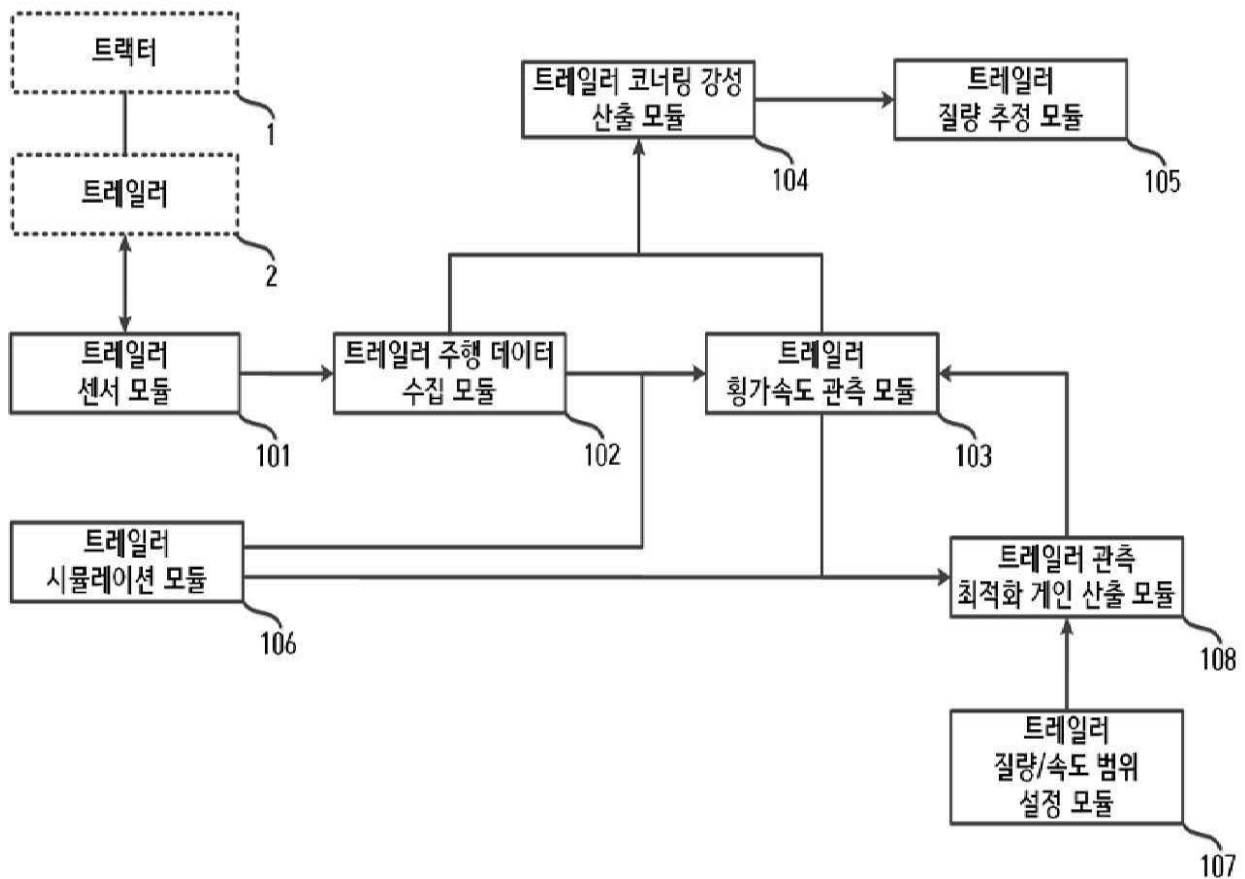
[0121]

- 101: 트레일러 센서 모듈
- 102: 트레일러 주행 데이터 수집 모듈
- 103: 트레일러 횡가속도 관측 모듈
- 104: 트레일러 코너링 강성 변화 산출 모듈
- 105: 트레일러 질량 추정 모듈
- 106: 트레일러 시뮬레이션 모듈
- 107: 트레일러 질량/속도 범위 설정 모듈
- 108: 트레일러 관측 최적화 게인 산출 모듈

**도면**

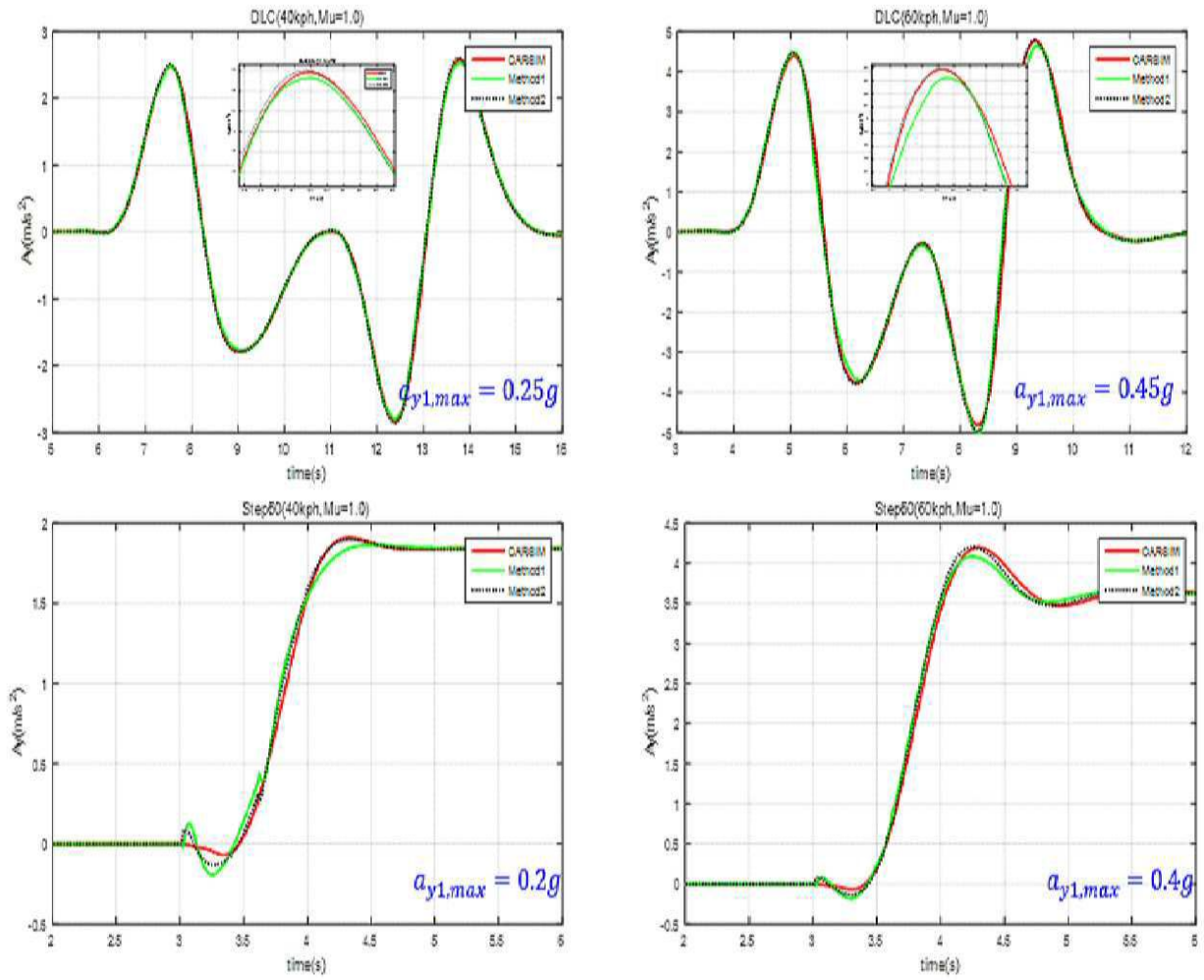
**도면1**

100

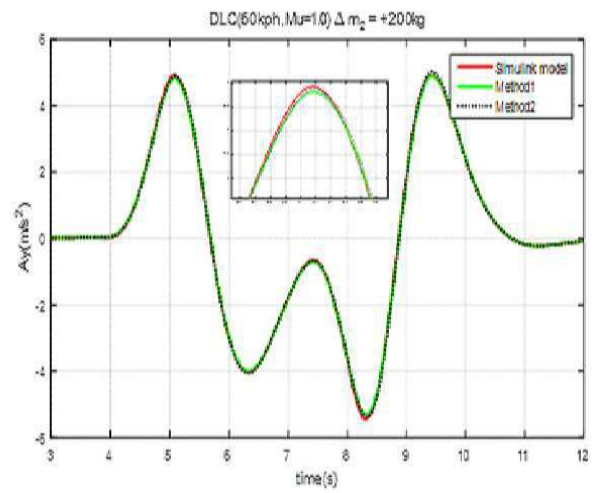
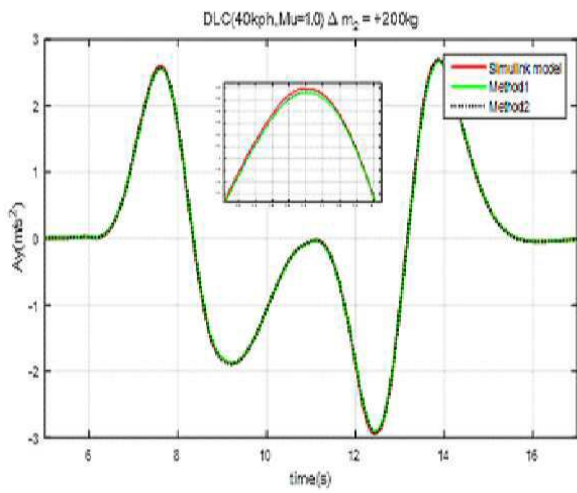
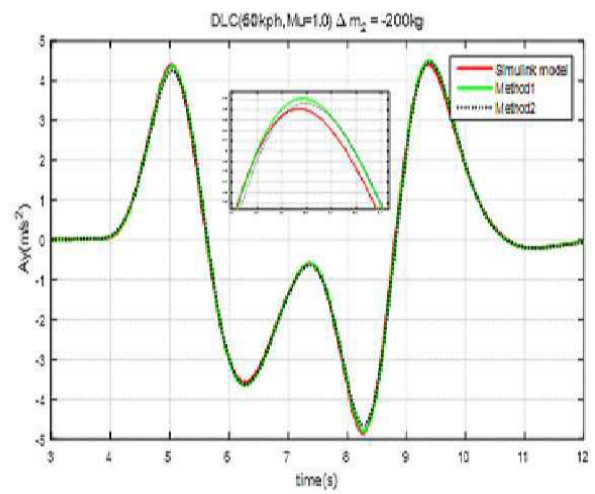
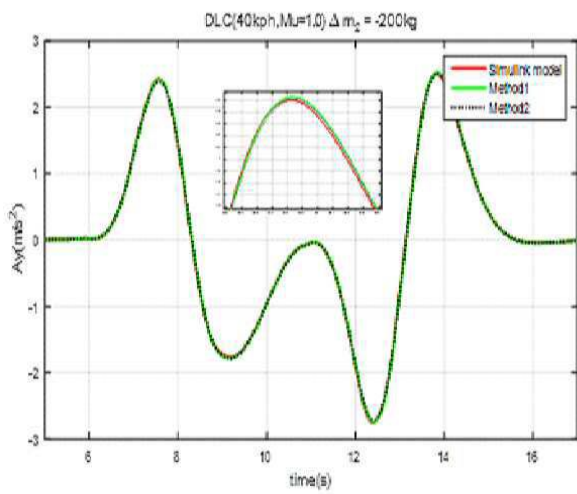




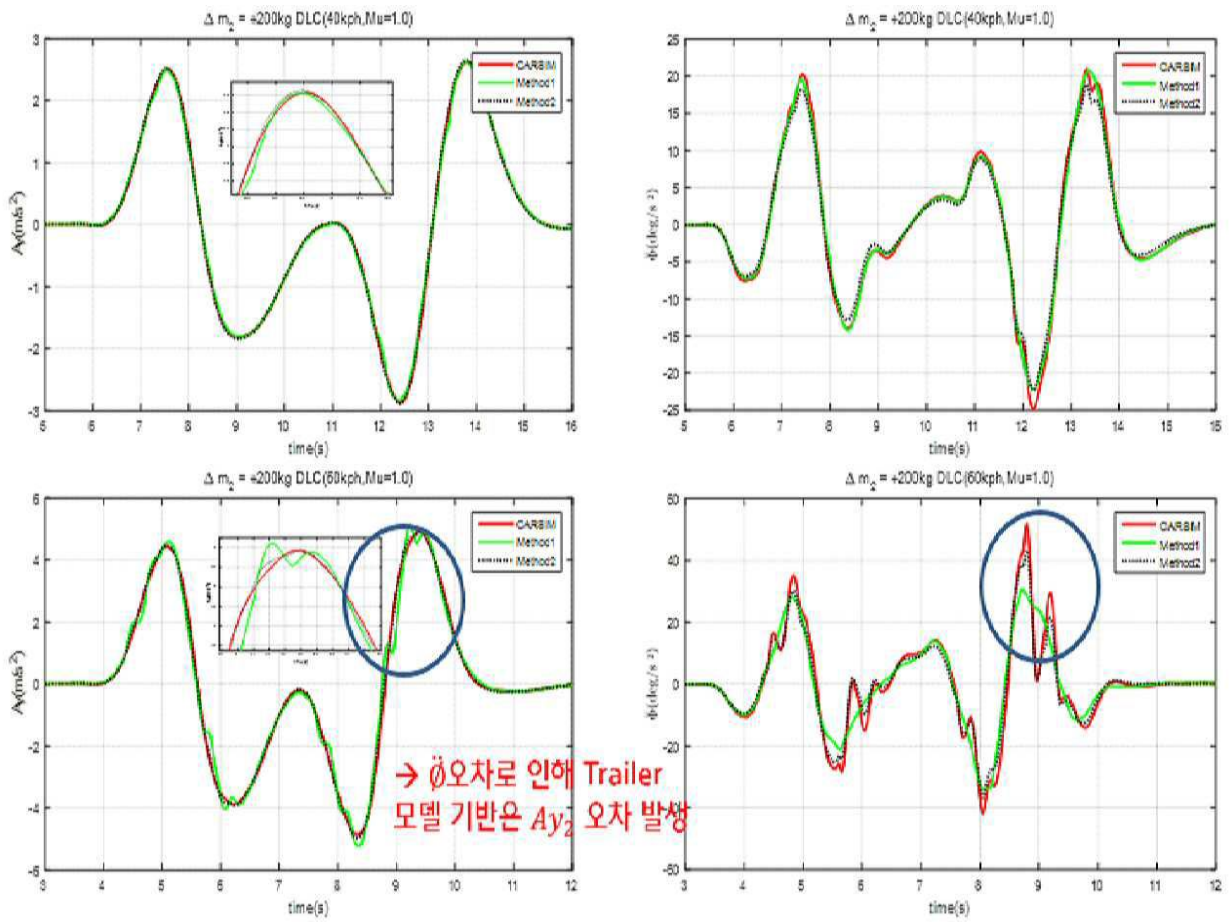
도면4



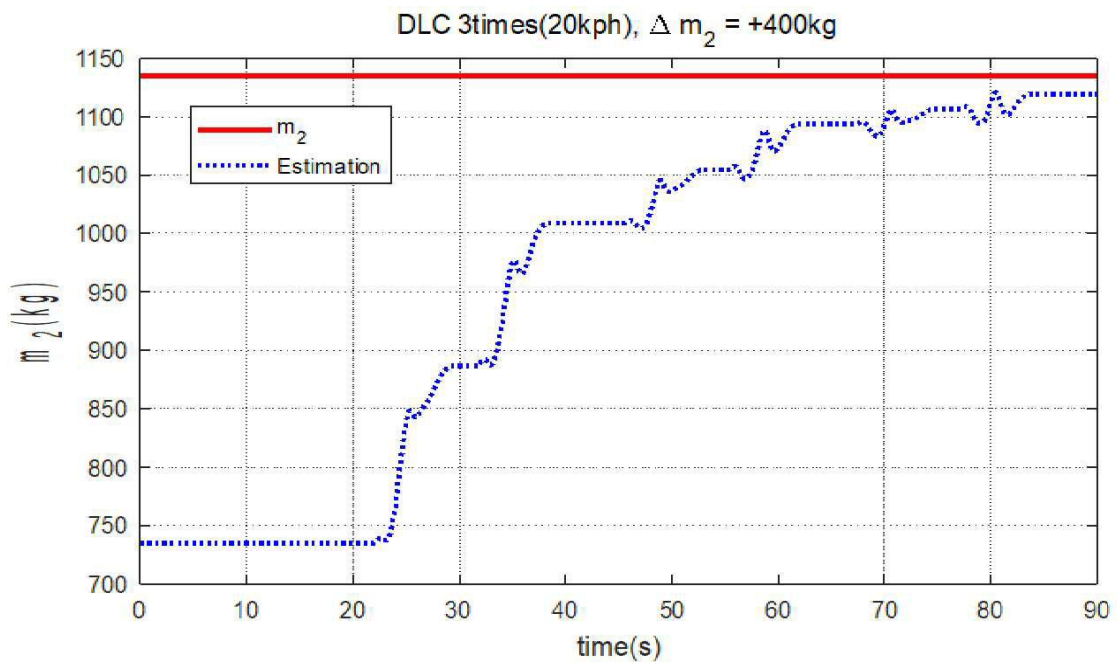
도면5



도면6



도면7



도면8

