



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0096100
(43) 공개일자 2019년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B60C 23/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B60C 23/061 (2013.01)

B60C 2200/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0015638

(22) 출원일자 2018년02월08일

심사청구일자 2018년02월08일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

김기우

인천광역시 연수구 해돋이로120번길 16, 206동 2301호(송도동, 송도풍림아이원2단지아파트)

(74) 대리인

이은철, 이수찬

전체 청구항 수 : 총 6 항

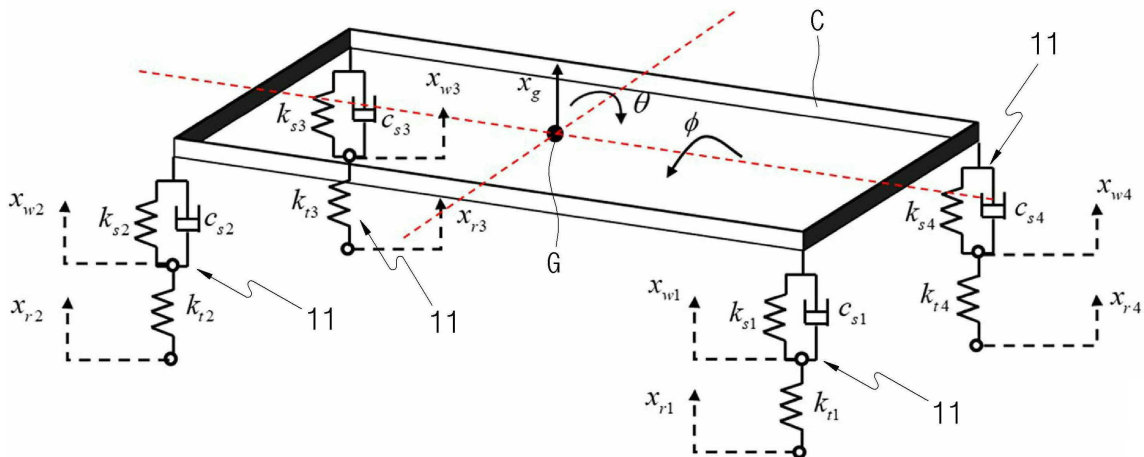
(54) 발명의 명칭 타이어 압력 산출방법 및 이를 이용한 타이어 압력 모니터링 시스템

(57) 요약

본 발명은 특히 가속도계와 관성항법장치를 이용하여 타이어 압력을 간접적으로 산출하는 방법 및 타이어 압력 모니터링 시스템에 관한 것으로서, 통상의 차량에서 각 차륜의 휠 마다 설치되는 제1가속도 센서와, 상기 차량의 무게중심에 설치되는 제2가속도 센서와, 상기 차량의 무게중심에 설치되는 자이로 센서와, 상기 차량의 무게중심

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



에 설치되는 기울기 센서 및, 상기 제1 및 제2가속도 센서와 자이로 센서 및 기울기 센서로부터 전송받는 측정치로 데이터 연산을 수행하여 타이어 압력을 산출하는 제어부로 구성됨으로써, 가혹한 환경에 노출되어 오작동 우려가 높고 설치가 까다로우며 높은 비용이 요구되는 직접 압력 측정을 통한 종래의 TPMS와는 달리 가속도 측정으로 높은 정확도의 타이어 압력 모니터링이 가능하며, 동일한 칼만 필터를 이용하더라도 타이어 속도 변수 하나로 직접 타이어 압력을 도출시키는 종래의 칼만 필터 이용 방식과는 달리 차량의 종 방향각도 및 횡 방향 각도의 센서 퓨전 정보를 통합하여 보다 정확한 타이어 강성 정보를 도출하고, 타이어 강성과 타이어 압력의 실제 측정값에 기반한 비교 데이터를 통해 타이어 압력을 산출함으로써, 고도로 높은 정확도를 가지는 TPMS가 가능하게 되어 종래에 비해 TPMS의 신뢰도를 고도로 향상시키면서 시스템 설치비용은 현저하게 낮출 수 있는 타이어 압력 산출 방법 및 모니터링 시스템을 제공하고자 한다.

(52) CPC특허분류

B60Y 2400/3032 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

통상의 차량에서 차량 바퀴의 휠마다 가속도계를 부착시켜 각 휠의 가속도 값 ($\ddot{x}_{w1}$, $\ddot{x}_{w2}$, $\ddot{x}_{w3}$, $\ddot{x}_{w4}$)을 실시간으로 얻는 가속도 측정 단계와;

상기 차량의 종 방향 및 횡 방향에 대한 각도 데이터(θ , ϕ)를 얻는 각도 측정 단계와;

상기 가속도 값과 각도 데이터를 칼만 필터에 적용하여 칼만 필터로부터 타이어 강도 값 (k_{t1} , k_{t2} , k_{t3} , k_{t4})을 얻는 단계; 및,

상기 타이어 강도 값을 미리 산출된 타이어 강도에 대한 타이어 압력 관계 그래프에 적용하여, 칼만 필터로부터 얻어진 타이어 강도 값에 따른 타이어 압력 값을 산출하는 단계;

로 구성되는 것을 특징으로 하는 타이어 압력 산출방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가속도 측정 단계는 차량의 무게 중심에 제2가속도계를 설치하여, 제2가속도계로부터 얻어지는 가속도 값 ($\ddot{x}^g$)을 신호 처리한 후 적분하여 차량의 변위 값(x^g)을 얻는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 타이어 압력 산출방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 각도 측정 단계에서 차량의 종 방향 및 횡 방향에 대한 각도 데이터(θ , ϕ) 값은 차량의 무게중심에 설치된 자이로 센서와 기울기 센서의 센서 퓨전을 통하여 산출되는 것을 특징으로 하는 타이어 압력 산출방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 강도 값을 얻는 단계는 확장 칼만 필터(Extended 칼만 필터(Kalman Filter))를 사용하여 이루어지되, 상기 확장 칼만 필터에 노면 거칠기를 추정할 수 있는 알고리즘을 추가하고, 상태 값 항목에 타이어 강도 값 항목을 추가함으로써, 타이어 강도 값을 산출하여 얻는 것을 특징으로 하는 타이어 압력 산출방법.

청구항 5

통상의 차량에서 각 차륜의 휠마다 설치되는 제1가속도 센서와;

상기 차량의 무게중심에 설치되는 제2가속도 센서와;

상기 차량의 무게중심에 설치되는 자이로 센서와;

상기 차량의 무게중심에 설치되는 기울기 센서; 및,

상기 제1 및 제2가속도 센서와 자이로 센서 및 기울기 센서로부터 전송받는 측정치로 데이터 연산을 수행하여 타이어 압력을 산출하는 제어부;로 구성되는 타이어 압력 모니터링 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어부에는 데이터 연산을 위한 칼만 필터 및 노면 거칠기 추정 알고리즘이 탑재되는 것을 특징으로 하는 타이어 압력 모니터링 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 차량 타이어가 노면에 접지되는 압력의 산출방법 및 압력 모니터링 시스템에 관한 것으로, 특히 가속도계와 관성항법장치를 이용하여 타이어 압력을 간접적으로 산출하는 방법 및 타이어 압력 모니터링 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 대부분의 사람들은 타이어 압력을 적절하게 유지하는데 기울이는 관심보다는 차의 외관을 얼마나 깨끗하게 관리하느냐에 더 많은 관심을 가지고 있다.

[0003] 실제로, 미국 타이어 제조업 협회(Rubber Manufacturers Association)가 실시한 설문에 따르면 미국 운전자 중 약 70%는 매월 최소한 1회 이상 차량을 세차하는 반면 타이어 공기압을 매월 1회 이상 점검하는 운전자의 수는 전체 응답자 중 15%에 불과했다.

[0004] 하지만 불행히도 타이어 공기압이 부적절한 상태로 주행할 경우 운전자의 생명을 위협하는 치명적인 결과를 초래할 수도 있다. 미국 고속도로 교통안전국(NHTSA)은 미국 내 부적절한 타이어 공기압으로 인한 타이어 펑크로 매년 23,000건 이상의 교통사고와 535명의 인명이 손실 되고 있는 것으로 추정하고 있다.

[0005] 부적절한 타이어 공기압은 비단 미국 내의 문제뿐 아니라 차량을 운전하는 전 세계 모든 운전자의 안전과 직결되는 문제이다. 프랑스의 경우도 발생하는 전체 교통사고 중 사망 사고의 9%가 타이어 공기압 부족으로 인해 발생하는 것으로 추정하고 있으며, 독일도 전체 상해 사고 중 41%가 타이어 문제와 연관 되어 있는 것으로 추정하고 있다. 최근 독일에서 실시된 조사에 따르면 주행 중인 차량의 75%가 최소한 하나 이상의 타이어가 공기압이 주행에 부적합한 상태인 것으로 확인되었다.

[0006] 타이어 공기압이 부족할 경우 특히 도로 운송에 의존하는 기업, 특히 상용 트럭 운송업체의 소유주에게 심각한 경제적인 손해가 초래된다. 단 얼마의 공기압 부족으로도 연료비용 상승과 타이어 재생 및 교체 비용 증가로 인해 운송 및 트럭 회사에 연간 수천 달러의 비용이 늘어나는 결과로 이어질 수 있기 때문이다.

[0007] 반면에 타이어 공기압을 적절하게 유지하면 펑크 발생이 줄고 제동 거리가 짧아지며, 젖은 노면에서 수막현상이 완화되고 전반적인 주행 성능이 향상된다. 또한 공기압을 적절하게 유지하면 타이어의 수명이 늘어나고 연비가 높아짐으로써 차량 운영비용을 절감하는 효과도 있다.

[0008] 하지만 대부분의 자동차 운전자가 타이어 압력을 점검하여 적절한 공기압 수준을 유지하지 않아 위와 같은 장점을 누리지 못하고 있다. 공기압이 부족할 경우 타이어의 강도가 낮아지고, 이는 선회 능력 저하로 이어지며 급박한 코너링 또는 급차선 변경 시에 차량이 미끄러지거나 제어 능력이 상실되는 원인이 될 수 있다. 또한 타이어 공기압이 낮을 경우 각 타이어의 접지 면과 접지 면이 도로에 가하는 압력이 변화되므로 제동 거리가 늘어난다. 더불어 공기압 부족과 고속 주행 및 과적 상태가 결합될 경우 타이어에 펑크가 발생되어 차량이 반대 차선으로 돌진하거나 제어 능력을 잃고 미끄러지는 최악의 사태로 이어질 수 있다. 펑크가 발생했지만 차량의 제어가 유지되는 경우라도 도로에서 타이어를 교환하는 일은 운전자가 달리는 차량에 노출되는 위험이 따르며 특히 야간이나 악천후 상태라면 더욱 위험하다.

[0009] 이와 달리 타이어 공기압 과다는 일반적으로 공기압 부족만큼 위험하지 않은 것으로 여겨지지만, 그래도 차량 탑승자의 안전을 위태롭게 하거나 타이어 손상의 가능성이 높아질 수 있다. 타이어 공기압이 과다할 경우 강도가 증가하며 도로와 접촉되는 접지 면이 줄어든다. 또한 불규칙한 노면에 대한 타이어의 반응성이 낮아지며, 불규칙한 트레드 마모가 발생하여 타이어의 안전성이 저하될 수 있다.

- [0010] NHTSA에서 수집한 업계 데이터에 따르면 전체 타이어 압력 손실 원인 중 85%가 완전한 누출에 의한 것이었다. 타이어는 도로에서 전혀 손상을 받지 않더라도 자연적인 누출을 통해 월간 최대 1psi의 압력이 손실될 수 있다. 또한 대기온도가 섭씨 5.5도 떨어질 때마다 압력이 추가적으로 월간 1psi씩 손실된다. 그 결과, 외부적으로 공기압 부족의 징후를 전혀 보이지 않더라도 타이어의 성능이 장기간에 걸쳐 저하될 수 있다.
- [0011] 한편 타이어의 공기압이 적절할 경우 더 안전한 주행이 가능할 뿐 아니라 차량 소유주에게 다양한 경제적 장점이 제공된다. 권장 타이어 압력 수준을 유지하는 것은 다음과 같은 의미를 가진다(타이어 제조사가 아니라 자동차 제조사가 적정 공기압을 지정하는 것이며, 적정 공기압은 대개 운전석 도어 내부의 명판에 기재되어 있다).
- [0012] 1. 차량을 더욱 정밀하게 제어할 수 있으므로 안전한 코너링과 비상 기동이 가능하다.
- [0013] 2. 도로 접지와 롤링 특성이 최적화되어 연비가 향상되며 타이어의 수명이 연장된다.
- [0014] 3. 빗길, 눈길에서 전인력이 높아진다.
- [0015] 공기압을 적절하게 유지하려면 타이어 게이지를 사용하여 최소한 월 1회 이상 점검해야 한다. 단지 몇 psi 차이로도 안전하고 경제적인 차량 운영이 어려워질 수 있으므로 운전자가 적절한 공기압을 '육안으로' 판단하는 것은 금해야 한다.
- [0016] 위에서 지적한 바와 같이, 대부분의 운전자는 타이어 압력을 정기적으로 점검하는 일에 그다지 열성적이지 못하다는 사실이 자동 원격 타이어 압력 모니터링 시스템(TPMS)이 개발된 계기가 되었다.
- [0017] TPMS 구현에 가장 강력한 경제적 동기를 가진 분야는 바로 상용 트럭 운송업체이다. 굿이어(Goodyear Tire and Rubber Company)에서 실시한 테스트에 따르면, 조향, 구동, 트레일러 타이어의 공기압이 단 15%만 떨어지더라도 타이어의 예상 수명이 8% 감소되고 연비가 2.5mpg(miles-per-gallon)까지 저하될 수 있음이 밝혀졌다. 트럭의 타이어 공기압을 적절하게 유지하면 수십만 km의 차량 주행 수명 동안 연료와 타이어 정비 비용으로 수천 달러를 절감할 수 있으며, 특히 18개 이상의 타이어가 장착된 대형 트랙터/트레일러 트럭의 경우 차이가 더 뚜렷해진다. 운송회사의 트럭 전체에 설치할 경우 TPMS는 모든 주행 상황에서 적절한 공기압을 유지할 수 있는 신뢰성 높은 도구의 역할을 한다.
- [0018] 직접식 및 간접식 타이어 압력 모니터링 시스템(TPMS) 특히 2000년도 전후 세간의 이목을 끈 사건이 다수 발생된 후에 미국 정부는 널리 만연된 타이어 안전 무시로 인한 위험에 대응하여 자동차 리콜 강화법(TREAD)을 제정했다. TREAD 법안의 일환으로 차량 총중량 4536kg 이하 급의 모든 승용차, 트럭, 버스에 2008년 모델부터 TPMS를 장착하여 출고하도록 하는 조항이 미연방 자동차 안전기준(FMVSS 138)에 추가되었다. 자동차에 적용되는 TPMS에는 간접식 및 직접식의 두 가지 종류가 있다.
- [0019] 간접식 TPMS는 안티 록 브레이크 시스템(ABS)의 속도 센서를 사용하여 바퀴의 회전 속도를 비교함으로써 공기압 부족 상태를 판단한다. 공기압 부족 상태의 타이어는 적정 공기압인 타이어보다 지름이 조금 작아지므로, 차량이 주행 중일 때 적정 공기압의 타이어와 다른 속도로 회전하게 된다. 시스템에서 공기압 부족 상태가 감지되면 운전자에게 경보를 알리지만, 간접식의 경우 일반적으로 최소한 25% 이상 공기압이 부족한 상태가 되기 전까지 타이어의 공기압 저하를 감지할 수 없다. 따라서 간접식 TPMS는 저렴하고 설치하기 쉽지만 직접식 TPMS보다 정확도가 떨어진다. 더구나, 타이어를 교환하거나, 위치를 변경하거나 또는 공기를 재주입할 때마다 운전자가 시스템을 초기화해야 한다.
- [0020] 직접식 TPMS는 바퀴 테두리에 설치된 압력 센서를 통해 각 타이어의 독립적인 실시간 공기압을 측정하며, 이 정보를 차량의 계기판에 즉시 전송하여 운전자에게 알려준다. 또한 직접식 TPMS의 경우 마이크로 컨트롤러(MCU) 및 무선 주파수(RF) 디바이스 등과 같은 추가 구성요소를 통합하여 시스템의 성능을 확장할 수 있다.
- [0021] 그러나 직접식 TPMS는 타이어 하나에 압력센서, 온도센서, 각도 센서등 최소한 세 개 이상의 센서가 장착되어야 하고, 각 센서가 MEMS 구성을 가지므로 시스템 비용과 설치비용이 과도할 뿐만 아니라, 급격한 운동을 함과 동시에 강력한 압력과 진동을 받는 타이어에 설치되는 관계로 가혹한 환경의 영향으로 인한 고장여려가 높아 내구성 향상을 위해서는 각 센서 제작에 더욱 높은 비용이 소요된다.
- [0022] 따라서 간접식 측정으로 타이어 압력 측정이 이루어지면서도 보다 좀더 정확도가 높은 TPMS 시스템에 대한 연구가 활발히 진행된다.
- [0023] 그 중에서 도 1에 도시된 종래기술인 특허공개공보 제10-2017-0049872호(공개일자: 2017. 05. 11)에 소개된 '타이어 압력 추정 장치 및 그 추정 방법'을 들 수 있다.

- [0024] 상기 종래기술은 각 타이어에 설치된 휠 속도 센서로부터 속도 신호를 입력받는 입력부와, 휠 속도 신호를 기초로 타이어 동반경 및 주파수 정보를 분석하는 분석부와, 분석부에서 분석된 정보를 기초로 동반경 차이 값을 공기압 차이 값으로 변환하고, 주파수 정보를 기초로 타이어 공진 주파수 값을 공기압 값으로 변환하는 변환부와, 칼만 필터 휴전 모델을 이용하여 최종 타이어 압력 값을 추정하는 추정부 및, 추정된 압력 값이 기준 압력 값 범위인지를 판단하는 판단부로 이루어져, 타이어 압력이 직접 측정되지 않더라도 타이어 압력 상태를 알려주는 압력 추정 시스템에 관한 것이다.
- [0025] 상기 종래기술에 따르면 타이어 압력 값이 직접 측정되지 않아도 타이어 압력 값의 추정 값이 산출되므로 운전자에게 타이어의 압력 상태가 미리 제공되어 타이어 상태에 따른 조기 대응이 가능함으로써 사고가 미연에 방지되는 장점이 있다.
- [0026] 다만, 상기 종래기술에서는 칼만 필터에 따른 노이즈 값의 제거가 따른다 하더라도 최초 입력되는 변수는 오로지 타이어의 속도 측정치만 있을 뿐이고, 나머지 값들은 미리 설정된 기준치인 점에서 하나의 변수에 의존하므로 최종 추정 값의 정확도가 떨어질 수 있고, 차량의 종 방향 및 횡 방향 각도가 고려되지 않아 각 타이어의 압력 산출 조건이 동일한 것으로 가정 되어 오류가 발생할 수 있으며, 최종 산출 값인 타이어 압력 값이 아무런 실측 비교 데이터 없이 산출되는 점에서 압력 값 데이터의 정확도가 낮아지는 문제가 있다.
- [0027] 따라서 압력 센서를 타이어에 직접 설치하지 않고도 타이어의 압력 값이 보다 정확하게 산출될 수 있고, 또한 둘 이상의 변수가 제공되어 보다 정확도가 높아지면서 최종 추정 압력 값에 비교 데이터가 제공됨으로써 고도의 정확성으로 타이어 압력 값을 실시간으로 산출 시킬 수 있는 기술이 요청되는 상황이다.

선행기술문헌

- [0028] 특허공개공보 제10-2017-0049872호(공개일자: 2017. 05. 11)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0029] 이에 본 발명은 종래기술의 문제점을 개선하기 위한 것으로써, 압력 센서를 타이어에 직접 설치하지 않고도 타이어의 압력 값이 보다 정확하게 산출될 수 있고, 또한 둘 이상의 변수가 제공되어 보다 정확도가 높아지면서 최종 추정 압력 값에 비교 데이터가 제공됨으로써 고도의 정확성으로 타이어 압력 값을 실시간으로 산출 시킬 수 있는 타이어 압력 산출방법 및 이를 이용한 타이어 압력 모니터링 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0030] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 타이어 압력 산출방법은 통상의 차량에서 차량 바퀴의 휠 마다 가속도계를 부착시켜 각 휠의 가속도 값($\ddot{x}_{w1}$, $\ddot{x}_{w2}$, $\ddot{x}_{w3}$, $\ddot{x}_{w4}$)을 실시간으로 얻는 가속도 측정 단계와, 상기 차량의 종 방향 및 횡 방향에 대한 각도 데이터(θ , ϕ)를 얻는 각도 측정 단계와, 상기 가속도 값과 각도 데이터를 칼만 필터에 적용하여 칼만 필터로부터 타이어 강도 값(k_{r1} , k_{r2} , k_{r3} , k_{r4})을 얻는 단계 및, 상기 타이어 강도 값을 미리 산출된 타이어 강도에 대한 타이어 압력 관계 그래프에 적용하여, 칼만 필터로부터 얻어진 타이어 강도 값에 따른 타이어 압력 값을 산출.
- [0031] 그리고 상기 강도 값을 얻는 단계는 바람직하게는 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter)를 사용하여 이루어지되, 상기 확장 칼만 필터에 노면 거칠기를 추정할 수 있는 알고리즘을 추가하고, 상태 값 항목에 타이어 강도 값 항목을 추가함으로써, 타이어 강도 값을 산출하여 얻을 수 있다.
- [0032] 한편, 본 발명에 따른 타이어 압력 모니터링 시스템은 통상의 차량에서 각 차륜의 휠 마다 설치되는 제1가속도 센서와, 상기 차량의 무게중심에 설치되는 제2가속도 센서와, 상기 차량의 무게중심에 설치되는 자이로 센서와, 상기 차량의 무게중심에 설치되는 기울기 센서 및, 상기 제1 및 제2가속도 센서와 자이로 센서 및 기울기 센서로부터 전송받는 측정치로 데이터 연산을 수행하여 타이어 압력을 산출하는 제어부로 구성된다.
- [0033] 이 경우 상기 제어부에는 바람직하게는 데이터 연산을 위한 칼만 필터 및 노면 거칠기 추정 알고리즘이 탑재된다.

발명의 효과

[0034] 본 발명에 따른 타이어 압력 산출방법 및 모니터링 시스템에는 압력 센서를 타이어에 직접 설치하지 않고도 타이어의 압력 값이 보다 정확하게 산출될 수 있고, 또한 둘 이상의 변수가 제공되어 보다 정확도가 높아지면서 최종 추정 압력 값에 비교 데이터가 제공됨으로써 고도의 정확성으로 타이어 압력 값을 실시간으로 산출시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 종래기술에 따른 블록도를 나타내는 도면,
 도 2는 본 발명에 따른 모니터링 시스템을 나타내는 구성도,
 도 3은 변수 추정을 위한 확장 칼만 필터 알고리즘 순서도,
 도 4는 타이어 강도와 타이어 압력 관계를 나타낸 그래프,
 도 5는 본 발명에 따른 압력 산출 방법을 나타내는 블록도,

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0037] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

[0038] 본 발명에 따른 타이어 압력 산출방법은 통상의 차량에서 차량 바퀴의 휠 마다 가속도계를 부착시켜 각 휠의 가속도 값($\ddot{x}_{w1}$, $\ddot{x}_{w2}$, $\ddot{x}_{w3}$, $\ddot{x}_{w4}$)을 실시간으로 얻는 가속도 측정 단계와, 차량의 종 방향 및 횡 방향에 대한 각도 데이터(θ , ϕ)를 얻는 각도 측정 단계와, 상기 가속도 값과 각도 데이터를 칼만 필터에 적용하여 칼만 필터로부터 타이어 강도 값(k_{t1} , k_{t2} , k_{t3} , k_{t4})을 얻는 단계 및, 타이어 강도 값을 미리 산출된 타이어 강도에 대한 타이어 압력 관계 그래프에 적용하여, 칼만 필터로부터 얻어진 타이어 강도 값에 따른 타이어 압력 값을 산출하는 단계로 구성된다.

[0039] 이렇게 타이어 압력 값이 실시간으로 운전자 또는 차량 관리자에게 제공되면 사전에 적합한 타이어 정비 또는 교체가 가능하므로 미연에 발생할 수 있는 연비 저하 또는 안전사고 위험이 예방된다.

[0040] 먼저 본 발명에 적용되는 칼만 필터 및 확장 칼만 필터에 대해 살펴본 다음 본 발명에 따른 타이어 압력 산출 방법을 상세하게 설명하기로 한다.

[0041] 칼만 필터(Kalman Filter)는 잡음(noise)이 있는 신호로부터 시스템의 상태 변수(state variable)를 추정하는 알고리즘이다.

[0042] 칼만 필터는 과거의 측정 데이터(기존에 알고 있던 것)와 새로운 측정 데이터를 사용하여 데이터에 포함된 노이즈를 제거시켜 새로운 결과를 추정(estimate)하는데 사용하는 알고리즘으로 선형적 움직임을 가지는 대상을 재귀적 적용으로 동작시킨다.

[0043] 칼만 필터는 1960년대에 아폴로 우주선의 달 여행 시에 처음 적용되었으며 현재는 다양한 종류의 칼만 필터가 개발되어 있다. 또한 컴퓨터 비전, 로봇, 로켓, 위성, 미사일, 제어분야에 많이 이용되며, GPS, 주식, 날씨예측, 인구예측 같은 분야에도 적용이 시도되고 있다.

[0044] 대부분의 센서(sensor) 및 기초자료로부터 얻는 신호들은 잡음을 포함하고 있기 때문에 칼만 필터를 이용하면 효과적으로 시스템의 상태 추정(state estimation)이 가능하다.

[0045] 여기서 필터는 정수기의 필터처럼 이물질을 걸러내는 역할을 하며, 측정 데이터에 포함된 불확실성(noise)을 필터링하는 것으로서, 어떠한 대상으로부터 얻을 수 있는 데이터가 완벽할 수 없기에 부족한 성질을 보충하는 개

념으로 설명될 수 있다. 즉, 측정 데이터나 신호가 잡음을 동반하는데 여기서 원하는 신호나 정보를 골라내는 알고리즘에 해당 된다.

[0046] 칼만 필터에 기반하는 예측은 확률에 기반 하는 예측시스템이므로 이것의 대상은 정규분포(가우시안분포)를 가지는 대상이 된다.

[0047] 자연계의 움직임은 어느 정도 예측이 가능하므로 예측 가능한 점에서 이러한 움직임은 일반적인 동적 물성을 가지는 것으로 가정될 수 있다. 이때 누적된 과거 데이터와 현재 얻을 수 있는 최선의 데이터로 현 상태를 추정하는 기법이라고 볼 수 있다. 즉 전체 변화를 수치로 예측하고자 할 때 전수조사 하지 않는 이상 전체 수치 자체는 즉각 얻기는 힘들므로 전체 수치가 추정될 수 있는 기법이 바로 칼만 필터라고 볼 수 있다.

[0048] 칼만 필터를 설계하기 위해서는 시스템 모델(system model)이 필요하다. 특히, 칼만 필터는 이산 시간 영역(discrete-time domain)에서 설계되기 때문에 <식 1>과 같은 이산 시간 시스템(discrete-time system) 모델이 필요하다.

[0049] <식1>

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_k + \mathbf{B}\mathbf{u}_k$$

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{C}\mathbf{x}_k + \mathbf{D}\mathbf{u}_k$$

[0051] 위 식에서 $\mathbf{x}$ 는 시스템의 현재 상태 값으로서 위치나 속도 등이 될 수 있으며, $\mathbf{y}$ 를 이용하여 구할 수 있다. 이때 실제 구하려는 것은 시간 $k+1$ 에서의 $\mathbf{x}$ 값이다.

[0052] 다만 칼만 필터는 <식1> 과 같은 선형 시스템(linear system)에서 정의되었기 때문에 비선형 시스템(nonlinear system)에는 적용되기 어렵다.

[0053] 실제 응용에 있어서는 시스템이 비선형이고 잡음도 Gaussian이 아닌 경우가 많으므로 칼만 필터의 변형이 요구되는데 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter(EKF))가 가장 많이 사용되고 있다.

[0054] 확장 칼만 필터는 선형화 칼만 필터(Linearized KF)와 유사하나 선형화하는 기준점을 계속 갱신해 나간다는 특징을 가지고 있다.

[0055] 확장 칼만 필터는 비선형 시스템에서도 칼만 필터가 적용될 수 있도록 기존의 칼만 필터가 확장된 형태이다. 확장 칼만 필터의 기본 아이디어는 매 스텝마다 비선형 미분방정식으로 정의되는 시스템을 선형화(linearization)하는 것이다. 기존의 선형 칼만 필터에서 공분산행렬(Covariance Matrix)을 구할 때 필요한 시스템 행렬(system matrix)이나 측정치 행렬(measurement matrix)은 비선형 시스템에서는 쉽게 구할 수가 없다. 따라서 확장 칼만 필터에서는 이를 야코비안 행렬(Jacobian Matrix)을 이용하여 비선형 시스템을 선형화해서 시스템 행렬과 측정치 행렬을 구하게 된다. 따라서 확장 칼만 필터의 작동방식은 기존의 칼만 필터와 같고, 공분산 행렬을 구할 때만 야코비안 행렬이 이용된다.

[0056] 본 발명에서는 상기 확장 칼만 필터를 이용하여 선형 시스템의 변수 추정이 이루어진다. 이를 도 2에 도시된 바와 같은 차량의 7 자유도 Full-Car 모델에 적용하면 차량의 타이어의 강성(Tire Stiffness)의 추정이 가능하다.

[0057] 도 2에 도시된 차량의 7 자유도 Full-Car 모델은 상기 식 1과 같은 이산 시간 시스템(discrete-time system) 모델로 표현된다.

[0058] 여기서 시스템의 상태 변수(State Variable)와 입력 변수 및, 측정치는 순서대로 아래 <식2>, <식3>, <식4>와 같다.

[0059] <식2>

$$\mathbf{x} = [x_g \quad \dot{x}_g \quad x_{w1} \quad \dot{x}_{w1} \quad x_{w2} \quad \dot{x}_{w2} \quad x_{w3} \quad \dot{x}_{w3} \quad x_{w4} \quad \dot{x}_{w4} \quad \theta \quad \dot{\theta} \quad \phi \quad \dot{\phi}]^T$$

[0061] <식3>

$$\mathbf{u} = [x_{r1} \quad x_{r2} \quad x_{r3} \quad x_{r4}]^T$$

[0062]

[0063] <식4>

$$[0064] \quad \mathbf{y} = [\ddot{x}_{w1} \quad \ddot{x}_{w2} \quad \ddot{x}_{w3} \quad \ddot{x}_{w4} \quad \theta \quad \phi \quad x_g]^T$$

[0065] 측정치인 <식4> 에서 $\ddot{x}_{w1} \quad \ddot{x}_{w2} \quad \ddot{x}_{w3} \quad \ddot{x}_{w4}$ 는 차량의 휠 부분에 장착된 가속도 센서로부터 얻는 가속도이고, θ (Pitch Angle), ϕ (Roll Angle), x_g (Body Acceleration)는 INS와 같은 관성 항법 장치를 이용하여 얻을 수 있다. 관성 항법 시스템에서 θ 와 ϕ 는 자이로 센서(Gyro Sensor)와 기울기 센서(Tilt Sensor)를 센서 퓨전(Sensor Fusion)하여 얻을 수 있고, x_g 는 $\ddot{x}_g$ 를 신호처리 후 적분하여 얻을 수 있다.

[0066] 또한 파라미터 추정(Parameter Estimation)을 위해 <식1> 을 상태변수(State Variable)와 파라미터를 포함하는 증강상태(Augmented State)는 다음 <식5>와 같이 정의 된다.

[0067] <식5>

$$[0068] \quad \mathbf{z} = \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix}$$

[0069] 여기서 $\mathbf{p}$ 는 타이어 강성 $k_{t1}, k_{t2}, k_{t3}, k_{t4}$ 을 나타낸다. 이를 이용하여 <식1> 의 선형 상태 공간 모델(State Space Model)을 표현하면 아래의 <식6>과 같은 비선형 State Space Model로 표현된다.

[0070] <식6>

$$[0071] \quad \mathbf{z}_{k+1}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{z}_k(t), \mathbf{u}_k(t), k)$$

$$\mathbf{y}_k(t) = \mathbf{h}(\mathbf{z}_k(t), \mathbf{u}_k(t), k)$$

[0072] 식6의 선형 상태 공간 모델을 이용하여 확장 칼만 필터(EKF) 알고리즘을 적용하면 도 3의 수식 모델로 표현된다.

[0073] 도 3의 순서도는 확장 칼만 필터(EKF) 알고리즘을 이용하여 파라미터 추정을 하는 과정을 나타낸다. 이를 이용하여 타이어 강성을 추정할 수 있게 된다. 또한 타이어 강성과 타이어 압력은 도 4의 그래프에 도시된 바와 같은 선형 관계를 가진다는 것이 알려져 있다. 즉, 타이어 강성을 알 수 있다면, 도 4의 그래프에 도시된 관계를 이용하여 타이어 압력을 알아낼 수 있다.

[0074] 또한 확장 칼만 필터(EKF)를 이용하여 추정되는 타이어 강성은 실시간으로 추정되기 때문에 타이어 압력도 실시간으로 추정될 수 있다. 따라서 확장 칼만 필터(EKF) 알고리즘을 이용하여 도 5에 도시된 순서대로 측정과 연산을 수행하는 타이어 압력 모니터링 시스템(TPMS, Tire Pressure Monitoring System)을 만들 수 있다.

[0075] 도 5의 순서대로 측정과 연산을 수행하는 TPMS는 타이어 내부에 미리 설치되는 압력센서(Pressure Sensor)를 활용하여 타이어 강성을 직접 측정하는 기존의 TPMS와는 달리, 차량제어에 활용되는 가속도계(Accelerometer)와 관성 항법 장치(INS) 등을 활용하여 간접적으로 타이어 압력을 측정하게 된다.

[0076] 따라서 가혹한 환경에 노출되어 오작동 우려가 높고 설치가 까다로우며 높은 비용이 요구되는 직접 압력 측정을 통한 종래의 TPMS와는 달리 가속도 측정으로 높은 정확도의 타이어 압력 모니터링이 가능하며, 또한, 본 발명에서는 동일한 칼만 필터를 이용하더라도 타이어 속도 변수 하나로 직접 타이어 압력을 도출시키는 종래의 칼만 필터 이용 방식과는 달리 차량의 종 방향 각도 및 횡 방향 각도의 센서 퓨전 정보를 통합하여 보다 정확한 타이어 강성 정보를 도출하고, 타이어 강성과 타이어 압력의 실제 측정값에 기반한 비교 데이터를 통해 타이어 압력을 산출함으로써, 고도로 높은 정확도를 가지는 TPMS가 가능하게 되어 종래에 비해 TPMS의 신뢰도를 고도로 향상시키면서 시스템 설치비용은 현저하게 낮출 수 있는 효과가 있다.

[0077] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사

상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

[0078]

C : 차량

G : 차량의 무게 중심

$\ddot{x}_{w1}$ $\ddot{x}_{w2}$ $\ddot{x}_{w3}$ $\ddot{x}_{w4}$: 휠 가속도 θ : 중 방향 회전 각:

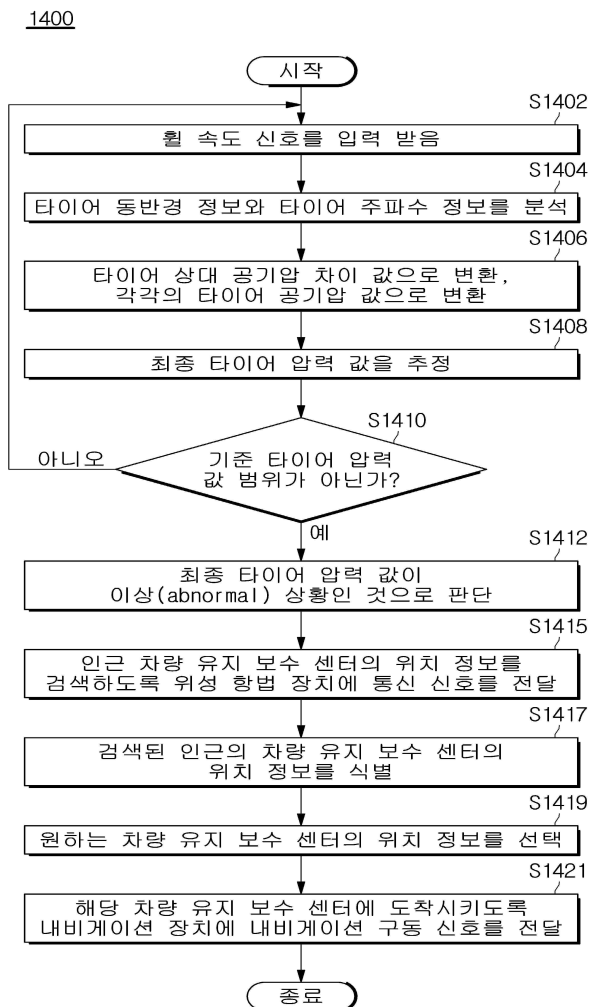
ϕ : 횡 방향 회전 각 $\ddot{x}_g$: 차량의 무게 중심 가속도

x_g

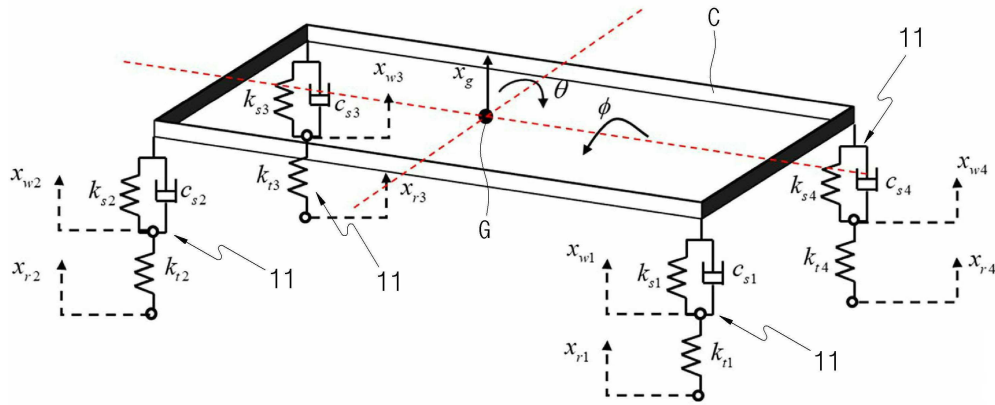
k_{t1} , k_{t2} , k_{t3} , k_{t4} : 타이어 강도 11 : 제1가속도계

도면

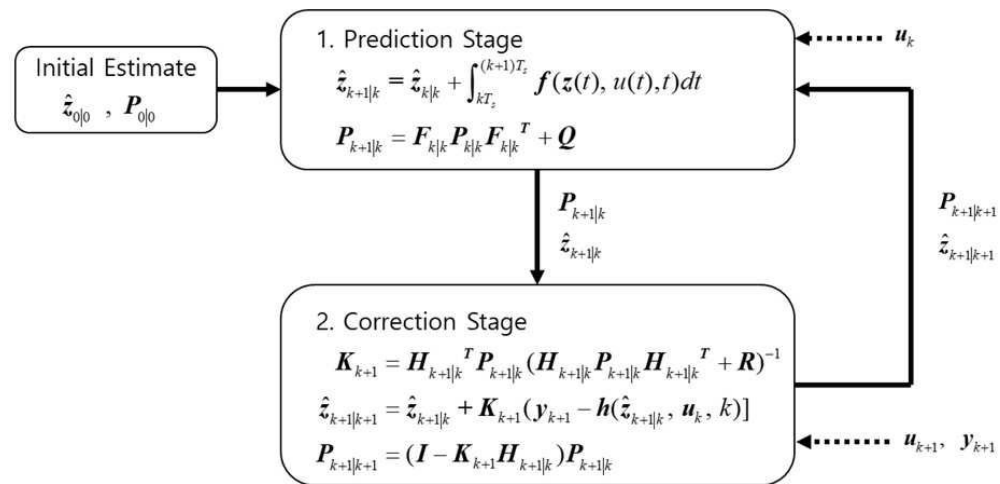
도면1



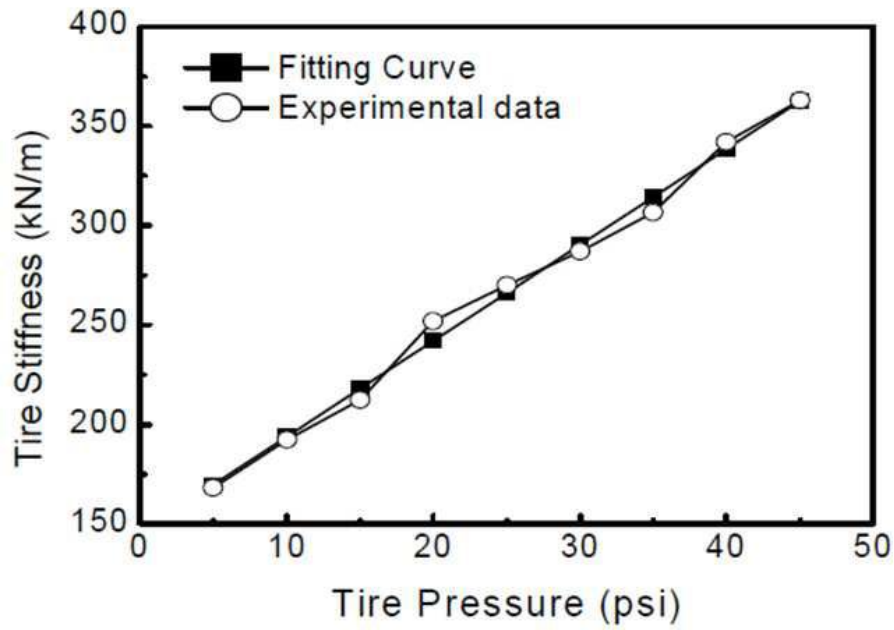
도면2



도면3



도면4



도면5

