



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월14일  
(11) 등록번호 10-1758048  
(24) 등록일자 2017년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01M 17/02 (2006.01) G06F 17/00 (2006.01)  
G06F 17/50 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01M 17/02 (2013.01)  
G06F 17/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-7026405  
(22) 출원일자(국제) 2015년03월29일  
심사청구일자 2015년09월24일  
(85) 번역문제출일자 2015년09월24일  
(65) 공개번호 10-2015-0121182  
(43) 공개일자 2015년10월28일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/034607  
(87) 국제공개번호 WO 2014/158186  
국제공개일자 2014년10월02일  
(56) 선행기술조사문헌  
WO2011159272 A1\*  
US06139401 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
미셸린 러쉐르슈 에 테크니크 에스.에이.  
스위스 그랑즈-빠쵸 씨에이취-1763 루트 루이-브  
하일르 10  
몽빠니 제네랄 드 에따블리세망 미셸린  
프랑스 63000 끌레르몽-페랑 푸르 사블롱 12  
(72) 발명자  
마우비 윌리엄 데이비드  
미국 사우스캐롤라이나 29605 그린빌 빌딩 31 미  
셸린 로드 515 미셸린 노스 아메리카 내  
트레일러 제임스 미셸  
미국 사우스캐롤라이나 29605 그린빌 빌딩 31 미  
셸린 로드 515 미셸린 노스 아메리카 내  
(74) 대리인  
장훈

전체 청구항 수 : 총 14 항

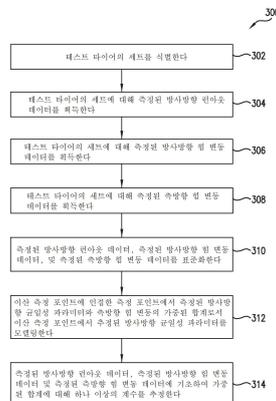
심사관 : 김기환

(54) 발명의 명칭 측정된 측방향 힘 변동을 갖는 콘볼루션/디콘볼루션에 기초한 추정을 사용한 타이어 균일성 개선

(57) 요약

타이어의 균일성 파라미터를 추정하는 시스템 및 방법이 제공된다. 예를 들어, 콘볼루션을 사용하여 방사방향 런아웃 파라미터 측정 및 측방향 힘 변동 측정을 포함하는 하나 이상의 균일성 파라미터 측정으로부터 방사방향 힘 변동을 추정할 수 있다. 디콘볼루션을 사용하여 방사방향 힘 변동 파라미터 측정 및 측방향 힘 변동 측정을 포함하는 하나 이상의 균일성 파라미터 측정으로부터 방사방향 런아웃을 추정할 수 있다. 추정된 균일성 파라미터는 하나 이상의 모델을 사용하여 측정된 방사방향 균일성 파라미터로부터 추정할 수 있다. 하나 이상의 모델은 이산 측정 포인트 및 이 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 선택된 측정 포인트에서 측정된 방사방향 균일성 파라미터의 가중된 합계로서 이산 측정 포인트에서 추정된 방사방향 균일성 파라미터를 나타낼 수 있다. 측정 포인트는 타이어의 접촉 패치 길이에 기초하여 선택될 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류  
*G06F 17/5009* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

타이어의 방사방향 힘 변동(radial force variation)을 추정하는 방법으로서,

상기 타이어 주위의 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 런아웃(radial run out) 파라미터를 획득하는 단계;

상기 타이어 주위의 상기 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 측방향 힘 변동(lateral force variation) 파라미터를 획득하는 단계;

상기 타이어의 방사방향 힘 변동을 상기 타이어의 방사방향 런아웃 및 측방향 힘 변동과 상관시키는 모델에 역세스하는 단계; 및

컴퓨팅 디바이스에서, 상기 모델을 사용하여 상기 타이어에서 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 결정하는 단계;를 포함하는 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 상기 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 상기 타이어에서 상기 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에 대해 상기 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 상기 측정된 측방향 힘 변동 파라미터에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되는, 방법.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서, 상기 이산 측정 포인트에 인접한 상기 하나 이상의 측정 포인트는 상기 타이어의 접촉 패치 길이에 기초하여 선택되는, 방법.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서, 상기 측정된 방사방향 런아웃 파라미터는 상기 타이어에서 중심 트랙 주위의 복수의 측정 포인트에 대해 측정되는, 방법.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서, 상기 측정된 방사방향 런아웃 파라미터는 상기 타이어에서 복수의 트랙 주위의 복수의 측정 포인트에 대해 측정되는, 방법.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서, 상기 방법은,

상기 이산 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계; 및

상기 이산 측정 포인트에 대해 상기 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 상기 모델을 사용하여 결정된 상기 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터와 비교하여 상기 타이어의 강성(stiffness)을 평가하는 단계;를 포함하는, 방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서, 상기 방법은, 상기 컴퓨팅 디바이스에서, 방사방향 힘 변동을 상기 타이어의 방사방향 런아웃 및 측방향 힘 변동과 상관시키는 상기 모델을 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서, 상기 모델을 생성하는 단계는,

테스트 타이어의 세트에서 하나 이상의 타이어에 대해 측정된 방사방향 런아웃 데이터를 획득하는 단계;

상기 테스트 타이어의 세트에서 상기 하나 이상의 타이어에 대해 측정된 측방향 힘 변동 데이터를 획득하는 단계;

상기 테스트 타이어의 세트에서 상기 하나 이상의 타이어에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 데이터를 획득하는 단계;

상기 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에서 상기 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 상기 측정된 측방향 힘 변동 파라미터의 가중된 합계로서 상기 이산 측정 포인트에서 상기 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 모델링하는 단계; 및

상기 측정된 방사방향 런아웃 데이터, 상기 측정된 방사방향 힘 변동 데이터, 및 상기 측정된 측방향 힘 변동 데이터에 기초하여 상기 가중된 합계에 대한 하나 이상의 계수를 추정하는 단계;를 포함하는, 방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서, 상기 하나 이상의 계수는 회귀 분석 또는 프로그래밍 분석을 사용하여 추정되는, 방법.

**청구항 10**

제 8 항에 있어서, 상기 측방향 힘 변동 데이터는 상기 타이어에 대한 코니시티(conicity) 데이터를 포함하는, 방법.

**청구항 11**

타이어의 방사방향 힘 변동을 추정하는 시스템으로서, 상기 시스템은,

타이어 주위의 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 측정된 측방향 힘 변동 파라미터를 획득하도록 구성된 측정 기계; 및

상기 측정 기계에 결합된 컴퓨팅 디바이스를 포함하되, 상기 컴퓨팅 디바이스는 상기 타이어의 방사방향 힘 변동을 상기 타이어의 방사방향 런아웃 및 측방향 힘 변동과 상관시키는 모델에 액세스하도록 구성되고;

제어 시스템은 상기 모델을 사용하여 상기 타이어에 대한 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 결정하도록 더 구성된, 시스템.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 상기 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 상기 타이어에서 상기 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에 대해 상기 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 상기 측정된 측방향 힘 변동 파라미터에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되는, 시스템.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서, 상기 이산 측정 포인트에 인접한 상기 하나 이상의 측정 포인트는 상기 타이어의 접촉 패치 길이에 기초하여 선택되는, 시스템.

**청구항 14**

제 11 항에 있어서, 상기 측정 기계는 상기 이산 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 획득하도록 구성되고, 상기 제어 시스템은 상기 이산 측정 포인트에 대해 상기 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 상기 이산 측정 포인트에 대해 상기 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터와 비교하여 상기 타이어의 강성을 평가하도록 더 구성된, 시스템.

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 일반적으로 타이어 균일성(tire uniformity)을 개선시키는 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 균일성 파라미터의 콘볼루션(convolution)/디콘볼루션(deconvolution)-기반 추정기의 사용에 기초한 타이어 균일성을 개선시키는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 타이어 불-균일성(non-uniformity)은 타이어의 특정 정량화가능한 특성에서 타이어의 회전축에 대한 대칭(또는 비대칭)에 관한 것이다. 종래의 타이어 형성 방법은 불행하게도 타이어에 불-균일성을 생성하는 많은 기회를 가지고 있다. 타이어의 회전 동안, 타이어 구조에 존재하는 불-균일성은 휠 축에서 주기적으로-변하는 힘을 생성한다. 타이어 불-균일성은 이 힘 변동(variation)이 차량과 차량 점유자에 현저한 진동으로 전달될 때 중요하다. 이 힘은 차량의 서스펜션을 통해 전달되고, 차량의 좌석과 스티어링 휠에서 인식되거나 또는 승객 구획에서 잡음으로 전달될 수 있다. 차량 점유자에 전달되는 진동의 양은 타이어의 "승차감" 또는 "편안감"으로 분류되었다.

[0003] 타이어 균일성 파라미터 또는 속성은 일반적으로 차원 또는 기하학적 변동(방사방향 런아웃(radial run out)과 측방향 런아웃(lateral run out)), 질량 분산(mass variance), 및 롤링 힘 변동(rolling force variation)(방사방향 힘 변동, 측방향 힘 변동 및 접선 힘 변동(tangential force variation), 이는 종종 또한 소위 길이방향 또는 전방 및 후방 힘 변동이라고 지칭됨)으로 분류된다. 타이어 균일성 파라미터들이 식별되면, 제조 공정을 조절하는 것에 의해 일부 균일성을 제공하는 정정 과정이 수행될 수 있다. 경화된 타이어에 물질을 추가하거나 및/또는 제거하거나 및/또는 경화된 타이어의 변형을 포함하지만 이들로 제한되지 않는 경화된 타이어의 불-균일성을 처리하는 추가적인 정정 과정이 수행될 수 있다.

[0004] 방사방향 힘 변동과 같은, 타이어의 힘 변동 파라미터는, 타이어의 기하학적 변동(예를 들어, 방사방향 런아웃)으로 기인할 뿐만 아니라, 타이어의 강성(stiffness)의 변동으로 기인할 수 있다. 특정 상황에서, 타이어의 기하학적 변동으로 기인할 수 있는 측정된 힘 변동 파라미터의 부분과, 타이어 강성으로 기인할 수 있는 측정된 힘 변동 파라미터의 부분을 결정하는 것이 바람직할 수 있다. 나아가, 특정 타이어 균일성 파라미터 측정만이 타이어에 이용가능할 수 있다. 예를 들어, 방사방향 런아웃 측정은 타이어에 이용가능할 수 있으나, 방사방향 힘 변동 측정은 이용가능하지 않을 수 있다.

[0005] 따라서, 타이어의 방사방향 힘 변동과 방사방향 런아웃 간을 앞뒤로 변환을 제공하는 시스템 및 방법에 대한 요구가 존재한다. 타이어의 강성에 기여를 포함하는 타이어의 강성을 평가할 수 있는 시스템 및 방법이 특히 유리할 수 있다.

**발명의 내용**

[0006] 본 발명의 측면 및 장점은 이하 상세한 설명에서 부분적으로 제시되거나, 또는 상세한 설명으로부터

명백하거나, 또는 본 발명을 실시하여 학습될 수 있을 것이다.

[0007] 본 발명의 하나의 예시적인 측면은 타이어의 방사방향 힘 변동을 추정하는 방법에 관한 것이다. 본 방법은 타이어 주위 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파라미터를 획득하는 단계 및 상기 타이어 주위 상기 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 측방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계를 포함한다. 본 방법은 상기 타이어의 방사방향 힘 변동을 상기 타이어의 측방향 런아웃과 상관시키는 모델에 액세스하는 단계, 및 컴퓨팅 디바이스에서, 상기 모델을 사용하여 상기 타이어의 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함한다. 예를 들어, 본 발명의 이 예시적인 측면의 변형에 따라, 상기 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 상기 타이어에서 상기 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 측정된 힘 변동 파라미터에 적어도 부분적으로 기초하여 결정될 수 있다. 상기 이산 측정 포인트에 인접한 상기 하나 이상의 측정 포인트는 상기 타이어의 접촉 패치(contact patch)의 길이에 기초하여 선택될 수 있다.

[0008] 본 발명의 다른 예시적인 측면은 타이어의 방사방향 힘 변동을 추정하는 시스템에 관한 것이다. 상기 시스템은 타이어 주위 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 측정된 측방향 힘 변동 파라미터를 취득하도록 구성된 측정 기계를 포함한다. 상기 시스템은 상기 측정 기계에 연결된 컴퓨팅 디바이스를 더 포함한다. 상기 컴퓨팅 디바이스는 상기 타이어의 방사방향 힘 변동을 상기 타이어의 방사방향 런아웃 및 측방향 힘 변동과 상관시키는 모델에 액세스하는 동작을 수행하도록 구성된다. 상기 컴퓨팅 디바이스는 상기 모델을 사용하여 상기 타이어의 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 결정하는 동작을 수행하도록 더 구성될 수 있다.

[0009] 본 발명의 또 다른 예시적인 측면은 상기 타이어의 방사방향 런아웃을 추정하는 방법에 관한 것이다. 본 방법은 상기 타이어 주위 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계, 및 상기 타이어 주위 상기 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 측방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계를 포함한다. 본 방법은 상기 타이어의 방사방향 런아웃을 상기 타이어의 방사방향 힘 변동 및 측방향 힘 변동과 상관시키는 모델에 액세스하는 단계, 및 컴퓨팅 디바이스에서, 상기 모델을 사용하여 상기 타이어의 적어도 하나의 이산 측정 포인트에 대해 추정된 방사방향 런아웃 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0010] 본 발명의 이들 및 다른 특징, 측면 및 장점은 이하 상세한 설명 및 첨부된 청구범위를 참조하여 더 잘 이해될 수 있을 것이다. 본 명세서에 포함되고 본 명세서의 일부를 형성하는 첨부 도면은, 본 발명의 실시예를 도시하고, 상세한 설명과 함께, 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0011] 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 충분히 실시가능한 최상의 형태를 포함하는 본 발명의 설명은 첨부 도면을 참조하는 본 명세서에 제시된다.

도 1 및 도 2는 타이어의 접촉 패치의 작용을 통해 방사방향 런아웃을 방사방향 힘 변동으로 변환(transformation)하는 것을 간략히 그래프로 도시한 도면;

도 3은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 타이어의 추정된 방사방향 균일성 파라미터를 측정된 방사방향 균일성 파라미터와 측정된 측방향 힘 변동 파라미터와 상관시키는 모델을 생성하는 예시적인 방법의 흐름도;

도 4는 타이어의 중심 트랙을 따라 이산 측정 포인트에 인접한 복수의 측정 포인트를 도시하는 도면;

도 5는 타이어의 복수의 트랙을 따라 이산 측정 포인트에 인접한 복수의 측정 포인트를 도시하는 도면;

도 6은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 측정된 방사방향 런아웃과 측정된 측방향 힘 변동을 사용하여 결정된 타이어의 콘볼루션-기반 추정된 방사방향 힘 변동에 기초하여 타이어의 균일성을 개선시키는 예시적인 방법의 흐름도;

도 7은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 측정된 방사방향 힘 변동과 측정된 측방향 힘 변동을 사용하여 결정된 타이어의 디콘볼루션-기반 추정된 방사방향 런아웃에 기초하여 타이어의 균일성을 개선하는 예시적인 방법의 흐름도; 및

도 8은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 예시적인 시스템의 블록도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0012] 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 본 설명은 예시적인 실시예만을 설명하는 것일 뿐, 본 발명의 더 넓은 측면을 제한하는 것으로 의도된 것이 아닌 것으로 이해된다. 각 예시는 본 발명을 설명하는 것일 뿐, 본 발명을 제한하는 것이 아닌 것으로 제공된다. 사실, 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자에게는 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 본 발명에 여러 변형과 변경이 이루어질 수 있는 것은 명백하다. 예를 들어, 하나의 실시예의 일부로 도시되거나 설명된 특징은 다른 실시예와 사용되어 추가적인 실시예를 형성할 수 있다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구범위와 그 균등 범위 내에 있는 변형과 변경을 포함하는 것으로 의도된다.
- [0013] 일반적으로, 본 발명은 타이어의 균일성 파라미터를 추정하는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 특히, 타이어의 제1 유형의 방사방향 균일성 파라미터는 타이어의 측정된 제2 유형의 방사방향 균일성 파라미터로부터 추정될 수 있다. 이 제2 유형의 방사방향 균일성 파라미터는 제1 유형의 방사방향 균일성 파라미터와는 상이한 유형의 방사방향 균일성 파라미터일 수 있다. 타이어의 측정된 측방향 힘 변동을 사용하여 추정된 방사방향 균일성 파라미터의 정밀도를 개선시킬 수 있다. 이런 방식으로, 추정된 방사방향 균일성 파라미터는, 예를 들어, 특정 균일성 파라미터가 측정되지 않았거나 또는 이용가능하지 않은 상황에서 획득될 수 있다.
- [0014] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 타이어의 방사방향 균일성 파라미터는 타이어의 방사방향과 연관된 균일성 파라미터, 예를 들어, 타이어에서 방사방향 런아웃 파라미터 또는 방사방향 힘 변동 파라미터이다. 방사방향 런아웃은 타이어의 방사방향으로 물리적인 진원도(out of roundness) 또는 기하학적 불-균일성과 관련된 균일성 파라미터이다. 방사방향 힘 변동(radial force variation: RFV)은 타이어와 접촉하는 표면에서 방사방향으로 작용하는 힘의 변동과 관련된 균일성 파라미터이다.
- [0015] 본 발명은 또한 측방향 힘 변동을 언급한다. 측방향 힘 변동은 타이어의 측방향으로 작용하는 힘의 변동과 연관된 균일성 파라미터이다. 본 발명은 예시와 설명을 위하여 낮은 속력 균일성 파라미터(예를 들어, 분당 600회전 미만의 회전 속력과 연관된 파라미터)에 대하여 설명된다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면, 본 명세서에 제공된 사항을 사용하여, 본 발명의 측면이 다른 균일성 파라미터에도 유사하게 적용될 수 있을 것이라는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0016] 타이어의 방사방향 런아웃은 접촉 패치의 작용을 통해 방사방향 힘 변동으로 변환될 수 있다. 이 원리에 기초하여, 본 발명의 측면은 타이어의 방사방향 런아웃과 타이어의 방사방향 힘 변동 간을 변환하는 것에 관한 것이다. 예를 들어, 콘볼루션은 방사방향 런아웃 파라미터 측정을 포함하는 하나 이상의 균일성 파라미터 측정으로부터 방사방향 힘 변동을 추정하는데 사용될 수 있다. 디콘볼루션은 방사방향 힘 변동 파라미터 측정을 포함하는 하나 이상의 균일성 파라미터 측정으로부터 방사방향 런아웃을 추정하는데 사용될 수 있다. 방사방향 런아웃 및 방사방향 힘 변동 간에 콘볼루션 및 디콘볼루션을 하는 예시적인 방법은 본 출원의 공동 양도인에 양도된 PCT/US2013/034600에 개시되어 있다.
- [0017] 방사방향 런아웃과 방사방향 힘 변동 간을 변환할 때 측방향 힘 변동 측정을 사용하면 균일성 파라미터의 추정을 개선시킬 수 있는 것으로 밝혀졌다. 특히, 측정된 방사방향 런아웃과 측정된 측방향 힘 변동에 기초하여 방사방향 힘 변동을 추정하면 측정된 방사방향 런아웃에만 기초하여 방사방향 힘 변동을 추정하는 것에 비해 정밀도를 개선시킬 수 있다. 이와 유사하게, 측정된 방사방향 힘 변동과 측정된 측방향 힘 변동에 기초하여 방사방향 런아웃을 추정하면 측정된 방사방향 힘 변동에만 기초하여 방사방향 런아웃을 추정하는 것에 비해 정밀도를 개선시킬 수 있다.
- [0018] 본 발명의 측면에 따라, 추정된 방사방향 균일성 파라미터는 하나 이상의 모델을 사용하여 측정된 방사방향 균일성 파라미터 및 측정된 측방향 힘 변동으로부터 추정될 수 있다. 상기 하나 이상의 모델은 이산 측정 포인트에서 및 이 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 선택된 측정 포인트에서 측정된 방사방향 균일성 파라미터의 가중된 합계로서 이산 측정 포인트에서 추정된 방사방향 균일성 파라미터를 나타낼 수 있다. 가중된 합계는 이산 측정 포인트 및 이 이산 측정 포인트에 인접한 선택된 측정 포인트에서 측정된 측방향 힘 변동을 더 고려할 수 있다.
- [0019] 이산 측정 포인트에 인접한 선택된 측정 포인트는 접촉 패치의 작용을 통해 방사방향 런아웃을 방사방향 힘 변동으로 변환의 근사(approximation)를 제공하도록 타이어의 접촉 패치 길이에 기초하여 선택될 수 있다. 하나 이상의 모델은 하나 이상의 테스트 타이어의 세트에 대해 측정된 방사방향 런아웃 데이터, 측정된 방사방향 힘 변동 데이터 및 측정된 측방향 힘 변동 데이터를 획득하는 동작, 및 상기 측정된 데이터에 기초하여 회귀 분석(regression analysis)(예를 들어 다중 선형 회귀(multiple linear regression), 베이저안 회귀(Bayesian regression) 등) 또는 프로그래밍 분석(예를 들어, 선형 프로그래밍 분석)을 사용하여 가중된 합계에 대한 계수

를 추정하는 동작을 수행하는 것에 의해 생성될 수 있다.

[0020] 상기 추정된 방사방향 균일성 파라미터는 여러 목적을 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 타이어를 등급 매기거나/분류(grading/sorting)하는데 사용되는 방사방향 힘 변동 측정을 대체하는데 사용될 수 있다. 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 또한, 예를 들어, 동적 타이어 균일성 보상 공정, 예를 들어, 그런 타이어 정정 공정에 사용되는 방사방향 힘 변동 측정을 대체하는데 사용될 수 있고, 또한 시그너처 분석 연구에 사용되는 추정된 방사방향 힘 변동을 보충하는데 사용될 수 있다. 추정된 방사방향 런아웃 파라미터는, 예를 들어, 조인트 형성(joint formation)을 추적하거나, 및/또는 고조파 검출(harmonic detection) 공정에 일반적으로 사용되는 방사방향 런아웃 측정을 대체하거나 보충하는데 사용될 수 있다.

[0021] 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 또한 타이어의 강성을 평가하는데 사용될 수 있다. 타이어의 방사방향 힘 변동은 접촉 패치의 작용을 통해 방사방향 런아웃에 기인할 뿐만 아니라, 타이어의 강성의 변동에 기인할 수도 있다. 본 발명의 측면에 따라 결정된 추정된 방사방향 힘 변동과 추정된 방사방향 힘 변동에서의 차이는 강성에 기인하는 방사방향 힘 변동 부분의 지시를 제공할 수 있다. 이런 방식으로, 타이어의 추정된 방사방향 힘 변동은 타이어의 강성을 평가하기 위해 타이어의 추정된 방사방향 힘 변동과 비교될 수 있다. 측방향 힘 변동을 추가적으로 입력하면, 구조적이고 물질적인 효과 때문에 타이어의 강성을 여러 성분으로 더 파티션하는 것이 가능할 수 있다.

[0022] 도 1 및 도 2는 방사방향 런아웃을 접촉 패치의 작용을 통해 방사방향 힘 변동으로 변환하는 것을 설명하는 타이어의 간략화된 표현을 도시한다. 특히, 도 1은, 포인트(25)에서 방사방향 런아웃을 가지는 예시적인 타이어(20)를 도시한다. 타이어(20)는 표면(40)에서 롤링한다. 접촉 패치(30)는 표면(40)과 접촉하는 타이어(20) 부분이다. 접촉 패치(30)는 길이(L)를 가진다. 접촉 패치(30)의 길이(L)는 구획 폭(section width), 종횡비(aspect ratio), 좌석 사이즈(seat size), 팽창 압력, 및 타이어(20)의 부하와 같은 요인에 의존할 수 있다. 방사방향 힘(28)은 타이어(20)가 표면(40)에서 롤링하는 것에 응답하여 방사방향 방향을 따라 (즉, x-축을 따라) 타이어(20)에 작용한다. 측방향 힘(26)은 또한 타이어(20)가 표면(40)에서 롤링하는 것에 응답하여 측방향을 따라 (즉, 페이지에서 나오는 y-축을 따라) 타이어(20)에 작용한다. 도 1에서, 포인트(25)에서 방사방향 런아웃은 접촉 패치(30) 외부에 있다. 그리하여, 포인트(25)에서 방사방향 런아웃은 타이어(20)에서 방사방향 힘(28)에 기여하지 않는다. 타이어(20)에서 방사방향 힘(28)은 접촉 패치(30)에서 타이어(20)의 압축과 타이어(20)의 강성과 같은 요인으로부터 초래될 수 있다.

[0023] 도 2에서, 타이어(20)는 포인트(25)에서 방사방향 런아웃이 타이어(20)의 접촉 패치(30)를 통과하도록 롤링되었다. 포인트(25)에서 방사방향 런아웃이 접촉 패치(30)를 통과할 때, 방사방향 런아웃은 (부하로 인한 정상 변형에 더하여) 압축되고 방사방향 힘(38)이 생성된다. 방사방향 힘(38)은 방사방향 런아웃이 접촉 패치(30)를 통과할 때 포인트(25)에서 방사방향 런아웃의 압축으로부터 적어도 부분적으로 초래될 수 있다. 포인트(25)에서 방사방향 런아웃이 접촉 패치(30)를 통과할 때 타이어(20)의 방사방향 힘(38)은 방사방향 런아웃(25)이 접촉 패치(30)를 통과하지 않을 때 타이어(20)의 방사방향 힘(28)보다 더 클 수 있다. 그 결과, 방사방향 런아웃은 접촉 패치의 작용을 통해 타이어의 방사방향 힘 변동에 기여한다. 측방향 힘(36)은 포인트(25)에서 방사방향 런아웃이 접촉 패치를 통과할 때 타이어(20)에서 상이할 수 있다. 측방향 힘 변동은 타이어(20)의 방사방향 런아웃 및 다른 기하학적 변동 및/또는 타이어(20)의 강성의 변동과 같은 요인에 기인할 수 있다.

[0024] 본 발명의 측면에 따라, 접촉 패치의 작용을 통해 방사방향 런아웃을 방사방향 힘 변동으로 변환한 것에 기초하여 타이어의 방사방향 런아웃과 방사방향 힘 변동을 상관시키는 하나 이상의 모델이 생성될 수 있다. 하나 이상의 모델은 추정된 방사방향 균일성 파라미터로부터 방사방향 균일성 파라미터를 추정하는데 사용될 수 있다. 하나 이상의 모델은 타이어의 추정된 측방향 힘 변동을 고려하여 이 모델의 정밀도를 개선시킬 수 있다. 특히, 이산 측정 포인트에서 추정된 방사방향 균일성 파라미터는 이산 측정 포인트에 인접한 선택된 측정 포인트, 예를 들어, 이산 측정 포인트에 대해 타이어의 접촉 패치 길이 내에 있는 측정 포인트에서 추정된 방사방향 균일성 파라미터 및 측방향 힘 변동 파라미터의 가중된 합계에 기초하여 결정될 수 있다.

[0025] 도 3은 타이어의 추정된 방사방향 균일성 파라미터를 타이어의 추정된 방사방향 균일성 파라미터 및 추정된 측방향 힘 변동 파라미터와 상관시키는 모델을 생성하는 예시적인 방법(300)의 흐름도를 도시한다. 본 방법(300)은 도시와 설명을 위하여 특정 순서로 수행된 단계를 도시한다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면, 본 명세서에 제공된 사항을 사용하여, 본 명세서에 개시된 방법의 임의의 단계들이 여러 방식으로 적응되거나 생략되거나 재배열되거나 및/또는 변경될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0026] (302)에서, 본 방법은 테스트 타이어의 세트를 식별하는 단계를 포함한다. 테스트 타이어의 세트는 동일하거나

또는 유사한 타이어 구성(tire construction)의 복수의 타이어를 포함할 수 있다. 테스트 타이어의 세트는 본 발명의 측면에 따라 타이어의 측정된 방사방향 균일성 파라미터를 타이어의 추정된 방사방향 균일성 파라미터와 상관시키는 모델을 생성하는데 적절한 임의의 개수의 타이어를 포함할 수 있다. 예를 들어, 테스트 타이어의 세트는 2개 내지 10개의 테스트 타이어의 세트를 포함할 수 있다.

[0027] (304)에서, 본 방법은 테스트 타이어의 세트에서 하나 이상의 테스트 타이어에 대해 측정된 방사방향 런아웃 데이터를 획득하는 단계를 포함한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 데이터를 획득하는 단계는, 예를 들어, 균일성 측정 기계 또는 다른 적절한 디바이스를 사용하여 데이터를 측정하는 단계를 포함할 수 있거나 및/또는 예를 들어, 컴퓨팅 디바이스의 메모리에 저장된 이전에 측정되거나 또는 취득된 데이터에 액세스하는 단계를 포함할 수 있다. 방사방향 런아웃 데이터는 테스트 타이어의 세트에서 각 테스트 타이어에 대해 측정된 방사방향 런아웃 과형을 포함할 수 있다. 이 방사방향 런아웃 과형은 테스트 타이어의 외주 주위에 이격된 각도 위치에서 복수의 측정 포인트(예를 들어 128개, 256개, 512개 또는 다른 적절한 개수의 측정 포인트)에 대해 테스트 타이어의 측정된 방사방향 런아웃 파라미터(예를 들어, 측정된 방사방향 런아웃)를 제공할 수 있다.

[0028] (306)에서, 본 방법은 테스트 타이어의 세트에서 하나 이상의 테스트 타이어에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 데이터를 획득하는 단계를 포함한다. 방사방향 런아웃 데이터와 유사하게, 이 방사방향 힘 변동 데이터는 테스트 타이어의 세트에서 각 테스트 타이어에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 과형을 포함할 수 있다. 이 방사방향 힘 변동 과형은 테스트 타이어의 외주 주위에 이격된 각도 위치에서 복수의 측정 포인트에 대해 테스트 타이어의 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터(예를 들어, 측정된 방사방향 힘)를 제공할 수 있다. 이 방사방향 힘 변동 데이터는 시계 방향과 반시계 방향으로 타이어를 회전시킨 것에 대해 획득될 수 있다. 이 방사방향 힘 변동 데이터는 또한 타이어를 시계 방향과 반시계 방향으로 회전시킨 것에 대해 측정된 방사방향 힘 변동에 기초하여 결정된 평균 방사방향 힘 변동과 같은 여러 유도된 측정을 포함할 수 있다.

[0029] (308)에서, 본 방법은 테스트 타이어의 세트에서 하나 이상의 테스트 타이어에 대해 측정된 측방향 힘 변동 데이터를 획득하는 단계를 포함한다. 측방향 힘 변동 데이터는 테스트 타이어의 세트에서 각 테스트 타이어에 대해 측정된 측방향 힘 변동 과형을 포함할 수 있다. 측방향 힘 변동 과형은 테스트 타이어의 외주 주위에 이격된 각도 위치에서 복수의 측정 포인트에 대해 테스트 타이어의 측정된 측방향 힘 변동 파라미터(예를 들어, 측정된 측방향 힘)를 제공할 수 있다. 측방향 힘 변동 데이터는 시계 방향과 반시계 방향으로 타이어를 회전시킨 것에 대해 획득될 수 있다. 측방향 힘 변동 데이터는 타이어의 시계 방향과 반시계 방향으로 회전시킨 것에 대해 측정된 측방향 힘 변동에 기초하여 결정된 평균 측방향 힘 변동과 같은 여러 유도된 측정을 포함할 수 있다. 측방향 힘 변동 데이터는 측정된 측방향 힘 변동 데이터로부터 결정된 타이어의 코니시티(conicity)의 측정(예를 들어, 코니시티 = 시계 방향 회전에 대한 측방향 힘 변동 + 반시계 방향 회전에 대한 측방향 힘 변동)/2)을 더 포함할 수 있다.

[0030] (310)에서, 테스트 타이어의 세트에서 방사방향 런아웃 데이터, 방사방향 힘 변동 데이터, 및 측방향 힘 변동 데이터는 이 모델을 결정하기 위하여 표준화된다. 표준화는, 방사방향 런아웃 데이터, 방사방향 힘 변동, 및 측방향 힘 변동 데이터에서 각 데이터 포인트로부터 평균을 감산하는 동작, 및 각 데이터 포인트를 데이터의 표준 편차로 나누어 0에 데이터를 센터링하고 임의의 측정 오프셋을 제공하는 동작을 수행하는 것에 의해 획득될 수 있다.

[0031] (312)에서, 이 모델은 이산 측정 포인트와 이 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에서 측정된 방사방향 균일성 파라미터의 가중된 합계로서 추정된 방사방향 균일성 파라미터를 모델링하는 것에 의해 생성된다. 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트는 테스트 타이어와 연관된 접촉 패치 길이에 기초하여 선택될 수 있다. 가중된 합계는 또한 이산 측정 포인트와 이 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에서 측정된 측방향 힘 변동을 제공한다.

[0032] 본 발명의 예시적인 측면에 따라 생성될 수 있는 하나의 예시적인 모델은 이산 측정 포인트에서 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 타이어의 중심 트랙을 따라 복수의 측정 포인트에서 방사방향 런아웃 파라미터 및 측정된 측방향 힘 변동과 상관시키는 콘볼루션 모델이다. 이 특정 콘볼루션 모델은 본 발명의 도 4를 참조하여 보다 용이하게 이해될 수 있다.

[0033] 도 4는 타이어(20)의 일부분을 도시한다. 방사방향 런아웃 데이터는 타이어(20)의 중심 트랙(120)을 따라 측정된 측정 포인트에 대해 복수의 방사방향 런아웃 측정을 제공할 수 있다. 측방향 힘 변동 데이터는 타이어에서 복수의 측방향 힘 변동 데이터를 제공할 수 있다. 콘볼루션 모델은, 이산 측정 포인트(100)에 인접한 하나 이상의 측정 포인트(110)에서 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 측정된 측방향 힘 변동 파라미터에 더하여, 이산 측정 포

인트(100)에서 측정된 방사방향 런아웃 파라미터 및 측정된 측방향 힘 변동의 가중된 합계로서 이산 측정 포인트(100)에서 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 나타낼 수 있다.

[0034] 도 4에 도시된 바와 같이, 측정 포인트(110)는 이산 측정 포인트(100)에 대해 타이어의 접촉 패치 길이(L) 내 측정 포인트의 근사를 제공하도록 선택된다. 하나 이상의 측정 포인트(110)가 콘볼루션 모델에 사용될 수 있다. 예를 들어, 일 구현에서, 모든 측정 포인트(110)가 콘볼루션 모델에 사용될 수 있다. 다른 구현에서, 선택된 측정 포인트(110), 예를 들어, 외부 측정 포인트(즉, 이산 측정 포인트(100)로부터 가장 먼 거리에 있는 측정 포인트(110))가 콘볼루션 모델에 사용될 수 있다.

[0035] 이 예시적인 실시예에 따른 콘볼루션 모델은 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$vr_i = \sum_{k=-j}^{k=j} \alpha_{i+k} * fr c_{i+k} + \sum_{k=-j}^{k=j} \beta_{i+k} * vl_{i+k} \quad (1)$$

[0036] 이 콘볼루션 모델은 이산 측정 포인트에 인접하고 이 이산 측정 포인트를 포함하는 각 측정 포인트( $i+k$ )에서 측정된 방사방향 런아웃( $frc$ ) 및 측방향 힘 변동( $vl$ )의 가중된 합계로서 이산 측정 포인트( $i$ )에서의 방사방향 힘 변동( $rv$ )을 나타낸다.  $\alpha_{i+k}$ 는 가중된 합계에 사용된 측정 포인트( $i+k$ )에 대한 방사방향 런아웃과 연관된 계수를 나타낸다.  $\beta_{i+k}$ 는 가중된 합계에서 사용된 측정 포인트( $i+k$ )에 대한 측방향 힘 변동과 연관된 계수를 나타낸다.  $k$ 는 특정 타이어 구성에 따라  $-j$  내지  $j$ 의 범위에 이를 수 있다.  $j$ 의 사이즈는 타이어의 접촉 패치 길이에 기초할 수 있다.

[0038] 일 예에서,  $j$ 는 7개의 측정 포인트와 연관된 측정된 방사방향 런아웃을 사용하여 이산 측정 포인트에서 방사방향 힘 변동을 추정하기 위해 3이다. 7개의 측정 포인트는 128개의 균등하게 이격된 측정 포인트가 타이어 주위에 제공될 때 특정 타이어에 대해 접촉 패치 길이의 우수한 근사를 제공할 수 있는 것으로 발견되었다. 더 많거나 더 적은 개수의 측정 포인트들이 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 사용될 수 있다.

[0039] 본 발명의 예시적인 측면에 따라 생성될 수 있는 다른 예시적인 모델은 타이어에서 측정된 측방향 힘 변동에 더하여 이산 측정 포인트에서 추정된 방사방향 힘 변동을 타이어의 복수의 트랙을 따라 복수의 측정 포인트에서 방사방향 런아웃과 상관시키는 콘볼루션 모델이다. 방사방향 런아웃 측정의 복수의 트랙을 사용하면 콘볼루션 모델의 정밀도를 증가시킬 수 있는 것으로 밝혀졌다. 복수의 트랙에 대해 방사방향 런아웃 데이터에 기초하여 생성된 콘볼루션 모델은 본 발명의 도 5를 참조하여 보다 용이하게 이해될 수 있을 것이다.

[0040] 도 5는 타이어(20)의 일부분을 도시한다. 방사방향 런아웃 데이터는 타이어(20)의 중심 트랙(120)을 따라 복수의 방사방향 런아웃 측정을 제공할 수 있다. 방사방향 런아웃 데이터는 또한 타이어(20)의 추가적인 트랙을 따라, 예를 들어, 타이어(20)의 트랙(122 및 124)을 따라 복수의 방사방향 런아웃 측정을 제공할 수 있다. 측방향 힘 변동 측정이 모두 3개의 트랙에 대해 제공되는 것은 아니지만, 중심 트랙(120)과 연관된 이산 측정 포인트(110) 및 측정 포인트(112)에 대해 제공된다. 콘볼루션 모델은, 이산 측정 포인트(100), 이 이산 측정 포인트(100)에 인접한 복수의 트랙(120, 122, 및 124)을 따른 하나 이상의 측정 포인트(110)에서 측정된 방사방향 런아웃과, 이산 측정 포인트(100) 및 이 이산 측정 포인트(100)에 인접한 하나 이상의 측정 포인트 112에서 측방향 힘 변동의 가중된 합계로서 이산 측정 포인트(100)에서 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 나타낼 수 있다.

[0041] 복수의 방사방향 런아웃 트랙을 수반하는 콘볼루션 모델은 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$vr_i = \sum_{l=1}^{l=n} \sum_{k=-j}^{k=j} \alpha_{l+k} * fr c_{l+k} + \sum_{k=-j}^{k=j} \beta_{i+k} * vl_{i+k} \quad (2)$$

[0042] 이 콘볼루션 모델은 이산 측정 포인트에 인접하고 이 이산 측정 포인트를 포함하는  $n$ 개의 트랙에 대해 각 측정 포인트( $i+k$ )에서 측정된 방사방향 런아웃( $frc$ )의 가중된 합계로서 이산 측정 포인트( $i$ )에서 방사방향 힘 변동( $rv$ )을 나타낸다. 가중된 합계는 또한 이산 측정 포인트에 인접하고 이 이산 측정 포인트를 포함하는 측정 포인트( $i+k$ )에 대해 측정된 측방향 힘 변동( $vl$ )을 포함한다.  $\alpha_{i+k}$ 는 가중된 합계에 사용된  $n$ 개의 트랙 각각에 대해 측정 포인트( $i+k$ )와 연관된 계수를 나타낸다.  $\beta_{i+k}$ 는 가중된 합계에서 사용된 측정 포인트( $i+k$ )에 대해 측방향 힘 변동과 연관된 계수를 나타낸다.  $k$ 는 특정 타이어 구성에 따라  $-j$  내지  $j$ 의 범위에 이를 수 있다.

[0044] 3개의 방사방향 런아웃 트랙을 갖는 특정 실시예에 대한 콘볼루션 모델은 아래에 제공된다:

$$vr_i = \sum_{k=-j}^{k=j} \alpha_{i+k} * fr c_{i+k} + \sum_{k=-j}^{k=j} \lambda_{i+k} * fr t_{i+k} + \sum_{k=-j}^{k=j} \gamma_{i+k} * fr b_{i+k} + \sum_{k=-j}^{k=j} \beta_{i+k} * vl_{i+k} \quad (3)$$

[0045] 이 예시적인 모델은 중심 트랙에 대해 각 측정 포인트( $i+k$ )에서 측정된 방사방향 런아웃( $frc$ ), 상부 트랙(top track)에 대해 각 측정 포인트( $i+k$ )에서 측정된 방사방향 런아웃( $frt$ ), 하부 트랙(bottom track)에 대해 각 측정 포인트( $i+k$ )에서 측정된 방사방향 런아웃( $frb$ ), 및 각 측정 포인트( $i+k$ )에서 측정된 측방향 힘 변동( $vl$ )의 가중된 합계로서 이산 측정 포인트( $i$ )에서의 방사방향 힘 변동( $vr$ )을 나타낸다.  $\alpha_{i+k}$ 는 중심 트랙에 대해 측정 포인트( $i+k$ )와 연관된 계수를 나타낸다.  $\lambda_{i+k}$ 는 상부 트랙에 대해 측정 포인트( $i+k$ )와 연관된 계수를 나타낸다.  $\gamma_{i+k}$ 는 하부 트랙에 대해 측정 포인트( $i+k$ )와 연관된 계수를 나타낸다.  $\beta_{i+k}$ 는 가중된 합계에 사용된 측정 포인트( $i+k$ )에 대해 측방향 힘 변동과 연관된 계수를 나타낸다.  $k$ 는 특정 타이어 구성에 따라  $-j$  내지  $j$ 의 범위에 이를 수 있다.

[0047] 다른 예시적인 모델은 중심 트랙을 따른 이산 측정 포인트에서 추정된 방사방향 런아웃 파라미터를 측정된 방사방향 힘 변동 및 측정된 측방향 힘 변동과 상관시키는 디콘볼루션 모델일 수 있다. 디콘볼루션 모델은 또한 본 발명의 도 4를 참조하여 이해될 수 있다. 특히, 방사방향 힘 변동 데이터는 타이어(20)에서 복수의 방사방향 힘 측정을 제공할 수 있다. 디콘볼루션 모델은 이산 측정 포인트(100)에 인접한 하나 이상의 측정 포인트(110)에 더하여 이산 측정 포인트(100)에서 측정된 방사방향 힘 변동 및 측정된 측방향 힘 변동의 가중된 합계로서 타이어(20)의 중심 트랙(120)을 따라 이산 측정 포인트(100)에서의 방사방향 런아웃을 추정할 수 있다.

[0048] 디콘볼루션 모델은 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$fr c_i = \sum_{k=-j}^{k=j} \delta_{i+k} * vr_{i+k} + \sum_{k=-j}^{k=j} \beta_{i+k} * vl_{i+k} \quad (4)$$

[0049] 이 디콘볼루션 모델은 이산 측정 포인트에 인접하고 이 이산 측정 포인트를 포함하는 각 측정 포인트( $i+k$ )에서 측정된 방사방향 힘 변동( $vr$ ) 및 측정된 측방향 힘 변동( $vl$ )의 가중된 합계로서 타이어의 중심 트랙을 따라 이산 측정 포인트( $i$ )에서의 방사방향 런아웃( $frc$ )을 나타낸다.  $\delta_{i+k}$ 는 가중된 합계에 사용된 측정 포인트( $i+k$ )와 연관된 계수를 나타낸다.  $\beta_{i+k}$ 는 가중된 합계에 사용 측정 포인트( $i+k$ )에 대해 측방향 힘 변동과 연관된 계수를 나타낸다.  $k$ 는 특정 타이어 구성에 따라  $-j$  내지  $j$ 의 범위에 이를 수 있다.

[0051] 추정된 방사방향 균일성 파라미터가 전술한 바와 같이 모델링된 후 (314)에서 도 3을 다시 참조하면, 하나 이상의 모델과 연관된 계수는 측정된 방사방향 런아웃 데이터, 측정된 방사방향 힘 변동 데이터, 및 측정된 측방향 힘 변동 데이터를 사용하여 추정될 필요가 있다. 특히, 측정된 방사방향 런아웃 데이터, 측정된 방사방향 힘 변동 데이터, 및 측정된 측방향 힘 변동 데이터는 모델에 대입될 수 있다. 모델에 의해 제공된 계수는 데이터에 기초하여 추정될 수 있다. 상수 계수가 테스트 타이어의 세트에서 테스트 타이어의 모든 섹터(sector)(각 이산 측정 포인트)에 대해 측정된 데이터에 기초하여 추정될 수 있다. 계수는 임의의 적절한 기술, 예를 들어, 회귀 기술 또는 프로그래밍 기술을 사용하여 추정될 수 있다.

[0052] 일 구현에서, 계수는 다중 선형 회귀를 사용하여 추정될 수 있다. 다중 선형 회귀는 추정된 방사방향 균일성 파라미터와 측정된 방사방향 균일성 파라미터 데이터 사이에 제곱 에러(squared error)의 합계를 최소화하는 고유한 계수 세트를 추정할 수 있다. 다중 선형 회귀 접근법 접근법에서, 추정된 계수는 본질적으로 제약이 없고 추정 값은 종종 물리적인 예상(expectation)을 충족하지 않을 수 있다. 해법은 매트릭스 수식으로부터 직접 올 수 있다.

[0053] 다른 구현에서, 계수는 베이저안 회귀를 사용하여 추정될 수 있다. 베이저안 회귀는 또한 제곱 에러의 합계를 최소화하지만, 이것은 관찰된 데이터에 기초하여 모델이 올바른 사후 확률(posterior probability)을 최대화하는 것에 의해 이렇게 한다. 이것은 모델이 올바른 사전 확률(prior probability)이 제공될 것을 요구한다. 이리

한 추가를 통해 최종 추정된 계수를 보다 물리적으로 현실적으로 조절할 수 있다. 사용되는 사전 확률의 유형에 따라, 해법은 직접 매트릭스 수식으로부터 또는 반복 조사(iterative search)로부터 올 수 있다. 사전 확률은 결과를 조절하는데 사용될 수 있으나 이것은 계수의 최종 추정에 대한 절대적인 제약은 아니다. 예를 들어 적절한 사전 확률은 추정을 조절하여 접촉 패치의 에지에서 낮아지고 중심에서 높아질 수 있다.

[0054] 또 다른 구현에서, 선형 프로그래밍 접근법은 절대 에러의 합계를 최소화하는 L1 최적화를 구현하는데 사용될 수 있다. 이 접근법은 명시적인 방식으로 물리적인 예상과 매칭하도록 이 추정에 제약을 제공할 수 있다. 예를 들어, 계수는 중심에서보다 접촉 패치의 에지에 인접한 측정 포인트에서 더 작도록 예상될 수 있다. 계수 패턴은 또한 접촉 패치의 중심 주위에 적절히 대칭적인 것으로 예상될 수 있다. 이 접근법 하에서 최종 해법은 제약을 충족하고 절대 에러의 합계를 최소화하는 최적의 계수 세트일 수 있다. 이 접근법은 계수의 추정이 물리적인 예상을 충족하게 하는 능력으로 인해 콘볼루션/디콘볼루션 모델에 대한 계수를 추정하는데 특히 적절할 수 있다.

[0055] 방사방향 런아웃과 방사방향 힘 변동 간을 변환하는 하나 이상의 모델이 본 발명의 측면에 따라 생성되면, 이 모델에 액세스하고 이 모델을 사용하여 타이어에 대해 추정된 방사방향 균일성 파라미터를 결정할 수 있다. 예를 들어, 콘볼루션 모델은 방사방향 런아웃 측정 및 측방향 힘 변동 측정으로부터 방사방향 힘 변동을 추정하는데 사용될 수 있다. 디콘볼루션 모델은 방사방향 힘 변동 측정 및 측방향 힘 변동 측정으로부터 방사방향 런아웃을 추정하는데 사용될 수 있다. 추정된 방사방향 균일성 파라미터(들)는 타이어의 균일성을 개선시키기 위해 여러 방식으로 사용될 수 있다.

[0056] 도 6은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 측정된 방사방향 런아웃 및 측정된 측방향 힘 변동을 사용하여 결정된 타이어의 콘볼루션-기반 추정된 방사방향 힘 변동을 사용하여 타이어의 균일성을 개선하는 예시적인 방법(400)의 흐름도를 도시한다. (402)에서, 본 방법은 타이어 주위의 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파라미터를 획득하는 단계를 포함한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 균일성 파라미터를 획득하는 단계는 균일성 측정 기계 또는 다른 적절한 측정 기계를 사용하여 균일성 파라미터를 측정하는 단계를 포함할 수 있고, 및/또는 예를 들어, 메모리에 저장된 이전에 측정된 균일성 파라미터에 액세스하는 단계를 포함할 수 있다. 측정된 방사방향 런아웃 파라미터는 타이어의 표면에 하나 이상의 트랙 주위에 복수의 포인트(예를 들어 128개의 포인트)에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파형을 포함하거나 그 일부분일 수 있다.

[0057] (404)에서, 본 방법은 타이어 주위 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 측방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계를 포함한다. 측정된 균일성 파라미터는 타이어 주위 복수의 포인트(예를 들어, 128개의 포인트)에 대해 측정된 측방향 힘 변동 파형일 수 있다.

[0058] (406)에서, 본 방법은 방사방향 힘 변동을 타이어의 방사방향 런아웃과 상관시키는 모델에 액세스하는 단계를 포함한다. 이 모델에 액세스하는 단계는 컴퓨팅 디바이스의 메모리에 저장된 모델에 액세스하는 단계를 포함할 수 있다. 이 모델은 타이어의 방사방향 힘 변동을 측정된 방사방향 런아웃 및 측정된 측방향 힘 변동과 상관시키는 콘볼루션 모델일 수 있다.

[0059] (408)에서, 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 이 모델을 사용하여 타이어에서 하나 이상의 이산 측정 포인트에 대해 결정된다. 특히, 이 이산 측정 포인트 및/또는 이 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 런아웃 및 측정된 측방향 힘 변동은 콘볼루션 모델에 대입된다. 이산 측정에서 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 콘볼루션 모델을 사용하여 측정된 방사방향 런아웃 및 측정된 측방향 힘 변동으로부터 계산된다. 이 과정은 각 이산 측정 포인트에 대해 반복되어 타이어에 대해 추정된 방사방향 힘 변동을 생성할 수 있다.

[0060] 예를 들어, 도 4의 예시적인 타이어(20)를 참조하면, 측정된 측방향 힘 변동 파라미터에 더하여 타이어(20)의 중심 트랙(120)을 따라 이산 측정(100) 및 이산 측정 포인트에 인접한 측정 포인트(110)에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파라미터는 상기 수식 (1)으로 표현된 콘볼루션 모델에 대입된다. 이산 측정 포인트(100)에 대해 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 수식 (1)으로 표현된 콘볼루션 모델을 사용하여 계산된다.

[0061] 다른 예로서 도 5의 예시적인 타이어(20)를 참조하면, 측정된 측방향 힘 변동 파라미터에 더하여 복수의 트랙(120, 122, 및 125)을 따라 이산 측정 포인트(100) 및 측정 포인트(110)에 대해 측정된 방사방향 런아웃 파라미터는 상기 수식 (3)으로 표현된 콘볼루션 모델에 대입될 수 있다. 이산 측정 포인트(100)에 대해 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 수식 (3)으로 표현된 콘볼루션 모델을 사용하여 계산된다.

[0062] 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터가 콘볼루션 모델을 사용하여 결정되면, 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는

타이어의 균일성을 평가 및/또는 개선시키는데 사용될 수 있다. 예를 들어, (410)에서, 본 방법은 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터에 기초하여 타이어를 분류하거나 또는 등급 매기는 단계를 포함할 수 있다. (412)에서, 본 방법은 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터에 기초하여 타이어 제조를 변경하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 추정된 방사방향 힘 변동을 감소시키는 정정 기술이 타이어에 수행될 (예를 들어 타이어 물질을 추가하거나 제거할) 수 있다. 다른 예로서, 추정된 방사방향 힘 변동이 시그너처 분석과 같은 균일성 보상 방법의 일부로서 또는 그런 타이어 정정 공정의 일부로서 사용될 수 있다.

[0063] 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 또한 타이어의 강성을 평가하는데 사용될 수 있다. 타이어의 강성을 평가하기 위하여, 본 방법은 하나 이상의 이산 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계(414)를 포함할 수 있다. (416)에서, 본 발명의 측면에 따라 콘볼루션 모델을 사용하여 하나 이상의 이산 측정 포인트에서 결정된 추정된 방사방향 힘 변동 파라미터는 타이어 강성을 평가하기 위하여 하나 이상의 이산 측정 포인트에서 측정된 방사방향 힘 변동과 비교된다. 예를 들어, 측정된 및 추정된 방사방향 힘 변동 사이에 차이는 타이어 강성에 기인할 수 있는 하나 이상의 이산 측정 포인트에서의 방사방향 힘의 크기의 지시를 제공할 수 있다.

[0064] 측방향 힘 변동 성분은 또한 국부적인 물질 효과에 기인할 수 있는 강성 성분과 구조적 효과에 기인할 수 있는 강성 성분과 같은 상이한 성분으로 타이어의 강성을 분리하는 것을 제공할 수 있다. 측방향 힘은 구조적 효과에 의해 대부분 직접 영향을 받을 수 있다. 따라서, 측정된 측방향 힘 변동을 사용하여 측정된 및 추정된 방사방향 힘 변동 사이에 차이를 분석하면, 구조적 효과에 기본적으로 기인할 수 있는 강성 부분을 추정하는데 사용할 수 있다.

[0065] 도 7은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 측정된 방사방향 힘 변동 및 측정된 측방향 힘 변동을 사용하여 결정된 타이어의 디콘볼루션-기반 추정된 방사방향 런아웃 파라미터를 사용하여 타이어의 균일성을 개선시키는 예시적인 방법(500)의 흐름도를 도시한다. (502)에서, 본 방법은 타이어 주위의 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계를 포함한다. (504)에서, 본 방법은 타이어 주위 복수의 측정 포인트에 대해 측정된 측방향 힘 변동 파라미터를 획득하는 단계를 포함한다.

[0066] (506)에서, 본 방법은 방사방향 힘 변동을 타이어의 방사방향 런아웃과 상관시키는 모델에 액세스하는 단계를 포함한다. 이 모델은 타이어의 방사방향 런아웃을 측정된 방사방향 힘 변동과 상관시키는 디콘볼루션 모델일 수 있다. (508)에서, 추정된 방사방향 런아웃 파라미터는 이 모델을 사용하여 타이어에서 하나 이상의 이산 측정 포인트에 대해 결정된다. 특히, 이산 측정 포인트 및/또는 이 이산 측정 포인트에 인접한 하나 이상의 측정 포인트에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 및 측정된 측방향 힘 변동은 디콘볼루션 모델에 대입된다. 이산 측정에서 추정된 방사방향 런아웃 파라미터는 디콘볼루션 모델을 사용하여 측정된 방사방향 힘 변동 및 측정된 측방향 힘 변동으로부터 계산된다.

[0067] 예를 들어, 도 4의 예시적인 타이어(20)를 참조하면, 타이어(20)의 중심 트랙(120)을 따라 이산 측정(100)과 이산 측정 포인트에 인접한 측정 포인트(110)에 대해 측정된 방사방향 힘 변동 파라미터 및 측방향 힘 변동 파라미터가 상기 수식 (4)으로 표현된 디콘볼루션 모델에 대입된다. 이산 측정 포인트(100)에 대해 추정된 방사방향 런아웃 파라미터는 수식 (4)으로 표현된 디콘볼루션 모델을 사용하여 계산된다. 이 공정은 타이어의 외주 주위에 복수의 이산 측정 포인트에 대해 반복되어 타이어에 대해 추정된 방사방향 런아웃 파형을 생성할 수 있다.

[0068] 추정된 방사방향 런아웃 파라미터가 디콘볼루션 모델을 사용하여 결정되면, 추정된 방사방향 런아웃 파라미터는 타이어의 균일성을 평가 및/또는 개선하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 7의 (510)에서, 본 방법은 추정된 방사방향 런아웃 파라미터에 기초하여 타이어를 분류하거나 또는 등급 매기는 단계를 포함할 수 있다. (512)에서, 본 방법은 추정된 방사방향 런아웃 파라미터에 기초하여 타이어 제조를 변경하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 추정된 방사방향 런아웃을 감소시키는 정정 기술이 타이어에 수행될 (예를 들어 타이어 물질을 추가하거나 제거할) 수 있다. 또 다른 예로서, 추정된 방사방향 런아웃은 시그너처 분석, 조인트 추적, 및/또는 고조파 검출 공정의 일부로 사용될 수 있다.

[0069] 이제 도 8을 참조하면, 전술한 방법을 구현하는 예시적인 시스템 컴포넌트의 개략도가 도시된다. 예시적인 타이어(600)는 복수의 각 제조 공정에 따라 구성된다. 이러한 타이어 형성 공정은, 예를 들어, 고무 화합물 및/또는 다른 적절한 물질의 여러 층을 적용하여 타이어 카카스(carcass)를 형성하는 단계, 타이어 벨트 부분과 트레드 부분을 제공하여 타이어 서밋 블록(summit block)을 형성하는 단계, 경화 몰드에서 그런 타이어를 위치시키는 단계, 및 완성된 그런 타이어를 경화시키는 단계 등을 포함할 수 있다. 이러한 각 공정 요소는 도 8에서 (602a, 602b, ..., 602n)으로 표현되고 서로 결합되어 예시적인 타이어(600)를 형성한다. 다수의 타이어의 배척(batch)는

여러 공정(602a 내지 602n)의 하나의 반복으로부터 구성될 수 있는 것으로 이해된다.

[0070] 도 8을 더 참조하면, 여러 균일성 측정을 획득하는 측정 기계(604)가 제공된다. 일반적으로, 이러한 측정 기계는 타이어를 장착해서 하나 이상의 속력으로 원심력으로 회전시키는 장착 고정부로서 이러한 특징을 포함할 수 있다. 일 예에서, 레이저 센서를 사용하여 타이어가 중심 라인 주위로 회전할 때 타이어(600)와 접촉, 비-접촉 또는 근 접촉하는 것에 의해 동작하여 다수의 데이터 포인트(예를 들어, 128개의 포인트)에서 타이어 표면의 상대적인 위치를 결정할 수 있다. 측정 기계는 또한 타이어가 측정 기계(604)에서 회전될 때 타이어에 부하를 가하여 힘 측정값을 획득하는데 사용되는 도로휠을 포함할 수 있다.

[0071] 측정 기계(604)에 의해 획득된 측정은 하나 이상의 프로세서(608)를 각각 포함할 수 있는 하나 이상의 컴퓨팅 디바이스(606)에서 수신되도록 릴레이될 수 있으나, 단 하나의 컴퓨터와 프로세서만이 편의상 명료화를 위해 도 8에 도시되어 있다. 프로세서(들)(608)는 입력 디바이스(614)로부터 오는 입력 데이터 또는 메모리(612)에 저장된 데이터를 수신하도록 구성될 수 있다. 프로세서(들)(608)는, 개시된 방법에 따라 이 측정을 분석하고, 데이터와 같은 사용가능한 출력을 출력 디바이스(616)를 통해 유저에 제공하거나 또는 신호를 공정 제어기(618)에 제공할 수 있다. 균일성 분석은 대안적으로 하나 이상의 서버(610)에 의해 또는 다수의 컴퓨팅 및 처리 디바이스를 통해 구현될 수 있다.

[0072] 여러 메모리/매체 요소(612a, 612b, 612c)(집합적으로, "612")는 RAM, ROM, 하드 드라이브, 플래쉬 드라이브, 광 매체, 자기 매체 또는 다른 메모리 디바이스를 포함하나 이들로 제한되지 않는 하나 이상의 여러 비-일시적인 컴퓨터-판독가능한 매체 중 하나 또는 다수의 부분으로 제공될 수 있다. 도 8의 컴퓨팅/처리 디바이스는 하나 이상의 메모리/매체 요소에 저장된 컴퓨터-판독가능한 형태로 렌더링된 소프트웨어 명령에 액세스하는 것에 의해 원하는 기능을 제공하는 특수 목적 기계로 기능하도록 적응될 수 있다. 소프트웨어가 사용될 때, 임의의 적절한 프로그래밍, 스크립팅(scripting), 또는 다른 유형의 언어 또는 이들의 조합의 언어를 사용하여 본 명세서에 포함된 개시 사항을 구현할 수 있다.

[0073] 예

[0074] 방사방향 힘 변동 데이터와 측방향 힘 변동 데이터를 4개의 테스트 타이어의 세트에 대해 획득하였다. 방사방향 런아웃 데이터를 테스트 타이어 주위 3개의 트랙에 대해 획득하였다. 제1 콘볼루션 모델을 테스트 타이어 주위 3개의 트랙에 대한 방사방향 힘 변동 데이터와 방사방향 런아웃 데이터를 사용하여 본 발명의 측면에 따라 생성하였다. 제2 콘볼루션 모델을 3개의 트랙에 대한 방사방향 힘 변동 데이터, 방사방향 런아웃 데이터, 및 테스트 타이어에 대해 측방향 힘 변동 데이터를 사용하여 본 발명의 측면에 따라 생성하였다. 제1 및 제2 콘볼루션 모델의 계수를 회귀 분석을 사용하여 추정하였다. 하기 표 1은 제1 콘볼루션 모델과 제2 콘볼루션 모델의  $R^2$  값(결정 계수)과 RSME 값(Root Mean Squared Error)을 대비한다. 하기 표 1에 제시된 바와 같이, 측방향 힘 변동을 사용하면 모델의 정밀도를 상당히 개선시킬 수 있다.

표 1

타이어	$R^2$ 3개의 트랙	RSME 3개의 트랙	$R^2$ 3개의 트랙 + 측방향 힘	RSME 3개의 트랙 + 측방향 힘	3개의 트랙 + 측방향 힘 에 대한 % $R^2$ 이득	3개의 트랙 + 측방향 힘 % RSME 이득
타이어 1	65.89%	.99475	86.00%	.64570	30.5%	35.1%
타이어 2	86.38%	.55477	86.39%	.55477	0%	0%
타이어 3	75.47%	.73600	85.12%	.57853	12.8%	21.4%
타이어 4	65.88%	1.0458	75.73%	.88578	15.0%	15.3%
평균	73.41%	.83283	83.31%	..66619	13.5%	20.0%

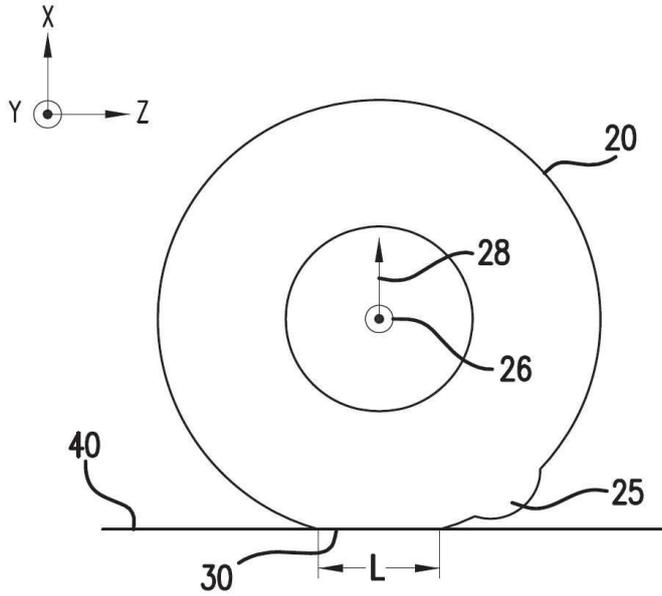
[0075]

[0076] 본 주제는 특정 예시적인 실시예 및 방법에 대하여 보다 상세히 설명되었으나, 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면, 상기 사항을 이해하는 것에 의해 이 실시예의 변경, 변형, 균등물을 용이하게 고려할 수 있을 것으로 이해된다. 따라서, 본 발명의 범위는 본 발명을 제한하는 것이 아니라 예시하는 것이며, 및 본 발명의 개

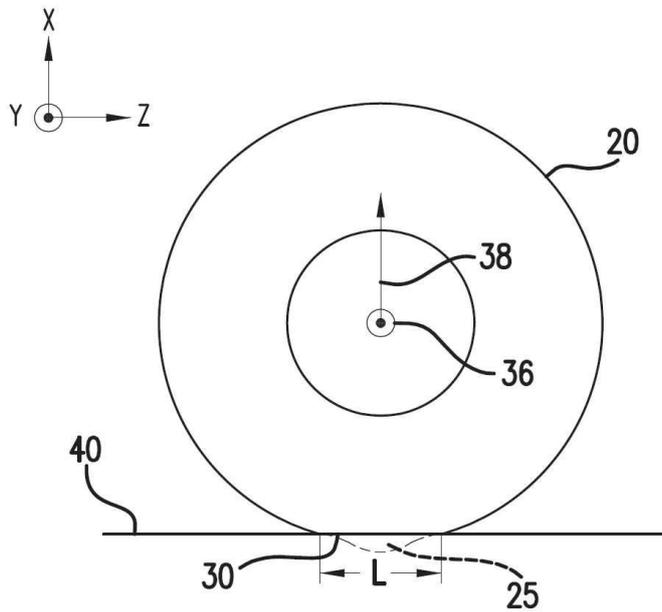
시 내용은 본 명세서에 개시된 내용을 사용하여 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자에게는 용이하게 명백한, 본 주제에 대한 변형, 변경, 및/또는 추가를 배제하지 않는다.

도면

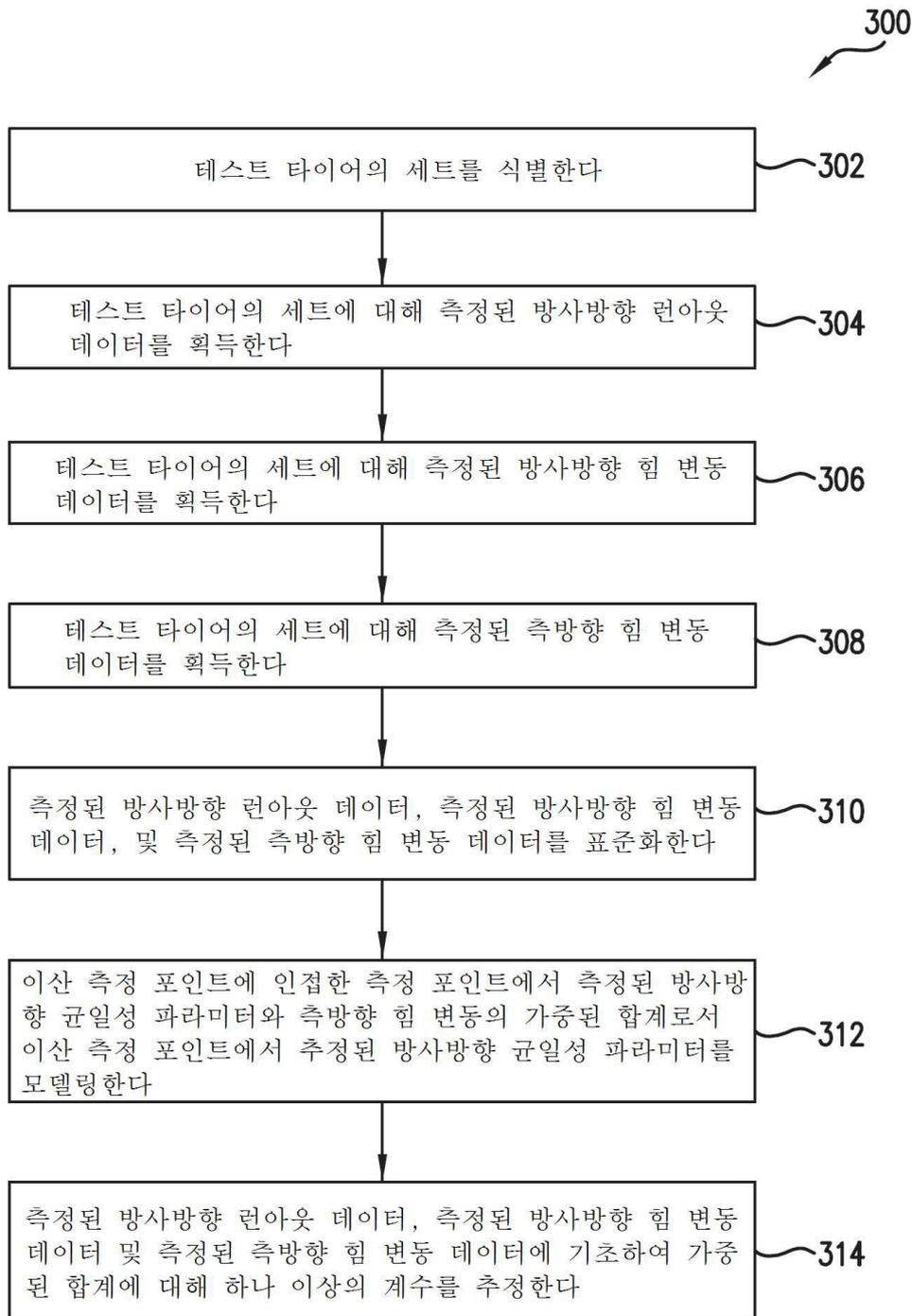
도면1



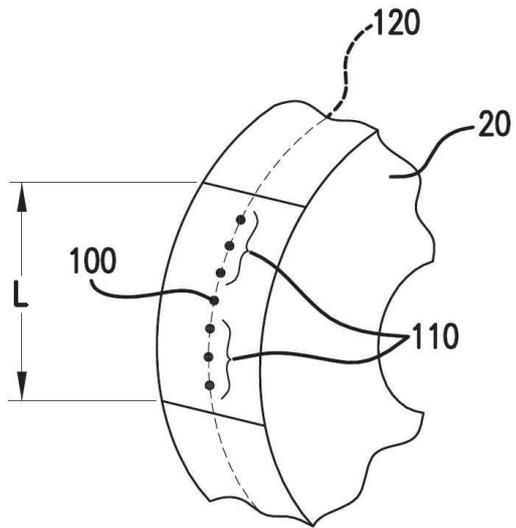
도면2



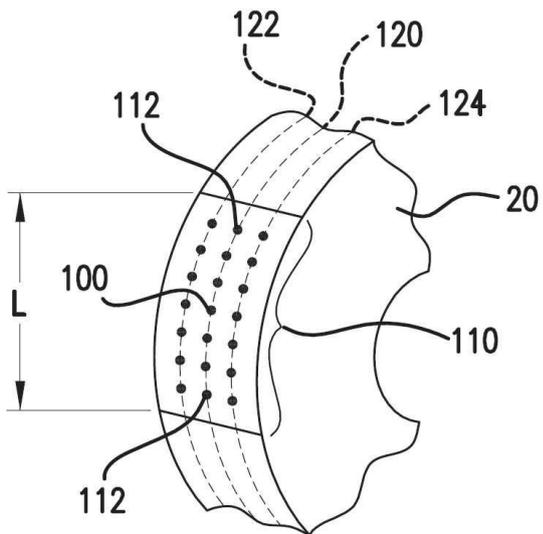
도면3



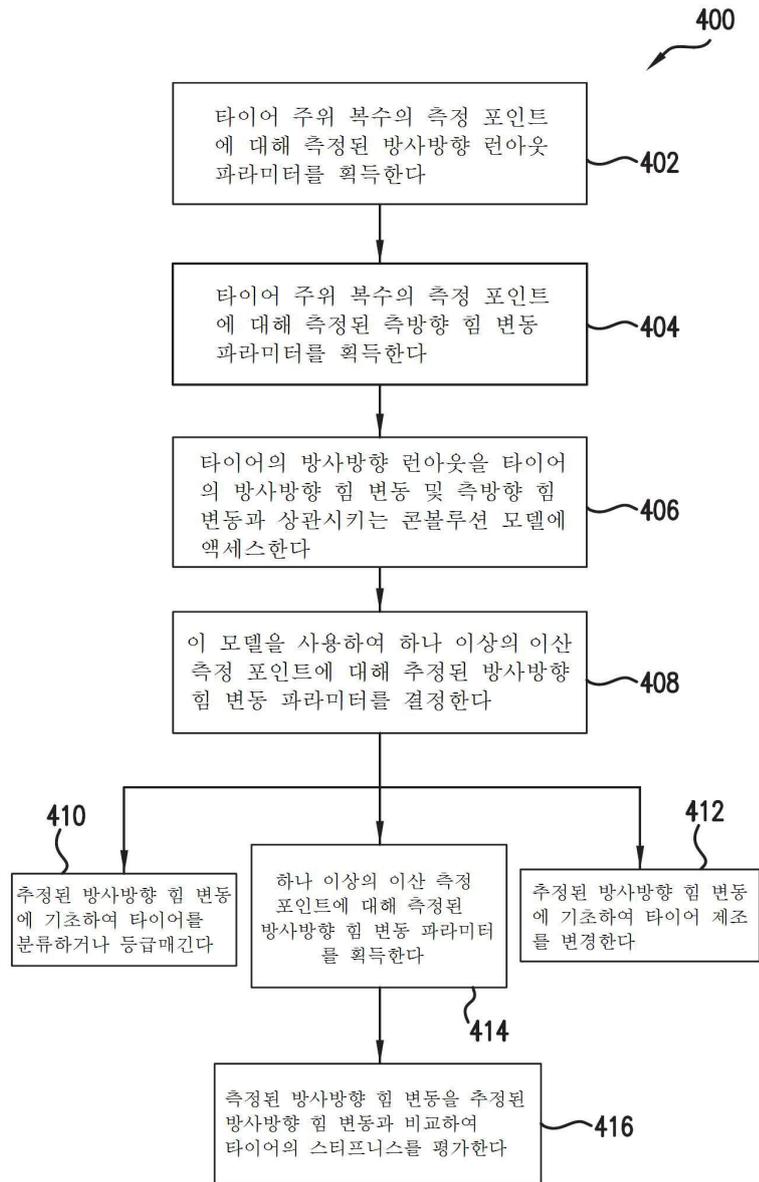
도면4



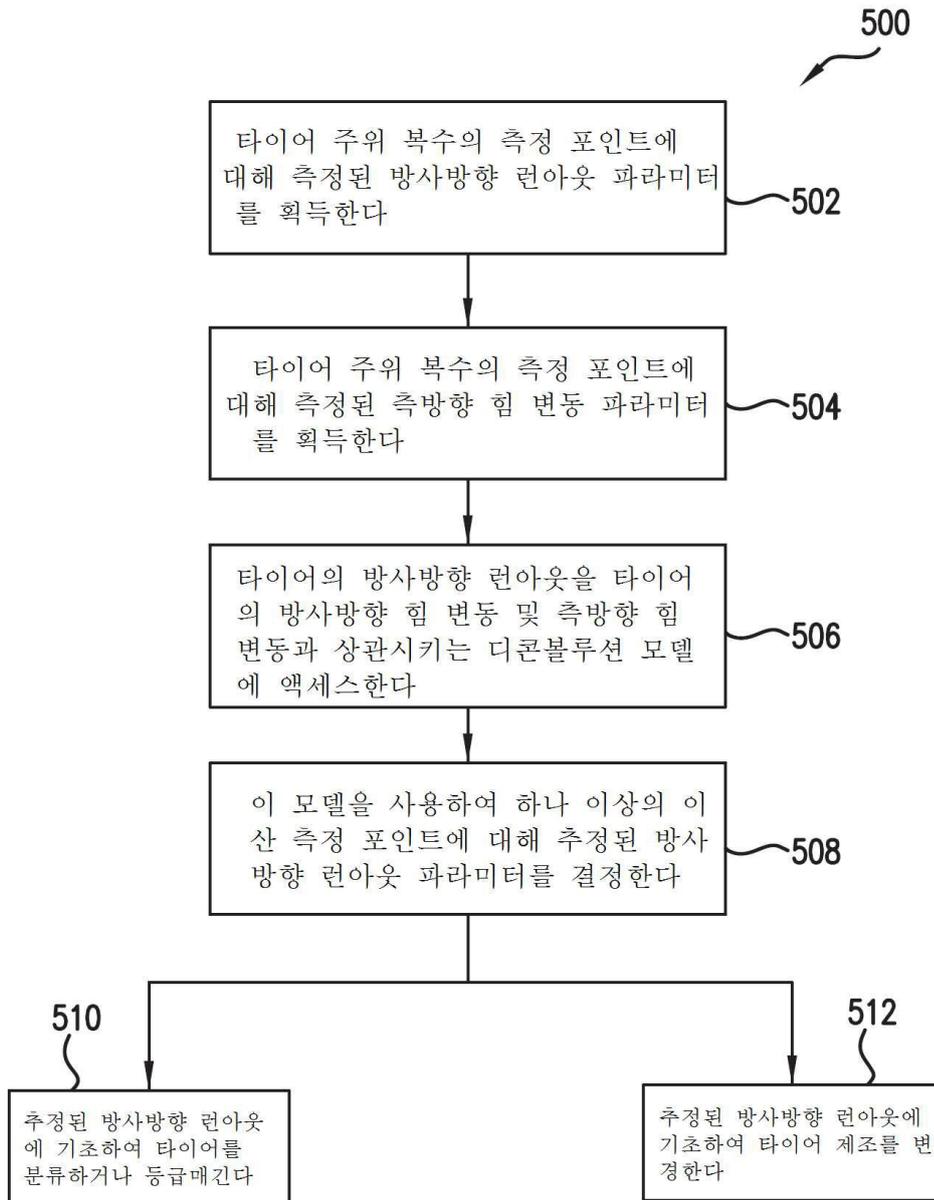
도면5



도면6



도면7



도면8

