



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월28일
(11) 등록번호 10-2723250
(24) 등록일자 2024년10월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 17/03 (2019.01) G06F 30/27 (2020.01)
G06N 3/04 (2023.01) G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01M 17/03 (2019.01)
G06F 30/27 (2020.01)
(21) 출원번호 10-2024-0021063
(22) 출원일자 2024년02월14일
심사청구일자 2024년02월14일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008114761 A*
KR1020170040576 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국립부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
손정현
부산광역시 부산진구 백양대로208번길 38-25, 101동 401호 (개금동, 우성아파트)
강지은
부산광역시 수영구 수영로588번길 12, 두성벨라지오 704호 (광안동)
(74) 대리인
특허법인 천지

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 선우용진

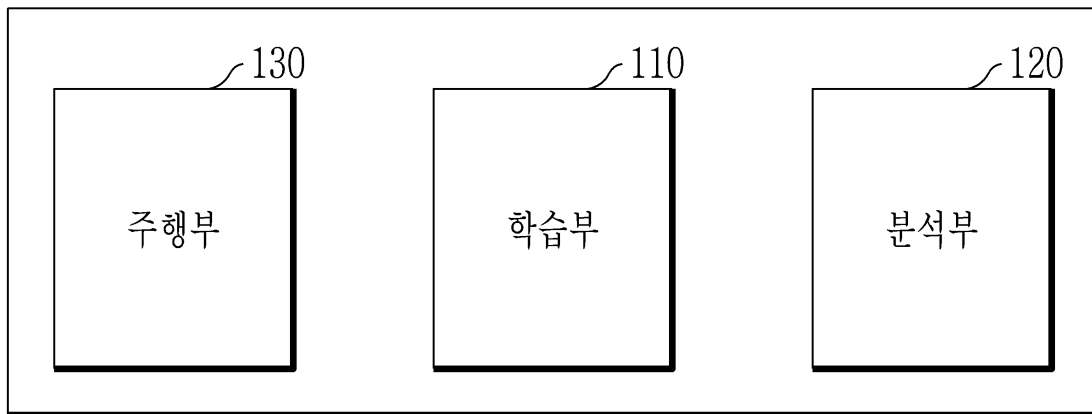
(54) 발명의 명칭 트랙 특성 예측 장치 및 방법

(57) 요약

트랙 특성 예측 장치 및 방법이 개시된다. 이에 의한 트랙 특성 예측 장치는, 복수개의 요소들을 포함하고, 무한궤도형 트랙 바퀴 형태로 구성되는 주행부; 와, 상기 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 서로 영향을 미쳐 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 모델링하는 학습부; 및 상기 구조적 특성을 반영하여 주행 거동 특성을 예측하는 분석부; 를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

G06N 3/04 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425177926
과제번호	00258143
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	중소기업연구인력지원
연구과제명	프로젝트기반 로봇융합 스마트제조 인력양성사업
과제수행기관명	부경대학교산학협력단
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

트랙 특성 예측 장치에 있어서,

복수개의 요소들을 포함하고, 무한궤도형 트랙 바퀴 형태로 구성되는 주행부;

상기 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 서로 영향을 미쳐 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 모델링하는 학습부; 및

상기 구조적 특성이 반영되는 인공신경망에 의한 학습을 수행하여 상기 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측하는 분석부;를 포함하되,

상기 인공신경망은,

상기 주행 거동 특성을 예측하기 위한 변수인 상기 구조적 특성에 관한 하나의 차원과 상기 주행 거동 특성의 과거 출력값에 관한 다른 하나의 차원을 포함하는 2차원의 입력층;

각각 소정 개수의 뉴런을 갖는 복수개의 합성곱 계층; 및

상기 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적의 각 행과 열에 대한 마찰계수와 수평힘을 예측하는 회귀 모델로 구성되는 출력층;을 포함하여 구성되는,

트랙 특성 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수개의 요소들은,

스프라켓, 아이들러, 링크, 롤러 중 적어도 하나 이상을 포함하는,

트랙 특성 예측 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 주행부는,

스프라켓, 아이들러 및 링크로 구성되는 소형 트랙 바퀴로 구현되고,

상기 구조적 특성은,

상기 스프라켓의 치형, 상기 스프라켓과 상기 아이들러 간 거리, 상기 링크의 크기, 상기 스프라켓의 직경 및 상기 아이들러의 직경 중 적어도 하나 이상을 포함하는,

트랙 특성 예측 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 분석부는, 상기 트랙 바퀴의 주행 환경 특성을 더 반영하여 상기 주행 거동 특성을 예측하고,

상기 주행 환경 특성은, 상기 트랙 바퀴에 가해지는 하중, 상기 트랙 바퀴의 주행 속도, 상기 트랙 바퀴의 진행 방향, 지면의 거칠기 및 지면의 경사 중 적어도 하나 이상을 포함하는,

트랙 특성 예측 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 분석부는,

상기 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적을 복수개의 행과 열로 구분하고, 상기 복수개의 행과 열이 교차하는 복수개의 격자점 각각에서 상기 주행 거동 특성을 예측한 후, 상기 복수개의 행과 열 각각에 대응하여 상기 주행 거동 특성을 매칭시킨 행렬을 생성하는 것을 특징으로 하는,

트랙 특성 예측 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 분석부는,

소정 조건에서의 상기 주행 거동 특성에 대응하는 참조 데이터를 입력받고, 상기 참조 데이터를 기준으로 하단 경계값과 상단 경계값으로 구성되는 유효구간을 설정하며, 상기 소정 조건에서 예측된 상기 주행 거동 특성이 상기 유효구간에 포함되는 경우 예측된 상기 주행 거동 특성을 상기 인공신경망의 학습 데이터에 추가하고, 상기 소정 조건에서 예측된 상기 주행 거동 특성이 상기 유효구간에 포함되지 않는 경우 상기 하단 경계값 또는 상기 상단 경계값 중에서 예측된 상기 주행 거동 특성과 가까운 어느 하나를 선택하여 상기 학습 데이터에 추가하는 것을 특징으로 하는,

트랙 특성 예측 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 주행 거동 특성은,

상기 트랙 바퀴의 마찰계수 및 수평힘 중 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는,

트랙 특성 예측 장치.

청구항 9

트랙 특성 예측 방법에 있어서,

무한궤도형 트랙 바퀴 형태를 구성하는 복수개의 요소들을 분석하는 단계;

상기 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 서로 영향을 미쳐 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 모델링하는 단계; 및

상기 구조적 특성이 반영되는 인공신경망에 의한 학습을 수행하여 상기 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측하는 단계; 를 포함하되,

상기 인공신경망은,

상기 주행 거동 특성을 예측하기 위한 변수인 상기 구조적 특성에 관한 하나의 차원과 상기 주행 거동 특성의 과거 출력값에 관한 다른 하나의 차원을 포함하는 2차원의 입력층;

각각 소정 개수의 뉴런을 갖는 복수개의 합성곱 계층; 및

상기 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적의 각 행과 열에 대한 마찰계수와 수평힘을 예측하는 회귀 모델로 구성되는 출력층; 을 포함하여 구성되는,

트랙 특성 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 트랙 특성 예측 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 무한궤도형 트랙 바퀴의 모델을 생성하고 주행 거동 특성을 예측하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 트랙 바퀴는 금속이나 고무 재질의 트랙이 바퀴를 감싸는 벨트 형태로 결합되는 이동 수단이다. 지면과 접촉하는 트랙이 바퀴의 회전과 함께 움직이면서 차량이나 기계를 이동시킬 수 있다. 트랙 바퀴는 일반 바퀴와 달리 향상된 지면 접지력, 높은 지지력 및 낮은 지면 압력 등의 특징을 갖는다. 따라서, 차량이나 기계는 트랙 바퀴를 이용하여 불규칙한 지형을 안정적으로 이동할 수 있다.

[0003] 최근 트랙 바퀴를 적용한 자율 주행 로봇이 개발되고 있다. 최적의 자율 주행을 구현하기 위해서는 로봇의 주행 거동 특성에 대한 예측이 선행되어야 한다.

[0004] 기존에 일반 타이어가 적용된 차량의 주행 거동 특성을 예측하는 모델이 존재한다. 그러나, 트랙 바퀴는 일반 타이어와는 달리, 지면과 접지면적이 넓고, 동작 상태에 따라 구성 부품들의 구조적 특성 및 주행 거동 특성이 달라진다. 따라서, 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측하는 경우에 있어서, 주행 거동 특성을 예측하는 기존의 모델이 이용될 수 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본등록특허공보 제3253952호 (2001.11.22)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 트랙 바퀴를 구성하는 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 나타나는 구조적 특성을 반영하는 트랙 바퀴 모델을 생성하는 트랙 특성 예측 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 트랙 바퀴 모델에 기초하여 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측할 수 있는 트랙 특성 예측 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 의한 트랙 특성 예측 장치는, 복수개의 요소들을 포함하고, 무한궤도형 트랙 바퀴 형태로 구성되는 주행부; 와, 상기 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 서로 영향을 미쳐 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 모델링하는 학습부; 및 상기 구조적 특성을 반영하여 주행 거동 특성을 예측하는 분석부; 를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 트랙 특성 예측 장치에 있어서, 상기 복수개의 요소들은, 스프라켓, 아이들러, 링크, 롤러 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0010] 상기 트랙 특성 예측 장치에 있어서, 상기 주행부는, 스프라켓, 아이들러 및 링크로 구성되는 소형 트랙 바퀴로 구현되고, 상기 구조적 특성은, 상기 스프라켓의 치형, 상기 스프라켓과 상기 아이들러 간 거리, 상기 링크의 크기, 상기 스프라켓의 직경 및 상기 아이들러의 직경 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 트랙 특성 예측 장치에 있어서, 상기 분석부는, 상기 트랙 바퀴의 주행 환경 특성을 더 반영하여 상기 주행 거동 특성을 예측하고, 상기 주행 환경 특성은, 상기 트랙 바퀴에 가해지는 하중, 상기 트랙 바퀴의 주행 속

도, 상기 트랙 바퀴의 진행 방향, 지면의 거칠기 및 지면의 경사 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 트랙 특성 예측 장치에 있어서, 상기 분석부는, 상기 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적을 복수개의 행과 열로 구분하고, 상기 복수개의 행과 열이 교차하는 복수개의 격자점 각각에서 상기 주행 거동 특성을 예측한 후, 상기 복수개의 행과 열 각각에 대응하여 상기 주행 거동 특성을 매칭시킨 행렬을 생성할 수 있다.

[0013] 상기 트랙 특성 예측 장치에 있어서, 상기 분석부는, 인공신경망에 의한 학습을 수행하여 상기 주행 거동 특성을 예측하고, 상기 인공신경망은, 상기 주행 거동 특성을 예측하기 위한 변수인 상기 구조적 특성에 관한 하나의 차원과 상기 주행 거동 특성의 과거 출력값에 관한 다른 하나의 차원을 포함하는 2차원의 입력층; 각각 소정 개수의 뉴런을 갖는 복수개의 합성곱 계층; 및 각 행과 열에 대한 마찰계수와 수평힘을 예측하는 회귀 모델로 구성되는 출력층; 을 포함하여 구성될 수 있다.

[0014] 상기 트랙 특성 예측 장치에 있어서, 상기 분석부는, 소정 조건에서의 상기 주행 거동 특성에 대응하는 참조 데이터를 입력받고, 상기 참조 데이터를 기준으로 하단 경계값과 상단 경계값으로 구성되는 유효구간을 설정하며, 상기 소정 조건에서 예측된 상기 주행 거동 특성이 상기 유효구간에 포함되는 경우 예측된 상기 주행 거동 특성을 상기 인공신경망의 학습 데이터에 추가하고, 상기 소정 조건에서 예측된 상기 주행 거동 특성이 상기 유효구간에 포함되지 않는 경우 상기 하단 경계값 또는 상기 상단 경계값 중에서 예측된 상기 주행 거동 특성과 가까운 어느 하나를 선택하여 상기 학습 데이터에 추가할 수 있다.

[0015] 상기 트랙 특성 예측 장치에 있어서, 상기 주행 거동 특성은, 상기 트랙 바퀴의 마찰계수 및 수평힘 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 의한 트랙 특성 예측 방법은, 무한궤도형 트랙 바퀴 형태를 구성하는 복수개의 요소들을 분석하는 단계; 와, 상기 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 서로 영향을 미쳐 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 모델링하는 단계; 및 상기 구조적 특성을 반영하여 주행 거동 특성을 예측하는 단계; 를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시예에 따르면, 트랙 바퀴를 구성하는 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 나타나는 구조적 특성을 반영하는 트랙 바퀴 모델을 생성할 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 트랙 바퀴 모델에 기초하여 트랙 바퀴와 지면이 접촉하는 면적에서 마찰계수 및 수평힘을 예측하고 이에 기초하여 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치의 구성을 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치를 구성하는 트랙 바퀴의 일 예이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치가 생성하는 행렬의 일 예를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치가 사용하는 인공신경망의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 과정을 도시한 순서도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른, 컴퓨팅 장치를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0021] 본 명세서에서, 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.

[0022] 또한 본 명세서에서, 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 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나 '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

- [0023] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용되는 것으로써, 본 발명을 한정하려는 의도로 사용되는 것이 아니다.
- [0024] 또한 본 명세서에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0025] 또한 본 명세서에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품, 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것일 뿐, 하나 또는 그 이상의 다른 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0026] 또한 본 명세서에서, '및/또는' 이라는 용어는 복수의 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다. 본 명세서에서, 'A 또는 B'는, 'A', 'B', 또는 'A와 B 모두'를 포함할 수 있다.
- [0027] 또한 본 명세서에서, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략될 것이다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치(100)는 주행부(130), 학습부(110), 및 분석부(120)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0030] 주행부(130)는 복수개의 요소들을 포함할 수 있다. 여기서, 복수개의 요소들은 스프라켓, 아이들러, 링크, 롤러 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0031] 주행부(130)는 무한궤도형 트랙 바퀴 형태로 구성될 수 있다.
- [0032] 주행부(130)를 구성하는 복수개의 요소들과 트랙 바퀴의 구조 및 동작에 대해서는 도 2에 대한 설명에서 상세하게 후술한다.
- [0033] 학습부(110)는 주행부(130)가 포함하는 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 서로 영향을 미쳐 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 모델링할 수 있다.
- [0034] 타이어로 구성되는 일반적인 바퀴와 달리, 트랙 바퀴는 복수개의 부품이 서로 유기적으로 연결되어 어셈블리 되어 있는 특성상 동작 시 복수개의 부품이 서로 상호작용하면서 지면과의 접촉 면적 및 접촉 특성이 달라질 수 있다. 따라서, 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측하기 위해서는 일반적인 타이어의 거동 특성을 예측하는 모델이 이용될 수 없고, 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 고려하여 트랙 바퀴의 거동 특성을 예측하는 모델이 요구된다.
- [0035] 분석부(120)는 구조적 특성을 반영하여 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측할 수 있다.
- [0036] 트랙 바퀴의 주행 거동 특성에 영향을 미치는 구조적 특성이 예측 모델에 정확히 반영되어야만, 트랙 바퀴의 주행 거동 특성이 정확하게 예측될 수 있다. 트랙 바퀴의 복수개의 요소들을 모두 반영하여 모델링하는 경우, 트랙 바퀴의 주행 거동 특성과 직접적인 인과 관계가 없는 요소들에 의한 구조적 특성이 연산에 포함되어 연산량이 많아지고 예측에 장시간이 소요될 수 있다. 반면, 트랙 바퀴의 주행 거동 특성과 직접적인 인과 관계가 있는 요소들에 의한 구조적 특성이 모델링에 반영되지 않는 경우, 주행 거동 특성을 정확하게 예측할 수 없다. 따라서, 트랙 바퀴의 모델링에 반영되는 구조적 특성을 적절하게 결정하는 것이 중요하다.
- [0037] 일 실시예에 의하면, 주행부(130)는 스프라켓, 아이들러 및 링크로 구성되는 소형 트랙 바퀴일 수 있다. 이 경우, 트랙 바퀴의 모델링에 반영되는 구조적 특성은, 스프라켓의 치형, 스프라켓과 아이들러 간 거리, 링크의 크기, 스프라켓의 직경 및 아이들러의 직경 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 이와 같은 요소들이 소형 트랙 바퀴의 주행 거동 특성과 인과 관계를 갖는다. 따라서, 이와 같은 요소를 반영하여 구조적 특성을 모델링하는 경우, 예측에 필요한 연산량을 늘리지 않으면서도, 소형 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 정확하게 예측할 수 있다.
- [0038] 일 실시예에 의하면, 분석부(120)는, 트랙 바퀴의 구조적 특성과 함께, 트랙 바퀴의 주행 환경 특성을 더 반영

하여 주행 거동 특성을 예측할 수 있다. 일 예에 의하면, 주행 환경 특성은 트랙 바퀴에 가해지는 하중, 트랙 바퀴의 주행 속도, 트랙 바퀴의 진행 방향, 지면의 거칠기 및 지면의 경사 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0039] 주행 거동 특성은 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적에서 발생하는 마찰력에 대응된다. 따라서, 주행 거동 특성은 마찰력에 관한 정보를 나타내는 마찰계수 및 수평힘 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 여기서, 마찰계수는 트랙 바퀴의 표면과 지표면 사이의 마찰력의 크기를 나타내는 수치이고, 수평힘은 트랙 바퀴가 지면을 따라 움직일 때 마찰력에 의해 발생하는 수평 방향 힘이다. 마찰계수와 수평힘은 트랙 바퀴의 가속, 제동 및 회전에 관여한다. 예를 들어, 마찰계수와 수평힘이 큰 경우 트랙 바퀴의 가속이 빨라지고 제동거리가 짧아진다. 따라서, 트랙 바퀴의 마찰계수와 수평힘을 예측하면, 이에 대응하는 주행 거동 특성을 예측할 수 있으므로, 주행 거동 특성에 기초하여 차량의 주행을 예측하고 주행 시나리오 생성에 이용할 수 있다.

[0040] 트랙 바퀴는 일반 바퀴와 달리 넓은 면적에서 지면과 접촉하므로, 지면과 접촉하는 면적 중 복수개의 지점에서 각각 주행 거동 특성을 예측하여야 트랙 바퀴의 전체적인 주행 거동 특성을 정확하게 예측할 수 있다. 분석부(120)가 지면과 접촉하는 면적 중 복수개의 지점에서 각각 주행 거동 특성을 예측하는 방법에 관해서는 도 3에 관한 설명에서 후술한다.

[0041] 분석부(120)는 인공신경망에 의한 학습을 수행하여 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측할 수 있다. 일 예에 의하면, 인공신경망이 사용하는 학습 데이터는 트랙 바퀴의 구조적 특성 및 주행 환경 특성을 각각 변경한 실험 조건에서 트랙 바퀴를 주행시켜 얻어지는 실험 결과일 수 있다. 이에 의해, 트랙 바퀴의 구조적 특성 및 주행 환경 특성과 트랙 바퀴의 주행 거동 특성 사이의 연관 관계를 추출할 수 있다. 인공신경망의 구조에 대해서는 도 4에 관한 설명에서 후술한다.

[0042] 일 실시예에 의하면, 분석부(120)는 소정 조건에서 주행 거동 특성에 대응하는 참조 데이터를 입력받을 수 있다. 이 경우, 외부 시뮬레이션 툴에서 획득되는 주행 거동 특성에 기초하여 분석부(120)를 재학습시킬 수 있다. 분석부(120)는 입력된 참조 데이터를 기준으로 하단 경계값과 상단 경계값으로 구성되는 유효구간을 설정할 수 있다. 참조 데이터가 수집된 소정 조건에 대해 분석부(120)에 의해 예측된 주행 거동 특성이 유효구간에 포함되는 경우, 예측된 주행 거동 특성을 인공신경망의 학습 데이터에 추가한다. 반면, 예측된 주행 거동 특성이 유효구간에 포함되지 않는 경우, 하단 경계값 또는 상단 경계값 중 예측된 주행 거동 특성과 가까운 어느 하나를 선택하여 인공신경망의 학습 데이터에 추가할 수 있다. 일 예로, 소정 조건에서 참조 데이터에 기초한 수평힘의 유효구간이 20~40kN이고 복수개의 지점에서 예측된 주행 거동 특성의 합이 36kN인 경우, 복수개의 지점에서 예측된 주행 거동 특성이 그대로 학습 데이터에 추가된다. 반면, 복수개의 지점에서 예측된 주행 거동 특성의 합이 80kN인 경우, 상단 경계값에 해당하는 40kN에 대응되도록 복수개의 지점에서 예측된 주행 거동 특성에 0.5를 곱한 결과가 학습 데이터에 추가될 수 있다. 외부 시뮬레이션 툴은 물리법칙에 기초하여 트랙 바퀴의 부품과 지면 사이의 물리적 상호작용을 계산하여 주행 거동 특성을 예측한다. 따라서, 본 실시예에 의하면, 실험 결과에 기초하여 학습된 분석부(120)를 물리법칙에 기초한 참조 데이터를 반영하여 재학습시켜, 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 보다 정확하게 예측할 수 있다.

[0043] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치를 구성하는 트랙 바퀴의 일 예이다.

[0044] 구체적으로, 도 2는 소형 트랙 바퀴인 경우를 도시한다.

[0045] 도 2에 도시된 바와 같이, 트랙 바퀴는 무한궤도형 트랙 바퀴 형태로 구성될 수 있다. 트랙 바퀴는 금속이나 고무 재질의 마디가 바퀴를 감싸는 벨트 형태로 결합되는 이동 수단이다.

[0046] 트랙 바퀴가 포함하는 복수개의 구성요소들은 스프라켓(132), 아이들러(133), 링크(134), 롤러(미도시) 중 적어도 하나 이상일 수 있다. 복수개의 구성요소들은 서로 유기적으로 연결되고, 상호 영향을 미치며 동작한다.

[0047] 트랙(131)은 바퀴를 감싸는 둥근 벨트이다. 트랙(131)은 넓은 면적에서 지면과 접촉하여, 차량이 지면 위를 이동할 때 무게를 분산시키고 향상된 접지력과 안정성을 제공한다.

[0048] 링크(134)는 금속이나 고무 재질의 마디로서, 복수개의 링크(134)가 연속적으로 연결되어 트랙(131)을 형성한다.

[0049] 스프라켓(132)은 차량의 동력원으로부터 동력을 받아 트랙(131)을 회전시킨다. 일 예에 의하면, 스프라켓(132)은 톱니바퀴 형태로 구현될 수 있다. 스프라켓(132)이 트랙(131)과 맞물려 회전하면서 차량이 이동할 수 있다.

[0050] 아이들러(133)는 트랙(131)의 전면이나 후면에 위치하여 트랙(131)의 위치를 유지하는 바퀴이다. 아이들러(133)

3)는 동력을 받아 트랙(131)을 회전시키지는 않지만, 트랙(131)의 장력을 유지한다.

- [0051] 롤러(미도시)는 트랙(131)의 하부를 지지하며 트랙(131)과 함께 회전한다. 이에 의해, 트랙(131)의 회전으로 인해 발생하는 마찰을 줄이고 차량(200)의 무게를 분산시킬 수 있다. 일반적인 트랙 바퀴의 경우 롤러(미도시)를 포함하나, 도 2에 도시된 바와 같은 소형 트랙 바퀴의 경우 롤러(미도시)를 포함하지 않고, 스프라켓(132), 아이들러(133) 및 링크(134)만으로 구성될 수 있다.
- [0052] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치가 생성하는 행렬의 일 예를 도시한 도면이다.
- [0053] 트랙 바퀴는 일반적인 바퀴와 다르게 넓은 직사각형 면적에서 지면과 접촉한다. 이 경우, 지면과 접촉하는 면적 중 서로 다른 영역에서 주행 거동 특성이 다르게 변화할 수 있다. 따라서, 트랙 특성 예측 장치(100)는 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적 중에서 복수개의 지점 각각에서 주행 거동 특성을 예측하여 전체적인 주행 거동 특성을 획득할 수 있다.
- [0054] 이를 위해, 분석부(120)는 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적을 복수개의 행과 열로 구분하고, 복수개의 행과 열이 교차하는 복수개의 격자점 각각에서 주행 거동 특성을 예측한 후, 복수개의 행과 열 각각에 대응하여 주행 거동 특성을 매칭시킨 행렬을 생성할 수 있다.
- [0055] 구체적으로, 분석부(120)는 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 면적을 복수개의 행과 열로 구분할 수 있다. 여기서, 행은 트랙 바퀴에서 전후 위치를 나타내고, 열은 좌우 위치를 나타낸다. 이 경우, 분석부(120)는 복수개의 행과 열이 교차하는 복수개의 격자점(a11, a12, ..., a93) 각각에서 주행 거동 특성을 예측하고, 복수개의 행과 열 각각에 대응하여 주행 거동 특성을 매칭시킨 행렬을 생성할 수 있다. 생성된 행렬에 기초하여, 트랙 바퀴가 지면과 접하는 면적에서 나타나는 주행 거동 특성을 분석할 수 있다. 예를 들어, 전방의 행에서 수평힘이 크게 나타나고 후방의 행에서 수평힘이 작게 나타나는 경우, 차량의 하중이 전방에 치우치므로 조향성이 저하될 수 있다.
- [0056] 실시예에 따라, 분석부(120)는 주행 거동 특성을 예측하는 복수개의 격자점의 수를 다르게 설정할 수 있다. 주행 거동 특성을 예측하는 복수개의 격자점의 수가 증가할수록(즉, 높은 밀도로 설정되는 경우), 지면과 접촉하는 면적 중에서 서로 다른 영역에서 다르게 변화하는 주행 거동 특성이 세밀하게 감지될 수 있으나, 연산의 양이 많아져 예측에 많은 시간과 리소스가 소요될 수 있다. 반면, 주행 거동 특성을 예측하는 복수개의 격자점의 수가 감소할수록(즉, 낮은 밀도로 설정되는 경우), 지면과 접촉하는 면적 중에서 소정 영역에서 변화하는 주행 거동 특성이 반영되지 않아 오차가 발생할 수 있으나, 연산의 양이 줄어들어 빠른 예측이 가능할 수 있다.
- [0057] 일 예로, 분석부(120)는 트랙 바퀴가 지면과 접촉하는 직사각형 면적 중 네 모서리 지점에서 각각 격자점을 위치시킬 수 있다. 이 경우, 분석부(120)에서 주행 거동 특성을 예측한 행렬은 2x2 행렬이므로, 최소한의 연산으로 트랙 바퀴의 전체적인 주행 거동 특성을 예측할 수 있다.
- [0058] 다른 예로, 분석부(120)는 트랙 바퀴를 구성하는 링크(134) 마다 행으로 구분하여 격자점을 위치시킬 수 있다. 이 경우, 분석부(120)에서 주행 거동 특성을 예측한 행렬은 지면에 접촉하는 링크(134)의 수에 대응되는 행을 가지므로, 많은 지점에서 각각 주행 거동 특성을 예측하여 전체적으로 정확한 주행 거동 특성을 정확하게 예측할 수 있다.
- [0059] 도 3에 도시된 바와 같이, 트랙 바퀴와 지면이 접촉하는 면적은 직사각형이다. 구체적으로, 지면과 접하는 9개의 링크에 대해, 링크(134) 마다 행으로 구분하고 각각의 링크(134)에서 너비를 고려하여 3개의 열로 구분하여 격자점(a11, a12, ..., a93)이 설정되었다. 이 경우, 분석부(120)는 복수개의 격자점(a11, a12, ..., a93) 각각에서 주행 거동 특성을 예측한 9x3 행렬을 획득할 수 있다. 행렬을 이용하여 트랙 바퀴의 전체적인 주행 거동 특성을 예측할 수 있다.
- [0060] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 장치가 사용하는 인공신경망의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0061] 트랙 특성 예측 장치(100)의 분석부(120)는 인공신경망에 의한 학습을 수행하여 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측할 수 있다. 일 실시예에 의하면, 인공신경망은 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)일 수 있다.
- [0062] 구체적으로, 인공신경망(CNN)은 복잡한 데이터 사이의 패턴을 학습하고, 학습된 패턴에 기초하여 새로운 입력에 대한 예측을 출력할 수 있다. 인공신경망(CNN)은 입력층(IL), 복수개의 합성곱 계층(HL1, HL2, ..., HLK) 및 출력층(OL)을 포함하여 구성될 수 있다.

- [0063] 입력층(IL)은 처리할 데이터를 인공신경망에 제공한다. 예를 들어, 트랙 바퀴의 구조적 특성에 관한 데이터, 주행 환경 특성에 관한 데이터 및 과거에 예측되었던 주행 거동 특성에 관한 데이터 등이 입력층(IL)을 통해 인공신경망(CNN)에 입력될 수 있다.
- [0064] 일 실시예에 의하면, 입력층(IL)은 2차원으로 구성될 수 있다. 이 경우, 입력층(IL)은 주행 거동 특성을 예측하기 위한 변수인 구조적 특성에 관한 하나의 차원(i1)과 주행 거동 특성의 과거 출력값에 관한 다른 하나의 차원(i2)을 포함할 수 있다. 이 경우, 트랙 바퀴의 구조적 특성과 주행 거동 특성의 과거 출력값을 모두 반영하여 주행 거동 특성을 예측할 수 있다.
- [0065] 복수개의 합성곱 계층(HL1, HL2, ..., HLK)은 각각 소정 개수의 뉴런을 갖고, 입력된 데이터 사이의 패턴을 추출한다. 인공신경망(CNN)은 합성곱 계층의 개수가 많아질수록 복잡한 패턴을 학습할 수 있다. 또한, 인공신경망(CNN)은 각 합성곱 계층에서 뉴런의 개수가 많아질수록 다양한 패턴을 학습할 수 있다. 그러나, 합성곱 계층의 개수와 뉴런의 개수가 많아지는 경우, 인공신경망(CNN) 네트워크가 복잡해지므로 학습에 더 많은 데이터와 시간이 소요되고 과적합이 발생하여 성능이 감소할 수 있으며 인공신경망(CNN)의 연산에 많은 리소스가 요구될 수 있다. 따라서, 인공신경망(CNN)이 효과적인 성능을 갖기 위해서는 합성곱 계층의 개수와 각각의 합성곱 계층에서 뉴런의 개수를 적절하게 설정할 필요가 있다.
- [0066] 일 실시예에 의하면, 합성곱 계층은 2개의 합성곱 계층(HL1, HL2)을 포함하여 구성될 수 있다. 이 경우, 첫번째 합성곱 계층(HL1)은 64개의 뉴런(h11, h12, ..., h1a)을 가지며 두번째 합성곱 계층(HL2)은 32개의 뉴런(h21, h22, ..., h2b)을 갖도록 구성될 수 있다. 주행 거동 특성을 예측하는 모델이 갖는 패턴의 다양성과 복잡성에 대응하여, 64개의 뉴런(h11, h12, ..., h1a)을 갖는 첫번째 합성곱 계층(HL1)과 32개의 뉴런(h21, h22, ..., h2b)을 갖는 두번째 합성곱 계층(HL2)으로 인공신경망(CNN)의 합성곱 계층을 구성하는 경우, 인공신경망(CNN)이 최소한의 비용으로 효과적으로 주행 거동 특성을 예측할 수 있다.
- [0067] 출력층(OL)은 인공신경망(CNN)의 마지막 계층으로, 학습된 패턴에 기초하여 최종 출력을 생성한다. 예를 들어, 트랙 바퀴의 마찰력 및 수평힘 등을 포함하는 주행 거동 특성이 출력층(OL)을 거쳐 출력될 수 있다.
- [0068] 일 실시예에 의하면, 인공신경망(CNN)은 각 행과 열에 대한 마찰계수와 수평힘을 예측하는 회귀 모델로 구성되는 출력층(OL)을 포함하여 구성될 수 있다. 이에 의해, 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 나타내는 마찰계수와 수평힘이 획득될 수 있다. 여기서, 회귀 모델은 변수 간의 관계를 모델링하고, 적어도 하나의 독립 변수를 기반으로 출력을 예측하는 모델이다. 출력층(OL)을 회귀 모델로 구성하는 경우, 복수개의 변수들 사이의 연속적인 관계를 모델링할 수 있고 결과를 해석하기 용이하다.
- [0069] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 과정을 도시한 순서도이다.
- [0070] 본 발명의 일 실시예에 따른 트랙 특성 예측 방법은 트랙 바퀴를 구성하는 복수개의 요소들을 분석하는 단계(S501), 트랙 바퀴의 구조적 특성을 모델링하는 단계(S502) 및 주행 거동 특성을 예측하는 단계(S503)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0071] 무한궤도형 트랙 바퀴 형태를 구성하는 복수개의 요소들을 분석한다(S501).
- [0072] 복수개의 요소들은 스프라켓(132), 아이들러(133), 링크(134) 및 롤러(미도시) 등 일 수 있다.
- [0073] 일 실시예에 의하면, 무한궤도형 트랙 바퀴가 소형 바퀴로 구현될 수 있다. 이 경우, 트랙 바퀴는 스프라켓(132), 아이들러(133) 및 링크(134)로 구성될 수 있다.
- [0074] 복수개의 요소들이 어셈블리됨에 따라 서로 영향을 미쳐 복합적으로 나타나는 구조적 특성을 모델링한다(S502).
- [0075] 트랙 바퀴의 주행 거동 특성을 예측하기 위해서는 각각의 부품의 크기, 형상 및 배치에 해당하는 구조적 특성을 분석하여야 한다. 주행 거동 특성과 인과 관계를 갖는 구조적 특성을 정확하게 반영하여 모델링할수록 주행 거동 특성이 정확하게 예측될 수 있다. 예를 들어, 소형 트랙 바퀴의 경우, 모델링에 반영되는 구조적 특성은 스프라켓(132)의 치형, 스프라켓(132)과 아이들러(133) 간 거리, 링크(134)의 크기, 스프라켓(132)의 직경 및 아이들러(133) 직경 등 일 수 있다.
- [0076] 구조적 특성을 반영하여 주행 거동 특성을 예측한다(S503).
- [0077] 일 실시예에 의하면, 인공신경망(CNN)에 의한 학습을 수행하여 트랙 바퀴의 구조적 특성과 주행 거동 특성 간의 연관 관계를 도출하고, 이에 기초하여 주행 거동 특성을 예측할 수 있다.

- [0078] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른, 컴퓨팅 장치를 나타내는 도면이다. 도 6의 컴퓨팅 장치(TN100)는 본 명세서에서 기술된 트랙 특성 예측 장치(100) 일 수 있다.
- [0079] 도 6의 실시예에서, 컴퓨팅 장치(TN100)는 적어도 하나의 프로세서(TN110), 송수신 장치(TN120), 및 메모리(TN130)를 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨팅 장치(TN100)는 저장 장치(TN140), 입력 인터페이스 장치(TN150), 출력 인터페이스 장치(TN160) 등을 더 포함할 수 있다. 컴퓨팅 장치(TN100)에 포함된 구성 요소들은 버스(bus)(TN170)에 의해 연결되어 서로 통신을 수행할 수 있다.
- [0080] 프로세서(TN110)는 메모리(TN130) 및 저장 장치(TN140) 중에서 적어도 하나에 저장된 프로그램 명령(program command)을 실행할 수 있다. 프로세서(TN110)는 중앙 처리 장치(CPU: central processing unit), 그래픽 처리 장치(GPU: graphics processing unit), 또는 본 발명의 실시예에 따른 방법들이 수행되는 전용의 프로세서를 의미할 수 있다. 프로세서(TN110)는 본 발명의 실시예와 관련하여 기술된 절차, 기능, 및 방법 등을 구현하도록 구성될 수 있다. 프로세서(TN110)는 컴퓨팅 장치(TN100)의 각 구성 요소를 제어할 수 있다.
- [0081] 메모리(TN130) 및 저장 장치(TN140) 각각은 프로세서(TN110)의 동작과 관련된 다양한 정보를 저장할 수 있다. 메모리(TN130) 및 저장 장치(TN140) 각각은 휘발성 저장 매체 및 비휘발성 저장 매체 중에서 적어도 하나로 구성될 수 있다. 예를 들어, 메모리(TN130)는 읽기 전용 메모리(ROM: read only memory) 및 랜덤 액세스 메모리(RAM: random access memory) 중에서 적어도 하나로 구성될 수 있다.
- [0082] 송수신 장치(TN120)는 유선 신호 또는 무선 신호를 송신 또는 수신할 수 있다. 송수신 장치(TN120)는 네트워크에 연결되어 통신을 수행할 수 있다.
- [0084] 한편, 본 발명의 실시예는 지금까지 설명한 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 상술한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.
- [0086] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 통상의 기술자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

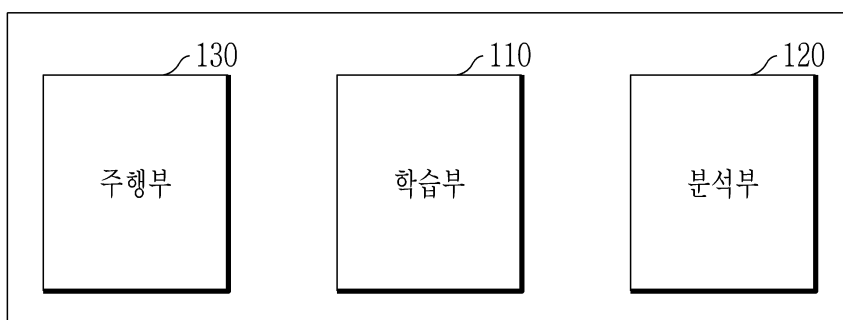
부호의 설명

- [0087]
- | | |
|------------------|-----------|
| 100: 트랙 특성 예측 장치 | 110: 학습부 |
| 120: 분석부 | 130: 주행부 |
| 131: 트랙 | 132: 스프라켓 |
| 133: 아이들러 | 134: 링크 |

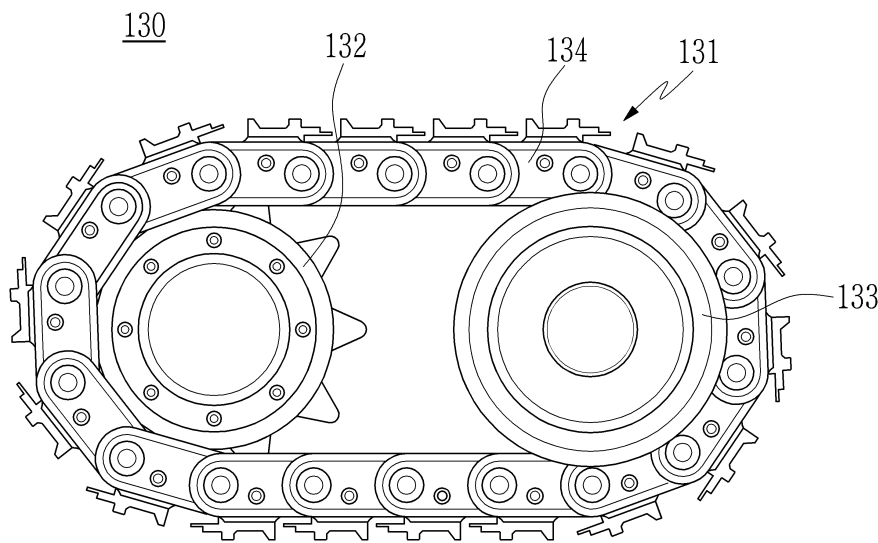
도면

도면1

100



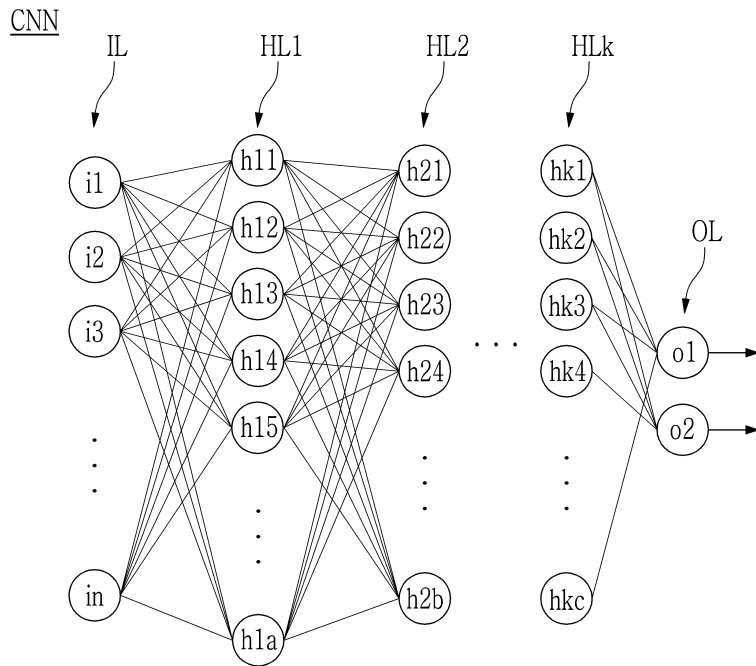
도면2



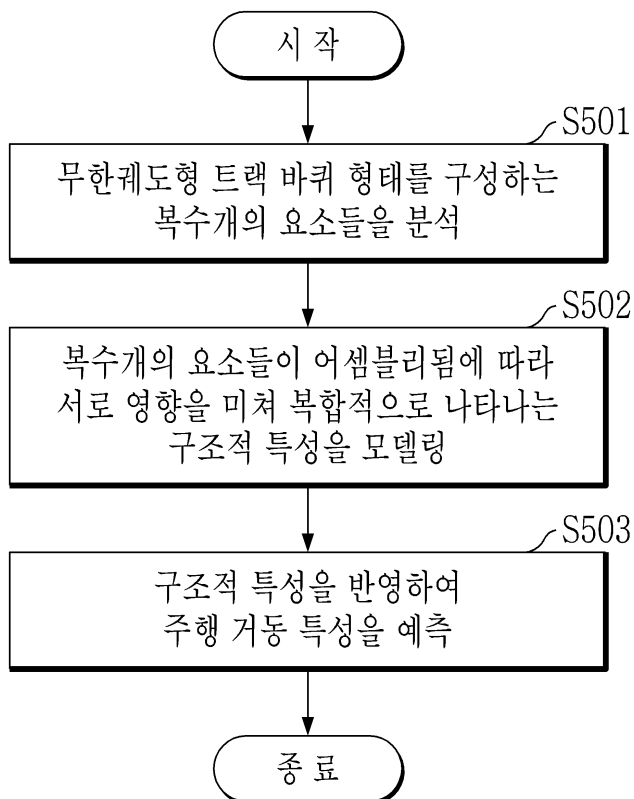
도면3

↙ a11	↙ a12	↙ a13
↙ a21	↙ a22	↙ a23
↙ a31	↙ a32	↙ a33
↙ a41	↙ a42	↙ a43
↙ a51	↙ a52	↙ a53
↙ a61	↙ a62	↙ a63
↙ a71	↙ a72	↙ a73
↙ a81	↙ a82	↙ a83
↙ a91	↙ a92	↙ a93

도면4



도면5



도면6

