



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0066159
(43) 공개일자 2025년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/00 (2022.01) B25J 11/00 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01) G06N 3/045 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/008 (2023.01)
B25J 11/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0151806
(22) 출원일자 2023년11월06일
심사청구일자 2023년11월06일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박형욱
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
김동찬
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
(74) 대리인
특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 7 항

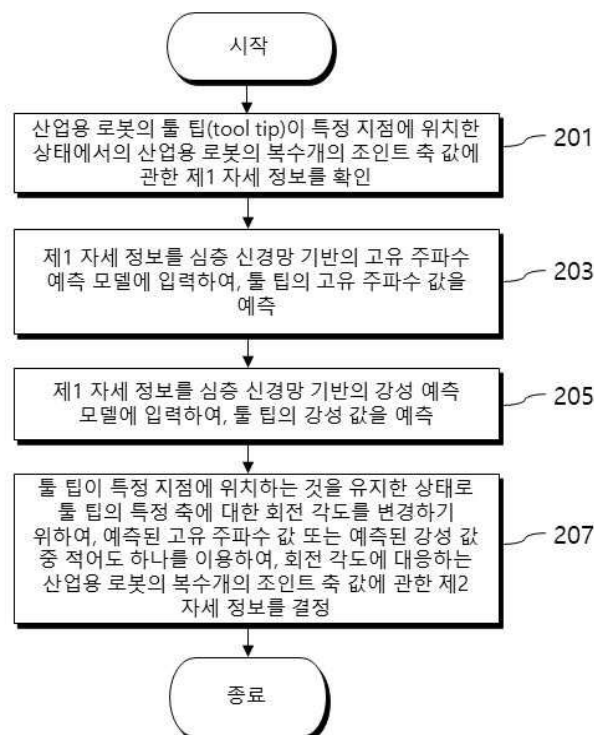
(54) 발명의 명칭 심층 신경망 기반의 예측 모델을 이용하여 산업용 로봇의 동적 특성을 예측하는 전자 장치 및 그 동작 방법

(57) 요약

다양한 실시예들에 따라서, 심층 신경망 기반의 예측 모델을 이용하여 산업용 로봇의 동적 특성을 예측하는 전자 장치는, 통신 인터페이스, 및 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 산업용 로봇의 툴 팁이 특정 지점에 위치한 상태에서의 상기 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제1 자세 정보를 확인하고, 상기 제1 자세 정

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



보를 심층 신경망 기반의 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 튜브의 고유 주파수(dominant frequency) 값을 예측하고, 상기 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 튜브의 강성(stiffness) 값을 예측하고, 및 상기 튜브가 상기 특정 지점에 위치하는 것을 유지한 상태로 상기 튜브의 특정 축에 대한 회전 각도를 변경하기 위하여, 상기 예측된 고유 주파수 값 또는 상기 예측된 강성 값 중 적어도 하나를 이용하여, 상기 회전 각도에 대응하는 상기 복수개의 조인트 축 값에 관한 제2 자세 정보를 결정하도록 설정될 수 있다. 그 밖의 다양한 실시예들도 가능하다.

(52) CPC특허분류

B25J 9/161 (2013.01)

B25J 9/163 (2013.01)

B25J 9/1674 (2013.01)

G06N 3/045 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415187412
과제번호	20025702
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술기획평가원
연구사업명	산업기술알키미스트프로젝트사업
연구과제명	다중 감각 융합 아바타 및 인터랙티브 AI 기반 스마트 제조 멀티버스 플랫폼 개발
기여율	50/100
과제수행기관명	성균관대학교산학협력단
연구기간	2023.04.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711189400
과제번호	2022R1A2C3007963
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	제조환경 적응형 하이브리드 생산시스템 및 디지털 플랫폼 연구
기여율	50/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

심층 신경망 기반의 예측 모델을 이용하여 산업용 로봇의 동적 특성을 예측하는 전자 장치에 있어서,
통신 인터페이스, 및
프로세서를 포함하고,
상기 프로세서는,
산업용 로봇의 툴 팁이 특정 지점에 위치한 상태에서의 상기 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제1 자세 정보를 확인하고,
상기 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 고유 주파수(dominant frequency) 값을 예측하고,
상기 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 강성(stiffness) 값을 예측하고, 및
상기 툴 팁이 상기 특정 지점에 위치하는 것을 유지한 상태로 상기 툴 팁의 특정 축에 대한 회전 각도를 변경하기 위하여, 상기 예측된 고유 주파수 값 또는 상기 예측된 강성 값 중 적어도 하나를 이용하여, 상기 회전 각도에 대응하는 상기 복수개의 조인트 축 값에 관한 제2 자세 정보를 결정하도록 설정된,
전자 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,
상기 고유 주파수 예측 모델은 제1 고유 주파수 예측 모델, 제2 고유 주파수 예측 모델, 및 제3 고유 주파수 예측 모델을 포함하고,
상기 프로세서는,
상기 제1 자세 정보를 상기 제1 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 x축에 대한 제1 고유 주파수 값을 예측하고,
상기 제1 자세 정보를 상기 제2 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 y축에 대한 제2 고유 주파수 값을 예측하고, 및
상기 제1 자세 정보를 상기 제3 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축에 대한 제3 고유 주파수 값을 예측하도록 설정된,
전자 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,
상기 제1 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습되고,
상기 제2 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 y축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습되고, 및

상기 제3 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 z축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습된,
전자 장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,
상기 강성 예측 모델은, 제1 강성 예측 모델, 제2 강성 예측 모델, 및 제3 강성 예측 모델을 포함하고,
상기 프로세서는,
상기 제1 자세 정보를 상기 제1 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 x축에 대한 제1 강성 값을 예측하고,
상기 제1 자세 정보를 상기 제2 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 y축에 대한 제2 강성 값을 예측하고,
및
상기 제1 자세 정보를 상기 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축에 대한 제3 강성 값을 예측하도록 설정된,
전자 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,
상기 제1 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습되고,
상기 제2 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 y축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습되고,
상기 제3 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 z축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습된,
전자 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 산업용 로봇이 트리밍 공정을 수행하는 것에 기반하여, 상기 산업용 로봇의 상기 제1 자세 정보를 상기 제1 강성 예측 모델 및 상기 제2 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축 회전 각도 별로 상기 툴 팁의 x축에 대한 상기 제1 강성 값 및 상기 툴 팁의 y축에 대한 상기 제2 강성 값을 예측하고,
상기 예측된 제1 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제1 회전 각도 및 상기 예측된 제2 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제2 회전 각도를 선택하고, 및
상기 제1 회전 각도 및 상기 제2 회전 각도가 동일한 경우, 상기 제1 회전 각도 및 상기 제2 회전 각도에 대응하는 상기 제2 자세 정보를 결정하도록 설정된,
전자 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 산업용 로봇이 드릴링 공정을 수행하는 것에 기반하여, 상기 산업용 로봇의 상기 제1 자세 정보를 상기 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축 회전 각도 별로 상기 툴 팁의 z축에 대한 상기 제3 강성 값을 예측하고,

상기 예측된 제3 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제3 회전 각도를 선택하고, 및

상기 제3 회전 각도에 대응하는 상기 제2 자세 정보를 결정하도록 설정된,

전자 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 다양한 실시예는, 심층 신경망 기반의 예측 모델을 이용하여 산업용 로봇의 동적 특성을 예측하는 전자 장치 및 그 동작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전 세계적으로 산업용 로봇의 수요가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 특히, 복잡하고 초대형 스케일 형상의 부품이 많이 사용되는 항공우주 및 자동차 산업에서의 활용이 증가하고 있다. 이러한 산업에서 사용되는 부품들은 기존의 CNC machine tool로 가공하는 것에 한계가 있기 때문에, 산업용 로봇의 활용은 매력적인 방안으로 떠오르고 있다. 로봇은 보통 6축 이상의 조인트로 이루어져 있기 때문에 자유도가 높고 적은 공간을 차지하며 CNC machine tool에 비해 이동성도 좋기 때문에 Flexible machining system으로 각광 받고 있다.

[0003] 하지만, 산업용 로봇의 경우 CNC machine tool과 비교하였을 때 1/100의 Structural stiffness를 지니고 있어서, 가공과정 시 큰 진동을 야기시키며 tool의 deflection 현상이 크게 발생하는 문제가 있다. 더욱이, 산업용 로봇의 동적 특성은 로봇의 자세에 따라 비선형적으로 변하기 때문에 이러한 동적 특성을 예측하는 데에는 큰 어려움이 있다. 또한, 항공우주 및 자동차 산업에서 탄소섬유복합재(CFRP, Carbon Fiber Reinforced Plastics)는 철에 비해 매우 가벼우나 높은 강도를 지니고 있어 경량화의 목적으로 많이 활용되고 있으나 Fiber와 Resin으로 이루어져 있는 소재 특성으로 인해 난삭재 중 하나로 되고 있으며 기존 금속 소재와 달리 Non-homogeneous 한 특성으로 인해 공정을 예측하는데 큰 어려움이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2023-0045732호 (2023.04.05.)
(특허문헌 0002) 미국공개특허공보 US2023/0032334A1 (2023.02.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 산업용 로봇의 자세에 대한 각 축의 각도를 심층 신경망 기반의 예측 모델에 입력하여 해당 자세에서의 로봇의 툴 팁(tool tip)의 고유 주파수와 강성을 예측하는 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 다양한 실시예들에 따라서, 심층 신경망 기반의 예측 모델을 이용하여 산업용 로봇의 동적 특성을 예측하는 전자 장치는, 통신 인터페이스, 및 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 산업용 로봇의 툴 팁이 특정 지점에 위치한 상태에서의 상기 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제1 자세 정보를 확인하고, 상기 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 고유 주파수(dominant

frequency) 값을 예측하고, 상기 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 강성(stiffness) 값을 예측하고, 및 상기 툴 팁이 상기 특정 지점에 위치하는 것을 유지한 상태로 상기 툴 팁의 특정 축에 대한 회전 각도를 변경하기 위하여, 상기 예측된 고유 주파수 값 또는 상기 예측된 강성 값 중 적어도 하나를 이용하여, 상기 회전 각도에 대응하는 상기 복수개의 조인트 축 값에 관한 제2 자세 정보를 결정하도록 설정될 수 있다.

발명의 효과

[0007] 본 발명은 심층 신경망 기반의 예측 모델을 이용하여 산업용 로봇의 특정 자세에서의 툴 팁의 동적 특성을 예측하여, 상대적으로 강성이 높은 최적의 자세로 CFRP 드릴링, 트리밍 공정을 진행함으로써, 로봇 공정 시스템의 machining performance를 향상시키는 효과를 제공할 수 있다. 또한, 각 로봇 자세의 따른 툴 팁의 고유 진동수를 예측하여 로봇의 특정 자세에서 갑작스럽게 툴 팁의 공명 현상이 발생하는 것을 방지하는 효과를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 전자 장치 및 네트워크의 블록도를 도시한다.

도 2는 다양한 실시예들에 따른, 전자 장치가 산업용 로봇의 툴 팁의 고유 주파수 값 및 강성 값을 예측하는 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3a는 다양한 실시예들에 따른, 산업용 로봇의 구조를 나타내는 도면이다.

도 3b는 다양한 실시예들에 따른, 산업용 로봇의 툴 팁이 특정 지점에 위치한 상태를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 다양한 실시예들에 따른, DNN 기반의 예측 모델을 훈련하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5a 및 도 5b는 다양한 실시예들에 따른, 전자 장치가 DNN 기반의 예측 모델을 이용하여 예측된 강성 값에 따라 산업용 로봇의 최적의 자세를 결정하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 본 문서의 다양한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 실시예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1," "제 2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성요소가 다른(예: 제 2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제 3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

[0010] 본 문서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 교환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다. 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다. 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

[0011] 본 문서의 다양한 실시예들에 따른 전자 장치는, 예를 들면, 스마트폰, 태블릿 PC, 이동 전화기, 영상 전화기, 전자책 리더기, 데스크탑 PC, 랩탑 PC, 넷북 컴퓨터, 워크스테이션, 서버, 스마트 미러, PDA, PMP(portable multimedia player), MP3 플레이어, 의료기기, 카메라, 또는 웨어러블 장치 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 웨어러블 장치는 액세서리형(예: 시계, 반지, 팔찌, 발찌, 목걸이, 안경, 콘택트 렌즈, 또는 머리 착용형 장치(head-mounted-device(HMD))), 직물 또는 의류 일체형(예: 전자 의복), 신체 부착형(예: 스킨 패드 또는 문신), 또는 생체 이식형 회로 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 전자 장치는, 예를 들면, 텔레

비전, DVD(digital video disk) 플레이어, 오디오, 냉장고, 에어컨, 청소기, 오븐, 전자레인지, 세탁기, 공기 청정기, 셋톱 박스, 홈 오토메이션 컨트롤 패널, 보안 컨트롤 패널, 미디어 박스(예: 삼성 HomeSync™, 애플 TV™, 또는 구글 TV™), 게임 콘솔(예: Xbox™, PlayStation™), 전자 사전, 전자 키, 캠코더, 또는 전자 액자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0012] 도 1을 참조하여, 다양한 실시예에서의, 네트워크 환경(100) 내의 전자 장치(101)가 기재된다. 전자 장치(101)는 버스(110), 프로세서(120), 메모리(130), 입출력 인터페이스(150), 디스플레이(160), 및 통신 인터페이스(170)를 포함할 수 있다. 어떤 실시예에서는, 전자 장치(101)는, 구성요소들 중 적어도 하나를 생략하거나 다른 구성요소를 추가적으로 구비할 수 있다. 버스(110)는 구성요소들(110-170)을 서로 연결하고, 구성요소들 간의 통신(예: 제어 메시지 또는 데이터)을 전달하는 회로를 포함할 수 있다. 프로세서(120)는, 중앙처리장치, 어플리케이션 프로세서, 또는 커뮤니케이션 프로세서(communication processor(CP)) 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 프로세서(120)는, 예를 들면, 전자 장치(101)의 적어도 하나의 다른 구성요소들의 제어 및/또는 통신에 관한 연산이나 데이터 처리를 실행할 수 있다.

[0013] 메모리(130)는, 휘발성 및/또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 메모리(130)는, 예를 들면, 전자 장치(101)의 적어도 하나의 다른 구성요소에 관계된 명령 또는 데이터를 저장할 수 있다. 한 실시예에 따르면, 메모리(130)는 소프트웨어 및/또는 프로그램을 저장할 수 있다.

[0014] 디스플레이(160)는, 예를 들면, 액정 디스플레이(LCD), 발광 다이오드(LED) 디스플레이, 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이, 또는 마이크로 전자기계 시스템 (MEMS) 디스플레이, 또는 전자종이(electronic paper) 디스플레이를 포함할 수 있다. 디스플레이(160)는, 예를 들면, 사용자에게 각종 콘텐츠(예: 텍스트, 이미지, 비디오, 아이콘, 및/또는 심볼 등)을 표시할 수 있다. 디스플레이(160)는, 터치 스크린을 포함할 수 있으며, 예를 들면, 전자 펜 또는 사용자의 신체의 일부를 이용한 터치, 제스처, 근접, 또는 호버링 입력을 수신할 수 있다.

[0015] 통신 인터페이스(170)는, 예를 들면, 전자 장치(101)와 외부 장치(예: 제 1 외부 전자 장치(102), 제 2 외부 전자 장치(104), 또는 서버(106)) 간의 통신을 설정할 수 있다. 예를 들면, 통신 인터페이스(170)는 무선 통신 또는 유선 통신을 통해서 네트워크(162)에 연결되어 외부 장치(예: 제 2 외부 전자 장치(104) 또는 서버(106))와 통신할 수 있다.

[0016] 무선 통신은, 예를 들면, LTE, LTE-A(LTE Advance), CDMA(code division multiple access), WCDMA(wideband CDMA), UMTS(universal mobile telecommunications system), WiBro(Wireless Broadband), 또는 GSM(Global System for Mobile Communications) 등 중 적어도 하나를 사용하는 셀룰러 통신을 포함할 수 있다. 한 실시예에 따르면, 무선 통신은, 예를 들면, WiFi(wireless fidelity), 블루투스, 블루투스 저전력(BLE), 지그비(Zigbee), NFC(near field communication), 자력 시큐어 트랜스미션(Magnetic Secure Transmission), 라디오 프리퀀시(RF), 또는 보디 에어리어 네트워크(BAN) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 한 실시예에 따르면, 무선 통신은 GNSS를 포함할 수 있다. GNSS는, 예를 들면, GPS(Global Positioning System), Glonass(Global Navigation Satellite System), Beidou Navigation Satellite System(이하 "Beidou") 또는 Galileo, the European global satellite-based navigation system일 수 있다. 이하, 본 문서에서는, "GPS"는 "GNSS"와 상호 교환적으로 사용될 수 있다. 유선 통신은, 예를 들면, USB(universal serial bus), HDMI(high definition multimedia interface), RS-232(recommended standard232), 전력선 통신, 또는 POTS(plain old telephone service) 등 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 네트워크(162)는 텔레커뮤니케이션 네트워크, 예를 들면, 컴퓨터 네트워크(예: LAN 또는 WAN), 인터넷, 또는 텔레폰 네트워크 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0017] 제 1 및 제 2 외부 전자 장치(102, 104) 각각은 전자 장치(101)와 동일한 또는 다른 종류의 장치일 수 있다. 다양한 실시예에 따르면, 전자 장치(101)에서 실행되는 동작들의 전부 또는 일부는 다른 하나 또는 복수의 전자 장치(예: 전자 장치(102,104), 또는 서버(106))에서 실행될 수 있다. 한 실시예에 따르면, 전자 장치(101)가 어떤 기능이나 서비스를 자동으로 또는 요청에 의하여 수행해야 할 경우에, 전자 장치(101)는 기능 또는 서비스를 자체적으로 실행시키는 대신에 또는 추가적으로, 그와 연관된 적어도 일부 기능을 다른 장치(예: 전자 장치(102, 104), 또는 서버(106))에게 요청할 수 있다. 다른 전자 장치(예: 전자 장치(102, 104), 또는 서버(106))는 요청된 기능 또는 추가 기능을 실행하고, 그 결과를 전자 장치(101)로 전달할 수 있다. 전자 장치(101)는 수신된 결과를 그대로 또는 추가적으로 처리하여 요청된 기능이나 서비스를 제공할 수 있다. 이를 위하여, 예를 들면, 클라우드 컴퓨팅, 분산 컴퓨팅, 또는 클라이언트-서버 컴퓨팅 기술이 이용될 수 있다.

- [0019] 도 2는 다양한 실시예들에 따른, 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(101))가 산업용 로봇의 툴 팁의 고유 주파수 값 및 강성 값을 예측하는 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0020] 도 3a는 다양한 실시예들에 따른, 산업용 로봇의 구조를 나타내는 도면이다.
- [0021] 도 3b는 다양한 실시예들에 따른, 산업용 로봇의 툴 팁이 특정 지점에 위치한 상태를 설명하기 위한 도면이다.
- [0022] 도 4는 다양한 실시예들에 따른, DNN 기반의 예측 모델을 훈련하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0023] 도 5a 및 도 5b는 다양한 실시예들에 따른, 전자 장치가 DNN 기반의 예측 모델을 이용하여 예측된 강성 값에 따라 산업용 로봇의 최적의 자세를 결정하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0024] 201 동작에서, 다양한 실시예들에 따르면, 전자 장치(101)(예: 도 1의 프로세서(120))는 산업용 로봇의 툴 팁(tool tip)이 특정 지점에 위치한 상태에서의 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제1 자세 정보를 확인할 수 있다.
- [0025] 일 실시예에 따라, 도 3a를 참조하면, 산업용 로봇(300)(예: 도 1의 전자 장치(104))은 복수개(예: 6개)의 조인트(예: 관절)로 구성될 수 있고, 산업용 로봇(300)의 툴 팁(tool tip)(301)(예: end-effector)은 6개의 자유도(X, Y, Z 3축에 대한 3개의 위치 자유도와 각 축에 대한 회전을 통한 3개의 회전 자유도)를 가질 수 있다.
- [0026] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 툴 팁(301)이 특정 지점에 위치한 상태에서의 산업용 로봇(300)의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제1 자세 정보를, 통신 인터페이스(예: 도 1의 통신 인터페이스(170))를 통하여, 획득할 수 있다. 예를 들어, 도 3b를 참조하면, 산업용 로봇(300)은 툴 팁(301)이 특정 지점(예: 1~9 지점)에 위치하도록 복수개의 조인트 축 값을 설정할 수 있고, 툴 팁(301)이 특정 지점에 위치한 상태에서의 조인트 축 값에 관한 제1 자세 정보(예: 제1축 값 내지 제6축 값)를 전자 장치(101)로 전달할 수 있다.
- [0028] 203 동작에서, 다양한 실시예들에 따르면, 전자 장치(101)(예: 도 1의 프로세서(120))는 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 고유 주파수 값을 예측할 수 있다.
- [0029] 일 실시예에 따르면, 고유 주파수 예측 모델은, 제1 고유 주파수 예측 모델, 제2 고유 주파수 예측 모델, 및 제3 고유 주파수 예측 모델을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 제1 자세 정보를 제1 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 x축에 대한 제1 고유 주파수 값을 예측하고, 제1 자세 정보를 제2 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 y축에 대한 제2 고유 주파수 값을 예측하고, 제1 자세 정보를 제3 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 z축에 대한 제3 고유 주파수 값을 예측할 수 있다.
- [0030] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 제1 자세 정보를 고유 주파수 예측 모델에 입력하기 전에, 학습용 데이터 포맷에 적합하도록 상기 제1 자세 정보를 전처리할 수 있다.
- [0031] 일 실시예에 따르면, 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축, y축, z축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습될 수 있다. 구체적으로, 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축, y축, z축에 대한 복수개의 고유 주파수 값 사이의 상관 관계를 학습할 수 있다. 예를 들어, 도 4의 (a)를 참조하면, 제1 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습될 수 있다. 또 다른 예를 들어, 도 4의 (b)를 참조하면, 제2 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 y축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습될 수 있다. 또 다른 예를 들어, 도 4의 (c)를 참조하면, 제3 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 z축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 특정 축(예: z축) 회전 각도 별로 상기 툴 팁의 x축, y축, z축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습될 수 있다.
- [0032] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 작업 공정을 확인하고, 고유 주파수 예측 모델 중에서 상기 확인된 작업 공정에 대응하는 특정 고유 주파수 예측 모델을 선택할 수 있다. 산업용 로봇(300)의 작업

공정은 드릴링(drilling) 공정, 밀링(milling) 공정, 및 트리밍(trimming) 공정을 포함할 수 있다.

- [0034] 205 동작에서, 다양한 실시예들에 따르면, 전자 장치(101)(예: 도 1의 프로세서(120))는 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 강성 값을 예측할 수 있다.
- [0035] 일 실시예에 따르면, 강성 예측 모델은, 제1 강성 예측 모델, 제2 강성 예측 모델, 및 제3 강성 예측 모델을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 제1 자세 정보를 제1 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 x축에 대한 제1 강성 값을 예측하고, 제1 자세 정보를 제2 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 y축에 대한 제2 강성 값을 예측하고, 제1 자세 정보를 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 z축에 대한 제3 강성 값을 예측할 수 있다.
- [0036] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 제1 자세 정보를 강성 예측 모델에 입력하기 전에, 학습용 데이터 포맷에 적합하도록 상기 제1 자세 정보를 전처리할 수 있다.
- [0037] 일 실시예에 따르면, 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축, y축, z축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습될 수 있다. 구체적으로, 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축, y축, z축에 대한 복수개의 강성 값 사이의 상관 관계를 학습할 수 있다. 예를 들어, 도 4의 (d)를 참조하면, 제1 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습될 수 있다. 또 다른 예를 들어, 도 4의 (e)를 참조하면, 제2 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 y축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습될 수 있다. 또 다른 예를 들어, 도 4의 (f)를 참조하면, 제3 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 z축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 특정 축(예: z축) 회전 각도 별로 상기 툴 팁의 x축, y축, z축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습될 수 있다.
- [0038] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 작업 공정을 확인하고, 강성 예측 모델 중에서 상기 확인된 작업 공정에 대응하는 특정 강성 예측 모델을 선택할 수 있다.
- [0039] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)이 트리밍 공정을 수행하는 것에 기반하여, 산업용 로봇(300)의 제1 자세 정보를 제1 강성 예측 모델 및 제2 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 특정 축(예: z축) 회전 각도 별로 툴 팁(301)의 x축에 대한 제1 강성 값 및 툴 팁(301)의 y축에 대한 제2 강성 값을 예측할 수 있다. 예를 들어, 도 5a의 상단 그래프를 참조하면, 툴 팁(301)이 T3 지점에 위치하는 상태에서 산업용 로봇(300)이 트리밍 공정을 수행하는 경우, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 제1 자세 정보를 제1 강성 예측 모델 및 제2 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 z축 회전 각도(예: -60도 ~ 60도) 별로 툴 팁(301)의 x축에 대한 제1 강성 값(예: 파란색 라인) 및 툴 팁(301)의 y축에 대한 제2 강성 값(예: 연두색 라인)을 예측할 수 있다.
- [0040] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)이 드릴링 공정을 수행하는 것에 기반하여, 산업용 로봇(300)의 제1 자세 정보를 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 특정 축(예: z축) 회전 각도 별로 툴 팁(301)의 z축에 대한 제3 강성 값을 예측할 수 있다. 예를 들어, 도 5b의 상단 그래프를 참조하면, 툴 팁(301)이 T1 지점에 위치하는 상태에서 산업용 로봇(300)이 드릴링 공정을 수행하는 경우, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 제1 자세 정보를 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 z축 회전 각도(예: -60도 ~ 60도) 별로 툴 팁(301)의 z축에 대한 제3 강성 값(예: 빨간색 라인)을 예측할 수 있다.
- [0041] 본 문서에 개시된 심층 신경망(DNN, deep neural network) 기반의 고유 주파수 예측 모델 및 강성 예측 모델은, 입력층, 출력층, 및 그 사이의 복수개의 은닉층으로 구성된 인공 신경망(ANN, artificial neural network)일 수 있다. 일 실시예에 따르면, 고유 주파수 예측 모델 및 강성 예측 모델은, MLP(multi-layer perceptron)로 구현될 수 있고, MLP 이외에도 CNN(convolutional neural network), RNN(recurrent neural network), LSTM(long short time memory), RBFN(radial basis function), SOM(self-organizing map), RBM(restricted boltzmann machine), auto-encoder, GNN(graph neural network), GAN(generative adversarial network) 등으로 구현될 수 있으며, 전술한 예는 하나의 예시일 뿐, 이에 한정되지 않는다.
- [0042] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 고유 주파수 값 및/또는 강성 값을 예측하기 위한 예측 모델의 학습 과

정으로서, 임의의 가중치들이 부여된 예측 모델을 이용하여 결과값(출력 데이터)을 획득하고, 획득된 결과값을 학습 데이터의 라벨링 데이터와 비교하고, 그 오차에 따라 역전파를 수행하여, 가중치들을 최적화함으로써 수행될 수 있다. 구체적으로, 예측 모델의 학습은 학습 데이터 및 라벨링 데이터 또는 라벨링 되지 않은 데이터를 기초로 예측 모델을 학습시켜, 예측 모델이 입력 데이터에 대하여 출력 데이터를 결정할 수 있도록 하는 과정을 의미한다. 즉, 예측 모델이 상기 데이터들에 대해 규칙을 형성하여 판단하는 것이다. 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 예측되는 값을 계산하는 복수의 학습 알고리즘 중 다수의 학습 알고리즘을 사용할 수 있다. 예를 들어, 예측 모델에 앙상블 기법(ensemble method)이 사용될 수 있으며, 학습 알고리즘들을 따로 쓰는 경우에 비해 더 좋은 예측 성능을 얻을 수 있다. 예측 모델을 학습시킨다는 의미는 모델이 가지고 있는 가중치(weight)를 조정하는 것을 의미할 수 있다. 일 실시예에 따라, 학습 방법으로서, 지도 학습(supervised learning), 비지도 학습(unsupervised learning), 강화 학습(reinforcement learning), 모방 학습(imitation learning), 연합 학습(federated-learning) 등 다양한 방법을 이용할 수 있다.

[0043] 일 실시예에 따르면, 고유 주파수 예측 모델 및 강성 예측 모델은, 산업용 로봇(300)의 자세 정보(예: 6개의 조인트 축 값)가 입력되면, 해당하는 예측 값을 출력할 수 있다.

[0044] 일 실시예에 따르면, 산업용 로봇(300)이 드릴링 공정을 수행하는 것에 기반하여, 전자 장치(101)는 산업용 로봇(300)의 제1 자세 정보를 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 툴 팁(301)의 z축에 대한 제3 강성 값을 예측할 수 있다.

[0046] 207 동작에서, 다양한 실시예들에 따르면, 전자 장치(101)(예: 도 1의 프로세서(120))는 툴 팁(301)이 특정 지점에 위치하는 것을 유지한 상태로 툴 팁(301)의 특정 축에 대한 회전 각도를 변경하기 위하여, 예측된 고유 주파수 값 또는 예측된 강성 값 중 적어도 하나를 이용하여, 상기 회전 각도에 대응하는 산업용 로봇(300)의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제2 자세 정보를 결정할 수 있다.

[0047] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 툴 팁(301)의 특정 축에 대한 회전 각도에 대응하는 산업용 로봇(300)의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제2 자세 정보를 결정할 수 있다.

[0048] 일 실시예에 따라, 도 5a의 하단 도면을 참조하면, 전자 장치(101)는 예측된 제1 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제1 회전 각도(예: 60도) 및 예측된 제2 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제2 회전 각도(예: 60도)를 선택하고, 제1 회전 각도 및 제2 회전 각도가 동일한 경우, 제1 회전 각도 및 제2 회전 각도에 대응하는 제2 자세 정보(510)(예: 6개의 조인트 축 값)를 결정할 수 있다.

[0049] 일 실시예에 따라, 도 5b의 하단 도면을 참조하면, 전자 장치(101)는 예측된 제3 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제3 회전 각도(예: -60도)를 선택하고, 제3 회전 각도에 대응하는 제2 자세 정보(520)(예: 6개의 조인트 축 값)를 결정할 수 있다.

[0050] 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 통신 인터페이스(170)를 통하여 제2 자세 정보를 산업용 로봇(300)으로 송신하여, 산업용 로봇(300)이 제2 자세 정보에 따른 복수개의 조인트 축 값을 변경하도록 할 수 있다.

[0052] 다양한 실시예들에 따라서, 심층 신경망 기반의 예측 모델을 이용하여 산업용 로봇의 동적 특성을 예측하는 전자 장치는, 통신 인터페이스, 및 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 산업용 로봇의 툴 팁이 특정 지점에 위치한 상태에서의 상기 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 제1 자세 정보를 확인하고, 상기 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 고유 주파수(dominant frequency) 값을 예측하고, 상기 제1 자세 정보를 심층 신경망 기반의 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 강성(stiffness) 값을 예측하고, 및 상기 툴 팁이 상기 특정 지점에 위치하는 것을 유지한 상태로 상기 툴 팁의 특정 축에 대한 회전 각도를 변경하기 위하여, 상기 예측된 고유 주파수 값 또는 상기 예측된 강성 값 중 적어도 하나를 이용하여, 상기 회전 각도에 대응하는 상기 복수개의 조인트 축 값에 관한 제2 자세 정보를 결정하도록 설정될 수 있다.

[0053] 다양한 실시예들에 따라서, 상기 고유 주파수 예측 모델은 제1 고유 주파수 예측 모델, 제2 고유 주파수 예측 모델, 및 제3 고유 주파수 예측 모델을 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 제1 자세 정보를 상기 제1 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 x축에 대한 제1 고유 주파수 값을 예측하고, 상기 제1 자세 정보를 상기 제2 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 y축에 대한 제2 고유 주파수 값을 예측하고, 및 상기

제1 자세 정보를 상기 제3 고유 주파수 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축에 대한 제3 고유 주파수 값을 예측하도록 설정될 수 있다.

[0054] 다양한 실시예들에 따라서, 상기 제1 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습되고, 상기 제2 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 y축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습되고, 및 상기 제3 고유 주파수 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 z축에 대한 복수개의 고유 주파수 값에 기반하여 학습될 수 있다.

[0055] 다양한 실시예들에 따라서, 상기 강성 예측 모델은, 제1 강성 예측 모델, 제2 강성 예측 모델, 및 제3 강성 예측 모델을 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 제1 자세 정보를 상기 제1 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 x축에 대한 제1 강성 값을 예측하고, 상기 제1 자세 정보를 상기 제2 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 y축에 대한 제2 강성 값을 예측하고, 및 상기 제1 자세 정보를 상기 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축에 대한 제3 강성 값을 예측하도록 설정될 수 있다.

[0056] 다양한 실시예들에 따라서, 상기 제1 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 x축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습되고, 상기 제2 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 y축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습되고, 상기 제3 강성 예측 모델은, 산업용 로봇의 복수개의 조인트 축 값에 관한 복수개의 자세 정보와 산업용 로봇의 툴 팁의 z축에 대한 복수개의 강성 값에 기반하여 학습될 수 있다.

[0057] 다양한 실시예들에 따라서, 상기 프로세서는, 상기 산업용 로봇이 트리밍 공정을 수행하는 것에 기반하여, 상기 산업용 로봇의 상기 제1 자세 정보를 상기 제1 강성 예측 모델 및 상기 제2 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축 회전 각도 별로 상기 툴 팁의 x축에 대한 상기 제1 강성 값 및 상기 툴 팁의 y축에 대한 상기 제2 강성 값을 예측하고, 상기 예측된 제1 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제1 회전 각도 및 상기 예측된 제2 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제2 회전 각도를 선택하고, 및 상기 제1 회전 각도 및 상기 제2 회전 각도가 동일한 경우, 상기 제1 회전 각도 및 상기 제2 회전 각도에 대응하는 상기 제2 자세 정보를 결정하도록 설정될 수 있다.

[0058] 다양한 실시예들에 따라서, 상기 프로세서는, 상기 산업용 로봇이 드릴링 공정을 수행하는 것에 기반하여, 상기 산업용 로봇의 상기 제1 자세 정보를 상기 제3 강성 예측 모델에 입력하여, 상기 툴 팁의 z축 회전 각도 별로 상기 툴 팁의 z축에 대한 상기 제3 강성 값을 예측하고, 상기 예측된 제3 강성 값 중에서 강성이 가장 높은 제3 회전 각도를 선택하고, 및 상기 제3 회전 각도에 대응하는 상기 제2 자세 정보를 결정하도록 설정될 수 있다.

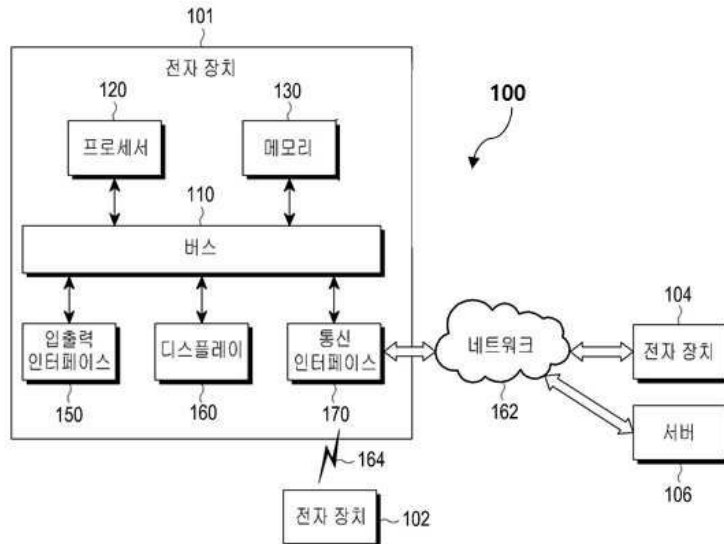
[0060] 본 문서에서 사용된 용어 "모듈" 또는 "~부"는 하드웨어, 소프트웨어 또는 펌웨어로 구성된 유닛을 포함하며, 예를 들면, 로직, 논리 블록, 부품, 또는 회로 등의 용어와 상호 호환적으로 사용될 수 있다. "모듈" 또는 "~부"는, 일체로 구성된 부품 또는 하나 또는 그 이상의 기능을 수행하는 최소 단위 또는 그 일부가 될 수 있다. "모듈" 또는 "~부"는 기계적으로 또는 전자적으로 구현될 수 있으며, 예를 들면, 어떤 동작들을 수행하는, 알려졌거나 앞으로 개발될, ASIC(application-specific integrated circuit) 칩, FPGAs(field-programmable gate arrays), 또는 프로그램 가능 논리 장치를 포함할 수 있고, 프로세서(120)에 의하여 실행될 수 있다. 다양한 실시예에 따른 장치(예: 모듈들 또는 그 기능들) 또는 방법(예: 동작들)의 적어도 일부는 프로그램 모듈의 형태로 컴퓨터로 판독 가능한 저장 매체(예: 메모리(130))에 저장된 명령어로 구현될 수 있다. 상기 명령어가 프로세서(예: 프로세서(120))에 의해 실행될 경우, 프로세서가 상기 명령어에 해당하는 기능을 수행할 수 있다. 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체는, 하드디스크, 플로피디스크, 마그네틱 매체(예: 자기테이프), 광기록 매체(예: CD-ROM, DVD, 자기-광 매체 (예: 플롭티컬 디스크)), 내장 메모리 등을 포함할 수 있다. 명령어는 컴파일러에 의해 만들어지는 코드 또는 인터프리터에 의해 실행될 수 있는 코드를 포함할 수 있다. 다양한 실시예에 따른 모듈 또는 프로그램 모듈은 전술한 구성요소들 중 적어도 하나 이상을 포함하거나, 일부가 생략되거나, 또는 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다. 다양한 실시예에 따른, 모듈, 프로그램 모듈 또는 다른 구성요소에 의해 수행되는 동작들은 순차적, 병렬적, 반복적 또는 휴리스틱하게 실행되거나, 적어도 일부 동작이 다른 순서로 실행되거나, 생략되거나, 또는 다른 동작이 추가될 수 있다.

[0061] 그리고 본 문서에 개시된 실시예는 개시된, 기술 내용의 설명 및 이해를 위해 제시된 것이며, 본 개시의 범위를

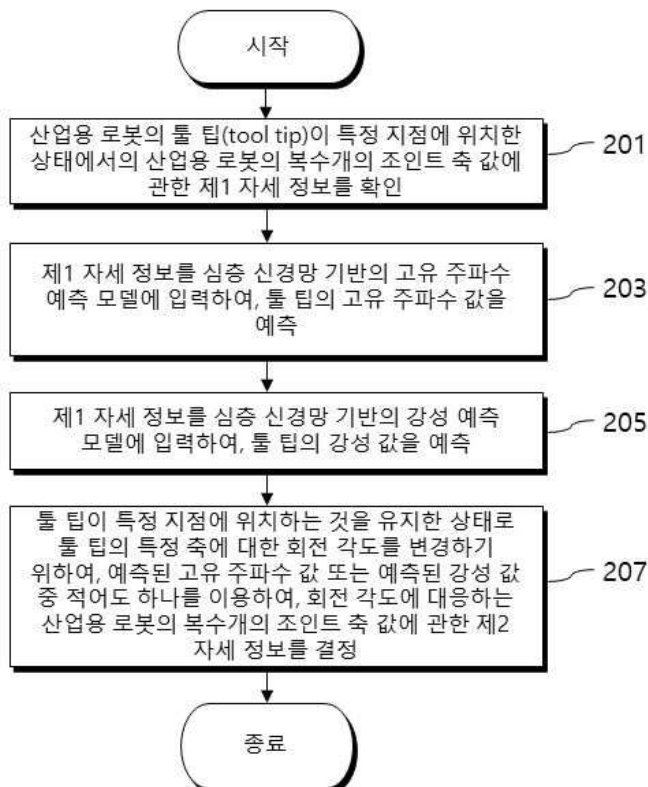
한정하는 것은 아니다. 따라서, 본 개시의 범위는, 본 개시의 기술적 사상에 근거한 모든 변경 또는 다양한 다른 실시예를 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

도면

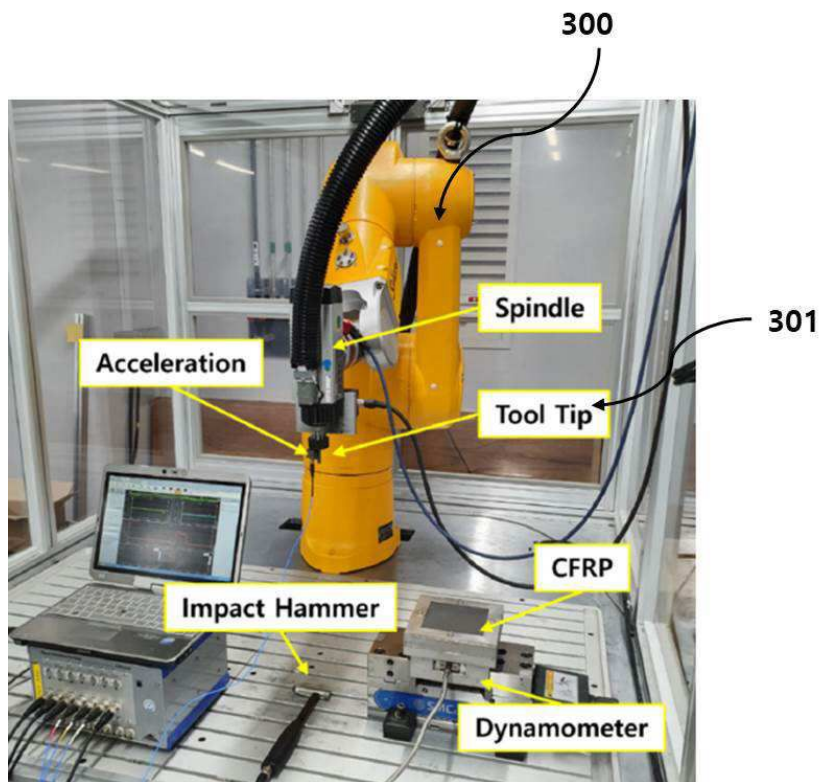
도면1



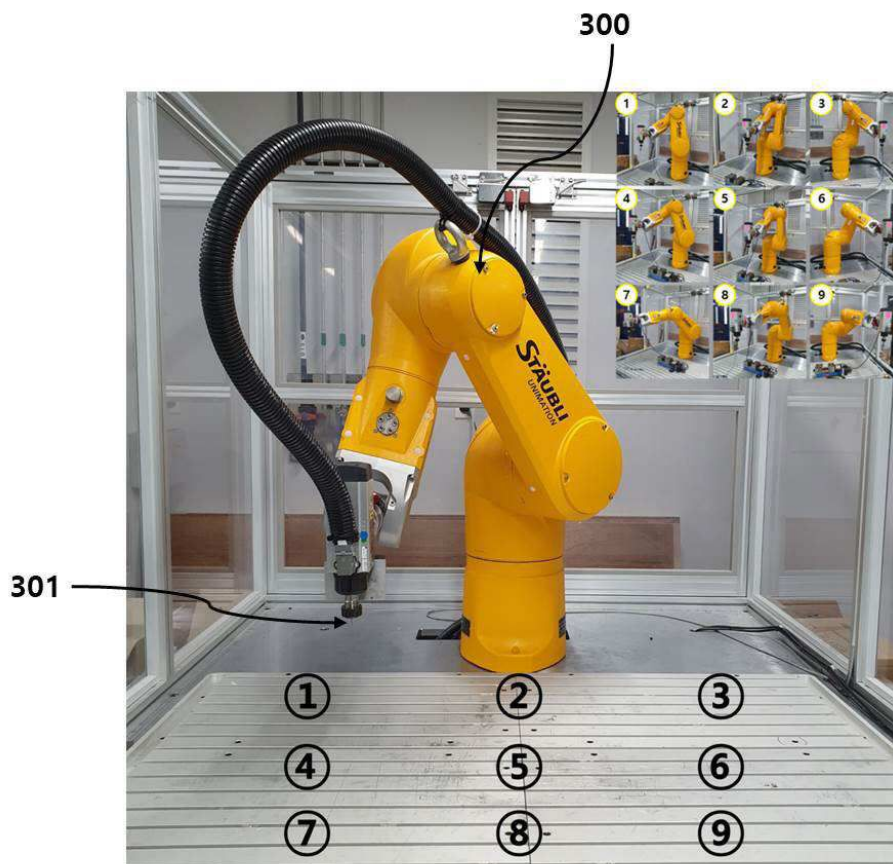
도면2



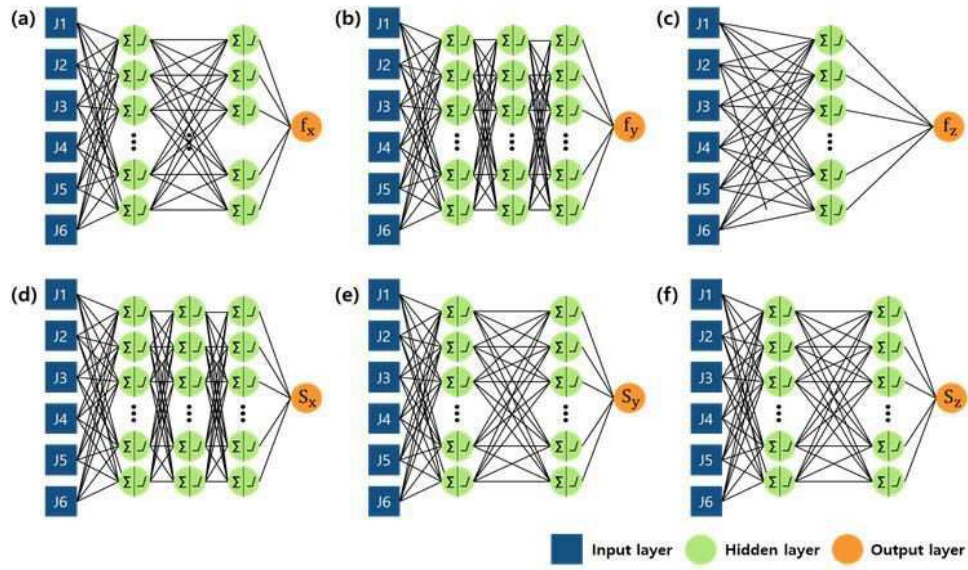
도면3a



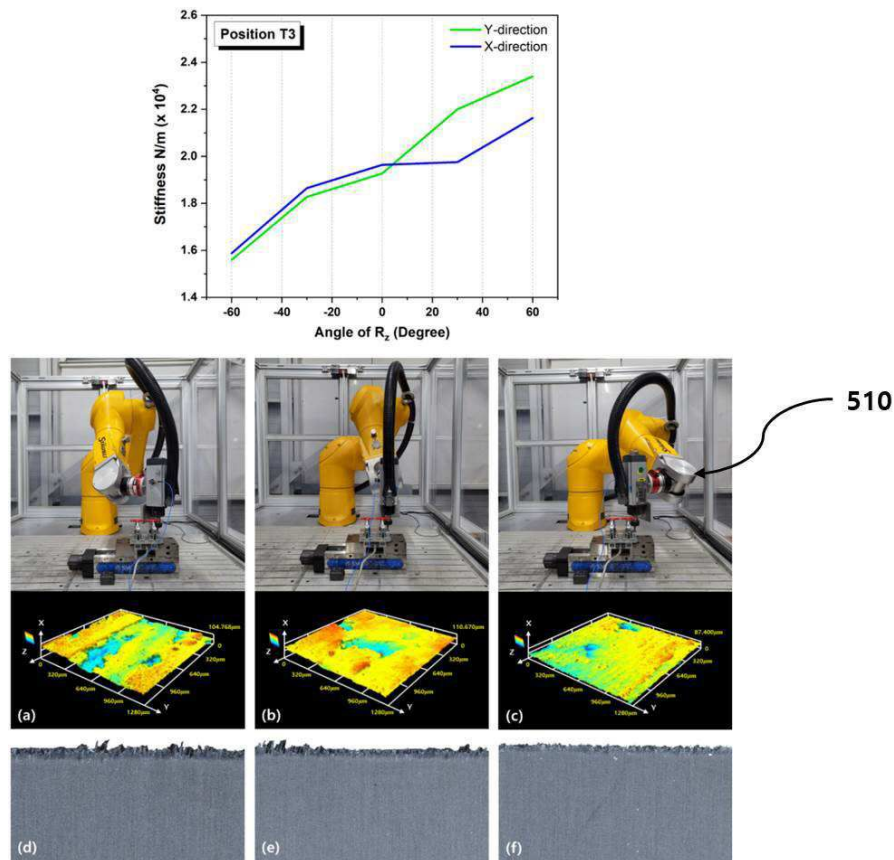
도면3b



도면4



도면5a



도면5b

