



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0048663
(43) 공개일자 2019년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 19/00 (2006.01) B25J 9/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B25J 19/0095 (2013.01)
B25J 9/1671 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0143802
(22) 출원일자 2017년10월31일
심사청구일자 2017년10월31일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
임성수
서울특별시 강남구 압구정로 201, 80동 903호(압구정동, 현대아파트)
신현섭
대전광역시 서구 청사로 282, 16동 1503호(둔산동, 수정타운)
서광
경기도 수원시 영통구 매영로415번길 32, J빌 103호(영통동)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 16 항

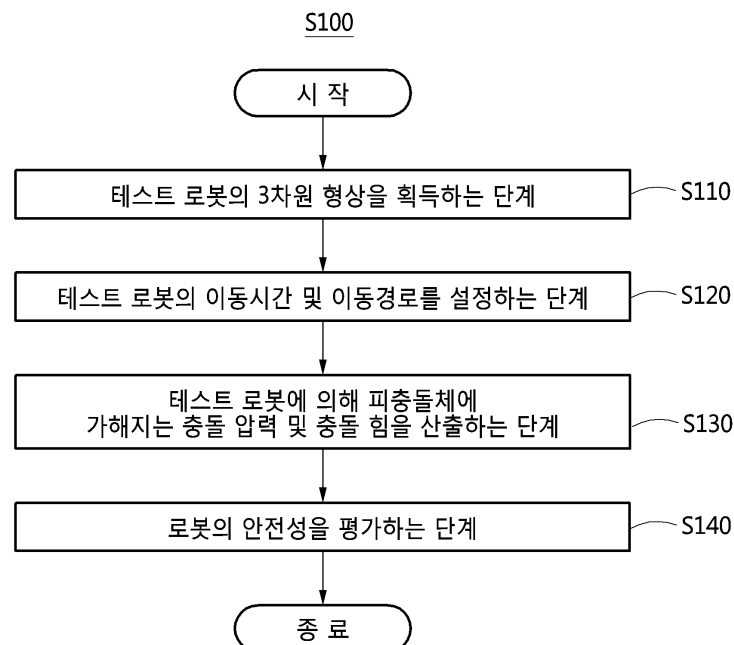
(54) 발명의 명칭 로봇의 안전성 평가 방법

(57) 요약

로봇에 대한 안전성 평가 방법에 관한 것이다. 로봇의 안전성 평가 방법은 테스트 로봇의 3차원 형상을 획득하는 단계와, 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계와, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계, 및 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계를 포함한다. 테스트 로봇의 3차원

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



형상을 획득하는 단계는 실제 로봇의 형상 정보를 포함하는 테스트 로봇의 3차원 영상 또는 3차원 모형을 획득한다. 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계는 테스트 로봇의 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정한다. 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위에 대한 형상과, 유효질량과, 이동속도, 및 방향을 고려하여 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘(force)을 산출한다. 로봇의 안전성을 평가하는 단계는 산출된 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 로봇의 안전성을 평가한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10063413
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업핵심기술개발사업
연구과제명	작업자 공간공유 및 스마트공장 적용을 위한 차세대 제조용 로봇
기 여 율	1/1
주관기관	(주)디에스티로봇
연구기간	2016.05.01 ~ 2019.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

실제 로봇의 형상 정보를 포함하는 테스트 로봇의 3차원 영상 또는 3차원 모형을 획득하는 단계;

상기 테스트 로봇의 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 상기 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계;

상기 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위에 대한 형상과, 유효질량과, 이동속도, 및 방향을 고려하여 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘(force)을 산출하는 단계; 및

상기 산출된 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 상기 로봇의 안전성을 평가하는 단계;

를 포함하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 테스트 로봇은,

시뮬레이션 프로그램에 상기 로봇의 형상 정보를 입력하여 형성된 3차원 영상 또는 3차원 계측 센서를 통해 형성된 3차원 모형인 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 시뮬레이션 프로그램은 CAE(Computer Aided Engineering) 프로그램인 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 상기 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 이상이면, 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘이 상기 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 미만인 되도록 상기 테스트 로봇의 속도를 제어하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기는 국제표준화기구(ISO) 규격에 따르는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 테스트 로봇은 1자유도 이상의 매니플레이터로 형성된 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 테스트 로봇은 조인트를 통해 연결된 적어도 2개의 링크부와, 상기 링크부 중 하나에 연결된 엔드 이펙터(End-effector)를 포함하며,

상기 상해 유발 위험 부위는 상기 링크부 및 엔드 이펙터 중 선택된 하나 또는 둘 이상인 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는,

상기 테스트 로봇의 조인트의 각도를 조절하여 상기 링크부 및 엔드 이펙터의 자세를 변화시키고, 상기 자세의 변화에 따라 상기 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위에 의해 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계를 더 포함하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는,

상기 테스트 로봇의 각 부위별 면적에 따라 상기 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 상기 산출된 접촉 압력 값을 통해 상기 테스트 로봇에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계를 더 포함하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는,

일정 시간 단위 별로 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 11

실제 매니플레이터의 형상 정보를 포함하며, 적어도 1자유도를 갖는 테스트 매니플레이터의 3차원 영상 또는 3차원 모형을 획득하는 단계;

상기 테스트 매니플레이터의 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 상기 테스트 매니플레이터의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계;

상기 테스트 매니플레이터의 각 부위별 형상에 따라 상기 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 상기 산출된 접촉압력 값을 통해 상기 테스트 매니플레이터에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계;

상기 테스트 매니플레이터의 상해 유발 위험 부위에 대한 유효질량과, 이동속도, 및 방향을 고려하여 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계; 및

상기 산출된 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 내에 해당하는

지를 판단하여 상기 매니플레이터의 안전성을 평가하는 단계;
를 포함하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,
상기 매니플레이터에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는,
일정 시간 단위 별로 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,
상기 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 상기 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 이상이면, 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘이 상기 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 미만인 되도록 상기 매니플레이터의 속도를 제어하는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,
상기 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기는 국제표준화기구(ISO) 규격에 따르는 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,
상기 테스트 매니플레이터는 조인트를 통해 연결된 적어도 2개의 링크부와, 상기 링크부 중 하나에 연결된 엔드 이펙터(End-effector)를 포함하며,
상기 상해 유발 위험 부위는 상기 링크부 및 엔드 이펙터 중 선택된 하나 또는 둘 이상인 로봇의 안전성 평가 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,
상기 테스트 매니플레이터에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는,
상기 테스트 매니플레이터의 조인트의 각도를 조절하여 상기 링크부 및 엔드 이펙터의 자세를 변화시키고, 상기 자세의 변화에 따라 상기 테스트 매니플레이터의 상해 유발 위험 부위에 의해 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계를 더 포함하는 로봇의 안전성 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 테스트 로봇에 대한 안전성 평가 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 일정 작업 공간 상에 있는 테스트 로봇과 작업자 간의 충돌 시에 테스트 로봇의 각 부위별 형상에 따라 작업자에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 시뮬레이션을 통해 산출하고, 산출된 값이 국제표준화기구(ISO) 규격에 내에 해당하는 지를 판단하여

안전성 평가의 정확도가 향상된 로봇의 안전성 평가 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 근래 테스트 로봇의 고성능화의 실현으로 인해 운전 편의성의 극대화와 아울러, 테스트 로봇의 운행시 작업자와의 충돌 방지를 통한 안전성 확보를 위해서 여러 다양한 노력이 이루어지고 있다.
- [0004] 이러한 테스트 로봇은 인간과 같은 작업 공간 내에 설치될 수 있음으로 작업시 충돌에 의한 사고가 빈번히 발생하게 된다. 따라서, 테스트 로봇에 있어서 필수적으로 요구되는 것은 1) 모션의 정밀성과, 2) 모션의 안전성이다. 첫 번째 요구사항인 모션의 정밀성의 경우에는 모터 정밀제어 기술의 발전을 통해 현재 일정 궤도에 진입한 실정이나, 두 번째 요구사항인 모션의 안전성의 경우에는 모션의 정밀성에 비교하여 기술적인 완성도가 매우 미비한 실정이다.
- [0005] 특히 최근 들어 테스트 로봇 시스템에 있어서, 안전성(safety)이라는 용어가 핵심 화두로 떠오르면서 테스트 로봇의 안전성을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.
- [0006] 그러나, 현재 개발된 대부분의 로봇의 안전성 평가 방법은 실제 테스트 로봇에 충돌 압력, 충돌 힘, 이동 속도 등을 구하기 위한 별도의 장치를 설치하여 평가하는 것이어서 평가 비용이 증가하는 문제가 있었다.
- [0007] 또한, 안전성 평가시 테스트 로봇은 필요 이상으로 정지와 작동을 반복하게 되므로 작업효율이 감소되고, 테스트 로봇에 무리가 가해지는 문제가 있었다.
- [0008] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 테스트 로봇의 이동에 따라 신체에 가해지는 충돌력을 측정하는 방법이 구현되었으나, 테스트 로봇의 충돌 부위의 형상과 관계 없이 일정한 압력을 적용하여 충돌력을 측정하는 것이어서 안전성 평가의 정확도가 낮은 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 과제는 테스트 테스트 로봇의 형상을 고려한 각 부위별 이동속도 및 이동경로에 따라 작업자에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하고, 산출된 값이 국제표준화기구(ISO) 규격에 내에 해당하는지를 판단하여 안전성 평가의 정확도가 향상된 로봇의 안전성 평가 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 로봇의 안전성 평가 방법은 테스트 로봇의 3차원 형상을 획득하는 단계와, 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계와, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계, 및 로봇의 안전성을 평가하는 단계를 포함한다. 테스트 로봇의 3차원 형상을 획득하는 단계는 실제 로봇의 형상 정보를 포함하는 테스트 로봇의 3차원 영상 또는 3차원 모형을 획득한다. 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계는 테스트 로봇의 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정한다. 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위에 대한 형상과, 유효질량과, 이동속도, 및 방향을 고려하여 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘(force)을 산출한다. 로봇의 안전성을 평가하는 단계는 산출된 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 로봇의 안전성을 평가한다.
- [0013] 일 실시예에 따르면, 테스트 로봇은 시뮬레이션 프로그램에 로봇의 형상 정보를 입력하여 형성된 3차원 영상 또는 3차원 계측 센서를 통해 형성된다. 그리고, 상기 시뮬레이션 프로그램은 CAE(Computer Aided Engineering) 프로그램으로 이루어질 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 따르면, 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 이상이면, 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘이 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 미만인 되도록 테스트 로봇의

속도를 제어한다.

- [0015] 일 실시예에 따르면, 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기는 국제표준화기구(ISO) 규격에 따라 형성된다.
- [0016] 일 실시예에 따르면, 테스트 로봇은 1자유도 이상의 매니플레이터로 형성된다.
- [0017] 일 실시예에 따르면, 테스트 로봇은 조인트를 통해 연결된 적어도 2개의 링크부와, 링크부 중 하나에 연결된 엔드 이펙터(End-effector)를 포함한다. 그리고, 상해 유발 위험 부위는 링크부 및 엔드 이펙터 중 선택된 하나 또는 둘 이상이다.
- [0018] 일 실시예에 따르면, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 테스트 로봇의 조인트의 각도를 조절하여 링크부 및 엔드 이펙터의 자세를 변화시키고, 자세의 변화에 따라 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계를 더 포함한다.
- [0019] 일 실시예에 따르면, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 테스트 로봇의 각 부위별 면적에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 산출된 접촉압력 값을 통해 테스트 로봇에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계를 더 포함한다.
- [0020] 일 실시예에 따르면, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 일정 시간 단위 별로 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출한다.
- [0021] 본 발명에 따른 로봇의 안전성 평가 방법은 테스트 매니플레이터의 3차원 형상을 획득하는 단계와, 테스트 매니플레이터의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계와, 테스트 매니플레이터의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계와, 테스트 매니플레이터에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계, 및 매니플레이터의 안전성을 평가하는 단계를 포함한다. 매니플레이터의 3차원 형상을 획득하는 단계는 실제 매니플레이터의 형상 정보를 포함하며, 적어도 1자유도를 갖는 테스트 매니플레이터의 3차원 영상 또는 3차원 모형을 획득한다. 테스트 매니플레이터의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계는 테스트 매니플레이터의 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 테스트 매니플레이터의 이동시간 및 이동경로를 설정한다. 테스트 매니플레이터의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계는 테스트 매니플레이터의 각 부위별 형상에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 산출된 접촉압력 값을 통해 테스트 매니플레이터에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정한다. 테스트 매니플레이터에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 테스트 매니플레이터의 상해 유발 위험 부위에 대한 유효질량과, 이동속도, 및 방향을 고려하여 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘(force)을 산출한다. 매니플레이터의 안전성을 평가하는 단계는 산출된 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 매니플레이터의 안전성을 평가한다.
- [0022] 일 실시예에 따르면, 매니플레이터에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 일정 시간 단위 별로 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출한다.
- [0023] 일 실시예에 따르면, 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기가 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 이상이면, 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘이 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기 미만인 되도록 매니플레이터의 속도를 제어한다.
- [0024] 일 실시예에 따르면, 최대 충돌 압력 및 최대 충돌 힘의 크기는 국제표준화기구(ISO) 규격에 따라 형성된다.
- [0025] 일 실시예에 따르면, 테스트 매니플레이터는 조인트를 통해 연결된 적어도 2개의 링크부와, 링크부 중 하나에 연결된 엔드 이펙터(End-effector)를 포함한다. 그리고, 상해 유발 위험 부위는 링크부 및 엔드 이펙터 중 선택된 하나 또는 둘 이상이다.
- [0026] 일 실시예에 따르면, 테스트 매니플레이터에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계는 테스트 매니플레이터의 조인트의 각도를 조절하여 링크부 및 엔드 이펙터의 자세를 변화시키고, 자세의 변화에 따라 테스트 매니플레이터의 상해 유발 위험 부위에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계를 더 포함한다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명에 따르면, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기를 CAE(Computer

Aided Engineering) 프로그램 등으로 이루어진 컴퓨터 프로그램을 통해 시뮬레이션화 하여 구할 수 있거나, 계산 알고리즘을 테스트 로봇시스템에 적용하여 실시간으로 충돌압력과 충돌 힘을 산출할 수 있어 테스트 로봇의 안전성을 실시간으로 평가 할 수 있다. 이에 따라, 테스트 로봇에 작용하는 충돌 압력, 충돌 힘, 이동 속도 등을 구하기 위한 별도의 장치를 구비하지 않아도 되므로, 저렴한 비용으로 안전성 평가를 수행할 수 있게 된다.

[0029] 또한, 테스트 로봇의 각 부위별 형상에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하여 상해 유발 위험 부위를 선택하고, 선택된 상해 유발 위험 부위에서 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출테스트 로봇할 수 있게 된다.

[0030] 아울러, 테스트 로봇의 자세에 따라 충돌 압력 및 충돌 힘을 구할 수 있음으로, 피충돌체에 최소한의 충격이 가해지는 자세의 구현이 가능해지게 된다. 따라서, 테스트 로봇이 구현된 자세를 통해 이동하게 되면, 충돌압력이 최대압력이 넘지 않으면서도 최대의 속도로 이동할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇의 안전성 평가 방법에 대한 블록도.

도 2는 도 1에 있어서, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계에 대한 상세한 과정을 설명하기 위한 블록도.

도 3은 실제 로봇과 피충돌체가 충돌하는 상태를 개략적으로 도시한 도면.

도 4는 도 3에 있어서, 실제 로봇과 충돌하는 피충돌체의 표면 변화를 도시한 도면.

도 5는 도 1에 있어서, 테스트 로봇의 3차원 형상을 도시한 도면. 도 6은 테스트 로봇의 부위별 형상에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력의 크기를 도시한 도면.

도 7은 3D 모델링 프로그램을 통해 획득한 충돌 압력 및 충돌 힘의 값을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 로봇의 안전성 평가 방법에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇의 안전성 평가 방법에 대한 블록도이고, 도 2는 도 1에 있어서, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계에 대한 상세한 과정을 설명하기 위한 블록도이다. 그리고, 그리고, 도 3은 실제 로봇과 피충돌체가 충돌하는 상태를 개략적으로 도시한 도면이고, 도 4는 도 3에 있어서, 실제 로봇과 충돌하는 피충돌체의 표면 변화를 도시한 도면이다. 그리고, 도 5는 도 1에 있어서, 테스트 로봇의 3차원 형상을 도시한 도면이다.

[0036] 도 1 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 로봇의 안전성 평가 방법(S100)은 테스트 로봇의 3차원 형상을 획득하는 단계(S110)와, 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계(S120)와, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S130), 및 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S140)를 포함한다.

[0037] 테스트 로봇의 3차원 형상을 획득하는 단계(S110)는 실제 로봇(R)의 형상 정보를 포함하는 테스트 로봇(10)의 3차원 영상 또는 3차원 모형을 획득한다. 구체적으로, 테스트 로봇(10)은 시뮬레이션 프로그램에 로봇(R)의 형상 정보를 입력하여 형성된 3차원 영상 또는 3차원 계측 센서를 통해 형성된 3차원 모형으로 이루어질 수 있다. 즉, 테스트 로봇(10)은 CAE(Computer Aided Engineering) 프로그램과 같은 시뮬레이션 프로그램에 실제 로봇(R)의 형상 정보를 입력하여 형성된 3차원 영상이거나, 3차원 계측 센서를 통해 구현되며 실제 로봇(R)과 동일하게 구동 및 제어되는 3차원 모형으로 이루어질 수 있다.

[0038] 3D 모델링되는 로봇(R)의 종류는 한정되지 않으나, 일정 작업 공간에서 공동으로 업무를 처리하는 협업 로봇(10)일 수 있다. 이러한 협업 로봇은 선단에 기계 손(mechanical hand)을 구비하여 특정 물체를 파지 및 이송하

거나, 특정 작업을 수행할 수 있도록 형성된 매니퓰레이터(Manipulator)로 형성될 수 있다. 그리고 테스트 로봇(10)은 X축 방향, Y축 방향, Z축 방향, 피치(pitch) 방향, 요(yaw) 방향, 롤(roll) 방향 중 적어도 한 방향의 이동이 가능한 자유도를 갖도록 형성될 수 있다. 즉, 테스트 로봇(10)은 적어도 1자유도를 갖는 1자유도 이상의 매니퓰레이터로 이루어질 수 있다.

[0039] 구체적으로, 테스트 로봇(10)은 조인트(11)를 통해 연결된 적어도 2개의 링크부(12)와, 링크부(12) 중 하나에 연결된 엔드 이펙터(End-effector, 13)를 포함할 수 있다. 여기서, 엔드 이펙터란 테스트 로봇(10)이 작업을 할 때 작업 대상에 직접적으로 작용하는 기능을 가진 부분으로, 예를 들어 매니퓰레이터의 기계 손일 수 있다.

[0041] 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계(S120)는 테스트 로봇(10)의 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 테스트 로봇(10)의 이동시간 및 이동경로를 설정한다. 예를 들어, 테스트 로봇(10)이 3차원 영상일 경우에는 시뮬레이션 프로그램에 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 테스트 로봇(10)의 이동시간 및 이동경로를 설정한다. 그리고, 테스트 로봇(10)이 3차원 모형인 경우에는 테스트 로봇(10)의 제어 시스템에 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 테스트 로봇(10)의 이동시간 및 이동경로를 설정한다. 여기서, 시뮬레이션 프로그램 및 로봇의 제어 시스템을 통해 테스트 로봇(10)의 구동을 제어하는 방법은 이미 공지된 기술이므로 생략하기로 한다.

[0043] 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S130)는 테스트 로봇(10)의 상해 유발 위험 부위에 대한 형상과, 유효질량과, 이동속도, 및 방향을 고려하여 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(force, F_c)을 산출한다.

[0044] 구체적으로, 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 힘(F_c)은 하기 수학식(1)을 통해 구현 가능하다. 여기서, 피충돌체(20)는 사람일 수 있으며, 테스트 로봇의 충돌 부위에 대한 유효 질량(M_i)은 기구학적 이론에 의해 산출되며 피충돌체의 충돌 부위에 대한 유효질량(M_h)은 사용자에게 의해 입력되어 미리 정해질 수 있다. 테스트 로봇의 충돌부위 변위(y_i), 피충돌체의 충돌부위 변위(y_h)는 CAE시스템을 통해 구해질 수 있다.

[0045] [수학식 1]

$$\begin{bmatrix} M_i & 0 \\ 0 & M_h \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{y}_i \\ \ddot{y}_h \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -F_c \\ F_c \end{Bmatrix}$$

[0046]

[0047] M_i : 테스트 로봇의 충돌 부위에 대한 유효 질량

[0048] M_h : 피충돌체의 충돌 부위에 대한 유효질량

[0049] F_c : 충돌 힘

[0050] y_i : 테스트 로봇의 충돌부위 변위

[0051] y_h : 피충돌체의 충돌부위 변위

[0053] 그리고, 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P)은 하기 수학식(2)을 통해 구현 가능하다. 여기서, 피충돌체의 피부 탄성(K), 피충돌체의 피부 두께(h)는 CAE 시스템을 통해 사용자에게 의해 입력되어 미리 저장될 수 있다.

[0054] [수학식 2]

$$F_c = \int PdA = \iint K(\delta) \frac{\delta(x, y, \alpha)}{h} dx dy$$

[0055]

$$\delta = y_i - y_h$$

[0056]

[0057]

[0058]

[0059]

[0060]

[0061]

[0063]

[0064]

[0065]

[0066]

[0067]

[0068]

[0070]

[0071]

[0072]

δ : 피충돌체의 피부 변형량

α : 테스트 로봇과 피충돌체 사이의 충돌 각

F_c : 충돌 힘 p : 충돌 압력

K : 피충돌체의 피부 탄성 h : 피충돌체의 피부 두께

x, y : 충돌면 좌표계

테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S130)는 일정 시간 단위 별로 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)을 산출할 수 있다. 이는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)을 산출하기 위한 데이터의 양을 줄여 계산의 속도를 향상시키고, 부하가 걸리지 않도록 하기 위함이다. 여기서, 일정 단위로 정해지는 시간은 테스트 로봇(10)의 형상에 따라 달라질 수 있다. 즉, 테스트 로봇(10)의 형상이 복잡할수록 단위 시간은 짧아질 수 있다.

테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S130)는, 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계(S131)를 더 포함할 수 있다.

테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계(S131)는 테스트 로봇(10)의 각 부위별 면적에 따라 피충돌체(20)에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 산출된 접촉압력 값을 통해 테스트 로봇(10)에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정한다.

예를 들어, 테스트 로봇(10)이 원기둥 형태로 이루어진 경우, 상해 유발 위험 부위를 설정하기 위한 테스트 로봇(10)의 각 부위는 둘레 면과, 상부 면과, 하부 면과, 상부 모서리, 및 하부 모서리가 될 수 있다. 그리고, 각각의 부위별 면적에 따라 피충돌체(20)에 가해지는 접촉압력을 산출한다. 여기서, 접촉압력을 산출하는 방법은 $P=F/A$ (P: 압력, F: 힘, A: 면적)의 관계식을 통해 계산 가능하다.

이러한 과정을 통해 테스트 로봇(10)의 각 부위에 대한 접촉압력이 산출되면, 접촉압력 중 가장 큰 값을 갖는 부위 또는 접촉압력이 기 설정된 값을 초과하는 부위 모두를 상해 유발 위험 부위로 선택할 수 있다.

한편, 테스트 로봇(10)의 상해 유발 위험 부위는 사용자의 선택에 의해 하나 또는 둘 이상으로 정해질 수 있다. 구체적으로, 테스트 로봇(10)의 상해 유발 위험 부위는 링크부(12) 및 엔드 이펙터(13) 중 선택된 하나 또는 둘 이상일 수 있다. 이처럼 테스트 로봇(10)의 상해 유발 위험 부위가 사용자에게 의해 미리 설정된 경우에는 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계(S131)를 생략할 수도 있다.

테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S140)는 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S130)에서 획득한 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 내에 해당하는지를 판단한다.

만약 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S140)에서 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 내에 해당하면 테스트 로봇(10)은 안전한 것으로 판단한다. 반대로, 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 이상이면 테스트 로봇(10)은 안전하지 않은 것으로 판단한다.

로봇의 안전성을 평가하는 단계(S140)에서, 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 이상이면, 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)이 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 미만인 되도록 테스트 로봇(10)의 이동속도를 제어할 수 있다. 이는 테스트 로봇(10)의 이동속도를 줄이면 피충돌체(20)에 가해지는 힘이 줄어들기 때문이다. 이처럼 피충돌체(20)에 가해지는 힘이 줄어들면 압력 또한 줄어들게 되므로, 테스트 로봇(10)의 이동속도를 적절하게 조절하면 최대 속도를

내면서도 인체에 상해를 입히지 않는 로봇(R)의 구현이 가능해지게 된다.

- [0073] 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S140)에서 기 설정된 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기는 국제 표준화기구(ISO), 보다 구체적으로는 TS 15066 규격에 따르는 크기로 이루어질 수 있다. 국제표준화기구(ISO)의 TS 15066에는 사람의 신체 부위별 견딜 수 있는 최대 허용 압력 및 허용 힘에 대하여 개시되어 있으므로, 이를 기준으로 하여 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기로 설정하면 로봇(R)의 안정성을 한층 향상시킬 수 있게 된다.
- [0075] 한편, 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S130)는 테스트 로봇의 자세 변화에 따라 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S132)를 더 포함할 수 있다.
- [0076] 테스트 로봇의 자세 변화에 따라 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S132)는 테스트 로봇(10)의 조인트(11)의 각도를 조절하여 링크부(12) 및 엔드 이펙터(13)의 자세를 변화시키고, 자세의 변화에 따라 상해 유발 위험 부위에 의해 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_C)을 산출한다.
- [0077] 이처럼 테스트 로봇(10)의 자세를 변화시키며 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_C)을 산출하는 이유는 링크부(12) 및 엔드 이펙터(13)의 자세 변화에 따라 피충돌체(20)와의 거리 및 접촉부위가 달라지기 때문이다. 그리고, 피충돌체(20)와의 거리 및 접촉부위가 달라지면 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_C)의 크기 또한 달라지게 된다.
- [0078] 따라서, 자세의 변화에 따라 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_C)의 크기를 구하게 되면, 로봇(R)이 똑같은 이동속도 및 이동경로를 따라 이동하더라도 피충돌체(20)에 최소한의 충격이 가해지는 자세의 구현이 가능해지게 된다.
- [0079] 전술한 바와 같이, 로봇의 안전성 평가 방법은 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘의 크기를 시뮬레이션화 하여 획득할 수 있게 된다. 이러한 테스트 로봇은 실제 로봇과 유사한 형상 및 구동 동작을 갖는 3차원 모형 로봇 또는 3차원 영상 로봇으로 형성되므로, 종래와 같이 실제 로봇에 작용하는 충돌 압력, 충돌 힘, 이동 속도 등을 구하기 위한 별도의 장치를 구비하지 않아도 되므로, 저렴한 비용으로 안전성 평가를 수행할 수 있게 된다.
- [0080] 또한, 테스트 로봇의 각 부위별 면적에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하여 상해 유발 위험 부위를 선택하고, 선택된 상해 유발 위험 부위에서 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하므로, 테스트 로봇의 형상에 대응하는 충돌 압력 및 충돌 힘을 구할 수 있게 된다. 즉, 종래에는 로봇의 형상과 관계없이 접촉압력을 일정하게 적용하여 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하므로, 산출된 값의 정확도가 낮은 단점이 있었다. 그러나, 본 발명과 같이 테스트 로봇의 부위별 면적에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하고 이 값을 통해 상해 유발 위험 부위를 선택하면, 테스트 로봇의 충돌부위의 형상에 대응하는 충돌 압력 및 충돌 힘을 구할 수 있게 되므로, 그 정확도가 향상될 수 있다.
- [0081] 아울러, 테스트 로봇의 자세를 변화시키며 충돌 압력 및 충돌 힘을 구하므로, 피충돌체에 최소한의 충격이 가해지는 자세의 구현이 가능해지게 된다. 따라서, 테스트 로봇이 구현된 자세를 통해 이동하게 되면, 똑같은 이동경로를 따라 이동하면서도 최대의 속도로 이동할 수 있게 된다.
- [0083] 도 6은 테스트 로봇의 부위별 형상에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력의 크기를 도시한 도면이다. 그리고, 도 7은 3D 모델링 프로그램을 통해 획득한 충돌 압력 및 충돌 힘의 값을 도시한 도면이다.
- [0084] 도 1 내지 도 7을 참조하여 로봇의 안전성 평가 방법의 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0085] 먼저, 사용자가 시뮬레이션 프로그램에 실제 로봇(R)의 형상 정보를 입력하여 3차원 영상 테스트 로봇을 획득하거나, 3차원 계측 센서를 통해 3차원 모형 테스트 로봇을 획득한다. 여기서, 테스트 로봇(10)은 X축 방향, Y축 방향, Z축 방향, 피치(pitch) 방향, 요(yaw) 방향, 롤(roll) 방향 중 하나의 방향으로 이동이 가능한 매니퓰레이터로 이루어질 수 있다. 즉, 테스트 로봇(10)은 1자유도 이상을 갖는 매니퓰레이터일 수 있다. 그리고, 시뮬레이션 프로그램 또는 테스트 로봇시스템에 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 테스트 로봇(10)의 이동시간 및 이동경로를 설정한다. 이에 따라, 테스트 로봇(10)은 일정 시간 동안 정해

지 이동경로를 따라 이동하는 시뮬레이션을 진행하게 된다.

[0086] 그리고, 테스트 로봇(10)의 각 부위별 형상에 따라 피충돌체(20)에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 산출된 접촉압력 값을 통해 테스트 로봇(10)에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정한다. 이는 도 6에 도시된 바와 같이, 테스트 로봇의 부위별 형상에 따라 피충돌체(20)에 가해지는 접촉압력의 크기가 달라지기 때문이다. 여기서, 상해 유발 위험 부위는 산출된 접촉압력 중 가장 큰 값을 갖는 부위 또는 접촉압력이 기 설정된 값을 초과하는 부위 모두가 될 수 있다.

[0087] 이렇게 테스트 로봇(10)의 상해 유발 위험 부위가 설정되면, 테스트 로봇(10)의 상해 유발 위험 부위에 대한 유효질량과, 이동속도, 및 방향을 고려하여 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)을 산출한다. 여기서, 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 값은 도 7에 도시된 바와 같이 나타날 수 있으며, 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 값을 산출하는 방법은 앞서 설명한 바와 같으므로 생략하기로 한다.

[0088] 이렇게 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 결정되면, 결정된 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 내에 해당하는지를 판단한다. 즉, 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 기 설정된 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 내에 해당하면 로봇(R)은 안전한 것으로 판단하고, 반대로 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_c)의 크기가 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기 이상이면 로봇(R)은 안전하지 않은 것으로 판단하는 것이다. 여기서, 기 설정된 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기는 국제표준화기구(ISO)규격에 따르는 크기로 이루어질 수 있다.

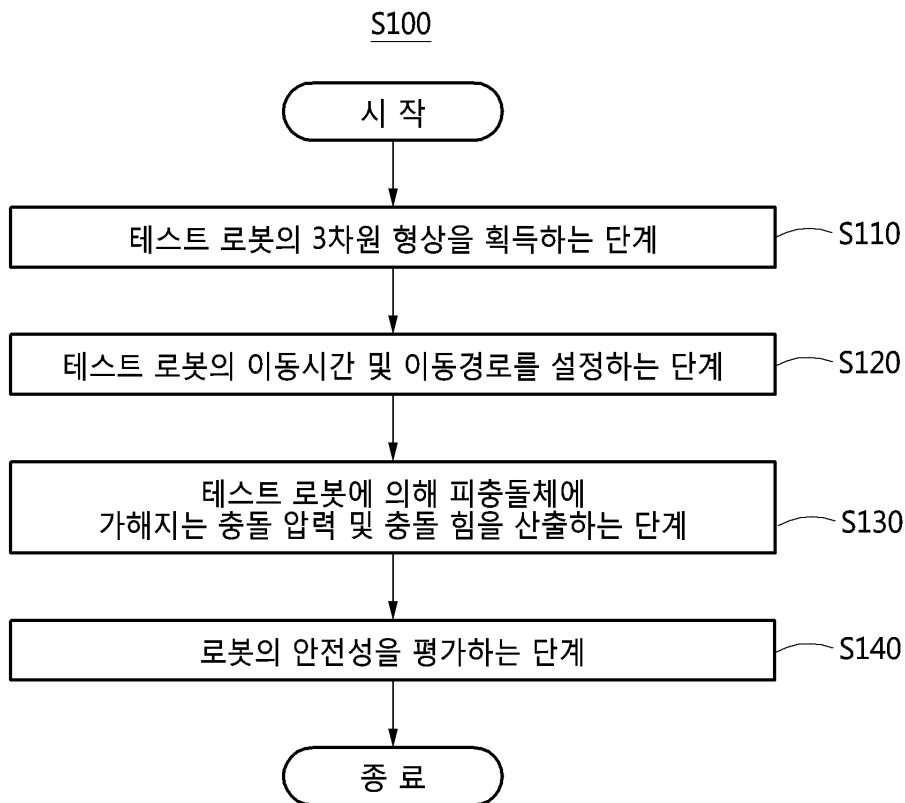
[0090] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

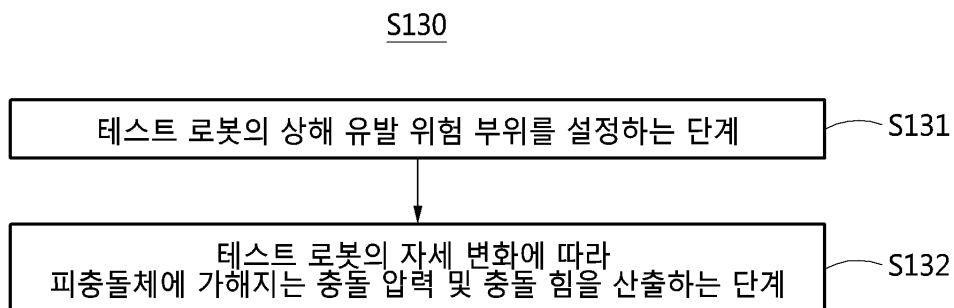
[0092] 10.. 테스트 로봇
11.. 조인트
12.. 링크부
13.. 엔드 이펙터
20.. 피충돌체

도면

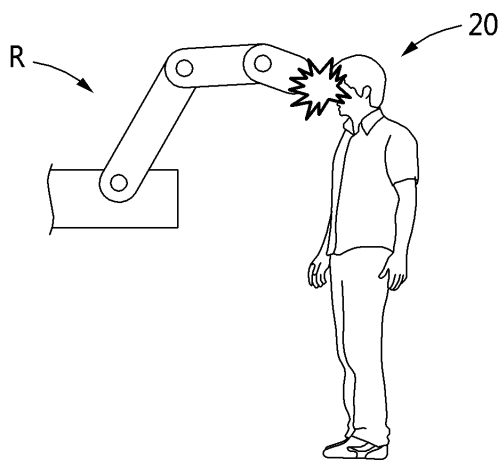
도면1



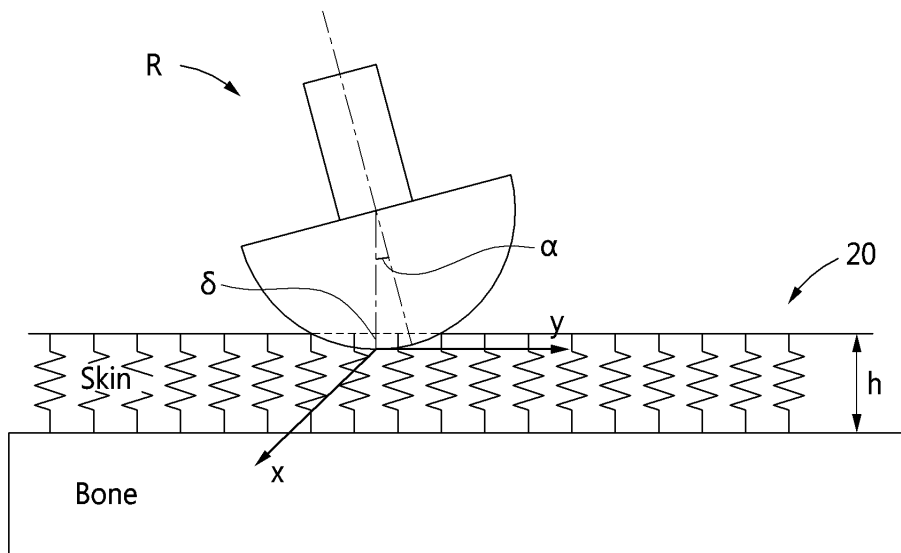
도면2



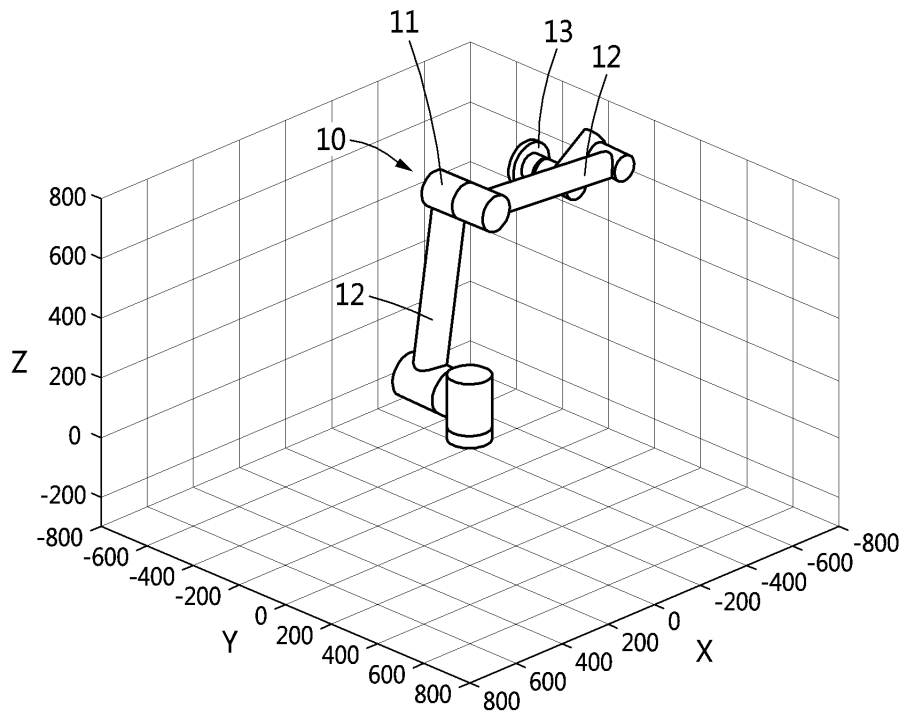
도면3



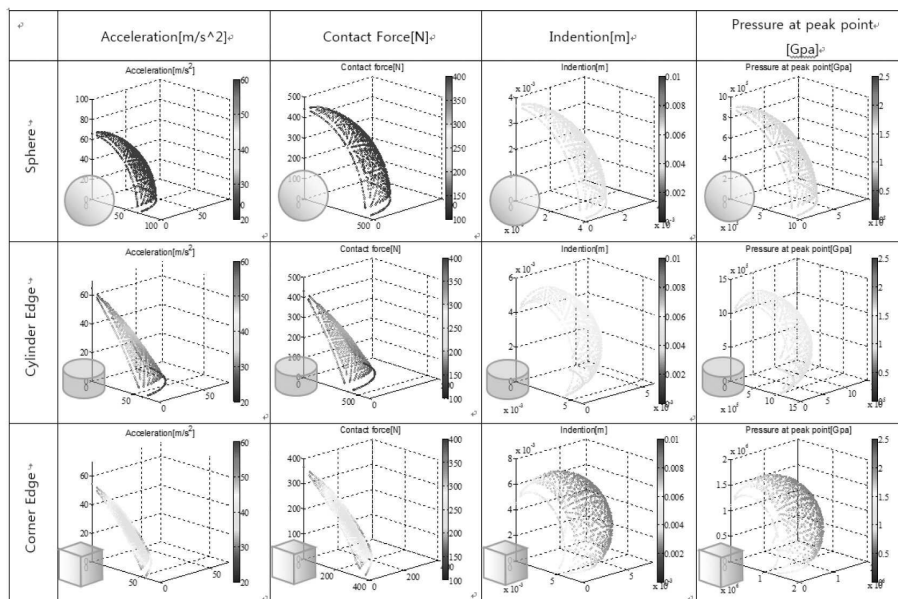
도면4



도면5



도면6



도면7

