(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0126316
(43) 공개일자 2020년11월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/02 (2020.01) *G05B 19/4061* (2006.01)
G05B 19/418 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/0214 (2013.01)
G05B 19/4061 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0138364
(22) 출원일자 2019년11월01일
심사청구일자 2019년11월01일
(30) 우선권주장
1020190049681 2019년04월29일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
임성수
서울특별시 강남구 압구정로 201, 80동 903호(압구정동,현대아파트)
신헌섭
대전광역시 서구 청사로 282, 16동 1503호(둔산동, 수정타운)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 11 항

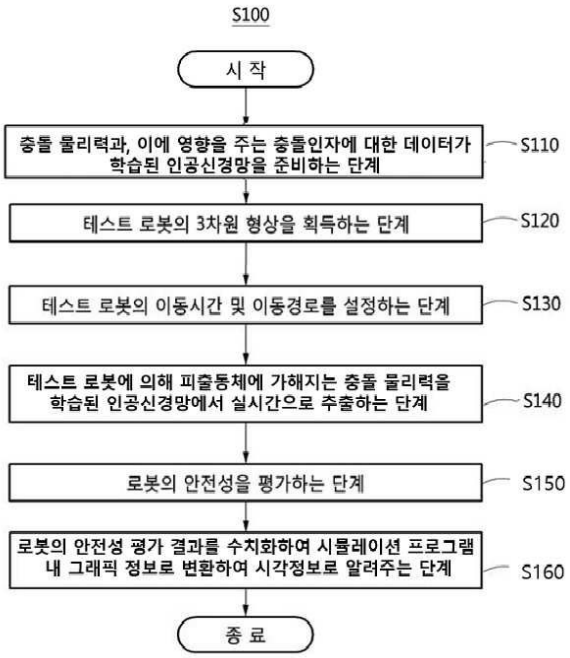
(54) 발명의 명칭 **그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법**

(57) 요 약

그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법은, 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계; 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 충돌 인자에 따른 피충돌체에 가해지는 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력을 상기 미리 준비된 인공신경망에서 실시간으로 추출하는 단계; 상기 추출된 충돌 물리력의 크기가 기 설정된 최대 충돌 물리력의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 상기 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계; 및 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각정보로 알려주는 단계;를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G05B 19/4189 (2013.01)
G05D 1/0223 (2013.01)
G05D 1/0238 (2013.01)

(72) 발명자
최준석
경기도 수원시 영통구 청명북로 5, 202호(영통동)

한도연
경기도 수원시 영통구 매영로425번길 4, B02호(영통동)

명 세 서

청구범위

청구항 1

충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계;

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 충돌 인자에 따른 피충돌체에 가해지는 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력을 상기 미리 준비된 인공신경망에서 실시간으로 추출하는 단계;

상기 추출된 충돌 물리력의 크기가 기 설정된 최대 충돌 물리력의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 상기 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계; 및

로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각 정보로 알려주는 단계;

를 포함하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계에서는,

실제 로봇과 피충돌체 사이의 충돌실험을 수행하거나, 유한요소 시뮬레이션을 수행하거나, 수학적으로 계산하는 방식으로, 충돌부위 형상, 유효질량, 이동속도, 충돌방향, 사람의 신체 물성치 가운데 적어도 하나 이상을 포함하는 충돌인자와 상기 충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 것을 특징으로 하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계에서는,

충돌인자를 고려하고, 상기 충돌인자의 조합을 결정하는 단계;

상기 충돌인자의 조합에 따른 충돌 물리력을 획득하는 단계; 및

획득된 충돌 물리력 데이터를 인공신경망에 학습시키는 단계;

를 포함하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 추출된 충돌 물리력의 크기가 기 설정된 최대 충돌 물리력의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 상기 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계는,

추출된 충돌 물리력을 국제 로봇충돌안전 표준(ISO)와 비교하여 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 그래픽 정보

를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 테스트 로봇은,

상기 시뮬레이션 프로그램에 상기 로봇의 형상 정보를 입력하여 형성된 3차원 영상 또는 3차원 계측 센서를 통해 형성된 3차원 모형인 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 시뮬레이션 프로그램은 CAE(Computer Aided Engineering) 프로그램인 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 7

제2항에 있어서,

충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 방법 가운데 수학적으로 계산하는 방식은,

상기 테스트 로봇의 자세를 변화시키고, 상기 자세의 변화에 따라 상기 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위에 의해 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계를 포함하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 수학적으로 계산하는 방식은,

상기 테스트 로봇의 각 부위별 면적에 따라 상기 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 상기 산출된 접촉압력 값을 통해 상기 테스트 로봇에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계를 더 포함하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 수학적으로 계산하는 방식은,

일정 시간 단위 별로 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각정보로 알려주는 단계는,

로봇 내에서 충돌 시에 위험할 수 있는 상해유발 부위를 선정하는 단계;

로봇의 움직임 중에 상기 상해유발 부위와 인간이 충돌 시에 발생하게 될 힘, 압력, 충돌에너지, 변형량 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌정보를 산출하는 단계;

상기 산출된 충돌정보의 위험정도를 색채로 변환하는 단계; 및

실제 로봇의 움직임을 실시간으로 추종하는 로봇 시뮬레이션 상에서 상기 상해유발 부위 도면의 색채를 상기 변

환된 색채 값으로 입력하는 단계;

를 포함하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

실제 로봇의 움직임을 실시간으로 추종하는 로봇 시뮬레이션 상에서 해당 부위 도면의 색채를 상기 변환된 색채로 표시하는 단계에서,

로봇의 도면 내에 충돌정보가 산출되지 않은 부위의 색채는 충돌정보가 산출된 부위의 색채값을 보간하여 입력하는 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 로봇으로부터 추출된 충돌인자에 따른 충돌 물리력을 미리 데이터 맵핑 또는 인경신경망을 통해 학습시키고, 이러한 학습된 인공신경망 등을 실시간으로 추출하여 테스트 로봇의 이동에 따라 로봇의 안전성을 실시간으로 파악하는 것이 가능하며, 로봇의 안전성을 색채 등의 그래픽 정보를 이용해 사용자에게 표시하는 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 근래 로봇의 고성능화의 실현으로 인해 운전 편의성의 극대화와 아울러, 로봇의 운행시 작업자와의 충돌 방지를 통한 안전성 확보를 위해서 여러 다양한 노력이 이루어지고 있다.

[0003] 이러한 로봇은 인간과 같은 작업 공간 내에 설치될 수 있음으로 작업시 충돌에 의한 사고가 빈번히 발생하게 된다. 따라서, 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.

[0004] 특히 최근 들어 로봇 시스템에 있어서, 안전성(safety)이라는 용어가 핵심 화두로 떠오르면서 로봇의 안전성을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

[0005] 현재 통용되고 있는 안전성을 확보하는 방법은 로봇의 속도를 일정 속도 이하로 낮추는 것이다. 그러나 이러한 방법은 로봇 속도의 적정성을 평가하여 로봇의 속도를 제어하는 것이 아니라, 로봇의 속도를 크게 낮추어 안정성을 확보하는 것이어서, 안전성을 높일 수는 있지만 생산성이 크게 저하되어 효율성이 좋지 않은 문제가 있다.

[0006] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 로봇에 펜스를 구축하여 사람이 펜스 안에 있지 않을 때에만 로봇을 정상적으로 운용함으로써 생산성을 증가시켰으나, 협동 로봇, 서비스 로봇 등과 같이 로봇과 사람이 같은 공간에 있는 경우에 대한 안전성 향상 해결책은 아직 구축되지 않은 실정이다. 이에 사람과 로봇이 같은 공간 내에서 작업을 하면서도 로봇에 의해 상해를 입지 않도록 하기 위한 해결책의 마련이 필요하다.

[0007] 또한, 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.

[0008] 그리고 안전성 평가시 테스트 로봇은 필요 이상으로 정지와 작동을 반복하게 되므로 작업효율이 감소되고, 테스트 로봇에 무리가 가해지는 문제가 있었다.

[0009] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 테스트 로봇의 이동에 따라 신체에 가해지는 충돌력을 수학적으로 예측하는 방법이 구현되었으나, 신체상해와 직접적으로 연관되어 있는 물리지수인 압력(ISO/TS 15066 로봇 충돌안전 평가인자)을 예측하지 않아 충돌부위의 형상에 관계없이 일정한 압력이 산출하거나 압력을 계산하지 않아 충돌로 인한

상해를 예측하는 것에 한계가 있어 안전성 평가 정확도가 낮은 문제가 있었다.

[0010] 충돌로 인한 압력을 예측하는 방법은 유한요소법을 이용한 충돌 시뮬레이션을 수행하는 것이 대부분이지만, 해석시간이 오래 걸려 테스트 로봇의 이동에 따라 로봇의 안전성을 실시간으로 파악하는 것은 불가능한 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1539270호

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1650764호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 과제는 테스트 로봇의 형상을 고려한 각 부위별 이동속도 및 이동경로에 따라 작업자에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하고, 산출된 값이 국제표준화기구(ISO) 규격에 내에 해당하는 지를 판단하여 안전성 평가의 정확도가 향상된 로봇의 안전성 평가 방법을 제공함에 있다.

[0013] 또한, 본 발명의 과제는 테스트 로봇의 형상을 고려하여 각 부위별 이동속도 및 이동경로에 따라 작업자에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하고, 산출된 값이 국제표준화기구(ISO)의 규격을 만족하도록 테스트 로봇의 속도 및 자세를 제어하는 로봇의 안전성 향상 방법을 제공함에 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 테스트 로봇의 형상을 고려한 각 부위별 이동속도 및 이동경로에 따라 작업자에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하고, 이렇게 산출된 값을 저장하여 데이터를 집합시켜 데이터 베이스를 구축하고, 이를 인공 신경망에 트레이닝하여 트레이닝된 인공 신경망을 통하여 모션 중인 로봇의 충돌물리력을 실시간으로 예측함에 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 과제는 테스트 로봇의 이동에 따라 실시간으로 예측한 로봇의 충돌 물리력를 그래픽적 표현을 이용하여 실시간 충돌 안전 모니터링 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명에 일 실시예에 의한 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법은, 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계; 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 충돌 인자에 따른 피충돌체에 가해지는 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력을 상기 미리 준비된 인공신경망에서 실시간으로 추출하는 단계; 상기 추출된 충돌 물리력의 크기가 기 설정된 최대 충돌 물리력의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 상기 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계; 및 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각정보로 알려주는 단계;를 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계에서는, 실제 로봇과 피충돌체 사이의 충돌실험을 수행하거나, 유한요소 시뮬레이션을 수행하거나, 수학적으로 계산하는 방식으로, 충돌부위 형상, 유효질량, 이동속도, 충돌방향, 사람의 신체 물성치 가운데 적어도 하나 이상을 포함하는 충돌인자와 상기 충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 또한, 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계에서는, 충돌인자를 고려하고, 상기 충돌인자의 조합을 결정하는 단계; 상기 충돌인자의 조합에 따른 충돌 물리력을 획

득하는 단계; 및 획득된 충돌 물리력 데이터를 인공신경망에 학습시키는 단계; 를 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 추출된 충돌 물리력의 크기가 기 설정된 최대 충돌 물리력의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 상기 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계는, 추출된 충돌 물리력을 국제 로봇충돌안전 표준(ISO)와 비교하여 테스트 로봇의 안전성을 평가할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 테스트 로봇은, 상기 시뮬레이션 프로그램에 상기 로봇의 형상 정보를 입력하여 형성된 3차원 영상 또는 3차원 계측 센서를 통해 형성된 3차원 모형일 수 있다.

[0022] 또한, 상기 시뮬레이션 프로그램은 CAE(Computer Aided Engineering) 프로그램일 수 있다.

[0023] 또한, 충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 방법 가운데 수학적으로 계산하는 방식은, 상기 테스트 로봇의 자세를 변화시키고, 상기 자세의 변화에 따라 상기 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위에 의해 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 수학적으로 계산하는 방식은, 상기 테스트 로봇의 각 부위별 면적에 따라 상기 피충돌체에 가해지는 접촉압력을 산출하고, 상기 산출된 접촉압력 값을 통해 상기 테스트 로봇에 대한 적어도 하나의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 수학적으로 계산하는 방식은, 일정 시간 단위 별로 상기 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출할 수 있다.

[0026] 또한, 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각정보로 알려주는 단계는, 로봇 내에서 충돌 시에 위험할 수 있는 상해유발 부위를 선정하는 단계; 로봇의 움직임 중에 상기 상해유발 부위와 인간이 충돌 시에 발생하게 될 힘, 압력, 충돌에너지, 변형량 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌정보를 산출하는 단계; 상기 산출된 충돌정보의 위험정도를 색채로 변환하는 단계; 및 실제 로봇의 움직임을 실시간으로 추종하는 로봇 시뮬레이션 상에서 상기 상해유발 부위 도면의 색채를 상기 변환된 색채 값으로 입력하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 실제 로봇의 움직임을 실시간으로 추종하는 로봇 시뮬레이션 상에서 해당 부위 도면의 색채를 상기 변환된 색채로 표시하는 단계에서, 로봇의 도면 내에 충돌정보가 산출되지 않은 부위의 색채는 충돌정보가 산출된 부위의 색채값을 보간하여 입력할 수 있다.

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 평가할 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, 본 발명에 의하면 입력 받은 로봇의 CAE 정보를 빅데이터화하여 이를 인공신경망에 학습하여 트레이닝된 인공 신경망이 로봇에 설치될 수 있으므로, 해당 알고리즘을 구현하는 프로그램이 작은 용량으로 로봇에 설치될 수 있게 된다.

[0030] 또한, 본 발명에 의하면, 실제 로봇의 움직임을 실시간으로 추종하는 로봇 시뮬레이션 상에서 해당 부위의 위험도를 색채로 표시하여 로봇이 사용되는 현장에서 안전한 작업이 가능하도록 하고, 작업중 불의의 사고 발생시에 충돌 피해를 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇의 안전성 평가 방법에 대한 순서도.

도 2은 학습된 인공신경망을 준비하는 단계에 대한 순서도.

도 3은 충돌인자를 선정하고 이에 따른 충돌 물리력을 산출하여 데이터를 집합시키고, 집합된 데이터를 데이터맵으로 만들거나 인공신경망에 학습하여 모션 중인 로봇의 충돌 물리력을 실시간으로 예측하는 과정을 도시하는 도면.

도 4는 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계에 대한 상세한 과정을

설명하기 위한 순서도.

도 5은 실제 로봇과 피충돌체가 충돌하는 상태를 개략적으로 도시한 도면.

도 6은 도 5에 있어서, 실제 로봇과 충돌하는 피충돌체의 표면 변화를 도시한 도면.

도 7은 도 1에 있어서, 테스트 로봇의 3차원 형상을 도시한 도면.

도 8는 테스트 로봇의 부위별 형상에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력의 크기를 도시한 도면.

도 9은 3D 모델링 프로그램을 통해 획득한 충돌 압력 및 충돌 힘의 값을 도시한 도면.

도 10는 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 시각정보로 알려주는 단계를 설명하기 위한 순서도.

도 11 및 도 12는 동작중인 로봇의 정보(조인트 각도, 속도, 무게정보 등)을 이용하여 획득한 충돌 물리력을 국제안전표준(ISO)와 실시간으로 안전평가하고 평가결과를 수치화 시켜 실시간 그래픽화를 구현한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 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.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇의 안전성 평가 방법에 대한 순서도이고, 도 2은 학습된 인공신경망을 준비하는 단계에 대한 순서도이며, 도 3은 충돌인자를 선정하고 이에 따른 충돌 물리력을 산출하여 데이터를 집합시키고, 집합된 데이터를 데이터 맵으로 만들거나 인공신경망에 학습하여 모션 중인 로봇의 충돌 물리력을 실시간으로 예측하는 과정을 도시하는 도면이다.

[0035] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명에 의한 그래픽 정보를 이용한 실시간 로봇 충돌 위험도 모니터링이 가능한 충돌 물리력 빅데이터 기반 로봇 안전성 평가 방법(S100)은, 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계(S110)와, 실제 로봇의 형상 정보를 포함하는 테스트 로봇의 3차원 영상 또는 3차원 모형을 획득하는 단계(S120)와, 상기 테스트 로봇의 이동시간 정보 및 이동경로 정보를 포함하는 프로파일 정보를 입력하여 상기 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계(S130)와, 상기 테스트 로봇의 충돌 인자에 따른 피충돌체에 가해지는 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력을 상기 미리 준비된 인공신경망에서 실시간으로 추출하는 단계(S140)와, 상기 추출된 충돌 물리력의 크기가 기 설정된 최대 충돌 물리력의 크기 내에 해당하는지를 판단하여 상기 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S150), 및 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각정보로 알려주는 단계(S160)를 포함할 수 있다.

[0036] 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계(S110)에서는, 1) 실제 충돌실험을 수행하거나, 2) Ansys 등의 유한요소 시뮬레이션 프로그램을 이용하거나, 3) 수학적으로 계산하는 방식으로, 입력에 해당하는 충돌인자의 종류 및 값을 다양하게 변화시켜 가면서 출력에 해당하는 충돌 물리력을 획득할 수 있다. 여기서, 충돌인자는 충돌부위 형상, 유효질량, 이동속도, 충돌방향, 사람의 신체 물성치 가운데 적어도 하나 이상을 포함할 수 있고, 충돌 물리력은 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0037] 이러한 방식으로 획득된 충돌 인자와 충돌 물리력에 대한 방대한 데이터는 데이터 베이스에 저장될 수 있고, 인공 신경망을 통하여 학습될 수 있다. 일례로, 상기 인공 신경망은 입력에 해당하는 충돌 인자와 출력에 해당하는 충돌 물리력에 대한 수많은 수치값을 대응시키는 표의 형식이 될 수 있다.

[0038] 또한, 충돌 물리력과, 이에 영향을 주는 충돌인자에 대한 데이터가 학습된 인공신경망을 준비하는 단계(S110)는, 충돌인자를 고려하고, 상기 충돌인자의 조합을 결정하는 단계(S111)와, 상기 충돌인자의 조합에 따른 충돌 물리력을 획득하는 단계(S112)와, 획득된 충돌 물리력 데이터를 인공신경망에 학습시키는 단계(S11

3)을 포함할 수 있다.

[0039] 구체적으로, 충돌부위 형상, 유효질량, 이동속도, 충돌방향, 사람의 신체 물성치(예를 들어, 피부, 뼈, 근육 등의 물성치) 등의 충돌인자를 가운데 충돌인자의 조합을 결정하여 적절한 충돌인자들을 선정할 수 있다.

[0040] 이와 같이 충돌인자를 조합하고, 충돌인자의 조합에 따른 모든 경우의 수를선정하여 충돌 물리력을 획득할 수 있다. 이러한 충돌 물리력은 충돌 압력, 충돌 힘 등을 의미할 수 있으며, 1) 실제 충돌실험을 수행하거나, 2) Ansys 등의 유한요소 시뮬레이션 프로그램을 이용하거나, 3) 수학적으로 계산하는 방식으로 충돌 압력 및 충돌 힘 등의 충돌 물리력을 획득할 수 있음은 상술한 바와 같다.

[0041] 충돌인자로부터 충돌 물리력을 획득하는 방식 가운데 수학적으로 계산하는 방식으로 충돌 물리력을 획득하는 방식은 후술하도록 한다.

[0043] 테스트 로봇의 3차원 형상을 획득하는 단계(S120)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.

[0044] 로봇의 CAE 정보에는 로봇의 형상, 물성치와 로봇의 구동 부품에 대한 제원(모터의 성능 및 성능 제한, 조인트 각도 제한 등)이 포함된다. 또한, 로봇의 CAE 정보에는 충돌부위 형상, 유효질량, 이동속도, 충돌방향, 사람의 신체 물성치(예를 들어, 피부, 뼈, 근육 등의 물성치) 등의 충돌인자를 포함할 수 있다.

[0045] 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 이송하거나, 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.

[0046] 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.

[0048] 테스트 로봇의 이동시간 및 이동경로를 설정하는 단계(S130)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.

[0050] 상기 테스트 로봇(10)의 충돌 인자에 따른 피충돌체에 가해지는 충돌 압력, 충돌 힘 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌 물리력을 상기 미리 준비된 인공신경망에서 실시간으로 추출하는 단계(S140)에서, 테스트 로봇(10)의 3차원 형상 획득 시에 받은 CAE정보에 포함된 충돌부위 형상, 유효질량, 이동속도, 충돌방향, 사람의 신체 물성치(예를 들어, 피부, 뼈, 근육 등의 물성치) 등의 충돌인자에 대응되는 충돌 압력 및 충돌 힘 등의 충돌 물리력의 데이터를 미리 준비된 인공신경망에서 추출함에 따라 종래에 비하여 시간이 오래 걸리지 않아서 실시간으로 충돌 물리력을 추출할 수 있게 된다. 이에 따라, 로봇의 안전성을 평가하는 시간이 획기적으로 단축되어 로봇이 사용되는 산업 현장에서 안전성이 매우 향상되고, 불의의 사고시에도 충돌 피해가 최소화되는 것이다.

[0052] 테스트 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S150)는 인공 신경망에서 실시간으로 추출된 테스트 로봇(10)의 충돌 인자에 대응되는 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.

[0053] 만약 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S150)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 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.

[0054] 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S150)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 미만이 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.

[0055] 로봇의 안전성을 평가하는 단계(S150)에서 기 설정된 최대 충돌 압력(P_{MAX}) 및 최대 충돌 힘(F_{MAX})의 크기는 국제표준화기구(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.

[0056] 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각정보로 알려주는 단계(S160)에 대한 설명은 후술하도록 한다.

[0058] 도 4는 테스트 로봇에 의해 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계에 대한 상세한 과정을 설명하기 위한 순서도이고, 도 5은 실제 로봇과 피충돌체가 충돌하는 상태를 개략적으로 도시한 도면이며, 도 6은 도 5에 있어서, 실제 로봇과 충돌하는 피충돌체의 표면 변화를 도시한 도면이고, 도 7은 도 1에 있어서, 테스트 로봇의 3차원 형상을 도시한 도면이며, 도 8는 테스트 로봇의 부위별 형상에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력의 크기를 도시한 도면이다.

[0059] 도 4 내지 도 8을 참조하면, 충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 방법 가운데 수학적으로 계산하는 방식을 통하여 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 방법 은 아래와 같다.

[0060] 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 산출할 수 있다.

[0061] 구체적으로, 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 힘(F_C)은 하기 수학식 1을 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 사용자에 의해 입력되어 미리 정해질 수 있다. 테스트 로봇의 충돌부위 변위(y_i), 피충돌체의 충돌부위 변위(y_h)는 CAE시스템을 통해 구해질 수 있다.

[0062] **[수학식 1]**

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

[0063]

[0064] M_i : 테스트 로봇의 충돌 부위에 대한 유효 질량

[0065] M_h : 피충돌체의 충돌 부위에 대한 유효질량

[0066] F_C : 충돌 힘

[0067] y_i : 테스트 로봇의 충돌부위 변위

[0068] y_h : 피충돌체의 충돌부위 변위

[0070] 그리고, 피충돌체(20)에 가해지는 충돌 압력(P)은 하기 수학식 2를 통해 구현 가능하다. 여기서, 피충돌체의 피부 탄성(K), 피충돌체의 피부 두께(h)는 CAE 시스템을 통해 사용자에 의해 입력되어 미리 저장될 수 있다.

[0071] **[수학식 2]**

[0072] $$F_c = \int PdA = \iint K(\delta)\frac{\delta(x,y,\alpha)}{h}dxdy$$

[0073] $$\delta = y_i - y_h$$

[0074] δ : 피충돌체의 피부 변형량

[0075] α : 테스트 로봇과 피충돌체 사이의 충돌 각

[0076] F_c: 충돌 힘 p : 충돌 압력

[0077] K: 피충돌체의 피부 탄성 h: 피충돌체의 피부 두께

[0078] x, y: 충돌면 좌표계

[0080] 수학적으로 계산하는 방식으로 충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 단계(S112)에서는, 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.

[0081] 수학적으로 계산하는 방식으로 충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 단계(S112)는, 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계(S1121)를 더 포함할 수 있다.

[0082] 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계(S1121)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.

[0083] 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.

[0084] 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.

[0085] 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 사용자에 의해 미리 설정된 경우에는 테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계(S1221)를 생략할 수도 있다.

[0086] 상술한 방식에 의하여 충돌 압력(P) 및 충돌 힘(F_C) 등의 충돌데이터가 획득되면, 이러한 데이터를 집합시키고 집합된 데이터를 데이터 맵으로 만들거나 인공신경망에 학습하여 모션 중인 로봇의 충돌 물리력을 실시간으로 예측할 수 있다.

[0087] 한편, 수학적으로 계산하는 방식으로 충돌 인자에 따른 충돌 물리력에 대한 데이터를 획득하는 단계(S112)는 테스트 로봇의 자세 변화에 따라 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S1222)를 더 포함할 수 있다.

[0088] 테스트 로봇의 자세 변화에 따라 피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계(S1222)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.

[0089] 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.

[0090] 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.

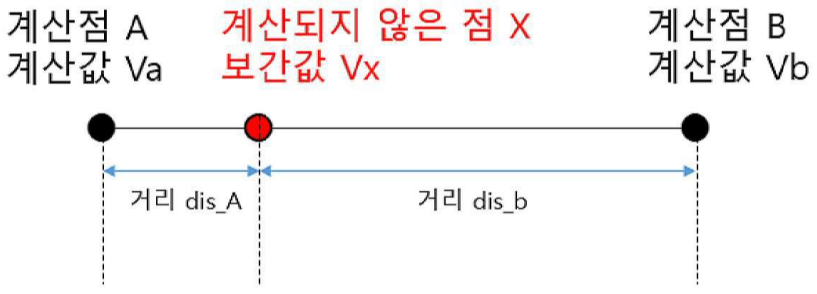
[0091] 도 8은 테스트 로봇의 부위별 형상에 따라 피충돌체에 가해지는 접촉압력의 크기를 도시한 도면이다. 그리고, 도 9은 3D 모델링 프로그램을 통해 획득한 충돌 압력 및 충돌 힘의 값을 도시한 도면이다.

[0093] 도 10은 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 시각정보로 알려주는 단계를 설명하기 위한 순서도이고, 도 11 및 도 12는 동작중인 로봇의 정보(조인트 각도, 속도, 무게정보 등)을 이용하여 획득한 충돌 물리력을 국제안전표준(ISO)와 실시간으로 안전평가하고 평가결과를 수치화 시켜 실시간 그래픽화를 구현한 도면이다.

[0094] 도 10 내지 도 12를 참조하면, 로봇의 안전성 평가 결과를 수치화하여 시뮬레이션 프로그램 내 그래픽 정보로 변환하여 로봇 사용자에게 시각정보로 알려주는 단계(S160)는, 로봇 내에서 충돌 시에 위험할 수 있는 상해유발 부위를 선정하는 단계(S161)와, 로봇의 움직임 중에 상기 상해유발 부위와 인간이 충돌 시에 발생하게 될 힘, 압력, 충돌에너지, 변형량 가운데 적어도 하나를 포함하는 충돌정보를 산출하는 단계(S162)와, 상기 산출된 충돌정보의 위험정도를 색채로 변환하는 단계(S163)과, 실제 로봇의 움직임을 실시간으로 추종하는 로봇 시뮬레이션 상에서 상기 상해유발 부위 도면의 색채를 상기 변환된 색채 값으로 입력하는 단계(S164)를 포함할 수 있다.

[0095] 특히, 실제 로봇의 움직임을 실시간으로 추종하는 로봇 시뮬레이션 상에서 상기 상해유발 부위 도면의 색채를 상기 변환된 색채 값으로 입력하는 단계(S164)에서, 로봇의 도면 내에 충돌정보가 산출되지 않은 부위의 색채는 충돌정보가 산출된 부위의 색채값을 보간하여 입력하게 된다. 이에 따라, 시뮬레이션 상에서 로봇 표면에 색채가 끊기지 않고 연속적으로 이어지게 될 수 있다.

[0096] 색채 보간 방법은 기본적으로 색채 값 계산점에서 거리에 비례하여 계산하는 방식이며 구체적인 수식은 아래와 같다.



$$V_x = \frac{Va*(dis_A)^n}{(dis_A)^n+(dis_B)^n} + \frac{Vb*(dis_B)^n}{(dis_A)^n+(dis_B)^n}$$

[0097]

부호의 설명

[0099] 10.. 테스트 로봇

11.. 조인트

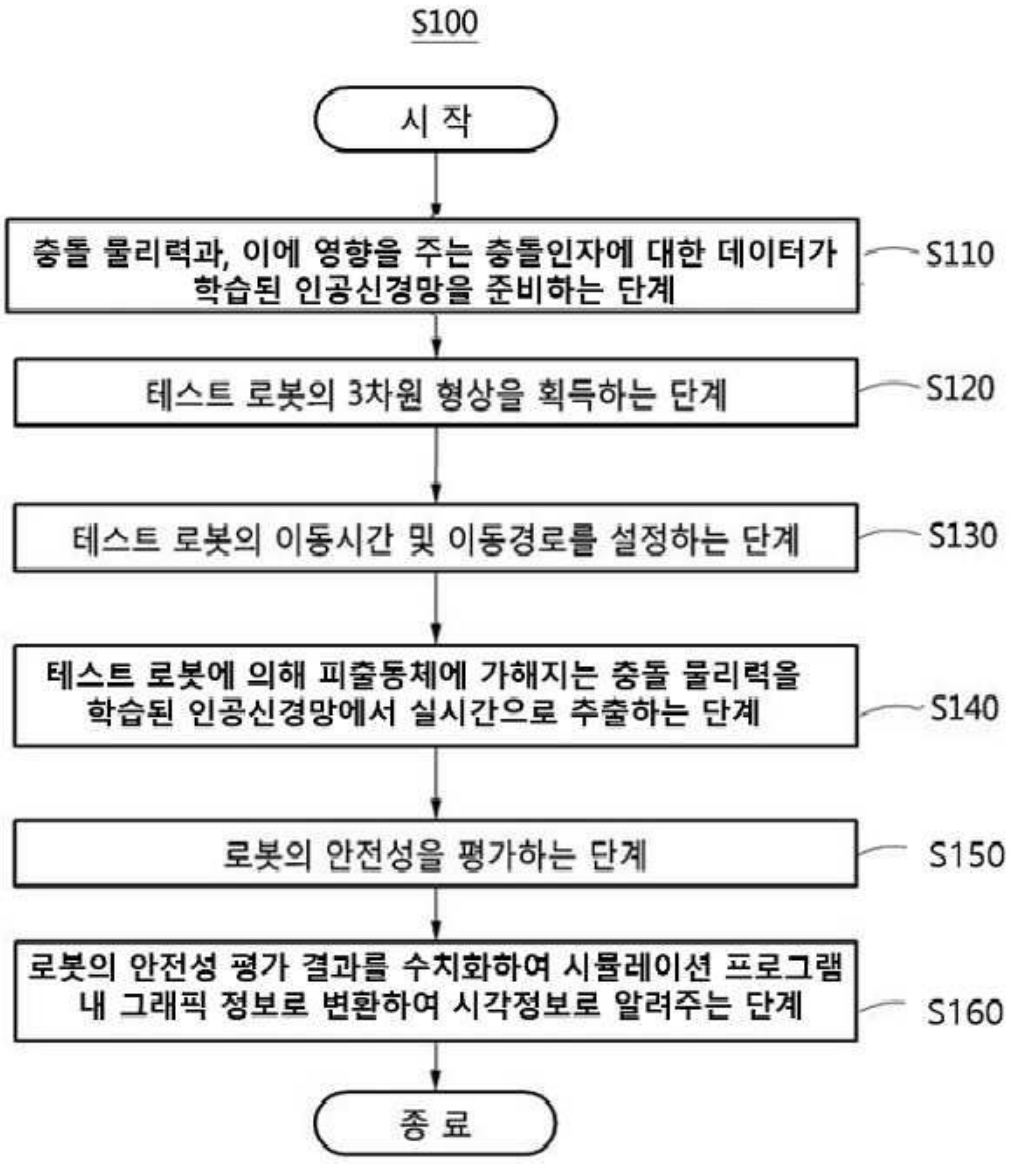
12.. 링크부

13.. 엔드 이펙터

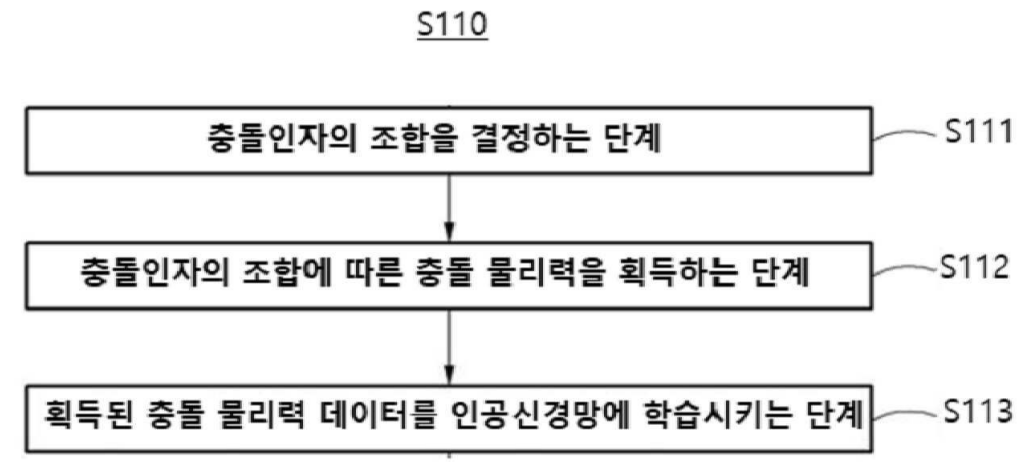
20.. 피충돌체

도면

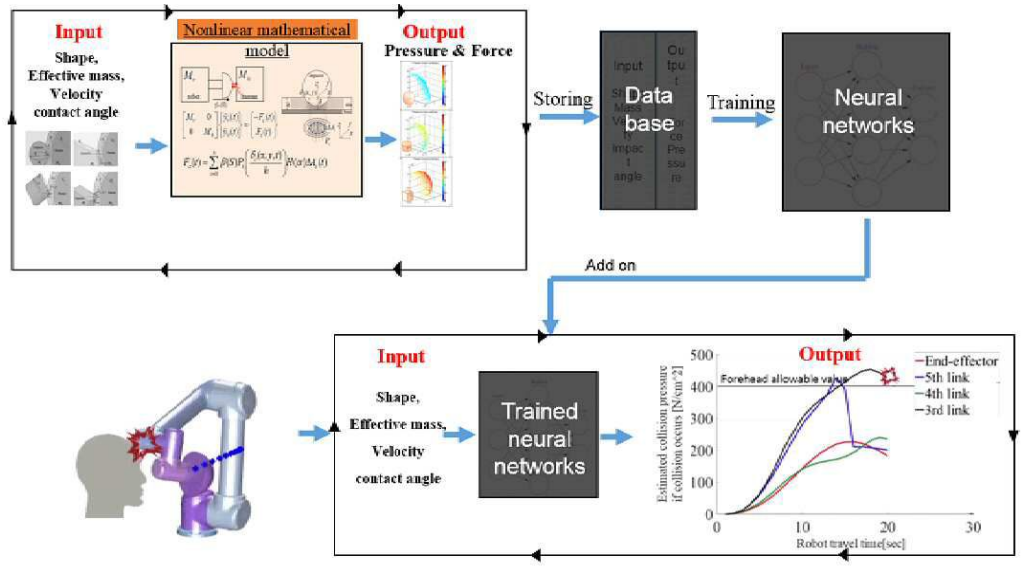
도면1



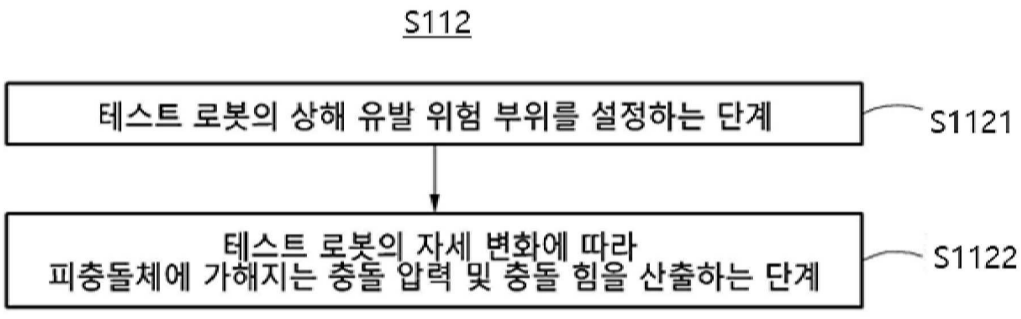
도면2


S110
충돌인자의 조합을 결정하는 단계
S111
충돌인자의 조합에 따른 충돌 물리력을 획득하는 단계
S112
획득된 충돌 물리력 데이터를 인공신경망에 학습시키는 단계
S113

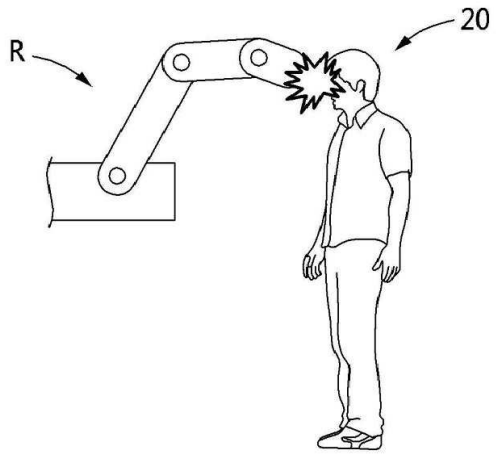
도면3


Input
Shape,
Effective mass,
Velocity
contact angle
Nonlinear mathematical model
Output
Pressure & Force
Storing
Data base
Training
Neural networks
Add on
Input
Shape,
Effective mass,
Velocity
contact angle
Trained neural networks
Output
Forehead allowable value
End-effector
5th link
4th link
3rd link
Estimated collision pressure if collision occurs [N/cm^2]
Robot travel time[sec]

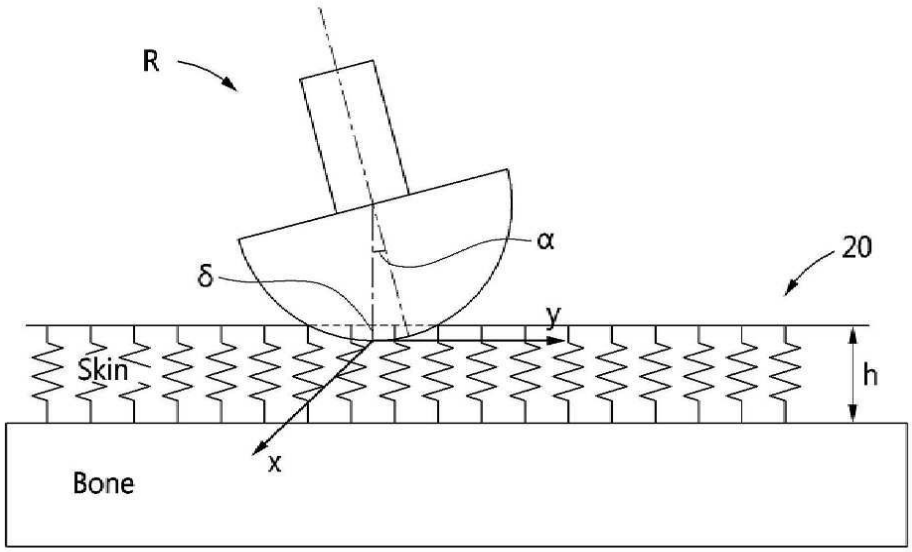
도면4


S112
테스트 로봇의 상해 유발 위험 부위를 설정하는 단계
S1121
테스트 로봇의 자세 변화에 따라
피충돌체에 가해지는 충돌 압력 및 충돌 힘을 산출하는 단계
S1122

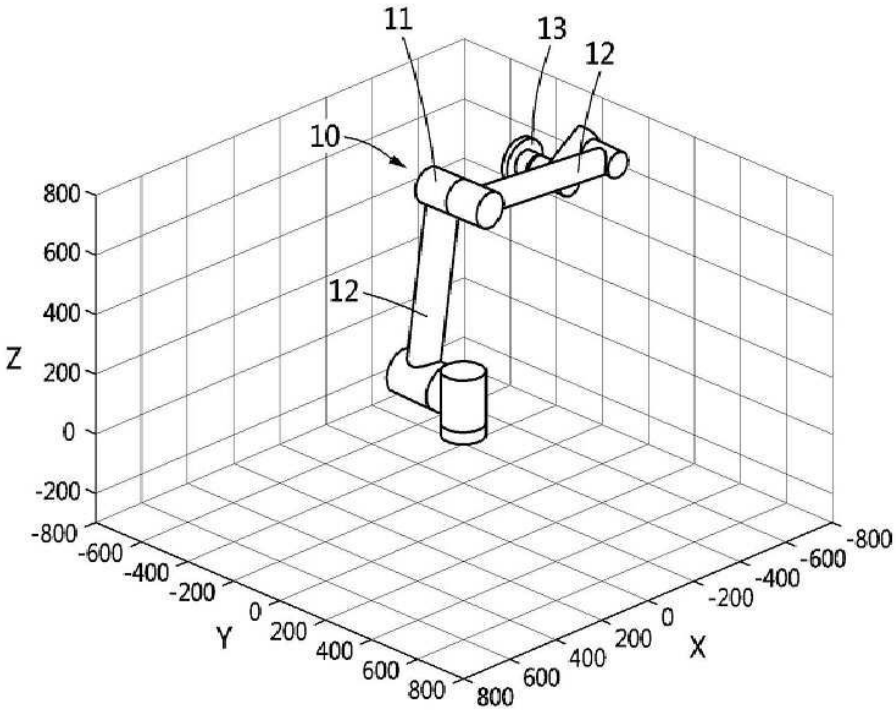
도면5



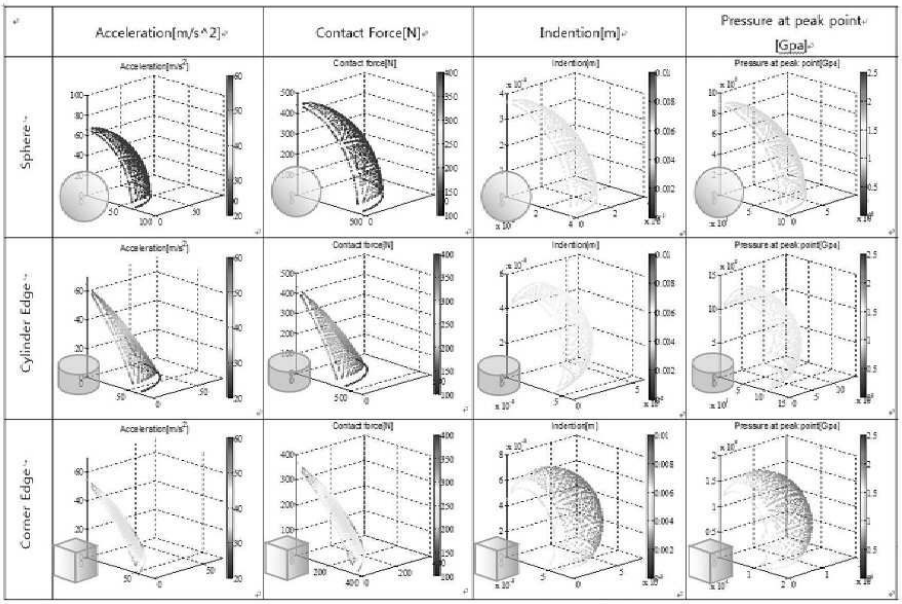
도면6



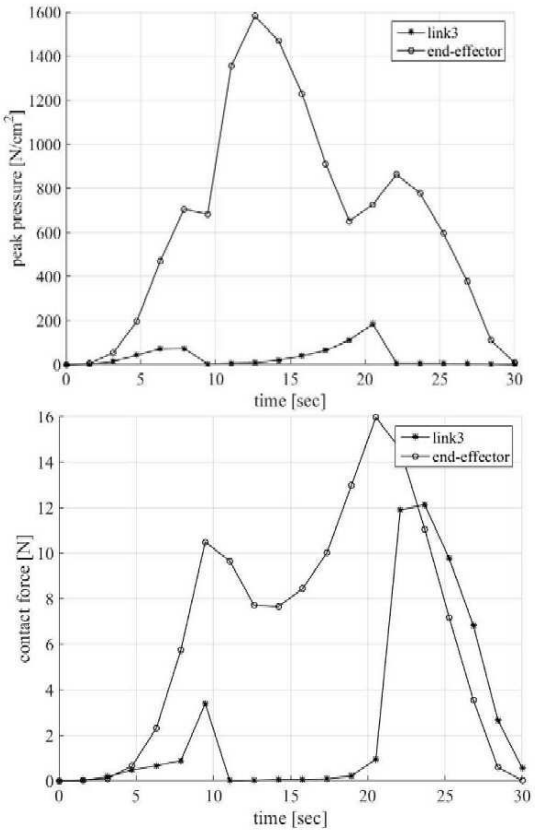
도면7


11
13
12
10
12
800
600
400
200
0
-200
Z
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
Y
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
X

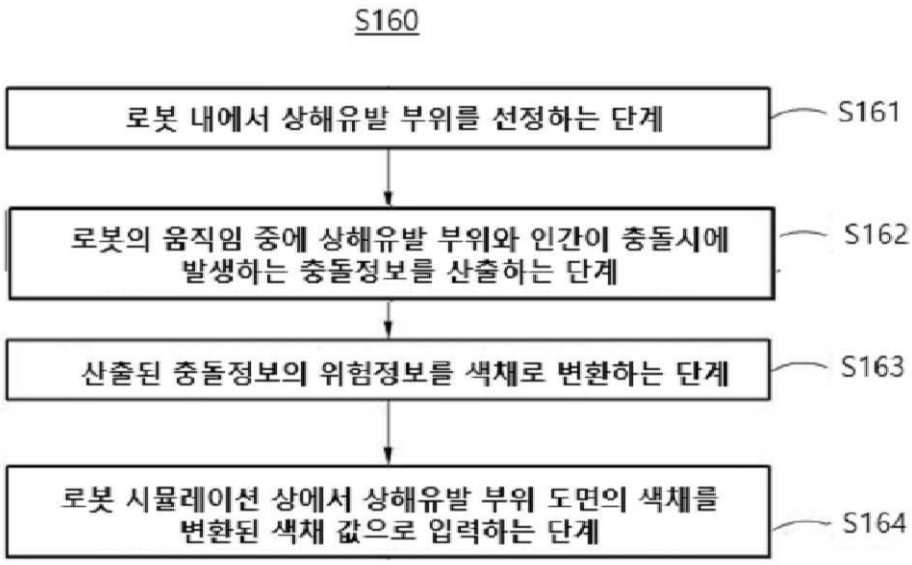
도면8


Acceleration[m/s^2]
Contact Force[N]
Indention[m]
Pressure at peak point [Gpa]
Sphere
Cylinder Edge
Corner Edge

도면9


link3
end-effector
peak pressure [N/cm²]
time [sec]
link3
end-effector
contact force [N]
time [sec]

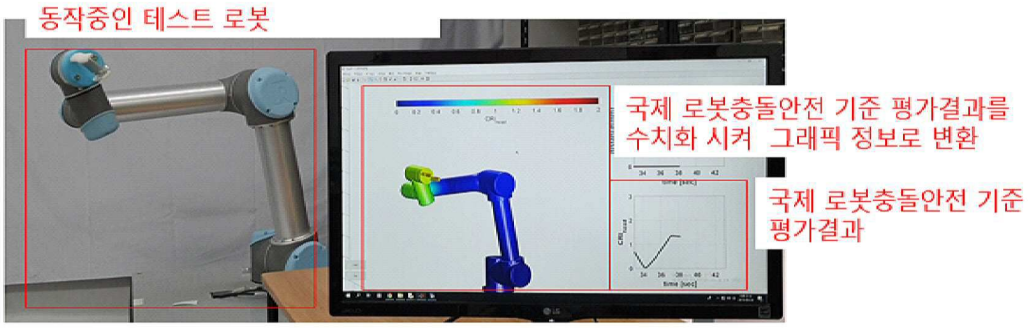
도면10


S160
로봇 내에서 상해유발 부위를 선정하는 단계
S161
로봇의 움직임 중에 상해유발 부위와 인간이 충돌시에 발생하는 충돌정보를 산출하는 단계
S162
산출된 충돌정보의 위험정보를 색채로 변환하는 단계
S163
로봇 시뮬레이션 상에서 상해유발 부위 도면의 색채를 변환된 색채 값으로 입력하는 단계
S164

도면11



도면12



[동작중인 테스트 로봇의 실시간 로봇충돌안전 모니터링]