



등록특허 10-2770980



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월21일
(11) 등록번호 10-2770980
(24) 등록일자 2025년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 19/00 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)
B25J 19/02 (2006.01) B25J 9/00 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B25J 19/0095 (2013.01)
B25J 13/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0149126(분할)
(22) 출원일자 2023년11월01일
심사청구일자 2024년04월22일
(65) 공개번호 10-2023-0155396
(43) 공개일자 2023년11월10일
(62) 원출원 특허 10-2021-0077025
원출원일자 2021년06월14일
심사청구일자 2021년06월14일
(56) 선행기술조사문헌
W02017110930 A1*
JP2014147636 A*
KR102601031 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
곽관웅
서울특별시 서초구 신반포로23길 41, 101동 502호(잠원동, 신반포2지구아파트)
이창환
서울특별시 광진구 면목로17길 27, 501호(중곡동)
(74) 대리인
홍동우

전체 청구항 수 : 총 11 항

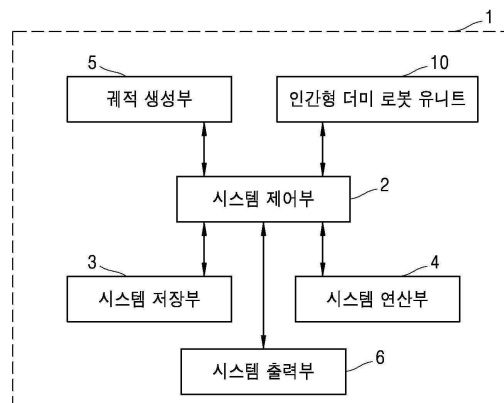
심사관 : 이성수

(54) 발명의 명칭 인간형 테스트 로봇 유니트, 이를 구비하는 착용 로봇 테스트 시스템 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은, 시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 상기 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 궤적 생성부(5)와, 상기 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시험 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 시스템 제어부(2)를 포함하는 착용 로봇 테스트 시스템(1) 및 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B25J 19/02 (2013.01)
B25J 9/0006 (2013.01)
B25J 9/1602 (2013.01)
B25J 9/1653 (2013.01)
B25J 9/1674 (2013.01)
B62D 57/032 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|--------------------|--|
| 과제고유번호 | 1415168185 |
| 과제번호 | 10084657 |
| 부처명 | 산업통상자원부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국산업기술평가관리원 |
| 연구사업명 | 로봇산업기술개발(R&D) |
| 연구과제명 | 인체 접촉 환경에서 운용되는 로봇의 안전 관련 국제표준 기반 기능안전성 구현 기 |
| 술 및 위험도 평가/저감 기술개발 | |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 과제수행기관명 | 한국로봇산업진흥원 |
| 연구기간 | 2020.01.01 ~ 2020.12.31 |

명세서

청구범위

청구항 1

시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 상기 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 궤적 생성부(5)와, 상기 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시험 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 시스템 제어부(2)를 포함하고,

상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 관절에 대한 목표와 실재를 비교하여 시험 착용 로봇의 성능이 평가되고,

상기 로봇 제어부(20)는: 상기 기준 궤적 정보를 상기 인간형 로봇 바디(100)가 추종하도록 상기 로봇 관절 모터부(71)의 모터 출력 제어를 실행하는 로봇 궤적 제어기(21)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)가 트레드 밀을 보행하는 경우 상기 로봇 감지부(50)에서의 감지 정보를 이용하여 트레드 밀과 상기 인간형 로봇 바디(100)의 보행 속도 차이를 보정하는 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 기준 궤적 정보 추종의 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단하는 로봇 성능 제어기(25)를 포함하는 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 인간형 로봇 바디(100)는, 상체 바디(110)와, 상기 상체 바디(110)와 고관절 연결되는 한 쌍의 대퇴 바디(120), 상기 대퇴 바디(120)와 무릎 관절 연결되는 하퇴 바디(130)와, 상기 하퇴 바디(130)와 발목 관절 연결되어 지면 측과 접촉 가능한 발 바디(140)를 포함하는 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 로봇 관절 모터부(71)는: 상기 상체 바디(110)와 상기 대퇴 바디(120)를 연결하는 고관절(111) 측에 구동력을 제공하는 로봇 고관절 모터(711)와, 상기 대퇴 바디(120)와 상기 하퇴 바디(130)를 연결하는 무릎 관절(121) 측에 구동력을 제공하는 로봇 무릎 관절 모터(713)와, 상기 하퇴 바디(130)와 상기 발 바디(140)를 연결하는 발목 관절(131) 측에 구동력을 제공하는 로봇 발목 관절 모터(715)를 포함하는 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 로봇 감지부(50)는: 상기 고관절(111), 상기 무릎 관절(121) 및 상기 발목 관절(131) 측에 배치되어 회전 각도를 감지하는 관절 센서(51)와, 상기 발 바디(140)의 하부에 배치되어 인가되는 하중을 감지하는 족저 하중 센서(53)와, 상기 상체 바디(110) 측에 배치되고 상기 상체 바디(110)의 상체 각도를 감지하는 상체 감지 센서

(55)를 포함하는 것을 특징으로하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 로봇 제어부(20)는 상기 기준 궤적 정보를 상기 인간형 로봇 바디(100)가 추종하도록 제어하고 상기 인간형 로봇 바디(100)의 기준 궤적 정보 추종의 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단하고,

상기 기준 궤적 정보 추종의 오차는 상기 기준궤적 정보 및 실제궤적의 오차이고, 상기 기준궤적 정보는 상기 인간형 테스트 로봇 유닛(10)의 무릎관절과 고관절이 작업조건에서 반복 재현해야하는 목표 궤적(target trajectory)을 지칭하고, 상기 실제궤적은 인간형 테스트 로봇 유닛(10)의 무릎관절과 고관절이 기준궤적을 추종할 때 로봇 감지부(50)의 관절 센서(51)에서 측정되는 관절 각도인 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 로봇 성능 제어기(25)는 상기 로봇 관절 모터부(71)의 제어 성능으로 RMS제어 오차를 산출하고, 상기 RMS 제어 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단 출력하는 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 로봇 성능 제어기(25)가 산출하는 상기 RMS 제어 오차는 다음 수학식에 따라 산출 및 사전 설정 오차 범위 내 존재 여부가 체크 판단 출력되는 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

$$RMS제어오차 = \frac{5주기제어오차RMS}{5주기기준궤적RMS} \times 100$$

여기서, 5주기 데이터 수는 작업조건에서 반복 재현하는 동작을 5주기 반복 재현할 때 측정된 기준궤적(혹은 실제궤적)의 데이터 수임.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 사전 설정 오차 범위는 5% 이하의 RMS 제어 오차 이내인 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1).

청구항 10

시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 상기 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유닛(10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유닛(10)

의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 궤적 생성부(5)와, 상기 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시험 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 시스템 제어부(2)를 포함하고,

상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 관절에 대한 목표와 실재를 비교하여 시험 착용 로봇의 성능이 평가되고,

상기 시스템 제어부(2)는 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)로부터의 감지 상태 정보로부터 시험 대상인 시험 착용 로봇의 유무에 따른 소모 에너지를 산출하고, 상기 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하고,

상기 시스템 제어부(2)는 다음과 같은 수학적식을 통하여 소모 에너지를 산출하는 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템(1)

$$Index = Energy_{with \text{ 착용로봇}} - Energy_{without \text{ 착용로봇}}$$

여기서, Energywith착용로봇은 시험 대상인 시험 착용 로봇을 착용한 상태에서 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준궤적 정보에 따라 동작을 실행했을 때 소모되는 에너지를, Energywithout착용로봇은 시험 대상인 시험 착용 로봇을 착용하지 않은 상태에서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준궤적 정보에 따라 동작을 실행했을 때 소모되는 에너지를 지칭함.

청구항 11

피시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 상기 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 궤적 생성부(5)와, 상기 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시험 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 시스템 제어부(2)를 포함하는 착용 로봇 테스트 시스템(1)을 제공하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 테스트 모드를 확인하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 작동 상태를 체크하는 준비 단계(S10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 피시험 착용 로봇을 착용하여 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 상태 정보를 감지하는 테스트 실행 단계(S20)와, 상기 테스트 실행 단계(S20)에서 감지된 상태 정보와 상기 준비 단계(S10)에서 체크된 작동 상태 정보를 이용하여 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 피시험 착용 로봇 착용 전후 소모 에너지 변화를 산출하는 소모 에너지 변화 산출 단계(S30)와, 상기 소모 에너지 산출 단계(S30)에서 산출된 소모 에너지를 상기 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 테스트 결과 출력 단계(S40)를 포함하고,

상기 소모 에너지 변화 산출 단계(S30)에서는 상기 시스템 제어부(2)에 의하여 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)로부터의 감지 상태 정보로부터 시험 대상인 시험 착용 로봇의 유무에 따라 산출된 소모 에너지가 상기 시스템 출력부(6)를 통하여 출력되고, 상기 소모 에너지는 다음과 같은 수학적식 통하여 산출되는 것을 특징으로 하는 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법.

$$Index = Energy_{with \text{ 착용로봇}} - Energy_{without \text{ 착용로봇}}$$

여기서, Energywith착용로봇은 시험 대상인 시험 착용 로봇을 착용한 상태에서 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준궤적 정보에 따라 동작을 실행했을 때 소모되는 에너지를, Energywithout착용로봇은 시험 대상인 시험 착용 로봇을 착용하지 않은 상태에서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준궤적 정보에 따라 동작을 실행했을 때 소모되는 에너지를 지칭함.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 시스템 제어부(2)에 의한 상기 소모 에너지의 산출은 각각의 상기 로봇 관절 모터부(71)에서 시험 대상 시험 착용로봇의 보조 혹은 방해 수준을 평가하는 방식으로 상기 로봇 관절 모터부(71)의 전기적 소모 에너지가 평가되는 것을 특징으로하는 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인간형 테스트 로봇 유니트, 이를 구비하는 착용 로봇 테스트 시스템 및 이의 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 착용로봇은 1970년대 부터 개발이 진행되었으며, 다양한 종류의 착용로봇들이 개발되었다. 착용로봇은 다양한 목적으로 개발되며, 주로 재활용, 군사용, 그리고 작업용으로 개발되고 있다. 예를 들어 군사용과 작업용 착용 로봇은 주로 착용자의 자중 혹은 외부 부하를 지지하여 착용자의 피로도를 줄여주고 근골격계 상해 빈도를 줄여 주는 것이 목적이다.

[0004] 착용로봇 관련기술 중 가장 많은 연구가 집중된 것은 착용로봇의 기본 구동원리를 구현할 수 있는 사용자 의도 파악 및 의도에 적합한 근력 지원을 구현하기 위한 제어 기술이다. 사용자 동작의도 동기화(의도파악) 및 근력 지원 기술은 여러 방식에 의해 구현되며, EMG 신호, 토크(또는 힘), 상체 기울기, 무게중심(또는 압력중심), 피부 표면 압력 등 다양한 물리량이 이용되고 있다. 착용로봇의 근력지원은 효율성을 결정하는 핵심 요인이며, 부족한 동기화 및 근력지원 성능은 착용자의 불편함, 피로도 그리고 부하를 증가시킨다. 이렇듯 중요한 가치에도 불구하고, 동기화 및 근력지원 성능이 실제로 어느 수준에서 적절히 구현되었는지 평가하는 방법에 대한 연구는 매우 제한적인 상황이다.

[0005] 착용로봇의 성능을 평가하는 방법으로 생체 신호 방식(EMG 신호, metabolic cost 등)이 제시된 바 있다. 이 방법은 모두 착용자의 근육활동 결과를 측정하는 평가 방법으로, 직관적으로 이해하기 쉽고, 접근성도 좋은 편이다. 하지만 이러한 방법들은 신체에서 측정된 신호에 기반한 간접적인 지표들로 평가 시 착용자의 신체적 능력이나 상태에 영향을 받게 되고 착용자에 따라 기준값이 달라질 수 있는 문제점이 있다. 따라서 시험자나 시험자의 몸 상태에 관계없이 객관적이고 재현성을 담보할 수 방법을 발굴하는 것이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해소하기 위하여 안출된 것으로, 착용 로봇의 성능 시험 평가의 객관성을 확보하고, 반복 실험을 통한 동일 조건 구현 제공을 통하여 신뢰성을 확보할 수 있는 인간형 테스트 로봇 유니트, 이를 구비하는 착용 로봇 테스트 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은, 시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 상기 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 궤적 생성부(5)와, 상기 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시험 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 시스템 제어부(2)를 포함하는 착용 로봇 테스트 시스템(1)을 제공한다.

[0010] 상기 착용 로봇 테스트 시스템에 있어서, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 인간형 로봇 바디(100)는, 상체 바디(110)와, 상기 상체 바디(110)와 고관절 연결되는 한 쌍의 대퇴 바디(120), 상기 대퇴 바디(120)와 무릎

관절 연결되는 하퇴 바디(130)와, 상기 하퇴 바디(130)와 발목 관절 연결되어 지면 측과 접촉 가능한 발 바디(140)를 포함할 수도 있다.

- [0011] 상기 착용 로봇 테스트 시스템에 있어서, 상기 로봇 관절 모터부(71)는: 상기 상체 바디(110)와 상기 대퇴 바디(120)를 연결하는 고관절(111) 측에 구동력을 제공하는 로봇 고관절 모터(711)와, 상기 대퇴 바디(120)와 상기 하퇴 바디(130)를 연결하는 무릎 관절(121) 측에 구동력을 제공하는 로봇 무릎 관절 모터(713)와, 상기 하퇴 바디(130)와 상기 발 바디(140)를 연결하는 발목 관절(131) 측에 구동력을 제공하는 로봇 발목 관절 모터(715)를 포함할 수도 있다.
- [0012] 상기 착용 로봇 테스트 시스템에 있어서, 상기 로봇 감지부(50)는: 상기 고관절(111), 상기 무릎 관절(121) 및 상기 발목 관절(131) 측에 배치되어 회전 각도를 감지하는 관절 센서(51)와, 상기 발 바디(140)의 하부에 배치되어 인가되는 하중을 감지하는 족저 하중 센서(53)와, 상기 상체 바디(110) 측에 배치되고 상기 상체 바디(110)의 상체 각도를 감지하는 상체 감지 센서(55)를 포함할 수도 있다.
- [0013] 상기 착용 로봇 테스트 시스템에 있어서, 상기 로봇 제어부(20)는: 상기 기준 궤적 정보를 상기 인간형 로봇 바디(100)가 추종하도록 상기 로봇 관절 모터부(71)의 모터 출력 제어를 실행하는 로봇 궤적 제어기(21)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)가 트레드 밀을 보행하는 경우 상기 로봇 감지부(50)에서의 감지 정보를 이용하여 트레드 밀과 상기 인간형 로봇 바디(100)의 보행 속도 차이를 보정하는 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 기준 궤적 정보 추종의 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단하는 로봇 성능 제어기(25)를 포함할 수도 있다.
- [0014] 상기 착용 로봇 테스트 시스템에 있어서, 상기 시스템 제어부(2)는 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)로부터의 감지 상태 정보로부터 피시험 착용 로봇의 유무에 따른 소모 에너지를 산출하고, 상기 시스템 출력부(6)를 통하여 출력할 수도 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 일면에 따르면, 본 발명은 피시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 상기 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 궤적 생성부(5)와, 상기 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시험 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 시스템 제어부(2)를 포함하는 착용 로봇 테스트 시스템(1)을 제공하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 테스트 모드를 확인하고, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 작동 상태를 체크하는 준비 단계(S10)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 피시험 착용 로봇을 착용하여 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 상태 정보를 감지하는 테스트 실행 단계(S20)와, 상기 테스트 실행 단계(S20)에서 감지된 상태 정보와 상기 준비 단계(S10)에서 체크된 작동 상태 정보를 이용하여 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 피시험 착용 로봇 착용 전후 소모 에너지 변화를 산출하는 소모 에너지 변화 산출 단계(S30)와, 상기 소모 에너지 산출 단계(S30)에서 산출된 소모 에너지를 상기 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 테스트 결과 출력 단계(S40)를 포함하는 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법을 제공한다.
- [0016] 상기 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법에 있어서, 상기 준비 단계(S10)는: 관리자에 의하여 선택되는 테스트 모드를 확인하는 모드 확인 단계(S11)와, 상기 모드 확인 단계(S11)에서 확인된 테스트 모드가, 제자리 부하 가중 상태에서 스쿼트 동작의 실행을 테스트하는 스쿼트 모드 및 보행 동작의 실행을 테스트하는 보행 모드 중 어느 테스트 모드인지 여부를 판단하는 모드 판단 단계(S13)를 포함할 수도 있다.
- [0017] 상기 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법에 있어서, 상기 모드 판단 단계(S13)에서 테스트 모드가 보행 모드라고 판단된 경우, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 보행 동작을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 기준 궤적 정보 생성 단계(S15)를 실행할 수도 있다.
- [0018] 상기 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법에 있어서, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 신뢰성을 확인하고 보행 속도의 동기화를 보정하는 인간형 테스트 로봇 유니트 체크 단계(S17)를 포함할 수도 있다.
- [0019] 상기 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법에 있어서, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트 체크 단계(S17)는: 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 상기 기준 궤적 정보에 대한 신뢰성을 확인하는 로봇 성능 체크 단계(S171)와, 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 트레드 밀에 대한 보행 속도를 보정하는 로봇 보행 속도

동기화 체크 단계(S173)를 포함할 수도 있다.

[0020] 상기 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법에 있어서, 상기 로봇 보행 속도 동기화 체크 단계(S173)는: 트레드 밀 상에서 상기 기준 궤적 정보를 따라 보행을 실행하는 보행 실시 단계(S1731)와, 상기 로봇 감지부(50)에서 상기 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 상태 변화를 감지하는 로봇 감지부 변화 감지 단계(S1733)와, 상기 로봇 감지부 변화 감지 단계(S1733)에서 감지된 상태 변화를 보정하는 보정 제어 신호를 산출하고 상기 로봇 관절 모터부(71)에 보정 제어 신호를 인가하는 로봇 보행 속도 보정 단계(S1735)를 포함할 수도 있다.

[0021] 본 발명의 또 다른 일면에 따르면, 본 발명은 피시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 상기 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 상기 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)를 제공한다.

[0022] 상기 인간형 테스트 로봇 유니트에 있어서, 상기 로봇 감지부(50)는: 상기 로봇 관절 모터부(71) 측에 배치되어 관절의 회전 각도를 감지하는 관절 센서(51)와, 상기 발 바디(140)의 하부에 배치되어 인가되는 하중을 감지하는 족저 하중 센서(53)와, 상기 상체 바디(110) 측에 배치되고 상기 상체 바디(110)의 상체 각도를 감지하는 상체 감지 센서(55)를 포함할 수도 있다.

[0023] 상기 인간형 테스트 로봇 유니트에 있어서, 상기 로봇 제어부(20)는: 상기 기준 궤적 정보를 상기 인간형 로봇 바디(100)가 추종하도록 상기 로봇 관절 모터부(71)의 모터 출력 제어를 실행하는 로봇 궤적 제어기(21)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)가 트레드 밀을 보행하는 경우 상기 로봇 감지부(50)에서의 감지 정보를 이용하여 트레드 밀과 상기 인간형 로봇 바디(100)의 보행 속도 차이를 보정하는 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)와, 상기 인간형 로봇 바디(100)의 기준 궤적 정보 추종의 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단하는 로봇 성능 제어기(25)를 포함할 수도 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따르면, 인간형 테스트 로봇 유니트 및 이를 구비하는 착용 로봇 테스트 시스템 및 이의 제어 방법을 통하여 피시험 착용 로봇의 테스트에 있어 객관성 및 반복 신뢰성 확보 가능하고 복수의 피시험 착용 로봇의 상대적 평가가 가능한 지표 산출을 통하여 제품 평가의 신뢰성을 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 착용 로봇 테스트 시스템의 개략적인 구성도이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 인간형 테스트 로봇 유니트의 개략적인 구성도이다.
 도 3 내지 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 인간형 테스트 로봇 유니트의 로봇 바디의 개략적인 정면도, 측면도 및 배면도이다.
 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 인간형 테스트 로봇 유니트의 개략적인 사시도이다.
 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 인간형 테스트 로봇 유니트의 로봇 제어부의 개략적인 구성도이다.
 도 8 및 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 착용 로봇 테스트 시스템 제어 방법의 개략적인 흐름도이다.
 도 10 내지 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 착용 로봇 테스트 시스템의 인간형 테스트 로봇 유니트의 보행 상태를 나타내는 개략적인 상태도이다.
 도 13 내지 도 15 및 도 18 내지 도 19는 본 발명의 일실시예에 따른 착용 로봇 테스트 시스템의 개략적인 제어 흐름도이다.
 도 16 및 도 17은 본 발명의 일실시예에 따른 착용 로봇 테스트 시스템의 인간형 테스트 로봇 유니트의 피시험 착용 로봇의 착용 전후 상태의 개략도이다.
 도 20은 본 발명의 일실시예에 따른 착용 로봇 테스트 시스템의 로봇 관절 모터의 작동 개념을 나타내는 개략적인 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명은 인간형 테스트 로봇 유니트, 이를 구비하는 착용 로봇 테스트 시스템 및 이의 제어 방법에 있어 객관성 및 반복 신뢰성을 확보할 수 있는 유니트, 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는 것이다.
- [0029] 본 발명의 착용 로봇 테스트 시스템(1)은 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와, 시스템 제어부(2)를 포함한다. 인간형 테스트 로봇 유니트(10)는 인간형 로봇 바디(100)와, 로봇 제어부(20)와, 로봇 감지부(50)와, 로봇 출력부(70)를 포함한다.
- [0030] 인간형 로봇 바디(100)는 피시험 착용 로봇이 장착 가능하다. 인간형 로봇 바디(100)는 상체 바디(110)와, 한 쌍의 대퇴 바디(120)와, 하퇴 바디(130)와, 발 바디(140)를 포함한다.
- [0031] 상체 바디(110)는 사람의 상체에 대응하는 부위로서, 본 실시예에서 사각 박스 블록 형태의 단일 구조로 형성되는데, 이는 일례로서 다양한 변형이 가능하다. 상체 바디(110)의 상단에는 경우에 따라 비구동 회전 관절 내지 비구동 혹은 구동 직동 관절 구조의 목관절이 형성되어 피시험 착용 로봇(T)의 실제 착용자에 보다 근접하여 모사된 형태의 상체 바디(110)를 제공할 수도 있다. 이때, 목관절이 병진 동작 구현하는 직동 관절 구조를 취하는 경우 선택적인 구속이 가능한 구조를 취한다.
- [0032] 한 쌍의 대퇴 바디(120)는 상체 바디(110)와 고관절 구조로 연결되는데, 한 쌍의 대퇴 바디(120)는 상체 바디(110)와의 사이에는 고관절(111)이 배치되어 양자의 상대 회동 구조를 형성할 수 있다.
- [0033] 하퇴 바디(130)는 대퇴 바디(120)와 무릎 관절 연결되는데, 하퇴 바디(130)와 대퇴 바디 사이에는 무릎 관절(121)이 배치되어 양자 간의 상대 회동 구조를 형성할 수 있다. 발 바디(140)는 하퇴 바디(130)와 발목 관절 연결되어 지면 측과 접촉 가능한데, 발 바디(140)와 하퇴 바디(130) 사이에는 발목 관절(131)이 배치되어 양자 간의 원활한 상대 동작이 가능하다. 여기서 기술된 고관절(111), 무릎 관절(121) 및 발목 관절(131)은 1자유도의 회전 관절 구조로 형성되어 이러한 관절의 관절축은 본 발명의 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 시상면(sagittal plane)에 수직하는 구조를 취한다.
- [0034] 로봇 제어부(20)는 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는데, 로봇 제어부(20)는 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어, 즉 보행 동작과 스쿼트 동작 등 실행되는 동작을 제어한다. 본 실시예에서는 보행 동작과 스쿼트 동작을 중심으로 설명하나, 경우에 따라 상체를 기울여 숙이는 동작을 구성할 수도 있는 등 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.
- [0035] 한편, 보행 동작의 경우 후술되는 궤적 생성부(5)에서 생성하는 기준 궤적 정보를 따라 보행 동작을 추종하도록 제어한다. 또한, 로봇 제어부(20)는 로봇 궤적 제어기(21)와, 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)와, 로봇 성능 제어기(25)를 포함하며, 이에 대하여는 후술한다.
- [0036] 로봇 출력부(70)는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는데, 로봇 관절 모터부(71)는 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공한다.
- [0037] 로봇 관절 모터부(71)는 로봇 고관절 모터(711)와, 로봇 무릎 관절 모터(713)와, 로봇 발목 관절 모터(715)를 포함하는데, 로봇 고관절 모터(711)는 상체 바디(110)와 대퇴 바디(120)를 연결하는 고관절(111) 측에 구동력을 제공한다.
- [0038] 로봇 무릎 관절 모터(713)는 대퇴 바디(120)와 하퇴 바디(130)를 연결하는 무릎 관절(121) 측에 구동력을 제공한다. 또한, 로봇 발목 관절 모터(715)는 하퇴 바디(130)와 발 바디(140)를 연결하는 발목 관절(131) 측에 구동력을 제공하는데, 이러한 로봇 관절 모터부(71)는 하모닉 드라이브 등의 변속기와 연결되는 구성을 취하여 보다 원활하고 연속적이면서 부드러운 동작 구현을 이루도록 할 수도 있다.
- [0039] 한편, 로봇 감지부(50)는 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는데, 로봇 감지부(50)는 로봇 감지부(50)는 관절 센서(51)와, 족저 하중 센서(53)와, 상체 감지 센서(55)를 포함한다. 관절 센서(51)는 앞서 기술된 고관절(111), 무릎 관절(121) 및 발목 관절(131) 측에 배치되어 회전 각도를 감지하는데, 관절 센서(51)는 엔코더로 구현될 수 있다. 족저 하중 센서(53)는 발 바디(140)의 하부에 배치되어 인가되는 하중을 감지하는데, 본 실시예에서 족저 하중 센서(53)는 로드셀로 구현되며, 족저 하중 센서(53)는 두 개가 구비되고 발 바디(140)의 전후단에 각각 배치되어 인간 보행자의 경우 발끝 양단에 인가되는 하중을 감지할 수 있다.
- [0040] 상체 감지 센서(55)는 기울기 센서로 구현되는데, 상체 바디(110) 측에 배치되고 상체 바디(110)의 상체 각도를 감지한다. 본 실시예에서 상체 감지 센서(55)는 광선 측정 센서로 구현되나 상체 바디의 경사도를 감지하는 범위에서 다양한 구성이 가능하다.

- [0042] 한편, 로봇 제어부(20)는 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는데, 로봇 제어부(20)는 로봇 궤적 제어기(21)와, 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)와, 로봇 성능 제어기(25)를 포함한다.
- [0043] 로봇 궤적 제어기(21)는 기준 궤적 정보를 인간형 로봇 바디(100)가 추종하도록 하기되는 로봇 관절 모터부(71)의 모터 출력 제어를 실행한다. 로봇 궤적 제어기(21)는 제공된 기준 궤적 정보를 추종하도록 로봇 관절 모터부(71)에 출력 신호를 인가하고, 로봇 감지부(50)에서 감지되는 관절에서의 변화를 감지하여 변화와 기준 궤적 간의 차이를 줄이는 방향으로 로봇 궤적 제어기(21)가 오차를 피드백시켜 최소화시키는 방향으로 제어 실행할 수 있다.
- [0044] 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)는 인간형 로봇 바디(100)가 트레드 밀을 보행하는 경우 로봇 감지부(50)에서의 감지 정보를 이용하여 트레드 밀과 상기 인간형 로봇 바디(100)의 보행 속도 차이를 보정한다.
- [0045] 본 발명의 착용 로봇 테스트 시스템(1)이 시험 평가하는 대상인 피시험 착용 로봇의 경우 주요 보강 기능이 보행 보조이므로, 이를 평가 시험하는 본 발명의 인간형 테스트 로봇 유니트(10)도 장시간 등속 보행이 가능해야 하며, 이러한 장기간 보행은 보통 트레드 밀(TM) 상에서 이루어지는데, 이와 같은 장시간 등속 보행 능력이 부족한 경우 지면으로서의 트레드밀(TM)과의 발걸림, 넘어짐, 과도한 지면 반발력(충격력), 비정상적 보행 궤적, 보행 궤적 반복 구현 불가와 같은 다양한 요인으로 인하여 작업 조건에 인간의 보행과의 불일치가 발생함으로써 피시험 착용 로봇의 성능 평가에 영향을 미칠 수 있는바, 본 발명의 인간형 테스트 로봇 유니트(10)는 사전 설정된 시간, 예를 들어 본 실시예에서 최소 5분 이상의 시간 동안 트레드밀(TM)과 같은 속도로 보행 가능하도록 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)가 보행 속도 동기화 제어 알고리즘을 실행한다. 즉, 트레드 밀(TM) 상의 보행 구간에서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)로 하여금 보행을 실행하고, 트레드 밀과의 보행 속도 차이로 인한 변화값을 로봇 감지부(50)의 관절 센서(51)와, 족저 하중 센서(53)와, 상체 감지 센서(55)가 감지하는 감지 정보와 로봇 출력부(70)의 로봇 관절 모터부(71)인 로봇 고관절 모터(711)와, 로봇 무릎 관절 모터(713)와, 로봇 발목 관절 모터(715)로부터의 부하 정보를 이용하여 변화된 값을 측정하고 이로부터 보행 속도 차이를 산출하고, 기준 궤적 정보의 주기를 트레드 밀의 보행 속도로 조정함으로써 인간형 테스트 로봇 유니트(100)와 트레드 밀(TM) 간의 보행 속도 동기화 제어를 실행한다.
- [0046] 로봇 성능 제어기(25)는 인간형 로봇 바디(100)의 기준 궤적 정보 추종의 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단한다. 즉, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 보행 패턴 및 외부 부하 지지를 모사하는 스쿼트 동작과 같은 다양한 조건 하에서 피시험 착용로봇을 장착한 사용자의 동작을 일관되게 반복 재현해야 하므로, 본 발명의 인간형 테스트 로봇 유니트(10)는 제어성능이 피시험 착용로봇의 성능 평가에 영향을 미치지 않고 높은 제어 성능으로 동작을 이루도록 외란에 강인한 제어성능을 구비한다. 본 발명의 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 제어 성능은 로봇 출력부(70)의 로봇 관절 모터부(71)의 로봇 고관절 모터(711)와, 로봇 무릎 관절 모터(713)와, 로봇 발목 관절 모터(715)의 제어 성능으로 평가되며, 로봇 성능 제어기(25)는 로봇 관절 모터부(71)의 제어 성능으로 RMS제어 오차를 산출하고, 이를 사전 설정 제어 성능값, 예를 들어 5% 이하의 RMS 제어 오차 이내인지를 여부를 체크 판단하고 작업자에게 결과를 출력한다. 여기서, RMS 제어오차는 다음과 같이 정의된다.

수학적식 1

$$[0047] \quad RMS_{제어오차} = \frac{5 \text{ 주기 제어오차 RMS}}{5 \text{ 주기 기준궤적 RMS}} \times 100$$

- [0049] 제어 성능 판단 기준으로서의 RMS 제어오차에서 5주기 RMS 제어오차는 기준궤적 정보와 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 추종하여 실행한 실제궤적 정보와의 차이의 RMS값이다. 기준궤적 정보는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 무릎관절과 고관절이 작업조건에서 반복 재현해야하는 목표 궤적(target trajectory)을 지칭하며, 실제궤적은 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 무릎관절과 고관절이 기준궤적을 추종할 때 로봇 감지부(50)의 관절 센서(51)에서 측정되는 관절 각도이다.
- [0050] 5주기 데이터 수는 작업조건에서 반복 재현하는 동작을 5주기 반복 재현할 때 측정된 기준궤적(혹은 실제궤적)의 데이터 수이다. 이때 기준궤적(혹은 실제궤적)의 측정은 초당 500번 이상 실시되어야 한다. 즉, 5주기 RMS 제어오차는 ATDR 무릎관절과 고관절의 기준궤적 추종 오차를 나타내며, 다음과 같이 정의된다.

수학식 2

$$5\text{주기 RMS 제어오차} = \sqrt{\frac{1}{5\text{주기 데이터수}} \left\{ (\text{기준궤적} - \text{실제궤적})_1^2 + (\text{기준궤적} - \text{실제궤적})_2^2 + \dots + (\text{기준궤적} - \text{실제궤적})_{5\text{주기 데이터수}}^2 \right\}}$$

[0051]

[0052] RMS 제어오차에서 5주기 RMS 기준궤적은 다음과 같이 정의되며, 기준궤적의 5주기 RMS값을 나타낸다.

수학식 3

$$5\text{주기 RMS 기준궤적} = \sqrt{\frac{1}{5\text{주기 데이터수}} \left\{ \text{기준궤적}_1^2 + \text{기준궤적}_2^2 + \dots + \text{기준궤적}_{5\text{주기 데이터수}}^2 \right\}}$$

[0053]

[0054] 이와 같은 수학식으로부터 산출되는 관절 각도로부터 산출되는 RMS 제어 오와 사전 설정된 값과의 비교를 통하여 로봇 성능 제어기(25)가 인간형 로봇 바디(100)의 기준 궤적 정보 추종의 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단하고 작업자에게 출력하여 피시험 착용 로봇의 시험을 위한 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 신뢰성이 확보되었는지를 체크할 수 있다.

[0056]

또한, 본 발명의 착용 로봇 테스트 시스템(1)은 궤적 생성부(5)와, 시스템 제어부(2)를 포함하는데, 궤적 생성부(5)는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성한다. 이때, 궤적 생성부(5)가 생성하는 보행 동작 기준궤적은 인체 보행 동작과 동일하게 스탠스(stance) 동작과 스윙(swing) 동작으로 구분되는데, 여기서 스탠스(stance) 동작은 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 인간형 로봇 바디(100)의 대퇴 바디(120), 하퇴 바디(130) 및 발 바디(140)를 통하여 인간형 로봇 바디(100)의 무게를 다리로 지지하는 동작을 지칭하고 스윙(swing) 동작은 발 바디(140)가 지면(혹은 트레드밀)과의 접촉 없이 이동방향으로 이동시키는 동작을 지칭한다. 보다 구체적으로 도 10 내지 도 12에 도시된 바와 같이 스탠스(Stance) 동작은 힐 스트라이크(heel strike), 싱글 스탠스(single stance), 그리고 더블 스탠스(double stance) 동작으로 구분되며, 여기서, 힐스트라이크(Heel strike) 동작은 발 바디(140)가 스윙 동작 직후 지면(혹은 트레드밀)과 접촉하는 동작을, 더블 스탠스(Double stance)는 힐 스트라이크(heel strike)와 싱글 스탠스(single stance) 직후에 반복적으로 나타나며, 두 개의 발 바디(140)가 지면(혹은 트레드밀)과 접촉하여 양 다리로 무게를 지지하는 동작을 지칭하고, 싱글 스탠스(Single stance)는 더블 스탠스(double stance) 이후에 한쪽 다리로 무게를 지지하는 동작이며, 싱글 스탠스(single stance) 동작에서 무게를 지지하지 않는 다리는 스윙 동작을 실시한다.

[0057]

본 발명의 궤적 생성부(5)는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는데, 작업조건에서 작업자의 동작을 3D 모션 캡처와 같은 방법으로 측정하여 기준궤적으로 직접 인용하거나, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와 작업자의 신체조건(관절 위치, 신체 길이, 무게 등)이 다른 점을 고려하여 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 관성 해석, 기구학 해석, 그리고 동역학 해석 등을 실시하여 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 작업자의 동작을 유사하게 추종할 수 있도록 기준궤적을 생성할 수도 있는데, 본 실시예의 보행 동작과 같이 외부 환경과 충격이 발생하는 동작을 생성할 때는 지면 반발력을 최소화하는 최적화를 적용하여 충격력을 최소화하는 방법을 적용함으로써 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 파손을 방지할 수도 있다. 여기서, 지면 반발력은 로봇 감지부(50)의 로드 셀로 구현되는 족저 하중 센서(53)를 사용하여 얻어지는 하중 변화값을 비용함수로 보아 이를 최소화시키는 최적화 과정을 통하여 실행될 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.

[0058]

또 한편, 본 발명의 착용 로봇 테스트 시스템(1)의 시스템 제어부(2)는 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시험 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력한다.

[0059]

여기서, 본 발명의 시스템 제어부(2)는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)로부터의 감지 상태 정보로부터 피시험 착용 로봇의 유무에 따른 소모 에너지를 산출하고, 시스템 출력부(6)를 통하여 출력한다.

[0060]

본 발명의 일실시예에 따른 소모 에너지의 산출은 다음과 같은 수학식으로부터 산출된다.

수학식 4

[0061]

$$Index = Energy_{with \text{ 착용로봇}} - Energy_{without \text{ 착용로봇}}$$

[0062]

여기서, Energywith착용로봇은 피시험 착용 로봇을 착용한 상태에서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준궤적 정보에 따라 트레드밀(TM) 상에서 보행 동작을 하거나 주어진 스크립트 동작을 실행했을 때 소모되는 에너지를 지칭하고, Energywithout착용로봇은 피시험 착용 로봇을 착용하지 않은 상태에서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준궤적 정보에 따라 트레드밀(TM) 상에서 보행 동작을 하거나 주어진 스크립트 동작을 실행했을 때 소모되는 에너지를 지칭한다.

[0063]

즉, 피시험 착용로봇(T)은 착용자의 운동을 보조하는 것이므로 보조 수준을 소모 에너지 감소로 평가하는 것으로 본 발명의 착용 로봇 테스트 시스템(1)의 시스템 제어부(2)가 산출하는 피시험 착용로봇 착용 전후 소모 에너지의 비교를 통하여 보다 객관화되고 반복 동일성이 확보된 테스트 구현이 가능하다. 즉, 종래의 경우 피시험 착용 로봇을 착용한 시험자의 호흡 및 근신호를 이용하는 구조를 통하여 측정 오차가 높아질 수 있음에 비해 ATDR를 이용하면 관절 구동 모터 신호(전기, 기계 신호)를 분석하기에 높은 정밀도로 착용로봇의 성능 평가를 실시할 수 있다.

[0064]

보다 구체적으로, 피시험 착용로봇 성능 평가를 위한 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 로봇 관절 모터부(71)의 관절 구동 모터 신호 분석은 도 20의 모식도에 도시된 바와 같이, 피시험 착용로봇의 동기화 및 근력지원 성능에 의해서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)는 의도된 동작에 대해 보조 혹은 방해를 겪는데, 의도된 동작으로서의 기준 궤적에 대하여 리드(lead)할 경우 피시험 착용 로봇이 인간형 테스트 로봇 유니트(10)를 보조 기능을 구현하는 외란으로 해석 가능하고, 의도된 동작으로서의 기준 궤적에 대하여 딜레이 내지 래그(delay or lag)할 경우 피시험 착용 로봇이 인간형 테스트 로봇 유니트(10)를 방해하는 역할을 실행하는 외란으로 해석 가능하다.

[0065]

이와 같이 로봇 관절 모터부(71)는 피시험 착용로봇(T)에 의해 외란에 노출되고, 이 외란에 의해 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 구동을 위한 구동력에 변화가 발생하며, 이러한 구동력의 변화는 로봇 관절 모터부(71)의 모터 소모 전력에 영향을 미치는데, 피시험 로봇 착용 상태 대비 변화된 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 기준 궤적 정보를 따르는 기준동작 구현을 위한 구동력 혹은 모터 소모 전력으로부터 피시험 착용로봇에 의한 외란을 측정하여 피시험 로봇의 보조 혹은 방해 수준을 평가할 수 있으며 이는 피시험 착용 로봇 전후 소모 에너지의 차이로부터 평가 가능하다.

[0066]

이때, 소모 에너지의 산출은 각각의 로봇 관절 모터부(71)에서 피시험 착용로봇의 보조 혹은 방해 수준을 평가하는 것이며, 이는 피시험 착용로봇의 성능을 평가하는 것으로 해석 가능하며, 전기적 혹은 기계적 에너지 평가 방법은 개념적으로 피시험 착용로봇에 의한 외란을 평가할 수 있는데, 본 발명의 실시예의 경우 아래와 같은 방식 중의 하나로 선택 가능하다.

[0068]

1. 로봇 관절 모터부(71)의 전기적 소모 에너지 평가

[0069]

2. 피시험 착용로봇과 인간형 테스트 로봇 유니트(10) 사이의 상호작용력에 의한 기계적 소모 에너지 평가

[0070]

3. 로봇 관절 모터부(71)의 관절 모터 구동 토크에 의한 기계적 소모 에너지 평가

[0071]

상기 1의 경우 로봇 관절 모터부(71)의 전기적 소모 에너지 평가 방법은 모터 소모 전력을 직접 측정하며, 모터의 전기적 소모 에너지를 측정하므로 모든 상황(정적 상황, 동적 상황)에서 측정이 가능한데, 본 실시예의 경우 상기 1의 방식을 취하였다.

[0073]

이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 착용 로봇 테스트 시스템의 제어 방법에 대하여 설명한다.

[0074]

본 발명의 착용 로봇 테스트 시스템의 제어 방법은 준비 단계(S10)와, 테스트 실행 단계(S20)와, 소모 에너지 산출 단계(S30)와, 테스트 결과 출력 단계(S40)를 포함한다.

[0075]

준비 단계(S10)에서 피시험 착용 로봇이 장착 가능한 인간형 로봇 바디(100)와, 인간형 로봇 바디(100)의 동작 제어를 실행하는 로봇 제어부(20)와, 인간형 로봇 바디(100)의 상태를 감지하는 로봇 감지부(50)와, 로봇 제어부(20)의 구동 제어 신호에 따라 인간형 로봇 바디(100)의 동작 실행 구동력을 제공하는 로봇 관절 모터부(71)를 포함하는 로봇 출력부(70)를 포함하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)와, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 동작 구현을 위한 기준 궤적 정보를 생성하는 궤적 생성부(5)와, 궤적 생성부(5)에서 생성된 기준 궤적 정보를

인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 전달하고, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에서 감지된 상태 정보를 전달받고 피시엄 착용 로봇에 대한 테스트 결과를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력하는 시스템 제어부(2)를 포함하는 착용 로봇 테스트 시스템(1)을 제공하고, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 테스트 모드를 확인하고, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 작동 상태를 체크한다.

- [0076] 보다 구체적으로 준비 단계(S10)는 준비 단계(S10)는 모드 확인 단계(S11)와, 모드 판단 단계(S13)를 포함한다. 모드 확인 단계(S11)에서 시스템 제어부(2)는 작업 관리자에 의하여 선택 입력되는 테스트 모드를 확인한다.
- [0077] 모드 확인 단계(S11)가 실행된 후, 시스템 제어부(2)는 모드 판단 단계(S13)를 실행하는데, 모드 확인 단계(S11)에서 확인된 테스트 모드가, 제자리 부하 가중 상태에서 스쿼트 동작의 실행을 테스트하는 스쿼트 모드 및 보행 동작의 실행을 테스트하는 보행 모드 중 어느 테스트 모드인지 여부를 판단한다.
- [0078] 모드 판단 단계(S13)에서, 시스템 제어부(2)가 작업자에 의하여 선택 입력된 테스트 모드는 보행 모드라고 판단한 경우, 시스템 제어부(2)는 궤적 생성부(5)에 궤적 생성 제어 신호를 인가하여 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 보행 동작을 위한 기준 궤적 정보를 생성한다. 기준 궤적은 입력되어 시스템 저장부(3)에 저장된 데이터를 이용하여 시스템 연산부(4)에서 소정의 연산 과정을 거쳐 상기한 스탠스 동작 및 스윙 동작에 대한 관절의 관절 각도 등의 산출이 가능하다. 이러한 기준 궤적의 생성은 앞서 기술한 바와 같이 3D 모션 캡처 등의 인체 동작 인용 방식으로 저장된 데이터를 연산하여 도출될 수도 있고, 관성 해석, 기구학 및 동역학 해석으로 산출하는 방식을 취할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0079] 기준 궤적 정보 생성 단계(S15)를 실행되거나 또는 모드 판단 단계(S13)에서 스쿼트 모드로 판단된 경우 제어 흐름은 단계 S17로 전달된다.
- [0080] 인간형 테스트 로봇 유니트 체크 단계(S17)에서는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 신뢰성을 확인하고 보행 속도의 동기화를 보정한다. 보다 구체적으로 인간형 테스트 로봇 유니트 체크 단계(S17)는 로봇 성능 체크 단계(S171)와, 로봇 보행 속도 동기화 체크 단계(S173)를 포함한다.
- [0081] 로봇 성능 체크 단계(S171)에서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 기준 궤적 정보에 대한 신뢰성을 확인하는데, 로봇 성능 체크 단계(S171)에서는 앞서 기술한 바와 같이, 시스템 제어부(2)의 성능 체크 제어 신호에 따라 로봇 제어부(20)의 로봇 성능 제어기(25)가 인간형 로봇 바디(100)의 기준 궤적 정보 추종의 오차가 사전 설정 오차 범위 내에 존재하는지 여부를 체크 판단한다. 이때, 성능 지표로는 앞서 기술한 바와 같이 RMS제어 오차가 산출되는데, 로봇 성능 제어기(25)는 로봇 관절 모터부(71)의 제어 성능으로 RMS제어 오차를 산출하고, 이를 사전 설정 제어 성능값, 예를 들어 5% 이하의 RMS 제어 오차 이내인지 여부를 체크 판단되고, 이는 시스템 제어부(2)로 전달된다.
- [0082] 로봇 보행 속도 동기화 체크 단계(S173)에서 시스템 제어부(2)의 동기화 체크 제어 신호에 따라 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 로봇 제어부(20)의 로봇 보행 속도 동기화 제어기(23)는 인간형 로봇 바디(100)가 트레드 밀을 보행하는 경우 로봇 감지부(50)에서의 감지 정보를 이용하여 트레드 밀과 인간형 로봇 바디(100)의 보행 속도 차이를 보정한다.
- [0083] 로봇 보행 속도 동기화 체크 단계(S173)는 보행 실시 단계(S1731)와, 로봇 감지부 변화 감지 단계(S1733)와, 로봇 보행 속도 보정 단계(S1735)를 포함한다.
- [0084] 보행 실시 단계(S1731)에서 로봇 제어부(20)는 로봇 관절 모터부(71)로 모터 제어 신호를 인가하여 기준 궤적 정보를 추종하는지 여부를 로봇 궤적 제어기(21)가 판단하여 수정 제어하여 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준 궤적 정보를 추종하도록 한다. 즉, 로봇 궤적 제어기(21)는 기준 궤적 정보를 인간형 로봇 바디(100)가 추종하도록 하기되는 로봇 관절 모터부(71)의 모터 출력 제어를 실행하고, 로봇 궤적 제어기(21)는 제공된 기준 궤적 정보를 추종하도록 로봇 관절 모터부(71)에 출력 신호를 인가하고, 로봇 감지부(50)에서 감지되는 관절에서의 변화를 감지하여 변화와 기준 궤적 간의 차이를 줄이는 방향으로 로봇 궤적 제어기(21)가 오차를 피드백시켜 최소화시키는 방향으로 제어 실행하여, 보행 실시 단계(S1731)에서 트레드 밀 상에서 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준 궤적 정보를 따라 보행을 실행하도록 한다.
- [0085] 그런 후 로봇 감지부 변화 감지 단계(S1733)에서 실행되는데, 로봇 감지부 변화 감지 단계(S1733)에서 로봇 제어부(20)는 로봇 감지부(50)에 감지 제어 신호를 인가하고 보행 실시 중 발생하는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 상태 변화를 감지한다.
- [0086] 로봇 감지부 변화 감지 단계(S1733)가 실행된 후, 로봇 보행 속도 보정 단계(S1735)가 실시된다. 로봇 보행 속

도 보정 단계(S1735)에서 로봇 제어부(20)는 로봇 감지부 변화 감지 단계(S1733)에서 감지된 상태 변화를 줄이도록 보정하는 보정 제어 신호를 산출한다. 즉, 인간형 테스트 로봇 유니트(10)가 기준 궤적 정보를 따라 추종하여 보행 동작을 수행하는 과정 중, 지면으로서의 트레드 밀의 일면과의 부정합으로 발생하는 오차를 최소화시키는 방향으로 보정이 이루어지는데, 기준 궤적 정보의 주기를 조정하여 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 보행 속도를 트레드 밀의 가동 속도에 맞추는 보정이 이루어진다.

[0087] 이와 같은 준비 단계(S10)가 완료된 후 테스트 실행 단계(S20)가 실행된다. 테스트 실행 단계(S20)에서 시스템 제어부(2)는 인간형 테스트 로봇 유니트(10)에 착용된 피시험 착용 로봇을 작동시키고 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 작동시 발생하는 상태 정보를 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 로봇 감지부(50)를 통하여 감지되는 상태 정보를 취득한다.

[0088] 이러한 테스트 모드는 앞서 작업자에 의하여 선택된 테스트 모드가 보행 모드인지, 스쿼트 모드인지에 따라 해당 모드를 수행하여 감지되는 상태 정보를 취득한다. 즉, 모드 확인 단계(S11) 및 모드 판단 단계(S13)를 거쳐 확인되는 테스트 모드가 보행 모드인 경우 보행 동작 구현을 통하여 이 과정에서 발생하는 상태 변화를 도출하고, 반대로 테스트 모드가 스쿼트 모드인 경우 제자리에서 동작시 발생하는 상태 정보를 취득한다.

[0089] 해당 테스트 모드가 실행되고 로봇 감지부(50)를 통하여 상태 정보가 감지되고, 로봇 출력부(70)의 로봇 관절 모터부(71)에서의 부하 정보를 이용하여 소모 에너지를 산출하여 피시험 착용 로봇의 착용 전후 소모 에너지 변화를 산출하는 소모 에너지 변화 산출 단계(S30)가 실행된다. 즉, 소모 에너지 산출 단계(S30)에서 시스템 제어부(2)는 시스템 연산부(4)를 통하여 테스트 실행 단계(S20)에서 감지된 상태 정보와 준비 단계(S10)에서 체크된 작동 상태 정보를 이용하여 인간형 테스트 로봇 유니트(10)의 피시험 착용 로봇 착용 전후 소모 에너지 변화를 산출한다.

[0090] 그런 후, 테스트 결과 출력 단계(S40)가 실행되어 시스템 제어부(2)는 소모 에너지 산출 단계(S30)에서 산출된 소모 에너지 변화를 시스템 출력부(6)를 통하여 출력한다.

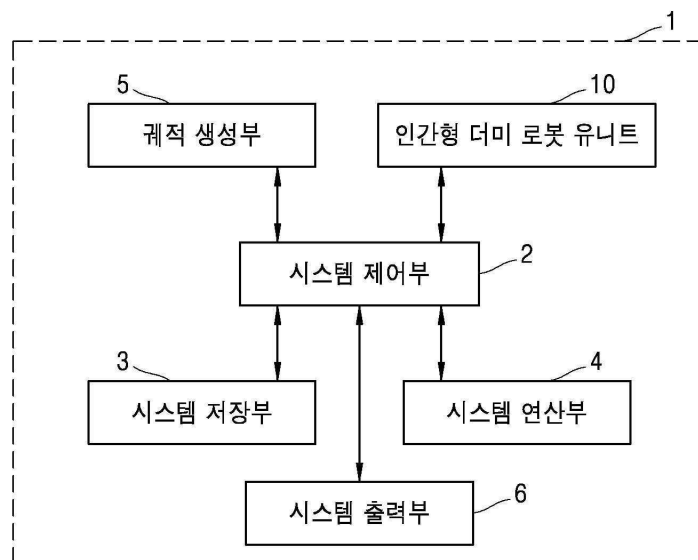
[0092] 본 발명의 인간형 테스트 로봇 유니트, 이를 구비하는 착용 로봇 테스트 시스템 및 이의 제어 방법은 반복성 및 객관성이 확보되는 인간형 테스트 로봇 유니트를 구비하는 범위에서 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.

부호의 설명

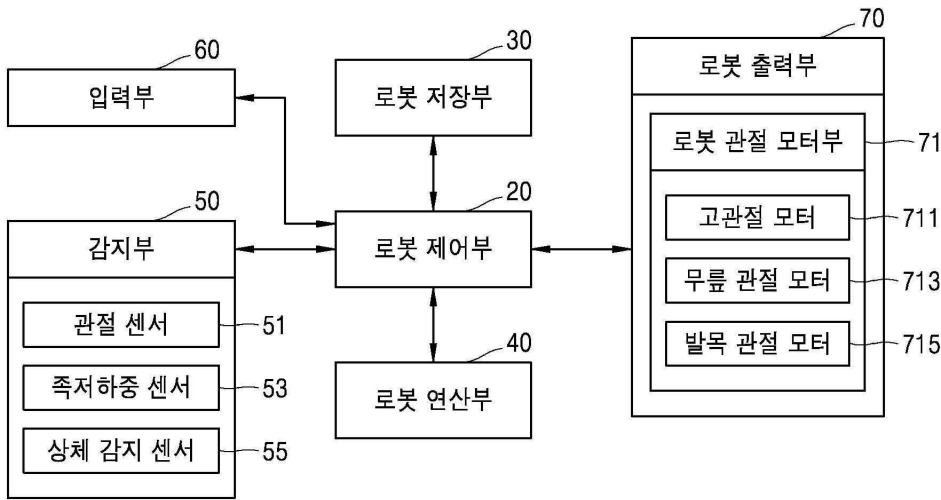
- [0094] 1...착용 로봇 테스트 시스템 2...시스템 제어부
3...시스템 저장부 10...인간형 테스트 로봇 유니트
20...로봇 제어부 30...로봇 저장부

도면

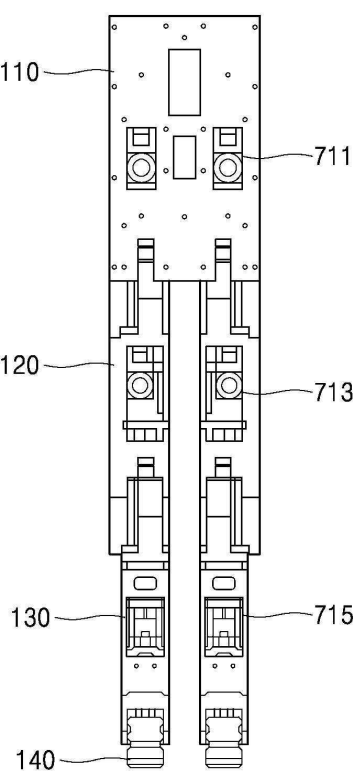
도면1



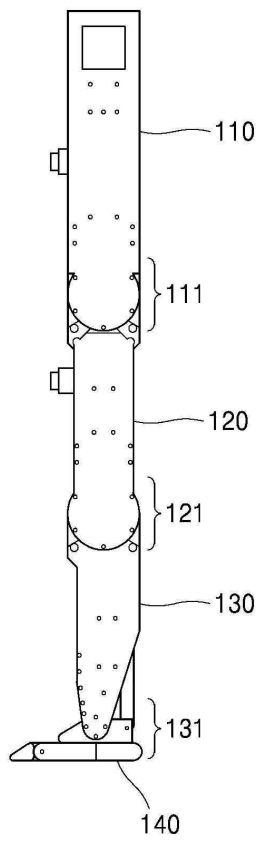
도면2



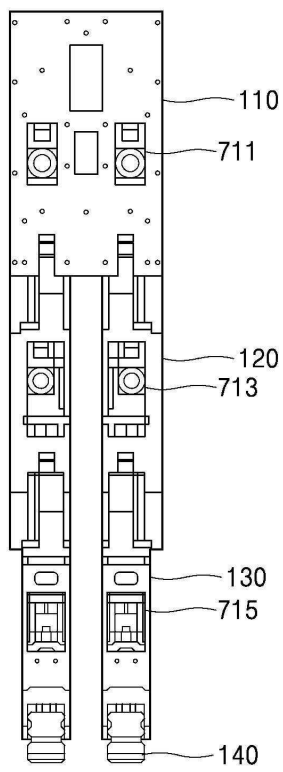
도면3



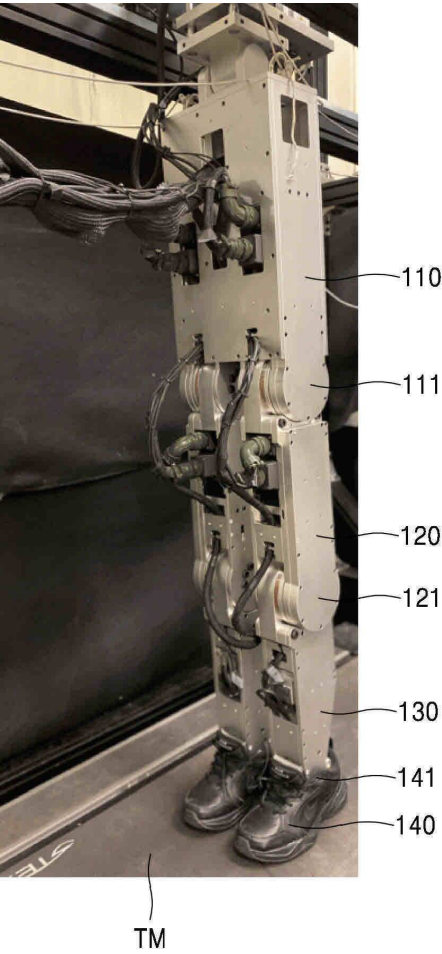
도면4



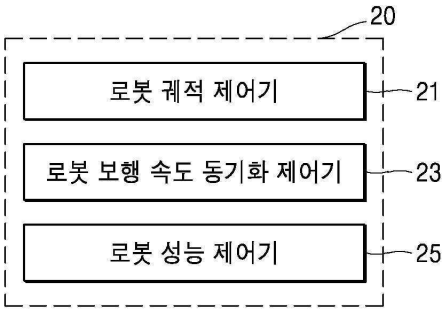
도면5



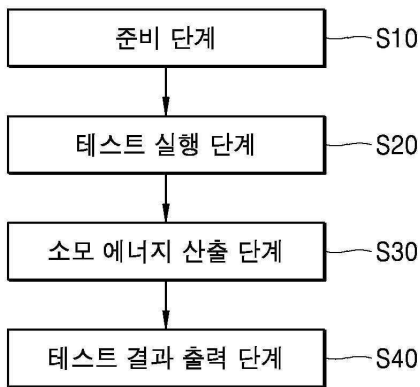
도면6



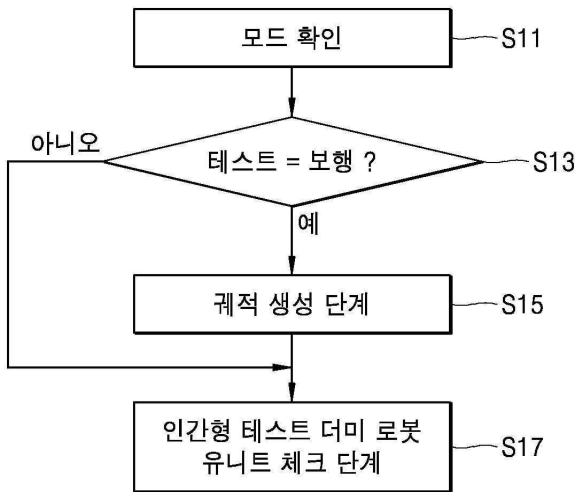
도면7



도면8



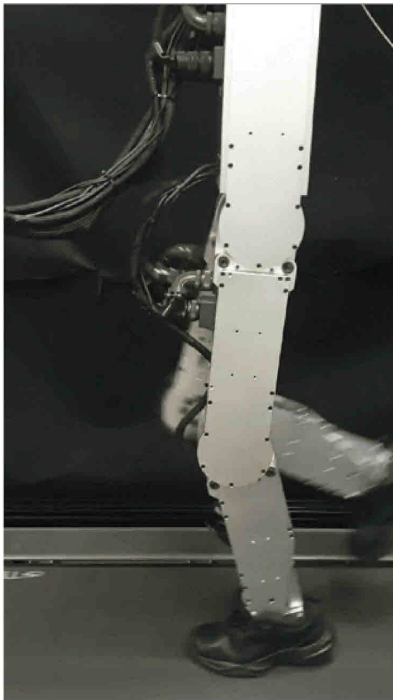
도면9



도면10



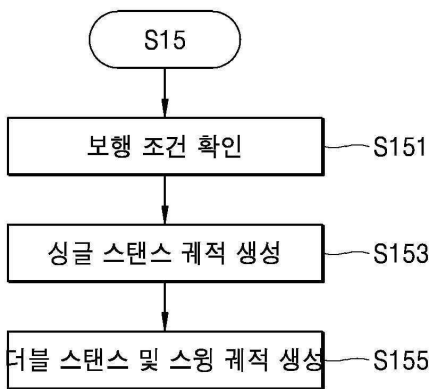
도면11



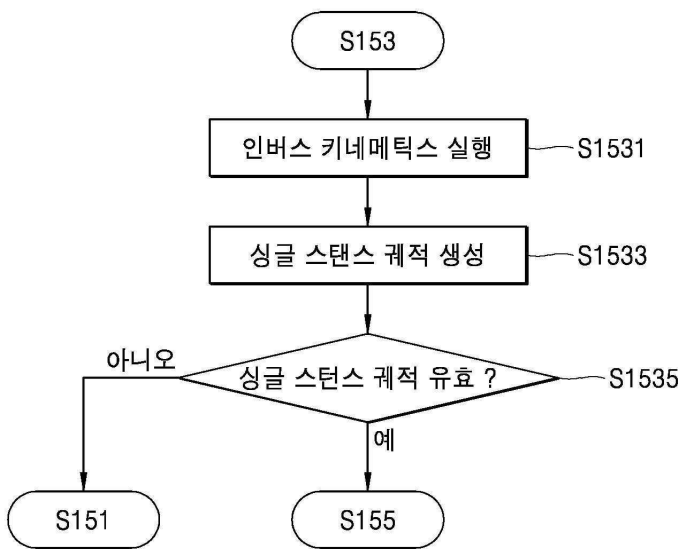
도면12



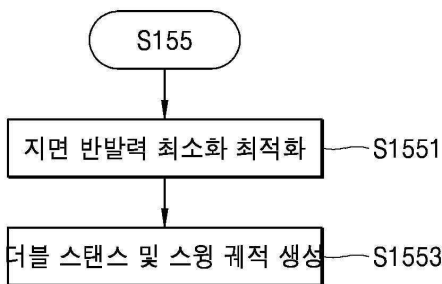
도면13



도면14



도면15



도면16



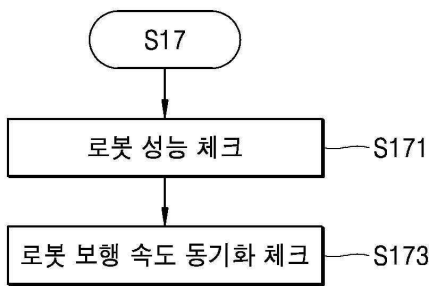
착용로봇 착용 전

도면17

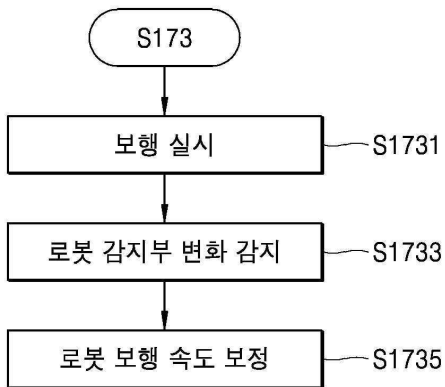


착용로봇 착용 후

도면18



도면19



도면20

