



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0052074
(43) 공개일자 2025년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 19/00 (2006.01) B25J 9/04 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01) G01R 22/06 (2006.01)
G06F 17/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B25J 19/00 (2013.01)
B25J 9/046 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0135168

(22) 출원일자 2023년10월11일

심사청구일자 2023년10월11일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

전현우

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교
우정원 7087호

정상엽

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교
우정원 7087호

(74) 대리인

리앤목특허법인

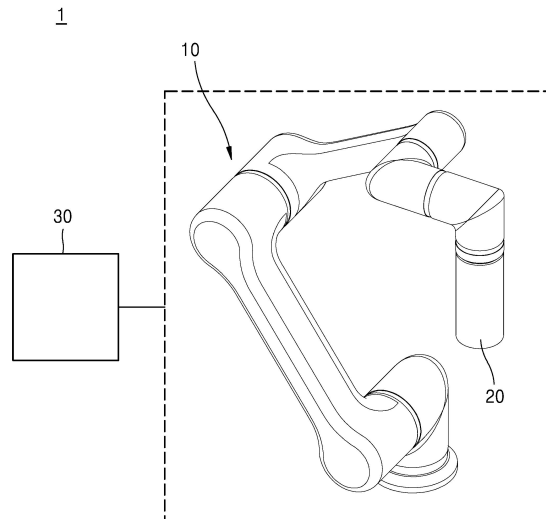
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 로봇 팔의 전력 예측 장치 및 방법

(57) 요약

로봇 팔의 전력 예측 장치는 다 자유도 (multi-DOF)를 갖는 로봇 팔 및 상기 로봇 팔의 이동을 제어하며 상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 측정하는 컨트롤러를 포함하고, 상기 컨트롤러는 상기 로봇 팔을 이동시키는 로봇 팔 제어부, 상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 계산하는 전력 계산부 및 상기 로봇 팔의 제어와 소비 전력 계산에 필요한 정보를 저장하는 메모리부를 포함하고, 상기 메모리부는 계산된 소비 전력과 상기 로봇 팔의 이동 위치에 관한 데이터를 수집하고, 상기 전력 계산부는 수집된 데이터를 다중 회귀 분석하여 상기 로봇 팔의 전력 예측 식을 도출할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B25J 9/161 (2013.01)

B25J 9/1664 (2013.01)

G01R 22/06 (2013.01)

G06F 17/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711179316
과제번호	00155911
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	인공지능융합혁신인재양성
연구과제명	인공지능융합혁신인재양성(경희대학교)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

다 자유도 (multi-DOF)를 갖는 로봇 팔; 및

상기 로봇 팔의 이동을 제어하며 상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 측정하는 컨트롤러;를 포함하고,

상기 컨트롤러는

상기 로봇 팔을 이동시키는 로봇 팔 제어부;

상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 계산하는 전력 계산부; 및

상기 로봇 팔의 제어와 소비 전력 계산에 필요한 정보를 저장하는 메모리부;를 포함하고,

상기 메모리부는 계산된 소비 전력과 상기 로봇 팔의 이동 위치에 관한 데이터를 수집하고,

상기 전력 계산부는 수집된 데이터를 다중 회귀 분석하여 상기 로봇 팔의 전력 예측 식을 도출하는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 이동을 직교 좌표계 상의 6개의 이동 방향 중 하나 이상의 조합으로 나타내고, 상기 전력 예측 식을 상기 로봇 팔의 직교 좌표계 상의 위치에 따른 함수로 나타내는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 로봇 팔은 선단에 톨이 장착되는 플랜지를 포함하고,

상기 전력 계산부는 상기 플랜지의 중심을 원점으로 하여 상기 로봇 팔의 이동 위치에 따른 소비 전력을 계산하는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 수직 방향 이동과 수평 방향 이동에 따른 전력 예측 식을 구분하여 도출하는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 이동 중 수직 방향 이동을 상향과 하향을 구분하여 전력 예측 식을 도출하고, 수평 방향으로는 X축 방향과 Y축 방향을 구분하지 않고 전력 예측 식을 도출하는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 이동을 상향, 하향 및 수평 이동으로 나누어 소비 전력을 계산하고, 상기 로봇 팔의 전력 예측 식은 직교 좌표계 상의 X축 좌표, Y축 좌표 및 Z축 좌표와 그에 따른 소비 전력으로 표현되는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 로봇 팔의 상향 이동에 따른 전력 예측 식은 아래의 식 (1)로 표현되는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

$$P_U(W)=69.717-30.021x+58.116x^2-8.810y+30.068y^2+1.996z+21.960z^2-50.804z^3+23.428xy \text{ ----- 식 (1)}$$

P_U 는 로봇 팔의 상향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔의 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 로봇 팔의 하향 이동에 따른 전력 예측 식은 아래의 식 (2)로 표현되는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

$$P_D=51.313-30.758x+65.011x^2-5.256y+28.112y^2+30.188z-18.453z^2+25.897xy-27.726xz-16.437yz \text{ ----- 식 (2)}$$

P_D 는 로봇 팔의 하향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 로봇 팔의 수평 이동에 따른 전력 예측 식은 아래의 식 (3)로 표현되는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

$$P_H(W)=59.177-25.304x+58.484x^2+6.748y+38.995y^2+29.030z-35.155z^2+14.220xy \text{ ----- 식 (3)}$$

P_H 는 로봇 팔의 수평 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 로봇 팔은 7축 자유도를 갖는, 로봇 팔의 전력 예측 장치.

청구항 11

로봇 팔 제어부가 로봇 팔을 특정 위치로 이동시키는 단계;

전력 계산부가 상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 계산하는 단계; 및

상기 전력 계산부가 상기 로봇 팔이 이동한 위치와 그에 따른 소비 전력에 관한 데이터를 다중 회귀 분석하여 상기 로봇 팔의 전력 예측 식을 도출하는 단계;를 포함하는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 전력 계산부가 상기 로봇 팔의 이동을 직교 좌표계 상의 6개의 이동 방향 중 하나 이상의 조합으로 나타내고, 상기 전력 예측 식을 상기 로봇 팔의 직교 좌표계 상의 위치에 따른 함수로 나타내는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 말단부에 톨이 장착되는 플랜지의 중심을 원점으로 하여

상기 로봇 팔의 이동 위치에 따른 소비 전력을 계산하는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 수직 방향 이동과 수평 방향 이동에 따른 전력 예측 식을 구분하여 도출하는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 이동 중 수직 방향 이동을 상향과 하향을 구분하여 전력 예측 식을 도출하고, 수평 방향으로는 X축 방향과 Y축 방향을 구분하지 않고 전력 예측 식을 도출하는, 로봇 팔의 전력 예측 방법

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 이동을 상향, 하향 및 수평 이동으로 나누어 소비 전력을 계산하고, 상기 로봇 팔의 전력 예측 식은 직교 좌표계 상의 X축 좌표, Y축 좌표 및 Z축 좌표와 그에 따른 소비 전력으로 표현되는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 상향 이동에 따른 전력 예측 식을 아래의 식 (1)로 표현하는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

$$P_U(W)=69.717-30.021x+58.116x^2-8.810y+30.068y^2+1.996z+21.960z^2-50.804z^3+23.428xy \text{ ----- 식 (1)}$$

P_U 는 로봇 팔의 상향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표 이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표로 단위를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 하향 이동에 따른 전력 예측 식을 아래의 식 (2)로 표현하는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

$$P_D=51.313-30.758x+65.011x^2-5.256y+28.112y^2+30.188z-18.453z^2+25.897xy-27.726xz-16.437yz \text{ ----- 식 (2)}$$

P_D 는 로봇 팔의 하향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표 이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 수평 이동에 따른 전력 예측 식을 아래의 식 (3)로 표현하는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

$$P_H(W)=59.177-25.304x+58.484x^2+6.748y+38.995y^2+29.030z-35.155z^2+14.220xy \text{ ----- 식 (3)}$$

P_H 는 로봇 팔의 수평 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x 는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표이고, y 는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z 는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x , y , z 의 단위는 m이다.

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 로봇 팔은 7축 자유도를 갖는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 로봇 팔의 전력 예측 장치 및 방법에 관한 발명이다.

배경 기술

[0002] 산업 부문의 에너지 소비량은 2021년 세계 에너지 소비량의 38%를 차지했고, 산업 에너지 소비에서 제조업이 차지하는 비중은 매우 높다. 따라서 제조 에너지의 감소는 전체 에너지 소비 감소에 크게 기여한다. 산업용 로봇은 주로 제조 분야에서 활용되고, 인건비 상승과 스마트 제조의 확산으로 산업용 로봇의 활용도는 점차 늘어날 전망이다. 따라서 제조업 에너지 소비 및 관련 비용을 낮추기 위해 로봇 팔 등 산업용 로봇의 전력 소비 예측이 필요하다.

[0003] 기존 연구에서는 로봇 팔의 전력 예측을 위해 각 링크(Link)의 관성, 조인트(Joint)의 각속도 등 다양한 정보에 기초한 역학을 사용한다. 로봇 팔은 여러 개의 길이가 다른 막대 형태의 조각들로 구성되어 있는데, 이러한 조각들을 링크라고 한다. 조인트는 로봇 팔의 링크들이 연결되어 있는 부분을 의미한다. 대부분의 산업 현장에서 로봇 팔이 반복적이고 정확한 단순 작업에 널리 사용되지만, 기존의 연구에서 제시하는 에너지 예측은 지나치게 많은 변수와 복잡한 계산 과정이 수반된다. 따라서 이러한 과정을 단순하고 직관적으로 나타낼 수 있는 방법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 10-2021-0067472

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 로봇 팔의 전력 예측 방법 장치 및 방법은 복잡한 역학을 위한 변수 대신 로봇 팔의 X, Y, Z 좌표를 변수로 사용하여 로봇 팔의 전력을 예측하는 방법을 제안한다. 본 발명은 다중회귀분석을 통해 상향, 하향, 수평 이동에 적합한 최적의 방정식을 제시하여, 기존 연구와 비교해 적은 변수와 단순한 계산 과정으로 비용을 획기적으로 절감할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 7축 로봇 팔인 Ufactory xArm 7을 예로 들어 로봇 팔의 전력 예측 장치는 다 자유도 (multi-DOF)를 갖는 상기 로봇 팔 및 상기 로봇 팔의 이동을 제어하며 상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 측정하는 컨트롤러를 포함하고, 상기 컨트롤러는 상기 로봇 팔을 이동시키는 로봇 팔 제어부, 상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 계산하는 전력 계산부 및 상기 로봇 팔의 제어와 소비 전력 계산에 필요한 정보를 저장하는 메모리부를 포함하고, 상기 메모리부는 계산된 소비 전력과 상기 로봇 팔의 이동 위치에 관한 데이터를 수집하고, 상기 전력 계산부는 수집된 데이터를 다중 회귀 분석하여 상기 로봇 팔의 전력 예측 식을 도출할 수 있다.

[0007] 상기 로봇 팔 제어부는 좌표의 단위가 m일 때 좌표(0.25, 0, 0.15)에서 수직 이동 방향인 Z축 방향으로 -0.3m

이동 후 Z 방향으로 +0.3m 이동하여 복귀할 수 있고, 수평 이동 방향인 Y축 방향으로 -0.3m 이동 후 Y축 방향으로 +0.3m 이동하여 복귀할 수 있다. 이동과 이동 사이에 1초의 일시 정지 구간을 가지며, 안정된 데이터를 얻기 위해 상기 이동을 30번 반복할 수 있다. 이후 X, Y, Z축 순서로 좌표를 0.1m씩 이동시켜 다른 지점을 탐색할 수 있다.

- [0008] 상기 메모리부는 30번 반복 이동 시 전력 값들의 평균을 저장할 수 있다.
- [0009] 상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 이동을 직교 좌표계 상의 6개의 이동 방향 중 하나 이상의 조합으로 나타내고, 상기 전력 예측 식을 상기 로봇 팔의 직교 좌표계 상의 위치에 따른 함수로 나타낼 수 있다.
- [0010] 상기 로봇 팔은 선단에 툴이 장착되는 플랜지를 포함하고, 상기 전력 계산부는 상기 플랜지의 중심을 원점으로 하여 상기 로봇 팔의 이동 위치에 따른 소비 전력을 계산할 수 있다.
- [0011] 상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 수직 방향 이동과 수평 방향 이동에 따른 전력 예측 식을 구분하여 도출할 수 있다.
- [0012] 상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 이동 중 수직 방향 이동을 상향과 하향을 구분하여 전력 예측 식을 도출하고, 수평 방향 이동은 X축 이동 전력의 변화가 Y축 이동 방향 이동의 전력 변화와 유사하므로 Y축 이동을 기준으로 전력 예측 식을 도출할 수 있다. 출발점과 도착점의 위치만 반대인 Y 좌표값이 증가하는 +Y 방향, Y 좌표값이 감소하는 -Y 방향 이동 전력의 차이는 통계적으로 유의하지 않다(p-value > 0.05). 따라서 +Y 방향의 수평 이동 전력 식을 통해 수평 이동의 전력을 예측할 수 있다.
- [0013] 상기 전력 계산부는 상기 로봇 팔의 이동을 상향, 하향 및 수평 이동으로 나누어 소비 전력을 계산하고, 상기 로봇 팔의 전력 예측 식은 직교 좌표계 상의 X축 좌표, Y축 좌표 및 Z축 좌표와 그에 따른 소비 전력으로 표현될 수 있다.
- [0014] 로봇 팔의 이동 속도가 0.1m/s, 가속도는 2m/s^2 , 로봇 팔의 이동 거리가 0.3m로 설정되었을 때 상기 로봇 팔의 상향 이동에 따른 전력 예측 식은 아래의 식 (1)로 표현될 수 있다.
- [0015]
$$P_U(W)=69.717-30.021x+58.116x^2-8.810y+30.068y^2+1.996z+21.960z^2-50.804z^3+23.428xy \text{ ----- 식 (1)}$$
- [0016] P_U 는 로봇 팔의 상향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.
- [0017] 상기 로봇 팔의 하향 이동에 따른 전력 예측 식은 아래의 식 (2)로 표현될 수 있다.
- [0018]
$$P_D=51.313-30.758x+65.011x^2-5.256y+28.112y^2+30.188z-18.453z^2+25.897xy-27.726xz-16.437yz \text{ ----- 식 (2)}$$
- [0019] P_D 는 로봇 팔의 하향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 좌표이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.
- [0020] 상기 로봇 팔의 수평 이동에 따른 전력 예측 식은 아래의 식 (3)로 표현될 수 있다.
- [0021]
$$P_H(W)=59.177-25.304x+58.484x^2+6.748y+38.995y^2+29.030z-35.155z^2+14.220xy \text{ ----- 식 (3)}$$
- [0022] P_H 는 로봇 팔의 수평 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.
- [0023] 상기 로봇 팔은 7축 자유도를 가질 수 있다.
- [0024] 로봇 팔의 전력 예측 방법은 로봇 팔 제어부가 로봇 팔을 특정 위치로 이동시키는 단계, 전력 계산부가 상기 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력을 계산하는 단계 및 상기 전력 계산부가 상기 로봇 팔이 이동한 위치와 그에 따른 소비 전력에 관한 데이터를 다중 회귀 분석하여 상기 로봇 팔의 전력 예측 식을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 전력 계산부가 상기 로봇 팔의 이동을 직교 좌표계 상의 6개의 이동

방향 중 하나 이상의 조합으로 나타내고, 상기 전력 예측 식을 상기 로봇 팔의 직교 좌표계 상의 위치에 따른 함수로 나타낼 수 있다.

[0026] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 말단부에 톨이 장착되는 플랜지의 중심을 원점으로 하여 상기 로봇 팔의 이동 위치에 따른 소비 전력을 계산할 수 있다.

[0027] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 수직 방향 이동과 수평 방향 이동에 따른 전력 예측 식을 구분하여 도출할 수 있다.

[0028] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 이동 중 수직 방향 이동을 상향과 하향을 구분하여 전력 예측 식을 도출하고, 수평 방향으로는 X축 방향과 Y축 방향을 구분하지 않고 전력 예측 식을 도출할 수 있다.

[0029] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 이동을 상향, 하향 및 수평 이동으로 나누어 소비 전력을 계산하고, 상기 로봇 팔의 전력 예측 식은 직교 좌표계 상의 X축 좌표, Y축 좌표 및 Z축 좌표와 그에 따른 소비 전력으로 표현될 수 있다.

[0030] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 상향 이동에 따른 전력 예측 식을 아래의 식 (1)로 표현할 수 있다.

[0031]
$$P_U(W)=69.717-30.021x+58.116x^2-8.810y+30.068y^2+1.996z+21.960z^2-50.804z^3+23.428xy \text{ ----- 식 (1)}$$

[0032] P_U 는 로봇 팔의 상향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표 이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

[0033] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 하향 이동에 따른 전력 예측 식을 아래의 식 (2)로 표현할 수 있다.

[0034]
$$P_D=51.313-30.758x+65.011x^2-5.256y+28.112y^2+30.188z-18.453z^2+25.897xy-27.726xz-16.437yz \text{ ----- 식 (2)}$$

[0035] P_D 는 로봇 팔의 하향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

[0036] 상기 전력 예측 식을 도출하는 단계는 상기 로봇 팔의 수평 이동에 따른 전력 예측 식을 아래의 식 (3)로 표현할 수 있다.

[0037]
$$P_H(W)=59.177-25.304x+58.484x^2+6.748y+38.995y^2+29.030z-35.155z^2+14.220xy \text{ ----- 식 (3)}$$

[0038] P_H 는 로봇 팔의 수평 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔 이동 출발점의 X축 좌표로 단위는 m이고, y는 로봇 팔 이동 출발점의 Y축 좌표로 단위는 m이고, z는 로봇 팔 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

[0039] 상기 로봇 팔은 7축 자유도를 갖는, 로봇 팔의 전력 예측 방법.

발명의 효과

[0040] 로봇 팔의 전력 예측 장치 및 방법은 로봇 팔의 이동 좌표와 그에 따른 소비 전력으로부터 다중 회귀 분석을 통해 전력 예측 식을 도출함으로써, 직관적이고 적은 연산으로 로봇 팔의 소비 전력을 쉽게 예측할 수 있다.

[0041] 로봇 팔의 소비 전력을 예측하기 위한 기존 동적 모델에서는 상당한 양의 정보(즉, 각도, 각속도, 각가속도, 링크 질량, 링크 길이)가 필요하여 복잡한 연산을 거쳐야 하는 반면, 본 발명에 따른 로봇 팔의 전력 예측 장치 및 방법은 보다 직관적인 변수로서 로봇 팔의 X, Y, Z 좌표를 활용해 로봇 팔의 전력을 예측하는 모델을 구축할 수 있다.

[0042] 특히 본 발명에 따른 로봇 팔의 전력 예측 장치 및 방법은 로봇 팔의 이동을 상향 이동, 하향 이동 및 수평 이동으로 구분해 각각의 이동에 대한 회귀 모델을 도출함으로써, 로봇 팔의 소비 전력을 쉽게 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1은 로봇 팔을 포함하는 로봇을 나타낸다.
- 도 2는 컨트롤러를 개략적으로 나타낸다.
- 도 3은 로봇 팔의 관절과 말단부를 개략적으로 나타낸다.
- 도 4 및 도 5는 로봇 팔의 이동을 개략적으로 나타낸다.
- 도 6은 로봇 팔의 이동에 따른 소비 전력 그래프를 나타낸다.
- 도 7은 로봇 팔의 이동과 소비 전력의 데이터에 관한 표와 데이터를 다중 회귀 분석한 그래프를 나타낸다.
- 도 8 내지 도 10은 각각 로봇 팔의 상향 이동, 하향 이동 및 수평 이동 시 소비 전력을 시각화하여 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 이하, 첨부된 도면에 예시된 실시예를 참조하여 본 개시를 설명한다. 설명되는 실시예들은 본 명세서에서 설명되는 내용에 한정되지 않고 서로 다른 형태를 가질 수도 있다. 따라서 실시예는 본 발명의 측면 및 특징을 설명하기 위해 도면을 참조하여 이하에서 설명될 뿐이다.
- [0045] 본 개시는 다양한 실시예 및 변형예를 포함하며, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 아래의 설명에서 설명하고자 한다. 그러나 본 개시는 상술한 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 사상 및 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함한다.
- [0046] 요소(element) 또는 층(layer)이 다른 요소 또는 층의 "위에" 있거나, 다른 요소 또는 층에 "연결"되거나 또는 "결합"된 것으로 지칭될 때, 해당 요소 또는 층이 다른 요소 또는 층 상에 직접, 연결 또는 결합될 수 있다. 또는 하나 이상의 요소 또는 층이 추가로 존재할 수 있다. 요소 또는 층이 다른 요소 또는 레이어에 "바로 위에" 있거나, "직접 연결"되거나 또는 "직접 결합"되는 것으로 지칭될 때는 그 사이에 다른 중간 요소 또는 중간 층이 존재하지 않을 수 있다. 예를 들어, 제1요소가 제2요소와 "결합" 또는 "연결"된다고 기재된 경우, 제1요소는 제2요소에 직접 결합 또는 연결될 수도 있고, 제1요소가 하나 이상의 중간 요소를 통해 제2요소에 간접적으로 결합 또는 연결될 수도 있다.
- [0047] 도면에서 다양한 요소, 층 등의 치수는 예시의 명확성을 위해 과장될 수 있다. 동일한 도면부호는 동일한 요소를 나타낼 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "및/또는"이라는 용어는 연관된 나열된 항목 중 하나 이상의 임의의 및 모든 조합을 포함한다. 또한, 본 개시의 실시예를 설명할 때 "할 수 있다"의 사용은 "본 개시의 하나 이상의 실시예"와 관련이 있다. "적어도 하나" 및 "어떤 하나"와 같은 표현은 요소들의 리스트 앞에 올 때, 요소들의 전체 리스트를 변경하되 리스트의 개별 요소를 변경하지 않을 수 있다. 예를 들어, "a, b 또는 c 중 적어도 하나"라는 표현은 a만, b만, c만, a와 b 모두, a와 c 모두, b와 c 모두, a, b, c 모두 또는 그 변형을 나타낼 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "사용하다", "사용하는" 및 "사용되는"이라는 용어는 각각 "활용하다", "활용하는" 및 "활용되는"이라는 용어와 동의어로 간주될 수 있다. 본 명세서에 사용된 용어 "실질적으로", "약" 및 유사한 용어는 정도의 용어가 아닌 근사치의 용어로 사용되며, 통상의 기술자가 인식할 수 있는 측정 또는 계산된 값의 내재적 변동을 설명하기 위한 것이다.
- [0048] 제1, 제2, 제3 등의 용어가 본 명세서에서 다양한 요소, 구성요소(component), 영역(region), 층 및/또는 단면(section)을 설명하기 위해 사용될 수 있지만, 이들 요소, 구성요소, 영역, 층 및/또는 단면이 이러한 용어로 제한되지 않는다. 이러한 용어는 하나의 요소, 구성요소, 영역, 층 또는 단면을 다른 요소, 구성요소, 영역, 층 또는 단면과 구별하는 데 사용된다. 따라서 아래에서 논의되는 제1요소, 제1구성요소, 제1영역, 제1층 또는 제1단면은 예시적인 실시예의 개시로부터 벗어나지 않고 제2요소, 제2구성요소, 제2영역, 제2층 또는 제2단면으로 명명될 수 있다.
- [0049] "아래", "하부", "위", "상부" 등과 같은 공간적으로 상대적인 용어는 다른 요소(들)에 대한 하나의 요소 또는 다른 요소와 특징의 관계 또는 그림에 설명된 기능(들)을 설명하기 위해 설명의 편의를 목적으로 본 명세서에서 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 묘사된 방향에 더하여 사용 또는 작동 중인 장치의 다른 방향을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도면의 장치가 뒤집힌 경우, 다른 요소 또는 특징의 "아래" 또는 "하부"로 설명된 요소는 다른 요소 또는 특징의 "위" 또는 "상부"로 배향될 수 있다. 따라서, "아래"라는 용어는 위 및 아래의 방향을 모두 포함할 수 있다. 장치는 다른 방향(90도 회전 또는 다른 방향으로)으로 향할 수 있

며 본 명세서에서 사용된 공간적으로 상대적인 설명어는 이에 따라 해석되어야 한다.

- [0050] 본 명세서에서 사용한 용어는 본 발명의 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 본 명세서에서 사용되는 단수형은 문맥상 명백하게 다르게 나타내지 않는 한 복수형도 포함할 수 있다. "포함하다", "구비하다", "구성하다"라는 용어는 본 명세서에서 사용될 때 명시된 특징, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 구성요소를 특정하나, 하나 이상의 다른 기능, 정수, 단계, 동작, 요소, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0051] 실시예가 프로세스로 구현될 수 있는 경우, 특정 프로세스 순서는 설명된 순서와 다르게 수행될 수 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 개의 프로세스는 동시에 또는 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명된 순서와 역순으로 수행될 수도 있다.
- [0052] 도 1은 로봇 팔(10)을 포함하는 로봇 팔의 전력 예측 장치(1)를 나타내고, 도 2는 컨트롤러(30)를 개략적으로 나타내고, 도 3은 로봇 팔(10)의 관절과 플랜지(100)를 개략적으로 나타내고, 도 4 및 도 5는 로봇 팔(10)의 이동을 개략적으로 나타내고, 도 6은 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력 그래프를 나타내고, 도 7은 로봇 팔(10)의 이동과 소비 전력의 데이터에 관한 표와 데이터를 다중 회귀 분석한 그래프를 나타낸다.
- [0053] 로봇 팔의 전력 예측 장치(1)는 로봇 팔(10)의 동작을 제어하고 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 예측할 수 있다. 예를 들어 로봇 팔의 전력 예측 장치(1)는 로봇 팔(10)을 지정된 위치로 이동시키고, 위치 이동에 소비된 전력을 계산하고, 이동한 거리(또는 좌표)와 그에 따라 소비된 전력에 관한 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 다중 회귀 분석하여 로봇 팔(10)의 소비 전력 식을 도출할 수 있다. 예를 들어 로봇 팔의 전력 예측 장치(1)는 로봇에 포함되거나, 로봇과 구분되어 단독으로 구비될 수 있다. 로봇 팔의 전력 예측 장치(1)는 로봇 팔(10), 툴(20) 및 컨트롤러(30)를 포함할 수 있다.
- [0054] 로봇 팔(10)은 제조 설비, 물류 설비 등에 활용되는 로봇 또는 협동 로봇에 구비되어 대상체를 파지 및 이동하는 동작을 구현할 수 있다. 또는 로봇 팔(10)은 의료 기기에 구비되어 마스터(사용자)의 동작을 매니퓰레이팅(manipulating)하는 슬레이브로서 수술 등에 이용될 수 있다. 또는 도 1에 나타난 바와 같이, 로봇 팔(10)은 로봇 팔의 전력 예측 장치(1)에 포함되어 로봇이나 의료 기기 등과 독립적으로 사용될 수 있다. 로봇 팔(10)은 다자유도(multi DOF)를 가질 수 있으며, 예를 들어 도 3에 나타난 바와 같이, 7 자유도를 가질 수 있다. 로봇 팔(10)은 복수 개의 관절을 포함하며, 각각의 관절들이 회전하면서 말단 관절에 장착된 툴(20)을 원하는 위치로 이동시킬 수 있다.
- [0055] 로봇 팔(10)은 복수 개의 관절 중 말단 관절이 툴(20)과 연결될 수 있다. 예를 들어 도 3에 나타난 바와 같이, 로봇 팔(10)이 7 자유도를 갖는 경우, 로봇 팔(10)은 7개의 관절을 가지며, 말단 관절, 즉 가장 선단부에 위치한 관절에 툴(20)이 연결될 수 있다. 또한 해당 관절이 툴(20)과 연결되는 플랜지(100)의 중심이 로봇 팔(10)의 위치 및 이동 거리 등을 계산하는 원점이 될 수 있다.
- [0056] 툴(20)은 로봇 팔(10)과 연결되어 여러 동작을 수행할 수 있다. 예를 들어 툴(20)은 로봇 팔(10)의 말단에 연결되는 EOAT(End Of Arm Tooling)로서, 그리퍼, 석션 컵, 센서 또는 기타 제조 및 가공 공정 등에 이용될 수 있는 툴, 또는 수술용 툴일 수 있다.
- [0057] 컨트롤러(30)는 로봇 팔(10)의 이동을 제어하고 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 계산할 수 있다. 예를 들어 컨트롤러(30)는 유/무선으로 로봇 팔(10) 및 툴(20)과 연결되어, 로봇 팔(10)을 특정 위치로 이동시키고 이동에 소요되는 전력을 계산할 수 있다. 또한 컨트롤러(30)는 로봇 팔(10)을 이동시키기 전에, 로봇 팔(10)의 이동 시 소비되는 전력을 예측할 수 있다. 컨트롤러(30)는 하나 이상의 마이크로프로세서 또는 기타 제어 장치를 통해 각각의 제어 기능을 실행할 수 있는 메모리, 프로세서, 논리 회로, 룩업(look-up) 테이블 등의 직접적인 회로 구조를 이용할 수 있다. 컨트롤러(30)는 특정 논리 기능을 수행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 명령을 포함하고, 하나 이상의 마이크로프로세서 또는 기타 제어 장치에 의해 실행되는 모듈, 프로그램, 또는 코드의 일부로 구체적으로 구현될 수 있다. 컨트롤러(30)는 각 기능을 수행하는 중앙처리장치(CPU), 마이크로프로세서 등의 프로세서를 포함하거나 이에 의해 구현될 수 있다. 컨트롤러(30)는 로봇 팔(10) 및 툴(20)과 통신하기 위한 통신 장치를 포함하며, 상기 통신 장치는 디지털 모뎀, RF 모뎀, 안테나 회로, WiFi 칩 및 관련 소프트웨어 및/또는 펌웨어 중 어느 하나 또는 조합을 포함할 수 있다.
- [0058] 예를 들어 도 2에 나타난 바와 같이, 컨트롤러(30)는 로봇 팔 제어부(310), 전력 계산부(320), 메모리부(330), 통신부(340)를 포함할 수 있다.
- [0059] 로봇 팔 제어부(310)는 로봇 팔(10)을 특정 위치로 이동시킬 수 있다. 예를 들어 로봇 팔 제어부(310)는 통신부

(340)를 통해 로봇 팔(10)을 지정된 위치로 이동시킬 수 있다. 로봇 팔 제어부(310)는 로봇 팔(10)에 포함된 복수 개의 관절 중 하나 이상을 회전시켜 로봇 팔(10) 또는 로봇 팔(10)에 연결된 툴(20)을 이동시킬 수 있다. 예를 들어 로봇 팔 제어부(310)는 복수 개의 관절 중 툴(20)과 연결된 말단 관절의 플랜지(100)의 중심을 기준으로 로봇 팔(10)을 이동시킬 수 있다.

[0060] 로봇 팔 제어부(310)는 로봇 팔(10)을 이동시키기 위한 액추에이터를 포함할 수 있다. 예를 들어 로봇 팔 제어부(310)는 복수 개의 관절을 개별적으로 작동시킬 수 있으며, 공압, 유압 또는 전동 액추에이터를 포함할 수 있다. 예를 들어 로봇 팔 제어부(310)는 전기 모터를 통해 각각의 관절을 개별적으로 움직일 수 있다. 도 3에 나타난 바와 같이, 로봇 팔(10)의 복수 개의 관절(예를 들어 7개)을 포함하며 로봇 팔 제어부(310)는 복수 개의 관절을 개별적으로 제어하여 툴(20)과 연결된 최선단 관절을 움직일 수 있다. 로봇 팔 제어부(310)는 사용자의 지시를 입력 받거나 메모리부(330)에 저장된 데이터에 기초해 로봇 팔(10)을 원하는 위치로 이동시킬 수 있다. 예를 들어 로봇 팔 제어부(310)는 최선단 관절의 플랜지(100)의 중심인 원점 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ 를 기준으로 이동시키고자 하는 로봇 팔(10)의 위치를 지정할 수 있다. 도 4에 나타난 바와 같이, 로봇 팔 제어부(310)는 원점 P_0 에서 제1지점 $P_1(X_1, Y_1, Z_1)$ 까지 로봇 팔(10)을 이동시킬 수 있다. 또한 도 5에 나타난 바와 같이, 로봇 팔 제어부(310)는 원점 P_0 에서 제2지점 $P_2(X_2, Y_2, Z_2)$ 까지 로봇 팔(10)을 이동시킬 수 있다.

[0061] 로봇 팔 제어부(310)는 미리 설정된 이동 거리, 속도 및 가속도 범위 내에서 로봇 팔(10)을 제어할 수 있다. 예를 들어 로봇 팔 제어부(310)는 원점 P_0 에서 다음 위치까지의 거리가 0.3m, 이동 속도가 0.1m/s, 가속도가 2m/s^2 가 되도록 로봇 팔(10)을 이동시킬 수 있다.

[0062] 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 계산할 수 있다. 예를 들어 로봇 팔 제어부(310)가 로봇 팔(10)을 초기 위치에서 특정 위치로 이동시키면, 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 이동에 소비된 전력을 계산할 수 있다. 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 구동부(예를 들어 전기 모터, 유/공압 실린더 등)와 연결되어, 상기 구동부의 소비 전력을 계산할 수 있다. 또한 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)이 이동하기 전에, 로봇 팔(10)의 이동 시 소비되는 전력을 예측할 수 있다. 예를 들어 전력 계산부(320)는 로봇 팔 제어부(310)가 로봇 팔(10)을 여러 위치로 이동시키고, 각각의 이동 시 소비된 전력을 계산하여, 로봇 팔(10)의 이동과 소비 전력에 관한 데이터를 수집할 수 있다. 수집된 데이터는 메모리부(330)에 저장되고, 전력 계산부(320)는 수집된 데이터를 다중 회귀 분석(multiple linear regression analysis)하여, 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 예측하는 전력 예측 식을 도출할 수 있다.

[0063] 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 이동을 직교 좌표계 상의 6개의 이동 방향 중 하나 이상의 조합으로 표현할 수 있다. 예를 들어 도 3 내지 도 5에 나타난 바와 같이, 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 이동 방향을 +X, -X, +Y, -Y, +Z, -Z 6개의 방향 중 하나 이상의 방향들의 조합으로 표현할 수 있다. 여기서 직교 좌표계의 원점은 로봇 팔(10)에 포함된 복수 개의 관절 중 툴(20)과 연결된, 최선단에 위치한 관절일 수 있다. 그리고 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 초기 위치와 나중 위치에 관한 데이터 및 각각의 이동에 따른 소비 전력에 관한 데이터를 수집해 메모리부(330)에 저장할 수 있다. 또한 전력 계산부(320)는 저장된 데이터에 기초해 전력 예측 식을 로봇 팔(10)의 직교 좌표계 상의 위치에 따른 함수로 나타낼 수 있다. 전력 계산부(320)는 툴(20)이 장착되는 플랜지(100)의 중심을 원점으로 하여 로봇 팔(10)의 이동 위치에 따른 소비 전력을 계산할 수 있다. 즉, 툴(20)이 장착되는 플랜지(100)의 중심이 로봇 팔(10)의 이동의 기준이 되는 원점이 될 수 있다. 또한 로봇 팔(10)의 이동과 그에 따른 소비 전력에 관한 데이터도 플랜지(100)의 중심을 기준으로 수집될 수 있다.

[0064] 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 이동 방향을 직교 좌표계 상에서 표현되는 이동 방향의 개수보다 적은 개수로 단순화하여 전력 예측 식을 도출할 수 있다. 예를 들어 직교 좌표계 상에서 표현되는 이동 방향의 개수는 +X, -X, +Y, -Y, +Z, -Z로 총 6개일 수 있다. 그리고 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 이동 방향을 5개 이하로 단순화하여 전력 예측 식을 도출할 수 있다. 즉, 전력 계산부(320)에 의해 도출되는 전력 예측 식의 개수는 직교 좌표계 상에서 표현되는 이동 방향의 개수보다 적을 수 있다. 예를 들어 전력 계산부(320)는 3개의 전력 예측 식으로 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 예측할 수 있다.

[0065] 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 수직 방향 이동(예를 들어 +Z, -Z)과 수평 방향 이동(예를 들어 +X, -X, +Y, -Y)에 따른 전력 예측 식을 구분하여 도출할 수 있다. 또한 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 수직 방향 이동을 상향과 하향으로 구분하여 전력 예측 식을 도출할 수 있다. 즉, 연직 방향으로 로봇 팔(10)에 중력이 작용하므로, 로봇 팔(10)이 상향 이동할 때는 전력이 더 소비되고, 로봇 팔(10)이 하향 이동할 때는 전력이 덜 소비된다. 따라서 이러한 중력에 따른 소비 전력 차이를 보상하기 위해 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 상향 이동

과 하향 이동에 따른 전력 예측 식을 독립적으로 도출할 수 있다. 또한 로봇 팔(10)의 수평 방향 이동에 대해서는 중력에 따른 소비 전력 차이를 보상할 필요가 없으므로 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 수평 방향 이동, 즉, +X, -X, +Y, -Y 4방향으로의 이동에 따른 전력 예측 식을 1개로 단순화하여 도출할 수 있다. 다시 말해, 전력 계산부(320)는 중력이 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력에 영향을 미치는 지 여부에 따라 로봇 팔(10)의 이동 방향에 따른 전력 예측 식을 구분하여 도출할 수 있다. 그리고 전력 계산부(320)는 전력 예측 식을 로봇 팔(10)의 상향 이동(예를 들어 +Z축 방향), 로봇 팔(10)의 하향 이동(예를 들어 -Z축 방향) 및 로봇 팔(10)의 수평 이동(예를 들어 +X축 방향, -X축 방향, +Y축 방향, -Y축 방향)에 대해 각각 도출하여, 총 3개의 전력 예측 식으로 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 예측할 수 있다. 따라서 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 이동 방향보다 적은 개수의 전력 예측 식을 이용해, 적은 연산으로 로봇 팔(10)의 소비 전력을 효율적으로 예측할 수 있다.

[0066] 예를 들어 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 상향 이동에 따른 전력 예측 식을 식 (1)로 표현할 수 있다.

[0067] $P_U(W)=69.717-30.021x+58.116x^2-8.810y+30.068y^2+1.996z+21.960z^2-50.804z+23.428xy$ ----- 식 (1)

[0068] P_U 는 로봇 팔(10)의 상향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

[0069] 또한 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 하향 이동에 따른 전력 예측 식을 식 (2)로 표현할 수 있다.

[0070] $P_D=51.313-30.758x+65.011x^2-5.256y+28.112y^2+30.188z-18.453z^2+25.897xy-27.726xz-16.437yz$ ----- 식 (2)

[0071] P_D 는 로봇 팔(10)의 하향 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔 이동 출발점(10)의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

[0072] 또한 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 수평 이동에 따른 전력 예측 식을 식 (3)으로 표현할 수 있다.

[0073] $P_H(W)=59.177-25.304x+58.484x^2+6.748y+38.995y^2+29.030z-35.155z^2+14.220xy$ ----- 식 (3)

[0074] P_H 는 로봇 팔(10)의 수평 이동에 따른 소비 전력으로서 단위는 W이고, x는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 X축 좌표이고, y는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 Y축 좌표이고, z는 로봇 팔(10) 이동 출발점의 Z축 좌표를 나타낸다. x, y, z의 단위는 m이다.

[0075] 메모리부(330)는 로봇 팔(10)의 이동과 소비 전력에 관한 데이터 및 전력 계산부(320)가 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 계산하는 데 필요한 데이터를 저장할 수 있다. 예를 들어 메모리부(330)는 로봇 팔(10)의 이동 속도, 가속도 등 기본적인 사양에 관한 데이터를 저장할 수 있다. 또한 메모리부(330)는 로봇 팔 제어부(310)에 의해 로봇 팔(10)이 이동한 거리 및 위치에 관한 데이터, 각각의 이동에 따라 소비된 전력에 관한 데이터를 저장할 수 있다.

[0076] 통신부(340)는 컨트롤러(30)의 구성요소들을 서로 연결하거나 컨트롤러(30)를 로봇 팔(10) 및/또는 툴(20)과 연결할 수 있다. 예를 들어 통신부(340)는 로봇 팔 제어부(310), 전력 계산부(320) 및 메모리부(330) 간의 데이터를 전달할 수 있다. 또한 통신부(340)는 로봇 팔 제어부(310)와 로봇 팔(10) 간의 데이터를 전달할 수 있다. 통신부(340)의 데이터 송수신 방식은 유선 및/또는 무선일 수 있다. 예를 들어 통신부(340)는 블루투스, 이더넷, 홈PNA, RF, IR, IEEE 무선 랜, Home RF 등 다양한 종류의 통신 프로토콜을 이용할 수 있다.

[0077] 다음 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력 계산과 전력 예측 식 도출을 설명한다.

[0078] 도 3에 나타난 바와 같이, 로봇 팔(10)은 복수 개의 관절을 포함하며, 말단 관절의 플랜지(100)에 툴(도면 부호 미도시)이 연결될 수 있다. 플랜지(100)의 중심이 로봇 팔(10)의 위치 및 이동 거리 등을 계산하는 기준이 되는 원점 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ 일 수 있다.

[0079] 이 상태에서 로봇 팔 제어부(310)가 로봇 팔(10)을 제1지점 $P_1(X_1, Y_1, Z_1)$ 으로 이동시킬 수 있다. 여기서 제1지점 P_1 은 플랜지(100)의 중심의 좌표를 나타낼 수 있다. 로봇 팔 제어부(310)는 원점 P_0 와 제1지점 P_1 간의 거리

L1, 로봇 팔(10)의 이동 속도 v_1 및 로봇 팔(10)의 가속도 a_1 을 미리 설정된 범위 내에서 제어할 수 있다. 그리고 전력 계산부(320)는 원점 P_0 와 제1지점 P_1 까지 이동하면서 소비된 전력을 계산해 메모리부(330)에 저장한다. 예를 들어 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력은 도 6에 나타낸 바와 같이, 로봇 팔(10)이 이동을 시작한 시점부터 이동을 종료한 시점 사이에 소비된 전력과 이동에 소요된 시간에 기초해 평균 소비 전력으로 계산될 수 있다.

[0080] 마찬가지로 플랜지(100)가 원점 P_0 에 있을 때, 로봇 팔 제어부(310)가 로봇 팔(10)을 제2지점 $P_2(X_2, Y_2, Z_2)$ 으로 이동시킬 수 있다. 여기서 제2지점 P_2 은 플랜지(100)의 중심의 좌표를 나타낼 수 있다. 로봇 팔 제어부(310)는 원점 P_0 와 제2지점 P_2 간의 거리 L_2 , 로봇 팔(10)의 이동 속도 v_2 및 로봇 팔(10)의 가속도 a_2 을 미리 설정된 범위 내에서 제어할 수 있다. 그리고 전력 계산부(320)는 원점 P_0 와 제2지점 P_2 까지 이동하면서 소비된 전력을 계산해 메모리부(330)에 저장한다.

[0081] 이와 같은 방식으로 로봇 팔 제어부(310)가 원점 P_0 에서 복수 개의 지점으로 로봇 팔(10)을 이동시키고, 전력 계산부(320)는 각각의 이동에 소비된 전력을 계산할 수 있다. 메모리부(330)는 각각의 지점의 좌표값과 소비된 전력에 관한 데이터를 저장하고, 전력 계산부(320)는 저장된 데이터에 기반해 다중 회귀 분석으로 전력 예측 식을 도출할 수 있다. 예를 들어 도 7에 나타낸 바와 같이, 메모리부(330)는 이동한 지점의 X축, Y축 및 Z축의 좌표와 이동에 소비된 전력에 관한 다수의 데이터를 저장할 수 있다. 그리고 전력 계산부(320)는 X, Y, Z 좌표값을 독립변수로 설정하고, 소비 전력을 종속변수로 설정해 다중 회귀 분석을 실시하여, 전력 예측 식을 도출할 수 있다.

[0082] 전력 계산부(320)는 곡선 피팅(curve-fitting)을 통해 수집된 데이터에 대한 적합한 함수를 도출할 수 있다. 예를 들어 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 상향 이동 시, 독립변수 x 와 y 는 2차 방정식으로 피팅하고, z 는 3차 방정식으로 피팅할 수 있다. 또한 전력 계산부(320)는 로봇 팔(10)의 하향 이동 및 수평 이동 시, 독립변수 x , y 및 z 는 2차 방정식으로 피팅될 수 있다. 예를 들어 전력 계산부(320)는 이동 거리가 0.3m, 속도가 0.1m/s, 가속도가 2m/s^2 일 때 로봇 팔(10)의 이동에 따른 소비 전력을 예측하는 식을 아래의 3개의 식으로 표현할 수 있다.

[0083]
$$P_U(W)=69.717-30.021x+58.116x^2-8.810y+30.068y^2+1.996z+21.960z^2-50.804z^3+23.428xy$$

[0084]
$$P_D=51.313-30.758x+65.011x^2-5.256y+28.112y^2+30.188z-18.453z^2+25.897xy-27.726xz-16.437yz$$

[0085]
$$P_H(W)=59.177-25.304x+58.484x^2+6.748y+38.995y^2+29.030z-35.155z^2+14.220xy$$

[0086] 도 7의 그래프는 도출된 식에 따른 소비 전력을 시각화한 것을 나타낸다.

[0087] 다음 로봇 팔의 전력 예측 장치(1)가 로봇 팔(10)의 전력을 예측하는 방법을 설명한다. 로봇 팔(10)의 전력 예측 방법은

[0088] 먼저

[0090] 실시예

[0091] 먼저 로봇 팔(10)의 이동을 상향(+Z축), 하향(-Z축) 및 수평 방향(X축 및 Y축)으로 구분하고, 각 움직임에 대한 로봇 팔(10)의 플랜지(100)의 X, Y, Z 좌표에 따른 평균 소비 전력에 관한 데이터를 수집했다. 로봇 팔(10)의 이동 거리는 0.3m, 이동 속도는 0.1m/s, 가속도는 2m/s^2 으로 설정하였다. 좌표의 단위는 m이고, 좌표(0.25, 0, 0.15)에서 수직 이동 방향 -Z 방향으로 0.3m 이동 후 +Z 방향으로 0.3m 이동하여 복귀하였다. 수평 이동 방향 -Y 방향으로 0.3m 이동 후 +Y 방향으로 0.3m 이동하여 복귀하였다. 이동과 이동 사이에는 1초의 일시 정지 구간을 가졌으며, 안정된 데이터를 얻기 위해 이동을 30번 반복하여 전력을 측정하였다. 실험 결과로 반복 측정된 전력의 평균을 데이터로 저장하였다. 이후 X, Y, Z축 순서로 좌표를 0.1m씩 이동시켜 다른 지점들의 이동 평균 전력을 측정하였다. 수집된 데이터에 기초해 다중 회귀 분석을 실시했다. 다중 회귀 분석에서 실험에서 관찰된 데이터에 가장 적합한 수학적 함수를 찾기 위해 곡선 피팅이 사용되었다. 로봇 팔(10)의 상향 이동의 경우 독립변수 x 와 y 는 2차 방정식으로 피팅되고, z 는 3차 방정식으로 피팅됐다. 로봇 팔(10)의 하향 이동 및 수평 이동

의 모든 독립 변수는 2차 방정식으로 피팅됐다. 회귀식에서는 선형항, 다항항, 상호작용항을 고려하는데, 이들 항 중 p-값이 높은 항은 제거되었다(p-value > 0.05). 독립 변수의 단위를 미터로 하여 최종 방정식, 즉 전력 예측 식을 도출했다. 최종 방정식은 상향 이동 방정식, 하향 이동 방정식, 수평 이동 방정식으로 나타냈으며, 상향 이동 방정식은 $P_U(W)=69.717-30.021x+58.116x^2-8.810y+30.068y^2+1.996z+21.960z^2-50.804z^3+23.428xy$ 이고 설명력(결정계수) $R^2=0.956$ 이었다. 하향 이동 방정식은 $P_D=51.313-30.758x+65.011x^2-5.256y+28.112y^2+30.188z-18.453z^2+25.897xy-27.726xz-16.437yz$ 이고 $R^2=0.948$ 이었다. 수평 이동 방정식은 $P_H(W)=59.177-25.304x+58.484x^2+6.748y+38.995y^2+29.030z-35.155z^2+14.220xy$ 이고 $R^2=0.967$ 이었다.

[0092] 그리고 상향, 하향 및 수평 이동 회귀 모델에 대한 분산 분석(ANOVA)을 실시했다. 그 결과는 아래 표 1과 같다.

표 1

Upward Movement	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Regression	905.006	8	113.126	291.042	.000
Residual	41.201	106	.389		
Total	946.207	114			
Downward Movement	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Regression	746.731	9	82.970	214.593	.000
Residual	40.597	105	.387		
Total	787.328	114			
Horizontal Movement	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Regression	856.810	7	122.401	448.484	.000
Residual	28.930	106	.273		
Total	885.739	113			

[0093]

[0094] 실험의 결과에서 x를 0.25로 고정하고, y와 z의 변화에 따른 소비 전력의 변화를 도 8 내지 도 10에 나타냈다. 도 8 내지 도 10은 각각 로봇 팔(10)의 상향 이동, 하향 이동 및 수평 이동 시 소비 전력을 시각화하여 나타낸다. 도 8 내지 도 10에 나타낸 바와 같이, y=0인 지점에서 로봇 팔(10)에 툴(20)이 장착되는 플랜지(100)가 Y축 방향으로 멀어질수록 더 많은 전력이 소비되는 것을 알 수 있다. 도 10에 나타낸 바와 같이, z=0인 지점에서 플랜지(100)가 Z축 방향으로 멀어질 때 일정 지점을 지나면서 전력이 증가하다가 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 로봇 팔(10)이 구부렸을 때 완전히 펴거나 완전히 접었을 때보다 더 많은 힘이 필요한 것을 의미한다. 이와 같이 도면에 도시된 실시예를 참고로 본 발명을 설명하였으나, 이는 예시에 불과하다. 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 갖는 자라면 실시예로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 충분히 이해할 수 있다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위에 기초하여 정해져야 한다.

부호의 설명

[0095] 1: 로봇 팔의 전력 예측 장치

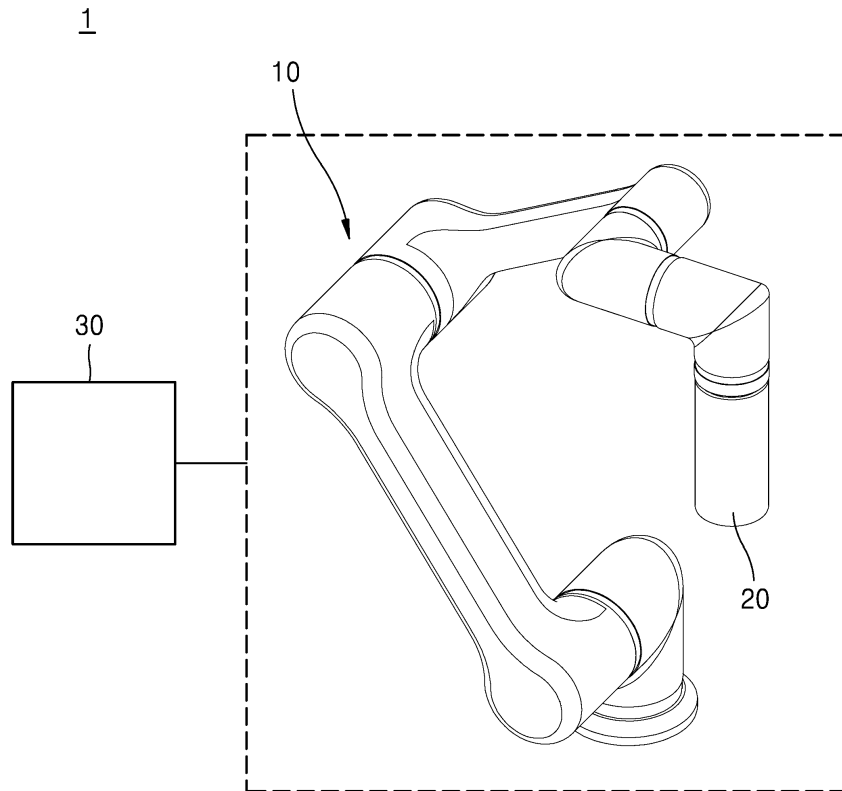
10: 로봇 팔

20: 툴

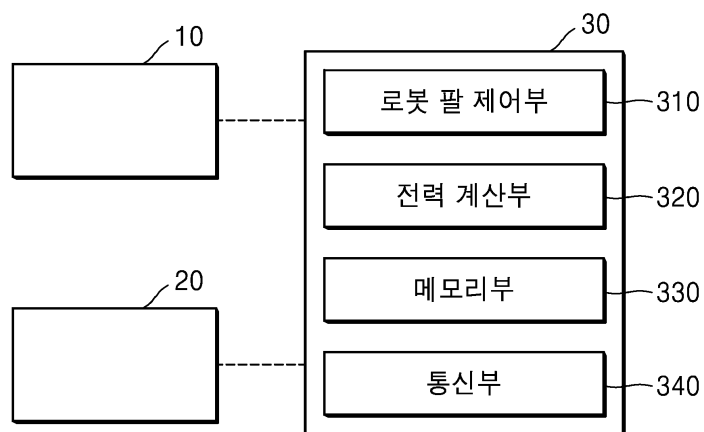
30: 컨트롤러

도면

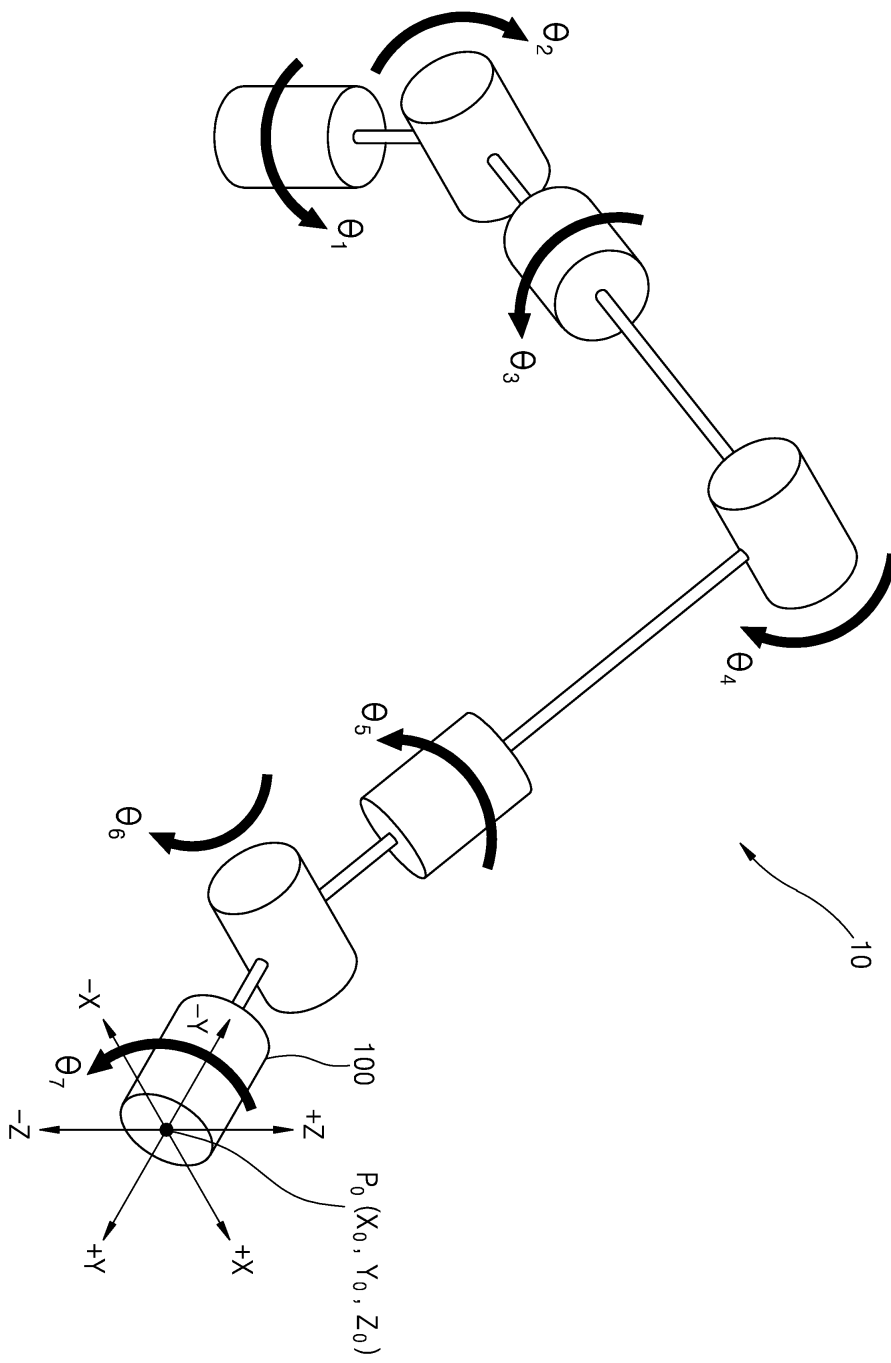
도면1



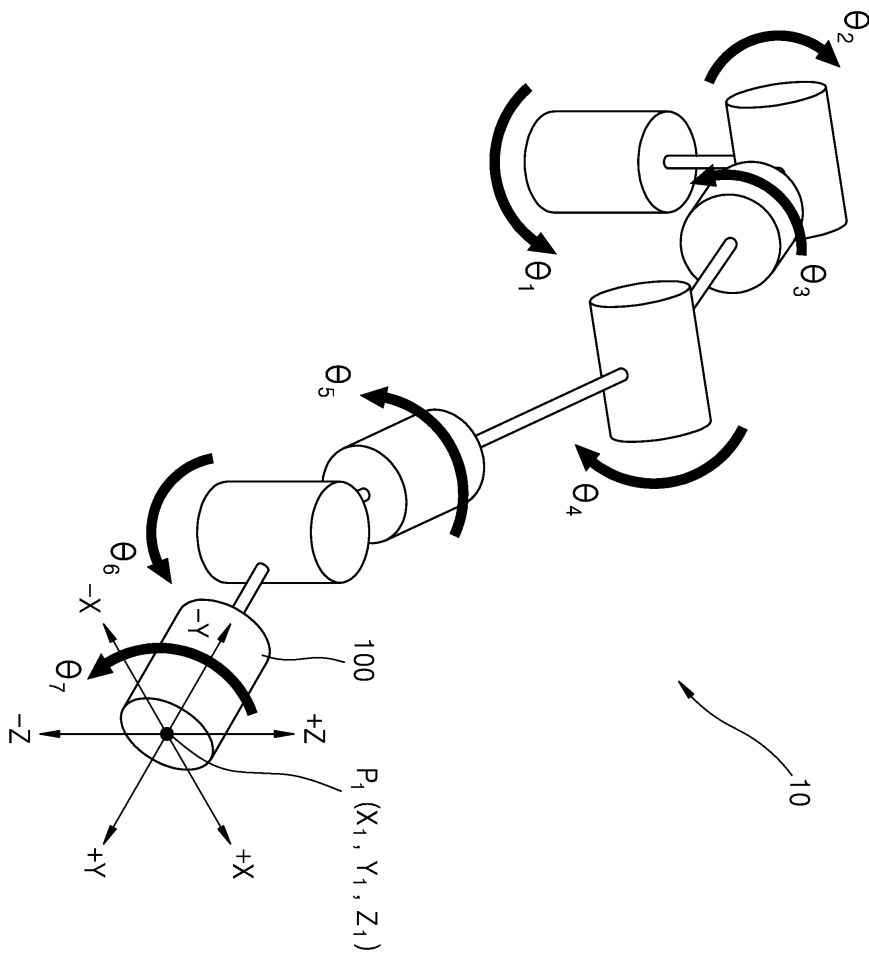
도면2



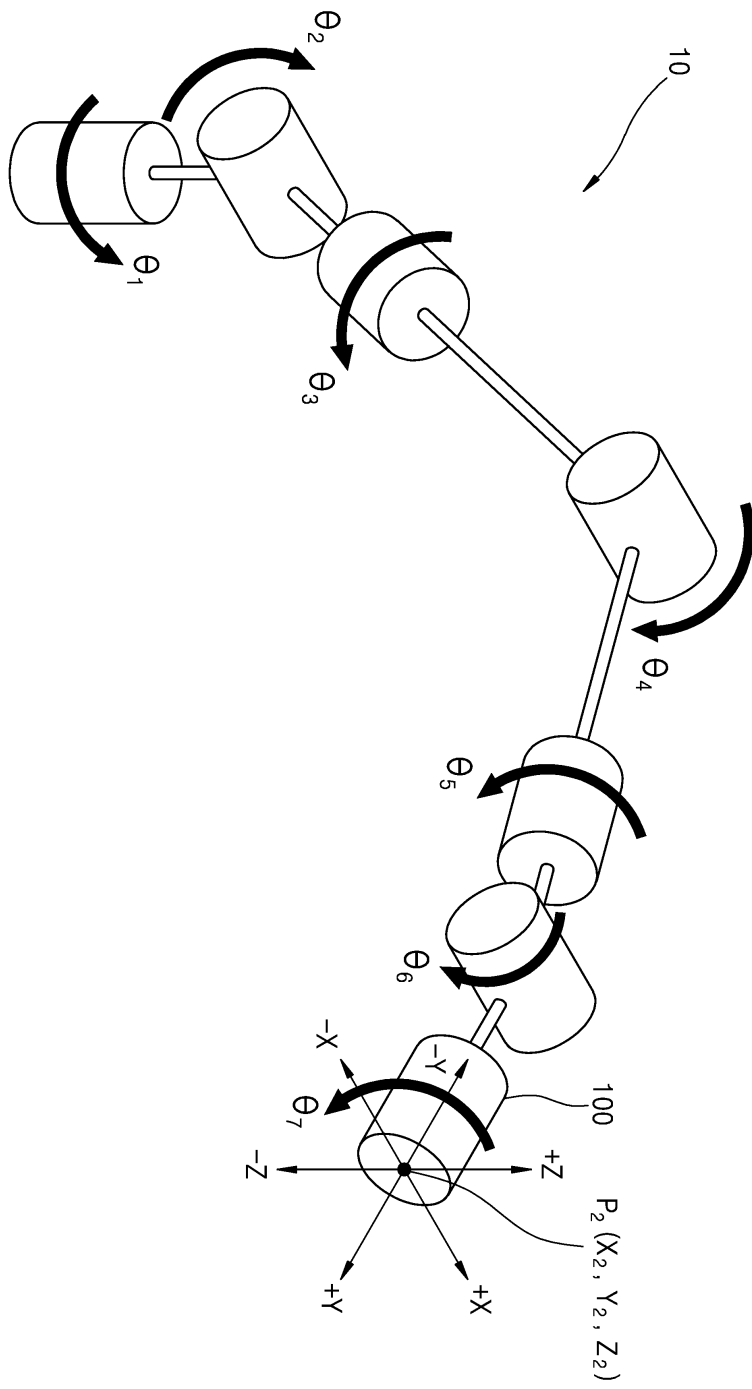
도면3



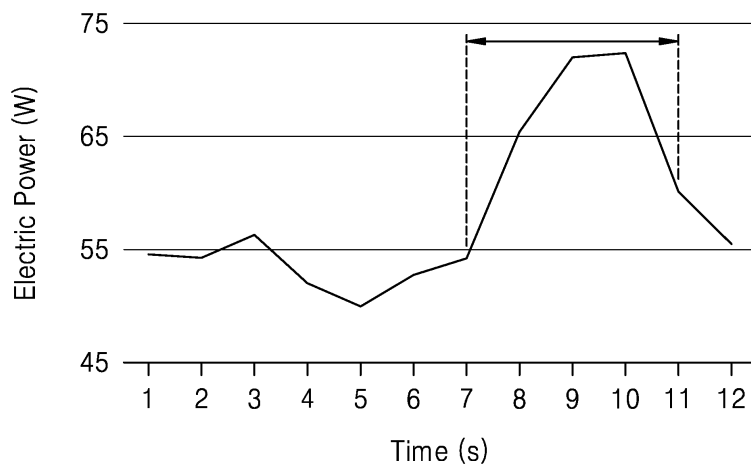
도면4



도면5

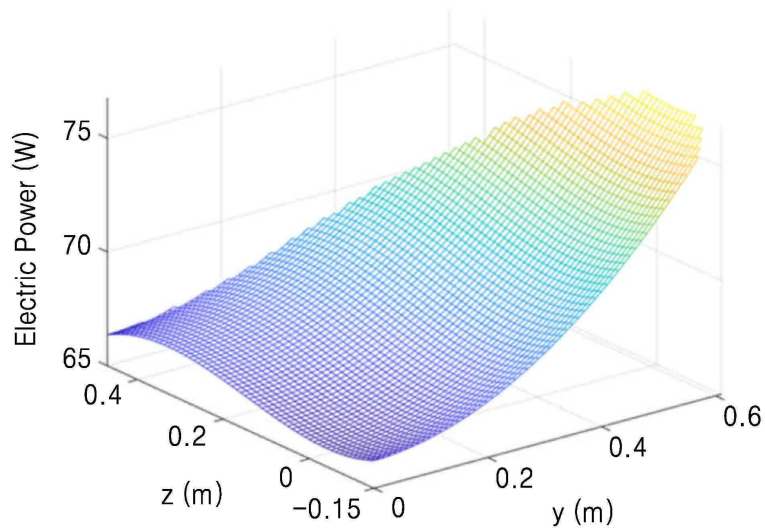
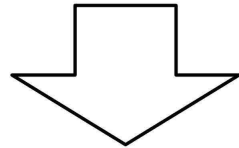


도면6

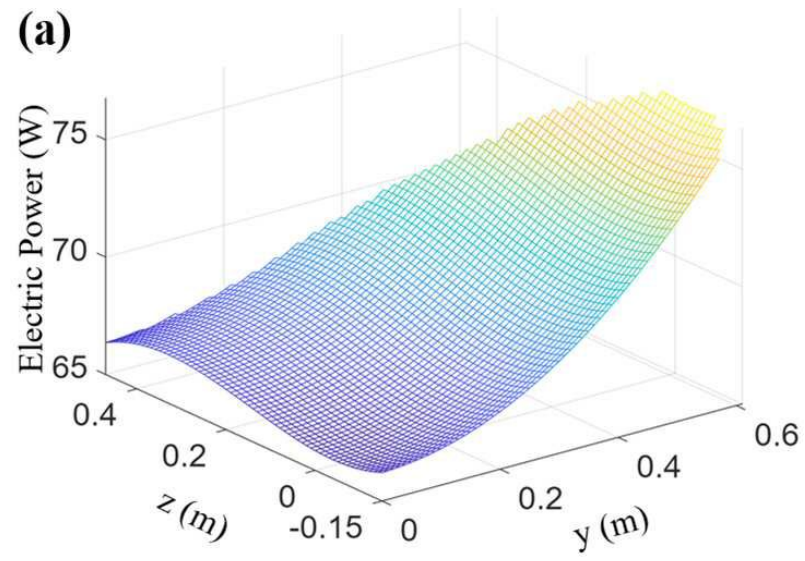


도면7

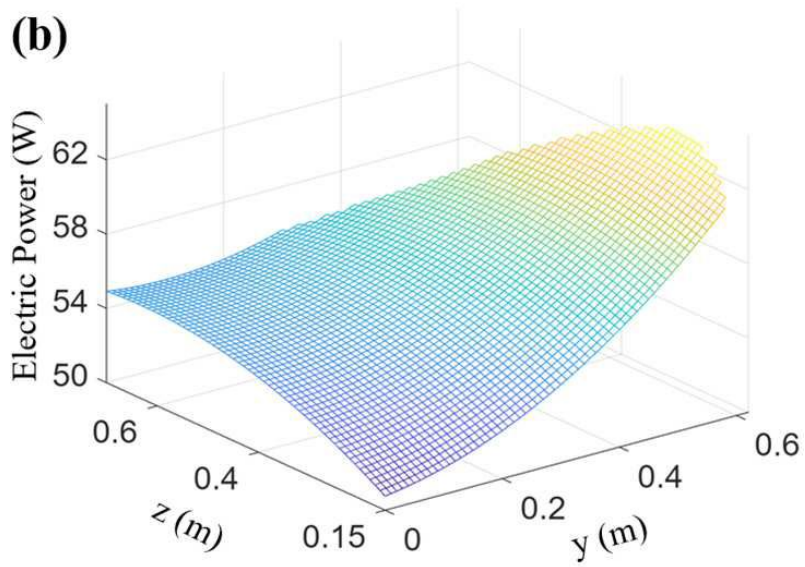
x	y	z	z
0.2 m	0 m	0.15 m	55 kW
0.3 m	0 m	0.15 m	57 kW
...	...	...	...



도면8



도면9



도면10

