(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0067620
(43) 공개일자 2022년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E02F 9/22 (2006.01) *E02F 3/84* (2006.01)
(52) CPC특허분류
E02F 9/226 (2013.01)
E02F 3/84 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0153399
(22) 출원일자 2020년11월17일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
배장호
서울특별시 강서구 공항대로58가길 17, 202호 (등촌동)
홍대희
서울특별시 중구 동호로17길 246(신당동, 남산현대빌라) 401호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인남촌

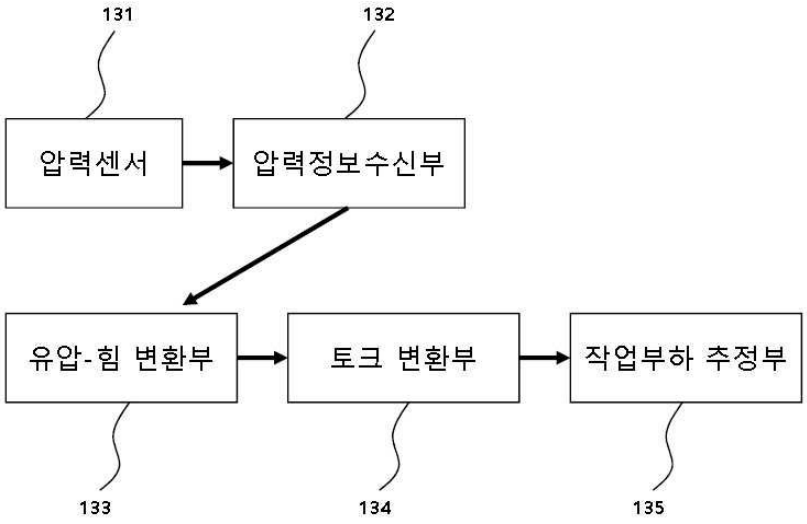
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템에 관한 것으로, 복수의 유압 실린더 중 적어도 하나에 설치되어 압력을 측정하는 압력 센서와; 상기 압력 센서에 의해 측정된 압력을 힘으로 환산하는 유압-힘 변환부와; 상기 유압-힘 변환부에 의해 변환된 힘을 각 조인트의 토크로 변환하는 토크 변환부와; 상기 토크 변환부에 의해 변환된 토크를 이용하여, 블레이드의 작업 부하를 추정하는 블레이드 작업 부하 추정부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
E02F 9/2271 (2013.01)
(72) 발명자
권오영
서울특별시 중랑구 면목로43길 20, 601호 (면목동, 부림빌딩)
이진규
경기도 용인시 기흥구 강남동로 128, 904동 1605호
김한얼
경기도 김포시 사우중로 3번길 35 B-204

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615011664
과제번호	157130
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	스마트 건설기술 개발사업
연구과제명	스마트 모터 그레이더 자율작업 및 주행 소프트웨어 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국건설기술연구원
연구기간	2020.04.28 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 유압 실린더 중 적어도 하나에 설치되어 압력을 측정하는 압력 센서와;

상기 압력 센서에 의해 측정된 압력을 힘으로 환산하는 유압-힘 변환부와;

상기 유압-힘 변환부에 의해 변환된 힘을 각 조인트의 토크로 변환하는 토크 변환부와;

상기 토크 변환부에 의해 변환된 토크를 이용하여, 블레이드의 작업 부하를 추정하는 블레이드 작업 부하 추정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 모터 그레이더의 정지 작업에서 토사나 골재를 포설 또는 절삭할 때 블레이드가 받은 작업 부하를 추정할 수 있는 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 모터 그레이더는 전후의 차축 사이에 블레이드를 가지고 노면의 절삭, 정지, 법면정형, 구글 및 노면을 긁어 일으키는 작업을 하는 건설 장비이다.

[0003] 도저, 굴삭기 등과 같이 모터 그레이더의 작업 현장은 매우 열악하고 위험하기 때문에 로봇 공학의 제어 알고리즘을 통해 자동으로 작업하도록 하는 스마트 그레이더에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 모터 그레이더의 원격제어뿐 만 아니라 자동화에서 토사와 접촉하는 블레이드의 작업 부하 데이터는 제어 알고리즘 및 위험 상황 예측에 필수적으로 요구된다.

[0005] 모터 그레이더 블레이드의 작업 부하는 힘 센서 부착을 통해 직접 측정이 가능하지만 다음과 같은 이유들로 인해 그리 용이하지 않다.

[0006] 먼저, 블레이드 끝단에 힘 센서를 부착하기 위해서는 특별한 장치를 설계하여 장착하여야 하고, 이에 의하여 기존 모터 그레이더의 구조를 변경해야 한다. 이는 모터 그레이더 블레이드의 운동 특성에 변화를 야기시키는 문제가 있다.

[0007] 또한, 힘 센서는 매우 고가이므로 상용화에 큰 걸림돌이 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 모터 그레이더의 설계 변경이나, 특별한 장치 설계없이 블레이드의 작업 부하를 추정할 수 있는 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적은 본 발명에 따라, 복수의 유압 실린더 중 적어도 하나에 설치되어 압력을 측정하는 압력 센서와; 상기 압력 센서에 의해 측정된 압력을 힘으로 환산하는 유압-힘 변환부와; 상기 유압-힘 변환부에 의해 변환된 힘을 각 조인트의 토크로 변환하는 토크 변환부와; 상기 토크 변환부에 의해 변환된 토크를 이용하여, 블레이드의 작업 부하를 추정하는 블레이드 작업 부하 추정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템에 의해서 달성된다.

발명의 효과

[0010] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따르면, 모터 그레이더의 설계 변경이나, 특별한 장치 설계없이 블레이드의 작업 부하를 추정할 수 있는 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 및 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 모터 그레이더를 설명하기 위한 도면이고,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템의 제어블럭도이고,

도 4 내지 도 7은 발명의 실시예에 따른 모터 그레이더의 블레이드 작업 부하 추정 시스템에서 작업 부하를 측정하는 원리를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0013] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명한다.

[0014] 도 1은 및 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 모터 그레이더(100)를 설명하기 위한 도면이다.

[0015] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 모터 그레이더(100)는 블레이드(110)와 복수의 유압 실린더(121,122,123,124)를 포함할 수 있다.

[0016] 블레이드(110)는 복수의 유압 실린더(121,122,123,124)에 의해 다양한 모션이 가능하도록 설계되는데, 본 발명에서는 5개의 유압 실린더(121,122,123,124)에 의해 구동되는 것을 예로 한다.

[0017] 블레이드(110)를 구동하는 유압 실린더(121,122,123,124)의 힘은 유압 실린더(121,122,123,124)의 각 챔버에 걸리는 압력 또는 로드(Rod) 단에 로드 셀(Load cell)을 장착함으로써 측정할 수 있다. 그러나, 유압 실린더(121,122,123,124)의 로드 단에 로드 셀을 장착하는 것은 유압 실린더(121,122,123,124)의 재설계가 요구되므로 비용이 많이 들거나 기존 블레이드(110)의 작업 영역에 영향을 미치기 때문에 산업용 그레이더(100)에 적용하는 것은 어렵다.

[0018] 이에, 본 발명에서는 유압 실린더(121,122,123,124)의 압력을 측정하기 위해, 유압 실린더(121,122,123,124)에 압력 센서(131)를 설치하여 각각의 유압 실린더(121,122,123,124)에 걸리는 힘을 측정하는 것을 예로 한다.

[0019] 반면, 유합 실린더(121,122,123,124)의 압력을 측정하는 것은 상대적으로 저렴하고 기존 산업용 그레이더(100) 블레이더의 작업 특성에 영향을 미치지 않으나, 이는 유압 실린더(121,122,123,124)의 각 챔버에 압력을 측정하는 것으로 블레이드(110)의 작업 부하를 직접적으로 측정할 수는 없다.

[0020] 이에, 본 발명의 실시예에 따른 모터 그레이더(100)의 블레이드(110) 작업 부하 추정 시스템에서는, 도 3에 도시된 바와 같이, 압력 센서(131), 압력정보수신부(132), 유압-힘 변환부(133), 토크 변환부(134) 및 작업부하 추정부(135)를 포함하는 것을 예로 한다.

[0021] 압력 센서(131)는 앞서 설명한 바와 같이, 적어도 하나의 유압 실린더(121,122,123,124)에 걸리는 압력을 측정한다. 본 발명에서는 4개의 유압 실린더(121,122,123,124)의 압력을 측정하기 위해 각각의 유압 실린더(121,122,123,124)의 피스톤 헤드 측 챔버의 일면과 피스톤 로드 측 챔버의 일면에 압력 센서(131)가 설치되는 것을 예로 한다.

[0022] 압력 센서(131)에 의해 측정된 압력은 무선 또는 유선 통신을 통해 압력정보 수신부(132)로 전송된다.

[0023] 압력정보 수신부(132)에 의해 수신된 압력값은 유압-힘 변환부(133)에 의해 각각의 유압 실린더(121,122,123,124)의 힘으로 환산된다.

[0024] 토크 변환부(134)는 유압-힘 변환부(133)에 의해 환산된 힘을 각 조인트의 토크로 변환한다. 여기서, 토크 변환부(134)의 토크 변환을 위해서 유압 실린더(121,122,123,124)와 조인트 기구학을 적용된다. 여기서, 유압 실린

더(121,122,123,124)와 조인트 기구학에는 Denavit-Hartenberg Representation과 Forward Kinematics가 적용된다.

[0025] 도 4를 참조하여 설명하면, 통상 두 좌표계 사이의 관계를 표현할 때에는 총 여섯 개의 파라미터가 필요하다. D-H Convention에서는 두 개의 제약을 주어서 필요한 파라미터의 수를 4개로 줄이는 것이 가능하다.

[0026] 두 개의 제약으로는 x_i 축과 z_{i-1} 축은 수직이어야 하고, x_i 축과 z_{i-1} 축은 서로 만나야 한다. 이와 같은 두 제약은 도 3에서 확인이 가능하다.

[0027] D-H Convention은 Open kinematic chain에서 기구학적 관계를 설명하는 체계적인 방법을 제공한다. D-H 파라메터는 총 4가지, a_i, α_i, d_i, Θ_i로 구성된다. α_i는 α_i는 x_i 축에 대해서 z_{i-1} 축에서 z_i 축으로의 각도이며, d_i는 z_{i-1} 축 방향으로 x_{i-1}와 x_i 사이의 거리이다. Θ_i는 z_{i-1} 축에 대해서 x_{i-1} 축에서 x_i 축으로의 각도이다.

[0028] Denavit-Hartenberg Representation을 바탕으로 모터 그레이더(100)의 블레이드(110)의 Denavit-Hartenberg 파라미터의 설정이 가능하다.

[0029] 먼저, 각각의 링크 넘버와 링크 프레임을 정의하고, 각각의 링크 프레임은 D-H Convention에서 중요한 두 개의 제약인 x_i 축과 z_{i-1} 축은 수직이여야 한다는 점과, x_i 축과 z_{i-1} 축은 서로 만나야 한다는 점을 지키면서 설정하게 된다. 설정된 링크 넘버와 링크 프레임은 도 5 내지 도 7에 도시된 바와 같다.

[0030] 다음으로 D-H 파라미터를 설정하게 되는데, a_i, α_i, d_i, Θ_i인 네 개의 파라미터를 앞서 설명한 바와 같이 설정한다. 각 링크에 대한 파라미터는 [표 1]과 같다.

[0031] [표 1]

[0032]

링크	a_i	α_i	d_i	Θ_i
1	0	α_1	d_1	-90°
2	a_2	0	0	90°
3	0	0	d_3	Θ_3
4	a_4	0	d_4	90°
5	0	α_5	0	-90°
6	a_6	0	0	-90°

[0033] 다음으로 Forward Kinematics에 대해 설명한다.

[0034] Forward Kinematics는 정기구학으로 일련의 관각이 주어졌을 때 end-effector와 직교 좌표상의 위치와 자세를 구하는 문제로 역기구학에 비해 상대적으로 간단하며 Homogeneous Transform을 이용하여 정기구학의 해를 구할 수 있다.

[0035] Homogeneous Transform은 D-H parameter에 기반해 이웃하고 있는 좌표계 사이의 관계를 나타낸다. 먼저 각각의 링크 사이에 Homogeneous Transformation Matrix를 구했다. 각각의 행렬들은 다음과 같다.

[0036] [수학식 1]

[0037]
$$
{}^{0}A_1 = \begin{bmatrix} 0 & \cos(a_1) & -\sin(a_1) & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sin(a_1) & \cos(a_1) & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

[0038] [수학식 2]

$$^{1}A_{2}=\begin{bmatrix}0&-1&0&0\\1&0&0&a_{2}\\0&0&1&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

[0039]

[0040] [수학식 3]

$$^{2}A_{3}=\begin{bmatrix}\cos(\theta_{3})&-\sin(\theta_{3})&0&0\\\sin(\theta_{3})&\cos(\theta_{3})&0&0\\0&0&1&d_{3}\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

[0041]

[0042] [수학식 4]

$$^{3}A_{4}=\begin{bmatrix}0&-1&0&0\\1&0&0&a_{4}\\0&0&1&d_{4}\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

[0043]

[0044] [수학식 5]

$$^{4}A_{5}=\begin{bmatrix}0&\cos(a_{5})&-\sin(a_{5})&0\\-1&0&0&0\\0&\sin(a_{5})&\cos(a_{5})&d_{1}\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

[0045]

[0046] [수학식 6]

$$^{5}A_{6}=\begin{bmatrix}0&1&0&0\\-1&0&0&a_{6}\\0&0&1&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

[0047]

[0048] 또한, 유압 실린더(121,122,123,124)의 좌표계에서 블레이드(110)의 좌표계로의 기구학 방정식을 나타내면 [수학식 7]과 같다.

[0049] [수학식 7]

[0050] $$^{0}A_{6}=^{0}A_{1}\times^{1}A_{2}\times^{2}A_{3}\times^{3}A_{4}\times^{4}A_{5}\times^{5}A_{6}$$

[0051] [수학식 7]을 계산하면, [수학식 8]을 구할 수 있다.

[0052] [수학식 8]

[0053] $$^{0}A_{6}=\begin{bmatrix}\sin(a_{1})\times\sin(a_{2})+\cos(a_{1})\times\cos(a_{2})\times\sin(\theta_{3})&\cos(a_{1})\times\cos(\theta_{3})&\cos(a_{1})\times\sin(a_{2})-\cos(a_{2})\times\sin(a_{1})&P_{x}\\-\cos(a_{2})\times\cos(\theta_{3})&\sin(\theta_{3})&-\sin(a_{2})\times\cos(\theta_{3})&P_{y}\\\cos(a_{2})\times\sin(a_{1})\times\sin(\theta_{3})&\sin(a_{1})\times\cos(\theta_{3})\cos(a_{1})\times\cos(a_{2})+\sin(a_{1})\times\sin(a_{2})\times\sin(\theta_{3})&&P_{z}\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

[0054] 그리고, [수학식 8]의 P_x, P_y, P_z는 각각 [수학식 9], [수학식 10], 및 [수학식 11]로 표현할 수 있다.

[0055] [수학식 9]

[0056] $$P_x = a_2 \times \cos(a_1) - d_3 \times \sin(a_1) - d_4 \times \sin(a_1) - a_6 \times (\sin(a_1) \times \sin(a_5) + \cos(a_1) \times \cos(a_5) \times \sin(\theta_3)) - a_4 \times \cos(a_1) \times \sin(\theta_3)$$

[0057] [수학식 10]

[0058] $$P_y = a_4 \times \cos(\theta_3) + a_6 \times \cos(a_5) \times \cos(\theta_3)$$

[0059] [수학식 11]

[0060] $$P_z = d_1 + d_3 \times \cos(a_1) + d_4 \times \cos(a_1) + a_2 \times \sin(a_1) + a_6 (\cos(a_1) \times \sin(a_5) - \cos(a_5) \times \sin(a_1) \times \sin(\theta_3) - a_4 \times \sin(a_1) \times \sin(\theta_3)$$

[0061] [수학식 9] 내지 [수학식 11]은 모터 그레이더(100)의 블레이드(110) 좌표인 (P_x, P_y, P_z)가 된다. 결과적으로 그레이더(100)의 D-H 파리미터를 이용하여 정기구학을 풀어 블레이드(110)의 특정 점 좌표를 구할 수 있다.

[0062] 한편, 토크 변환부(134)에 의해 변환된 토크는 모터 그레이더(100)의 블레이드(110) 기구학 및 정역학을 통해 블레이드(110) 작업 부하 추정부(135)에서 블레이드(110) 작업 부하를 추정하게 된다.

[0063] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

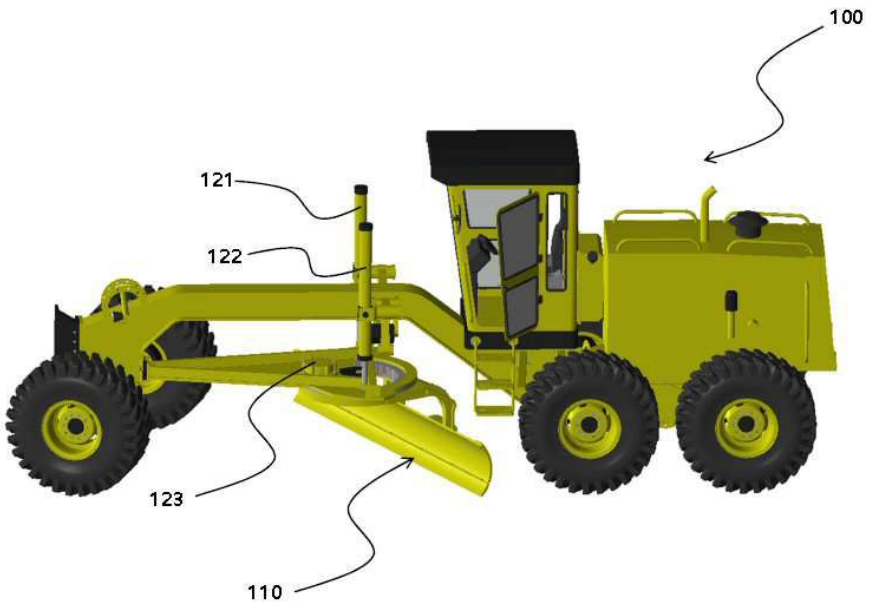
부호의 설명

[0064]

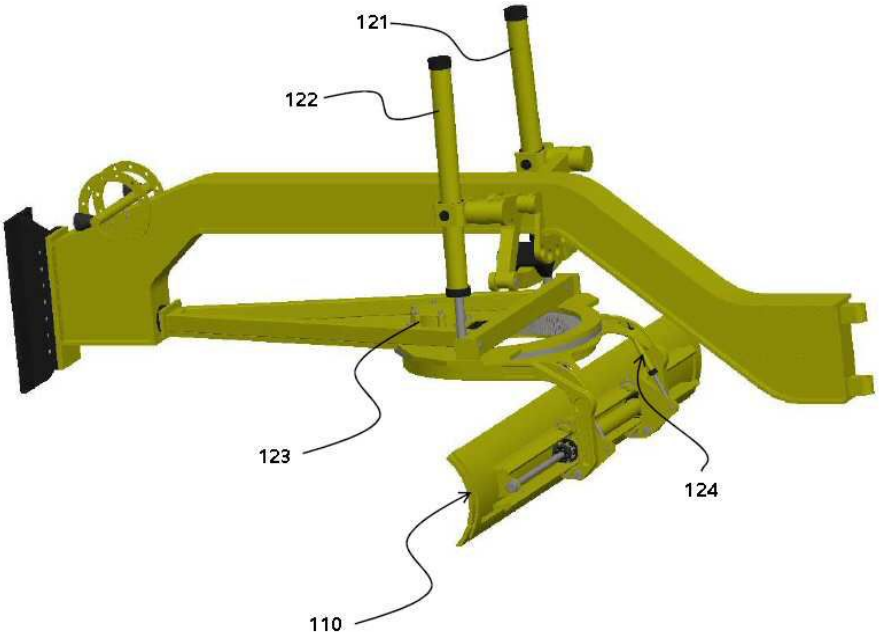
100	: 모터 그레이더	110	: 블레이드
121,122,123,124	: 유압 실린더	131	: 압력 센서
132	: 압력정보 수신부	133	: 유압-힘 변환부
134	: 토크 변환부	135	: 작업부하 추정부

도면

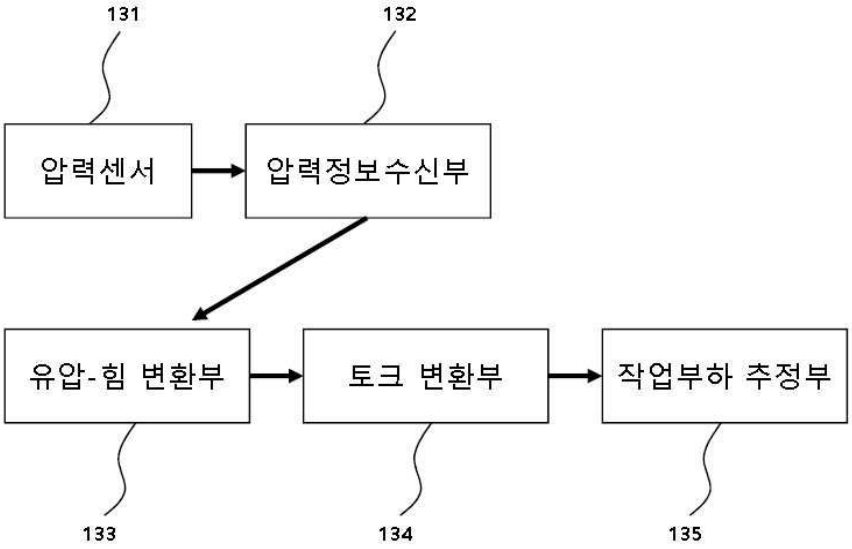
도면1



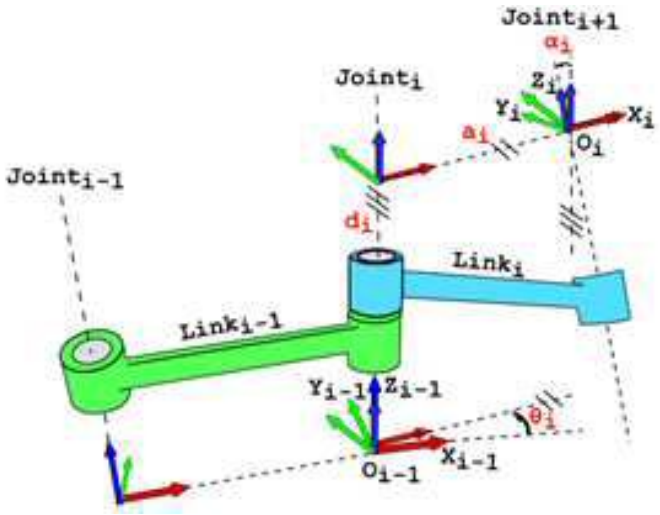
도면2


121
122
123
124
110

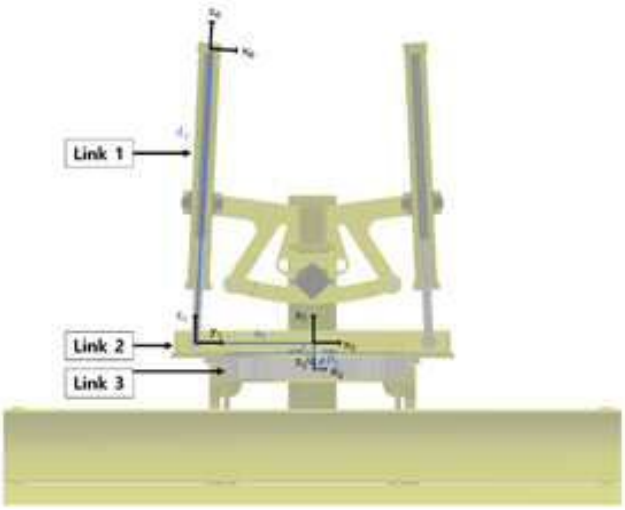
도면3


131
132
압력센서
압력정보수신부
유압-힘 변환부
토크 변환부
작업부하 추정부
133
134
135

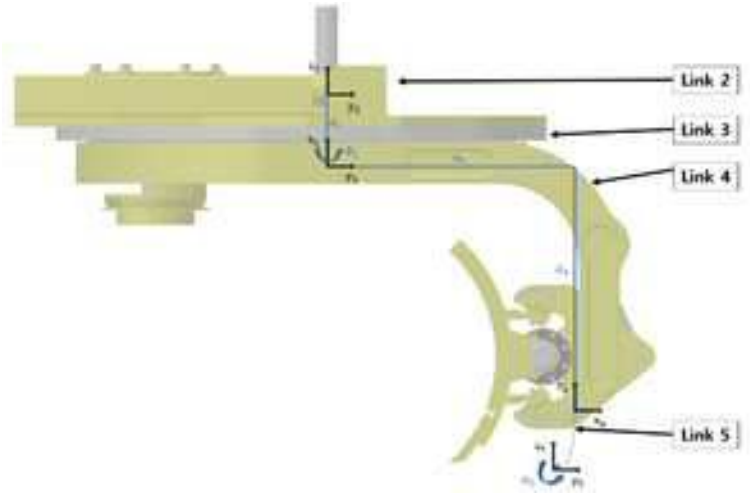
도면4


Joint$_{i+1}$
α_i
Joint$_i$
Z_i
Y_i
X_i
a_i
O_i
Joint$_{i-1}$
d_i
Link$_i$
Link$_{i-1}$
Y_{i-1}
Z_{i-1}
θ_i
O_{i-1}
X_{i-1}

도면5


Link 1
Link 2
Link 3

도면6


Link 2
Link 3
Link 4
Link 5

도면7

