



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월15일  
(11) 등록번호 10-1818570  
(24) 등록일자 2018년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B25J 9/16 (2006.01) G05B 19/408 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-7031213  
(22) 출원일자(국제) 2011년05월13일  
심사청구일자 2016년04월04일  
(85) 번역문제출일자 2012년11월29일  
(65) 공개번호 10-2013-0095189  
(43) 공개일자 2013년08월27일  
(86) 국제출원번호 PCT/FR2011/051078  
(87) 국제공개번호 WO 2011/141684  
국제공개일자 2011년11월17일  
(30) 우선권주장  
10 53771 2010년05월14일 프랑스(FR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020090049651 A\*  
JP2006519116 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
스토프리 파베르쥬  
프랑스, 74210 파베르쥬, 뵈라스 로베르 스토프리  
(72) 발명자  
페르탱 프랑소아  
프랑스 에프-74940 아네씨 르 비유 비 빠르 드 프 로방 11  
본네 데 뚜베 장 미셸  
프랑스 에프-74210 생 페뤼엘 앙파스 드 트라베르세  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
강성혜

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 김태수

(54) 발명의 명칭 자동화 워크셀 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 여러 개의 제어축(A1 내지 A6; X, Y, Z, Rx, Ry, Rz)에 따라 제어되는 적어도 세 개의 자유도를 갖는 적어도 하나의 로봇 아암(4)과, 제어 센터(8)와, 로봇 아암(4)의 적어도 일부를 조작하기에 적절한 모터(M1 내지 M6)의 기능을 각각 제어하는 복수의 모터 제어기(61 내지 66)를 포함하는 로봇 아암(4) 제어 장치(6)와, 제어 센터(8) 및 로봇 아암(4)의 제어 장치 간의 통신을 위한 버스(14)를 포함하는 자동화 워크셀(2)에 사용되는 제어 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 a) 제어축을 제어하기 위해 제어 센터(8)에서 송출되는 명령(Cri)을 로봇(4) 제어용 장치(6)에 속한 단일 연산 유닛에 전송하는 단계와, b) 연산 유닛 내에서, 제어 장치(8)로부터 수신한 명령에 따라, 모터 제어기에 의해 제어되는 각각의 모터를 위한 명령(O')을 결정하는 단계와, c) 상기 모터 제어기에 의해 제어되는 모터를 위해 단계 b)에서 결정된 명령을 각각의 모터 제어기로 전송하는 단계를 포함한다.

대표도

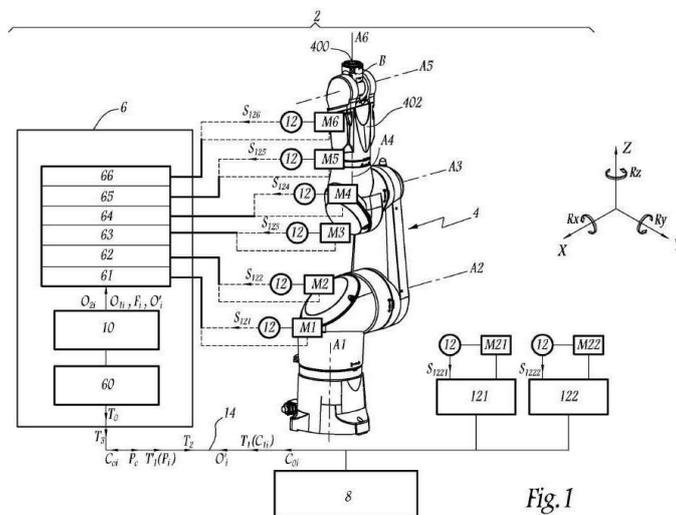


Fig.1

(72) 발명자  
줄리 룩  
프랑스 에프-74210 파베르쥬 뒤 드 베소네 337

포크트 제랄드  
프랑스 에프-74210 라튀르 앙파스 드 라 수르드  
151

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

여러 개의 제어축(A1 내지 A6; X, Y, Z, Rx, Ry, Rz)에 따라 제어되는 적어도 세 개의 자유도를 갖는 적어도 하나의 로봇 아암(4)과,

프로그램(30)을 통해 자동 워크셀(2)의 기능을 제어할 수 있는 제어 센터(8)와,

로봇 아암(4)의 적어도 일부를 조작할 수 있는 모터(M1 내지 M6)의 기능을 각각 제어하는 여러 개의 모터 제어기(61 내지 66)를 포함하는 로봇 아암(4) 제어 장치(6)와,

제어 센터(8)와 로봇 아암(4)의 제어 장치 간의 통신을 위한 버스(14)를 포함하는 자동화 워크셀(2)의 제어 방법에 있어서,

상기 버스(14)는 통신 주기에 따라 동기식 통신 모드를 지원하는 필드 버스이고,

상기 자동화 워크셀 제어방법은

a) 제어축의 제어를 위해 제어 센터(8)의 경로 생성기(34)에 의해 송신하는 명령( $C_{1i}$ )을 로봇 아암(4) 제어 장치(6)에 속한 단일 연산 유닛(10)으로 전송하는 단계와,

b) 연산 유닛(8)에서, 제어 센터에서 송신하는 명령( $C_{1i}$ ) 중 몇 개를 기초로 상호 의존적인 방식으로, 모터 제어기(61-66)에 의해 제어되는 상기 모터(M1 내지 M6) 각각에 대한 명령( $O_{1i}$ ,  $O_{2i}$ ,  $O'_{i}$ )을 산출하는 단계와,

c) 모터 제어기에 제어되는 각각의 모터(M1 내지 M6)에 대해 단계 b)에서 결정된 명령( $O_{1i}$ ,  $O_{2i}$ ,  $O'_{i}$ )을 각각의 모터 제어기로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

d) 각각의 모터 제어기(61 내지 66)로부터 연산 유닛(10)으로 제어 대상 모터(M1 내지 M6)의 위치를 전송하는 단계와,

e) 연산 유닛(10)에서 모터의 모든 위치에 기초하여, 각각의 로봇 아암(4) 제어축(A1 내지 A6; X, Y, Z, Rx, Ry, Rz)의 위치( $P_i$ ,  $P_c$ )를 계산하는 단계와,

f) 단계 e)에서 계산된 위치( $P_i$ ,  $P_c$ )를 제어 센터(8)로 전송하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

g) 연산 유닛(10)에서 모터의 모든 위치에 기초하여, 특징점(B)의 데카르트 속도( $V(B)$ )를 계산하는 단계와,

h) 계산된 데카르트 속도( $V(B)$ )를 임계값과 비교하는 단계와,

i) 데카르트 속도( $V(B)$ )가 임계값보다 높을 경우, 연산 유닛(10)으로부터 제어 센터(8)로 경고 신호를 전송하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 한 항에 있어서, 단계 b)에서, 제어 센터(8)에서 송신하는 명령( $C_{1i}$ )에 응하기 위해 각각의 모터(M1 내지 M6)의 도달 대상 위치를 포함하는 동작 명령( $O_{1i}$ )이 계산되는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 단계 b)에서, 각각의 모터(M1 내지 M6)에 대한 동작 명령( $O_{i1}$ )의 계산은 제어 센터(8)에서 송신하는 명령( $C_{i1}$ )에 기초하여, 각각의 모터에 공급되어야 할 토크의 예측값( $F_i$ )을 수반하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 6**

제5항에 있어서, 제어 센터(8)에서 송신하는 명령( $C_{i1}$ )은 적어도 하나의 동작 제어축(A1 내지 A6)에 대해 전달되는 하중에 대한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 7**

제5항에 있어서, 제어 센터(8)에서 송신하는 명령( $C_{i1}$ )에 응하기 위해 각각의 모터(M1 내지 M6)가 도달해야 하는 위치는 적어도 하나의 토크 예측( $F_1$ )에 기초하여 계산되는 로봇 아암(4)의 변형에 대한 보상( $\Delta_i$ )을 포함하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 8**

제3항에 있어서,

j) 로봇 아암(4)이 전원 공급 상태임을 나타내는 신호(T0, T3)를 제어 센터(8)로 전송하는 단계를 포함하되, 로봇 아암(4)은 모든 모터(M1 내지 M6)가 전원 공급되거나 전원 차단 및 제동되는 경우에만 기능 준비완료 또는 전원 차단된 것으로 각각 명시되는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 9**

제8항에 있어서,

k) 로봇 아암(4)의 모든 부분이 기능 중임을 나타내는 신호(T2)를 연산 유닛(10)으로부터 제어 센터(8)로 전송하는 단계를 포함하되, 로봇 아암(4)의 모든 부분은 해당 부분 중 적어도 하나가 기능 불량으로 검출되는 경우 결함이 있는 것으로 명시되는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서, 버스(14)는 SERCOS 유형의 인터페이스 모델에 따라 기능하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 제어 센터(8)는 "프로필 드라이브" 하드웨어 프로필의 명령을 사용하여 연산 유닛(10)과 통신하는 것을 특징으로 하는 자동화 워크셀의 제어 방법.

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 로봇과, 제어 센터와, 로봇 제어용 장치, 그리고 제어 센터와 로봇 제어 장치 간의 통신을 위한 버스를 포함하는 워크셀을 제어하는 방법에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 로봇 아암(arm)의 제어 분야에서 공지된 바로는, 제어 센터는 버스에 의해, 로봇의 다양한 부분을 동작시키기 위한 모터를 제어할 수 있는 축 제어기와 통신한다. 이런 제어 센터는 사용자나 사용자가 만든 프로그램에 의해 제공되는 동작 명령(instruction)을 해석하여 각각의 로봇 동작 축의 동작을 위한 명령을 결정한다.
- [0003] 다양한 축에 대한 로봇의 부분의 동작은 사용 로봇 아암의 유형에 따라 달라지는 역기하(inverse geometric) 모델을 사용하여 제어 센터에서 계산된다. 로봇의 다양한 부분을 효과적으로 이동시키기 위해, 각각의 로봇은 축 동작 명령에 대응하는 동작을 수행하도록 명령받는다.
- [0004] 각각의 로봇이 독특한 운동 특성을 포함하기 때문에, 사용 로봇의 유형에 고유한 특성을 제어 센터에 통합(incorporate)하는 것이 필요하다. 이로 인해 제어 센터에 통합되는 프로그램에 비교적 심각한 문제가 야기된다.
- [0005] 제어 센터는 각각의 축 제어기와 통신하는 반면에 동작 명령은 로봇의 각 부분과 관련되기 때문에, 이런 통신은 제어 센터로부터 각각의 축 제어기로 명령을 전송할 필요가 있게 하며, 이는 비교적 긴 통신 시간을 야기한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 본 발명의 목적은 제어 센터의 프로그래밍을 단순화하고, 다양한 축 제어기와의 통신 속도를 향상시키며, 로봇 제어의 정확도를 향상시키는 신규한 자동화 워크셀 제어 방법을 제시함으로써 이들 결함을 제거하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0007] 이를 위해, 본 발명은 여러 개의 제어 축에 의해 제어되는 적어도 세 개의 자유도를 갖는 적어도 하나의 로봇 아암과, 제어 센터와, 로봇 아암의 적어도 일부를 조작할 수 있는 모터의 기능을 각각 제어하는 여러 개의 모터 제어기를 포함하는 로봇 아암 제어 장치와, 제어 센터 및 로봇 아암 제어 장치 간의 통신을 위한 버스를 포함하는 자동화 워크셀의 제어 방법에 관한 것이다. 본 방법은,
  - [0008] a) 제어축을 제어하기 위해 제어 센터에서 송신하는 명령을 로봇 아암 제어장치에 속한 단일 연산 유닛으로 전송하는 단계와,
  - [0009] b) 해당 연산 유닛에서, 제어 센터로부터 수신하는 명령 중 몇 개를 기초로, 모터 제어기에 의해 제어되는 각각의 모터에 대한 명령을 결정하는 단계와,
  - [0010] c) 모터 제어기에 의해 제어되는 모터에 대해 단계 b)에서 결정된 명령을 각각의 모터로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 로봇 아암의 제어는 동작 제어 축의 식별정보(identification), 즉 로봇 아암의 단부의 동작을 표현할 수 있도록 하는 길이 또는 각과 같은 기하학적 양에 기초하여 한다.
- [0012] 본 발명으로 인해, 각각의 로봇 모터에 대한 동작 명령의 계산은 제어 센터에서 송신하는 모든 명령을 고려하여 로봇 제어 장치에 속한 유닛에서 상호 의존적인 방식으로 수행된다. 이는 로봇의 기능을 최적화한다. 로봇 제어 장치에 연산 유닛이 존재함으로써 제어 센터의 프로그래밍이 단순화되는데, 이는 제어 센터가 각각의 로봇 아암에 특유한 정보를 통합할 필요가 없고 각각의 모터 제어기와의 통신을 관리할 필요가 없기 때문이다.
- [0013] 각각의 로봇 모터에 대한 동작 명령의 계산을 포함하는 명령이 제어 센터에서 송신한 모든 명령을 고려하여, 로봇의 제어 장치에 속한 연산 유닛에서 결정되기 때문에, 로봇과 로봇식 워크셀의 기능을 최적화하는 것이 가능하다. 또한 연산 유닛은 로봇 아암의 특이성으로 인해 필연적으로 수행되는 프로세싱 작업을 사용한다. 따라서 제어 센터의 셀의 프로그램에 로봇공학 엔지니어의 지식 범위에 속하는 정교한 정지 또는 시동 절차를 통합할 필요를 덜어준다. 본 발명의 유리하지만 의무적이지는 않은 특징부에 따르면, 이런 제어 방법은 기술적으로 허용 가능한 임의의 조합으로, 다음 특징부 중 하나 이상을 통합할 수 있다.
- [0014] - 본 방법은,
- [0015] d) 각각의 모터 제어기로부터 연산 유닛으로 제어 대상 모터의 위치를 전송하는 단계와,

- [0016] e) 연산 유닛에서, 모터의 모든 위치에 기초하여, 각각의 로봇 아암 제어축의 위치를 계산하는 단계와,
- [0017] f) 단계 e)에서 계산된 위치를 제어 센터로 전송하는 단계를 추가로 포함한다.
- [0018] - 연산 유닛은 단계 e)의 계산에서, 모터 위치의 측정 시간과, 로봇 아암의 추정 동작에 따라 로봇 아암 동작 제어 축의 위치를 보정하기 위해서 각각의 로봇 아암 제어축의 위치를 제어 센터로 전송하는 시간을 고려한다.
- [0019] - 본 방법은,
- [0020] g) 연산 유닛에서, 모터의 모든 위치에 기초하여, 특징점의 데카르트 속도를 계산하는 단계와
- [0021] h) 계산된 데카르트 속도를 임계값과 비교하는 단계와
- [0022] i) 데카르트 속도가 임계값보다 높을 경우, 연산 유닛으로부터 제어 센터로 경고 신호를 전송하는 단계를 추가로 포함한다.
- [0023] - 스텝 b)에서, 제어 센터에서 송신하는 명령에 응하기 위해 각각의 모터를 위해 달성되어야 하는 위치를 포함하는 동작 명령이 계산된다.
- [0024] - 스텝 b)에서, 각각의 모터에 대한 동작 명령의 계산은 제어 센터에서 송신하는 명령에 기초하여, 각각의 모터를 위해 공급되어야 하는 토크를 예측하는 것을 수반한다.
- [0025] - 제어 센터에서 송신하는 명령은 적어도 하나의 동작 제어축에 대해 전달되는 하중에 대한 정보를 포함한다.
- [0026] - 제어 센터에서 송신하는 명령에 응하기 위해 각각의 모터를 위해 달성되어야 하는 위치는 토크 예측 중 적어도 일부를 기초로 계산된 로봇 아암의 변형에 대한 보상을 포함한다.
- [0027] - 본 방법은 j) 로봇이 전원 공급(powering up) 상태임을 나타내는 신호를 제어 센터로 전송하는 단계를 포함하되, 모든 모터가 전원 공급되거나 전원 차단 및 제동되는 경우에만 로봇이 기능 준비완료 또는 전원 차단된 것으로 각각 명시된다.
- [0028] - 본 방법은 k) 연산 유닛으로부터 제어 센터로, 로봇의 모든 부분이 기능 상태임을 나타내는 신호를 전송하는 단계를 포함하되, 해당 부분 중 적어도 하나가 기능 불량으로 검출되는 경우에는 로봇의 모든 부분이 결함이 있는 것으로 명시된다.
- [0029] - 버스는 동기(synchronous) 통신 모드를 지원한다.
- [0030] - 버스는 SERCOS 유형의 인터페이스 모델에 따라 기능한다.
- [0031] - 제어 센터는 "프로필 드라이브(profile drive)" 하드웨어 프로필의 명령을 사용하여 연산 유닛과 통신한다.
- [0032] 오직 예로서 제시되는 것으로, 첨부 도면을 참조하여 행해지는 본 발명의 원리에 따른 자동화 워크셀 제어 방법에 대한 다음의 설명을 통해, 본 발명은 더 잘 이해되고 그 다른 이점이 더욱 분명히 드러날 것이다.

**발명의 효과**

- [0033] 본 발명의 방법은 제어 센터의 프로그래밍을 단순화하고, 다양한 축 제어기와의 통신 속도를 향상시키며, 로봇 제어의 정확도를 향상시킨다.
- [0034] 본 발명의 방법에 따르면, 각각의 로봇 모터에 대한 동작 명령의 계산이 제어 센터에서 송신하는 모든 명령을 고려하여 로봇 제어 장치에 속한 유닛에서 상호 의존적인 방식으로 수행되어 로봇의 기능이 최적화되고, 제어 센터의 프로그래밍이 단순화된다.
- [0035] 또한, 본 발명의 방법에 따르면, 로봇과 로봇식 워크셀의 기능을 최적화하는 것이 가능하고, 제어 센터의 셀의 프로그램에 로봇공학 엔지니어의 지식 범위에 속하는 정교한 정지 또는 시동 절차를 통합할 필요를 덜어준다.

**도면의 간단한 설명**

- [0036] 도 1은 본 발명에 따른 제어 방법을 사용하는 자동화 워크셀의 구조도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 제어 방법과 관련된 주요 기능과 통신 흐름을 도시하는 기능개요도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0037] 도 1에 도시된 바와 같이, 자동화 워크셀(2)은 로봇 아암(4)과, 로봇 아암(4) 제어 장치(6)와, 제어 센터(8)와, 부분적으로 도시된 두 개의 전기 액추에이터를 포함한다. 로봇 아암(4)은 A1 내지 A6으로 표기된 여섯 개의 축을 갖는 로봇식 아암으로 구성된다. 용어 "축"은 여기서는 로봇공학적 의미, 즉 자유도와 관련된 의미로 사용되었다. 본 명세서에서 자유도 또는 축(A1 내지 A6)은 회전을 가리킨다.
- [0038] 로봇 제어 장치(6)는 로봇 아암(4)에 근접하게 배치되고 여섯 개의 모터 제어기(61 내지 66)를 포함한다. 각각의 모터 제어기(61 내지 66)는 로봇 아암(4)의 부분을 조작할 수 있는 모터(M1 내지 M6)의 기능을 제어할 수 있다.
- [0039] 모터(M1)의 가동은 임의의 다른 자전축 없이도 축(A1)과 로봇 아암(4)의 가동 단부 사이에 위치하는 로봇 아암(4) 부분의 전체적인 회전을 허용한다. 마찬가지로 모터(M2, M3, M4, M6)의 가동은 축(A2, A3, A4, A6)의 고립 회전을 각각 허용한다. 다른 한편 모터(M5)의 가동은 축(A5, A6)의 회전을 야기한다. 축(A5, A6) 사이에는 커플링이 존재하고, 축(A5)의 고립 회전은 모터(M5, M6)의 가동을 필요로 한다. 각각의 모터(M1 내지 M6)에는 모터 샤프트의 각방향 위치(angular position)를 측정하고 해당 위치에 대한 정보를 포함하는 전기 신호( $S_{12i}$ )( $i$ 는 1과 6 사이의 정수)를 전달하기 위해 모터 샤프트에 배치되는 코더(coder)(12)가 장착된다. 두 개의 전기 액추에이터 각각은 모터(M21, M22)에 의해 조작되고, 각각의 해당 모터는 축 제어기(121, 122)에 의해 각각 제어되며 위치 신호( $S_{1221}$ ,  $S_{1222}$ )를 전달하는 코더(12)와 연계된다.
- [0040] 도 2에 개략적으로 도시된 바와 같이, 제어 센터(8)는 로봇 아암(4)의 동작을 필요로 하는 물체 조립과 같은 정교한 행동과, 모터(M21, M22)에 의해 조작되는 전기 액추에이터를 포함하는 그리퍼(gripper) 또는 컨베이어의 선택적 행동을 수행하기 위해 사용자가 만든 프로그램(30)에 기초하여 자동화 셀(2)의 기능을 제어한다. 예컨대 이런 프로그램은 로봇 아암(4)의 단부가 도달해야 하는 일련의 데카르트 좌표를 포함할 수 있다.
- [0041] 변형례에서, 행동은 사용자나 자동화 워크셀(2) 프로그래머의 접근이 용이한 고정식 또는 휴대식 제어 패널(32)에 기초하여 사용자에게 의해 실시간으로 결정될 수 있다.
- [0042] 제어 센터(8)는 바람직하게는 SERCOS III 시리즈 실시간 인터페이스에 따라 기능하는 필드버스(14)에 의해 제어 장치(6)와 통신한다. 제어 장치(8)는 "마스터"인 반면 제어 장치(6)는 "슬레이브"이다.
- [0043] 제어 장치(6)는 필드버스(14)에 의한 제어 센터(8)와의 통신에 전용되는(dedicated) 통신 카드(60)를 포함한다.
- [0044] 제어 장치(6)는 또한 동작 또는 전원 공급 명령과 같은 명령을 생성하여 모터 제어기(61 내지 66)에 전송하는 기능을 수행하는 연산 유닛(10)을 포함한다. 연산 유닛(10)은 특히 이 목적을 위해 마이크로프로세서와 메모리를 포함한다. 연산 유닛(10)은 각각의 모터 제어기(61 내지 66)와 통신할 수 있다. 이런 식으로, 모터 제어기(61 내지 66)와 제어 센터(8) 간에 이루어지는 각각의 데이터 전송은 모터 제어기에서 센터로, 센터에서 모터 제어기로 양방향에서 연산 유닛(10)에 의해 관리된다.
- [0045] 로봇 아암(4)의 제어축은 로봇 아암(4)의 자유도에 대응하는 축(A1 내지 A6)이 되도록 선정된다.
- [0046] SERCOS III 인터페이스 모델에 특유한 초기화 단계 중에, 통신은 로봇 아암의 각각의 축(A1 내지 A6)이 가상 축 제어기와 연계되도록 정해진다. 가상 축 제어기는 범용 축 제어기와 동일한 방식으로 제어 센터(8)로부터의 명령을 수신하고 해당 명령에 기초하여 적어도 하나의 모터를 제어하는 것으로 간주된다. 가상 축 제어기는 구성, 제어, 상태와 위치의 조회, 진단 및 감도를 위한 명령 세트를 결정하는 "프로필 드라이브" 하드웨어 프로필을 준수하도록 명시된다. "프로필 드라이브" 하드웨어 프로필과 연계된 명령에 기초하여 제어 센터(8)에 의해 생성되고 가상 축 제어기에서 사용 가능한 명령은 연산 유닛(10)에 의해 수신된다. 각각의 가상 축 제어기는 로봇 아암(4) 외부의 액추에이터를 제어하고 자동화 워크셀(2)에 존재하는 두 개의 축 제어기(121, 122)와 동일한 방식으로 주소를 할당받는다.
- [0047] 본 발명에 따른 제어 방법은 자동화 워크셀(2)의 로봇 아암의 임의의 기능에 앞서 로봇 아암(4)의 모든 모터의 전원 공급 단계에 적용된다. 전원 공급은 각각의 축(A1 내지 A6)을 전원 공급하기 위한 명령( $C_{oi}$ )( $i$ 는 1과 6 사이)을 포함하는 하나 이상의 마스터 데이터 전문(telegram)을 버스(14)에 전송하는 제어 센터(8)에 의해 개시된다. 제어 장치(6)의 통신 카드(60)는 해당 전문을 캡처한다. 이어서 통신 카드는 인터럽트(interrupt) 요구를 연산 유닛(10)으로 송신하며, 연산 유닛은 해당 전문을 재생하고, 이로부터 로봇 아암(4)의 각각의 축(A1 내지 A6)에 대한 명령( $C_{oi}$ )를 추출하고, 그 프로세싱을 진행한다. SERCOS III 인터페이스 프로토콜은 버스(14)에 연결되는 각각의 장치가 마스터 데이터 전문 내의 관련 데이터의 소재(location)에 대해 명령받을 수 있도록 해준다. 연산 유닛(10)은 전원 공급 명령을 기록하고 응답 전문을 제어 센터(8)로 송신하며, 제어 센터에서는 해

당 명령과 관련된 축에 전원 공급 명시가 내려진다. 제어 센터(8)에서 송신하는 최종 전원 공급 명령을 수신하기 전까지는, 모터는 실제로 전원 공급 및 제동 해제되지 않는다. 각각의 모터(M1 내지 M6)에 대한 전원 공급 명령( $O_{2i}$ )( $i$ 는 1과 6 사이)은 연산 유닛(10)에 의해 각각의 모터 제어기(61 내지 66)로 전송된다. 모든 모터가 전원 공급되고 연산 유닛(10)이 모터 제어기(61 내지 66)로부터 각각의 모터(M1 내지 M6)가 전원 공급되었다는 정보를 수신하면, 최종 축이 기능 준비 완료 상태임을 제어 센터(8)에 알리는 전문( $T_0$ )이 연산 유닛(10)에 의해 카드(60)를 통해 전송된다.

- [0048] 제어 센터(8)의 프로그래머에게는 로봇 아암(4)의 축(A1 내지 A6)의 모터(M1 내지 M6)에 대한 전원 공급 명령이 자동화 셀(2)에 사용되는 다른 모터(M21, M22)에 대한 전원 공급 명령과 유사한데, 이는 로봇 아암(4)의 축과 나머지 두 축이 "프로필 드라이브" 하드웨어 프로필을 준수하는 것으로 제어 센터(8)에 인식되기 때문이다. 연산 유닛(10)이 다양한 모터의 전원 공급을 관리하기 위해 로봇 아암(4)의 각각의 축(A1 내지 A6)을 대상으로 하는 모든 명령을 고려하기 때문에, 제어 센터(8)의 프로그래밍이 단순화된다.
- [0049] 자동화 셀(2)이 자동화된 프로세스를 실행할 때, 제어 센터(8)는 로봇이 수행해야 하는 명령을 포함하는 운전 프로그램(30)을 수행한다. 각각의 통신 주기마다, 로봇 아암(4)의 가상 축 제어기와 연계된 각각의 축(A1 내지 A6)에 대한 동작 명령( $C_{1i}$ )( $i$ 는 1과 6 사이)은 로봇 아암(4)의 동작 명령이 그 단부의 동작의 데카르트 좌표를 나타내는 경우 역기하 모델(36)을 사용하는 경로 생성기(34)에 의해 계산된다. SERCOS III 인터페이스 프로토콜에 따라, 정해진 각각의 통신 주기 동안, 모든 축 동작 명령( $C_{1i}$ )이 마스터 데이터 전문( $T_1$ )( $C_{1i}$ )의 형태로 버스에 전송된다. 통신 카드(60)는 해당 전문을 수신한다. 이어서 통신 카드는 연산 유닛(10)으로 인터럽트 요구를 전송하며, 연산 유닛은 전문을 재생하고, 그로부터 축 동작 명령( $C_{1i}$ )을 추출하고, 그 프로세싱을 진행한다.
- [0050] 해당 프로세싱 중에, 연산 유닛(10)은 모터 제어기(61 내지 66)에 의해 제어되는 각각의 모터(M1 내지 M6)에 대한 동작 명령( $O_{1i}$ )( $i$ 는 1과 6 사이)을 계산한다. 각각의 모터에 대한 동작 명령( $O_{1i}$ )은 제어 센터(8)로부터 수신되는 모든 명령( $C_{1i}$ )에 기초하여 트랜스미션 운동 모델을 적용하여 계산된다. 해당 명령은 모터가 성취해야 하는 위치를 포함한다. 이어서 계산은 축(A5)과 축(A6) 사이에 존재하는 커플링을 고려하는데, 축(A5)의 동작은 모터(M5, M6)의 사용을 필요로 한다. 각각의 모터에 대한 동작 명령( $O_{1i}$ )의 계산은 모터와 로봇의 회전축 간의 감속비도 고려한다.
- [0051] 각각의 모터(M1 내지 M6)에 대한 동작 명령( $O_{1i}$ )은 모터 위상에 대한 공급 전류의 결정 및 조절을 책임지는 각각의 모터의 모터 제어기(61 내지 66)에 전송된다.
- [0052] 각각의 모터 샤프트의 각방향 위치는 각각의 모터 샤프트 상에 배치되는 코더(12)에 의해 검출된다. 신호( $S_{121}$  내지  $S_{126}$ )의 형태로 각각의 모터 제어기에 전송되는 해당 정보는 모터 위상에 대한 공급 전류를 종속화할 수 있도록 해준다.
- [0053] 연산 유닛(10)은 또한 모터 제어기(61 내지 66)와의 연결을 통해, 로봇 아암(4)의 각각의 모터 샤프트의 각방향 위치를 파악하고, 트랜스미션 역운동 모델(40)을 적용하여 로봇 아암(4)의 축(A1 내지 A6)을 중심으로 이동 가능한 부분의 각방향 위치( $P_i$ )( $i$ 는 1과 6 사이)를 계산한다. 축(A5, A6)의 커플링으로 인해, 모터(M5, M6) 샤프트의 각방향 위치는 축(A6)의 각방향 위치( $P_6$ )의 결정에 영향을 미친다. 연산 유닛(10)은 또한 측정치를 기초로, 로봇의 축을 중심으로 회전 가능한 부분의 회전 속도, 해당 동작에 의해 공급되는 토크, 또는 임의의 다른 유용한 데이터를 계산할 수 있다.
- [0054] 그 결과, 그리고 SERCOS III 통신 프로토콜에 따라, 각각의 동기 통신 주기마다 로봇의 연산 유닛(10)은 로봇 아암(4)의 축의 각방향 위치( $P_i$ )를 포함하는 데이터 전문( $T'$ )을 생성하여 통신 카드(60)를 통해 제어 센터(8)로 전송한다. 해당 정보는 자동화 셀(2)의 기능을 통제하는 프로그램(30)에 사용될 수 있다. 제어 센터(8)는 예컨대 이어서 제어 패널(32) 상에 디스플레이될 수 있는 로봇 아암(4) 단부의 데카르트 위치( $P_c$ )를 얻기 위해 직접 기하 모델(direct geometric model)(42)을 사용할 수 있다.
- [0055] 연산 유닛(10)은 로봇 아암(4)의 축(A1 내지 A6)을 중심으로 회전 가능한 부분의 각방향 위치( $P_i$ )( $i$ 는 1과 6 사이)를 기초로, 예컨대 로봇 아암(4) 단부의 공구 클램프(400) 상에 위치하는 적어도 하나의 특징점(B)의 데카르트 위치를 계산할 수 있으며, 그로부터 해당 특징점의 데카르트 속도( $V(B)$ )를 도출할 수 있다. 소정 임계값과

의 비교는 연산 유닛(10)에서 이루어진다. 해당 특징점(B)의 데카르트 속도(V(B))가 해당 임계값보다 클 경우, 연산 유닛(10)은 모든 모터 제어기(61 내지 66)에 정지 명령을 전송하고, 에러를 알리는 전문을 제어 센터(8)로 전송한다.

[0056] 변형례에서, 연산 유닛(10)은 로봇 아암(4)의 가상 축 제어기와 연계된 각각의 축(A1 내지 A6)에 대한 동작 명령(C<sub>ii</sub>)(i는 1과 6 사이)에 기초하여 특징점의 데카르트 속도(V(B))를 계산한다.

[0057] 로봇 아암(4)의 거동은 중력 또는 관성력으로 인해 관절에 인가되는 토크(F<sub>i</sub>)(i는 1과 6 사이)의 예측이 각각의 모터의 종속화에서 고려되는 경우에 실질적으로 향상될 수 있다. 토크 예측(F<sub>i</sub>)은 동적 모델(44)을 사용하는 연산 유닛(10)에서 로봇 아암(4)의 각각의 모터에 대해 이루어질 수 있다. 동적 모델은 로봇 아암(4)의 각 부분에 요구되는 가속을 평가할 수 있게 해주는 동작 명령(C<sub>ii</sub>)에 대한 지식에 기초한다. 로봇 아암(4)의 구조로 인해 로봇 아암(4)의 각각의 모터 샤프트에 대한 토크(F<sub>i</sub>)의 예측은 모든 축(A1 내지 A6)의 동작 명령(C<sub>ii</sub>)을 고려해야만 한다. 일단 토크 예측(F<sub>i</sub>)이 이루어지면, 이는 모터의 데이터 또는 "상수(constant)"(46)를 적용하여 전류 명령으로 전환되고, 모터 위상 공급 전류용 제어 루프(50)에 대한 입력으로서 통합될 수 있도록 모터 제어기(61 내지 66)로 전송된다.

[0058] 변형례에 따르면, 각각의 관절에 공급되는 토크(F<sub>i</sub>) 예측의 계산은 로봇 아암(4)의 축의 각방향 위치(P<sub>i</sub>)를 사용할 수도 있다.

[0059] 관절에 인가되는 토크(F<sub>i</sub>)(i는 1과 6 사이)의 예측은 로봇 아암(4)에 의해 전달되는 하중을 고려하기 때문에 더욱 정확하다. 각각의 하중은 질량, 중력 중심의 위치 및 관성 행렬은 물론 하중이 부착되는 자유도에 의해 특징지어진다. 제어 센터(8)의 프로그래머는 각각의 로봇 아암(4) 동작 제어축에 대하여 전달되는 하중을 명시할 수 있다. 예컨대 공구 클램프(400)에서 전달되는 하중에 대해서는 제어축(A6)에 전용되는 명령을 통해 하중을 명시하게 된다. 전방 아암(402)에서 전달되는 하중에 대해서는 제어축(A4)에 전용되는 명령을 통해 하중을 명시하게 된다. 전달 하중의 명시는 비동기적으로, 즉 제어 장치(8)와 연산 유닛(10) 간의 주기적 통신 범위 밖에서 수행될 수 있다. 명시는 또한 동기적으로 수행될 수도 있는데, 이는 제어 센터(8)에서 명령을 전송할 때마다 전달 하중에 변화를 줄 수 있도록 하며, 로봇이 하중을 파지하고 전달한 후 이어서 하중을 방출하고 다른 동작을 수행하는 일련의 동작에 맞추어 로봇 아암(4)의 제어를 적합화할 수 있도록 한다.

[0060] 본 발명에 따른 방법은 전달 하중이 연산 유닛(10)에서 고려될 수 있도록 함으로써 제어 센터(8)의 구성을 단순화한다.

[0061] 본 발명에 따른 방법은 또한 하중의 영향 하에서의 로봇 아암의 변형을 고려함으로써 로봇 아암(4)의 단부에 배치되는 공구(미도시)의 경로의 정확도를 개선하도록 해준다. 이런 변형은 아암과 같은 구조 요소 또는 벨트나 기어와 같은 동력전달 요소의 가요성에서 기인할 수 있다. 각각의 축에 대한 동작 명령에 기초하여, 동적 모델(44)은 중력 또는 관성력으로 인해 관절에 인가되는 각각의 토크(F<sub>i</sub>)(i는 1과 6 사이)를 예측한다. 토크(F<sub>i</sub>)는 로봇 아암에 특유한 가요성 행렬을 사용함으로써 변형으로 인한 관절 편차(Δ<sub>i</sub>)(i는 1과 6 사이)를 얻을 수 있게 해준다. 관절 편차(Δ<sub>i</sub>)는 로봇 아암(4)의 변형에 대한 보상을 제공할 수 있도록 해주고, 이어서 각각의 축의 동작 명령에 추가되며, 따라서 모터 제어기(61 내지 66)에 의해 제어되는 각각의 모터(M1 내지 M6)에 대한 동작 명령(O<sub>i</sub>)(i는 1과 6 사이)의 계산시 고려 대상이 된다.

[0062] 관절 편차(Δ<sub>i</sub>)는 로봇 아암(4)의 축(A1 내지 A6)을 중심으로 회전 가능한 부분의 각방향 위치(P<sub>i</sub>)(i는 1과 6 사이의 정수)에서 차감될 수도 있는데, 이는 로봇 아암(4)의 각각의 모터 샤프트의 각방향 위치에 역운동 트랜스미션 모델(40)을 적용하는 것에서 시작된다.

[0063] 변형례에서, 관절 편차(Δ<sub>i</sub>)의 계산은 중력, 즉 정적 힘에 대응하는 토크(F<sub>i</sub>)의 일부만을 고려하면서 이루어질 수 있다.

[0064] 본 발명에 따른 방법은 또한 로봇(4)의 각각의 부분의 기능에 있어 모든 결함을 고려한다. 로봇 아암(4) 제어 장치(6)의 연산 유닛(10)은 모든 모터 제어기(61 내지 66)의 기능을 감독한다. 연산 유닛은 모터 제어기(61 내지 66), 모터(M1 내지 M6) 또는 코더(12)의 기능 결함을 검출하는 소프트웨어를 사용한다. 모터의 고장이 발생하는 경우, 연산 유닛(10)은 로봇 아암(4)의 나머지 모든 모터를 정지시키고, 정상적인 상태에서는 문제의 모터

에 의해 회전이 허용되는 축뿐만 아니라 로봇 아암(4)의 모든 축에 대해 고장을 명시하는 데이터 전문( $T_2$ )의 전송을 제어 센터(8)에 요구한다. 즉, 로봇 아암(4)의 축 중 하나에 발생하는 기능 결함으로 인해 로봇 아암 전체가 기능 불능으로 명시된다. 해당 정보는 제어 센터(8)로 전송된다.

- [0065] 제어 센터(8)가 로봇의 모든 축의 작업 중지를 관리할 필요가 없기 때문에, 그 프로그래밍이 단순화된다. 이는 각각의 모터 제어기(61 내지 66)와 제어 센터(8) 간의 통신을 방지하여, 결함 처리를 가속화하고 로봇 아암(4)의 안전성을 향상시킨다.
- [0066] 방금 설명한 바와 같이, 연산 유닛(10)은 축(A1 내지 A6) 중 하나에 결함이 발생하는 경우에 로봇 아암(4)의 거동이 통일될 수 있도록 한다. 이는 로봇 아암(4)의 축 중 하나가 전원 차단될 때도 동일하게 적용된다. 이때에도 각각의 모터(M1 내지 M6)는 반드시 전원 차단되어야 한다. 또한 안전을 위해 모터의 전원 차단에 앞서 브레이크를 사용하여 모터의 회전을 정지시켜야 한다. 제어 센터(8)로부터 전송되는 로봇 아암(4)에 대한 전원 차단 명령은 연산 유닛(10)에 의해 각각의 모터 제어기에 적용된다. 로봇 아암(4)의 축( $A_i$ )( $i$ 는 1과 6 사이의 정수) 중 하나에 대한 전원 차단 명령이 연산 유닛(10)에 의해 검출되자마자, 해당 명령은 로봇 아암(4)의 모든 모터로 확장된다. 이어서 연산 유닛(10)은 각각의 모터 제어기(61 내지 66)로 모터(M1 내지 M6)에 대한 전원 차단 명령( $0'_i$ )( $i$ 는 1과 6 사이)을 전송한다. 전류가 실제로 차단되면, 임의의 사고를 방지하기 위해 연산 유닛(10)이 로봇 아암(4)의 각각의 모터 샤프트가 실제로 제동되었는지를 점검한다. 모든 점검이 완료되면, 연산 유닛은 로봇 아암(4)의 모든 축( $A_i$ )( $i$ 는 1과 6 사이의 정수)이 전원 차단되었음을 제어 센터에 알리는 전문( $T_3$ )을 전송한다.
- [0067] 본 발명의 방법은 제어 센터(8)에 의해 관리되는 동작의 동기화를 향상시킨다. 이는 제어 센터(8)가 서버가 되는 고객-서버 통신 모델에 의존한다. 버스(14)는 동기 통신 모드를 제공한다. 버스(14)에 의한 제어 센터(8) 및 로봇 아암(4) 제어 장치(6) 간의 통신은 공통 주파수로 지칭되는 것으로, 모터 제어기와 같은 제어 대상 장치의 수에 맞게 적합화되는 주파수에서 이루어진다.
- [0068] 연산 유닛(10)은 제어 주파수로 지칭되는 주파수로 공통 주파수보다 높은 주파수에서 기능한다.
- [0069] 모터 제어기(61 내지 66)에서 수행되는 종속화는 종속화 주파수로 지칭되는 주파수로 제어 주파수보다 높은 주파수에서 행해진다. 그러므로, 보간(interpolation)의 계산은 연산 유닛(10)의 모터에 대한 동작 명령( $0_{1i}$ )을 모터 제어기로 전송하는 각 시점 사이에서 필연적으로 이루어진다. 해당 계산은 각각의 모터 제어기(61 내지 66)에서 수행된다.
- [0070] 제어 센터(8)에 사용되는 자동화 워크셀(2)의 기능 프로그램은 명령( $C_{1i}$ )을 생성하고 로봇 아암(4)의 축의 각 방향 위치( $P_i$ )에 대한 정보를 요구한다. 명령( $C_{1i}$ )을 전송할 때마다, 제어 센터(8)는 로봇 아암(4)의 각각의 축의 각방향 위치를 요청한다. 연산 유닛(10)은 코더(12)에 의해 각각의 모터 샤프트의 위치를 입수할 수 있다. 위치 정보는 모터 제어기(61 내지 66)로부터 연산 유닛에 전달되고, 연산 유닛이 트랜스미션 역운동 모델(10)을 적용하여 로봇 아암(4)의 축의 각방향 위치( $P_i$ )를 계산할 수 있도록 해준다. 프로세싱 작업과 데이터 전송은 연산 유닛(10)과 제어 센터(8)의 비동기화를 유발하기 쉬운 지연(delay)을 발생시킨다. 이런 비동기화를 방지하기 위해 연산 유닛(10)은 모터 제어기(61 내지 66)로부터 전달되는 각방향 위치 정보의 시간을 측정한다. 따라서 코더(12)에 의해 검출되는 모터 샤프트의 각방향 위치에 대한 각각의 측정은 측정 시간과 연계된다. 버스(18)에 의한 통신이 동기 유형으로 이루어지기 때문에 연산 유닛(10)은 제어 센터(8)의 요청에 응하여 로봇 아암(4)의 축의 각방향 위치값( $P_i$ )을 어느 시점에 전송해야 하는지를 알게 된다. 각방향 위치값은 측정 시간에 따라, 측정 시점에서의 로봇 아암(4)의 추정 동작에 따라, 그리고 제어 센터(8)로의 전송 시간으로부터 측정 시간을 빼어놓는 시간 간격에 따라 보정된다. 연산 유닛(10)은 동기화를 수행한다.
- [0071] 변형례에서, 본 발명에 따른 제어 방법은 비동기 통신 모드를 지니는 버스를 사용할 수 있다.
- [0072] 다른 변형례에서, 본 발명에 따른 방법은 CANopen 응용 계층이 통합된 CAN(지역제어망) 버스에 의해 구현될 수 있다. 또한 Powerlink 및 EtherCAT 통신 프로토콜과도 공존할 수 있다.
- [0073] 다른 변형례에 따르면, 로봇 아암(4)의 동작 제어축은 로봇 아암(4)의 축(A1 내지 A6) 대신에 데카르트 축(X, Y, Z)과 대응 회전( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ )이 되도록 선정될 수 있다. 이때, 제어 센터(8)의 프로그래머는 세 방향(X, Y, Z) 및 축(X, Y, Z)을 중심으로 하는 회전( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ )에 따른 로봇 아암(4) 단부의 배향으로 로봇 아암(4) 단부의 필요 동작을 표현하게 된다. 이 경우에, 제어 센터(8)는 도달되어야 하는 데카르트 위치를 로봇 아암

(4) 제어 장치에 전송한다. 이로 인해 제어되는 로봇에 특정된 특성을 포함하는 것이 불필요해지기 때문에 제어 센터(8)의 프로그래밍이 단순화된다. 연산 유닛(10)은 로봇 아암(4)의 역기하 모델을 통합하여 모터 제어기(61 내지 66)를 대상으로 하는 동작 명령을 결정하기 위해 사용한다. 마찬가지로, 연산 유닛(10)은 제어 장치(8)로의 전송 전에, 로봇 아암(4)의 각 모터의 샤프트의 각방향 위치를 기초로 동작 제어축(X, Y, Z)의 위치와 대응 회전(Rx, Ry, Rz)을 계산할 수 있도록 해주는 직접 기하 모델을 통합하여 사용할 수 있다.

[0074] 본 발명은 6 자유도를 갖는 로봇의 사용에 제한되지 않고 예컨대 7 자유도를 갖는 로봇에도 적용될 수 있다. 이 경우에 프로그래머는 유리하게는 데카르트 축(X, Y, Z)과 로봇 아암 단부 동작의 대응 회전(Rx, Ry, Rz)을 동작 제어축으로서 선정할 수 있다. 로봇 아암 제어 장치의 연산 유닛은 중복을 해소하기 위해 정교한 역기하 모델을 사용하게 된다.

[0075] 본 발명은 통신 카드(60), 연산 유닛(10) 및 모터 제어기(61 내지 66)를 포함하는 로봇 제어 장치를 대상으로 설명되었다. 연산 유닛(10)은 제어 센터(8)로부터의 정보를 처리하고 모터 제어기(61 내지 66)를 대상으로 하는 동작 명령을 생성할 수 있다. 모터 제어기(61 내지 66)는 축 제어기(121, 122)와 같은 보통의 축 제어기와 기능적으로 유사하다. 모터 제어기는 위치 명령을 수신하고 전기 액츄에이터의 위상을 공급하는 전류의 종속형 제어를 제공한다. 그러나 본 발명은 파워 카드(미도시)를 대상으로 전류 명령을 직접 생성할 수 있는 연산 유닛을 사용하는 구조에도 적용될 수 있다. 파워 카드는 하나 이상의 전기 액츄에이터의 위상에 흐르는 전류를 제어할 수 있다. 본 발명은 로봇 아암(4) 제어 장치(6)의 구조에 의해서는 제한을 받지 않는다.

[0076] 본 발명의 변형례에 따르면, 모터 제어기에 의해 제어되는 각각의 모터(M1 내지 M6)에 대한 명령은 제어 센터(8)로부터 수신되는 전부가 아닌 여러 개의 명령(C<sub>i</sub>)(i는 1과 6 사이의 정수)에 의해 결정된다.

### 부호의 설명

[0077] 2: 자동화 워크셀, 4: 로봇 아암, 6: 제어 장치  
 8: 제어 센터, 10: 연산 유닛  
 14: 버스, 61, 62, 63, 64, 65, 66: 모터 제어기  
 A1, A2, A3, A4, A5, A6: 동작 제어축, M1, M2, M3, M4, M5, M6: 모터

도면  
도면1

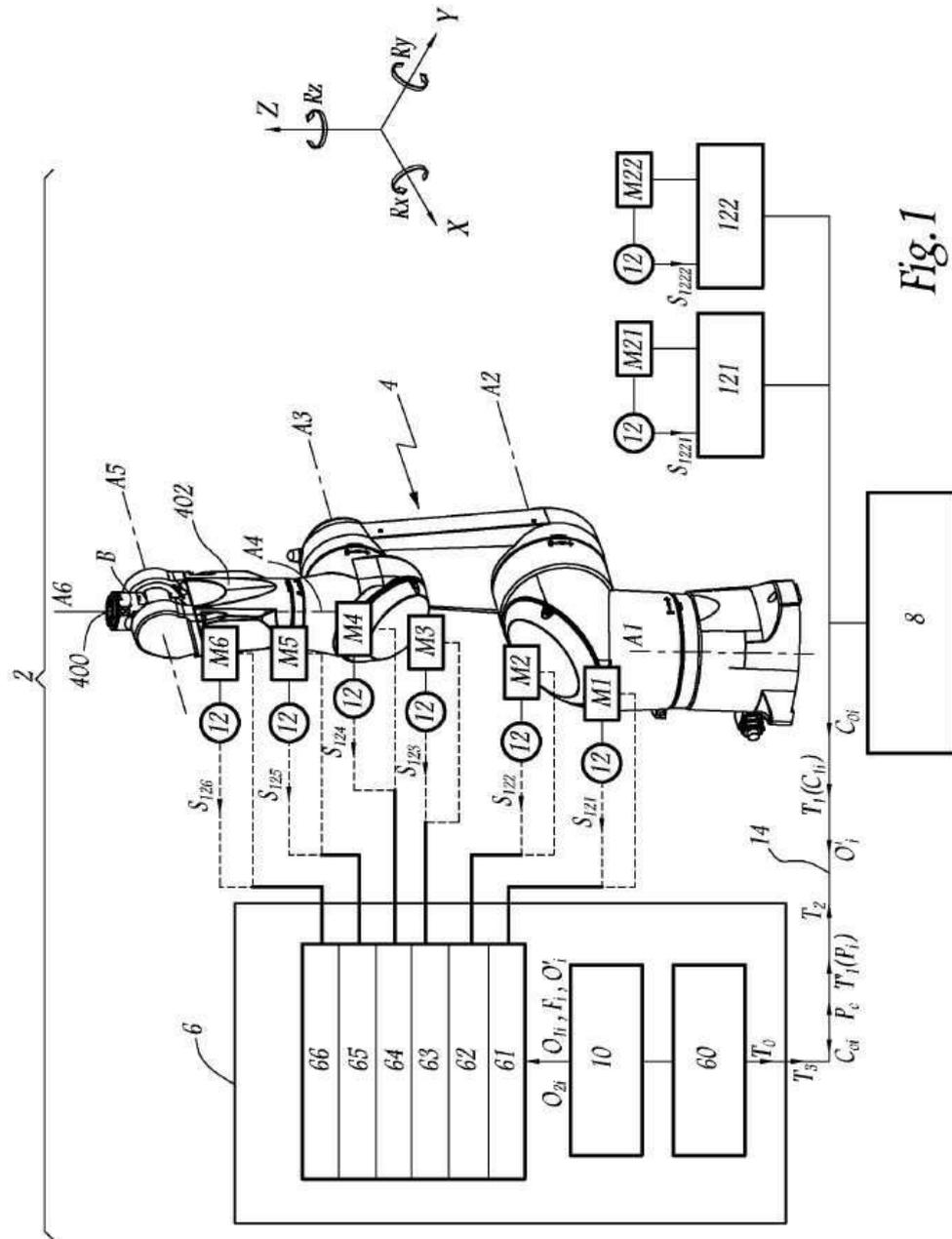


Fig. 1

도면2

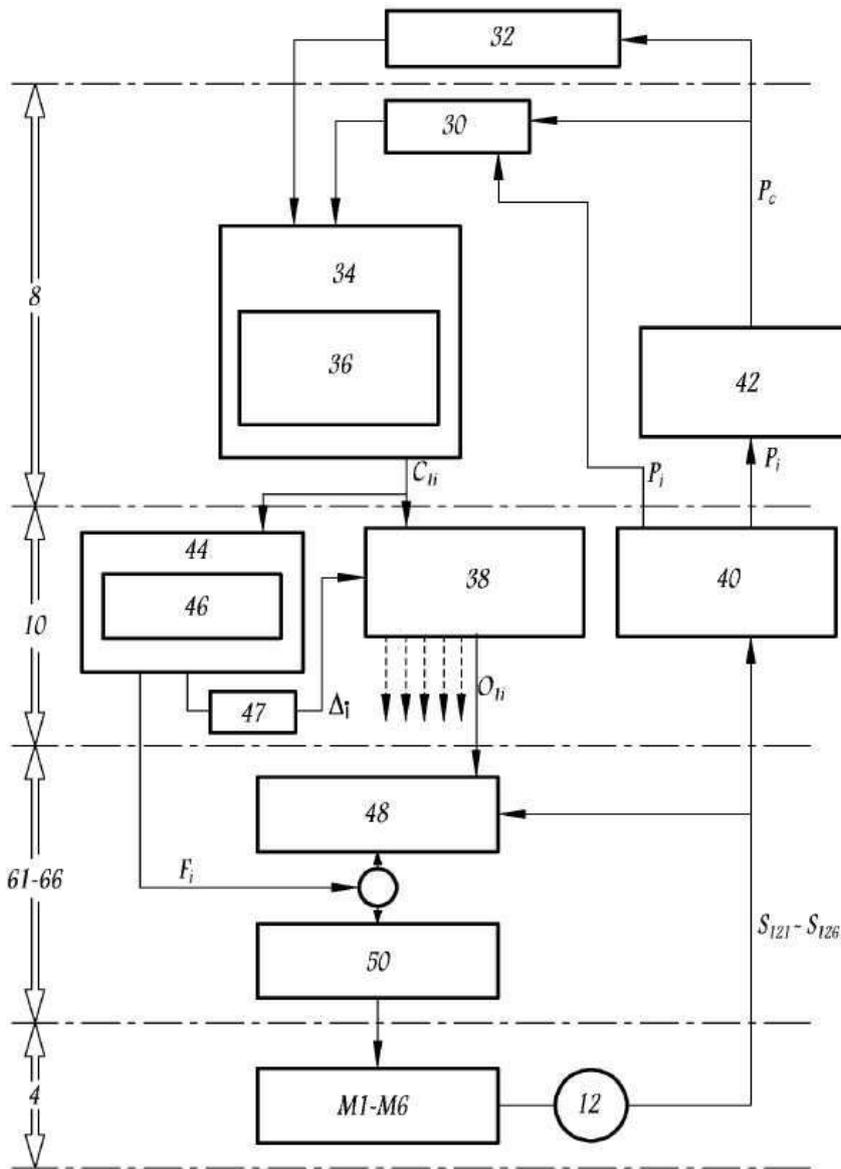


Fig.2