



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월07일
(11) 등록번호 10-0756602
(24) 등록일자 2007년09월03일

(51) Int. Cl.

H02P 23/00(2006.01) H02P 31/00(2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0054123

(22) 출원일자 2006년06월16일

심사청구일자 2006년06월16일

(56) 선행기술조사문헌

US06008618 A1

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김진걸

경기 고양시 일산서구 일산3동 후곡마을 현대아파트 307동 1002호

공정식

인천 남구 용현4동 187-37 B01호

(74) 대리인

전흥기

전체 청구항 수 : 총 10 항

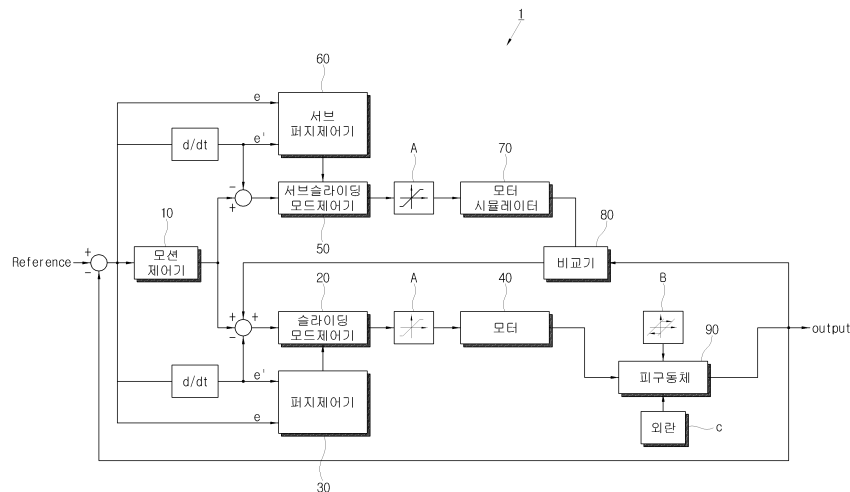
심사관 : 이상웅

(54) 모터제어장치 및 모터제어장치의 제어방법

(57) 요약

본 발명은 모터제어장치 및 그 제어방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 모터제어장치는 피구동체를 구동시키는 모터를 제어하기 위해, 상기 모터의 출력과 상기 피구동체의 출력간의 제1 편차를 생성하고, 상기 제1 편차를 속도화하여 제1 차이값을 출력하는 비교기와; 상기 피구동체의 출력과 상부제어기로부터 입력되는 기준값 간의 제2 편차를 상기 모터를 동작하기 위한 제2 차이값으로 변환하여 출력하는 모션제어기와; 상기 제2 편차, 상기 제2편차가 속도화된 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화함으로써 기울기 및 이득을 생성하는 퍼지제어기와; 상기 제1 차이값, 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 기울기 및 상기 이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 실시하여, 모터를 구동시키기 위한 전압값을 출력하는 슬라이딩모드제어기를 포함한다. 따라서, 로봇관절을 구동하기 위한 모터 제어시 필연적으로 발생하는 비선형성요소인 포화, 백래쉬 및 외란에 의해 발생하는 구동오차를 제거할 수 있는 모터제어장치 및 그 제어방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌
KR1019960039579 A
US06407531 A1

특허청구의 범위

청구항 1

피구동체를 구동시키는 모터를 제어하는 모터제어장치에 있어서,

상기 모터의 출력과 상기 피구동체의 출력간의 제1 편차를 생성하고, 상기 제1 편차를 속도화하여 제1 차이값을 출력하는 비교기와;

상기 피구동체의 출력과 상부제어기로부터 입력되는 기준값 간의 제2 편차를상기 모터를 구동시키기 위한 제2 차이값으로 변환하여 출력하는 모션제어기와;

상기 제2 편차, 상기 제2편차가 속도화된 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 기울기 및 이득을 생성하는 퍼지제어기와;

상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 기울기 및 상기 이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 실시하여, 상기 모터를 구동시키기 위한 전압값을 출력하는 슬라이딩모드제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터제어장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 퍼지제어기는

상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 입력중심값을 생성하는 퍼지화부와;

상기 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 추론부와;

추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 출력중심값을 중심값으로 하는 출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 기울기 및 상기 이득을 추출하는 비퍼지화부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터제어장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 모터에 대응하는 모터시뮬레이션이 마련되어 상기 모터의 출력에 대응하는 시뮬레이션값을 출력하는 모터시뮬레이터와;

상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 서브기울기 및 서브이득을 생성하는 서브퍼지제어기와;

상기 모터시뮬레이터가 상기 시뮬레이션값을 출력하도록, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 수행하여 상기 전압값에 대응하는 시뮬레이션전압값을 상기 모터시뮬레이터로 출력하는 서브슬라이딩모드제어기를 더 포함하며,

상기 제1 편차는 상기 시뮬레이션값과 상기 피구동체의 출력 간의 편차에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 모터제어장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 서브퍼지제어기는

상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 서브입력멤버쉽함수 및 제2 서브입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 서브입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 서브입력중심값을 생성하는 서브퍼지화부와;

상기 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 서브추론부와;

추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 서브출력중심값을 중심값으로 하는 서브출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 추출하는 서브비퍼지화부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터제어장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 모션제어기는 PI제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터제어장치.

청구항 6

피구동체를 구동시키는 모터의 제어방법에 있어서,

상기 모터의 출력과 상기 피구동체의 출력간의 제1 편차를 생성하고, 상기 제1 편차를 속도화하여 제1 차이값을 출력하는 단계와;

상기 피구동체의 출력과 상부제어기로부터 입력되는 기준값 간의 제2 편차를 상기 모터를 구동시키기 위한 제2 차이값으로 변환하여 출력하는 단계와;

상기 제2 편차, 상기 제2편차가 속도화된 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 기울기 및 이득을 생성하는 단계와;

상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 기울기 및 상기 이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 실시하여, 상기 모터를 구동시키기 위한 전압값을 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 제어방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 기울기 및 이득을 생성하는 단계는

상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 입력중심값을 생성하는 퍼지화단계와;

상기 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 추론단계와;

추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 출력중심값을 중심값으로 하는 출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 기울기 및 상기 이득을 추출하는 비퍼지화단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 제어방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 모터에 대응하는 모터시뮬레이션이 마련되어 상기 모터의 출력에 대응하는 시뮬레이션값을 출력하는 단계와;

상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 서브기울기 및 상기 서브이득을 생성하는 단계와;

상기 모터시뮬레이터가 상기 시뮬레이션값을 출력하도록, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 수행하여 상기 전압값에 대응하는 시뮬레이션전압값을 상기 모터시뮬레이터로 출력하는 단계를 더 포함하며,

상기 제1 편차는 상기 시뮬레이션값과 상기 피구동체의 출력 간의 편차에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 제어방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 서브기울기 및 서브이득을 생성하는 단계는

상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 서브입력멤버쉽함수 및 제2 서브입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 서브입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 서브입력중심값을 생성하는 서브퍼지화단계와;

상기 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 서브추론단계와;

추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 서브출력중심값을 중심값으로 하는 서브출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 추출하는 서브비퍼지화단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 제어방법.

청구항 10

제6항 내지 제9항에 중 어느 한 항에 있어서,

상기 슬라이딩모드제어는

$$u = K_G \times |x| \times \text{sgn}(x + K_S \times dx/dt)$$

(u는 상기 전압값 또는 상기 시뮬레이션전압값을 추출하기 위한 슬라이딩모드제어의 출력값이고, x는 상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값 또는 상기 제1 차이값 및 상기 제2 차이값을 가감한 값이고, dx/dt는 상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값을 속도화한 값 또는 상기 제1 차이값 및 상기 제2 차이값을 가감한 값을 속도화한 값이고, KG는 상기 이득 또는 상기 서브이득이고, KS는 상기 기울기 또는 상기 서브기울기이고, sgn(Y)는 Y의 변수값이 0보다 크면 1이 출력되고 0보다 작으면 -1이 출력된다)

인 수학식을 포함하는 것을 특징으로 하는 제어방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <16> 본 발명은 모터제어장치 및 그 제어방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 로봇 관절을 구동하기 위한 모터 제어 시 퍼지슬라이딩모드제어기를 사용하여 필연적으로 발생하는 비선형성요소인 포화, 백래쉬 및 외란에 의해 발생하는 오차를 제거하는 모터제어장치 및 그 제어방법이다.
- <17> 최근에 로봇 산업이 발전함에 따라, 종래의 기계자동화를 위한 로봇등 단순한 동작을 반복하는 로봇보다 더욱 활동적이고 세밀한 동작을 할 수 있는 로봇 등을 개발되기에 이르렀다. 예컨대, 인간의 형태로 형성되어 인간의 동작을 따라할 수 있는 로봇인 '휴머노이드 로봇'등이 그 일 예라 할 수 있다.
- <18> 이에, 로봇이 세밀한 동작을 하기 위해서는 각 관절 부분에 형성되어 각 관절이 동작할 수 있는 동력을 제공하는 모터와, 이 모터에 동력발생량을 제어하는 제어부가 필수적으로 마련되어야 한다.
- <19> 여기서, 이론적으로는 제어부에 제어를 받은 모터는 요구되는 동력을 발생하여 로봇이 요구되는 동작을 하도록 하는 것이 이상적이라 할 것이나, 외부요인 등에 의해 모터의 구동에서 오차가 발생하여 리밋 싸이클등 로봇의 세밀한 동작을 방해하는 요소가 발생하였다.
- <20> 이를, 비선형성요소라 하며, 대표적인 비선형성요소는 포화(Satuation)와 백래쉬(Backlash) 및 외란이 있다.
- <21> 따라서, 비선형성요소에 의해 모터가 추종하지 못하는 전압이 인가되어 제어 시 요구되는 로봇의 동작을 수행

하지 못하거나, 백래쉬 및 외란에 의해 모터의 동작이 제한을 받아 오동작을 발생시킴으로써, 로봇의 진동을 유도하여 로봇의 동작이 불안정하게 되는 문제점이 발생하였다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<22> 상기한 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 로봇 관절을 구동하기 위한 모터 제어 시 퍼지슬라이딩모드제어기를 사용하여 필연적으로 발생하는 비선형성요소인 포화, 백래쉬 및 외란에 의해 발생하는 오차를 제거하는 모터 제어장치 및 모터제어장치의 제어방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

<23> 상술한 목적은 본 발명에 따른, 피구동체를 구동시키는 모터를 제어하기 위한, 상기 모터의 출력과 상기 피구동체의 출력간의 제1 편차를 생성하고, 상기 제1 편차를 속도화하여 제1 차이값을 출력하는 비교기와; 상기 피구동체의 출력과 상부제어기로부터 입력되는 기준값 간의 제2 편차를 상기 모터가 동작하기 위한 제2 차이값으로 변환하여 출력하는 모션제어기와; 상기 제2 편차, 상기 제2편차가 속도화된 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 기울기 및 이득을 생성하는 퍼지제어기와; 상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 기울기 및 상기 이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 실시하여, 상기 모터를 구동시키기 위한 전압값을 출력하는 슬라이딩모드제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터제어장치에 의해 달성된다.

<24> 여기서, 상기 퍼지제어기는 상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 입력중심값을 생성하는 퍼지화부와; 상기 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 추론부와; 추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 출력중심값을 중심값으로 하는 출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 기울기 및 상기 이득을 추출하는 비퍼지화부를 포함할 수 있다.

<25> 여기서, 상기 모터에 대응하는 모터시뮬레이션이 마련되어 상기 모터의 출력에 대응하는 시뮬레이션값을 출력하는 모터시뮬레이터와; 상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 서브기울기 및 서브이득을 생성하는 서브퍼지제어기와; 상기 모터시뮬레이터가 상기 시뮬레이션값을 출력하도록, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 수행하여 상기 전압값에 대응하는 시뮬레이션전압값을 상기 모터시뮬레이터로 출력하는 서브슬라이딩모드제어기를 더 포함하며, 상기 제1 편차는 상기 시뮬레이션값과 상기 피구동체의 출력 간의 편차에 의해 산출될 수 있다.

<26> 여기서, 상기 서브퍼지제어기는 상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 서브입력멤버쉽함수 및 제2 서브입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 서브입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 서브입력중심값을 생성하는 서브퍼지화부와; 상기 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 서브추론부와; 추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 서브출력중심값을 중심값으로 하는 서브출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 추출하는 서브비퍼지화부를 포함할 수 있다.

<27> 한편, 상기 모션제어기는 PI제어기를 포함할 수 있다.

<28> 한편, 상술한 목적은 피구동체를 구동시키는 모터의 제어하기 위한, 상기 모터의 출력과 상기 피구동체의 출력간의 제1 편차를 생성하고, 상기 제1 편차를 속도화하여 제1 차이값을 출력하는 단계와; 상기 피구동체의 출력과 상부제어기로부터 입력되는 기준값 간의 제2 편차를 상기 모터가 동작하도록 하는 제2 차이값으로 변환하여 출력하는 단계와; 상기 제2 편차, 상기 제2편차가 속도화된 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 기울기 및 이득을 생성하는 단계와; 상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 기울기 및 상기 이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 실시하여, 상기 모터를 구동시키기 위한 전압값을 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 제어방법에 의해 달성된다.

<29> 여기서, 상기 기울기 및 이득을 생성하는 단계는 상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 입력중심값

을 생성하는 퍼지화단계와; 상기 제1 입력중심값 및 상기 제2 입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 추론단계와; 추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 출력중심값을 중심값으로 하는 출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 기울기 및 상기 이득을 추출하는 비퍼지화단계를 포함할 수 있다.

<30> 여기서, 상기 모터에 대응하는 모터시뮬레이션이 마련되어 상기 모터의 출력에 대응하는 시뮬레이션값을 출력하는 단계와; 상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 서브기울기 및 상기 서브이득을 생성하는 단계와; 상기 모터시뮬레이터가 상기 시뮬레이션값을 출력하도록, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값에 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 수행하여 상기 전압값에 대응하는 시뮬레이션전압값을 상기 모터시뮬레이터로 출력하는 단계를 더 포함하며, 상기 제1 편차는 상기 시뮬레이션값과 상기 피구동체의 출력 간의 편차에 의해 산출될 수 있다.

<31> 여기서, 상기 서브기울기 및 서브이득을 생성하는 단계는 상기 제2 편차 및 상기 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 서브입력멤버쉽함수 및 제2 서브입력멤버쉽함수를 구성하고, 상기 모터의 상태에 따라 상기 제1 서브입력멤버쉽함수의 중심이 되는 7종류의 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력멤버쉽함수의 중심값이 되는 7종류의 제2 서브입력중심값을 생성하는 서브퍼지화단계와; 상기 제1 서브입력중심값 및 상기 제2 서브입력중심값에 상기 퍼지 알고리즘의 추론규칙을 적용하여 상기 모터의 상태를 9종류로 추론하는 서브추론단계와; 추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용한 서브출력중심값을 중심값으로 하는 서브출력멤버쉽함수를 사용하여 상기 서브기울기 및 상기 서브이득을 추출하는 서브비퍼지화단계를 포함할 수 있다.

<32> 한편, 상기 슬라이딩모드제어는

<33>
$$u = K_G \times |x| \times \text{sgn}(x + K_S \times dx/dt)$$
 (u는 상기 전압값 또는 상기 시뮬레이션전압값을 추출하기 위한 슬라이딩모드제어의 출력값이고, x는 상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값 또는 상기 제1 차이값 및 상기 제2 차이값을 가감한 값이고, dx/dt 는 상기 제1 차이값, 상기 제2 차이값 및 상기 제2 편차변화값을 가감한 값을 속도화한 값 또는 상기 제1 차이값 및 상기 제2 차이값을 가감한 값을 속도화한 값이고, K_G 는 상기 이득 또는 상기 서브이득이고, K_S 는 상기 기울기 또는 상기 서브기울기이고, $\text{sgn}(Y)$ 는 Y의 변수값이 0보다 크면 1이 출력되고 0보다 작으면 -1이 출력된다)인 수학적식을 포함할 수 있다.

<34> 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 모터제어장치를 자세히 설명한다.

<35> 본 발명의 실시예에 따른 모터제어장치(1)는 도 1에 도시된 바와 같이 비교기(80), 모션제어기(10), 퍼지제어기(30) 및 슬라이딩모드제어기(20)를 포함한다.

<36> 비교기(80)는 모터(40)의 출력과 피구동체(90)의 출력 간의 차이인 제1 편차를 생성하고, 이 제1 편차를 속도화하여 출력한다.

<37> 여기서, 모터(40)의 출력은 로봇의 관절(미도시)을 구동하기 위해 모터(40)가 발생하는 구동력이고, 피구동체(90)는 모터(40)에 장착되는 기어등을 의미한다. 따라서, 피구동체(90)의 출력은 기어 등이 회전하는 회전각등으로 나타낼 수 있다.

<38> 모션제어기(10)는 피구동체(90)의 출력과 상부제어기로부터 입력되는 기준값 간의 제2 편차를 속도화하여 제2 차이값을 출력한다.

<39> 여기서, 상부제어기는 로봇의 각 관절들을 통합 제어하는 주제어기로서, 각 관절부분의 동작량을 수치화한 각각의 기준값(Reference)을 각 관절에 마련된 모터제어장치(1)로 전송한다.

<40> 또한, 본 실시예에서의 모션제어기(10)는 제2 편차를 오차 없이 속도화하여 제2 차이값을 출력하기 위해 PI제어기를 포함할 수 있다. 따라서, 로봇이 동작하는 모션에 대한 정보라고 할 수 있는 제2 편차를 제2 차이값으로 속도화하는 과정에서 발생할 수 있는 오차를 제거함으로써, 로봇의 추종성을 증가시킬 수 있다. 여기서, 추종성은 로봇이 동작할 시 적용되는 로봇의 시간당 움직임이 제어기에 의해 요구되는 움직임을 어느 정도 따라갈 수 있는지를 판단하는 요소이다.

<41> 퍼지제어기(30)는 제2 편차, 제2 편차가 속도화된 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화함으로써 기울기 및 이득을 생성한다.

<42> 여기서, 본 실시예에서의 퍼지제어기는 도 2에 도시된 바와 같이 퍼지화부(31), 추론부(32), 비퍼지화부(33)를

포함하는 것을 일 예로 하였다.

<43> 퍼지화부(31)는 제2 편차 및 제2 편차변화값을 각각 입력값으로 하는 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수를 구성하고, 모터의 상태에 따라 제1 입력멤버쉽함수의 중심이 되는 제1 입력중심값 및 제2 입력멤버쉽함수의 중심이 되는 제2입력중심값을 생성한다. 여기서, 모터의 상태는 후술할 슬라이딩모드제어기(20)에서 모터(40)로의 출력을 감지하는 엔코더(미도시)가 마련되어, 엔코더에서 감지된 값을 기준으로 마련되는 것을 일 예로 하였다.

<44> 또한, 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이 본 실시예에서의 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수의 중심값은 각 7개씩이 마련되는 것을 일 예로 하였다. 또한, 제1 입력멤버쉽함수의 중심값의 변화는 10으로 하였고, 제2 입력멤버쉽함수의 중심값의 변화는 -5로 하였다. 따라서, 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수를 통해 제2 편차 및 제2 편차변화값에 따른 현 모터의 상태를 퍼지화할 수 있다.

<45> 추론부(32)는 제1 입력중심값 및 제2 입력중심값에 퍼지 알고리즘의 추론규칙(32a)이 적용된 제어규칙을 적용하여 모터의 상태를 9종류로 추론하여 판별한다.

<46> 여기서, 제어규칙은 아래의 수학적 식 1 및 표 1에 의해 정의된다.

If~'제2~편차'~is~A

<48> 그리고, 아래의 표 1은 본 실시예에 따른 추론규칙(32a)을 나타낸다.

【표 1】

<49>

		e						
		NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
de/dt	NL	NB	NL	NL	NM	NM	NS	Z
	NM	NL	NL	NM	NM	NS	Z	PS
	NS	ML	NM	NS	NS	Z	PS	PM
	Z	NM	NS	Z	Z	Z	PS	PM
	PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PL
	PM	NS	Z	PS	PM	PM	PL	PL
	PL	Z	PS	PM	PM	PL	PL	PB

<50> 여기서, 모터의 상태는 언어규칙으로 추론하며, 언어규칙은 NB(Negative Big), NL(Negative Large), NM(Negative Medium), NS(Negative Small), Z(Zero), PS(Positive Small), PM(Positive Medium), PL(Positive Large), PB(Positive Big)으로 마련된다.

<51> 비퍼지화부(33)는 도 7에 도시된 바와 같이 추론된 9종류의 모터 상태에 따른 출력중심값을 중심값으로 하는 출력멤버쉽함수를 사용하여 후술할 슬라이딩모드제어기(20)에 적용될 기울기 및 이득을 추출한다. 여기서, 기울기는 슬라이딩모드제어기(20)의 슬라이딩 모드의 면의 기울기이다.

<52> 여기서, 출력중심값은 슬라이딩모드제어기(20)에 적용되는 기울기 및 이득을 추출하기 위한 요소이므로, 현재 모터 상황의 대응하는 최적의 기울기 및 이득을 추출하기 위해서는 최적의 출력중심값을 정해야할 필요가 있다. 따라서, 본 실시예에서의 출력중심값은 유전알고리즘을 이용하여 추출하였다. 이에 따라, 임의대로 기울기 및 이득을 결정하여 퍼지화 및 비퍼지화 과정의 오류가 발생하는 것을 방지할 수 있다.

<53> 슬라이딩모드제어기(20)는 제1 차이값, 제2 차이값 및 제2 편차변화값을 가감한 값에 기울기 및 이득을 적용하

여 슬라이딩모드제어를 실시하여, 모터를 구동시키기 위한 전압값을 출력한다.

<54> 아래 수학적식 2은 본 실시예에 따른 슬라이딩모드제어기(20)를 나타낸 수식이다.

$$u = K_G \times |x| \times \text{sgn}(x + K_S \times dx/dt)$$

<55>

<56> 수학적식 2에서의 u는 모터 구동을 위한 전압값을 추출하기 위한 슬라이딩모드제어의 출력값이고, x는 제1 차이값, 제2 차이값 및 제2 편차변화값을 가감한 값이고, dx/dt는 제1 차이값, 제2 차이값 및 제2 편차변화값을 가감한 값을 속도화한 값이고, KG는 이득이고, KS는 기울기이고, sgn(Y)은 (Y)안의 변수값이 0보다 크면 1이 출력되고 0보다 작으면 -1이 출력되는 함수를 의미한다.

<57>

이에, 슬라이딩모드제어기(20)는 제1 차이값, 제2 차이값 및 제2 편차변화값을 가감한 값에 퍼지제어기(30)에 의해 추출된 이득과 기울기를 수학적식 2을 통해 적용하여 모터 구동을 위한 전압값을 추출한다. 따라서, 임의대로 이득 및 기울기를 선정하여 전압값을 추출함으로써 모터의 포화 현상(A)을 발생시키던 종래의 문제점을 본 발명에 따른 유전알고리즘이 적용되어 추출된 이득 및 기울기를 갖는 슬라이딩모드제어기(20)를 이용하여 방지할 수 있다.

<58>

한편, 모터의 출력은 피구동체(90)의 출력과 비교하여 오차를 계산해야하는 중요한 요소이며 정확성을 필요로 한다. 따라서, 모터의 센서를 부착함으로써 모터의 출력을 추출할 수 있으나, 이는 마찰, 점성, 피구동체(90)의 무게등을 포함하는 외란(C) 및 백래쉬(B)의 영향을 받을 우려가 발생한다.

<59>

따라서, 본 실시예에서는 모터시물레이터(70), 서브퍼지제어기(60) 및 서브슬라이딩모드제어기(50)를 더 포함함으로써, 시물레이션을 통해 모터의 출력과 대응하며 백래쉬(B) 및 외란(C)에 영향받지 않은 시물레이션값을 추출하고, 이에 제1 편차가 시물레이션값과 피구동체(90)의 출력 간의 편차에 의해 산출되는 것을 일 예로 하였다.

<60>

모터시물레이터(70)는 실제 모터가 외란(C)의 영향 없이 출력했을 시와 동일한 값을 출력하도록 프로그램된 시물레이터이다. 이에, 모터의 출력에 대응하며, 실제 모터가 백래쉬(B) 및 외란(C)의 영향 없이 출력했을 시와 동일한 값인 시물레이션값을 출력한다.

<61>

서브퍼지제어기(60)는 제2 편차 및 제2 편차변화값을 퍼지 알고리즘에 기초하여 퍼지화하여 서브기울기 및 서브이득을 생성한다.

<62>

여기서, 서브퍼지제어기(60)는 퍼지제어기(30)와 같은 구성을 가진다. 따라서, 서브퍼지제어기(60)도 서브퍼지부(미도시), 서브추론부(미도시), 서브비퍼지부(미도시)를 가지고 있으나, 이는 퍼지제어기(30)의 퍼지부(31), 추론부(32), 비퍼지부(33)와 동일한 구성 및 작용을 하며, 이에 사용되는 퍼지규칙도 수학적식 1 및 표 1에 의해 정의된다. 따라서, 서브기울기 및 서브이득도 퍼지제어기(30)의 기울기 및 이득과 같은 값을 가짐으로써, 모터의 적용되는 백래쉬(B) 및 외란(C)의 영향을 측정할 수 있도록 한다.

<63>

서브슬라이딩모드제어기(50)는 모터시물레이터(70)가 시물레이션값을 출력하도록, 제2 차이값 및 제2 편차변화값을 가감한 값에 서브기울기 및 서브이득을 적용하여 슬라이딩모드제어를 수행하여 상기 전압값에 대응하는 시물레이션전압값을 상기 모터시물레이터(70)로 출력한다.

<64>

여기서, 서브슬라이딩모드제어기(50)도 외란(C)의 영향을 정확히 추출하기 위해 수학적식 2에 의해 구성되어 있다. 단지, 서브슬라이딩모드제어기(50)에 구성된 수학적식 2에서 u는 시물레이션전압값을 추출하기 위한 서브슬라이딩모드제어의 출력값이고, x는 제2 차이값 및 제2 편차변화값을 가감한 값이고, dx/dt는 제2 차이값 및 제2 편차변화값을 가감한 값을 속도화한 값이고, KG는 서브이득이고, KS는 서브기울기로 구성된다.

<65>

이하에서는 상기한 구성에 의한 본 실시예에 따른 모터의 제어방법을 설명하겠다.

<66>

도 3에 도시된 바와 같이, 비교기(80)에 의해 모터의 출력과 피구동체(90)의 출력간을 가감한 제1 편차가 속도화하여 제1 차이값이 출력되고, 모션제어기(10)에 의해 피구동체(90)의 출력과 상부제어기로부터 입력되는 기준값 간의 제2 편차를 속도화하여 제2 차이값이 출력된다(S1). 그리고, 퍼지제어기(30)를 통해 퍼지제어(S2)하여 이득 및 기울기를 추출한다(S3).

<67>

여기서, 퍼지제어하는 것(S2)은 도 4에 도시된 바와 같이 제2 편차 및 제2 편차변화값에 대해 퍼지화하여(S21), 제1 입력멤버쉽함수 및 제2 입력멤버쉽함수에 적용되는 각 7개의 중심값을 생성한다(S22). 그리고, 제1 입력멤버

버텨함수 및 제2 입력멤버버텨함수에 퍼지 알고리즘의 추론규칙(32a)을 적용하여(S23) 모터의 상태를 9종류로 추론한다(S24). 그리고, 추론된 상기 9종류의 모터 상태를 유전 알고리즘을 적용하여 중심값으로 하는 출력멤버버텨함수를 사용하여 비퍼지화하여 기울기 및 이득을 추출한다(S25).

- <68> 따라서, 추출된 기울기 및 이득은 제1 차이값, 제2 차이값 및 제1 입력변화값을 가감한 값에 기울기 및 이득이 적용된 수학적 식을 가지는 슬라이딩모드제어기에 의해 슬라이딩모드제어를 실시하여 모터를 구동하기 위한 전압값을 출력한다. 그리고, 출력된 전압값에 의해 모터가 구동함으로써 포화(A), 백래쉬(B) 및 외란(C)의 영향이 제거된 모터의 구동이 이루어진다(S5).
- <69> 본 실시예에서의 S1단계에서, 제1 편차를 생성하기 위한 모터의 출력은 실제 모터가 백래쉬(B) 및 외란(C)의 영향 없이 출력했을 시와 동일한 값인 시뮬레이션값인 것을 일 예로 하였다.
- <70> 여기서, 시뮬레이션값은 모터시뮬레이션(70)에 의해 시뮬레이션되어 출력되며, 시뮬레이션값을 출력하기 위한 서브퍼지제어기(60) 및 서브슬라이딩모드제어기(50)의 동작과정은 상술한 퍼지제어기(30)와 슬라이딩모드제어기(20)와 동일하다. 그리고, 동작과정의 적용되는 제1 서브입력멤버쉽함수, 제2 서브입력멤버쉽함수, 서브출력멤버쉽함수, 제1 서브입력중심값, 제2 서브입력중심값, 서브출력중심값, 서브기울기, 서브이득은 상술한 제1 입력멤버쉽함수, 제2 입력멤버쉽함수, 출력멤버쉽함수, 제1 입력중심값, 제2 입력중심값, 출력중심값, 기울기 및 이득과 그 추출하는 과정 및 값이 동일하다. 따라서, 시뮬레이션값을 출력하기 위한 과정은 생략하기로 한다.
- <71> 비록, 본 발명의 실시예가 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.

발명의 효과

- <72> 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 모터제어장치 및 모터제어방법에 의해 로봇 관절을 구동하기 위한 모터 제어 시 퍼지슬라이딩모드제어기를 사용하여 필연적으로 발생하는 비선형성요소인 포화, 백래쉬 및 외란에 의해 발생하는 오차를 제거할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

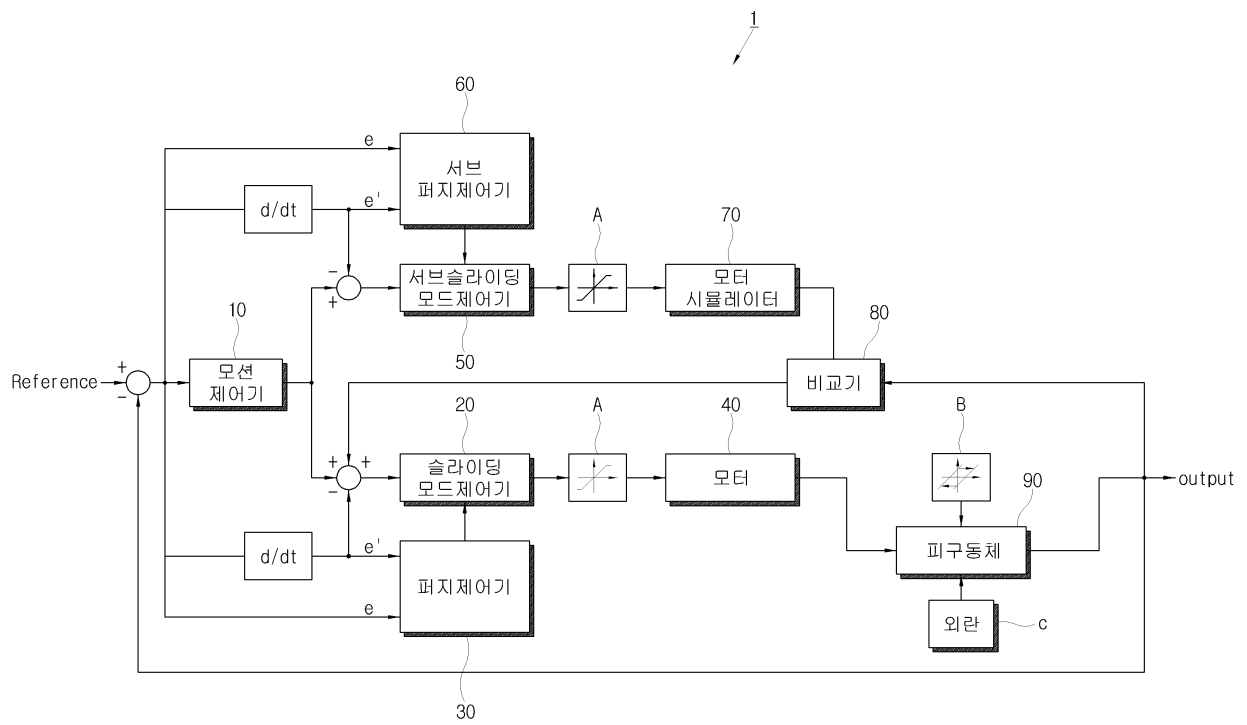
- <1> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 모터제어장치의 블럭도이고,
- <2> 도 2는 도 1의 퍼지제어기를 구체적으로 나타낸 블럭도이고,
- <3> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 모터제어장치의 제어방법을 나타낸 순서도이고,
- <4> 도 4는 도 3의 퍼지제어기를 구체적으로 나타낸 순서도이고,
- <5> 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 제1 입력멤버쉽함수를 나타낸 도면이고,
- <6> 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 제2 입력멤버쉽함수를 나타낸 도면이고,
- <7> 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 출력멤버쉽함수를 나타낸 도면이다.

<8> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

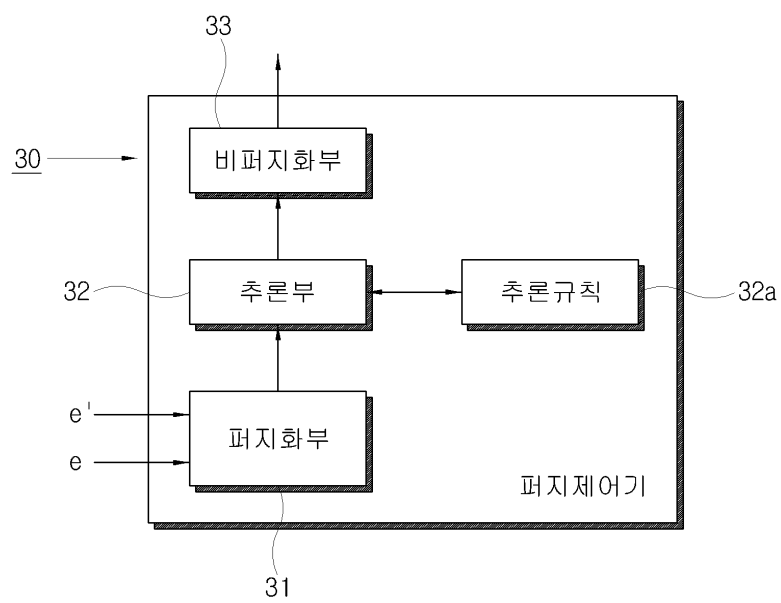
- | | | |
|------|----------------|------------------|
| <9> | 1 : 모터제어장치 | 10 : 모션제어기 |
| <10> | 20 : 슬라이딩모드제어기 | 30 : 퍼지제어기 |
| <11> | 31 : 퍼지화부 | 32 : 추론부 |
| <12> | 32a : 추론규칙 | 33 : 비퍼지화부 |
| <13> | 40 : 모터 | 50 : 서브슬라이딩모드제어기 |
| <14> | 60 : 서브퍼지제어기 | 70 : 모터시뮬레이터 |
| <15> | 80 : 비교기 | |

도면

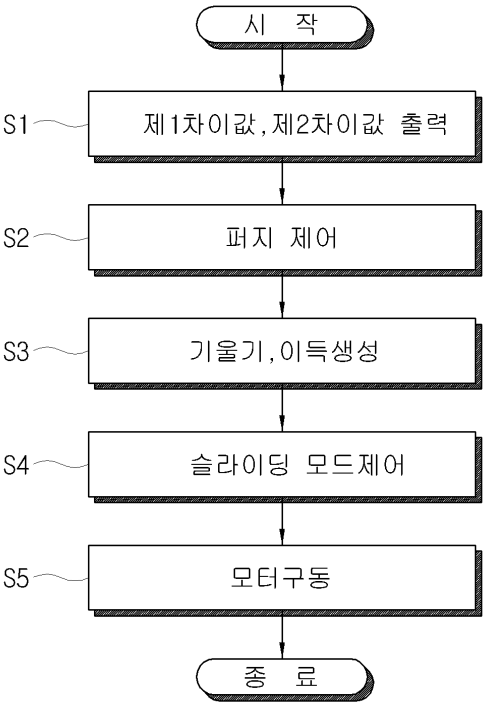
도면1



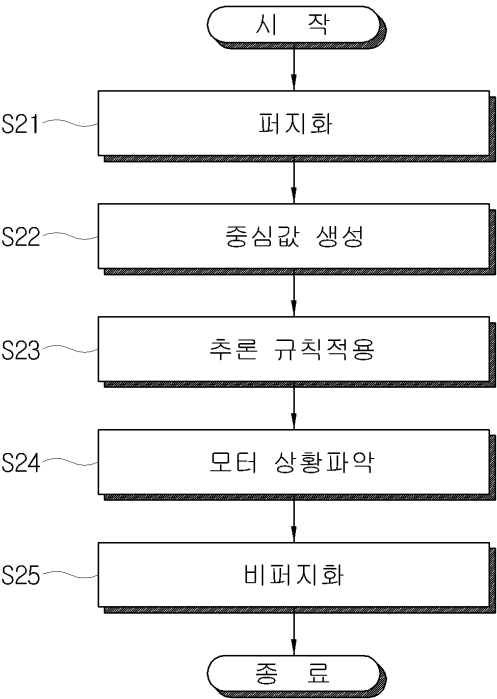
도면2



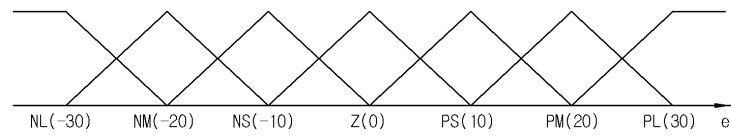
도면3



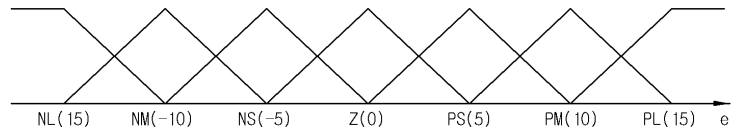
도면4



도면5



도면6



도면7

