

로봇 그립퍼의 악력 제어

Grasping power control of robot gripper

윤동우*, 오성남**, 김갑일***, 손영익#, 임승철##, 강환일###

Dong-woo Yun, Sung-nam Oh, Kab-Il Kim, Young-Ik Son, Seung-chul Lim and Hwan-Il Kang

Abstract - In addition to accurate position and velocity control, force control is necessary for a successful robot operation. In this paper, we have designed a simple robot gripper using a DC motor. For its force control, a current feedback control law is presented without using additional force sensors. Experimental results prove the effectiveness of the proposed control law. A digital controller is also developed with a TMS320LF2406 processor.

Key Words : Gripper, Grasping power, Robot control

1 서 론

현재 사용되고 있는 로봇은 대개 산업용 로봇들이다. 사람의 팔을 닮은 제조용 로봇들로 전자제품과 같은 제품의 생산라인에서 물건을 옮기거나 부품을 조립하는 단순 작업을 하는 로봇이다. 하지만 사회가 발전함에 따라 복지수준의 향상, 위험작업의 인간 대체 필요성이 대두되었고 로봇 기술의 향상에 따라 여러 종류의 로봇에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 이제 로봇은 산업에서 쓰이는 것 뿐만 아니라 인간과 공존할 수 있는 개인용 로봇의 개발이 필요한 시점이다.

로봇기술 발달의 종착지는 결국 휴머노이드 로봇이다. 인간과 같이 걷고 뛰고 복잡한 작업을 할 수 있는 로봇을 개발하기 위해서 많은 곳에서 연구가 이루어지고 있다. 물론 휴머노이드 로봇의 개발을 위해서는 가장 중요한 안정적인 보행 알고리즘의 개발이 필수적이다. 하지만 궁극적인 목표에 도달하기 위해서는 인간과 같이 물체를 잡고 세밀한 작업을 할 수 있는 로봇팔의 개발도 이루어져야 한다.

여러 종류의 고기능 정밀작업을 수행하기 위해 로봇의 끝단에 부착되어 사용되는 그립퍼는 다양한 형태, 재질의 작업물을 단순히 파지 할 수 있을 뿐만 아니라, 특정한 정밀 작업을 수행할 수 있는 기능을 갖고 사람의 손가락과 유사한 형상을 가지는 다관절 형태의 구조에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.[1] 그러나 이러한 고기능 로봇팔의 응용은 아직까지 기술적인 측면에서나 경제적인 측면에서 비현실적일 뿐만 아니라 많은 개선이 요구된다. 한편, 단순한 집기와 놓기 작업용으로 사용되는 로봇의 끝단에 부착된 일반적인 그립퍼에 요구되는 기능은 단순히 작업물을 파지

하는 것이다. 그러므로 현재까지 상용화된 대부분의 그립퍼들은 단순한 개폐형태의 두 손가락 구조를 가지고 있다.

개폐형태의 그립퍼는 작업물을 잡는 형태에 따라 내부형(internal) 또는 외부형(external)으로, 그립퍼 손가락의 운동형태에 따라 선형운동형과 회전운동형으로, 또는 사용되는 기구학적 장치의 형태에 따라 링크지형, 기어-랙형, 캠형, 스크류형, 로프와 폴리형 등으로 분류되어진다. 그립퍼의 구동방법으로는 공압식, 전기식 그리고 유압식이 있다.[2]

그립퍼는 다양한 크기와 재질의 물건을 잡을 수 있어야 하므로 고도의 정밀도와 신뢰도 그리고 정확도가 요구된다. 이러한 것들을 만족시켜주기 위해서는 복잡한 센서 기능의 추가가 이루어져야 한다. 현재의 산업용 로봇은 각기 다른 작업에 reprogrammable한데 비하여 로봇에 사용되는 그립퍼의 대부분은 어떤 특정한 작업에 적합하도록 설계되어 있을 뿐만 아니라 공압으로 제어하는 on-off 방식이기 때문에 물체를 잡을 때의 속도나 힘 등을 정확하게 제어하기 힘들다.[3] 때문에 과도전류의 흐름에 의한 그립퍼 부분의 고장우려가 있으며, 센서를 장착한다 하더라도 그립퍼 끝부분에 장착해야 하는 구조적인 복잡성과 그에 따른 부가적인 회로의 추가와 센서부분에 대한 비용증가가 따르게 된다.

본 논문에서는 그립퍼의 구동방법으로 전기식을 이용하고 운동형태로 회전운동형을 제작하였다. 또한 별도의 센서를 장착하지 않고 전류 피드백을 통해 모터의 힘을 제어하게 된다.

2 시스템도

2.1 전체 시스템

전체 시스템은 PC와 제어회로 그리고 기계적인 그립퍼로 되어있다. PC는 모터제어회로에 사용자가 원하는 기준 입력값을 넣어주는 역할을 하고 회로와는 RS232 시리얼 통신을 이용하여 데이터를 주고받는다. 회로부는 2406 DSP보드로서 실제로 모터를 제어하는 부분이다. 그립퍼는

저자 소개

- * 윤동우 : 明知大學校 電氣工學科 碩士課程
- ** 오성남 : 明知大學校 電氣工學科 博士課程
- *** 김갑일 : 明知大學校 電氣工學科 教授
- # 손영익 : 明知大學校 電氣工學科 助教授
- ## 임승철 : 明知大學校 機械工學科 教授
- ### 강환일 : 明知大學校 情報工學科 教授

알루미늄 2T로 제작하였다. 구동모터로는 24V DC모터에 1/24의 감속기를 달고 엔코더를 추가하여 위치 제어가 가능하도록 하였다. 그림 1은 전체 시스템을 간략하게 표현하고 있다.

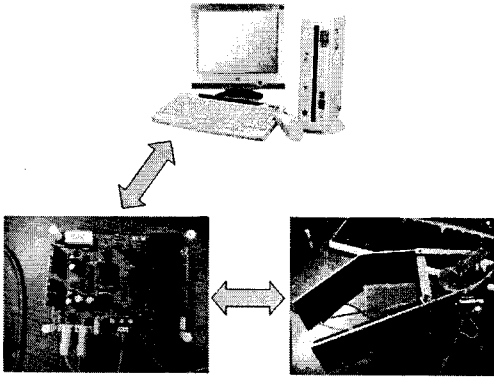


그림 1 전체 시스템도

2.2 기계적 구조

구동기로 사용된 모터 사양은 아래 표 1과 같다. 또한 모터 앞쪽에 1/24 감속기를 달아 모터의 힘을 증가시키고 속도를 줄여 안정적인 제어가 가능하도록 하였다. 감속기의 사양은 아래 표 2와 같다.

표 1 모터부 사양

정격전압 (V)	정격토크 (g-cm)	정격회전수 (rpm)	정격전류 (A)	정격출력 (W)
24	609	6013	≤2.15	50.8

표 2 감속기 사양

감속비	정격토크	순간최대토크	효율
1/24	10.0kgf-cm MAX	30.0kgf-cm	72%

엔코더는 모터에 대해 제품의 분해능(모터가 1바퀴 회전을 할시 얻을 수 있는 펄스)이 38Poles이다. 이것은 감속기를 결합하기 전의 모터 자체의 분해능이며, 감속기를 결합하고 회전을 할시 감속기가 1회전을 할 때, 38×24(감속비)=912의 분해능을 가지게 된다.

2.3 제어시스템 구조

그립퍼를 제어하기 위해 사용한 마이크로프로세서는 Texas Instrument사의 DSP(Digital Signal Processor)인 TMS320LF2406이다. 2406칩은 C2000 제품군의 하나로 디지털 제어용으로 최적화된 구조를 가지고 원칙으로 다양한 모터 제어가 용이하게 구현된다. 연산 속도는 2406모델의 경우 최대 40MIPS까지 가능하다.

장비를 제어하기 위해 필요한 다양한 기능들 - PWM, 엔코더 카운터, SPI, SCI, CAN통신기능, A/D변환기, 다양한 인터럽트들-을 내부에 장착하고 있어 모터 제어용 및

각종 제어기 구현용으로 많이 사용되고 있다.[4]

- 주요 특징은 아래와 같다.
 - 최대 40MIPS의 처리속도
 - 저전력 3.3V 코어
 - 최대 32K 워드×16Bits의 플래쉬 메모리 또는 롬
 - 최대 2.5K 워드×16Bits의 데이터/프로그램 램
 - 544워드의 듀얼-액세스(dual-access) 램
 - 2K워드의 싱글-액세스(single-access) 램
 - 최소2개, 최대 4개의 16-Bit 범용 목적의 타이머
 - 8개의 16-Bit PWM(Pulse Width Modulation) 발생기
 - 10비트 Analog-to-Digital Converter(ADC) 변환기
- 본 논문에서는 ADC와 PWM, 타이머카운터 등을 사용하여 실험을 진행하였다.

3 모터 제어실험

3.1 DC모터의 속도 및 위치제어실험

먼저 정.역 회전을 할 수 있도록 설계한 제어회로에 모터를 연결하고 가변저항값에 따른 모터의 속도변화를 실험해 보았다.

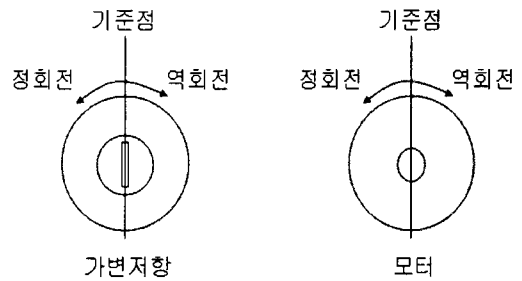


그림 2 가변저항을 이용한 모터의 속도제어

가변저항으로 입력한 값을 ADC와 PWM핀을 통해 모터를 제어한다. 가변저항의 중앙값을 기준으로 왼쪽으로 돌리면 모터역시 왼쪽으로 회전을 하고 오른쪽으로 돌리면 오른쪽으로 회전을 하게 된다. 가변저항값의 크기에 의해서 모터의 회전속도가 더 빨라지게 된다.

위치제어를 하기 위해서 모터의 엔코더를 제어회로에 연결한다. 가변저항 값을 ADC를 이용해 바꾼 값과 모터의 엔코더에서 나온 값을 비교해서 PID제어를 이용해 위치제어를 한다. 전체 시스템은 아래 그림 3과 같다.

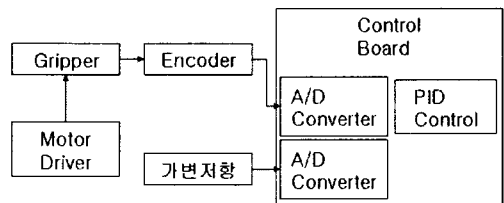


그림 3 모터의 위치제어 시스템도

3.2 DC모터의 악력제어실험

모터의 토크와 물체의 크기 등을 고려하여 적절한 전류 기준 값을 정하였다. 전류 값은 모터와 직렬로 연결된 저항을 통하여 측정하고, 기준 입력값과 측정된 A/D값의 오차를 통해 PID 제어를 설계하였다.

그림 4는 위치 제어시 목표값에 도달한 후 전류가 흐르지 않음을 나타낸다. 위치 제어가 물체에 못미침으로써 물체를 잡지 못하고 있다. 그림 5에서는 전류 제어가 이루어진다. 그림에서 보는 것처럼 전류 기준 값에 100ms 후에 도달하였다. 그 후 기준 입력을 유지함으로써 그림퍼는 일정한 힘으로 물체를 잡고 있음을 알 수 있다. 그림 6에서는 토크(즉, 전류) 제어를 하지 않고 위치 제어만을 이용하여 물체를 잡으려고 시도하였다. 위치 제어가 지나칠 경우 증가하는 전류값을 견디지 못하고 과부하가 발생하여 링크가 파괴된 후 전류가 감소하고 있다.

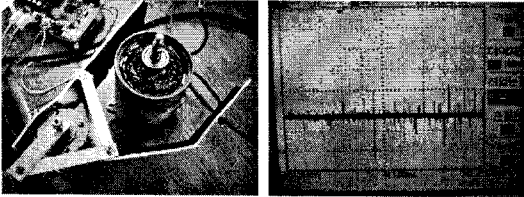


그림 4 부하가 걸리지 않은 상태의 전압값

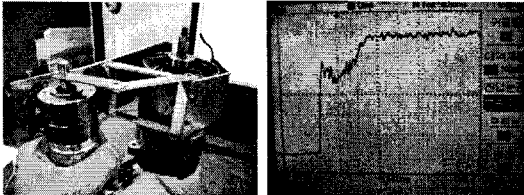


그림 5 토크제어시 부하가 걸린 상태의 전압값

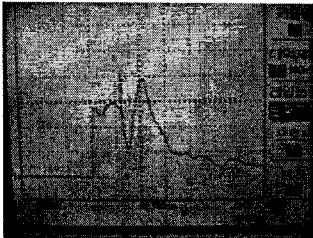


그림 6 위치제어시 전류 증가에 따른 링크 파괴

3.3 고찰

첫 실험을 통해 ADC를 통해 입력받은 기준입력값을 이용하여 모터의 속도를 제어할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 두 번째 실험에서 모터의 엔코더값을 받아 PID제어를 통해 위치제어까지 가능하며 이것을 이용해 그림퍼가 지정해놓은 위치까지 팔을 벌리도록 제어할 수 있었다. 세 번째 실험에서는 토크제어를 하지 않고 물체를 잡았을 때 전류의 증가와 더불어 그림퍼의 링크가 휘는 등의 문제가 발생하는 것과는 반대로 앞서의 실험에서 알아낸 제어방식을 조합해서 현재 모터의 토크와 목표 기준입력값의 차이를

이용해서 PID제어를 통해 모터의 토크를 제어할 수 있었다.

4 결론 및 추후 연구과제

본 논문에서는 DC 모터를 이용한 간단한 그림퍼를 제작하고, 악력의 제어를 위해 추가적인 센서없이 전류제어를 이용하였다. DSP를 이용한 디지털 제어를 설계하여 실험함으로써 제안된 방법의 실용성을 입증하였다. 이를 통해 산업 현장에 쓰이는 그림퍼의 원가절감 효과 및 현재 널리 퍼지고 있는 휴머노이드 로봇의 로봇팔 제어에도 많은 도움이 될 수 있다.

본 실험에서 드러난 문제점으로는 미리 정해놓은 기준 입력 값의 토크를 유지하는 것은 가능하지만 재질이 매우 약해 깨지거나 망가지기 쉬운 물체에 대해서는 또 다른 기준입력 값을 미리 정해야 하는 문제가 있었다. 따라서 추후 연구과제로 다양한 재질과 강도의 물체에 대하여 적절한 힘 조절이 가능하도록 제어할 수 있는 방식을 모색하고 외부인터럽트를 통해 산업용 로봇과 같이 그림퍼를 여는 동작과 잡는 동작을 수행할 수 있도록 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(KOSEF-R-01-2003-000-10014-0)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] Pham, D. T. and Heginbotham, W. B, [Robot Grippers:International Trends in Manufacturing Technology], IFS Ltd, UK, 1986
- [2] 김희국, 박주영, 윤성식, "개폐식 파지공구 메카니즘의 기구학적 최적설계" 대한기계학회논문집(A) 제20권 제6호, pp. 1762~1772, 1996
- [3] P. Fiorini, "A Versatile Hand for Manipulator" IEEE Control Systems Magazine, pp. 20-24, 1988
- [4] 김도운, 예제로 배우는 제어용 DSP, 성안당, pp. 16~19, 2003