

4-bar Linkage 를 이용한 교육용 6 축 수직 다관절 로봇 개발

김대영*(창원대 기계설계공학과), 김성현*, 박정미*, 정원지** (창원대)

Development of Educational 6-axis Articulated Manipulator Using 4-bar Linkage

D. Y. Kim(Mechanical design & manufacturing . CWU), S. H. Kim, J. M. Park, Won-Jee Chung(CWU)

ABSTRACT

This paper is on the development of an educational 6-axis articulated manipulator using 4-bar linkage system. Especially, the 2nd and the 3rd axes need large torque to control the movement of an end-effect. However, small motors (RC-servo, DC-gear, stepping motors) are used for the 4-bar linkage. In addition the manipulator can be operated by a switch and also motion can be realized automatically, based on C-language coded users programs.

Key Words : Manipulator(매니플레이터), 4-bar linkage(4 절 링크), AT89C2051, 80C196KC

1. 서론

인간의 상상력의 부분이었던 로봇도 이제는 일반적인 산업현장에서 쉽게 볼 수 있는 생산품 중 하나가 되었다. 일본을 비롯한 대다수의 선진국들은 이미 대부분의 공장에서 완전 자동화된 생산라인을 갖추고 있으며, 우리나라에서도 많은 공장에서 로봇과 컨베이어 등을 이용한 자동화 생산라인을 운영하고 있다. 우리는 실제로 공장에서 용접과 도장용으로 많이 사용되는 자동화의 꽃, 6 축 수직 다관절 매니플레이터를 직접 제작하여, 로봇의 구조와 그 구동방식의 기초적인 부분에 대해 연구하며, 여기서는 간단히 개루프 제어로 제작된 로봇을 통해 학생들의 로보틱스에 대한 이해를 도울 수 있는 하나의 교재로서 사용될 수 있도록 하는 것이 목적이다.

산업현장에서 쓰이는 6 축 수직다관절 매니플레이터의 구조와 거의 유사한 구조를 가지고 제작된 교육용 로봇암(Robot Arm) '육돌이'의 제작에 대해 논하고자 한다.

이 로봇은 ATMEL사의 범용 CPU AT89C2051를 가지고 6 개의 관절을 모두 제어한다. INTEL사의 범용 CPU 80C196KC는 메인 CPU로서 로봇의 각 축에 대한 신호를 AT89C2051로 보내, AT89C2051

에서 각축을 제어하게 된다. 또한 각축의 특성에 맞게 모두 3 가지 종류(DC-MOTOR, RC-SERVO MOTOR, STEPPING MOTOR)를 사용하여 각 모터의 제어 특성에 맞는 디지털 신호 발생에 대해서도 연구하였다.

이에 대한 자세한 설명은 본문에서 추가로 설명하게 될 것이다.

2. 완성된 6 축 매니플레이터의 소개

2.1 6 축 매니플레이터의 개괄소개

1. 이 로봇은 스위치로 입력된 신호에 따라 각 축이 움직이도록 되어 있다. 함께 제작된 스위치 보드의 버튼을 이용해, 각 축이 정방향 및 역방향으로 움직이는 것을 직접 볼 수 있도록 되어 있다. 각 축이 움직이는 범위 내에서 스위치를 누르고 있는 시간만큼 움직이도록 되어 있다.

2. 이미 프로그램된 신호에 따라 각 축을 움직일 수 있다. 함께 제작된 80C196 보드에 프로그램 되어있는 내용에 따라, 각 축이 움직이는 모습을 시연할 수 있다, 실제 상용로봇처럼, 로보틱스 이론에 대한 위치 제어 기술을 능히 구현할 수 있는 하드웨어 구성을 가지고 있다.

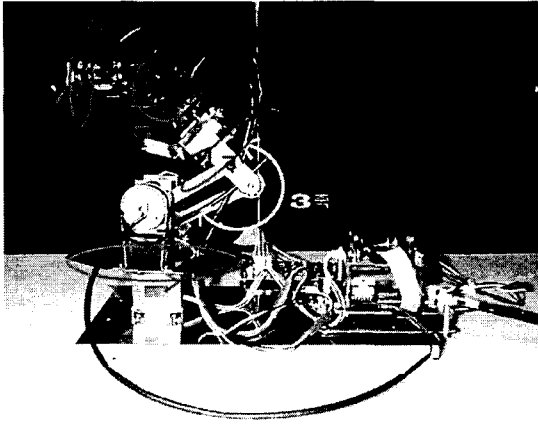


Fig.1 Developed articulated manipulator

3. 기구적 매커니즘의 이해

3 축의 정확한 각도 제어를 위해, 2 축과 3 축은 4 절 링크 장치(4-bar linkage) 중에서도 Grashof 링크 장치의 특수한 경우로서, 평행사변형(parallelogram) 링크 장치를 사용하였다. 이 링크 장치는 구동크랭크의 회전운동을 중동 크랭크에 똑같이 전달시켜 주므로 입력되는 동작과 똑같은 동작을 정확하게 임의의 떨어진 곳까지 전달할 수 있게 된다. 이로써 상부에 모터를 하부에 위치시켜 3 축에 올리지 않으므로써 2 축 모터가 그만큼 힘을 덜 들이게 된다.

2.2 전자적 제어부 구성

이 로봇의 6 개의 모터를 움직이는 신호는 AT80C2051 에서 나가게 된다. AT80C2051 은 모두 포트 P3.0, P3.1, P3.2, P3.3 에서 신호를 받아들일게 되며, 각 모터에 따라 출력 신호선은 1 축에서는 P1.4, P1.5, P1.6, P1.7 을 이용하여 다시 JS-MOTOR 드라이버로 나가게 된다. (JS-MOTER DRIVER(1)) 2 축에서 P1.4 P1.5, P1.6, P1.7 로 나간 신호선은 L298 로 입력되어 핀 번호 3, 2 와 핀 번호 13, 14 의 아웃으로 DC 모터로 출력된다. (: L298 은 내부에 2 개의 H-브릿지 회로를 가지고 있어서 2 개의 모터를 구동할 수 있다. DC 모터를 드라이브하기 위한 회로가 2 조 있으며, 1 조당 2A 까지 전류를 흘릴 수 있다. 2 조를 병렬로 연결하면 4A 까지도 가능하다. 최대 전압 46V)

DC 모터는 입력받는 전압의 양이 바로 각속도와 토크에 밀접한 관계가 있으므로 입력받는 신호에 따른 PWM 제어가 이루어지려면 항상 일정한 P-P 전압이 공급되는 것이 유리하다. 또한 이번과 같은 경우는 DC 모터의 방향도 정회전과 역회전 이 전원연결 단자의 변경 없이 이루어져야 하며 이 것

역시 HIGH-LOW 신호의 변경으로 구현한다.

4,5,6 축을 조정하는 2051 과 같은 경우는 출력되는 포트인 P1.4, P1.5, P1.6 에서 나온 신호가 바로 세 대의 서보모터의 신호선과 연결되어 구동시키게 된다.

이 메인보드는 각 신호선이 연결되어 있는 1 번 부터 4 번까지의 신호는 스위치 보드 혹은, 80C196 에서 담당하도록 하였다. 80C196 보드에서 신호가 나오는 것은 각 포트별로 쉽게 제어가 되지만, 스위치 보드에서는 12 개의 버튼 (이 것은 각 축의 정방향과 역방향을 고려한 것이다.)을 이용한 신호제어를 4 개의 신호선에 배치해 주기 위해서 다이오드를 사용해 회로를 구성하였다. 다이오드의 정류로 12 개의 스위치에서 받은 신호를 4 개의 bit 신호로 변환하여 보내 주게 된다.

이 때 스위치보드를 이용하는 대신 80C196 를 이용한 신호제어도 할 수 있는데, 이 때 사용한 보드는 상용으로 구입한 ZZABIRI 80C196 BOARD 이다. 80C196 을 이용할 경우는 스위치가 단순히 각축의 움직임만을 제어하는 것과는 달리 각축의 각제어를 할 수 있다.

3.3 모터의 제어

(1) 서보모터의 제어

4 축과 5 축, 6 축에 사용한 서보 모터는 HITEC 의 HS-422 모터로, 원래는 +90 도, -90 도만 회전하도록 제작되어 있으나, 내장된 기어 박스를 약간 개조하여, 360 도 회전이 가능하도록 만들었다.

신호선의 연결은 총 3 가닥으로 되어 있고 SIGNAL, Vcc, Gnd 로 구성되어 있다. 전원은 5 [V] 이상의 독립전원이 필요하며 (전원을 CPU 보드와 함께 사용할 경우 노이즈나, 전압강하가 발생하여 회로가 오작동하는 경우가 있다.) 제어 신호는 펄스로 공급되는 데, 펄스는 1.5 msec 이하의 폭을 가질 때에는 CW 방향으로, 1.5 msec 이상일 때에는 CCW 방향으로 움직인다. 그리고 회전각을 제어하기 위해서는 이 같은 펄스 폭으로(1.5 msec 이하이든, 이상이든.) 회전각에 따른 총 딜레이 시간을 측정하여 각도에 맞춰 C 언어로 프로그램을 작성해서 입력해주는 방법을 썼다. (여기서 프로그램에 입력되는 딜레이 간격은 사용되는 CPU 와, 크리스탈에 따라 달라 질 수 있다.) 이 입력 신호는 직접 AT89C2051 의 P1.4, P1.5, P1.6 번 포트에서 직접 나오는 신호를 받아서 작동하는 구조로 되어 있다. 서보모터의 신호선은 실제 전압의 크기가 5[V]보다 작아도 잘 작동하여 5[V]로 굳이 조정해 줄 필요는 없지만, 역시 작은 노이즈도 신호로 받아 들여 오작동하는 경우가 많으므로 로봇을 조립할 때에 신호선에 될 수 있는 한 노이즈를 작게 받도록 배치할 필요가 있다

이에 회로기판을 납땀할 때 유의 하였으며, 독립전원을 사용하였다.

(2) DC 모터의 제어

여기서 2 축과 3 축에 사용된 DC 모터는 원래 정격전압이 12V 에, 40RPM 을 가진 DC 기어가 부착된 모터이나, 우리는 5V 로 PWM 제어 방식을 썼다. 이를 위해서 앞서 말한 L298 칩을 사용하여, 89AT2051 에서 나오는 신호를 입력된 상태로 5V 로 균일하게 입력되도록 회로를 작성하였다. DC 모터의 방향제어는 서보모터와는 달리, 양쪽에 연결된 Vcc 와 Vbb 를 바꿔주면, 바로 정방향과 역방향 제어가 된다. 이 점을 이용해, AT89C2051 의 신호선을 한 모터당 두 개의 신호선을 사용해, L298 칩과 바로 연계하여 방향제어를 하였다. (모터당 연결된 신호선 두 개의 각각의 신호를 줄 때 항상 낮은 전압이 LOW 값, 높은 전압이 HIGH 값이다.-전류가 흐르는 원리를 잠시 생각해 보면 될 것이다.- 그러므로 신호를 줄 때 두 개의 전원선을 신호선과 연결된 L298 칩과 연결해 두면 주는 신호에 따라 수시로 HIGH-LOW 값이 변하게 된다. 이때 LOW 전압이 Vbb-) 앞서서 잠깐 설명한 대로 이 모터 역시, 일정한 전압과 일정한 펄스폭을 사용하였기 때문에, 사용된 펄스 폭의 딜레이 값을 측정하여 회전각을 제어 할 수 있다.

(3)스텝모터의 제어

스텝모터 stepping motor, (pulse motor, stepper motor) 는 다른 AC servo, DC servo motor 에 비하여 정확한 각도제어에 유리하여 현재 우리주위에 많이 쓰이고 있다. 스텝모터는 디지털 펄스를 기계적인 축 운동으로 변화시키는 변환기이며, 펄스 는 디지털 source 에 의해 가해진다. 매 펄스 수에 따라 모터의 축은 정해진 각도로 회전하며 펄스간격을 알맞게 조정하면 구동방식과 속도제어를 가능하게 한다. 스텝모터의 특징을 장점과 단점으로 구분하여보면, 장점으로는 디지털신호로 직접 개루프 제어를 할 수 있고, 시스템 전체가 간단하는 점과 펄스신호의 주파수에 비례한 회전속도를 얻을 수 있으므로 속도제어가 광범위하다는 점이다. 또한, 기동, 정지, 정-역회전, 변속이 용이하며 응답특성도 좋다는 점과 모터의 회전각이 입력 pulse 수에 비례하고, 모터의 속도가 1 초간의 입력 pulse 수에 비례한다는 점, 1 step 당 각도오차가 +5% 이내이며 회전각의 오차가 step 마다 누적되지 않는다는 점, 정지시에 높은 유지토크로 위치를 유지할 수 있다는 점, 기동 및 정지 응답성이 양호하므로 servo motor 로서 사용이 가능한 점, 중, 저속으로 높은 토크(torque) 운전을 할 수 있다는 점 및 모터 축에 직결함으로서 동기

회전이 가능하다. 뿐만 아니라 브러시가 없고 모터 자체의 부품수가 적기 때문에 신뢰성이 높다는 점과 회전각의 검출을 위한 feedback 이 불필요하여 제어계가 간단하며, 가격이 상대적으로 저렴하다는 점 등을 들 수 있다. 단점으로는 고속운전시 탈조하기 쉽다는 점과 어느 주파수에서는 진동, 공진 현상이 발생하기 쉽고, 관성이 있는 부하에 약하다는 점, 보통의 driver 도 구동시에는 권선의 인덕턴스 영향으로 인하여 권선에 충분한 전류를 흘리게 할 수 없으므로 pluse 비가 상승함에 따라 torque 가 저하하며 DC motor 에 비해 효율이 떨어지는 점 등을 들 수 있다.

우리가 사용한 스텝모터는 오리엔탈 사의 PK-243 모델로 2 상 여자 방식으로 된 스텝모터이다. 2 상 여자 방식이란 모터에 있는 2 개 고정자의 코일을 동시에 여자하고 각권선 사이에 발생한 자계를 이용하여 회전시키는 방법이다.

이 여자법에서 회전자의 안정점은 고정자의 사이에 있게 된다. 이 방법은 1 상여자에 비해 2 배의 입력신호를 필요로 하게 되어 효율은 저하되지만 damping 특성이 양호하므로 가장 널리 이용되는 방식이다.

우리가 제어한 방법은 스텝모터에 직접 펄스를 주는 방식이 아니라, JS-MOTOR DRIVER 를 이용해, 4 개의 신호펄스를 줄 때 바로 제어 가능한 방식을 썼다. 이 모터 드라이버는 4 개의 신호선이 각각 CLK, PHASE, ENA, DIR 으로서 각 신호선을 따로 조합해 간단히 스텝모터를 구동할 수 있게 해 준다.

4. 결론

결론을 내기 전에 우리가 만든 로봇의 목적을 다시 한번 상기해 보자. 교육용 6 축 매니퓰레이터 (Manipulator)라는 이름에서도 보듯이 우리 로봇은 로봇공학 실제 수업시간에 교육용으로 사용 가능하게 만들어 수업에 임한 학생들에게 실제 로봇을 조작해보고 조작과정을 지켜보면서 각축의 움직임 및 링크부의 구동 모습과 그 상관관계, 그리고 순-기구학적 모션구현 및 역-기구학적 요소로의 발전을 통해 보다 로봇 공학 수업내용을 이해하기 쉽도록 하는데 그 목적이 있다. 그러기 위해서는 기구학적 이해와 전기/전자부에 대한 마이크로 프로세서의 이해가 필요했다. 그러면 결론으로 이 로봇의 교육용 목적에 얼마나 부합하는지에 대한 고찰이 필요할 것이다.

4.1. 기구학적 측면

1) 로봇의 기구학적 특성 : 2-3 축간의 링크부를 평

형사변형 팔의 4-bar linkage system 을 이용해 주동부의 모터 회전각을 종동부에 그대로 전달하게 하였다. 하지만 프레임 제작 초기 링크를 연결하는 조인트 부의 부자연스러운 연결로 소위 너무 딱 조여지는 현상이 있었으나, 윤활유 및 반복된 구동시연으로 유연한 구동이 가능하게 되었다.

2) 축 위치 선정 : 총 6 개의 축에 사용된 모터 중 4,5,6 축에 있는 모터의 위치선정에서 마지막 end effect 의 위치제어에서 성공하기 위해 축을 벗어나지 않게 하였다.

4.2. 제어적인 측면

1) 스위치 조작

미리 언급한 바와 같이 스위치조작의 원리는 간단하다. 스위치를 누른 시간만큼 정회전 또는 역회전이 이루어진다. 처음에는 스위치 보드 제작에 있어서 신호선의 경우의 수를 생각해 봤을 때 각축을 동시에 제어하기 위해서는 너무 많은 신호선이 필요했다. 그래서 우리는 적절한 다이오드를 이용한 신호의 정류를 통해 1:1 신호대응을 구현했다. 이로써 교육용 로봇의 실제 학생들에게 조작할 수 있는 여지를 부여하여 스위치 보드의 스위치를 하나 하나 누르면서 각축이 이렇게 움직인다는 것을 실제 눈으로 확인 할 수가 있다.

2) 80c196 보드를 이용한 자동조작

우리는 무인화 조작이라고 이야기한다. 왜냐하면 만약 외부 조건에서 모터의 간섭현상이 없다고 가정하면 엔코더 없이 신호시간 조작으로 정확한 각도 제어를 구현할 수 있기 때문이다. 즉, 3 가지 모터의 특성에 맞는 1 도 회전에 필요한 딜레이 값을 찾아 프로그램시 함수로 먼저 지정한 상태에서 간단한 코딩작업을 통해 원하는 각도로 움직이게 할 수 있다는 말이다. 이 내용은 순-기구학적으로 모션 구동에 있어 학생들이 원하는 각도를 코딩하면서 end-effect 의 위치변화의 결과를 확인할 수 있다.

또한 역기구학적으로 end-effect 를 원하는 위치로 움직이게 하려면 각축의 회전각이 조합되어 행해져야 한다. 그러기 위해 학생들이 원하는 위치까지의 기구학적 계산을 하여 구한 각을 프로그램을 통해 코딩 후 그 결과를 실제 움직이는 링크부의 모습을 통해 확인 및 검토 할 수 있다.

후 기

본 연구는 창원대학교 BK21 사업단 및 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터(RRC)의 지원에 의한 것이다.

2001 년 10 월, 경상남도와 창원대학교 주관으로 개최된 "2001 전국 대학생 자율 로봇 경진대회"에서 장려상을 수상하였으며, 2001 년 11 월, 산업자원부 주관 "2001 대한민국 대학생 CAPSTONE DESIGN 경진대회"에서 서울산업대학교 총장상을 수상하였다.

참고문헌

1. 신대섭, 정상봉, 초보자가 만드는 로봇, 도서출판 세화
2. 윤지영, 마이크로 로봇 바이블, 성안당
3. 차영배, 80196 을 이용한 마이크로마우스, 다다미디어
4. 박귀태, 이상락, c 언어로 쉽게 쓰는 80c196kc, 대영사
5. 김대근, 정순배, 김재희, 인텔 80c196kc 의 모든 것, Ohm 사
6. 진달복, c 에 의한 80196kc/kd, 양서각
7. 이왕현, 메커트로닉스를 위한 모터제어기술, 성안당
8. 이종락, 광센서와 그 사용법, 도서출판 세화
9. 신정환, c 가 미는 로봇, Ohm 사
10. 정용원, 8051 기초+알파, 성안당
11. Robert Boylestad Louis Nashelsky "Electronic Devices and Circuit Theory" Prentice Hall