

敎育用 多關節 로봇의 座標變換 알고리즘과 프로그래밍

金 炳 堉* · 姜 贊 熙**

Coordinate Transformation Algorithms and Programming for Educational Jointed-arm Robot

Kim, Byeong-Yong* · Kang, Chan-Hee**

Abstract

In order to develop an scheme for controlling the motion of an educational jointed-arm robot, it is necessary to transform data about desired and-effector positions expressed in cartesian(x, y, z) coordinate into each joint angle of that robot. In this paper, the method of coordinate transformation in the form of simplified trigonometrical expressions that is easily understandable for novice users is presented.

While not representing a completely general solution to all possible cases, the algorithm provides the solution for a large class of tasks to which small robots are commonly applied. Using this algorithm, a program is developed for a teaching robot TOP-1 to spread four bricks and stack it again repeatedly.

I. 序 論

1960년대에 등장한 산업용 로봇은 오늘날 고성능 마이크로컴퓨터의 발달과 더불어 각종 센서(sensor)의 개발로 vision 시스템 및 인공지능을 갖춘 로봇에 대한 연구가 활발히 진행되고 있어, 금후 인간이 하기 힘들거나 할 수 없는 일을 대행하는 생산 수단으로서의 이용뿐만 아니라 그 이용 범위가 훨씬 더 넓어질 전망이다.

따라서 이제는 대학을 포함한 각종 교육기관에서도 로보틱스(robotics)에 대한 교육의 필요성이 증대되고 있으며, 특히 전문대학을 포함한 실업계 고등학교 및 각종 직업 교육 기관 학생들은 졸업 후 직접 로봇을 조작해야 하는 분야에 종사할 가능성이 있어 더욱 필요하다.

이러한 요구에 따라 우리 나라에서는 1983년 한국 기계 연구소와 금성사가 공동으로 과학 기술처 특정 연구 개발 사업의 일환으로 교육용 로봇을 생산 보급한 바 있다(한국 기계연구소, 1983). 또한, 1984년 한국 과학 기술원에서는 '교육용 로봇 프로그래밍에 관한

* ** 상지대학교 병설 전문대학

연구'가 있었고(김동원, 1984), 현재 일부 대기업에서는 이러한 분야에 대한 교육 센터를 두어 계열사 직원을 대상으로 로보틱스에 대한 교육을 실시하고 있다(삼성항공, 1989).

그러나 로보틱스는 기계공학과 전자공학 및 컴퓨터 공학에 대한 전반적인 이해를 기반으로 하는 학문이기 때문에 손쉽게 그것을 교육하고 학습자의 학업 성취도를 향상시키는 데는 여러 가지 어려움이 따를 것으로 예상된다.

특히, 로봇을 이용하여 주어진 과제를 해결하기 위해서는 로봇 고유의 언어나 범용 프로그래밍 언어를 이용하여 프로그램을 작성해야 되는데, 범용 프로그래밍 언어의 경우는 프로그래머 스스로 로봇 kinematics를 해결하는 루틴(routine)을 작성해야 된다. 이때, homogeneous transformation의 경우는 kinematics 자체가 벡터 형태로 표현되기 때문에 그것의 reverse transformation을 구하여 프로그래밍하기 위해서는 어느 정도의 수학적 지식이 필요하게 된다.

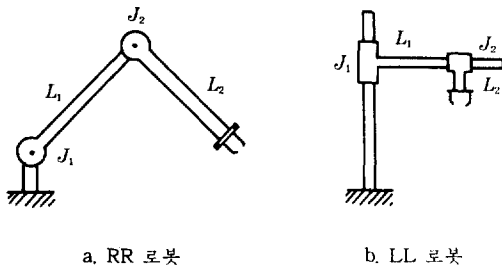
이에, 본 논문에서는 이차 방정식과 삼각함수 정도의 지식으로도 이해할 수 있고, 범용 프로그래밍 언어로 직접 표현 가능하므로 피교육자 스스로 교육용 로봇을 제어하기 위한 프로그램을 손쉽게 작성할 수 있는 다관절 로봇의 좌표 변환식을 유도하고, 그것을 이용하여 직접 프로그래밍하였다.

아울러 본 논문에서 제시된 프로그램은 경기도 학생 과학관의 전시설에 전시된 교육용 로봇에 사용된 것임을 밝혀둔다.

II. 로봇 Kinematics 理論

1. 關節과 링크

로봇의 매니퓰레이터는 관절(joint)과 링크(link)의 두 가지 기본 요소로 구성되어 있다. 대부분의 경우



a. RR 로봇

b. LL 로봇

[그림 1] LL 로봇과 RR 로봇의 예

각 관절은 하나의 자유도(degree of freedom)를 나타내게 되며, 서로 인접한 관절 사이에서 선형 운동 또는 회전 운동을 하게 된다. 이때, 선형 운동을 하는 관절을 L로 표시하고, 회전 운동을 하는 관절을 R로 표시하면, 각 관절과 링크는 각각 R_n 과 L_n 으로 나타낼 수 있다. 이러한 표기법의 예는 그림 1과 같다.

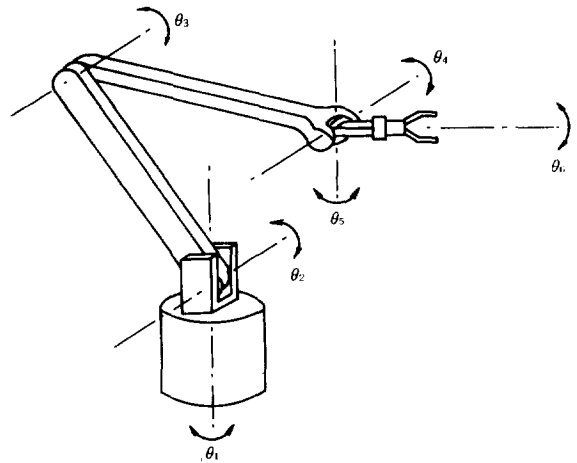
2. 關節과 링크의 位置 表示

다관절 로봇의 매니퓰레이터가 작업 공간 내에서 원활한 작업을 시행하기 위해서는 6 자유도 정도가 필요하게 된다(Alan Morris, 1985). 이러한 로봇의 전형적인 기하학적 구조는 그림 2와 같다.

베이스와 수직인 축을 중심으로 회전 운동을 하는 하나의 링크와 수평면과 평행하게 움직이는 두 개의 링크가 있는데, 이 세 개의 링크가 움직임으로써 작업 공간 내에서 end effector의 위치를 결정하게 된다. 다른 세 가지의 자유도는 end effector가 직교 좌표 내에서 각 축의 방향으로 움직이게 되어 있어 필요한 작업을 시행할 수 있게 하는데 일반적으로 이 세 가지 동작을 각각 roll, yaw 및 pitch라고 한다.

이러한 로봇은 각 관절의 운동이 주로 선형 운동에 의존하기 때문에 RR 로봇이라고 할 수 있는데, 로봇 매니퓰레이터의 운동을 해석하는 데는 LL 로봇보다는 RR 로봇이 좀더 까다롭다.

RR 로봇의 경우 로봇 end effector의 위치를 나타내는 데는 여러 가지 방법이 있을 수 있는데, 한 가지는 각 관절 사이의 각도를 이용하는 방법으로 다음과 같다.



[그림 2] 다관절 6 자유도 로봇의 기하학적 구조

$$P_j = (\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$$

다른 방법으로는 로봇이 위치한 공간 내에서의 직교 좌표를 사용하는 방법으로 직교 좌표의 원점은 중중 L_1 의 하단 끝점이 된다.

$$P_w = (x, y, z)$$

이 때, 프로그래머가 로봇의 움직임을 통제하기 위한 프로그램을 작성하거나 로봇이 다른 기계 장치와 의사 전달을 해야 하는 경우 P_j 를 사용하면 프로그래머나 다른 기계 장치가 로봇의 kinematics에 대한 정확한 이해가 필요하기 때문에 P_j 보다는 P_w 를 사용하는 것이 타당한 방법이 된다.

따라서 로봇의 관절에 의해 표시된 P_j 와 P_w 사이에는 상호 변환이 가능해야 된다. 이 때 P_j 를 P_w 로 변환하는 것을 forward transformation이라고 하며, P_w 를 P_j 로 변환하는 것을 reverse transformation이라고 한다.

III. 多關節 6 自由度 로봇의 Kinematic equations

그림 3에 다관절 6 자유도 로봇의 좌표 변환 모델을 제시하였다. End effector의 양 끝점을 P와 Q라고 했을 때 P, Q의 좌표가 (x_1, y_1, z_1) 및 (x_2, y_2, z_2) 로 표시되어 있다. 이러한 모델을 기준으로 교육용 로봇의 좌표 변환

식을 구하면 다음과 같다(Alan Morris, 1985).

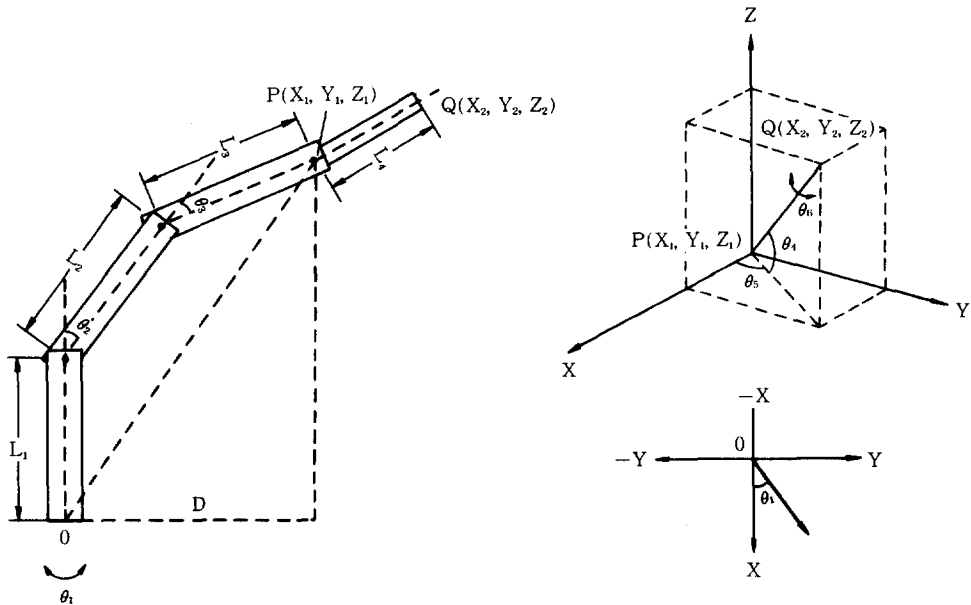
θ_6 는 end effector가 회전한 정도를 나타내는 각도이며, θ_3 와 θ_4 는 각각 end effector가 xy 평면상에서 움직인 각도와 xy 평면에 수직으로 움직인 각도를 나타낸다. 따라서 (x_1, y_1, z_1) 과 (x_2, y_2, z_2) 의 관계는 end effector의 움직임 중 θ_4 및 θ_5 에 따라 결정된다. θ_6 는 L_4 의 중심 선을 축으로 하는 회전 운동을 나타내기 때문에 (x_1, y_1, z_1) 과 (x_2, y_2, z_2) 의 좌표에 영향을 미치지 못한다.

$$\theta_4 = \sin^{-1} \left[\frac{z_2 - z_1}{l_4} \right] \quad -\frac{\pi}{2} \leq \theta_4 \leq \frac{\pi}{2} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \theta_5 &= \tan^{-1} \left[\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] \quad y_2 \geq y_1, 0 \leq \theta_5 \leq \pi \\ &= \tan^{-1} \left[\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] \quad y_2 < y_1, 0 > \theta_5 > -\pi \end{aligned} \quad (2)$$

(1)식에서 θ_4 가 일부 각도로 제한되는데 이것은 그림 3에서 보는 것과 같이 θ_4 의 범위 $-\pi$ 에서 $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{2}$ 에서 π 까지는 end effector의 redundant motion 영역이 되기 때문이다. 실질적으로 end effector의 모든 위치는 θ_5 가 $0 \leq \theta_5 \leq \pi$, θ_4 가 $-\frac{\pi}{2} \leq \theta_4 \leq \frac{\pi}{2}$ 까지 움직이는 것만으로도 얻어질 수 있다.

End effector의 P점이 원하는 좌표 (x_1, y_1, z_1) 을 갖기



[그림 3] 다관절 6 자유도 로봇의 좌표 변환 모델

위해 움직여야 하는 각 링크의 각도($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \tan^{-1} \left[\frac{y_1}{x_1} \right] \quad y_1 \geq 0, 0 \leq \theta_1 \leq \pi \\ &= \tan^{-1} \left[\frac{y_1}{x_1} \right] \quad y_1 < 0, 0 > \theta_1 > -\pi \end{aligned} \quad (3)$$

그림 3에 의하면,

$$z_1 = l_1 + l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) \quad (4)$$

$$d = (x_1^2 + y_1^2) = l_2 \sin \theta_2 + l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) \quad (5)$$

식(4)를 변형하면,

$$z_1 - l_1 = l_2 \sin \left[\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right] + l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) \quad (6)$$

식(5)를 변형하면,

$$d = l_2 \cos \left[\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right] + l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) \quad (7)$$

식(6)과 식(7)의 양변을 제곱하면,

$$\begin{aligned} (z_1 - l_1)^2 &= l_2^2 \sin^2 \left[\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right] + l_3^2 \cos^2(\theta_2 + \theta_3) \\ &\quad + 2l_2 l_3 \sin \left[\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right] \cos(\theta_2 + \theta_3) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} d^2 &= l_2^2 \cos^2 \left[\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right] + l_3^2 \sin^2(\theta_2 + \theta_3) \\ &\quad + 2l_2 l_3 \cos \left[\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right] \sin(\theta_2 + \theta_3) \end{aligned} \quad (9)$$

식(8)과 식(9)를 더하면,

$$(z_1 - l_1)^2 + d^2 = l_2^2 + l_3^2 + 2l_2 l_3 \cos \theta_3 \quad (10)$$

따라서,

$$\theta_3 = \cos^{-1} \left[\frac{(z_1 - l_1)^2 + x_1^2 + y_1^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2 l_3} \right] \quad (11)$$

식(4)로부터,

$$z_1 = l_1 + \cos \theta_2 (l_2 + l_3 \cos \theta_3) - l_3 \sin \theta_2 \sin \theta_3 \quad (12)$$

$$k_1 = l_2 + l_3 \cos \theta_3, \quad k_2 = l_3 \sin \theta_3, \quad k_3 = z_1 - l_1$$

로 놓으면 식(12)로부터,

$$\begin{aligned} k_3 &= k_1 \cos \theta_2 - k_2 \sin \theta_2 \\ &= k_1 \cos \theta_2 - k_2 (1 - \cos^2 \theta_2)^{1/2} \end{aligned}$$

또는,

$$k_2 (1 - \cos^2 \theta_2)^{1/2} = k_1 \cos \theta_2 - k_3 \quad (13)$$

식(13)의 양변을 제곱하면,

$$k_2^2 (1 - \cos^2 \theta_2) = k_1^2 \cos^2 \theta_2 + k_3^2 - 2k_1 k_3 \cos \theta_2$$

또는,

$$(k_1^2 + k_2^2) \cos^2 \theta_2 - 2k_1 k_3 \cos \theta_2 + (k_3^2 - k_2^2) = 0$$

위 2차 방정식의 근을 구하면,

$$\cos \theta_2 = \frac{k_1 k_3 \pm k_2 (k_1^2 + k_2^2 - k_3^2)^{1/2}}{k_1^2 + k_2^2}$$

k_1, k_2, k_3 를 원래의 식에 대입하고 $\cos \theta_3$ 와 $\sin \theta_3$ 를 각각 C_3 와 S_3 로 놓으면,

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left[\frac{(l_2 + l_3 C_3)(z_1 - l_1) \pm (D)^{1/2}}{l_2^2 + 2l_2 l_3 C_3 + l_3^2} \right] \quad (14)$$

$$D = l_2^2 + l_2^2 C_3^2 + 2l_2 l_3 C_3 + l_3^2 S_3^2 - (z_1 - l_1)^2$$

식(10)으로부터,

$$C_3 = \frac{(z_1 - l_1)^2 + x_1^2 + y_1^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2 l_3}$$

따라서,

$$2l_2 l_3 C_3 + l_3^2 = (z_1 - l_1)^2 + x_1^2 + y_1^2$$

이 관계를 이용하여 식(14)를 정리하면,

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left[\frac{(l_2 + l_3 C_3)(z_1 - l_1) \pm l_3 S_3 (x_1^2 + y_1^2)^{1/2}}{(z_1 - l_1)^2 + x_1^2 + y_1^2} \right] \quad (15)$$

이상에서 유도한 식을 해결하면 θ_2 와 θ_3 가 모두 음수가 되는 경우와 두 각 중의 하나가 음수가 되는 경우가 있을 수 있다. 두 각이 모두 음수인 경우는 로봇의 작업 공간이 양수인 경우의 반대편 공간이 된다. 또한, 두 각 중의 하나가 음수인 경우는 점 P의 위치에 따라서 두 각이 모두 양수인 경우 위치할 수 있는 P점의 위치와 동일한 좌표를 가질 수가 있다.

따라서 매니플레이터 제어 프로그램을 작성할 때는 이러한 두 가지 경우를 모두 고려해야 한다. 로봇 언어에 따라서는 이러한 경우를 대비하여 별도의 명령어를 준비해 두고 있는 것도 있다(Mikell, 1986). 그러나 두 각이 모두 음수인 경우는 θ_1 에 의해서 동일한 작업 공간을 확보할 수 있으며, 두 각 중 하나가 음수인 경우도 모두 양수인 각도에 의해서 동일한 위치를 확보할 수 있으므로 θ_1, θ_2 의 범위를 양의 각인 경우로 한정할 수가 있다.

식(11)을 풀면 θ_3 의 값을 양수와 음수 두 가지로 얻을 수가 있다. θ_3 가 음수인 값은 바로 식(15)에 영향을 미쳐 식(15)에서 구한 θ_2 의 값도 음수가 될 수 있다. 따라서 θ_3 의 범위를 $0 \leq \theta_3 \leq \pi$ 로 한정하면 식(15)를 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left[\frac{(l_2 + l_3 \cos \theta_3)(z_1 - l_1) + l_3 \sin \theta_3 (x_1^2 + y_1^2)^{1/2}}{(z_1 - l_1)^2 + x_1^2 + y_1^2} \right] \quad (16)$$

IV. 機構的 制限 要因을 考慮한 Kinematic equations

주어진 과제를 해결하기 위하여 로봇의 동작을 제어할 때는 실제 적용할 로봇의 기구적 제한 요인을 고려하여 이상의 kinematic equations를 간략화할 수 있다. 다관절 로봇의 일반적인 운동 범위를 다음과 같다고 가정한다.

$$-\frac{\pi}{2} \leq \theta_1 \leq \frac{\pi}{2} \quad 0 \leq \theta_2 + \theta_3 \leq \pi$$

$$0 \leq \theta_2 \leq \pi \quad -\frac{\pi}{2} \leq \theta_4 \leq \frac{\pi}{2}$$

$$0 \leq \theta_3 \leq \pi \quad 0 \leq \theta_5 \leq \pi$$

이상의 제한을 고려하여 kinematic equations를 간략화하면 다음과 같다.

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{y_1}{x_1} \right) \quad (17)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left[\frac{(l_2 + l_3 \cos \theta_3)(z_1 - l_1) + l_3 \sin \theta_3 (x_1^2 + y_1^2)^{1/2}}{(z_1 - l_1)^2 + x_1^2 + y_1^2} \right] \quad (18)$$

$$\theta_3 = \cos^{-1} \left[\frac{(z_1 - l_1)^2 + x_1^2 + y_1^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2 l_3} \right] \quad (19)$$

$$\theta_4 = \sin^{-1} \left[\frac{z_2 - z_1}{l_4} \right] \quad (20)$$

$$\theta_5 = \tan^{-1} \left[\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] \quad (21)$$

V. 敎育的 로봇의 프로그래밍

1. 敎育的 로봇의 特性

실험에 사용한 敎育用 로봇 TOP-1은 1983년 한국 기계 연구소와 금성사가 공동으로 제작한 6축 5자유도 다관절 로봇으로 6개의 스텝 모터가 각 관절을 구동하게 되어 있다. 컨트롤러(controller)는 Z80 마이크로프로세서를 사용하여 내장형으로 조립되어 있으며, 외부에서 로봇을 제어할 때는 내부 컨트롤러에 각 관절의 스텝 수를 계산하여 전달함으로써 내부 컨트롤러가 각 관절을 필요한 스텝수만큼 움직여 주게 되어 있다.

(1) 關節의 運動 範圍와 링크의 길이

그림 3의 표기법을 따른 각 관절의 운동 범위와 각 링크의 길이는 다음과 같다.

$$-\frac{\pi}{2} \leq \theta_1 \leq \frac{\pi}{2} \quad -\frac{\pi}{2} \leq \theta_4 \leq \frac{\pi}{2}$$

$$-\frac{\pi}{12} \leq \theta_2 \leq \frac{10\pi}{12} \quad \theta_5 : \text{redundant}$$

$$-\frac{5\pi}{18} \leq \theta_3 \leq \frac{10\pi}{18} \quad -\pi \leq \theta_6 \leq \pi$$

$$l_1 = 260\text{mm} \quad l_3 = 180\text{mm}$$

$$l_2 = 180\text{mm} \quad l_4 = 100\text{mm}$$

(2) 關節과 關節의 相互 影響

이 로봇의 특징은 각 관절이 서로 영향을 주고 움직이게 되어 있다. θ_2 의 변화가 θ_3 에 영향을 주고, θ_3 의 변화가 θ_4 에 영향을 주게 되어 있다. 따라서 매니플레이터의 움직임을 제어할 때는 θ_3 와 θ_4 에 대한 다음과 같은 보정이 필요하게 된다.

$$\theta_{3L} = \theta_{3C} + \theta_{2M} \quad -\frac{\pi}{12} \leq \theta_{2M} \leq \frac{10\pi}{12} \quad (22)$$

$$\theta_{4L} = \theta_{4C} + \theta_{3M} \quad \frac{5\pi}{18} \leq \theta_{3M} \leq \frac{10\pi}{18} \quad (23)$$

* θ_{3L}, θ_{4L} : 영향을 받은 후의 각

* θ_{3C}, θ_{4C} : 현재의 각

* θ_{2M}, θ_{3M} : θ_2 와 θ_3 가 움직인 각

(3) 絶對 基準 位置

이 로봇의 절대 기준 위치는 내부 컨트롤러에 'R'에 해당하는 ASCII 코드를 전달함으로써 설정된다. 내부 컨트롤러는 이 코드를 전달 받으면 로봇의 각 부위에 부착되어 있는 4개의 리미트(limit) 스위치가 모두 닫힐 때까지 각 관절을 움직인 다음 여기에서 정해진 스텝수만큼 각 관절을 반대 방향으로 움직임으로써 절대 기준 위치를 찾아주게 되어 있다.

절대 기준 위치의 P_j 와 P_w 는 다음과 같다.

$$P_j = (0, 45, 45, 0, x, 0)$$

$$P_w(p) = (307.2792206, 0, 387.2792206)$$

$$P_w(q) = (407.2792206, 0, 407.2792206)$$

(4) 命 令 語 形 式

외부에서 내부 컨트롤러에 각 관절의 이동량을 정해주는 명령어의 형식은 다음과 같다.

$$'a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6'$$

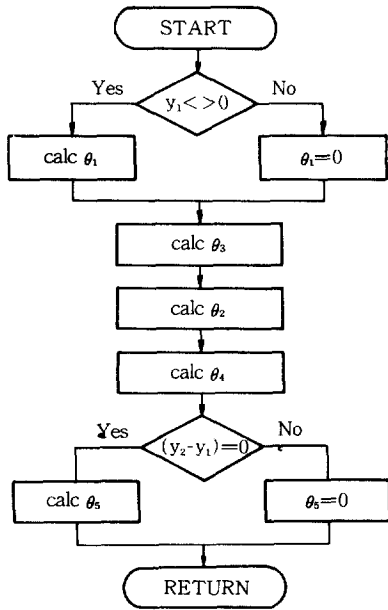
이 때 a_1, a_2, a_3 는 각각 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 의 이동량을 나타내며, a_4, a_5 의 부호와 수치에 의해서 손목의 굽힘, 비틀림 동작이 동시에 실행될 수 있다. a_6 는 손가락의 닫힘과 열림을 지정하는 수치이다. 각 변수의 부호에 따른 관절의 움직임, 변수별 지정 가능한 최대값 및 단위 스텝당 움직이는 각도를 표 1에 나타내었다(한국 기계 연구소, 1983).

[표 1] 명령어의 형식 및 기능

부호	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
+	$+\theta_1$	$-\theta_2$	$-\theta_3$	$+\theta_6$		open
	1200	1900	1400	3600	3600	1500
-	$-\theta_1$	$+\theta_2$	$+\theta_3$	$-\theta_6$		close
	-1160	-2000	-700	-3600	-3600	-1500
$a_4: -, a_5: +$				$+\theta_4$		
				-1650	+1650	
$a_4: +, a_5: -$				$-\theta_4$		
				+1650	-1650	
θ/step	0.075	0.0375	0.075	0.05	0.05	0.15

2. reverse transformation 알고리즘

敎育用 로봇 TOP-1이 원하는 작업을 수행하기 위하여 주어진 직각 좌표로부터 각 관절의 각도를 계산해



[그림 4] reverse transformation 알고리즘

내기 위한 reverse transformation 알고리즘을 순서도로 나타내면 그림 4와 같다.

3. 블록 쌓기 프로그램

그림 4의 reverse transformation 알고리즘을 이용하여 블록 쌓기 프로그램을 개발하였다. 프로그래밍 언어는 turbo pascal V3.0을 사용하였다.

프로그램 작업에 필요한 좌표를 블록 데이터 형식으로 나열한 다음 각 좌표마다 매니플레이터 각 관절의 각도를 계산하였다. 각 관절의 각도가 계산되면 현재의 각도와 다음에 위치할 각도의 차를 구하고 이를 step 당 이동량에 따라 각 관절이 움직일 스텝수를 계산하였다.

계산된 스텝수는 컴퓨터의 프린터 포트를 통하여 로봇의 내부 컨트롤러로 전달된다. 그러면 로봇의 컨트롤러는 각 관절을 전달된 스텝수만큼 움직이므로써 원하는 작업을 수행할 수 있도록 하였다.

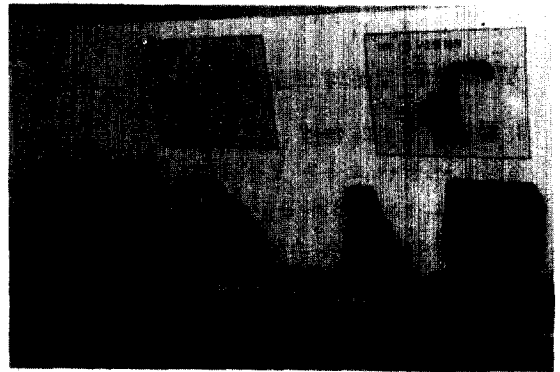
이상의 방법으로 개발된 프로그램에 따라 교육용 로봇의 작업을 수행하고 있는 모습은 사진 1과 같다.

4. 展示物 製作

현재 각 시도 교육위원회 산하 학생과학관 또는 과학



[사진 1] 교육용 로봇이 블록을 쌓고 있는 모습



[사진 2] 교육용 로봇을 이용한 전시물

교육 연구원 등에는 과학 기술에 관한 전시물을 제작하여 학생, 교사 및 일반인이 관람하게 하고 있다.

이에 따라, 이상의 결과를 바탕으로 교육용 로봇 TOP-1을 이용하여 두 가지 전시물을 제작하였다.

전시물 중의 하나는 블록 쌓기 프로그램으로 위의 프로그램에 그래픽과 사운드 기능을 추가하여 교육적 효과를 고려하였으며, 다른 하나는 각 관절과 전시물 조작 패널(panel)의 스위치를 이동 방향에 따라 1대1로 대응시켜 관람자가 조작 패널 중 원하는 부분의 스위치를 누름으로써 해당 관절이 일정한 속도로 움직이게 하였다.

블록 쌓기 프로그램은 관람자가 화면에 나타난 지시문을 읽고서 스위치를 누르면, 반복적인 작업이 가능하도록 일단 쌓여진 블록을 모두 펼쳐 놓은 다음에 다시 원래의 모양대로 쌓게 하였다. 또한 작업 도중에는 end effector의 현재 좌표와 컴퓨터로부터 로봇에 전달되는 명령어가 화면에 출력되게 하였다.

다른 하나는 일단 조작이 시작되면 현재의 좌표가

화면에 나타나고, 자동 반복 기능을 추가하여 스위치를 누르고 있는 한, 해당 관절이 계속적으로 움직이게 하였다. 또한, 작업 도중 해당 관절이 운동 범위를 벗어날 가능성이 있으면 자동적으로 모든 관절이 원래의 기준 위치로 돌아오게 하였다.

실제 제작된 전시물 외형은 사진 2와 같다.

VI. 結 論

다관절 로봇의 좌표 변환식을 유도하였다. 또한 이를 이용하여 교육용 로봇을 프로그래밍 하고 로봇틱스의 이해를 돕기 위한 전시물을 제작하였다.

유도한 식은 이차 방정식과 삼각함수 정도의 지식 수준에서도 이해할 수 있으며, 프로그래밍 언어로 직접 표현이 가능하기 때문에 매니플레이터를 제어하기 위한 프로그램을 작성하기가 용이하다. 따라서 로봇틱스를 교육함에 있어 손쉽게 응용할 수 있으리라고 본다.

앞으로의 연구 과제로는 vision 시스템과의 결합을 통해서 보다 지능적인 제어를 수행하는 것에 대한 교육 프로그램을 개발하는 일이다.

參 考 文 獻

- 1) 김동원(1984), "교육용 로봇 프로그래밍에 관한 연구", 석사학위논문, 한국 과학기술원.
- 2) 김병용(1987), "펄스폭 변조 방식에 의한 로봇 매니플레이터의 서보 제어장치 설계에 관한 연구", 석사학위논문, 한양대학교.
- 3) 삼성항공(1989), 'FA 기술교육안내', 삼성 항공 자동화 사업본부 자동화 교육센터.
- 4) 한국 기계연구소(1983), 교육용 로봇 TOP-1 사용 설명서.
- 5) Alan Morris(1985), 'Coordinate transformations and programming for small revolute-coordinate robots', microprocessors and microsystems, Butterworth & Co. (Publishers) Ltd.
- 6) Mikell P. Groover 외 3(1986), Industrial Robotics, McGraw-hill book co. pp. 88-104.
- 7) Stelzer, E. H(1982), "A control program and operating system for a three joint robot arm on an apple microcomputer", University of missouri-rolla.
- 8) Paul, R. P(1981), Robot Manipulators : Mathematics programming and control, the MIT press.