

## 윈도우즈 95환경에서 3D Visual 로봇 교시 모드 구현

### The 3D Visual Robot Teaching Mode Design on the Windows 95

°탁 정 료, 이 종 수

홍익대학교 전기제어공학과(Tel: 320-1493 ; Fax: 325-6116 )

Abstracts: The Direct Arm(DDA) is a SCARA typed direct drive manipulator with three degree of freedom(DOF) using the direct drive motor of the NSK company. In the paper, we propose a convenient interface for the SCARA-type robot which is practical to use. The proposed Visual Robot Teaching Mode using 3D graphics replaces the current teaching box. And besides this graphical teaching software can be implemented on the PC which is commonly used as a robot controller. This program was developed for the Windows 95 OS.

Keywords: Visual Mode

#### 1. 서론

산업용 로봇은 교시상자와 단말기가 포함된 제어기로 구성되어 있으며, 교시상자를 이용해 로봇의 각 관절별로 모터를 구동하여, 작업에 필요한 위치 점들을 결정한 후 제어기로 이러한 정보를 전달, 제어기는 이러한 위치 데이터를 조합하여 하나의 일관된 작업을 수행하고 있다. 최근에는 제어기에서 필요로 하는 위치 데이터의 입력 장치 및 디스플레이, 기준 경로나 작업 파일의 저장을 위한 보조기억장치 등의 필요성과 사용자의 편의성을 증대시키기 위하여 저렴한 가격의 PC를 본체로 하여 제어기를 PC의 슬롯에 장착하여 시스템을 구성하는 추세이다.

본 논문에서는 이와 같은 이원화 작업을 PC에 모두 포함시킴으로써 보다 편리한 인터페이스 및 향상된 자동화를 제공하고자 한다. 사용자의 편의를 위해 윈도우즈 환경에서 3차원 그래픽을 이용해 기존의 교시상자의 단점을 보완한 편리한 로봇 관리 프로그램을 구현하여 원격 조작, 안전한 로봇 조작 및 작업 모니터링을 실현한다.

기존의 로봇 교시상자는 로봇 작업에 필요한 위치를 조절하기 위해 사용자가 로봇을 지켜보면서 조작하여야 하며, 그 사용법에 있어서도 원하는 로봇의 위치를 조작하는 것이 어려웠다. 또한 이렇게 파악한 위치를 이용하여 로봇 팔이 어떤 작업을 실행하기 위한 기준 경로를 편집할 때, 시작점과 끝점을 지정하는 것은 물론이요, 중간에 경유해야 하는 점들을 지정할 때 어떤 위치 값을 지정해야 하는지를 파악하기가 어렵다.

이처럼 사용자들이 느끼는 로봇 조작의 어려움을 PC상에 작업장 환경을 그래픽으로 구현하여, 사용자가 그래픽 로봇을 조작할 수 있는 쉽고 다양한 방법(마우스 드래깅, 텍스트 입력, 그래픽적인 입력)을 제공하는 물론이요, 이 그래픽 로봇이 실제 로봇과 동일하게 움직여서 world 좌표계와 로봇 좌표계 사이의 차이를 느꼈던 기존의 교시상자의 단점을 보완하여 PC 모니터 상에 이를 표현함으로써 두 좌표계 사이의

상호관계를 시각적으로 보여주어 보다 편리한 사용을 도모한다.

#### 2. 3차원 그래픽

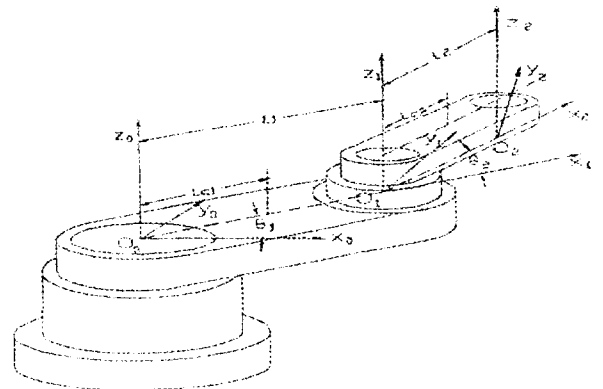


그림 1 Kinematic configuration of Hong-Ik Manipulator with DH Coordinate Frame Assignment

#### 2.1 기구학 및 역기구학

로봇의 관절 변위값으로부터 실제 위치를 구하기 위해 이용되는 기구학은 Denavit-Hartenberg 표시법을 이용해 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X &= L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) \\ Y &= L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) \end{aligned} \quad (1)$$

(x, y)좌표가 주어질 때, 각 관절이 취해야 하는 각도를 구하 역기구학은 다음과 같다.

$$\theta_2 = \text{atan2}(D, C) \quad (2)$$

$$\theta_1 = \text{atan2}(y, x) - \text{atan2}(L_2 \sin \theta_2, L_1 + L_2 \cos \theta_2)$$

여기서,  $C = \frac{r^2 - L_1^2 - L_2^2}{L_1 + L_2 \cos \theta_2}$ ,  $D = \pm \sqrt{1 - C^2}$ ,  $r^2 = x^2 + y^2$ 이다.

### 2.2 좌표계의 3차원 변환 행렬

물체를 이동하기 위해 필요한 기본적인 이론을 정리하면 다음과 같다.

#### 1) 평행이동

P(x, y, z)를 (dx, dy, dz)만큼 평행 이동시킨 점 P'(x', y', z')는 다음과 같다.

$$(x', y', z') = (x \ y \ z \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ dx & dy & dz & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

#### 2) 확대/축소

P(x, y, z)를 x, y, z축으로 각각 sx, sy, sz만큼 확대/축소시킨 점 P'(x', y', z')는 다음과 같다.

$$(x', y', z') = (x \ y \ z \ 1) \begin{pmatrix} sx & 0 & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 & 0 \\ 0 & 0 & sz & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

#### 3) 회전이동

P(x, y, z)를 Z축을 중심으로  $\theta$ 만큼 회전시킨 점 P'(x', y', z')는 다음과 같다.

$$(x', y', z') = (x \ y \ z \ 1) \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$(x', y', z') = (x \ y \ z \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$(x', y', z') = (x \ y \ z \ 1) \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

### 2.3 윤선 및 윤면 제거

Scan line Z-buffer 알고리즘

- (1) 면의 3차원 좌표를 시각변환과 투영을 이용해서 화면좌표로 바꾼다.
- (2) 작업할 Scan line의 y좌표 j를 0으로 한다.
- (3) Z[i]배열 전체를 아주 큰 값으로 초기화시킨다.
- (4) 물체의 처음 면을 찾는다.
- (5) 면이 Scan line에 걸려있는지를 판정한다.
- (6) 면이 걸려있다면 Scan line상의 첫 화소 (i, j)를 찾는다.  
Scan line에 표시될 면이 아니라면 (10)과정으로 건너간다.
- (7) 화소 (i, j)에 해당되는 z좌표를 계산하고 Z[i]값과 비교한다.
- (8) z가 Z[i]값보다 작은 값이면 화소를 면의 색으로 칠하고 Z[i]에 z를 저장한다. 그러나 z값이 Z[i]값보다 크면 아무 일도 하지 않는다.

- (9) 면 내부에 해당되는 Scan line상의 다음 화소를 찾아서 (7) 과정을 반복한다.
- (10) 물체의 다음 면을 찾아서 (5) 과정을 반복한다.
- (11) Scan line의 y좌표를 하나 증가시키고 (3) 과정을 반복한다.

### 2.4 Shading 모델

$$I = I_s + I_d + I_a k_a = I_o \cdot (k_s \cdot (\cos \phi)^n + k_d \cdot \cos \theta) + I_a k_a$$

$I_d$ : 빛의 분산에 의한 물체표면의 밝기

$I_s$ : 직접 반사에 의한 밝기

$I_a$ : 배경광원에 의한 효과

$I_o$ : 광원의 밝기

$\theta$ : 물체표면의 법선 벡터와 광원의 빛이 이루는 각도

$\phi$ : 반사광의 방향과 시선의 방향이 이루는 각도

$k_a$ : 물체의 색과 특성에 따라 다르게 주는 비례상수

## 3. 3D Visual 로봇 교시 모드 구현

### 3.1 시스템 환경

로봇을 제어하는 제어기는 PC add-on type으로서, 로봇을 제어하는 데 가장 필요한 동력학 계산을 담당하며, 계산한 결과를 토대로 모터 제어를 구동하도록 정보를 주고받는다. 본 소프트웨어는 제어기가 로봇을 움직이는데 필요한 위치, 속도, 가속도 정보를 제어기에 전달하며 또는 정보를 읽어와서 필요한 자세를 취한다. 요즘 추세인 윈도우즈95 환경에서 3차원 그래픽 및 하드웨어 제어를 하는 프로그램이므로 소프트웨어 활용에도 큰 기여를 할 것으로 생각된다.

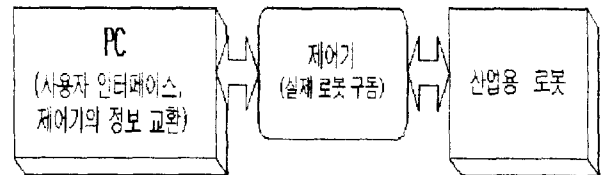


그림 2 전체 시스템 구조

### 3.2 새로운 교시 방법

3차원 그래픽을 이용한 새로운 교시 방법이다.

교시 상자를 이용하여 각 관절별 모터를 구동하던 방식과는 달리 화면상의 그래픽 로봇을 마우스로 드래깅하거나, 또는 각 관절별 각도값을 입력하거나, 실제 위치의 좌표값을 주면 역기구학과 기구학을 이용하여 각 관절이 취해야 하는 각도값을 계산하여 자세를 취하게 되는 편리한 인터페이스를 제공한다.

로봇 조작 방법.

- 1) 화면상에 나타난 그래픽 로봇을 마우스로 직접 드래그하여 시뮬레이션.

- 2) 각 관절별 변위 각도값들을 텍스트로 입력.
- 3) 원하는 위치 좌표를 입력하면, 각 관절별 변위값을 표시하며 자세를 취함.

### 3.3 통합 환경의 구축

로봇의 교시상자 역할 뿐 아니라 어떤 일정한 기준 경로를 발생하여 이를 시뮬레이션할 수 있는 통합 환경을 구축한다. 사용자에게 로봇 프로그램의 작성 및 실행에 편의를 제공하며 전체 시스템의 작업을 관리하는 로봇 운영 시스템 프로그램을 개발하여 보다 효율적인 사용을 돕고자 한다. 실제로 로봇을 구동시키기 전에 PC상에서 기준 경로를 발생하고 이에 따라 움직이는 작업을 미리 시뮬레이션 해 봄으로써 문제점 및 개선점을 분석할 수 있으므로 보다 안정적인 동작을 보장한다.

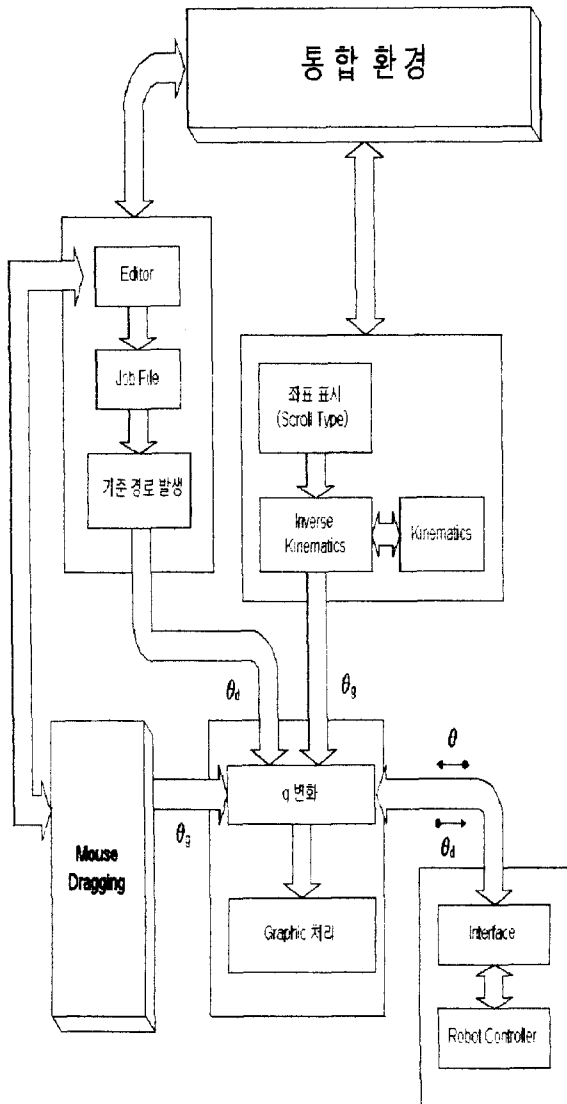


그림 3 프로그램 구성도

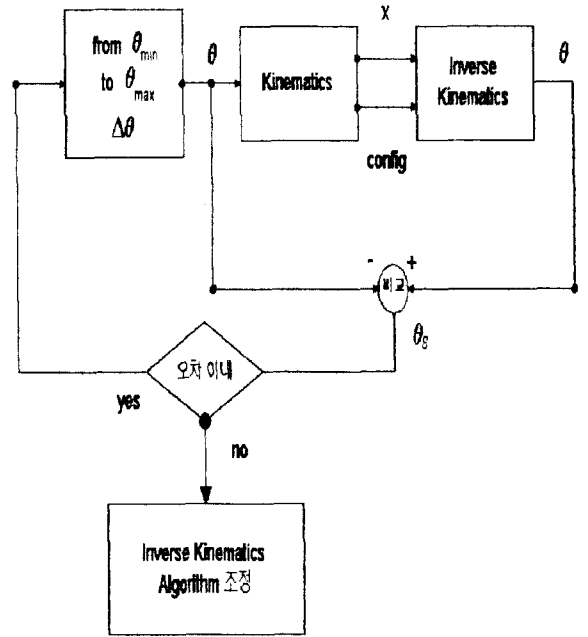


그림 4 그래픽 로봇의 기구학/역기구학 검증.

## 4. 결론

본 논문에서는 로봇을 제어하는 PC상에서 모든 작업을 수행할 수 있도록 필요한 여러 가지 인터페이스를 제공하며 교시상자의 불편한 점을 보완하는 새로운 Visual 모드를 제안하였다. 새롭게 제안한 Visual 모드는 앞에서 열거한 장점을 가지며, 또한 3차원 그래픽 응용 및 윈도우 95환경에서 작동하는 프로그램으로서 활용 분야는 이에 그치지 않을 것으로 사려된다.

앞으로의 추후 과제로는 시각시스템과 결합하여 작업장의 영상을 획득하여 물체인식, 위치추적, 대상인식을 하는 보다 능동적인 시스템을 구성해야 될 것으로 여겨진다.

## 참고 문헌

- [1] Phillip John McKerrow, *Introduction to Robotics*, Addison-Wesley, 1993
- [2] F. L. Lewis and C. T. Abdallah and D. M. Dawson, *Control of Robot Manipulators*, New York : Macmillan, 1993
- [3] M. W. Spong and M. Vidyasagar, *Robot Dynamics and Control*, New York : John Wiley & Sons, 1989
- [4] J.J.Craig, *Introduction to Robotics-Mechanics and Control*, Addison Wesley, 1989.
- [5] K.S.Fu, R.C.Gonzalez, C.S.G.Lee, 'Robotics-Control, Sensing, Vision, and Intelligence', McGraw Hill, 1987.
- [6] 신영수 · 김현석, 3차원 그래픽, 가남사, 1991