

# 스카라로봇을 위한 오프라인 프로그래밍 시스템 Off-Line Programming System of SCARA Robot

정창욱\*(부산대 대학원), 손 권(부산대 기계공학과)

C.W. Jung and K. Son  
Pusan National University

## 1. 서론

로봇과 작업환경을 컴퓨터에서 구현하여 오프라인 방식으로 작업교시 및 성능실험을 수행할 경우 온라인 방식에 비해 많은 시간과 비용을 절감할 수 있다.<sup>[1, 2]</sup>

본 연구에서는 로봇의 교시, 궤적계획, 충돌, 로봇 동작, 제어알고리즘 등의 평가에 유용하게 사용할 수 있는 다기능 오프라인 프로그래밍 시스템인 POLPS (Pusan\_national\_university's Off-Line Programming System)를 개발하였다.

POLPS은 4축 스카라형 FARA 로봇을 대상으로 개발되었고, 편리한 방법으로 교시작업을 수행할 수 있으며, 교시내용에 따라 궤적계획을 수행한 후 로봇을 동작시켜 충돌을 회피하는 동적 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 제안된 여러 제어알고리즘<sup>[3]</sup> 중에서 주어진 작업에 적합한 제어알고리즘을 효율적으로 선정하기 위한 성능의 비교와 평가 기능을 갖추고 있는 것이 주요한 특징이다. 또한 시각위치변경, 온선·온면제거 및 음영처리, 고속 애니메이션, 환경구성, 인터프리트 명령어 등의 다양한 기능으로 편리하게 사용할 수 있다.

## 2. POLPS의 구성

POLPS는 그림 1과 같이 셋업모드, 교시모드, 프로그래밍모드, 텔리오퍼레이팅모드로 구성된다. 셋업모드에서는 시뮬레이션에 사용될 로봇을 선정하며, 교시모드에서는 교시작업을 통해 궤적을 생성하고 충돌 시뮬레이션을 수행하며, 프로그래밍모드에서는 여러 제어알고리즘을 이용한 로봇 동작 시뮬레이션

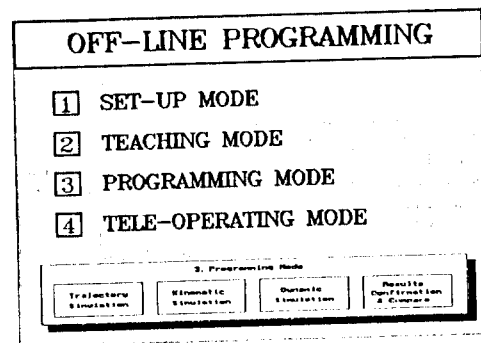


그림 1 주메뉴화면

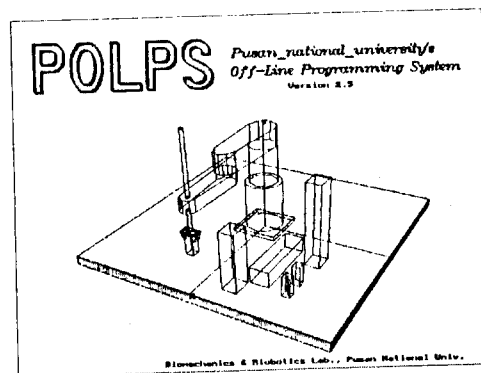


그림 2 PLOPS의 시작화면

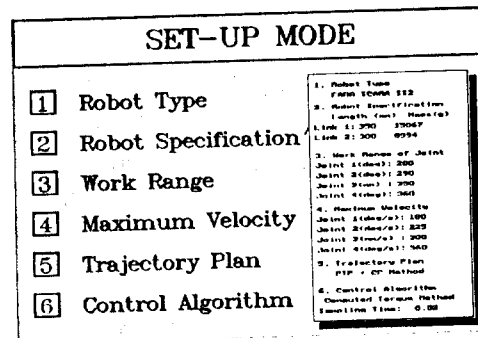


그림 3 셋업모드

을 수행하고 그 결과를 다양한 방법으로 평가할 수 있다. 참고로 그림 2는 본 연구에서 개발된 POLPS의 시작화면이다.

### 3. 셋업모드

셋업모드에서는 그림 3과 같이 로봇의 타입, 부위별 치수, 작업영역, 최대속도, 궤적계획법, 제어 알고리즘 등을 지정한다.

로봇의 타입은 스카라형으로 한정되나 링크의 길이와 질량 등 부위별 치수는 가변적이다. 작업영역은 그림 4와 같이 각 관절의 최대운동 범위를 제한함으로써 지정되어진다. 각 관절의 각속도의 최대한계를 입력하여 로봇의 속도한계를 지정할 수 있다. 궤적계획법은 PTP법과 연속경로법 중 작업에 원하는 것을 선택할 수 있다.

제어알고리즘으로는 계산토크법에 의한 PD 비선형보상제어, 역시스템과 극배치방법에 의한 제어, 슬라이딩모드제어, 기준모델적용제어의 4가지가 포함되어 있으며 로봇 동작 시뮬레이션에 사용할 알고리즘을 지정할 수 있다.

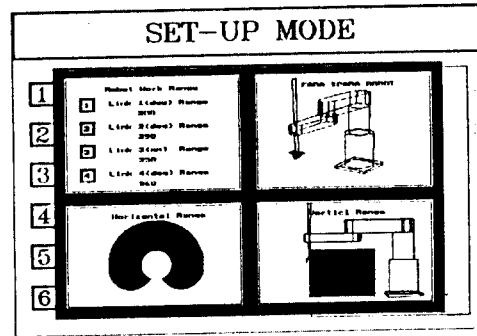


그림 4 작업영역의 지정

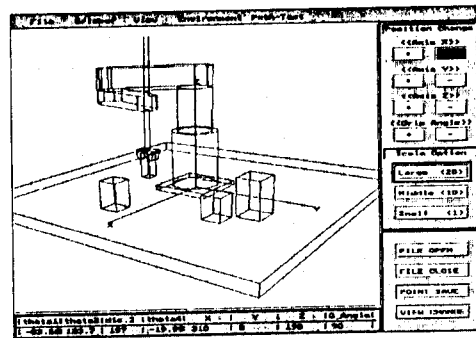


그림 5 교시모드

### 4. 교시모드

교시모드에서는 작업교시 및 충돌 시뮬레이션을 수행하게 된다.

교시모드에서는 그림 5와 같이 단말효과기의 위치와 로봇의 자세를 변경할 수 있으며, 각 위치와 자세에 해당하는 정보를 알 수 있다. 교시 내용은 화일의 형태로 저장되며, 이후 프로그래밍모드에서 이 화일을 불러 시뮬레이션을 행하게 된다. 단말효과기의 위치와 각도를 원하는 위치에 두고 경로점지장 메뉴를 선택할 경우 그 통과 시간을 지정할 수 있다. 그림 5의 상단에 위치한 교시모드의 메뉴는 그림 6과 같이 구성되어 있다. 각각에 대해 기술하면 다음과 같다.

File	Gripper	View	Environment	Path_Test
About ..	Open	Viewing	Obstacle	Basic Trajectory
New File	Close	Shading	Load	Vertical Avoidance
Load File	Gripping			Lateral Avoidance
Directory				Minimum Distance Avoidance
Print				Integrated Test
Printer				
Dos Shell				
Exit				

그림 6 교시모드의 메뉴

Via Point Number
End Effector Position(x, y, z)(mm)
Gripper Angle(degree)
Pass Time(second)
Gripper Operation
Gripper Operation Time(second)

그림 7 교시화일자료

#### 4.1 File 메뉴

교시내용은 교시화일로 만들어지며, 궤적계획과 충돌 시뮬레이션에서 이용할 수 있다. 교시화일에 저장되는 자료는 그림 7과 같다.

#### 4.2 Gripper 메뉴

물건을 잡거나 내려놓는 작업을 수행하기 위해서는 그리퍼의 동작이 가능하여야 한다. POLPS에서는 그리퍼의 개·폐가 가능하여 물건을 잡거나 내려놓을 수 있으며, 교시화일에 그리퍼의 동작에 대한 자료가 포함되어진다.

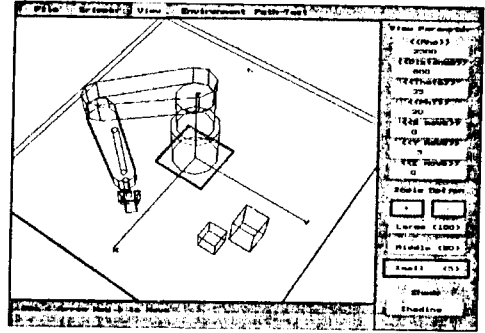


그림 8 시각위치의 변경

#### 4.3 View 메뉴

로봇과 장애물의 배치나 자세에 따라 관찰이 어려운 경우가 발생하며, 이러한 경우 시각위치를 변경하여 원하는 위치에서 관찰이 가능하도록 하였다(그림 8 참조).

와이어 프레임으로는 물체의 식별이 어려운 경우가 발생할 수 있으며 이러한 경우를 위하여 모호함을 제거할 수 있는 은면제거 및 음영처리 기능을 갖추었다. 은면제거를 위해서는 스캔라인 z-버퍼법을, 음영처리를 위해서는 풍의 음영처리법을 적용하였다(그림 9 참조).

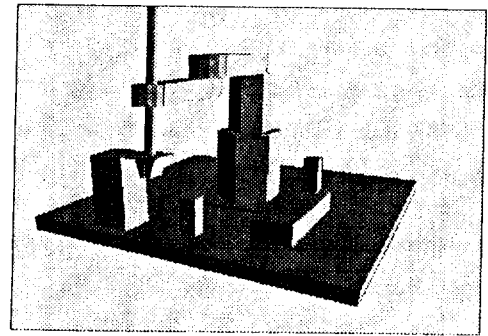


그림 9 은면제거 및 음영처리

#### 4.4 Environment 메뉴

작업교시를 위해서는 장애물이나 부하물체를 고려해야만 한다. POLPS에서는 그림 10과 같이 원하는 위치에 장애물을 놓을 수 있으며, 위치나 자세를 편리하게 변경시킬 수 있다.

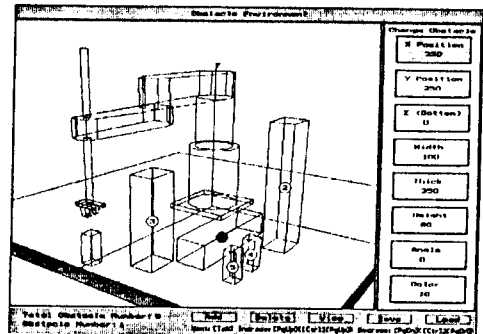


그림 10 환경구성

#### 4.5 Path\_Test 메뉴

교시내용에 따라 로봇을 동작시켜 볼 수 있으며, 충돌의 우려가 있다고 판단될 경우 그림 11과 같이 충돌검색을 수행할 수 있다. 정면, 평면, 측면 투영 화면과 3차원 화면으로 충돌 발생 여부를 확실히 알 수 있으며, 충돌이 발생한 장애물, 위치, 그리고 시간을 알 수 있도록 되어 있다. POLPS에서는 스카라 로봇의 작업과 형상의 특성을 이용한 충돌검색 방식을 이용함으로써 계산량을 줄일 수 있게 되어 실시간 충돌검색이 가능하다. 충돌이 발생할 경우 그림 12와 같이 충돌을 회피할 수 있는 경로를 생성시킬 수 있다. 그림에서는 작업좌표계상의 최단거리 충돌 회피 알고리즘을 이용하였다.

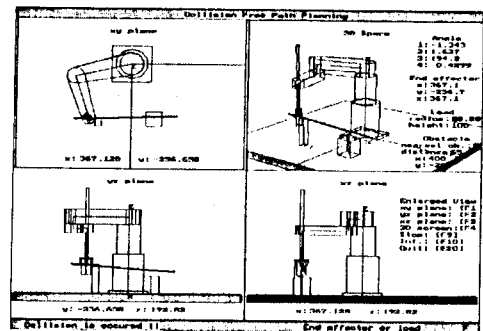


그림 11 충돌검색

### 5. 프로그래밍모드

프로그래밍모드에서는 로봇 동작 시뮬레이션을

수행할 수 있고 결과를 비교·평가할 수 있다(그림 13 참조). 이를 위하여 다양한 기능들을 가지고 있으며 정리하면 그림 14와 같다.

### 5.1 File 메뉴

로봇 동작 시뮬레이션의 결과는 시뮬레이션화일로 저장된다. 생성되는 화일의 종류들을 정리하면 그림 15와 같다.

### 5.2 Simulation 메뉴

교시된 작업내용을 Call TMF(teaching mode file) 메뉴를 이용하여 불러 들이고 지정된 제어 알고리즘을 적용하여 로봇 동작 시뮬레이션을 수행하게 된다. 매 순간마다 로봇의 자세 및 시간정보를 볼 수 있으며, 보다 정확한 관찰을 위하여 시각위치를 변경시킬 수도 있고 음영처리를 통해 화면의 모호함을 제거할 수도 있게 되어 있다.

### 5.3 Evaluation 메뉴

POLPS는 동작 시뮬레이션의 결과를 비교·평가할 수 있는 기능을 가지고 있다. 로봇의 3차원 경로추적성능, 관절의 각변위와 각속도의 추적 성능 및 오차, 작업좌표계상의 경로추적성능 및 오차 등을 평가할 수 있다.

그림 16은 물체를 잡아 정해진 경로를 따라 이동하여 내려놓는 작업에 대하여 단말효과기의 3차원적 경로추적과정을 나타내는 화면이며, 그림 17은 4가지 제어알고리즘에 의한 시뮬레이션의 결과중 관절좌표계에서의 각속도의 결과를 나타낸다. 그림 18은 관절 3의 오차를 트레이서 기능으로 분석하는 화면이며, 그림 19는 벤치마크방식으로 제어알고리즘의 결과를 비교하는 화면이다.

### 5.4 Command 메뉴

POLPS는 편리한 사용자 환경을 위하여 대화식의 인터프리터 명령 기능을 갖추고 있다. 인터프리터 명령어를 이용하여 원하는 위치로 이동하거나 그리퍼를 동작시키거나 로봇을 초기화시킬 수 있으며, 메뉴에 있는 여러 기능들도 인터프리터 명령어로 실행시킬 수 있다.

### 5.5 그외의 메뉴

Operation 메뉴는 로봇의 위치와 자세를 초기화

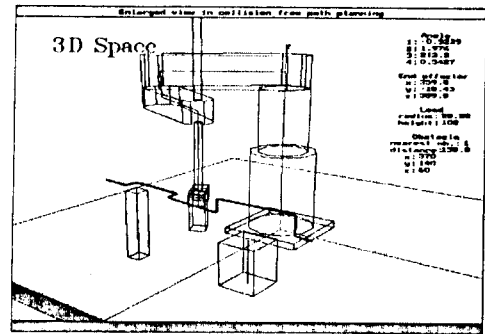


그림 12 충돌회피

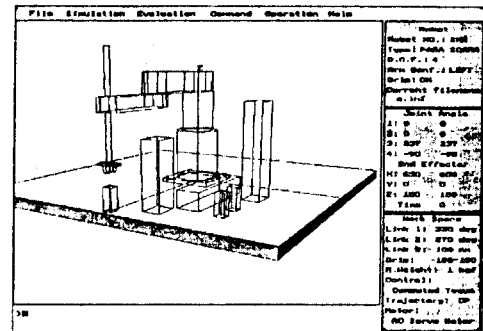


그림 13 프로그래밍모드

File	Simulation	Evaluation	Command	Operation	Help
About ..	Dynamic	Joint	Interprete	Initiate	
New File	Display	Coordinate	Pointing		
Load File	Call TMF	Cartesian			
Directory		Coordinate			
Print		3D World			
Printer		Joint			
Dos Shell		Compare			
Exit		Trace			
		Bench Mark			

그림 14 프로그래밍모드의 메뉴

File Management File(*.olp)
Desired Cartesian Displacement File(*.d_c)
Desired Joint Displacement File(*.d_p)
Desired Joint Velocity File(*.d_v)
Desired Joint Acceleration File(*.d_a)
Cartesian Displacement Dynamic Result File(*.car)
Joint Displacement Dynamic Result File(*.pos)
Joint Velocity Dynamic Result File(*.vel)
Joint Acceleration Dynamic Result File(*.acc)

그림 15 시뮬레이션화일의 종류

시키는 기능을 가지고 있으며, Help 메뉴에는 로봇의 기구학, 동역학, 제어알고리즘에 대한 설명과 사용자를 위한 도움말 기능을 갖추고 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 스카라형 로봇을 위한 오프라인 프로그래밍 시스템인 POLPS를 개발하였다. 3차원 그래픽을 이용하여 시뮬레이션 과정을 시각화시켰으며, 온선·온면제기 및 음영처리 알고리즘을 적용하여 그래픽적 사용자 인터페이스 환경을 구성하였다. 로봇의 형상과 작업특성을 이용하여 효과적인 고속충돌검색 알고리즘을 개발하였고, 작업좌표계상의 최단거리 충돌회피 경로계획법을 개발하였다. 여러가지 제어알고리즘을 적용하여 동적시뮬레이션을 수행할 수 있으며, 비교·분석 기능을 이용하여 빠르고 편리하게 주어진 작업에 최적인 알고리즘을 선정할 수 있다. 로봇의 작업내용이나 장애물 등의 환경이 변경되는 경우 POLPS를 이용하여 교시, 궤적계획, 충돌 및 동적시뮬레이션, 성능평가를 수행하고 그 교시내용을 실제 로봇으로 전달하여 교시 및 실험에 필요한 시간을 줄일 수 있는 방안을 제시하였다.

## 참고문헌

1. A.M. Eydgahi and J.J. Sheehan, "A Computer Animation of Robotic Manipulators and Workcells", IEEE Control System, pp. 56~59, 1991.
2. A. Storr and J.F. McWaters, Off-Line Programming of Industrial Robots, North-Holland, Amsterdam, 1987.
3. 정창욱, 손권, 이민철, 이만형, 한성현, "제어 알고리즘의 평가기능을 갖춘 오프라인 프로그래밍", '94 대한기계학회 춘계학술대회, pp. 729~733, 1994.

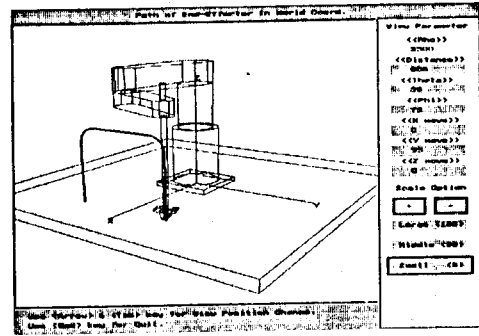


그림 16 단말효과기 제작

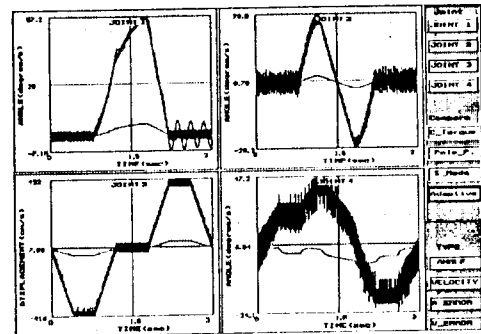


그림 17 관절 각속도 결과

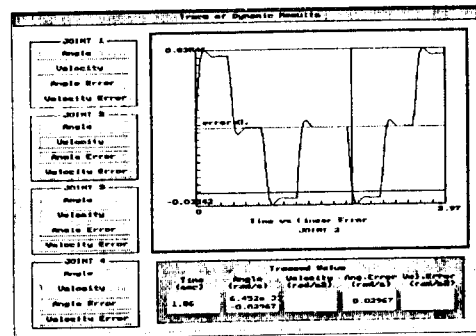


그림 18 관절 3의 오차 트레이서

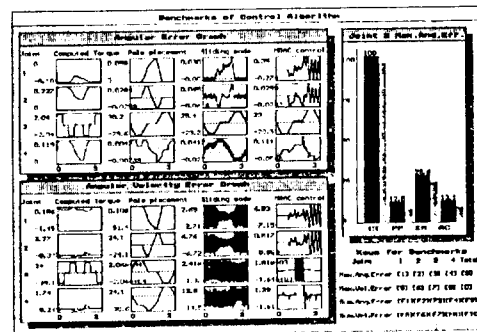


그림 19 벤치마크식 결과 비교