

이 원식 전 홍주 이 범희 고 명삼

서울대학교 공과대학 제어계측공학과

A Study on the Implementation of Material Handling System with Part Feeder

Won-Sik Lee Heung-Joo Jeon Bum-Hee Lee Myoung-Sam Ko

Dept. of Control & Instrumentation Eng.

Seoul National University

ABSTRACT

For the robot manipulator in performing precision task, it is indispensable that the robot utilize the various sensors for intelligence. This paper presents the development and implementation of an integrated control system for the control of robotic manipulator, a feeder, a conveyor belt system, force/torque sensor system, and a photo sensor system. Micro controller board was constructed for hierarchical control of the system. To set up the program interactively, a user can make use of the software which includes the full-down menu and a dialog box. The user can make progress the program quickly and easily by a mouse. The related software was written in C and assembly languages.

1980년대 중반에 미국의 GM 연구소에 의해 개발된 CONSIGHT 시스템은 최초의 부품 검색 및 처리기능을 갖는 종합적인 시스템으로 알려져 있으며, 그 이후 각종 Array Processor의 개발과 그에따른 실시간 부품 검색기능의 실현은 로봇과 콘베이어 시스템 및 비전 시스템을 결합한 지능 시스템의 실현을 한층 더 가능하게 하고 있다.

본 연구에서는 고가의 비전을 사용하지 않고, 엔코더, 광센서와 힘/토크 센서 등을 사용하며, 확장성과 센서 처리 능력이 부족한 PUMA 매니퓰레이터 (PUMA Manipulator)의 VAL 제어를 교체하고 로봇의 부품 이송 기능과 파트 피이더, 콘베이어 벨트의 부품 공급 기능을 결합하여 종합적인 물류 처리 시스템을 구현한다. 전체 시스템의 개괄도는 그림 1과 같다.

2. 변형된 로봇트 매니퓰레이터 제어시스템

1. 서론

컴퓨터 기술의 발전과 핵심 부품요소 기술의 발달로 공장 자동화 시대의 개막이 널리 인식되고 있다. 공장 자동화 기술은 FMS (Flexible Manufacturing System)과 CIM (Computer Integrated Manufacturing)의 개념을 기본으로 하고 있으며 자동화 시스템의 생산성, 유연성, 효율성을 개선 시키기 위한 로봇 시스템의 사용은 확산일로에 있다. 그러나, 현재까지 공장에서 사용되는 대부분의 로봇은 용접이나 칠 작업, 또는 물건을 집어 옮기는 단순한 작업에만 사용되고 있는 실정이다. 이는 로봇에 주위의 상황 판단 및 그것에 대처할 능력을 갖추지 못했기 때문이다. 이러한 로봇에 지능을 부여하기 위해서는 여러가지 센서를 이용한 감지장치를 로봇과 작업환경내에 구현해야 한다.

기존의 PUMA 로봇트 매니퓰레이터를 제어해주는 제어기는 확장성이 없고, 또한 센서 정보를 처리하는 기능이 없기 때문에 센서정보를 이용하고, 다른 주변 기기들을 제어하기 위해서는 전용 언어인 VAL을 포함하는 디지털 제어부를 컴퓨터로 교체해야 한다.

로봇 제어 시스템은 개인용 컴퓨터 본체, 개인용 컴퓨터와 PUMA 로봇 매니퓰레이터 제어기의 각속 인터페이스 보오드 사이의 연결을 위한 써어보 인터페이스 보오드 (Servo Interface Board), 그리고 PC 본체와 PUMA 로봇의 전용언어인 VAL을 포함하는 디지털 제어부를 선택할 수 있게 해주는 선택보드 (Selection Board)를 설계하고, 기존의 PUMA 제어기 중 써어보 제어부를 이용하여 개인용 컴퓨터에 의한 PUMA 매니퓰레이터 제어 시스템을 구성하였다.

# MATERIAL HANDLING SYSTEM

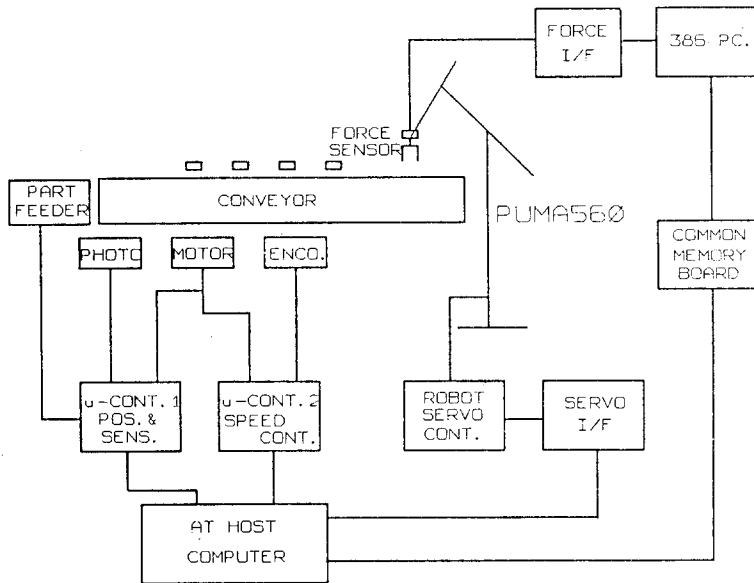


그림 1. 전체 시스템의 개괄도

Fig 1. System Block Diagram

### 3. 물류 처리 시스템의 구성

공장 자동화 (Process Automation)의 중요한 요소로서 유연성이 있는 로봇 시스템의 이용은 로봇의 고유 기능인 부품 처리 기능과 부품 이송 기능, 그리고 적합한 센서의 결합에 의한 지능 제어 시스템에 의해 그 목적을 달성할 수 있다. 부품 이송 기능을 위한 컨베이어 시스템과 센서로서 로봇 비전기술의 응용 및 그들의 결합은 로봇 시스템에 자동화된 부품 검색 및 처리 기능을 부여하게 된다. 그러나 실시간 부품 인식 과정에서 문제점으로 나타나고 있는 비전 장치의 가격 문제, 조명장치 가설의 어려움, 컨베이어 운용의 불연속등으로 실제 공장 자동화에 응용 되기에는 많은 문제점이 대두되어 있다.

본 연구에서는 비전을 도입하지 않고 부품의 자세를 해결하기 위한 기계적인 정렬 장치를 컨베이어 위에 가설하고자 하며, 광 센서 초음파 센서를 이용하여 부품의 도입을 감지하고, 위치/속도 센서로 컨베이어의 운용을 감시하며, 로봇 팔목에 부착된 힘센서로서 부품 혹은 물체의 기준 중량 미달여부를 판단하여, 완성된 물품을 자동적으로 분류할 수 있는 시스템을 개발하였다.

매니플레이터의 작업을 용이하게 하기 위해 물품을 정렬하고 공급하기 위해 정렬 장치로는 파트 피더를 장치 하였고, 매니플레이터의 작업 영역까지 물품을

이송하고, 매니플레이터가 작업을 완료 하면 다음 작업 영역으로 물품을 이송하는 이송장치로는 컨베이어 벨트를 사용 하였다.

제작한 컨베이어 시스템의 위치측정은 엔코더를 부착하여 측정하는데 엔코더 1 펄스당 컨베이어 벨트의 진행거리는 0.707mm 이다. 제작한 컨베이어 벨트는 모터가 구동하다 정지할때의 구동 토크로 인한 미끄러짐을 최소화 시키기 위하여 정지시에는 브레이크를 사용하고, 컨베이어의 속도는 마이크로 컨트롤러를 이용하여 제어한다.

로봇은 복잡한 작업들, 예를 들면 윤곽 추적이나 펌인출 작업등은 오차로 인하여 제대로 수행할 수 없는데 이러한 로봇에 지능을 부여하기 위해서는 여러 가지 센서를 이용한 감지장치를 지닌 로봇의 개발이 필수적이다. 사용되는 센서 시스템으로는 비전 시스템, 원거리 센서 시스템, 접촉 센서, 힘-토크 센서등이 있는데, 여기서는 힘-토크 센서를 사용하여 힘제어 알고리즘을 로봇에 구현한다.

사용되는 힘-토크 센서는 3방향의 힘과 3방향의 토크를 알아낼 수 있으며 힘/토크 센서의 출력을 개인용 컴퓨터에서 받아들일 수 있도록 인터페이스 보드를 제작하였으며, 인터페이스 보드를 32비트 컴퓨터에 연결하여 힘 제어 알고리즘을 위한 센서 값을 사용할 수 있게 한다.

힘 제어 프로그램은 32비트 컴퓨터에서 구현되며 개인용 컴퓨터와 32비트 컴퓨터는 공유 메모리를 통하

여 정보를 주고 받게 되는데, 이 공유 메모리를 두 컴퓨터가 동시에 참조할 수 없도록 마이크로 콘트롤러를 이용해서 공유 메모리 매니저 기능을 구현 하였다.

광 센서 시스템은 콘베이어 위를 이동하는 물체가 특정 위치에 도달 하였음을 알리는 역할을 한다. 광 센서는 빛에 의하여 전기력이 발생하는 광기전력 효과를 이용 한것과 빛에 의하여 전기저항이 변화하는 광전도 효과를 이용 한것이 있다. 검출에는 근적외 발광 다이오드와 광기전력을 이용한 포토 트랜지스터가 주로 사용된다.

근적외 발광 다이오드는 발광 영역이 적외영역에 있고, 수명이 길며, 응답 속도가 빠르다는 특징이 있다. 근적외 발광 다이오드를 광원으로 사용 하는 투광부에서는 근적외 발광 다이오드에 걸리는 실효 전력을 낮게 한 채, 첨두 발광 에너지를 크게 하기 위해 펄스 전류로 점등하고, 변조광형으로서 외관광의 영향을 최소화 하도록 한다.

#### 4. 주변장치의 계층적 제어

다양한 주변장치를 로봇 매니플레이터에 통합 시키는 것은, 실시간 정보 처리 능력을 가진 종합화된 매니플레이터 제어를 효율적인 시스템으로 개발하기 위해서 필요하다. 다양한 주변장치를 로봇 매니플레이터에 직접 연결하는 방식보다는 마이크로 콘트롤러를 이용해서 분산처리하는 방식을 이용하는데, 이것은 분산처리 시스템의 효율적인 모듈화와 적응성, 높은 신뢰도, 마이크로 프로세서 처리능력의 증대 때문이다. 프리 프로세싱은 로봇 매니플레이터를 복잡하고, 제한되지 않은 환경에 적용할때 필요하다.

주변장치인 콘베이어 벨트 시스템과 광센서 시스템, 초음파 센서 시스템은 개인용 컴퓨터에 의해 직접 제어 되기도 하며, 또한 마이크로 콘트롤러를 통하여 제어되기도 한다. 엔코더의 출력을 읽어 콘베이어 벨트의 위치와 속도를 측정한다. 콘베이어 벨트 시스템과 광센서 시스템, 초음파 센서 시스템은 입출력에 연결되어 제어된다.

#### 5. 작업용 로봇 언어 시스템

로봇 언어 시스템은 로봇, 콘베이어 벨트, 부품 자동공급기, 각종 센서류를 제어하고 모니터하는 통합환경을 구현한것인데 통합환경은 한글 풀/다운 메뉴 방식으로 구현하였고, 마우스를 지원 하므로 모든 작업을 메뉴와 대화상자를 이용하여 대화식으로 할 수 있고, 마우스만을 사용하여, 대부분의 작업을 수행할 수 있으므로 신속하고, 용이하게 작업을 진행시킬 수 있다.

시스템의 종합화를 위한 프로그램을 실행하기 위한 환경인 로봇 언어는 다음과 같이 구성된다. 로봇 위치와 주변장치의 상태 정보를 표시하는 모니터 모드 (Monitor Mode), 로봇 제어 프로그램을 작성, 수정, 편집하는 에디터 모드 (Editor Mode), 작성된 프로그램을 실행 코드로 변환하는 컴파일 모드 (Compile Mode), 컴파일된 실행 코드를 실행하는 실행 모드 (Execution Mode), 작성된 프로그램을 한 라인씩 실행 시키면서 28ms 마다의 PUMA 로봇 매니플레이터의 위치를 확인할 수 있는 시뮬레이션 모드 (Simulation Mode), 교시 도구 프로그램을 이용하여 프로그램에서 이용되는 공간좌표를 지정하는 교시 모드 (Teach Mode)로 구성된다. 그림 2는 작성한 로봇 언어의 블록선도 이다.

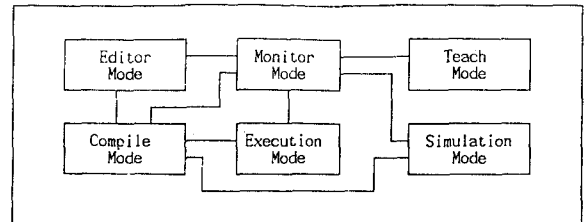


그림 2. 로봇 언어의 블록선도

Fig 2. Robot Language Block Diagram

##### (1) 모니터 모드

모니터 모드는 로봇의 위치와 주변장치의 상태 정보를 표시하고 로봇 매니플레이터에 이상이 발생 하면 ARM Power를 끄고 사용자에게 이를 알린다. 시스템 메뉴에서 로봇 제어 프로그램이 위치한 경로를 변경할 수 있고, 또한 프로그램 실행을 일시중단하고 다른 작업을 실행할 수 있다. 기타메뉴에서 무게와 길이에 의한 물체 분류의 기준치를 설정할 수 있고, 통과 갯수를 확인할 수 있다. 또한 콘베이어 벨트의 목표 속도, 목표출력을 설정할 수 있고, 제어 방법을 선택할 수 있고 콘베이어 벨트의 강제 정지가 가능하다. 또한 통신정보 메뉴를 이용해 통신포트, 통신비트수, 통신속도, 패리티등의 변경이 가능하다. 전체정보는 위의 각사항을 한화면에 표시하고, 옵션 메뉴는 로봇 매니플레이터와 마이크로 콘트롤러의 확인/생략을 지정하여, 컴퓨터상에서 가상실행을 가능하게 한다. 그림 3은 시스템 메뉴이고, 그림 4는 기타메뉴에서 전체정보 부메뉴가 선택된 그림이다.

##### (2) 에디터/컴파일 모드

에디터 모드는 사용자의 작업용 로봇 프로그램을 작성, 수정, 편집한다. 사용 가능한 명령어는 "CHECK", "CMOVE", "CONV", "COUNT", "CSPEED", "DELAY", "ENCODER", "FEED", "FORCE", "FTYPE",

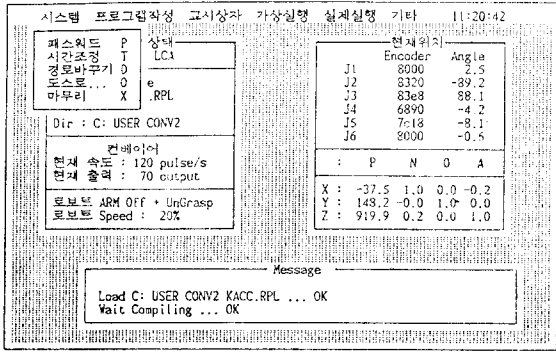


그림 3. 시스템 메뉴  
Fig 3. System Menu

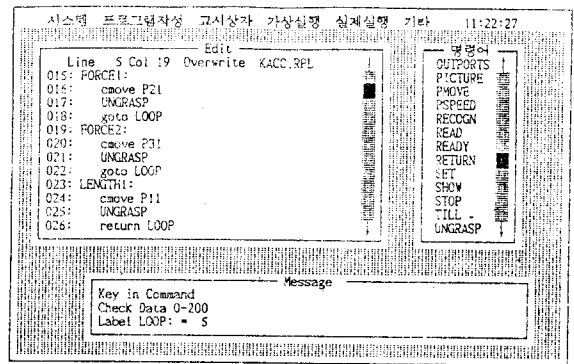


그림 5. 명령어 화면  
Fig 5. Command Window

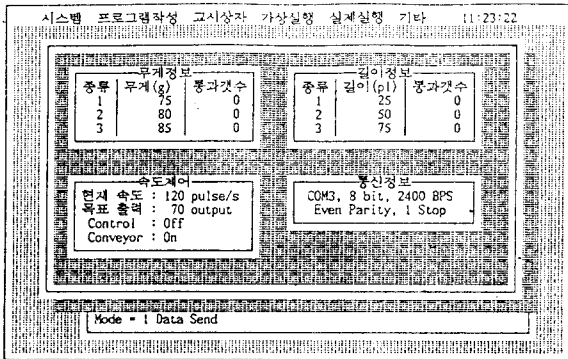


그림 4. 전체정보 부메뉴  
Fig 4. Total Information Menu

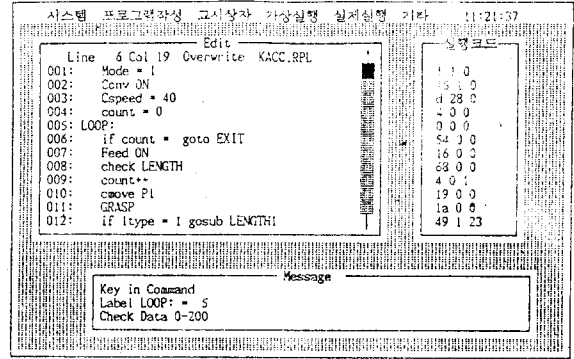


그림 6. 컴파일 코드와 도움말  
Fig 6. Compiled Code & Help Message

"GETFEAT", "GOSUB", "GOTO", "GRASP", "IF", "INPORTS", "LENGTH", "LTYPE", "KEY", "MODE", "MOVE", "OUTPORTS", "PICTURE", "PMOVE", "PSPEED", "RECOGN", "READY", "RETURN", "SET", "SHOW", "STOP", "TILL", "UNGRASP", "WRITE", "WAIT", 등이 있다. 이러한 명령어는 일반 컴퓨터 프로그램 언어인 베이직과 유사한 구조로 설계 되어 사용자가 특별히 새로운 학습이 필요없이 용이하게 사용할 수 있다. 명령어 화면은 사용자가 명령어를 키로 입력하지 않고, 각종 명령어를 마우스를 사용 선택하면 에디터 화면으로 그 명령을 옮겨 입력 되게 한다. 그림 5는 에디터 모드에서 명령어 화면이 나타난 그림이다. 컴파일러는 작성된 프로그램을 실행 코드로 바꾸는데, 문자가 입력되면 그 행을 컴파일하여 실행 코드를 컴파일러 화면에 표시하고, 행에 에러가 존재하면 적절한 도움말을 메시지 화면에 표시하여 사용자가 완전한 프로그램을 작성하는데 도움을 준다. 그림 6은 컴파일된 코드와 도움말의 예이다.

### (3) 교시 모드

교시 모드는 매니플레이션 프로그램에서 이용되는 공간좌표를 지정하고, PUMA 로봇 매니플레이터의 위치

이동을 가능하게 한다. 즉 VAL 제어기의 교시상자를 개인용 컴퓨터 상에 소프트 웨어로서 구현한 것이다. PUMA 로봇 매니플레이터의 현재위치는 오른쪽에 표시 되고, 각 공간좌표를 저장할 때, 각 좌표에 대한 코멘트를 덧붙이는 기능이 있어 좌표에 대한 구분을 용이하게 하였다. 그림 7은 교시 모드의 예이다.

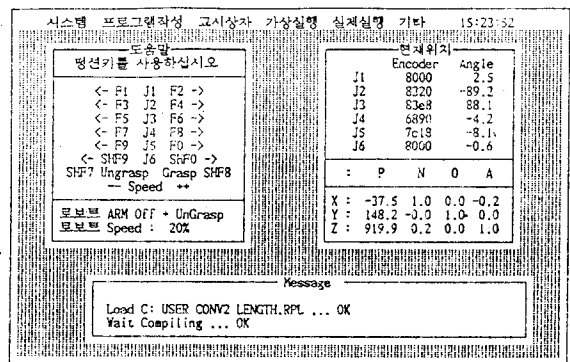


그림 7. 교시 모드  
Fig 7. Teach Box Menu

#### (4) 실행/시뮬레이션 모드

실행 모드는 컴파일된 실행코드를 실행하는데, 실행하는 과정은 화면에 표시된다. 시뮬레이션 모드는 컴파일된 프로그램을 실행 시키면서 28ms마다의 로봇 매니플레이터의 위치를 확인할 수 있게 한다. 실행모드는 스텝과 트레이스, 계속 실행 중간 멈춤의 기능있어 프로그램의 개발에 도움을 준다. 스텝은 행별로 실행하고, 트레이스는 관절 보간 운동과 직선 보간 운동의 경우에 28ms\*5마다 화면에 로봇의 위치를 표시한다. 계속 실행은 현재에서 프로그램이 완료될 때까지 실행하게 하고, 중간멈춤은 프로그램의 중간멈춤점을 설정하여 프로그램의 실행을 일시적으로 중단시킬 수 있다. 그림 8은 프로그램이 실행 되는 예이다.

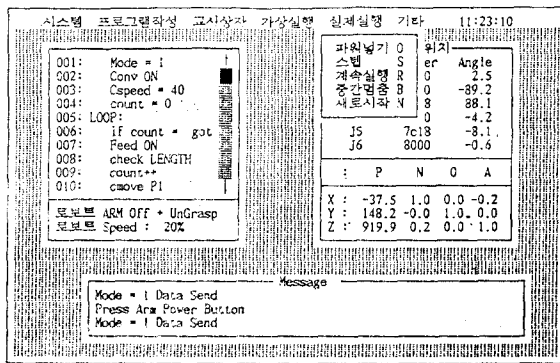


그림 8. 실행 모드  
Fig 8. Run Menu

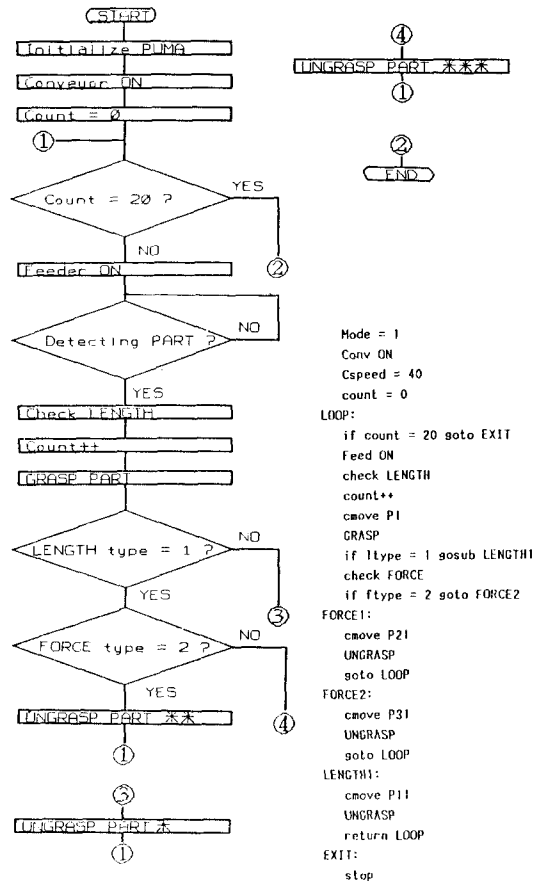


그림 9. 흐름도와 리스트

Fig 9. Flowchart and list of example

#### 6. 물류 처리 시스템의 적용예

생산라인으로부터 물류처리시스템으로 전달된 부품의 종류가 A, B, C 세 가지인 경우를 고려한다. 부품 A, B, C는 직사각기둥의 형상을 가지며 그 길이와 단면적, 무게는 각각 알려져 있다. 부품 A와 B는 길이가 서로 다르며 부품 B와 C는 길이는 같고 무게가 다르다고 가정한다. 부품들의 총수는 20개인 경우 이러한 세가지 부품 A, B, C를 구분하여 각각 정해진 위치로 이동시키는 작업의 프로그램 흐름도와 리스트가 그림 9이다.

파트 피더는 부품들을 일정한 방향으로 정렬하여 컨베이어에 공급하며, 컨베이어 앞단의 광센서는 부품의 진입을 감지하며 길이를 측정한다. 매니플레이터는 부품을 잡은후 무게를 측정하여 길이정보와 결합, 물체를 구분하여 각각 정해진 위치로 이동시킨다.

#### 7. 결론

본 연구에서는 로봇 매니플레이터와 컨베이어 벨트 및 각종 센서류 등을 동시에 제어하는 시스템을 구상하고, 이를 설계, 구현하여 종합화(Integrated)된 로봇 작업 시스템을 실현하였다. 분산제어는 시스템의 효율적인 모듈화, 적응성의 향상, 높은 신뢰도를 이룩하는 제어방법인데, 본 기술 개발에서는 다양한 주변 장치를 마이크로 콘트롤러를 이용하여 제어하고, 힘센서는 32비트 컴퓨터를 이용하여 제어하며, 로봇은 개인용 컴퓨터를 이용하여 제어하는 분산제어를 실현하였는데, 이러한 분산제어 기술은 새로운 시스템의 설계에 활용될 것이다.

로봇 언어 시스템은 로봇, 컨베이어 벨트, 부품 자동공급기, 각종 센서류를 제어하고 모니터링하는 통합환경을 구현하였다. 통합환경은 한글 풀/다운 메뉴 방식을 지원하고, 마우스를 지원하므로 모든 작업을 메뉴와 대화상자를 이용하여 대화식으로 할 수 있고, 마우스만을 사용하여, 대부분의 작업을 수행할 수 있으므로 신속하고, 용이하게 작업을 진행시킬 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] Vincent Hayward, R.P. Paul, "Robot Manipulator Control under Unix RCCL : A Robot Control "C" Library", The International Journal of Robotics Research, pp.94-110, 1986.
- [2] C.S. George Lee, "Robot Arm Kinematics, Dynamics, and Control", IEEE Computer, VOL 15, No 12, 1982.
- [3] B. Shimano, "VAL : A Versatile Robot Programming and Control System", Proceeding of COMPAC 79, 1979.
- [4] Unimation Inc., User's Guide to VAL : A Robot Programming and Control System, Unimation Inc., Danbury, CT, Ver.12, June 1980.
- [5] 전 재승, "센서 인터페이스링 - 메카트로닉스 센서 활용편", 기전 연구사, Sep., 1986.
- [6] Vincent Hayward, Introduction to RCCL : A Robot Control "C" Library, Technical Reports TR-EE 83-43, Purdue Univ., Oct 1983.
- [7] Paavo Karkkainen, "A Sensor Information Preprocessing System for Manipulators Based on Distributed Microcomputers" Advanced Software in Robotics, pp. 279-287 Elsevier Science Publisher B.V (North-Holland), 1984
- [8] Barbera, A. J. etc. al., "Hierarchical control of robots using microcomputers". Proc. of 9th Int. Symp. on Industrial Robots, pp. 405-422, Washington, D.C. (March 1979).
- [9] Christian Blume, "Design of the Structured Robot Language" Advanced Software in Robotics, pp. 127-143 Elsevier Science Publisher B.V (North-Holland), 1984
- [10] S.W. Holland, I. Rossol and M.R. Ward, "Consight-1 : A Vision-Controlled Robot System for Transferring Parts from Belt Conveyor". Computer Vision and Sensor Based Robots, G.G. Dodd and L. Rossol, Eds. Plenum Press, New York, 1979
- [11] 이 원식, "콘베이어 벨트를 포함하는 로봇트 작업 시스템의 구성에 관한 연구", 서울 대학교 제어계측공학과 석사 학위 논문, 1989.