

지능형 PLC를 이용한 자동입고장치의 구현

김용욱*, 박민규, 지봉철, 박왈서
원광대학교 전기공학과

The Development of Automatic Warehousing System Using Intelligent PLC

Yong-wook Kim*, Min-kyu Park, Bong-chul Ji, Wal-seo Park
Wonkwang University

Abstract - In this paper, Intelligent PLC for automatic warehousing system is presented. Intelligent PLC is that general PLC is incorporate the knowledge and experience of Expert and control method.

This system is consist of sensor part, inference part and automatic warehousing robot part. this system recognize the Work by itself and move it to the appointed place according to the inference rule.

The PLC program is constructed by LD(ladder diagram). Real test system was constructed and was driven to apply this program.

1. 서 론

기계 및 기기 지능화 분야에서 지능형 공작기계 및 자동창고와 같은 지능형 시스템은 차세대 제어시스템으로 주목받고 있다. [1] 공장자동화는 제품 생산 구성요소인 가공, 조립, 반송, 보관 기기 및 유지보수 시스템 그리고 제품 생산계획 및 판매관리 등을 일체화시켜 컴퓨터로 제어되는 자동화 시스템을 말한다. [2]

자동화 시스템을 실현할 수 있는 대표적인 기기로 PLC를 들 수 있다. [3] 1969년 미국 GM사의 요구에 따라 출현한 PLC는 마이크로프로세서의 발달로 초기의 기본적인 기능에서 벗어나 아날로그제어, PID제어, 로 봇제어를 비롯한 컴퓨터와의 통신을 통해 산업용 제어의 전 분야에 걸쳐 중요한 역할을 한다. PLC에 사용되는 프로그램 언어로는 LD(Ladder Diagram), IL(Instruction List), FBD(Function Block Diagram), SFC(Sequential Function Chart)가 있으며, 이중 LD언어를 가장 많이 사용하고 있다.

최근 자동화 시스템의 눈부신 발전은 기존의 기계공학 또는 기구에 전자기술이 결합되어 구성된 메카트로닉스 기술분야의 발전을 더욱 요구하고 있다. [3] 이러한 요구에 따라 PLC는 점차 고성능화, 소형화, 고속화되는 추세이다. 또한 신뢰도의 향상을 높이기 위한 모듈화된 이중화 시스템을 적용하고 있다. 그러나 확장된 PLC의 출현에도 불구하고 자동화 시스템을 보다 효율적이고, 능동적인 지능형 자동화 시스템을 구현하기에는 아직 그 한계가 있다 이러한 문제점으로 첫째, PLC에 장착되는 PLC의 모듈이 제어알고리즘 형태를 구현하기에는 일반화 되어있지 않고, 둘째, 제공되는 PLC 제어언어가 알고리즘 형태를 구현하는데 표현의 어려움이 있기 때문이다. 본 논문에서는 다양한 지능형 알고리즘 가운데 전문가 제어기법을 도입하여 자동창고 입고 장치를 구현하였다. 이는 센서로부터 대상체를 인식하고 이를 전문가 제어규칙에 의한 지식베이스를 바탕으로 비교 판단하여 대상체를 지정된 장소에 입고할 수 있도록 구성되어 있다.

2. 지능형 자동 창고

자동 입고 장치를 구현하기 위하여 사용된 장비는 다음과 같다.

- PLC
MASTER-K 500H ED-4240C TRAINER
- 대상체(Work) 선별장치
ED-4020 CONVEYOR SYSTEM TRAINER
- 자동창고 ROBOT
자동창고 ROBOT TRAINER ED-4008

지능형 자동 입고 장치는 랜덤하게 입고되는 대상체가 설치된 SENSOR에 감응되고, 주어진 규칙과 감응된 사실로부터 비교되어 논리적으로 타당한 새로운 사실을 추론하도록 LD 제어 언어로 구성한다. 이렇게 추론된 결과는 자동 창고 ROBOT이 작업을 결정하여 입고된 대상체를 옮겨놓을 위치를 결정하게 되는 입력 신호로 받아들여지게 한다. 자동창고 ROBOT은 받아들인 입력 신호에 따라 이미 지정된 작업 루틴을 따라 자동 입고를 하게된다. 이와 같은 자동 입고 장치를 구현하기 위하여 다음과 같은 방법으로 구성한다.

첫 번째, 대상체 입고를 자동 선별하기 위하여 대상체의 모델을 설정하고, 규칙의 기초를 구성한다.

두 번째, 기초한 규칙과 감응된 사실로부터 비교되어 추론을 도출할 수 있도록 센서의 종류, 설치 위치를 결정하여 설치한다.

세 번째, 작업에 사용될 기준 대상체가 센서를 지나면서 감응되는 상태표를 작성한다.

네 번째, 대상체 인식을 위한 지식베이스를 LD 제어언어로 구성한다.

다섯 번째, 기초한 규칙과 감응된 사실로부터 추론할 수 있도록 한다.

여섯 번째, 추론된 결과를 토대로 자동 창고 Robot Trainer가 위치를 결정하여 작업을 수행하도록 출력 신호를 발생하는 LD 제어 프로그램을 구성한다. 그리고 지식베이스에 등록되지 않은 대상체는 제거한다.

일곱 번째, 발생된 신호에 따라 작업 루틴을 결정하여 자동 창고 Robot Trainer 시스템의 A창고, B창고, C창고의 1층, 2층, 3층의 위치를 찾아 자동 입고되도록 LD 제어 프로그램을 구성한다.

여덟 번째, 작성된 LD 제어 프로그램을 실제 시스템에 적용시켜 운전할 수 있도록 시스템을 구성한다.

아홉 번째, 구성된 시스템을 운전하기 위하여 컴퓨터의 COM 1 Port와 MASTER-K 500H PLC의 CPU 모듈과 케이블로 연결하여 링크 시킨다.

열 번째, 시스템의 동작상태를 확인하기 위하여 Step 별 동작을 통해 잘못된 프로그램을 내용을 찾아내어 수정한다.

열 한 번째, Random하게 대상체를 입고 시켜 입고장

치가 선별기능을 잘 수행하는지를 확인한다. 그리고 선별된 대상체를 설정된 입고 위치를 찾아 자동 입고시키는지를 확인한다.

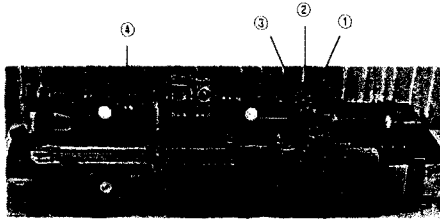
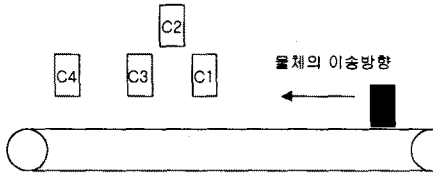


그림 1. 대상체의 인식을 위한 검출부

3. LD 제어 프로그램 구현

입고되는 대상체가 주어진 규칙과 비교하여 조건이 맞는지 감응된 사실로부터 추론을 도출할 수 있도록 대상체를 자동 입고시킨다. 설치된 센서 C1, C2, C3, C4를 지나치면서 감응되는 상태표는 표 1로 작성한다.

표 1. 감응 상태표

센서				대상체(Work)별 감응 상태					
C4	C3	C2	C1	W1	W2	W3	W4	W5	W6
0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
0	0	0	1	*	*	*	*	*	*
0	0	1	0						
0	0	1	1		*		*		*
0	1	0	0	*	*	*	*	*	*
0	1	0	1			*		*	
0	1	1	0		*		*		*
0	1	1	1				*		*
1	0	0	0	*	*			*	*
1	0	0	1						
1	0	1	0						
1	0	1	1						
1	1	0	0						
1	1	0	1						
1	1	1	0						
1	1	1	1						

표 1에서 대상체의 규격은 다음과 같다.

- W1 : 지름 45mm, 높이 35mm, 금속체(알루미늄)
- W2 : 지름 45mm, 높이 45mm, 금속체(알루미늄)
- W3 : 지름 55mm, 높이 35mm, 비금속체(플라스틱)
- W4 : 지름 45mm, 높이 45mm, 비금속체(플라스틱)
- W5 : 지름 55mm, 높이 35mm, 금속체(알루미늄)
- W6 : 지름 55mm, 높이 45mm, 금속체(알루미늄)

표 1의 감응 상태표를 기초로 하여 지식베이스를 설정하며, 이에 따른 추론과정을 프로그램한다.

3.1 대상체 인식 지식베이스 구성

- (1) 센서감응에 따른 지능형 PLC의 입력신호 구분
- C1 → P0011 C2 → P0012
 - C3 → P0013 C4 → P0014
 - C5 → P0015 C6 → P0016
- 여기서, C1~C3 및 C5~C6은 Photo type, C4는 proximate type이다.

- (2) 대상체 자동 인식 판별조건 구성

IF 조건부 (antecedent) THEN 결론부 (consequent)

가. 대상체의 size를 구별하기 위한 판별 조건

- ① 대상체 판별조건 1
- ```
IF C1 C2 C3 M0152 M0162
 or M0153 M0154 M0162
 or M0153 M0154 M0163 M0164
Then M0131
IF C1 C2 C3 M0152 M0162
 or M0153 M0154 M0162
 or M0153 M0154 M0163 M0164
Then M0132
```

- ② 대상체 판별조건 2
- ```
IF C1 C2 C3 M0155 M0162
  or M0155 M0163 M0164
Then M0133
IF C1 C2 C3 M0155 M0162
  or M0155 M0163 M0164
Then M0134
```

- ③ 대상체 판별조건 3
- ```
IF C1 C2 C3 M0152 M0165
 or M0153 M0154 M0165
Then M0135
```

- ④ 대상체 판별조건 4
- ```
IF C1 C2 C3 M0155 M0165
Then M0136
```

나. 대상체의 성질을 구별하기 위한 판별 조건

- ① 금속 재질의 대상체를 감응하기 위한 판별 조건 1
- ```
IF C4 C5 then M0127
```
- ② 비금속 재질의 대상체를 감응하기 위한 판별 조건 2
- ```
IF C4 C5 then M0128
```

3.2 지능형 PLC의 자동 입고 추론(inference)

(1) 대상체의 추론

대상체 판별 조건에 따라 감응된 사실로부터 대상체를 비교하여 판별할 수 있도록 다음과 같이 각 대상체에 대한 추론(inference) 규칙을 정한다.

- ① W1 대상체의 추론
- ```
IF (M0131 and M0127) 또는
 IF (M0132 and M0127) 이면,
THEN M0141 에 출력을 하도록 추론한다.
```
- ② W2 대상체의 추론
- ```
IF ( M0133 and M0127 ) 또는
  IF ( M0134 and M0127 ) 이면,
THEN M0142 에 출력을 하도록 추론한다.
```
- ③ W3 대상체의 추론
- ```
IF (M0135 and M0128) 이면,
```

THEN M0143에 출력을 하도록 추론한다.

④ W4 대상체의 추론

IF ( M0133 and M0128 ) 또는  
IF ( M0134 and M0128 ) 이면,  
THEN M0144에 출력하도록 추론한다.

⑤ W5 대상체의 추론

IF ( M0135 and M0127 ) 이면,  
THEN M0145에 출력하도록 추론한다.

⑥ W6 대상체의 추론

IF ( M0136 and M0127 )이면,  
THEN M0146에 출력하도록 추론한다.  
단, 여기서 M은 PLC 디바이스 구성의 내부 보조 릴레이를 의미한다.

(2) 지식베이스에 등록되지 않은 대상체 제거

Random하게 입고되는 대상체를 선별하기 위해 지식베이스에 등록된 대상체외의 대상체를 제거하기 위하여 다음과 같이 결정한다.

- ① 대상체가 입고되면 지식베이스에 등록되어 있는 대상체의 선별조건 정보와 비교하도록 한다.
- ② 비교 결과 맞지 않은 대상체로 분류되면, 즉 false 가 되면 제거할 수 있도록 한다.

단, 여기서는 입고되는 대상체를 지식베이스에 등록되어 있는 대상체 이외의 것은 자동 구분을 잘 수행하는지 확인하기 위하여 한정된 표본으로 제한한다. 그리고 지정되지 않은 대상체중에서 지정된 대상체에 근접한 대상체를 추론하기 위한 부분은 다루지 않았다.

3.3 LD 프로그램 표현

앞 절에서 다룬 지식베이스 및 추론과정에 대한 LD프로그램을 그림 2 에서 그림 4까지 나타내었다.

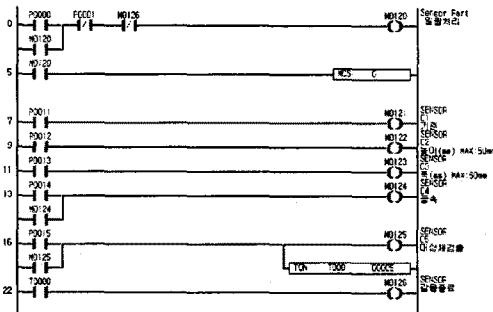


그림 2. 센서 감응부 LD 프로그램

3. 결 론

생산 및 반송 등 다양한 분야의 자동화에서 가장 널리 사용되는 PLC는 단순한 시퀀스에 의한 제어로 인해 예상치 못한 입력이나 대상체에 대해 적절한 대처를 하기 어렵다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하여 보다 폭넓은 적용을 가능토록 하기 위해 지능형 PLC를 이용한 자동 입고장치를 제안하였다. 먼저 입고대상의 예상되는 모양과 크기를 바탕으로 지식베이스(상태도)를 구축하고 이에 대한 추론과정을 거쳐 대상체의 변화에도 쉽게 인식하고 이에 알맞은 출력을 나타내도록 LD 프로그램 언어로 나타내었다. 구현된 프로그램은 실제 모의 실험설비에 의해 구동하여 시험해본 결과 올바르게 작동함을 관찰할 수 있었다.

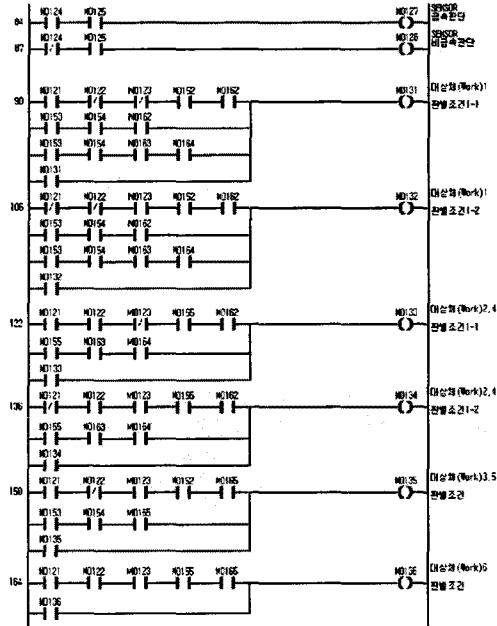


그림 3. 자동 인식 지식베이스 LD 프로그램

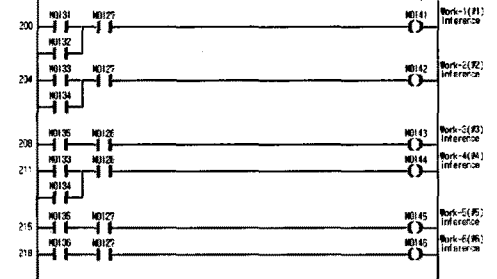


그림 4. 지능형 PLC 추론 LD 프로그램

(참 고 문 헌)

- [1] 황경현, 송준엽, "Mechatronics 기술동향 및 발전대책", 전기학회지, 자동화 기술 동향과 전망(1), pp. 4-9, May, 1999.
- [2] 박철서, "지능형 공장자동화 입문", 청문각, pp. 1-3, 1996
- [3] I.G.Warnock, "Programmable Controllers, Operation and Application" Prentice-Hall Inc., 1988
- [4] 이기범, 이진수, "PLC의 고장 발생주기에 대한 failure rate 산출과 redundancy 시스템의 MTTF/reliability 평가" 98 자동차어 학술회의 논문집, pp 384-397, Sep, 1998
- [5] 이광현, 오길복, "퍼지이론 및 응용 II편", 홍릉과학사, pp 2-4, 1992.
- [6] Serhat Yilmaz, Bekir, Adem Gedik, Hasan Dincer, "Speed Control of a Conveyor System by Means of Fuzzy Control Aided PLC" IEEE ISIE vol.3, pp 1328-1332 July, 1999
- [7] Bose B.K, SAUSA G.C.D, "A Fuzzy Set Theory Based Control of A Phase Controlled Converter DC Machine drive", IEEE Tranction On Industry Application, vol.30, pp 34-44, January, 1994.
- [8] Li Y.T, LAU C.C, "Development of Fuzzy Algorithms for Servo Systems", IEEE Control System Magazine, pp 65-70, April, 1989