

PLC 를 사용한 自動化

—PLC 를 利用한 生産라인의 自動化 實例—

金 章 鎬

韓國FESTO(株) 社長

1. 머리 말

1968년 GM(General Motors)사에서 릴레이를 대체하기 위한 PLC(programmable logic controller)가 개발된 이후로 PLC는 무한한 시장을 형성하며 비약적인 발전을 거듭해 오고 있다. 초기에는 전형적인 릴레이 시스템을 대체시키면서, 기존의 릴레이 시스템에서 실현할 수 없었던 고효율의 정확한 제어로 기계 및 공정제어에 사용되었던 바 '70년대의 산업혁명으로 까지 불리어졌다. '70년대 후반에 들어서면서 마이크로 프로세서 기술에 기초한 소형의 PLC가 개발됨과 동시에 주변기기와의 상호교신이 가능해지면서 자동화의 총아로 등장하여 현재에는 여러개의 PLC를 제어하기 위한 콘트롤 네트워크도 개발되어 있다. 이러한 PLC는 전자에 관한 전문 지식 없이도 사용이 가능하고 프로그램에 의해서 간단히 제어를 변경할 수 있는 특징과 연산, 계수기능, 타 컴퓨터 및 PLC와의 데이터 송수신 기능등으로 예상할 수 없는 시장을 형성해 가고 있다. 본 글에서는 이러한 PLC를 사용하여 개인용 컴퓨터의 생산라인을 혁신적인 방법으로 자동화 시킨 실험을 소개하고 기존의 생산라인과의 차이를 비교함으로써 PLC를 사용한 상대적인 우월성을 검증코저 한다.

2. 생산 라인의 정의

생산라인의 구조는 그림 1과 같다.

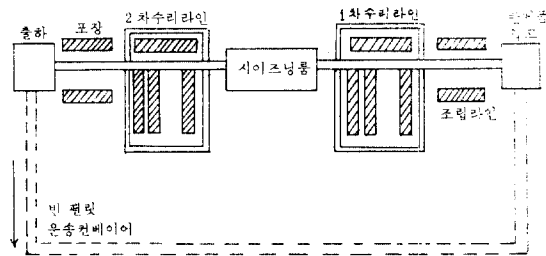


그림 1 생산라인의 구조도

빈 펠릿이 운송 컨베이어를 타고 흘러오면 공압 실린더를 이용하여 조립 라인으로 올려 보내진다. 작업자는 빈 펠릿 위에서 제품을 조립하게 되고, 조립된 제품은 1차 검사 라인으로 이송되어 검사를 받게 되는 데, 여러개의 검사 작업대에는 적절한 감지장치가 정착되어, 한 작업대에서 작업을 하고 있는 경우에는 다음 검사 작업대로 제품이 자동으로 이송된다. 1차 검사결과 불합격된 제품은 1차 수리 라인으로 보내져서 적절한 조치가 취해진 후 다시 1차 검사를 받게 된다. 이와 같이 조립 및 1차 검사를 거친 제품들은 시이즈닝 룸(seasoning room)으로 보내져서 가혹한 조건에서 일정시간 견디도록 하여 확실한 성능을 보장할 수 있도록 하고 2차 검사 라인으로 보내어진다.

2차 검사 라인에서도 1차 검사라인과 같은 작업이 반복되며, 2차 검사를 마친 제품은 포장되어 출하되고 빈 펠릿은 다시 운송 컨베이어를 타고 조립라인으로 되돌려진다.

이를 흐름도로 나타내면 그림 2와 같다.

이와 같은 새로운 생산라인은 기존의 생산라인

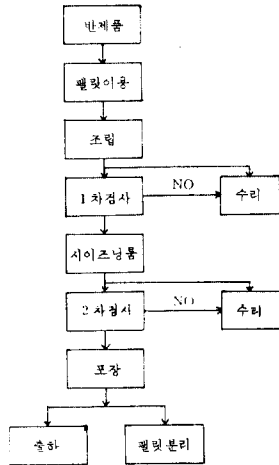


그림 2 흐름도

인에서 있었던 생산과 검사의 분리 작업을 통합시키고, 제품 검사를 위한 반송라인과 제품의 안정도를 높이기 위한 일종의 자동 창고 개념으로 구성된 시이즈닝 룸을 혼합하여 생산라인의 고 효율을 수반함과 동시에 PC(personal computer)를 사용한 공정제어를 통하여 기존 라인서 있었던 많은 문제점들을 해소시켰다.

- 즉 (1) 일일 입고량, 출고량, 재고, 경과 시간등에 관한 자료관리기능.
 (2) 작업 인원의 적정 분배 및 적소 배치.
 (3) 안전사고 위험 격감.
 (4) 깨끗한 작업환경 조성.

3. 생산 시스템 분석

생산 시스템의 하드 웨어 구성은 그림 3 과 같다.

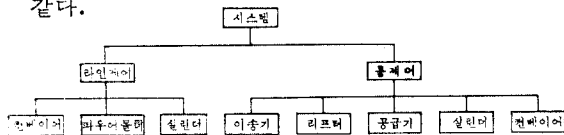


그림 3 시스템 하드웨어 구성

새로운 생산 라인의 설계는 생산능력 극대화에 1차적인 목표를 두었다. 조립 및 검사라인은 1일 8시간 가동 하는데 반하여 시이즈닝룸은 1일 24시간 가동시켜야 하므로 공정간의

균형을 유지하도록 작업라인과 시이즈닝 룸을 연결하였고, 시이즈닝룸을 제어하는 소프트웨어에 보다 높은 기능을 부여하였다. 이 시스템은 공장안의 작업 라인과 같이 구성되므로 다음과 같은 사항을 고려하였다.

- (1) 공장 내부는 청결해야 하며 시이즈닝룸과 작업장은 완전히 차단 되어야 한다.
- (2) 제품의 보관은 수시간에서 1일, 최대 4일 정도이다.
- (3) 시이즈닝 룸은 공장 내부에 설치 되고 생산량에도 영향을 미치므로 그 크기(높이 폭)에 신중을 기해야 한다.
- (4) 불필요한 작동을 제거하여 사이클 시간을 단축해야 한다.
- (5) 시이즈닝 룸 안에 있는 제품에 전원을 공급해 주어야 한다.
- (6) 제품을 입출고 할수 있도록 정지 정밀도가 보장되어야 한다.
- (7) 제품에 충격을 줄이기 위하여 주행속도를 적절히 가감할 수 있어야 한다.
- (8) 입·출고시 최장거리의 박스(box)까지 이송기(traveller)나 리프터의 이동이 40초 이내이어야 한다. (이는 라인에서 40초 간격으로 제품이 생산되기 때문이다.)

이상과 같은 사항 이외에도 안전을 고려하여 비상정지 장치 및 비상벨 장치등에 대한 대책도 세워져야 한다.

또한 시이즈닝룸은 다음과 같은 기능이 요구된다.

- (1) 일일 입·출고 및 현재 룸의 제품량 표시 및 작업중인 입·출고박스의 표시기능이 있어야 한다.
- (2) 열과 단을 지정하여 특수 박스에 대한 지정이 가능해야 한다.
- (3) 버튼으로 현재 입·출고 되고 있는 박스를 정지시키고 다른 박스를 지정할 수 있는 기능이 있어야 한다.
- (4) 작업상 제품이나 팠릿을 긴급히 이송시킬 수 있는 기능이 요구된다.
- (5) 입·출고 작업을 1사이클 수행 후 일시

정지시킬 수 있는 기능이 있어야 한다.

- (6) 비상사태후 또는 정전후에도 원상태 유지 기능이 있어야 한다.
- (7) 룸내에서 제품의 보관시간을 외부에서 조정하며 각 상태의 표시기간 역시 외부에서 조정할 수 있어야 한다.
- (8) 박스의 제품이 차지 않아도 시이즈닝 시작 시간을 지정할 수 있어야 한다.
- (9) 수동 상태로 리프터, 이송기, 공급기, 운송 컨베이어 및 실린더를 구동할 수 있어야 한다.

4. 시스템 공정 제어

위와 같은 다양한 요구 조건을 만족시키기 위해서는 고기능의 PLC를 사용하여 제어를 해주어야 한다. 일반적으로 PLC를 제어하기 위한 언어로는 래더 다이어그램(ladder diagram), 기능차아트(function chart)스테이트먼트 리스트(statement list) 및 베이식 등이 있다. 이중 래더 다이어그램 기능차아트 언어는 일종의 그래픽 언어인데 특히 래더 다이어그램은 PLC의 개발과 더불어 사용 되어온 언어로서 국내에서는 가장 많이 사용되고 있고 널리 알려져 있다. 그러나 래더 다이어그램은 전기회로도들 그릴 줄 알아야 사용이 가능한 언어이다. 이제 많은 기계 기술자들이 공정제어에 참여하고 있는 시점에서 꼭 전기회로도들 작성할 줄 알고 이해할 수 있어야만 사용이 가능한 래더 다이어그램은 어느 정도 보편성을 잃은 언어라 아니할 수 없다. 또한 래더 다이어그램의 치명적인 약점은 프로그램을 수행하는 데 있어서 루우프(loop)기능이 없다는 것이다. 이 언어는 처음부터 끝까지 차례대로 계속해서 프로그램을 수행하므로 [이러한 기능을 스캐닝(scanning)이라고 한다] 프로그램이 짧은 경우에는 별로 문제가 되지 않지만 프로그램이 긴 경우는 상당히 심각한 문제가 야기될 수 있다.

즉 어떠한 입력을 받아 들여 출력을 내 보낼 때까지 계속 스캐닝(scanning)을 하며 프로그램

을 수행하는 데 운이 나빠 입력이 들어오는 시점이 프로그램이 수행된 바로 직전이면 거의 한 프로그램이 수행되는 시간 만큼을 기다린 후 출력이 나가게 되므로 상당한 오차가 발생할 수 있다. 이러한 예는 래더 다이어그램 언어를 사용하고 있는 PLC에서 종종 발생되고 있다. 또한 래더 다이어그램 언어를 사용하면 PLC의 CCU(central control unit)와 정보를 교환할 수 없는 단점이 있다.

따라서 이를 해결키 위한 방법으로 베이식과 스테이트먼트 리스트 언어가 가능한 PLC가 선정되었다.

이 PLC의 구성은 아래의 그림 4와 같이 이루어진다.

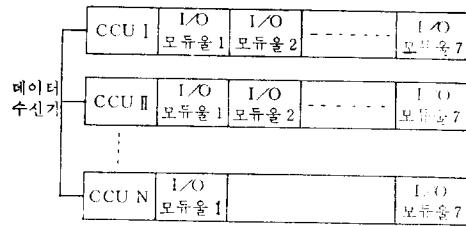


그림 4 F사의 PLC 구성도

한개의 CCU에 240점(point)의 입·출력이 포함될 수 있으며 CCU 간에 통신이 가능하므로 실제적으로 입출력점의 증가는 무한하다. 생산라인의 공정제어로서 베이식과 스테이트먼트 리스트 Z-80 어셈블리 언어가 사용되었는 바 이는 다음과 같은 이유에서이다.

베이식 언어는 일반 컴퓨터에서, 특히 PC에서 많이 사용되는 언어이므로 컴퓨터와 접해 본 사람은 쉽게 다룰 수 있는 친숙한 언어이며 전기회로도들 몰라도 하등의 불편함이 없다.

PLC에의 베이식언어의 도입은 앞으로 PLC 사용에 획기적인 전환을 이룰 것으로 보이며 궁극적으로 PLC에서의 표준언어로서의 위치를 점할 것으로 기대된다.

베이식언어의 또 하나의 장점은 사용자 메모리 창출, CCU와의 대화가 가능하다는 점이다. 다만 CCU 간에 데이터를 송수신할 때 속도가 약간 느린 점이 있는 데 이는 Z-80 어셈블리 언어

를 사용하여 처리 하였다.

PC와 PLC를 연결하여 PLC의 작업 수행 내용과 데이터를 PC의 모니터를 통하여 한 눈에 파악할 수 있고 새로운 작업도 베이식 언어를 통하여 수시로 명령할 수 있다.

스테이트먼트 리스트(statement list) 언어는 말 그대로 언어를 기술하는 형식의 언어로서 사용자가 아주 쉽게 익힐 수 있고 베이식 언어보다 프로그램 처리 속도가 빠르다는 장점이 있다. 그래서 생산 공정 제어에서는 주로 액츄에이터와 이동 제어쪽의 제어 언어로서 사용하였다.

즉 베이식과 Z-80 어셈블리 언어 스테이트먼트 리스트언어가 유기적으로 결합되어 시스템 공정제어를 효과적으로 제어하고 있다.

물론 Z-80 어셈블리 언어를 사용하여 모든 프로그램을 처리하면 프로그램 처리 속도에서는 아주 우수할지는 모르나 Z-80 어셈블리 언어로서 프로그램 하는 것이 실제로 쉬운 일이 아니기 때문에 CCU 간의 데이터 송수신에 국한시켰고, 일반 산업현장에서도 PLC 언어로써 Z-80 어셈블리언어는 99%까지는 사용할 수 있는 길이 거의 없을 것으로 판단된다.

5. 프로그램의 예

아래의 그림 5는 공정의 일부분을 소개한 것이다.

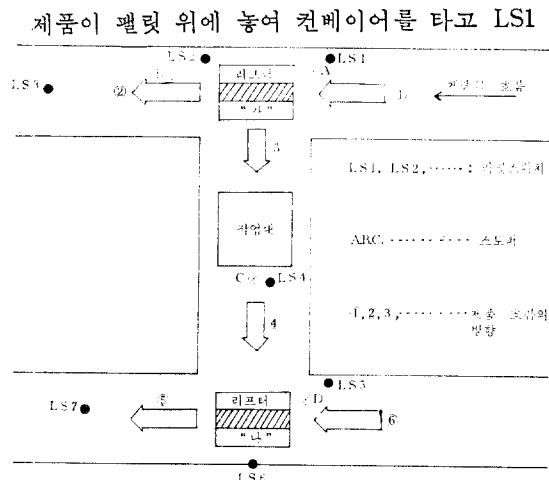


그림 5 검사공정의 설계

리프트 스위치를 켜면 리프터 “가” 위치에 제품의 유무를 판단하여 제품이 없고 리프터 “가”가 내려가 있으면 A스토퍼를 하강시켜 제품을 전진시킨다. 리프터 “가”에 있는 제품이 만약 작업대에 제품이 있으면 ②번 방향으로 흘러서 다음 작업대로 이송되고, 작업대에 제품이 없으면 작업대로 이송되어 검사과정을 거친다.

검사를 마친 제품은 작업자가 루트 스위치를 눌러 ④번 방향으로 보내고 리프터 “나”가 제품을 받기 위하여 상승하고 리프트 스위치 LS6을 작동시켜준다. 7번 위치(LS7)의 제품의 존재 유무를 판단하여 만약 제품이 없으면 리프터 “나”가 하강하여 제품을 ⑤번 방향으로 보내 주고 만약 제품이 있으면 그 상태에서 대기하고 있다가 7번 위치에 제품이 없음을 감지한 후 즉, LS7이 작동되어 있지 않으면 자동으로 리프터 “나”가 하강하여 ⑤번 방향으로 흘러 보내 준다. 검사가 끝난 제품이 ⑥번 방향으로 들어 올 때는 ⑦번 위치에 제품이 없고 리프터가 하강해 있으면 제품을 ⑤번 방향으로 흘러 보내 다음 공정으로 이송시켜 준다.

이러한 공정을 스테이트먼트 리스트 언어를 사용하여 프로그램 하여준 예가 그림 6에 나와 있다.

표 1 생산라인 설치 효과에 대한비교

구분	기존 라인	신설 라인
인원	• 시이즈닝룸 내부에 2~4명 필요	• 필요 없음.
입·출고	• 해당 박스를 수동지시 후 인력으로 해결하여 시간지연 • 선입·선출 불확실 • 일괄처리 • 데이터 관리 부적절	• 전자동이기로 신속. • 철저한 선입·선출이므로 불필요 시간낭비없음. • 손쉽게 데이터를 알수 있다.
생산	• 400대/일	• 720대/일
환경	• 소음이 많다. • 더러워 지기 쉽다.	• 불필요한 이동 없으므로 쾌적한 분위기

```

=====
INSTR.
=====
0000 PROGRAM M4 0.1.V 15
0001 THEN LOAD V 3
0002 TO TP 2
0003 WITH SEC
0004 LOAD V 6
0005 TO TP 6
0006 WITH SEC
0007 LOAD V 1
0008 TO TP 3
0009 WITH SEC
0010 LOAD V 0
0011 TO FW 14
0012 TO FW 0
0013 TO FW 1
0014 TO FW 2
0015 TO FW 3
0016 TO FW 4
0017 TO FW 11
-----
0018 IF I 2
0019 AND N I 4
0020 AND I 6
0021 OR I 5
0022 AND N I 7
0023 AND I 1.0
0024 THEN SET O 1.0
0025 SET O 1.1
0026 SET O 1.2
0027 SET T 2
0028 JMP TO S 0
-----
0029 IF NOP
0030 THEN JMP TO S 1
-----
0031 STEP 0
0032 IF N T 2
0033 THEN RESET O 1.3
0034 RESET O 1.0
0035 RESET O 1.1
0036 RESET O 1.2
0037 SET O 1.5
0038 RESET O 2.2
0039 SET O 2.3
-----
0040 STEP 1
0041 IF I 0

```

```

=====
INSTR.
=====
0042 AND I 3
0043 AND N I 1
0044 AND N F 3.0
0045 THEN SET F 0.0
-----
0046 IF I 1
0047 AND N I 4
0048 AND I 6
0049 AND N F 3.0
0050 AND N F 11.0
0051 THEN SET F 1.0
-----
0052 IF I 1
0053 AND N I 1.4
0054 AND I 4
0055 OR N I 6
0056 AND N F 11.0
0057 THEN SET F 2.0
-----
0058 IF NOP
0059 THEN JMP TO S 1
-----
0060 STEP 2
0061 IF I 5
0062 AND N I 7
0063 AND I 1.1
0064 AND I 4
0065 AND N F 9.10
0066 AND N F 1.0
0067 THEN SET F 3.0
-----
0068 IF I 1.3
0069 AND N I 1.2
0070 AND N I 7
0071 AND I 1.1
0072 AND N F 8.10
0073 THEN SET F 11.0
-----
0074 IF NOP
0075 THEN JMP TO S 4
-----
0076 STEP 3
0077 IF F 0.0
0078 AND N F 3.0
0079 THEN JMP TO S 5
-----

```

그림 6 프로그램

6. 결 과

생산 라인 설치 효과에 대한 비교는 표 1과 같다. PLC의 도입이 10여년 남짓된 지금, 자동화의 추세는 기능의 다양함과, 빠른 제어 속도, 높은 신뢰도가 요구되어 전기적인 제어에서 전자적인 제어로 전환되어 가고 있다. 특히 주 컴퓨터

터와 연결하여 생산 및 판매, 관리 부서등에 정보를 신속히 제공할 수 있어 여러모로 편리하다. 이와 같은 흐름은 전문적인 지식을 필요로 하지 않고 프로그램의 작성 및 수정이 용이하며 시스템고장수리시 PLC의 기능에 의해 간단히 해결되고 새로운 전자제품의 개발로 점점 더 가격이 싸지고 있다는 점을 감안할 때 FMS(flexible manufacturing system)를 실현하고자 하는 모든 기업에 그 응용이 예상된다.