

선택시퀀스 기능을 위한 단일시퀀스의 시간지연에 관한 연구

(Study on the Time Delay of Single Sequence for Select Sequence)

유 정 봉
Jeong Bong You

Abstract - When we design the control system used Programmable Logic Controller(PLC), we program the main algorithm by Ladder Diagram(LD) among the standard language. We can substitute the select sequence function by the unique sequence. We can implement this function by the delay time. Therefore this thesis show the select sequence function by the unique sequence and we confirmed its feasibility through actual example.

Keywords : PLC, SFC, Select sequence, Single sequence, Time delay

I. 서 론

현대산업사회가 활발히 움직이고 있는 요즈음 공정을 제어하고, 안정되고, 규격화되는 제품을 생산하기 위한 필수장비로 PLC(Programmable Logic Controller)가 널리 사용되고 있다.[1-2]

PLC 프로그램 언어는 IEC-1131-3의 국제 규격에서 표준언어를 제시하게 되었고, PLC를 사용한 공정제어 설계자들은 이 제시된 표준언어를 기준으로 사용하게 된다. PLC의 표준언어는 IL(Instruction List), ST(Structured Text)의 텍스트기반언어와 LD(Ladder Diagram), FBD(Function Block Diagram), SFC(Sequential Function Chart)의 그래픽 기반 언어가 있다.[3]

이중 SFC언어는 요즈음 PLC에 적용하기 위해 많은 노력을 하고 있는데, SFC언어에서는 단일 시퀀스, 선택 시퀀스, 병렬 시퀀스의 3가지 시퀀스를 가지고 사용되고 있다.

단일 시퀀스는 처음 스텝부터 마지막 스텝까지 세로로 하나의 루틴으로 동작된다. 선택시퀀스는 중간스텝에서 조건에 따라 다른 루틴으로 갈 수 있는 시퀀스이며, 병렬시퀀스는 여러개의 스텝이 동시에 동작될 수 있는 시퀀스이다.

그런데 세 시퀀스에서 단일 시퀀스로 선택 시퀀스의 기능을 만들 수가 있다. 단일 시퀀스로 만들기 위해서는 반드시 동시에 발생하는 스텝에서 시간지연을 주어야 하는데 본 논문에서는 이 시간 지연의 효율적인 값을 찾아낸다.

II. 본 론

2.1. SFC의 기본이론

순차제어 자동화에서 서로다른 동작을 그래픽적으로 기술한 기능 다이어그램으로서 그림 1과 같이 스텝과 천이조건 그리고 오리엔티드 아크(Oriented Arc)로써 구성된다.[4-5]

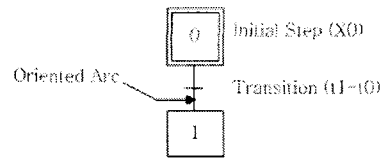
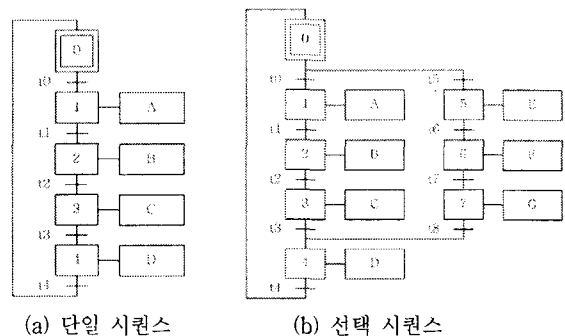


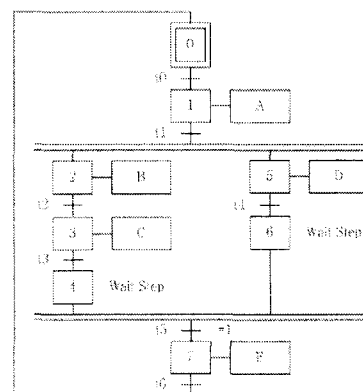
그림 1. SFC의 구조

Fig. 1. Structure of SFC



(a) 단일 시퀀스

(b) 선택 시퀀스



(c) 병렬 시퀀스

그림 2. SFC의 시퀀스

Fig. 2. Sequence of SFC

저자 소개

유정봉 : 공주대학교 전기전자제어공학부 교수

또한 SFC는 단일 시퀀스, 선택 시퀀스, 병렬 시퀀스의 세가지 시퀀스가 있다. 이 세 시퀀스는 그림 2와 같다.

단일 시퀀스는 스텝 0가 활성화되고, 천이조건 t0가 만족되어야 스텝 1이 활성화되어, 'A' 라는 액션이 이루어지며, 스텝 0는 비활성화되고 하나의 시퀀스에 따라 활성화, 비활성이 순차적으로 이루어진다. 선택 시퀀스는 천이조건 t0 또는 t5에 따라 그 시퀀스가 정해진다. 즉, 스텝 0에서 천이조건 t0를 만족하면 스텝 1이 활성화되어 'A' 라는 액션이 진행되고, 이후 2번 → 3번 → 4번 스텝으로 천이가 이루어진다. 또한 천이조건 t5를 만족하면 스텝 5가 활성화되어 'E' 라는 액션이 진행되고 이후 6번 → 7번 → 4번 스텝으로 천이가 이루어진다. 병렬 시퀀스는 두 개의 서로 다른 시퀀스가 동시에 접화되는 시퀀스를 말한다. 그림 2에서 스텝 0는 최초로 활성화되는 활성화 스텝이며, 이때 천이조건 t0가 참이 되면, 스텝 1로 접화되어 'A' 라는 액션이 일어나며, 다음 천이조건 t1이 참이 되면, 스텝 2와 스텝 5가 동시에 활성화된다. 이러한 상태에서부터 시퀀스 2번 → 4번, 그리고, 5번 → 6번은 각각 독립적으로 접화되며 이러한 두 개의 독립된 시퀀스가 스텝 7을 갖는 공통시퀀스로 동시에 접화되어야 한다. 이를 위해 항상 참을 의미하는 논리조건 (t5 '=1') 을 사용하며, 병렬 시퀀스의 마지막 스텝들인 4와 6은 어떤 액션도 이루어지지 않고 단지 이 병렬 시퀀스의 재동기 역할만 하며 이를 '대기스텝(wait step)' 이라 한다.

2.2. 단일 시퀀스의 시간 지연

이 세 시퀀스중에서 선택 시퀀스는 단일 시퀀스에 비해 메모리를 많이 차지하게 되는 단점이 있고, 시퀀스 자체도 복잡하다. 이 기능을 단일 시퀀스로 수행하게 되면 메모리를 훨씬 적게 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 그런데 단일 시퀀스로 수행하게 되면 그림 2의 (a)에서 스텝 1에서 t1 조건을 만족하게 되면 2번 스텝이 활성화 되고, 스텝 1에서 t2 조건을 만족하게 되면 3번 스텝이 활성화 되도록 하면 선택 시퀀스의 기능을 갖게 할 수 있을 것이다.

이 것은 스텝 1에서 스텝 3으로 진행하려면 t1, t2 조건을 동시에 활성화하여야 한다는 것이다. 이 것은 스텝 2와 스텝 3이 동시에 실행이 되면서 스텝 2는 바로 비활성화되고 스텝 3만 활성화로 남게 되는 것이다. 이렇게 수행되도록 하려면 스텝 2는 동작이 시작되자마자 끝나야 하는데 동작 자체는 활성화가 한번 이루어 지기 때문에 오동작의 원인이 된다. 이 오동작을 방지하려면 스텝2의 세부 LD 프로그램 작성시 시간지연을 주어 출력이 비활성화 상태로 남아있도록 해야 한다. 이 것은 그림 3과 같이 프로그램 되어야 한다.

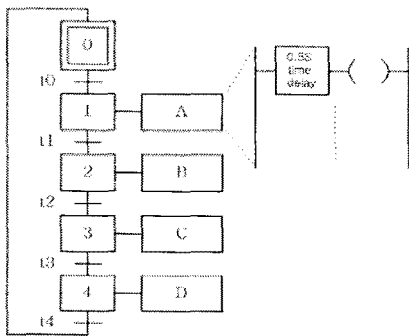


그림 3. 단일 시퀀스 스텝의 시간지연
Fig 3. Time delay of step of Single Sequence

III. 적용 예

3.1. 유리 기판 이송 로봇

캐링-로봇은 제품을 이송시키는 것으로 주로 LCD 제조장비, 유리 제조장비, 기관 제조장비 등에서 사용하게 된다. 본 논문에서는 인덱싱(indexing)이송방식에 비해 장비의 공간적 크기를 줄일 수 있도록 서틀에 의한 리니어 이송방식을 채택한다.

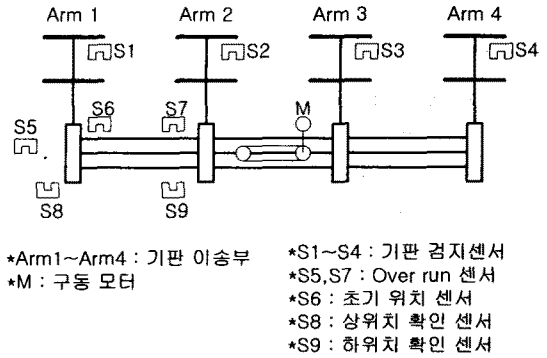


그림 4. 캐링-로봇 구성도
Fig. 4. Configuration of Carrying-Robot

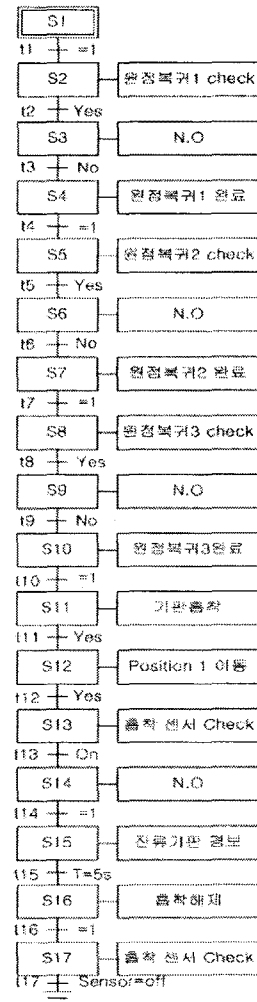


그림 5. 캐링 로봇의 알고리즘
Fig 5. Algorithm of Carrying Robot

3.2. 알고리즘

본 알고리즘을 적용하기 위해 유닛의 수는 5개로 제한하였다. 각 유닛이 동작을 마치면 각 유닛의 기관들을 동시에 오른쪽 또는 왼쪽으로 이동시키는 동작을 한다.

또한, 서틀의 동작은 원점복귀동작, 수동조작, 자동운전 및 경보등의 기능을 갖는다. 또한, 서틀이 원점위치로 복귀한 후에 제어 동작이 시작된다. 이 선택 시퀀스의 알고리즘을 단일 시퀀스로 구현하면 그림 5와 같다.

3.3. 시뮬레이션

본 연구를 위해서 PLC는 LG 산전의 GLOFA GM4기종의 CPU를 사용하였으며, 편집 프로그램은 GMWIN Ver 4.0을 사용하였다.[6-7]

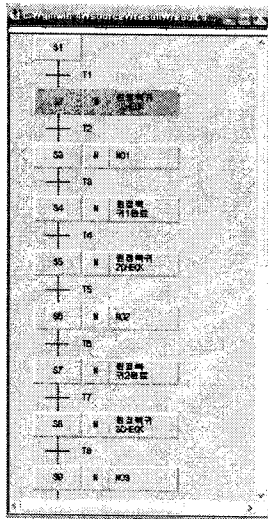
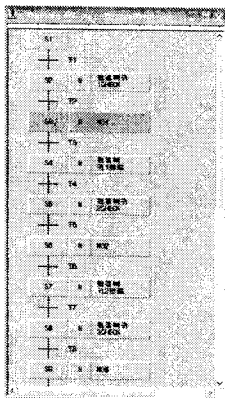
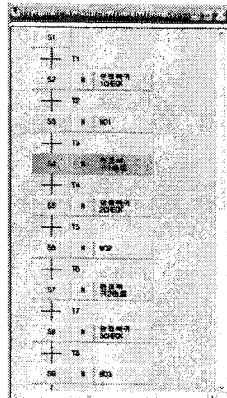


그림 6. S2 스텝의 활성화
Fig 6. Activation of S2 Step

그림 6에서 S2 스텝이 활성화 되어있는 상태에서 t2 조건을 만족하면 S3 스텝으로 이동하게 되고 이것은 그림 7 (a)와 같다. 또한 S2 스텝이 활성화 되어 있는 상태에서 t3 조건을 만족하게 되면 S4 스텝이 활성화 되게 된다. 이것은 그림 7 (b)와 같다.



(a) S3 스텝 활성화



(b) S4 스텝 활성화

그림 7. 스텝의 활성화
Fig 7. Activation of Step

따라서 그림 7에서 알 수 있는 것처럼 단일 시퀀스로 선택 시퀀스의 기능을 구현하는 것이 가능한데 이것은 스텝 3의 LD 프로그램에 시간 지연을 줌으로써 가능하다는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 SFC를 사용한 공정제어에서 선택 시퀀스를 사용하게 되면 여러모로 불편하다는 것을 알 수 있는데, 이 불편한 점을 해소하기 위해 단일 시퀀스로 선택 시퀀스의 기능을 구현 가능함을 확인할 수 있었다. 그런데 이 기능도 시간지연을 주지 않게 되면 오동작이 발생한다는 것이고, 이 오동작을 방지하기 위해서는 반드시 시간지연을 주어야 한다. 이 시간 지연은 PLC의 종류에 따라 다르는데 GLOFA PLC에서는 0.2~0.5 초의 시간지연을 줌으로써 안정된 동작을 할 수 있다는 것을 확인하였다.

PLC를 사용하여 공정제어를 설계할 때 LD 언어 보다는 SFC 언어가 훨씬 간편하면서도 좋은 기능을 발휘한다는 것을 알 수 있다. 향후 공정제어 설계에서 SFC의 설계가 좀 더 활성화되는 것이 요구된다.

참고 문헌

- [1] Bong-Suk Kang and Kwang-Hjun Cho, "Discrete Event Model Conversion Algorithm for Systematic Analysis of Ladder Diagrams in PLCs" Journal of Control, Automation and systems Engineering, Vol 8, No5, p401-406, May, 2002.
- [2] R.W.Lewis, "Programming Industrial Control Systems Using IEC1131-3", The Institution of Electrical Engineers, 1992.
- [3] Giuseppe Casalino, Giorgio Cannata, Giorgio Panin, Adrea Caffaz "On a Two level Hierarchical Structure for the Dynamic Control of Multifingered Manipulation", Proceedings of the 2001 IEEE, International Conference on Robotics & Automation Seoul Korea, 2001.
- [4] Young Woo Kim, Akio Inaba, Tatsuya Suzuki, shigeru Okuma, "FMS Scheduling Based on Timed Petri Net Model and RTA Algorithm", Proceedings of the 2001 IEEE, International Conference on Robotics & Automation Seoul Korea, 2001.
- [5] M. Zhou and E Twiss, "Design of Industrial automated systems via relay ladder logic programming and Petrinets", IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics-part C ; Applications and Reviews, Vol 28, No 1, pp 137- 150, 1998.
- [6] "Mitsubishi PLC Programming Manual", Mitsubishi, QnA series, 2004.
- [7] "LG Programmable Logic Controller Glofa-GM", LG industrial Systems, 2004.