

## 부분순서관계에 기반한 LD-IL 변환 방법

권민혁<sup>0</sup>, 신승철

한국기술교육대학교 정보미디어공학과

e-mail : {minhyuk, scshin}@kut.ac.kr

### Translating Ladder Diagrams into Instruction List Using Partial Order Relation

Minhyuk Kwon<sup>0</sup>, Seungcheol Shin

Department of Information Media Engineering, Korea University of Technology and Education

PLC(Programmable Logic Controller)는 산업체의 다양한 분야에서 자동화를 위해 사용되는 특수 목적 컴퓨터이다. PLC의 제어에 사용되는 프로그래밍언어는 LD(Ladder Diagram), IL(Instruction List), ST(Structure Text), FBD(Function Block Diagram) 그리고 SFC(Sequence Function Chart)로 총 다섯 가지가 있으며, LD와 IL은 이들 언어들 중 가장 오래 전부터 많이 사용되는 언어이다.

LD 프로그램을 IL 프로그램으로 바꾸는 것은 IL이 기계어와 매우 유사하여 다른 네 가지 언어로 작성된 프로그램을 특정 PLC의 기계어 프로그램으로 컴파일 할 때 공통의 중간언어로 사용할 수 있기 때문이다. IL을 중간언어로 사용하게 되면 PLC개발사는 IL에 대한 목적코드 생성기나 IL 실행기만 필요하게 되므로 프로그래밍언어와 PLC간의 종속성을 최소화 할 수 있다.

이들 언어들은 IEC61131-3[1]에서 표준으로 정의하고 있으나, 표준안에서는 프로그래밍언어의 걸모양(Syntax)과 의미(Semantics)만을 소개하고 있기 때문에 LD 와 SFC 그리고 FBD와 같은 도식 표현 언어(Graphical Presentation Language)들의 저장방식은 PLC개발사마다 다양하게 존재하고 있으며 저장되는 형태(Format) 역시 외부에 선뜻 공개하지 않는 실정이다. 이것으로 인해 LD 프로그래머는 다른 개발환경에 이미 존재하는 재사용 가능한 함수나 함수블럭(Function Block)등을 개발환경이 바뀔때 따라 새롭게 개발하여야 하거나, 기존에 작성된 LD 프로그램을 인쇄하여 다시 입력 해야 하는 번거로운 작업을 수행하고 있다.

PLCOpen TC6(Technical committee 6)[2]는 다양하게 존재하는 저장 방식의 통합을 위해 프로그램의 걸모양을 XML형태로 저장하는 방법에 대한 표준안을 제시하고 있다. 이 XML형태로부터 IL 프로그램을 직접 생성하여도 되지만, XML형식은 문법적인 오류(Syntax Error)가 있는 LD 프로그램도 표현 가능하게 하므로 정상적인 IL 프로그램으로의 변환을 보장할 수 없을 뿐만 아니라 문법오류를 검출하는 추가적인 모듈이 필요하게 된다.

우리는 XML로 표현된 LD 프로그램을 LD 추상트리로 형식화 하였다. 이 LD 추상트리는 LD 프로그램의 문법오류를 고려하여 설계하였으며, XML로 표현된 LD 프로그램에 문법적인 오류가 없으면, LD 추상트리로 만들 수 있다. 그러나 LD 프로그램을 XML데이터로 저장하게 되면, LD 프로그램에 나타나는 LD 기호들의 위치와 크기, 그리고 연결선 정보만이 저장 되기 때문에 LD 추상트리로 형식화 하기 위해서는 LD 추상트리 각 단(Rung)에 대한 최상위 노드가 되어 전단부(Front side)와 후단부(Rear side)가 되는 VCP(Virtual Cut Point)를 찾아야 한다.

LD 프로그램의 모든 LD 기호들은 시그널의 흐름에 따라 부분순서관계(Partial Order Relation)가 정해진다. XML로 표현된 LD 프로그램에 나타나는 모든 LD 기호들의 집합과 부분순서관계를 이용하면, 부분순서집합(Partial Order Set)을 얻을 수 있는데, 이 집합의 관찰로부터 우리는 VCP가 부분집합인 출력기호 집합의 최대하한(Greatest Lower Bound)이 됨을 알 수 있었다. 성공적으로 VCP를 찾은 경우에는 XML로 표현된 각 원소(Element)의 연결정보를 바탕으로 LD 추상트리로의 변환이 가능하다. VCP를 찾지 못하거나 LD 추상트리로 변환하는 과정에서 LD 추상트리의 노드에 대응하지 않는 XML원소가 나타나는 경우에, XML로 표현된 LD 프로그램은 문법오류가 있음을 알 수 있다.

최종적으로 우리는 LD 추상트리 구조의 LD 프로그램의 하나의 단을 IL 추상트리 구조의 IL 프로그램으로 변환하는 함수  $\mathcal{T}$ 를 정의 하였다. IL은 문자표현 언어로 IEC61131-3 표준에 구체구문구조가 표준으로 정의되어 있다. 우리는 IL의 표준구체구문으로부터 LD 프로그램을 IL프로그램으로 변환하였을 때 모든 경우를 충분히 표현할 수 있는 간단해진 IL 언어(Simplified IL)의 구체구문을 표준구체구문의 부분집합으로 정의하였다.

기존의 다른 연구에서는 LD 프로그램의 접점(Contact)이나 출력코일(Coil) 등을 AOV 방향 그래프에서 정점(Vertex)에 해당하게 하여 LD 프로그램을 형식화 하였다[3]. 이렇게 형식화된 LD 프로그램은 이진 트리로 변환하고, 후위탐색을 통하여 후위표기(Postfix) 형태로 결과를 얻게 된다. 그러나 이 연구에서는 출력코일이 병렬로 나타나는 경우에 대해서는 언급하지 않고 있어 실제 병렬코일을 많이 사용하는 산업현장에서는 실용적으로 사용하기에 부족하다. 우리의 연구에서의 LD 추상트리는 병렬코일의 표현이 가능 하도록 설계하여, 변환함수  $\mathcal{T}$ 에서 병렬코일의 변환도 다루고 있으며 함수나 함수블럭의 호출에 대해서도 변환을 할 수 있도록 하였다.

최근에는 IEC61131-3의 모든 언어를 다루는 통합 개발 환경이 구현되었으며, 각 언어의 컴파일도 지원하고 있다[4]. 그러나 IL을 중간코드로 사용하도록 유도하는 우리의 연구와는 다르게 컴파일이 지나치게 복잡하다는 단점이 있다. 예를 들어 도식 표현 언어를 컴파일 할 때, 모든 도식 표현 언어는 그에 해당하는 문자표현 언어인 ST로 변환된다. 그리고 IL, ST, SFC 프로그램은 그에 대응하는 C++ 프로그램으로 변환 되고 최종적으로 각 개발사의 PLC에 종속적인 C++ 컴파일러를 통해 기계어가 만들어 진다.

본 논문에서 제안한 TC6 XML로 표현된 LD 프로그램의 변환방법은 그동안 PLC 개발사마다 여러가지 언어를 대상으로 하는 컴파일러를 대신하여 사용하기에 매우 유용하며, 빈번하게 사용되는 병렬코일이나 함수에 대한 처리도 하고 있으므로 실제 산업현장에서 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이라 기대된다.

## 참고 문헌

- [1]. IEC, Programmable controllers-Part 3:Programming languages, 2003.
- [2]. PLCopen Technical Committee 6, XML Formats for IEC 61131-3, PLCopen, 2005.
- [3]. Fen, Ge, Ning, Wu, A Transformation Algorithm of Ladder Diagram into Instruction List Based on AOV Digraph and Binary Tree, *TENCON 2006. 2006 IEEE Region 10 Conference*, vol., no., pp.1-4, Nov. 2006.
- [4]. Tisserant, Edouard, Bessard, Laurent, de Sousa, Mario, An Open Source IEC 61131-3 Integrated Development Environment, *Industrial Informatics, 2007 5th IEEE International Conference on*, vol.1, no., pp.183-187, 23-27 June 2007.