

철도 차량용 소프트 전자 제어반 구조

Soft PLC structure on railway vehicle

김승률*, 강신광*, 박재현*[†], 박성재**, 전성준**

Seungryul Kim*, Shinkwang Kang*, Jaehyun Park*[†], Seongjae Park*, SeongJun Jeon**

Abstract The need of an intelligent control system with convenience and flexibility is increasing for the high-end railway train. However, the existing vehicle control system is hardly used as a flexible train controller because the control architecture is fixed. This paper proposes the soft-PLC architecture for a railway vehicle. The proposed soft-PLC supports IEC 61131-3, the international industrial standard language, and it is designed to support various networks suitable for distributed railway control such as RS-485, Ethernet, and IEC 61375 TCN. The proposed system can be readily constructed by supporting various railway control function block using the virtual machine.

Keywords : Soft PLC, Ladder diagram, Image compiler, Virtual machine, Network interface

초 록 철도 차량의 고도화와 더불어, 관리장비의 편의성과 유연성을 갖춘 지능형 제어시스템의 필요성이 증가되고 있다. 기존의 차량용 제어반은 초기 설계대로 시퀀스 제어 및 수치연산기능을 수행하도록 구현되어 날로 발전하는 철도 산업에서 필요로 하는 요구사항을 따라가지 못하고 있다. 본 논문에서는 철도 차량용 전자 제어반 구조를 제안한다. 본 논문에서 제안된 소프트 전자 제어반은 시퀀스 제어 언어인 IEC61131-3을 지원하며, 분산형 열차제어에 적합한 RS-485, Ethernet, IEC61375 TCN 등 다양한 네트워크를 지원할 수 있도록 설계되어 있으며, 다양한 열차제어용 기능블록(Function Block)을 가상머신(Virtual Machine) 차원에서 지원하도록 설계하여 철도 차량용 제어시스템을 손쉽게 구성할 수 있도록 하였다.

주요어 : 소프트 전자 제어반, 이미지 컴파일러, 가상머신, 네트워크 인터페이스

1. 서 론

철도 차량의 고도화와 더불어, 관리정비의 편의성과 유연성을 갖춘 지능형 제어시스템의 필요성이 증가되고 있다. 기존의 차량용 전자 제어반은 초기 설계대로 시퀀스 제어 및 수치연산기능을 수행하도록 구현되어 날로 발전하는 철도 산업에서 필요로 하는 요구사항을 따라가지 못하고 있다. 또 전자 제어반의 프로그래밍에 사용되는 언어는 나라마다 컴퓨터 기종마다 서로 상이하고 표준화가 되어 있지 않기 때문에 오픈화와 분산화 시대에 맞지 않다는 문제점이 있다. 이에 유럽을 중심으로 전자 제어반 프로그램 언어의 표준화를 위해 IEC61131-3이라는 표준규격을 만들었고, 다음 5개의 언어를 규정하고 있다. 먼저 텍스트 기반 언어로 IL(Instruction List), ST(Structured Text)를 정의하며 그래픽 기반의 언어로는 LD(Ladder

[†] 교신저자: 인하대학교 IT공과대학 정보통신공학과(jhyun@inha.ac.kr)

* 인하대학교 IT공과대학 정보통신공학과

** 인터콘 기술연구소

Diagram)과 FBD(Function Block Diagram)을 정의하고, 텍스트와 그래픽 속성을 모두 갖는 SFC(Sequential Function Chart)를 정의한다. 본 논문은 IEC61131-3의 5언어를 모두 지원하는 PLC Editor를 활용하였으며, 크게 컴파일러와 운영체제로 구성되어 있다. 컴파일러는 Editor의 출력물을 분석하여 Intel-Hex 기반의 이미지 파일로 바꿔주는 작업을하며, 운영체제는 이미지파일 분석기, 가상머신, 네트워크 인터페이스를 통해, 컴파일러에서 변환된 이미지파일을 분석, 수행하며 RS-485, Ethernet, IEC 61375 TCN등 다양한 네트워크 인터페이스를 통해 다양한 통신을 한다.

2. 본론

2.1 소프트 전자 제어반 구조

소프트 전자 제어반은 Ladder Diagram을 편집하기 위한 LD logic editor와 IEC61131-3 언어간의 변환 및 다운로드를 위한 Compiler, 이미지파일을 분석하고 다양한 열차에 쓰이는 다양한 기능블록을 지원하는 가상머신과 네트워크 인터페이스를 포함하는 운영체제로 구성되어 있다. Fig. 1은 소프트 전자 제어반의 전체적인 구조를 보여준다.

2.2 LD logic editor

LD logic editor로는 Open source 기반의 Beremiz를 사용하였다. Beremiz는 IEC61131-3의 5가지 언어를 모두 지원하며, 표준 기능블록 및 표준 기능블록 라이브러리를 지원하며, 유저 함수 및 유저 기능블록 또한 편집할 수 있다. 또한 Beremiz는 Editor의 Output으로 XML(eXtended Markup Language)파일을 출력한다. XML은 서로 다른 환경에서 IEC61131-3 프로그래밍을 작업하는 사용자간의 프로그램, 라이브러리, 프로젝트를 호환이 가능하게 TC6라는 워킹 그룹에서 정의한 표준이다. 본 논문에서는 Beremiz가 지원하는 IEC61131-3의 5언어중 가장 널리 쓰이는 LD를 이용하였으며, 그 출력물인 XML파일을 컴파일러에서 활용하였다. Fig. 2는 Beremiz 에서 Ladder diagram 편집하는 화면을 보여준다.

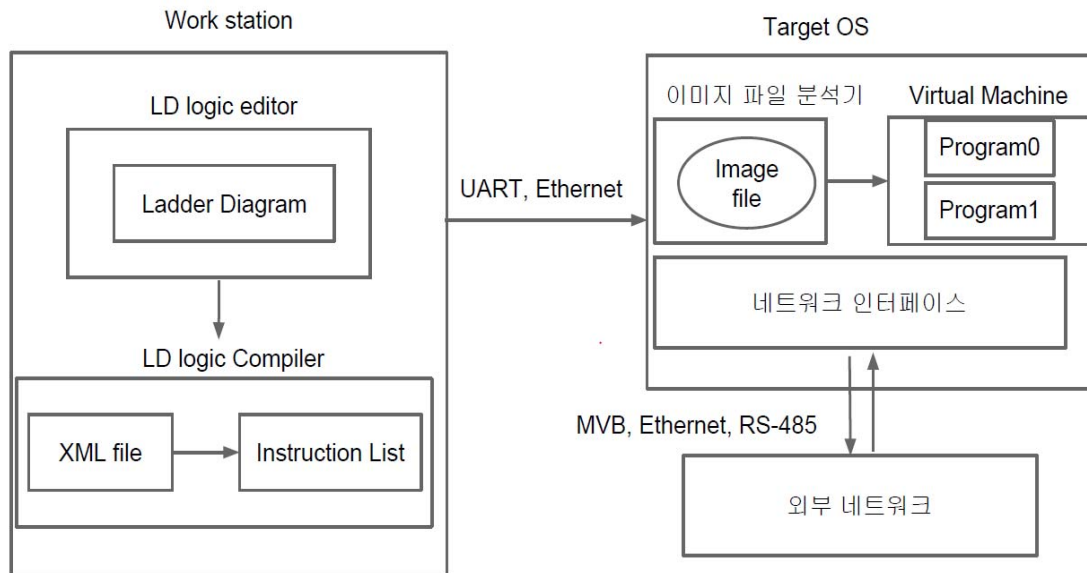


Fig. 1 소프트 전자 제어반 구조

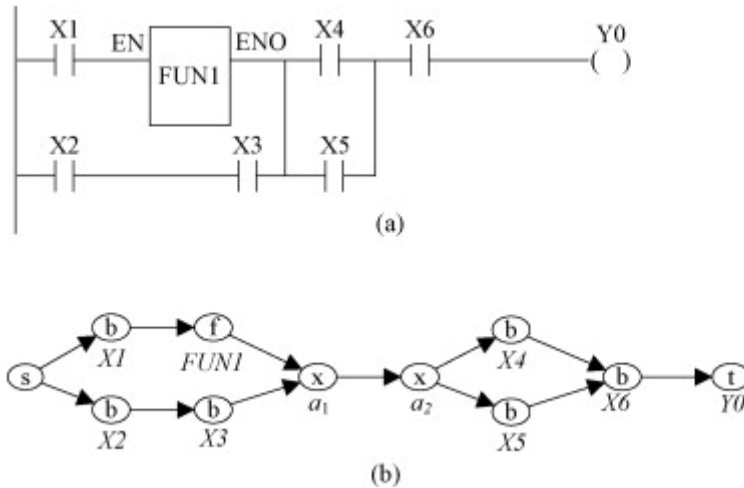


Fig. 2 Node정보를 통한 LD로부터 Topology graph로의 변환

2.3 컴파일러

컴파일러는 LD logic editor의 출력물인 XML파일을 일련의 알고리즘을 통해 IL로 바꿔주고 다시 IL을 RS-232통신을 통해 전송 가능하도록 Intel-Hex Format 형태의 이미지파일로 변환하여 준다. 컴파일러의 주요 구조는 다음과 같다.

- XML parser
- IL maker
- Image file maker

2.3.1 XML parser

XML parser는 LD logic editor에서 나온 출력물인 XML파일을 파싱하여 컴파일러에 필요한 데이터들을 추출한다. 추출하는 주요 데이터는 POU 정보, POU를 구성하는 내부 프로그램들의 정보, 변수의 이름과, 타입, 크기 등의 정보를 알려주는 변수 매핑 정보가 있다.

2.2.2 IL maker

IL maker는 XML parser로부터 추출된 데이터를 IL(Instruction List)로 변환하여 준다. IL maker의 알고리즘은 Topology graph와 Binary Tree를 이용하는데, 우선 LD구성 요소들의 고유한 Local ID 와 해당 ID와 연결된 RefLocal ID정보를 통해 각각의 Node들을 연결하여 Topology graph를 그린다. 이후에 Topology graph를 출력의 개수에 따라 여러 개의 Topology graph로 나눈 뒤, 각각의 Topology graph를 분석하여 이진트리로 변환한다. 변환된 이진 트리는 후위 순회를 통해 각각의 노드들이 일련에 규칙에 따라서 IL로 변환된다. Fig. 2 는 LD를 노드 정보를 통해 Topology graph로 변환한 것을 보여준다.

2.2.3 Image file maker

Image file maker은 IL을 우선 32bit 기계어 포맷에 따라 기계어로 바꿔준 뒤, 해당 기계어를 RS-232통신 방식으로 타겟보드에 다운로드 가능하도록 Intel-Hex Format 기반의 이미지파일로 변환하여 준다.

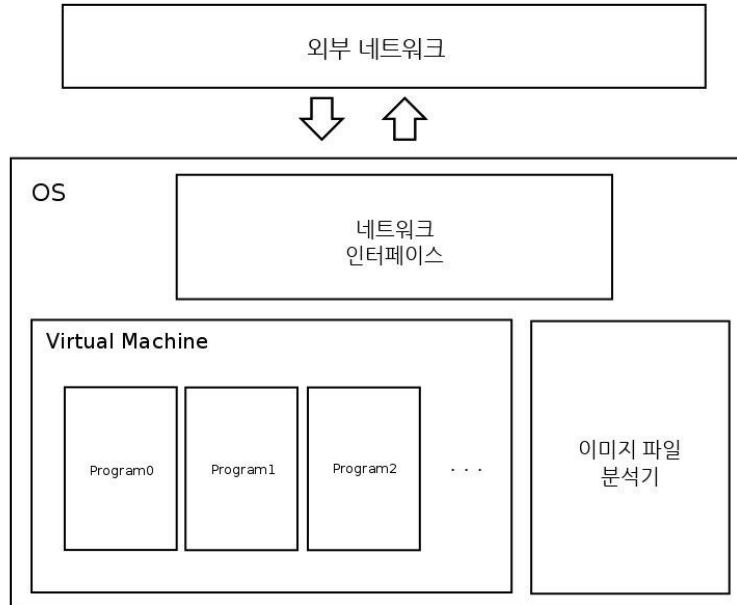


Fig. 3 소프트 전자 제어반의 운영체제 구조도

2.2 운영체제

본 논문에서는 소프트 전자 제어반 구조에서 사용하는 운영체제를 설명한다. 본 구조에서 운영체제의 역할은 크게 다음과 같다.

- 이미지 파일 분석 : LD logic editor에서 내려온 이미지 파일을 분석하여 필요한 설정 정보와 Instruction code를 메모리에 저장한다.
- 가상 머신 운영 : 각 프로그램의 주기 별로 가상머신을 운영한다. 각 프로그램은 해당 주기가 되면 가상머신을 사용하여 시퀀스 제어를 하게 된다.
- 외부 네트워크와의 인터페이스 : 분산형 열차제어에 적합한 RS-485, Ethernet, IEC61375 TCN 등 다양한 네트워크를 지원할 수 있도록 인터페이스가 구성되어 있다.

Fig. 3에서는 소프트 전자 제어반의 운영체제 구조도를 보여주고 있다.

2.2.1 가상 머신

가상머신은 운영체제 위에서 동작하며, 메모리에 있는 Instruction code를 순차적으로 수행한다. 가상머신의 역할은 다음과 같다.

- 디지털 입/출력 시퀀스 제어 : 기존 전자 제어반에서 사용하는 스위치와 코일 및 램프를 이용한 디지털 입/출력 시퀀스 제어를 기본으로 수행할 수 있다.
- 기능 블록 수행 : 본 논문에서 제안한 소프트 전자 제어반 구조에서는 기능 블록을 수행할 수 있다. 기능 블록에는 사용자 정의 기능 블록과 표준 기능 블록이 있다. 사용자 정의 기능 블록은 프로그램처럼 사용자가 LD logic editor에서 편집을 할 수 있고 이를 변환한 Instruction code를 가상머신에서 순차적으로 수행하도록 되어있다. 표준 기능 블록은 IEC61131-3에 근거하여 자주 쓰는 기능을 함수화한 것이고, C언어 라이브러리 형태로 되어 있어서, 가상머신이 해당 기능 블록을 사용할 때는 단지 라이브러리로 정의된 표준함수를 호출하기만 하면 된다. 이 방식은 표준 기능블록 확장에 매우 용이하여 열차 제어용 기능 블록을 쉽게 추가할 수 있다. 표준 기능블록 라이브러리는 시스템 메모리에 탑재된다. Fig. 4는 표준 기능 블록이 라이브러리 형식으로 시스템 메모리에 탑재된 것을 구조도로 나타낸 것이다. Fig. 5는 사용자 정의 기능 블록과 표준 기능 블록 호출 시 흐름도를 나타낸 것이다.

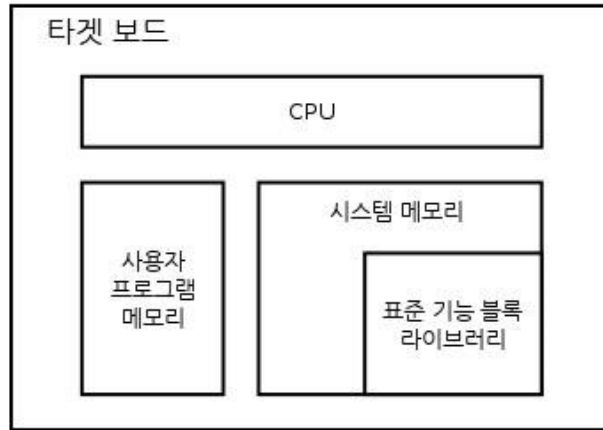


Fig. 4 표준기능 블록 구조도

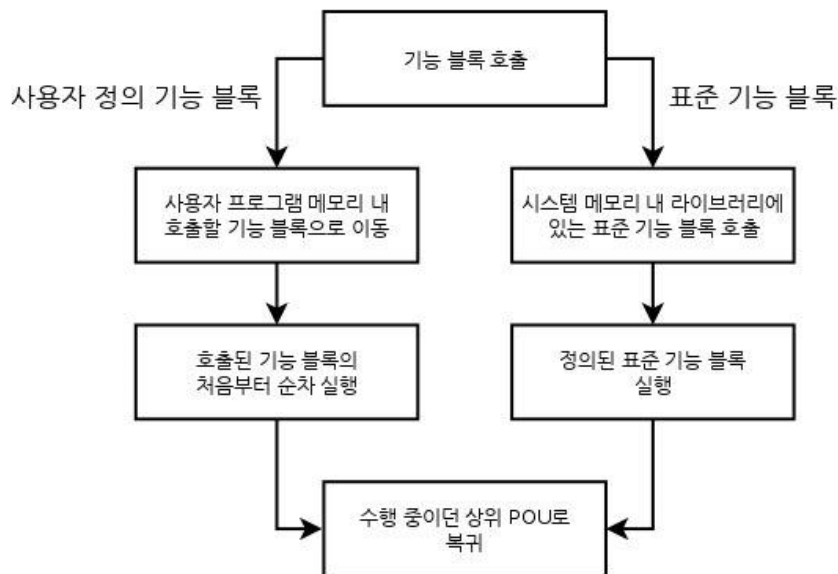


Fig. 5 사용자 정의 블록 및 표준 기능블록 호출 시 흐름도

2.2.2 네트워크 인터페이스

본 논문에서 제안된 소프트 전자 제어반은 다양한 네트워크를 지원하도록 설계되었다. 워크스테이션에서 LD logic editor를 통해 사용할 네트워크를 선택하면 그 네트워크를 통하여 타겟보드에 이미지파일 다운로드 할 수 있고 네트워크 명령 및 정보를 외부에 송/수신할 수 있다. 사용할 수 있는 네트워크로는 주로 국제 표준인 IEC61375 TCN과 Ethernet이며 Fig. 6은 사용할 네트워크 중 하나인 IEC61375 TCN을 통하여 소프트 제어반 사이에 명령 및 정보를 주고 받는 것을 나타낸다.

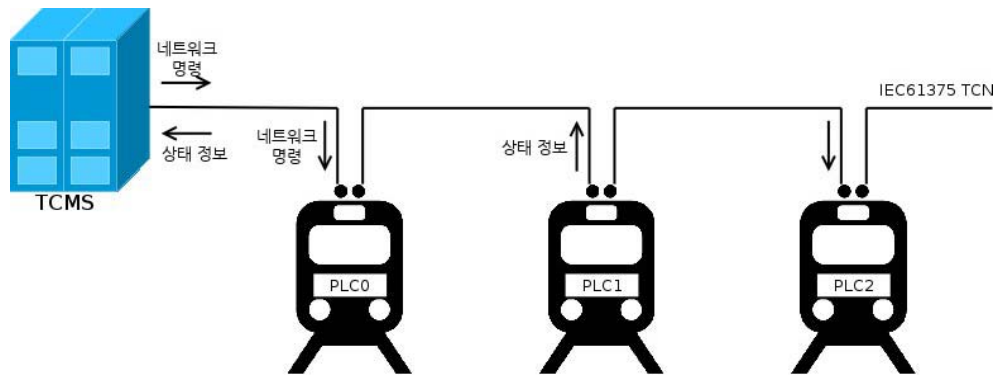


Fig. 6 소프트 제어반사이의 MVB 통신

3. 결론

철도 차량이 점점 발전함에 따라, 관리정비의 편이성과 유연성을 갖춘 지능형 철도 제어시스템의 필요성이 대두되고 있다. 기존의 차량용 제어반으로는 초기 설계대로 시퀀스 제어 및 수치연산기능을 수행하도록 구현되어 증가하고 있는 철도 산업의 수요를 따라가지 못하고 있다. 본 논문에서는 철도 차량용 소프트 전자 제어반 구조를 제안하였다. 본 논문에서 제안된 소프트 전자 제어반은 표준화된 시퀀스 제어언어인 IEC61131-3을 지원하고, 다양한 네트워크를 지원할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 열차제어용 기능블록을 가상머신 차원에서 지원하여 철도 차량용 제어 시스템을 손쉽게 구성할 수 있도록 하였다. 제안된 소프트 전자 제어반 구조는 CPU에 독립적인 Instruction code 및 이미지 파일을 만드는 컴파일러와 이 Instruction code를 사용하는 가상머신을 채용하여 하드웨어에 구매 받지 않으며 사용자 기능블록을 라이브러리로 사용할 수 있어 열차제어용 기능블록의 개발이 용이하다. 또한 Ethernet, IEC61375 TCN 등의 다양한 네트워크를 지원하도록 하여 제안된 소프트 전자 제어반의 활용도가 더 높아졌음을 보였다.

참고문헌

- [1]Ye Yin, Wang Jin (2012) Research and Implementation of Embedded Soft PLC system, *2012 Fifth International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems*, Tianjin, 166-169.
- [2]Yi Yan, Hangping Zhang (2010) Compiling Ladder Diagram into Instruction List to comply with IEC 61131-3, *Computer in Industry*, 61, pp.448-462.
- [3]WANG Zhen (2014) The Key Technology Research for Embedded Soft PLC Control, *2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Application*, Ottawa, 1045-1048.
- [4]Dong Yulin, Zheng Chunjiao (2011) Design and Research of Embedded PLC Development System, , *2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Application*, Shanghai, 226-228.
- [5]Kando Hamiyanze Moonga, You Linru (2011) Algorithm for Compiling Unrestricted Ladder Diagram to IEC 61131-3 Compliant Instruction List, *Proceedings of World Congress on Engineering 2011*, London, U.k
- [6]Jinjie, Tan, Cheng Lianhong, and Yin Xuepeng (2004) Mapping from Ladder Diagram to AOV Graph in Embedded PLC [J], *Computer Automated Measurement & Control* 10