

# 가상 PLC 검증 시스템의 구현 사례 : 자동차 의장 라인의 예

배성훈<sup>1</sup> · 김연민<sup>1\*</sup>

## A Case Study of Virtual PLC Validation System's Implementation : In Case of An Automobile Trim Line

Seong Hun Bae · Yeom Min Kim

### ABSTRACT

This study presents a system for validating the PLC code in the virtual environments of automobile trim line. There have been considerable efforts to develop standard PLC editors for saving human power and PLC test time. However, it was difficult to apply the PLC editor on a real shop floor environment. A virtual equipment was developed to communicate with the PLC module of a shop floor and to make up the connectivity environment by a special protocol. We can validate the code without launching real equipments because the PLC module and the virtual equipment is able to be controlled in real time by the OPC protocol. An experimental model is applied to the final assembly line of an automotive industry and validated by using DELMIA Automation. In conclusion, the system is valuable in the process of PLC codes validation and virtual equipments operation. This system would reduce the development time of the PLC codes and improve the productivity and the integrity of the PLC codes.

**Key words** : PLC codes validation, Virtual Equipment

### 요약

본 사례 연구는 가상환경에서 자동차 의장 라인의 PLC 코드 검증 시스템을 구현하였다. 그간 인력과 PLC 검증 시간을 줄이고자 표준화된 PLC 에디터를 개발하려고 노력해왔으나, 실제 현장 환경에서 PLC 에디터를 적용하는데 어려움이 있었다. 본 연구는 현장의 PLC 모듈과 통신하며, 특별한 프로토콜을 이용하여 연결 환경을 구축하는 가상장비를 개발했다. PLC 모듈과 가상장비가 OPC 프로토콜에 의해 실시간으로 통제되므로 실제 장비를 설치하지 않고 PLC 코드를 검증할 수 있게 되었다. 실험적 모델을 자동차 공장의 최종 조립라인에 적용하고, DELMIA Automation을 이용하여 검증하였다. 결론적으로 PLC 코드 검증 과정과 가상장비 작동에 이 시스템이 유용하게 이용되었다. 이 시스템은 PLC 코드 개발 시간을 절약하며 조립라인의 생산성, 무결성을 높이는데 기여했다.

**주요어** : PLC 코드 검증, 가상장비

## 1. 서론

PLC(Programmable Logic Controller)는 공장의 설비를 전기적 결선이 아닌 프로그램적인 방법으로 제어를 가능하게 하였다. 이로 인하여 PLC는 자동화된 제조 시스템(Automated Manufacturing System)이 완성되는데 많

은 기여를 했다.

2000년대에 이르러 공장 생산라인에서 PLC가 공정제어의 기본으로 됨에 따라 PLC 시장 또한 비약적으로 성장하여, 73억 달러 이상(2005년 기준)의 시장을 형성하였고, 그 기술 또한 대용량 PLC를 넘어 DCS(분산제어시스템: Distributed Control System)와 같은 프로세스를 컨트롤하는 방향으로 발전하고 있다<sup>1)</sup>.

국내 산업에서도 반도체를 필두로 한 전자산업 및 자동차산업에서 PLC는 더 이상 없어서는 안 될 필수적인 제어 수단이 되었으며 국내 PLC 제조사의 기술력도 상당한 수준에 이른 것으로 평가 되고 있다.

2009년 2월 4일 접수, 2010년 6월 16일 채택

<sup>1)</sup> 울산대학교 산업경영공학부

주 저 자 : 배성훈

교신저자 : 김연민

E-mail; ymkim@mail.ulsan.ac.kr

실제 산업 현장에서 PLC가 운용되기 위해서는 선정된 제조사의 PLC를 프로그래밍을 할 운용 인력 및 제어 대상의 설비가 반드시 필요하다. 따라서 산업체에서는 다양해져 가는 PLC를 운용할 인력 부족과 설비 파손에 대한 우려라는 두 가지 난관에 봉착하게 되었다. 자동차 산업의 예를 들어보자면 양산 시점에 발생하는 여러 가지 문제점들을 사전에 파악하고 해결하기 위해 오프라인 시운전(OLT : Off-Line Test) 테스트를 수행해야 한다.

대부분의 라인 설치 업체들은 대형 PLC 제품을 세 종류 이상이나 사용하고 있어 다양한 PLC 종류를 유연하게 다루고 관리할 수 있는 인력을 양성하기 힘들 뿐만 아니라 많은 시간이 소모된다. 또한 작성된 PLC 프로그램을 실제 설비에 적용할 때에도 작성한 PLC 프로그램의 논리적 오류를 검사하고 이를 다시 수정하기 위해서는 적용할 수 있는 설비가 반드시 필요하지만, 현실적으로 실제 설비를 이용하는 것은 파손의 위험이 뒤따라 금액 손실과 직결되고 있다.

따라서 현재 실제 산업 현장에서 운용되고 있는 PLC 들을 하나의 인터페이스에서 관리하는 시스템과, 실제 설비를 대체할 수 있는 가상설비에 대한 필요성이 절실하다. 이전의 여러 연구에서는 표준화된 프로그램 에디터와 가상설비를 이용한 에뮬레이터 등을 개발해 왔다<sup>[1],[2],[3],[9]</sup>.

자동화된 제조시스템 설계를 위한 라인 프로토타이핑을 위해서는, 가상 공장 시뮬레이터는 사용자에게 자원의 사용량과 형태의 선택, 삼차원 설비 배치의 생성과 검증, 물류 흐름과 통제 로직의 모델링과 분석, 오프라인 장비 프로그램의 생성과 검증 및, 성능의 평가 등을 제공하여야 한다<sup>[4],[7]</sup>.

최근에는 PLC 기술의 발전과 더불어 3D Mock-Up 기술의 발전에 따라 위와 같은 사용자 요구조건을 다소 만족하는 현실성 있는 PLC 검증이 가능해졌다. PLC 기술 분야에서는 주변 기기와 이종 시스템간의 확장성이 높은 프로토콜의 표준(OPC : OLE for Process Control)<sup>[2]</sup>이 수립되기 시작하였으며, 이는 컴퓨터 하드웨어 성능의 발전과 맞물려 삼차원 환경에서 가상 설비와 실제 PLC의 통신을 가능하게 하였다. 따라서, PLC 프로그램의 검증을 위한 오프라인 시운전에서 발전된 삼차원 환경의 현실적인 PLC 검증 시스템이 구현된다면 그 파급 효과는 매우 커질 것이다.

자동차 산업의 경우 시뮬레이션을 통한 차체 조립 라인의 통제 로직에 대한 연구<sup>[5]</sup>가 있었으나, 이는 가상의 차체 조립 라인에 대한 시뮬레이션을 통한 관찰된 신호의 순서를 검증하는 상태 기반 객체 모형으로서 현장에 실제

적용하기에는 다소 미흡한 점이 있었다.

따라서 본 연구는 최근의 3D Mock-Up 기술이 적용된 가상설비를 생성하고, 가상설비의 동작 로직을 표준화하여 유사 설비에 재사용이 가능한 가상설비를 개발하여 실제 산업 현장에 적용할 수 있도록 하고자 한다. 개발된 가상설비와 실제 PLC간의 통신은 표준 프로토콜을 사용함으로써 다른 종류의 PLC 기종과도 연결이 가능한 3D PLC 검증 시스템의 구현 사례를 보여 줄 것이다. 이는 종래의 연구<sup>[4],[5],[7],[9]</sup>가 주로 이론적 모형의 제시가 주었던 반면, 본 연구는 실제 사용이 가능한 가상설비의 개발, 가상설비와 실제 PLC의 통신 등을 현실적으로 구현하였다는 점에 그 차이가 있다.

본 논문의 2장에서는 PLC 시뮬레이션을 구현하기 위한 델미아 오토메이션을 간략히 설명하고, 본 연구에서 구축하고자 하는 자동차 의장라인 오프라인 테스트 라인의 삼차원 가상설비를 위한 H/W 및 S/W 구성을 설명하고자 한다. 3장에서는 3D PLC 시뮬레이션의 구축 과정을 구체적으로 서술하며, 4장에서는 구축과정상의 문제점과 실효성을 제시하고자 한다.

## 2. PLC 시뮬레이션의 구현

### 2.1 델미아 오토메이션(DELMI Automation)

본 연구에서는 PLC 시뮬레이션을 구현하기 위해 상용 애플리케이션인 델미아 오토메이션을 활용하였다. 델미아 오토메이션<sup>[6]</sup>은 Dassault Systems사의 3D PLC 시뮬레이션 툴이다. 이는 CAA(Component Application Architecture)를 활용한 CAA V5 기반으로 개발 되어, CATIA V5와 동일한 데이터 구조를 가지고 있다.

델미아 오토메이션에서는 PLC 모듈과 통신할 수 있는 가상의 단위 장비를 “Smart Device”로 정의하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 “Smart Device”는 삼차원 환경하의 형상 데이터, 3D Mock-Up의 기구학, 내부 언어로 구성되는 내부로직으로 이루어진다.

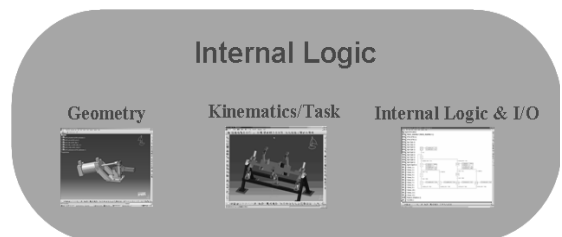


그림 1. 내부로직의 구성

표 1. 내부로직의 요소 정의

구분	정의	설명
Behavior	Behavior Description	SFC+로 작성된 장비의 거동 정의
	Instance	하위 단위 장비의 동작 정의
	Init Configuration	3D Kinematics 연결 설정
Block	Port	실제 PLC 모듈과 연결이 되는 커넥터의 역할을 위한 요소
	Signal	케이블을 통해 통신하는 전기적 신호
	Connection	실제 PLC 모듈과 연결을 시키는 케이블의 역할

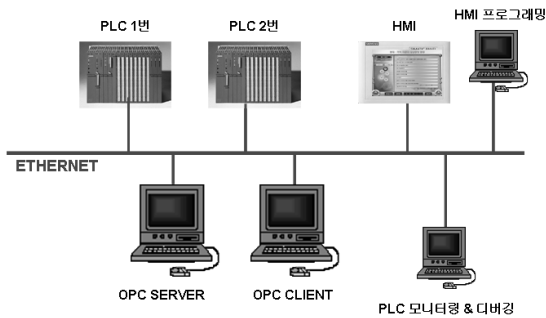


그림 2. 전체 시스템의 구성

내부로직은 PLC의 명령에 따라 실제 장비의 거동을 표현하기 위해 모든 정보를 가지는 최소 단위이다. 내부로직은 PLC 프로그램과 동일한 Ladder, FBD(Function Block Diagram), SFC+(Sequential Function Chart) 등의 형식으로 모사된 “Behavior”와 PLC와의 연결 기준으로 표현된 “Block”으로 나누어진다. 델미아 오토메이션에서는 이를 표 1과 같이 정의하고 있다<sup>6)</sup>.

삼차원 가상 설비는 내부로직에서 모사된 거동에 따라 PLC 신호에 의해 동작하게 된다.

## 2.2 H/W & S/W의 구성

본 연구에서 구축한 가상 PLC 검증 시스템의 전체 구성도는 그림 2와 같다.

이더넷(Ethernet) 망을 통해 PLC 1번과 PLC 2번을 연결하고, OPC<sup>8)</sup> 통신을 하는 각 워크스테이션들은 시뮬레이션 부하를 줄이고 정확한 성능 파악을 위해 서버, 클라이언트, 모니터링 및 디버깅 용도로 각각 분리하였다.

표 2는 본 사례에서 적용한 하드웨어 구성을 보여 준다.

표 2. 하드웨어의 구성

종류 / 용도	기종	수량
PLC CPU	SIEMENS, CPU319-P/IO	2EA
HMI	SIEMENS, SIMATIC HMI Panel PC 477B 15,1" TFT Touch screen	1EA
OPC Server & Client	HP Workstation xw8200	2EA
PLC 모니터링 & 디버깅	HP Mobile Workstation nw8240	1EA
HMI 프로그래밍	HP Mobile Workstation nw9440	1EA

표 3. S/W의 구성

역할	상세 정보
상용 PLC 검증 애플리케이션	DELMIA Automation V5 R17SP5
제조사 전용 PLC 프로그램 에디터	SIEMENS SIMATIC STEP7 5.4 SP1
제조사 전용 OPC Server & Client 소프트웨어	SIEMENS SIMATIC NET 6.3
제조사 전용 HMI 프로그래밍 소프트웨어	SIEMENS WinCC 6.3

표 3은 본 연구에 사용된 소프트웨어를 나타내었다. 델미아 오토메이션 V5는 다소(Dassault) 시스템스사의 상용 3D PLC 검증 애플리케이션이다<sup>6)</sup>. SIMATIC STEP7<sup>10)</sup>은 지멘스(SIEMENS)사의 PLC 프로그램을 위한 소프트웨어이고, SIMATIC NET은 OPC 서버와 클라이언트 구성을 위한 소프트웨어이며, 지멘스 WinCC는 HMI 프로그래밍을 하는 소프트웨어이다. 운영 체제는 Windows XP이며 모든 애플리케이션은 Windows XP에서 구현되었다.

## 3. PLC 시뮬레이션의 적용

### 3.1 3D PLC 시뮬레이션의 적용 대상

본 연구에서는 과거의 PLC 연구<sup>2),3),4),7)</sup>를 참조하여 3D PLC 시뮬레이션의 개발 사례를 일반화하는 분석적 틀로 이용될 수 있도록 그림 3과 같은 3D PLC 시뮬레이션의 실행 과정을 제시하였다.

3D PLC 시뮬레이션 개발과정에서는 엔지니어에 의한 PLC 모듈 분석과 PLC 코드 디버깅, 기계 엔지니어에 의한 가상설비의 개발이 유기적으로 이루어져야 한다. 가상

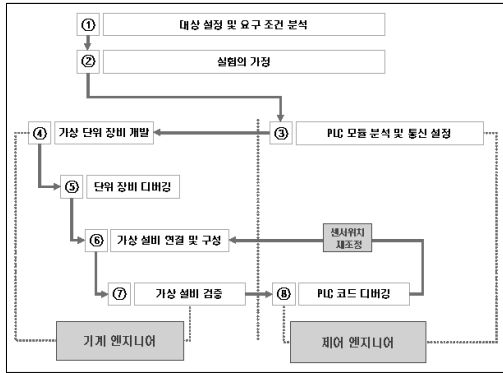


그림 3. 3D PLC 시뮬레이션의 실행 과정

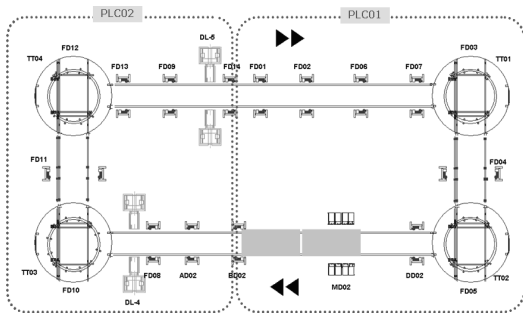


그림 4. 적용 설비의 개념도와 동작 순서

PLC 검증 시스템을 적용할 모델은 자동차 생산 라인 가운데 조립 라인을 선택하고, 그 중 의장라인의 OLT(Off Line Test) 라인으로 구체화 하였다.

본 연구에 적용한 실제 설비는 24개의 단위 장비로 이루어진 의장 라인이다. 이 라인은 그림 4에서 보는 바와 같이 Turn table 4개, Friction 드라이버 14개, Main 드라이버 1개, Deceleration 드라이버 1개, Brake 드라이버 1개, Acceleration 드라이버 1개, Drop lifter 2개로 이루어져 있다. 그 위에 12개의 플랫폼(작업자가 탑승하여 작업을 하게 되는 설비)이 안착되어 있다.

### 3.2 시뮬레이션 요구 조건 및 가정

조립 라인은 제어반이라 불리는 대규모 PLC 모듈들의 그룹으로 이루어져 있다. 여기서 적용할 모델은 제어반을 연동, 시운전 테스트를 수행할 수 있도록 PLC의 CPU 2개가 설치되었다. 각 CPU가 담당하는 영역은 그림 4에서 확인할 수 있다.

하나의 CPU가 담당하는 설비는 전체 설비 가운데 50% 정도가 되고, 약 140개 정도의 접점을 통해 해당

PLC 외부로 입출력이 이루어진다.

대상 라인은 두 대의 제어반에 의해 컨트롤 되므로 다른 PLC와 통신이 가능해야 하며, 하나의 순환 동작 흐름이 완료되기 위해서는 외부 라인에 의한 접점 신호가 HMI(Human-Machine Interface)에 의해 지령되고 모니터링 가능한 시뮬레이션으로 수행되어야 한다.

가상명령(Virtual Commissioning) 기술은 중형 PLC가 약 1000점 이하의 접점 수를 가지므로 아직 발전해야 할 부분이 많다. 실제 양산 라인에서는 이 규모보다 약 4배 정도 많은 입출력 신호들을 처리해야 한다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 사항을 가정하였다.

- 가상 센서의 정밀도를 실제 보다 낮게 설정할 수 있다.
- 가상 PLC 검증 시스템은 실시간 시뮬레이션이 아니다.
- 외부 접점 신호는 별도의 정의에 의해 처리된다.
- 단위 장비의 영역은 재 정의될 수 있다.

가상설비가 원활하게 구동되기 위해서는 PLC가 처리하는 한 사이클의 짧은 시간 동안 그래픽적인 많은 리소스와 로직들을 연산 처리해야만 한다. 이는 하드웨어의 성능에 직결되는 사항이며, 소프트웨어적으로는 가상 센서의 처리 능력이 가상 설비의 효율성에 지대한 영향을 끼치는 변수가 된다. 즉 가상 센서가 감지할 수 있는 최소 거리는, 구성되는 하드웨어 및 소프트웨어 성능에 따라 결정된다.

이와 더불어 현재의 컴퓨팅 기술 하에서의 가상명령 엔진은 아직 까지 완벽한 실시간 시뮬레이션을 수행하기 어렵다는 점도 간과해서는 안 된다.

### 3.3 PLC 및 통신 프로토콜의 설정

PLC 프로그램을 설비에 적용하기 위해서 본 연구에서는 SIMATIC을 기본 모델로 설정하고 총 284개의 접점을 입출력으로 정의하였다. 이중 2개의 신호는 주 드라이버와 감속(Deceleration) 드라이버의 동작을 위한 아날로그 신호로 구현하였다.

PLC에 대한 환경 설정이 완료된 후 PLC 제어에 사용된 프로그램은 전용 에디터인 SIMATIC STEP7<sup>[10]</sup>를 사용하였으며, 프로그램 형식은 자동차 의장라인에서 보편적으로 사용되고 있는 Ladder 형식의 PLC 제어용 언어로 프로그램을 모니터링하고 디버깅 하였다.

자체 번역기에 의해 문법적인 오류 체크를 하였으며, 오류 체크 시 이상 없이 완료된 경우 이를 PLC CPU에 다운로드 시켜 PLC를 제어했다. 또한 에디터에서 가상 PLC를 동작 및 정지시킬 수 있으며, 프로그램 실행 시 가상 설비의 입출력상태에 따른 결과 값이 모니터링 되며,

1회 Scan 동작 때 마다 가상설비에 출력 값을 내보냈다.

OPC 서버는 SIMATIC NET 소프트웨어를 가지고 구성하였다. OPC 클라이언트는 실제 설비와 같은 역할을 하는 가상 센서에 의한 출력이 포함된 델미아 오토메이션에 의해 수행되었다.

### 3.4 삼차원 가상 설비의 개발

가상설비는 실제 설비를 대체하기 위해 다음과 같은 역할을 하여야 한다. PLC(Siemens PLC)는 가상설비의 가상센서로부터 I 신호를 받아 조건을 연산하고, Q 또는 M 신호를 가상설비에 전달한다. 가상설비는 PLC의 Q 신호에 의해 내부로직의 모사에 따라 거동하고 부착된 가상 센서의 감지에 의해 I 신호를 다시 PLC에 전달한다.

부가적으로 HMI는 두 가지 역할을 담당한다. 가상설비와 PLC가 주고받는 신호의 모니터링과 PLC가 가상설비로부터 받는 신호 이외의 수동 조작의 역할을 한다.

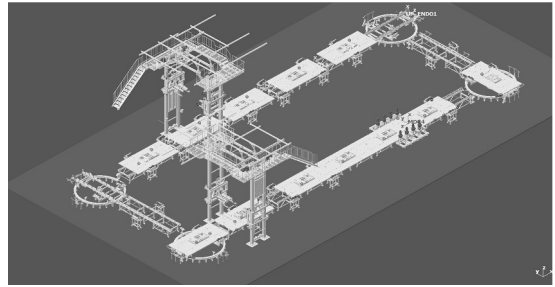
가상 설비의 개발을 위한 단위 장비의 입출력을 결정하기 위해 PLC 프로그램으로부터 심볼 태그들을 추출하고 이를 기반으로 초기 단위 장비의 입출력 단자를 결정하였다.

PLC 프로그램에 의해 동작되는 가상 설비의 개발을 위하여, 각각의 부속 기기는 실제의 특성을 나타낼 수 있도록 액추에이터 역할을 부여하였고, 이를 내부로직 언어를 통해 실제 설비의 거동을 가상 설비의 거동으로 모사하였다.

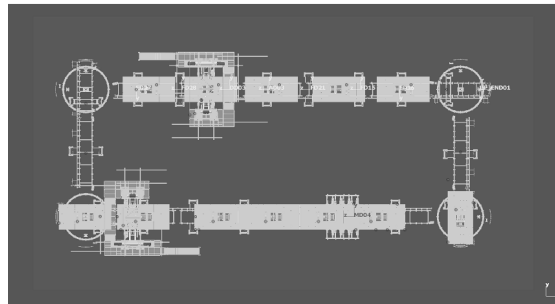
가상 액추에이터에는 모터, 실린더, 솔레노이드 등의 역할을 모사했으며, 입력 센서는 포토 센서, 리미트 센서, 근접 센서로 구성하고, HMI의 스위치는 복잡한 거동의 조건과 신호의 모니터링에 주안점을 두어 푸시버튼 스위치와 라이트로 구성하였다. 각각의 입출력 요소들은 가상 명령 언어의 각 요소로 구성되어지며, PLC의 출력 값과 연결이 가능한 단자를 가진다. 예를 들면 모터라는 객체 특성을 상속 받아 동일한 로직으로써 여러 개의 모터를 구성할 수 있으며, 각각의 모터에는 고유의 ID가 부여되어, 모터의 객체 특성에 의해 회전력을 가지고 모터와 연결된 물체는 자동으로 동작하게 하였다.

자동차 조립 라인을 그림 5와 같은 가상 설비로 제작하였다. 설계된 설비는 24개 입출력 기기들을 포함하고 있으며, 동작 요구 조건에 맞춰 각각의 설비가 역할을 수행하도록, 정해진 레이아웃에 배치하였다.

이렇게 설계된 물리적 PLC 모듈과 가상 설비는 OPC 규격에 의해 상호 연결되었다. PLC는 OPC 서버를 통해 설비의 입출력 상태를 읽어 올 수 있고, 또한 PLC 프로그



Isometric View



Top View

그림 5. 개발된 삼차원 가상 라인

램 시퀀스에 의한 수행 결과는 OPC 클라이언트에 전달된다. 전달된 PLC의 출력 값은 가상설비에 입력이 되며, 그에 상응한 가상 설비는 동작을 개시 혹은 종료하게 된다. 가상적 자율 동작을 행하는 기기들은, 제어 물체의 이동 변화를 실시간으로 파악이 가능하게 했다.

본 연구에서 시뮬레이션 모델 구성시 애로 사항은 다음과 같았다.

첫째, 실험에 사용된 워크스테이션 성능 이상의 가상센서를 탑재해야 한다.

둘째, PLC 입출력 범위를 각 단위 장비와 내외부 입출력 접점 신호에 따라 분석해야 한다.

셋째, 외부 아날로그 신호에 의한 메인 드라이버의 가변 이동량이 구현되어야 한다는 점이었다.

삼차원 가상센서는 두 개의 삼차원 데이터간의 상호 간섭 부위를 아주 짧은 시간에 계산하여야 하기 때문에 하드웨어의 제약이 많다. 사전 테스트에서 사용된 워크스테이션의 성능으로는 약 40개 정도의 가상센서 밖에 사용할 수 없었으며, 이를 해소하기 위해 내부로직 언어를 이용하여 하나의 가상설비 상에서 파트의 위치 센서들은 한 개의 재석단(파트 확인단) 가상센서으로써 다수의 가상센서 역할을 하도록 로직을 개발하였다.

PLC 프로그램에는 가상설비의 각 단위 장비에 대한 입출력과 더불어 적용 라인의 두 대의 PLC 사이에 주고 받는 내부 접점, 적용 라인 이외의 연결되는 라인과 주고 받는 외부 접점, HMI와 같은 연결된 기기에서 명령을 받는 외부 접점 신호들이 추가적으로 필요하였다. 이것은 PLC 시뮬레이션 모델 구성 이전에 분석이 완료되었다.

메인 드라이버는 부품의 생산량에 따라 HMI의 지령에 의해 이동 속도가 가변적으로 조절되게 했다. PLC 프로그램에서는 아날로그 데이터로 가상설비에 데이터를 전송하며 가상 메인 드라이버에서는 이 데이터를 받아서 해당 모터를 관계식에 따라 구동했다. 이 관계식에 가상설비가 구동하는 가상의 단위 시간을 부여함으로써 가상 속도에 대한 함수를 구현하였다.

#### 4. PLC 시뮬레이션의 구현 결과

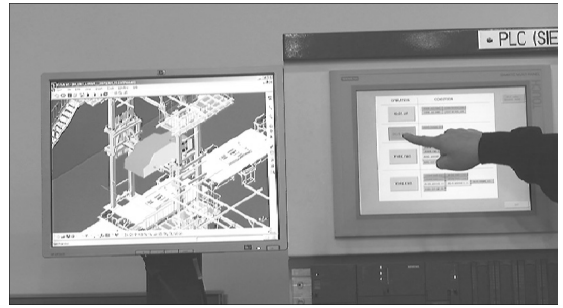
본 연구에서는 자동차 조립 라인의 의장 라인을 대상으로 가상 설비를 설계하였고, 실제 PLC 모듈과 에디터 프로그램, 그리고 가상설비는 서로 링크가 되어 있어, 프로그램에 의해 제어가 될 수 있도록 설계하였다. 이들은 실시간으로 객체들이 연결되어 있어서, 마치 실제 설비가 동작이 되는 것과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

먼저 프로그램에 논리적인 에러가 있는 상태에서 동작을 하였을 경우에 대하여 실험을 하였다. 비상 한계점에 대한 프로그램에 오류가 있었던 경우에는 가상 설비의 플랫폼이 설비 영역을 벗어남을 알 수 있었고, 하드웨어적인 오류가 발생함을 알 수 있었다. 발생한 논리적인 오류를 수정한 프로그램의 경우는 원하는 제어를 얻을 수 있었으며, 안정적인 반응을 보임을 알 수 있었다.

그림 6은 개발된 가상 설비를 이용한 수동 시운전 장면과 자동 시운전을 장면을 보여 준다.

PLC 프로그램의 수정 내용은 표 4와 같다. OPC 심볼 태그 문제는 PLC 프로그램에는 존재하나 신호가 파악되지 못해 설비와 연결되지 못하는 경우 발생한다. 현장 케이블 조치에 관한 문제는 PLC 프로그램의 신호대로 설비와 연결하지 않고 시운전시에 현장에서 바꾸어 연결해서 발생한다.

두 대의 PLC 상호간에 주고받는 신호와 적용 라인 이외의 주변 라인으로부터 주고받는 신호에 따라 인터록이 발생한다. 외부 인터록 문제는 PLC와 가상설비를 연결한 신호 이외의 외부 신호에 의해 설비가 작동하지 못하게 된 것이다. 이는 가상설비 이외에 별도의 내부로직을 구



모의 실험(수동 시운전)

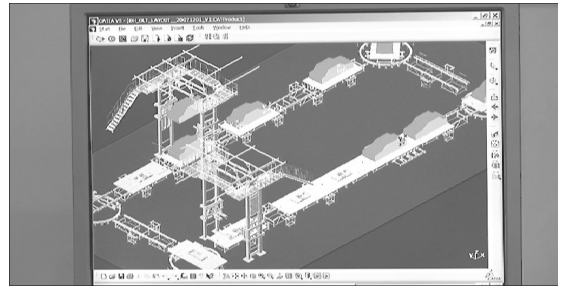


그림 6. 모의 실험(자동 시운전)

표 4. PLC 프로그램 수정 내용

문제점 분류	개선된 부위 횟수
OPC 심볼 태그 문제	4개
현장 케이블 조치	3개
외부 인터록 문제	3개
논리적 순차 문제	22개
센서 위치 수정 문제	3개
전체 수정 부위	35개

성해 두 대의 PLC간의 통신을 연결하고, 외부 신호의 역할을 모사한 내부로직을 추가 구성함으로써 해결하였다.

논리적 순차 문제는 PLC 프로그램의 논리적인 오류로 인해 설비가 오작동한 것이었다. 센서 위치 수정 문제는 설계 단계에서 배치한 센서 위치대로 현장에서 배치를 하지 않아 발생한 논리적 오류였다.

본 연구에서 사용한 툴에서는 PLC 하드웨어와 적용 기계를 소프트웨어적으로 구현해 주며, 작성된 PLC 프로그램에 따라 이 기계가 동작될 수 있도록 하여 손쉽게 오류 검사가 가능하게 하였다. 작성된 PLC 프로그램을 기준으로 가상 설비를 제어하기 위하여 먼저 OPC 서버 구축을 위한 PLC 태그를 규격에 따라 조정하고, 구축된 가상 설비가 PLC 프로그램에 의하여 유기적으로 제어가 이

루어지는가를 시험하였다.

본 연구에서 구현된 삼차원 가상 설비는 아래와 같은 특징을 가지고 있다.

- 24개의 단위 장비로 모듈화 및 템플릿 데이터를 구축했다.
- 센서 감지 타입의 Friction 컨베이어 로직을 개발했다.
- HMI의 아날로그 신호에 의한 주컨베이어의 가변 이동량을 구현했다.
- 2대의 PLC와 HMI 신호 연결을 통한 가상 설비 모니터링 및 시운전을 구현했다.
- 일반 컴퓨터 성능 수준에서 약 140개의 가상 센서 구현 및 동시 신호 처리 로직을 개발 했다.

실험의 결과 구현된 PLC 프로그램에서 총 35개의 부분에서 문제가 발생함을 사전에 알 수 있었고, 이는 삼차원 가상 설비를 이용한 PLC 프로그램 검증이 실효성이 있음을 보여 주었다.

본 연구에서 개발된 가상의 각 단위 장비들은 독자적으로 PLC와 통신을 할 수 있어 유사한 다른 생산라인에 직접 재사용이 가능하며, 각 단위 장비의 로직을 유사 장비에 로딩함으로써 개선 또는 재개발 할 수도 있어 그 활용도가 매우 크다.

기존 산업 현장의 오프라인 시운전 프로세스는 프로세스 정의, 기계 설계와 제어 설계, 제작, 설치, 시운전, 품질 검증, 생산의 과정으로 이루어져 왔다. 본 연구에서 개발된 PLC 검증 시스템이 자동차 산업에 본격적으로 적용된다면, 첫째, 설치 이전의 제작 단계에서 제어 설계와 더불어 시운전을 수행할 수 있고 결과적으로 그림 7에서 보는 바와 같이 생산 단계의 일정을 단축시킬 수 있다. 통상의 시운전 시간은 설비의 설치 후 약 2달간의 기간이 소요되나 본 시스템을 실제 적용하여 본 결과 적어도 1달 이상의 일정을 감소시켰다. 둘째, 시운전시 발생하는 설비의

파손과 더불어 양산시 발생하는 설비의 파손에 대한 비용을 환산한다면 본 시스템의 경제적인 효과는 매우 크다. 셋째, OPC 규격을 통해 소수의 엔지니어가 다양한 제조사의 PLC를 운용 및 검증하고, PLC 엔지니어 양성 시일을 매우 단축시킨다.

본 연구의 결과는 향후 PLC 검증 시스템 구축에서 그 기준을 마련하는데 도움을 줄 수 있다. 유효한 데이터 용량 파악과 가상 센서를 통한 원활한 접점수를 파악함으로써 하드웨어, 소프트웨어 성능에 따른 검증 시스템의 규모에 대한 기준을 마련할 수 있으며, 가상 단위 장비 표준화와 PLC 프로그램 표준화 규정을 마련함으로써 가상 설비 구축 시간 단축을 위한 표준화 방안을 모색할 수 있을 것이다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 물리적인 적용 설비가 필요 없이 PLC 프로그램들에서 발생할 수 있는 논리적인 오류를 검색하며, 수정 및 실행이 가능한 가상 PLC 검증 시스템을 실제 생산 현장에서 사용할 수 있도록 구현하였다.

자동차 조립 라인의 테스트 라인을 실험 모델로 삼아 분석된 데이터를 기초로, 원하는 설비 제어를 위한 능동적인 가상설비를 개발하였다. PLC의 설비별 입,출력 태그의 기준을 마련함으로써 개발된 가상설비들을 OPC 표준 프로토콜을 통해 PLC 모듈에 연결하여 검증하였다. OPC 표준을 통해 이종의 PLC를 검증하는 것이 실제 산업 현장에서 매우 유용함을 확인하였다.

PLC 시뮬레이션은 가상명령(Virtual Commissioning) 솔루션을 이용하여 실험하였으며, 그 결과 PLC 프로그램에서 발생되었던 오류는 가상 설비와의 실험적 검증을 통하여 해결되었다. 이는 PLC 프로그램의 질적 향상으로 이어져 2억 원의 예상 설비 투자비용 절감과 약 1개월의 테스트 시간을 줄여 주었다.

추후 연구에서는 본 사례를 일반화 할 수 있는 분석적 틀을 보다 정교화 하고자 한다. 한편 가상설비 내부의 로직 개선과 단위 장비의 입출력 범위를 개선하여 더욱 현실성 있는 가상 설비를 구축하여야 하고, 본 연구에서는 구축하지 못한 특수 설비들도 추가 개발하고자 한다. 한편 본 연구는 사례 연구로 성능 향상에 대한 수치 결과가 한 사업장의 개선 효과에 국한되어 있는 한계점이 있다. 또 성능 평가를 위해서는 기존 방법 및 시스템과의 비교 연구가 필요하나 비슷한 연구를 발견하기 어렵고 현장에

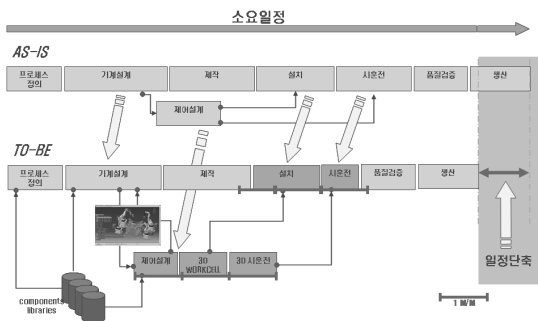


그림 7. 가상 PLC 검증 시스템에 의한 업무 프로세스의 개선

직접 적용한 예도 드물어, 개발 시스템에 대한 비교 연구를 위한 성능 평가 방법이 추후 연구, 개발되어야 한다.

### 참 고 문 헌

1. 문용선, 이명복, 김동권, 정철호, “Profibus와 인버터를 이용한 공기량 제어시스템 구현”, 제어자동화시스템공학, 9(10), 2003년.
2. 이철수, “IEC 61131-3 표준을 따른 PC용 소프트웨어 PLC의 개발”, 한국공작기계학회, 11(1), pp. 61-69, 2002년.
3. 정현, 곽재영, 김원배, “가상 PLC 에뮬레이터 개발”, Journal of KIIEE, 12(4), pp. 14-19, 1998년.
4. BYOUNGKYU CHOI, BUMCHUL PARK and HO YEOL RYU, “VIRTUAL FACTORY SIMULATOR FRAMEWORK FOR LINE PROTOTYPING”, Journal of Advanced Manufacturing Systems, Vol. 3, No. 1, pp. 5-20, 2004.
5. Chang Mok Park, Sangchul Park and Gi-Nam Wang, “Control logic verification for an automotive body assembly line using simulation”, International Journal of Production Research, 2008.
6. DELMIA Automation V5 R17 Online Documents, Dassault Systems, 2007.
7. H. HIBINO, T. INUKAI and Y. FUKUDA, “Efficient manufacturing system implementation based on combination between real and virtual factory”, International Journal of Production Research, Vol. 44, Nos. 18,19, 15, pp. 3897-3915, 2006.
8. “OPC Specifications”, OPC Foundation (<http://www.opcfoundation.org/>)
9. SHIHSEN PFNG and MFNGCHU ZHOUI, “Sensor-based stage Petri net modelling of PLC logic programs for discrete-event control design”, International Journal of Production Research, Vol. 41, No. 3, pp. 629-644, 2003.
10. SIMATIC STEP7 User’s Manual V5.4, SIEMENS, 2005.



**배 성 훈** (tems4@gotems.co.kr)

2006~2007 울산대학교 자동차 선박기술대학원  
2003 현재 TEMS 연구원

관심분야 : 제조모델링&시뮬레이션,



**김 연 민** (ymkim@mail.ulsan.ac.kr)

1979 서울대학교 산업공학과 학사  
1981 한국과학기술원 경영과학과 석사, 박사  
1993 미국 Ohio 주립대학 경영과학과 객원 교수  
2002 미국 Alabama Auburn 대학 산업공학과 객원교수  
현재 울산대학교 산업경영공학부 교수

관심분야 : 생산전략, 기술경영, 시뮬레이션