

Mobile-based Educational PLC Environment Construction Model

Seong-Hyun Park*

*Ph.D, Dept. of Computer Engineering, Kongju National University, Chungnam, Korea

[Abstract]

In this paper, we propose a model that can convert some of the simulation program resources to a mobile environment. Recently, smart factories that use PLCs as controllers in the manufacturing industry are rapidly becoming widespread. However, in the situation where it is difficult to operate due to the shortage of PLC operation personnel, the actual situation is that a platform for PLC operation education is necessary. Currently most PLC-related educational platforms are based on 2D, which makes accurate learning difficult and difficult. When a simulation program is applied to distance learning in a general PC environment, many elements are displayed on the monitor, which makes screen switching inconvenient. Experiments with the proposed model confirmed that there was no frame deterioration under general circumstances. The average response time by the request frame was 102 ms, and it was judged that the learner was not at the level of experiencing the system delay.

▶ **Key words:** PLC, Virtual Simulation, Education Software, Middleware, Distance Learning

[요 약]

본 논문에서는 시뮬레이션 프로그램 리소스의 일부를 모바일 환경으로 전환시킬 수 있는 모델을 제안한다. 최근 제조업에서 PLC를 컨트롤러로 사용하는 스마트 팩토리가 급속하게 확산되고 있다. 그러나 PLC 운영 인력의 부족으로 운영에 대한 어려움을 겪고 있는 상황으로, PLC 운영 교육에 대한 플랫폼이 필요한 실정이다. 현재 PLC와 관련된 대부분의 교육 플랫폼들은 2D를 기반으로 하고 있어 정확한 학습이 어렵고, 일반적인 PC 환경에서 시뮬레이션 프로그램들을 원격 교육에 적용하면, 모니터 상에 많은 요소가 표현되어 화면 전환이 불편하다. 제안 모델의 실험 결과 일반적인 상황에서 프레임 저하가 없다는 것이 확인하였고, 요청 프레임에 따른 응답 시간은 평균 102ms 으로 학습자가 시스템 지연을 체감할 수준은 아닌 것으로 판단하였다.

▶ **주제어:** PLC, 가상 시뮬레이션, 교육용 소프트웨어, 미들웨어, 원격 교육

• First Author: Seong-Hyun Park, Corresponding Author: Seong-Hyun Park
*Seong-Hyun Park (a94270816@gmail.com), Dept. of Computer Engineering, Kongju National University
• Received: 2021. 12. 06, Revised: 2021. 12. 30, Accepted: 2021. 12. 31.

I. Introduction

최근 교육 분야에서는 온라인 교육과 같은 변화와 디지털 기술 향상으로 인하여 교수자와 학습자들의 사고방식과 정보습득에 대한 인식이 변하고 있고, 온라인 교육의 중요성이 더욱 확대되고 있다[1]. 그러나 온라인 교육과 관련된 학습은 자원의 불충분할 수 있고, 학습자들의 활동 설계 측면에서도 어려움이 존재할 수 있기에[2], 대학의 교육에서는 전통적인 대면 교육의 보완이 가능한 온라인 교육이 적용되어 운영되어야 하며[3], 네트워크를 통한 온라인 교육은 대면 학습의 한계를 보완할 수 있어 사회 변화의 요구를 충족할 수 있다[4]. 따라서 디지털 콘텐츠의 효과적인 제작과 개발을 통하여 온라인 교육에 적용하고, 빅데이터, 인공지능, 스마트 팩토리과 같은 디지털을 기반으로 시뮬레이션 교육용 콘텐츠를 활용해야 한다. 최근 가상현실과 관련된 의료 분야에서는 적극적으로 시뮬레이션을 통한 교육 연구가 이루어지고 있는 상황이다[5]. 가상의 학습 환경은 대표적인 교육방법 중 하나로서, 교육 자료의 제공이 원활하며, 학습 과정에서 의사소통이 쉽게 이루어질 수 있어 고등 교육에서 널리 사용되고 있다[6]. 웹 표준의 발전으로 가상의 시뮬레이션을 통한 교육은 원격 및 전기전자 학습에 대한 다양한 방법이 실제 구축되어 사용되고 있고, 시간이나 자원이 부족할 수 있는 연구자, 강 의자 및 학습자들에게 많은 도움을 주고 있다[7]. 제품을 생산하는 제조업에서는 산업용 제어기, 사물 인터넷, 통신 장비와 같은 IT 기술의 급속한 발전으로 제어신호와 센서 등의 데이터를 통하여 많은 생산 시스템들이 자동화 되고 있는 상황이고[8], 대부분의 산업체들이 PLC(Programmable Logic Controller) 기반의 스마트 팩토리 도입에 대한 검토와 보급이 확산되고 있으며, 이를 기반으로 생산 자동화 시스템을 통하여 제품 생산이 되고 있다. 그러나 다품종 소량 생산 방식이 확산됨에 따라 자동화 시스템을 자주 변경해야 하는 일이 발생하며, 시스템을 운영해야 하는 인력이 부족한 상황으로, PLC와 같은 자동화 시스템의 운영이 가능한 인력 양성 교육 플랫폼이 필요한 실정이다[9]. PLC 교육은 학습 자료를 기반으로 다양한 교육 방법을 통하여 학습자들에게 프로세스의 개념과 기술 개발에 대한 학습이 필요하며, 이를 위하여 적극적인 참여를 유도해야 한다 [10]. 그러나 일반적으로 교육용 PLC와 관련된 대부분의 플랫폼들은 2D로 구현되어 있어 학습의 효율을 향상시키기 어렵다는 단점을 가지고 있기에[11], 가상현실을 접목한 교육용 실습 기자재와 시스템을 대체할 3D 시뮬레이션 기반의 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 PLC 학습

과 관련된 시뮬레이션 프로그램을 모바일 환경과 연동하여 일반적으로 컴퓨터 화면에 표현되는 프로그램의 수를 감소시켜 빠른 화면 전환이 가능한 모델을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련연구인 가상 시뮬레이션 교육과 PLC 교육에 대하여 기술하고, 제 3장에서는 제안 모델 구성, 접속 프로세스, 프로토콜 구성, 미들웨어, 시뮬레이터의 주요 구성에 대하여 기술하고, 제 4장에서는 제안 모델의 실험 결과를 기술하며, 제 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

II. Preliminaries

1. Virtual Simulation Education

학습 활동으로서의 시뮬레이션은 여러 분야에서 증가하고 있으며, 일반적으로 시뮬레이션은 다른 시스템을 대신하거나 대표할 수 있는 것으로, 통제된 환경 내에서 기술 및 프로세스 학습과 같은 다양한 연습을 허용하는 목적을 가지고 있다[12]. 시뮬레이션을 통한 교육은 실제로 존재하는 것처럼 유사한 상황을 기반으로 학습자가 학습하고, 인위적으로 조작하여, 발생 가능한 다양한 상황을 교육의 기법이나 기구를 통하여 학습하고, 재현하며, 교육 시뮬레이터에 적용 가능한 것으로, 실제 물리적인 사용 환경과 비슷하게 가상의 형태에서 평가할 수 있다[13]. 또한 시뮬레이션 교육은 유사 상황을 제공하고, 학습자들에게 문제 해결을 요구할 수 있는 훈련 프로그램으로, 여러 요인을 적용하여 학습의 수행이 가능하다[14].

2. PLC Education

일반적으로 기업은 비용 절감을 위하여 혁신 역량 강화에 다양한 노력을 기울이고 있는 상황으로, 특히 제조 시설에서는 원활한 운영을 위하여 많은 역할의 수행이 가능한 인력이 필요하다[10]. 최근 일반적인 생산 라인인 PLC가 주요 컨트롤러의 역할을 하며 자동화 시스템으로 대체되고 있으며, 이에 따라 산업 자동화 시스템을 운영할 수 있는 인력이 더욱 필요해지고 있고, 자동화 기술자로 산업 현장에 진출하기 위하여 PLC 및 자동화에 관련된 역량을 보유해야 한다. PLC 제어 프로그래밍은 숙련도를 개발하기 위하여 실습 경험이 복잡한 인지 기술로서, 성공적인 엔지니어는 자동화되는 프로세스를 제어하고, 문제를 해결하기 위한 PLC 프로그램 작성 방법을 알고 있어야 한다 [15]. 일반적으로 산업 자동화나 PLC 교육의 실습 세션에서 적합한 장치나 교육 키트가 매우 부족하며, 기존의 교

육 키트들은 부피가 크고, 많은 면적을 필요로 하며 이동하기 어려운 단점을 가지고 있다. 그러나 PLC 학습은 산업용 표준 PLC, 마이크로 컨트롤러 및 개인용 컴퓨터를 사용하여 수행할 수 있으며, 디지털 입출력, 아날로그 입출력, 세그먼트 및 기타 시뮬레이션 장치가 장착된 PLC 교육 키트 개발이 이루어지고 있다[16]. 또한 웹을 기반으로 원격실험실과 가상실험실을 통합한 형태의 시스템에 대한 연구가 이루어지고 있는 실정므로, 다음의 [그림 1]은 웹기반의 PLC 실험실 구성도를 나타낸 것이다[17].

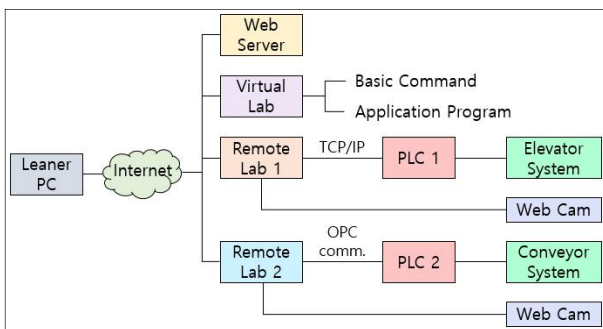


Fig. 1. Web-based PLC Lab. Configuration Diagram

III. The Proposed Scheme

1. Proposed Model Configuration

다음의 [그림 2]는 모바일 환경을 기반으로 하는 PLC 교육용 시뮬레이션 환경을 구축하기 위한 제안 모델의 구성도로서, 크게 2가지로 구성되어 있다.

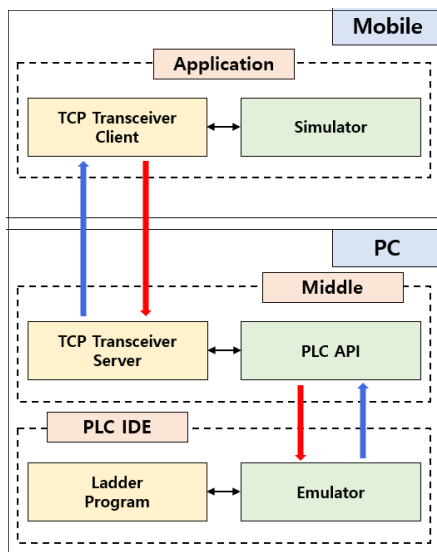


Fig. 2. System Configuration

첫째, PC에서는 PLC 디버깅과 프로그램 작성을 위한 PLC IDE 및 이에 포함되어 있는 에뮬레이터를 기본으로 사용한다. 각 PLC 제조사로부터 공급받는 PLC IDE는 애플리케이션으로서 Ladder 프로그램 작성과 에뮬레이터를 통해 작성한 프로그램을 가상의 PLC CPU에 다운로드 한다. 또한 PC에는 PLC API를 통하여 에뮬레이터의 수치 데이터 및 입력/출력 신호 데이터를 전달받을 미들웨어를 구성하였다. 미들웨어는 사용자가 선택한 데이터를 에뮬레이터로부터 가져와 저장하며, 클라이언트 측의 요청에 따라 TCP 서버를 통하여 저장된 데이터를 송신하거나 에뮬레이터에 데이터를 송신하는 역할을 한다. 둘째, 유니타를 기반으로 가상의 설비를 3D 시뮬레이션 모바일 환경으로 구성되어 있다. 시뮬레이션 교육용 프로그램에서는 PLC의 출력 신호에 응답할 모터, 램프, 실린더와 같은 액추에이터와 가상 환경 기반의 주변 신호 데이터를 수집하여 보고할 센서로 이루어져 있으며, TCP 클라이언트를 구성하여 입출력 신호를 PLC로 송/수신하고 미들웨어에 포함되어 있는 서버에 데이터 갱신 프레임 요청하고 수신할 수 있는 형태로 구성하였다.

2. Connect Process

다음 [그림 3]은 PLC 교육용 시뮬레이터를 동작하기 위한 접속 구성도로서, 모바일 환경에서 동작이 가능하다.

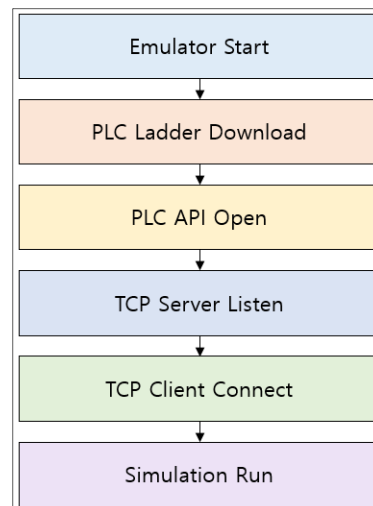


Fig. 3. Connect Process

PLC IDE를 통하여 에뮬레이터의 실행을 완료한 후 학습자가 작성한 Ladder 프로그램을 에뮬레이터에 다운로드 한다. 에뮬레이터에서는 다운로드 된 프로그램의 논리적 신호에 의하여 메모리가 갱신된다. 이후 미들웨어를 실행

행하여 PLC API를 통한 에뮬레이터의 접속과 API의 접속 결과에 의하여 TCP 서버를 Listen 상태로 하여 클라이언트의 접근을 대기한다. 또한 모바일 애플리케이션의 클라이언트로 서버에 접속하며, 접속에 성공할 경우 데이터 공유를 위하여 통신 프레임은 일정한 주기로 송/수신함으로써 시뮬레이터가 구동된다.

3. Protocol Configuration

다음 [그림 4]는 시뮬레이터가 실행되는 모바일 기기와 PLC 에뮬레이터의 신호를 전달할 미들웨어 간에 데이터를 교환을 표현한 시퀀스 다이어그램이다.

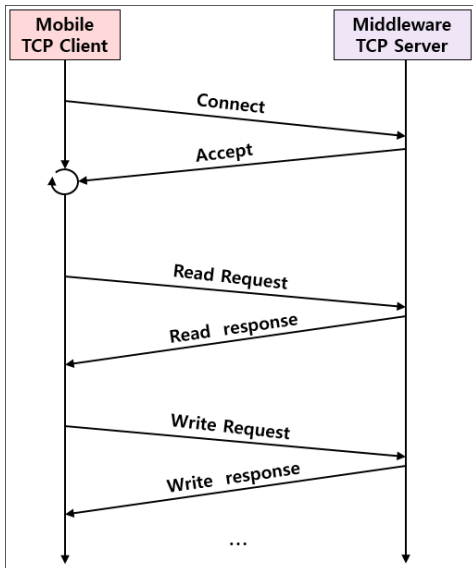


Fig. 4. Communication Sequence Diagram

TCP 클라이언트로 구성된 모바일 환경의 기기는 WAP (Wireless Access Point)로 구성된 내부 인트라넷을 통해 PC 상에 실행중인 미들웨어의 서버에 직접 접속한다. 이후 접속이 완료되면 시뮬레이터 상의 액추에이터 동작을 위해 PLC의 출력에 해당하는 디바이스 정보를 읽기 위한 요청 프레임을 전송한다. 미들웨어는 이를 해석하여 PLC에서 제공하는 API 함수를 호출하고 반환된 데이터를 이용해 응답 프레임을 전송한다. 모바일 기기는 이를 회신 받아 시뮬레이터 상의 액추에이터를 동작 시키며 이때 변화되는 센서를 수집하여 PLC의 입력 디바이스에 결과를 보내기 위한 쓰기 프레임을 전송한다. 다음의 [그림 5]는 디바이스 정보를 주고받기 위한 데이터 프레임 중 디바이스 읽기 프레임 구성을 나타낸 것이다. 읽기 데이터 프레임은 프레임을 식별하기 위한 명령 코드와 접근하기 위한 디바이스 이름 및 주소, 접근하고자 하는 데이터의 길이와

실제 데이터로 구성된다. 디바이스의 주소 및 길이, 데이터는 모두 HEX, ASCII 형태로 구성하였으며, 디바이스 데이터는 PLC에서 기본으로 사용되는 크기인 1 word에 맞게 디바이스 1개소 당 4 byte를 할당하였다. 쓰기 데이터 프레임은 읽기 데이터 프레임의 요청 프레임과 응답 프레임을 서로 반대로 구성하였으며, 명령 코드를 다르게 기입하여 식별이 가능하도록 하였다.

[Request Frame]				
Division	COMMAND	DEVICE	ADDRESS	DATA SIZE
Content	1401 (bit read)	X	0000 ~ FFFF	00 ~ FF
	1411 (word read)	M D		
Size	4byte	1byte	4byte	2byte

[Response Frame]					
Division	COMMAND	DEVICE	ADDRESS	DATA SIZE	DATA(n)
Content	1401 (bit read)	X	0000 ~ FFFF	00 ~ FF	0000 ~ FFFF
	1411 (word read)	M D			
Size	4byte	1byte	4byte	2byte	4byte * (n)

Fig. 5. Read Device Frame

4. Middleware

다음 [그림 6]은 미들웨어 내에 구현된 TCP 서버에서 클라이언트의 요청에 따른 디바이스 정보 갱신을 위한 시퀀스 다이어그램이다.

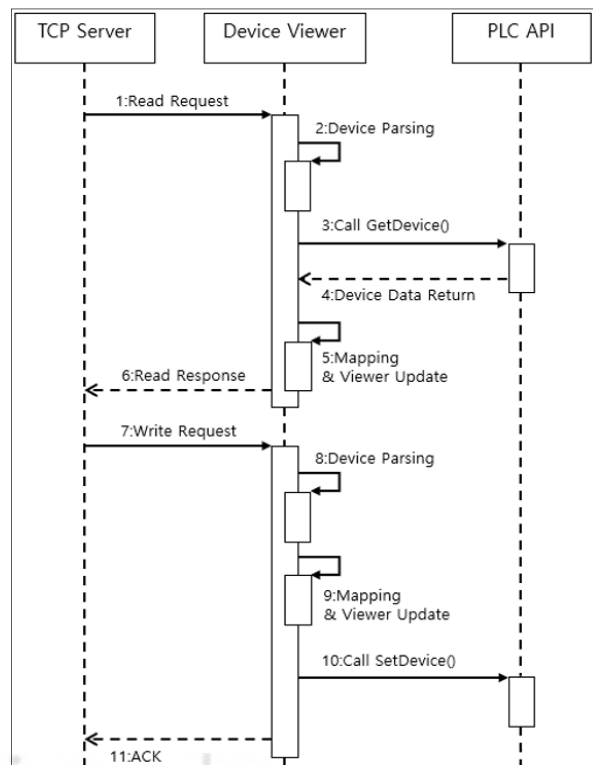


Fig. 6. Middleware Sequence Diagram

TCP 서버는 클라이언트로부터 디바이스 읽기 요청 프레임 수신할 때마다 수신 받은 메시지를 디바이스 정보를 맵핑하고 있는 디바이스 뷰어로 전달한다. 디바이스 뷰어는 수신 받은 메시지를 해석하여 이에 맞는 PLC API의 함수를 호출하여 디바이스의 정보를 갱신한다. 이어서 회신 받은 정보를 메모리에 맵핑하고 이를 램프 형태로 표시하여 학습자가 이를 인식할 수 있도록 제공한 후 응답 프레임을 생성하여 클라이언트에 전달한다.

5. Simulator

다음의 [그림 8]은 모바일 기기 내에 구현된 자동화 설비 시뮬레이터의 주요 구성 요소에 대한 클래스 다이어그램이다.

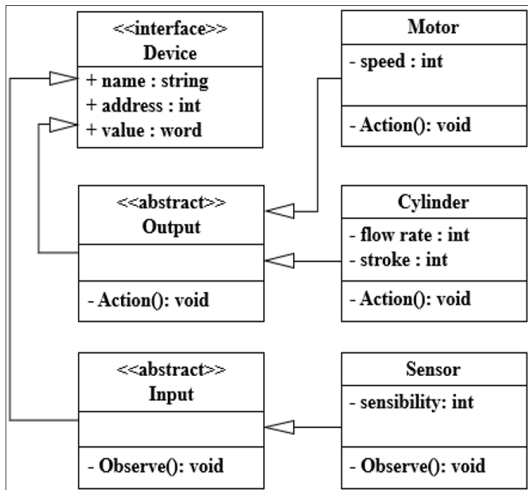


Fig. 7. Equipment element class diagram

자동화 설비를 이루는 요소는 전기 신호를 받아 움직이는 출력 장치와 외부 환경 변화를 감지하여 전기 신호로 전달하는 입력 장치로 구성되어 있으며, 이러한 요소는 제어 컨트롤러 마다 특별히 할당된 연결구에 접속하여 전기적 신호를 주고받는다. 특히 PLC에서는 이를 디바이스라고 칭하며, 각 디바이스마다 할당된 고유의 명칭과 주소 및 현재 입력 혹은 출력되는 전기적 신호의 크기를 가지고 있다. 입력과 출력 신호는 이를 추상화한 객체이며 둘의 차이를 살펴보면 출력 신호는 전기 신호 크기의 변화에 따라 동작하며, 입력 신호는 외부의 환경 변화를 관찰하여 이를 전기 신호의 크기로 환산한다. 또한 자동화 설비의 입력과 출력 요소는 그 종류에 따라 동작하는 형태와 변환하는 공식이 서로 상이함으로 이를 상속받아 개별 구현하도록 클래스를 구성하였다.

IV. Results and Discussion

제안 모델의 실험을 위하여 국가기술검정자격 중 PLC의 프로그래밍 능력을 파악할 수 있는 생산자동화 산업기사 실기 시험 검정에 사용되는 MPS 시스템을, 다음의 [그림 8]과 같이 유니티를 활용하여 모바일 기기에 구현하였다.



Fig. 8. Mobile-based Simulator Screen Configuration

다음의 [그림 9]는 미들웨어 UI 스크린 구성 화면으로서, 모바일 기기의 신호를 PLC 에뮬레이터에 전달하고 현재의 동작 상태를 학습자에게 표시하기 위한 것이다.



Fig. 9. Middleware UI screen configuration

실험에 사용된 시뮬레이터의 설비는 디지털 입력 16점 및 디지털 출력 16점으로 각각 1 word씩 총 2 word를 할당하였고, 아날로그 신호는 서보 모터를 기동하기 위해 입력 8 word와 출력 32 word로 신호를 구성하여 최종 입력 9 word와 출력 33 word를 공유하도록 하였다. 실험에 사용된 모바일 환경의 프로세서는 쉘컴 스냅 드래곤 865+ SM88250이며, RAM 8 MB가 탑재된 기기를 사용하였으며, PLC 에뮬레이터 및 미들웨어는 CPU i5-7600, 그래픽 GTX 1060, RAM 16MB로 구성된 PC 환경에서 구동하였다. 실험은 유니티에서 기본 제공하는 프로파일러를 이

용하여 작성한 스크립트를 통해 시뮬레이터 구동 후 50분 간 매 1초마다 프레임을 측정하였으며, 또한 미들웨어에 요청한 프레임에 대해 응답 프레임이 수신될 때 마다 응답 시간을 측정하였다. 다음의 [표 1]은 제안 모델의 구동 결과를 정리한 것이다.

Table 1. Proposed Model Running Result

Item	Measured Value
Average Frame	60 fps
Maximum Frame	62 fps
Minimum Frame	48 fps
Average Response Time	102 ms
Maximum Response Time	167 ms
Minimum Response Time	101 ms

실험 결과에서 평균 프레임은 유니티에서 고정 프레임 주기로 지정한 60 fps와 같은 수치를 보였다. 이것은 일반적인 상황에서 거의 프레임 저하가 없다는 것을 의미하고 있다. 학습의 시간이 경과함에 따라 약간의 발열 및 간헐적인 프레임 저하가 일어났으나, 평균 프레임에 영향을 미칠 정도는 아니었다. 또한 요청 프레임에 따른 응답 시간은 평균 102 ms로 다소 느린 응답을 보였으나, 이는 PLC 에뮬레이터의 평균 스캔 시간인 100ms인 것을 감안하면 1~2 ms 정도로 시스템 지연을 학습자가 체감할 수준은 아닌 것으로 판단되었다.

V. Conclusions

최근 산업 현장에서는 PLC 기반의 스마트 팩토리 도입이 화두가 되고 있고, 자동화 시스템을 통하여 제품 생산이 되고 있는 실정이다. 다품종 소량 생산 방식이 확산됨에 따라 자동화 시스템을 자주 변경해야 하는 일이 발생하고 있으며, 이러한 시스템을 운영해야 하는 인력이 부족한 상황으로 PLC와 같은 자동화 시스템을 운영할 수 있는 인력 양성 교육 플랫폼이 매우 필요한 실정이다. 이를 해결하기 위한 가상의 시뮬레이션을 통한 교육은 전자 및 원격 학습에 대한 다양한 방법이 개발되어 사용되고 있어, 시간이나 자원이 부족할 수 있는 연구자, 강의자 및 학습자들에게 많은 영향을 주고 있다. 또한 PLC 교육은 학습 자료를 기반으로 다양한 교육 방법을 통하여 학습자들에게 프로세스의 개념과 기술 개발에 대한 학습이 필요하다. 그러나 일반적으로 대부분의 PLC 교육용 플랫폼들은 2D로 개발되어 사용하기에 정확한 학습이 어렵고, 1대의 모니터에

여러 개의 프로그램을 나타내기에 복잡하며 제대로 된 학습이 어려운 상황이다. 게임 산업의 발달과 컴퓨터와 모바일 AP의 성능이 향상되어, 시뮬레이션 환경을 손쉽게 구축할 수 있는 많은 플랫폼들이 출시되고 있으며, 공장 자동화 시장에서도 스마트 팩토리 이후 각종 시뮬레이터가 출시되고 있다. 본 논문에서는 PLC 학습과 관련된 시뮬레이션 프로그램을 모바일 환경과 연동하여 일반적으로 사용하고 있는 PC의 화면에 모니터링 되는 프로그램의 수를 감소시켜, PC에서만 사용되던 일부 리소스를 모바일로 대체하여 빠른 화면 전환이 가능한 모델을 제안한다. 제안 모델을 통하여 PLC 학습에 적용할 경우 학습자들의 학습 능력이 향상될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구 방향으로는 다양한 가상 시뮬레이션 교육 분야에 적용시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] H. M. Lee, M. S. Kim, "Case Study of Digital Contents for Online Education in College-Focused on Virtual Museum," *Korean Journal of General Education*, Vol. 14, No. 4, pp. 81-96, Aug. 2020. DOI : 10.46392/kjge.2020.14.4.81
- [2] J. W. Do, "An Investigation of Design Constraints in the Process of Converting Face-to-face course into Online Course," *Journal of Education & Culture*, Vol. 26, No. 2, pp. 153-173, Apr. 2020. DOI : 10.24159/joec.2020.26.2.153
- [3] M. E. Kim, M. J. Kim, Y. I. Oh, S. Y. Jung, "The Effect of Online Substitution Class Caused by Coronavirus(COVID-19) on the Learning Motivation, Instructor-Learner Interaction, and Class Satisfaction of Nursing Students," *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 20, No. 17, pp. 519-541, Sep. 2020. DOI : 10.22251/jlcci.2020.20.17.519
- [4] Chiasson, K., Terras, K., Smart, K., "Faculty perceptions of moving a face-to-face course to online instruction," *Journal of College Teaching & Learning (TLC)*, Vol. 12, No. 3, pp. 321-240, Jun. 2015. DOI: 10.19030/tlc.v12i3.9315
- [5] D. L. Han., "Nursing Students' Perception of Virtual Reality(VR) and Needs Assessment for Virtual Reality Simulation in Mental Health Nursing," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 21, No. 8, pp. 1481-1487. Aug. 2020. DOI : 10.9728/dcs.2020.21.8.1481
- [6] McGill, T. J., Hobbs, V. J., "How students and instructors using a virtual learning environment perceive the fit between technology and task," *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 24, No. 3, pp. 191-202, Sep. 2007. DOI : 10.1111/j.1365-2729.2007.00253.x
- [7] Lerro, F., & Marchisio, S., "Preferences and uses of a remote lab

from the students' viewpoint," In 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), IEEE, pp. 854-857, Sep. 2015. DOI : 10.1109/ICL.2015.7318139

- [8] Ghosh, A., Wang, G.-N., Lee, J., "A Novel Automata and Neural Network based Fault Diagnosis System for PLC Controlled Manufacturing Systems," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 139, pp. 1-16, Jan. 2020. DOI: 10.1016/j.cie.2019.106188
- [9] K. S. Seo, J. H. Yun, K. S. Nam, S. G. Kim, "Development of the Educational V-Factory system combining Virtual Reality," *Journal of the Korea Academy Industrial Cooperation Society*, Vol. 19, No. 4, pp. 617-622, Apr. 2018. DOI: 10.5762/KAIS.2018.19.4.617
- [10] Rusimamto, P. W., Nurlaela, L., Sumbawati, M. S., Samani, M., "Development of critical and creative thinking skills to increase competence of PLC programming for electrical engineering education students," In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, Vol. 535, No. 1, pp. 1-7, May. 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/535/1/012005
- [11] W. S. Park, "Development of the Virtual Plant Using Mitsubishi PLC Simulation Unity Game Engine," *Proceedings of the Society of CAD/CAM Conference*, pp. 153-159, Aug. 2015.
- [12] Keskitalo, T., "Students' expectations of the learning process in virtual reality and simulation-based learning environments," *Australasian Journal of Educational Technology*, Vol. 28, No. 5, pp. 841-856, Jul. 2012. DOI: 10.14742/ajet.820
- [13] J. W. Lee, J. Y. Han, D. K. Na, K. N., "Development of Supportive Device Design for Artificial Hand Based on Virtual Simulation," *Journal of Digital Convergence*, Vol. 15, No. 10, pp. 455-465, Oct. 2017. DOI : 10.14400/JDC.2017.15.10.455
- [14] Dieker, L. A., Rodriguez, J. A., Lignugaris/Kraft, B., Hynes, M. C., & Hughes, C. E., "The potential of simulated environments in teacher education: Current and future possibilities," *Teacher Education and Special Education*, Vol. 37, No. 1, pp. 21-33, Dec. 2013. DOI: 10.1177/0888406413512683
- [15] S. J. Hsieh, "Design and Preliminary Evaluation of Portable Kit for Programmable Logic Controller Education," *122nd ASEE Annual Conference & Exposition*, pp. 1-9, Jun. 2015. DOI: 10.18260/p.23797
- [16] Yousif I. Al Mashhadany, "Design and Implement of a Programmable Logic Controller (PLC) for Classical Control Laboratory Intelligent Control and Automation," Vol. 3, No. 1, pp. 44-49, Jan. 2012. DOI:10.4236/ica.2012.31006
- [17] E. Han, S. M. Park, S. E. Hong, "Design and Implementation of Web-based PLC Laboratory Industrial Automation Training," *Journal of the Korea Academia- Industrial Cooperation Society*, Vol. 11, No. 1, pp. 101-106, Jan. 2010. DOI:/10.5762/KAIS.2010.11.1.101

Authors



Seong-Hyun Park received the B. S. degree in College of Arts and Music from Chungnam National University, Korea in 2017. The M. S. and Ph. D. degrees in Computer Engineering from Kongju National

University, Korea, in 2017, 2020. He is currently a teaching in the Department of Computer Science & Engineering, Kongju National University. He is interested in computer music, convergence Education. and Real Time System and Management and Cloud computing and Communication.