

# 스마트 제조기술을 위한 테스트베드 구축에 관한 연구

조춘남 

한국폴리텍대학교 홍성캠퍼스 전기과

## A Study on Building a Test Bed for Smart Manufacturing Technology

Choon-Nam Cho

Department of Electric Engineering, Korea Polytechnic Colleges (Hongseong Campus), Hongseong 32244, Korea

(Received August 30, 2021; Revised September 9, 2021; Accepted September 10, 2021)

**Abstract:** There are many difficulties in the applications of smart manufacturing technology in the era of the 4th industrial revolution. In this paper, a test bed was built to aim for acquiring smart manufacturing technology, and the test bed was designed to acquire basic technologies necessary for PLC (Programmable Logic Controller), HMI, Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI) and big data. By building a vehicle maintenance lift that can be easily accessed by the general public, PLC control technology and HMI drawing technology can be acquired, and by using cloud services, workers can respond to emergencies and alarms regardless of time and space. In addition, by managing and monitoring data for smart manufacturing, it is possible to acquire basic technologies necessary for embedded systems, the Internet of Things, artificial intelligence, and big data. It is expected that the improvement of smart manufacturing technology capability according to the results of this study will contribute to the effect of creating added value according to the applications of smart manufacturing technology in the future.

**Keywords:** Smart manufacture, PLC, Cortex-m, Raspberry pi, IoT, HMI

### 1. 서론

제4차 산업혁명이 진행되면서 우리나라의 중소기업은 대기업에 비해 상대적으로 필요한 인적 자원과 물적 자원이 제한되어 있어 불확실한 외부환경 변화에 대응이 느리고 특히 소상공인의 경우 자본, 매출액, 인적 자원이 적고 정보공유가 부족하여 외부환경에 대한 대응 전략이 불확실한 측면이 있다 [1].

정부에서는 스마트 제조사업과 관련하여 소상공인을 위

한 지원사업으로 2019년도 2,000만 원 미만 초기 구축단계의 경우 100% 정부에서 지원하고 구축비용의 30%까지 지원을 하였다. 2020년도 기준 신규구축비용의 50%를 정부에서 지원하였으며 2021년도 구축비용의 50%까지 정부에서 지속적으로 지원을 실시하고 있다. 이와 같이 정부는 스마트 제조 지원사업을 다각도로 추진하고 있지만 국내 기업의 93.7%인 소상공인은 정부지원사업기준과 연계성이 부족하여 실질적으로 지원받지 못하고 있어 제4차 산업혁명 시대에 소상공인은 대기업 및 스타트업에 비해 스마트 제조 적용에 다양한 애로사항을 가지고 있다. 독일정부의 경우 제4차산업혁명의 인더스트리 4.0 정책의 성공요인으로 직원의 역량을 가장 중요한 요인으로 꼽고 있다 [2]. 그러므로 정부의 지원사업과 더불어 소상공인의 객관적인 기술 역량 향상을 위한 현실적인 접근이 필요하다. 따라서

✉ Choon-Nam Cho; [cho4593@kopo.ac.kr](mailto:cho4593@kopo.ac.kr)

Copyright ©2021 KIEEME. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 논문에서는 스마트 제조기술을 습득할 수 있도록 테스트베드를 구축하여 PLC (programmable logic controller), HMI (human machine interface), 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 및 빅데이터 등에 필요한 기반기술 등을 습득할 수 있도록 스마트 제조를 위한 테스트베드 구축에 관하여 연구하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 시스템 제어기 구성

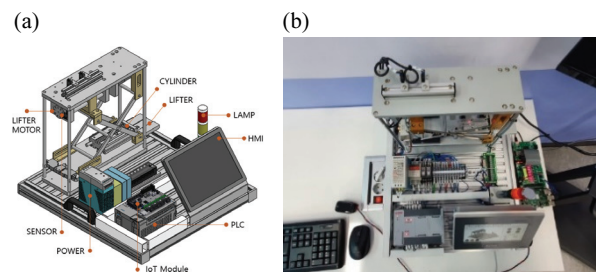
소상공인을 위한 경제적인 스마트 제조기술을 습득할 수 있도록 테스트베드의 시스템 제어기를 그림 1과 같이 구성하였다. 시스템 제어기의 주요 구성 요소의 선택 이유와 역할에 대하여 표 1에 나타내었다.

그림 1에서와 같이 PLC 제어기는 국내 제조 제품 중 가장 많이 판매되는 LSIS의 XGB (XEC-DR20SU) 제품을 사용하였다. AC 100~240 V 전원, DC 24 V 입력 12점, 릴레이 출력 8점으로 구성되어 있다. 옵션으로 최대 7대까지 증설이 가능하도록 선택하였다. HMI는 경제적인 Schneider Electric 사의 Pro-face의 GP4000E 시리즈 모델을 사용하였다.

PLC 제어기에서 받은 디바이스 상태정보와 심박센서 (SZH-HWS001)에서 받은 작업자상태 정보를 라즈베리파이로 전달해 주는 역할을 하도록 산업현상 실무인재 양성을 위하여 임베디드 시장에서 가장 대중적으로 사용되는 Cortex-M4를 사용하였다. Cortex-M4는 다양한 확장성과 저비용의 장점이 있으며 최소형, 최저전력의 제어장치 MCU에 최적화되어 있다 [3]. 또한 온습도센서(DHT11)를 활용하여 현장 상태를 확인하고, 웹과 연결하여 현지상태를 기상청 API를 활용하도록 하였다. Cortex-M4 보드에서 전달받은 작업자 및 디바이스상태를 모니터링 하기 위하여 UI를 구성하였다. Raspberry-Pi는 라즈베리파이 제단이 만든 저가형 소형 컴퓨터로 센서나 카메라 등을 쉽게 연결할 수 있는 하드웨어 구조를 가지고 있고 센서들로부터 읽은 데이터를 쉽게 제어할 수 있도록 다양한 라이브러리를 지원하고 있어 임베디드(Embedded)제품 또는 사물인터넷(IoT)장치를 편리하게 개발할 수 있다 [4]. Raspberry-Pi 4 model B를 사용하였으며 1.5 GHz 쿼드 코어 Cortex-A72 CPU, GPU 듀얼코어 VideoCore IV 500 MHz, 메모리는 LPDDR4-2400 SDRAM 2 GB, 기가 바이트 이더넷, Bluetooth, USB 3.0×2, USB 2.0×2, 영상 출력단자 HDMI Type-D×2, 전원포트 USB Type-C를 사용하였다.

**Table 1.** Reason for selecting the controller and its role in the system.

Category	Reason for selection	Role in the system
LSIS PLC	The most popular and universally used PLC in Korea	Test bed sequence control
Cortex M4	Currently, the most widely used ARM-based Cortex M-series MCU in the embedded system field	Collects device and worker status information and delivers it to Raspberry Pi
Raspberry Pi	Supports various application libraries and enables remote access (Web)	Collecting work place and local information and configuring the monitoring UI using the received information



**Fig. 1.** Configuration of the system controller of the test bed. (a) Block diagram of testbed system and (b) phototype appearance for testbed system.

### 2.2 시스템 통신 구성

시스템의 통신구성은 그림 2와 같다. 테스트베드 제어기는 PLC와 RS-232C 통신을 적용한 터치패널로 운용하도록 구성하였다. RS-232 통신은 9개의 port를 통하여 통신하며 3가닥의 신호선(Rx, Tx, GND)을 사용하고 있다. 통신 프로토콜은 스타트 비트와 데이터 비트 및 엔드 비트로 구성되어 아스키코드로 프로그래밍을 하고 있다.

IoT 기반 임베디드 시스템은 작업환경과 작업 조건을 측정한 PLC데이터를 RS-485 통신으로 통합하였다. RS-485 통신은 다수의 컴퓨터 간 즉 N 대 N 통신을 하는 방식으로 반이중 방식을 사용하여 +신호선과 -신호선의 두 가닥 신호선을 사용하여 통신하는 방식으로 두 신호선의 전위차로 데이터를 송수신한다.

통합된 데이터는 UART 통신을 통하여 Raspberry Pi와 통신하여 클라우드 서버로 전송하도록 하였다. UART (universal asynchronous serial receiver and transmitter) 통신은

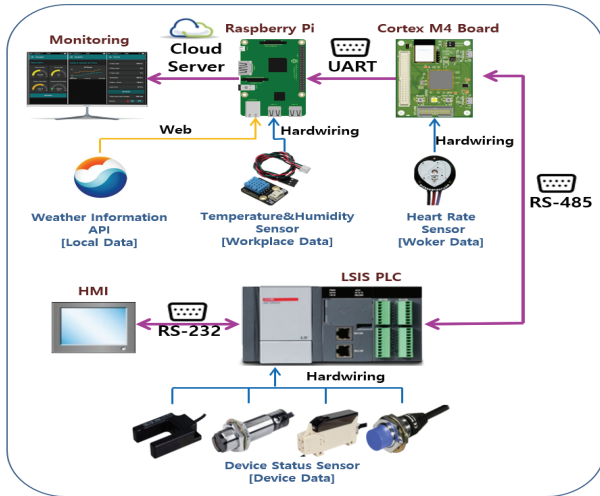


Fig. 2. Communication configuration of testbed system.

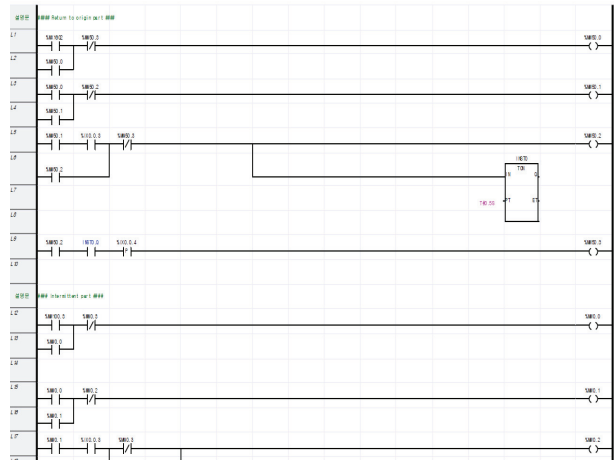


Fig. 3. PLC programming for testbed control system.

Table 2. Each communication setting and system application part.

Category	Communication settings	System application part
RS 232	Use Tx, Rx, GND 3-strand signal lines, data bits 8, stop bits 1, baud rate 38,400	LSIS PLC to Control HMI
RS 485	TRXD+, TRXD- using 2-strand signal line, data bits 8, stop bits 1, baud rate 9,600	LSIS PLC to Cortex M4
UART	Using USB to micro 5pin, data bits 8, stop bits 1, baud rate 115,200	Connect Cortex M4 to Raspberry Pi

외부의 입력신호가 직렬신호의 경우 컴퓨터가 처리 가능한 병렬신호로 변환해 주고 또한 컴퓨터의 출력의 병렬신호를 직렬로 변환하는 역할을 해준다. 각각의 통신설정은 표 2에 나타내었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 PLC-HMI 프로그램 구현

테스트베드는 소상공인들이 자동차 정비센터에서 쉽게 접할 수 있는 차량정비용 리프트로 구축하여 PLC 제어 및 터

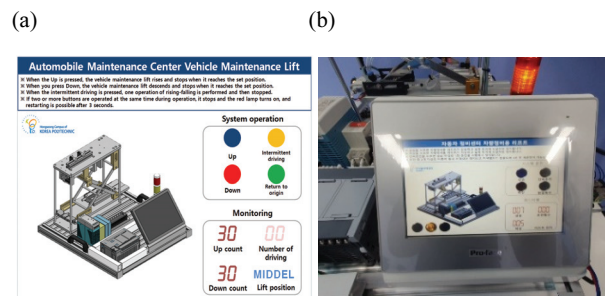


Fig. 4. HMI drawing screen for PLC control (a) block diagram of HMI and (b) execution screen of HMI.

치패널로 운용하도록 하였다. 동작으로는 상승, 하강, 원점복귀, 단속운전기능과 상승, 하강, 운전횟수, 리프트 위치를 관리하도록 하였다. PLC 프로그램은 그림 3에 나타내었다.

상승을 누르면 차량정비용 리프트가 설정위치에 도달하여 정지한다. 하강을 누르면 차량정비용 리프트가 하강하여 설정 위치에 도달하면 정지한다. 단속운전을 누르면 상승-하강의 1회 운전을 수행하고 정지한다. 운전 중 2개 이상의 버튼이 동시에 조작되면 정지되고 적색램프가 점등되며 3초 뒤 재운전이 가능하도록 하였다. 모니터링에는 상승 및 하강 회수와 운전회수 및 리프트위치가 표시되도록 하였다. HMI의 작화화면은 그림 4에 나타내었다. PLC 컨트롤러와 임베디드 시스템과 통신연결을 하기 위한 통신설정은 표 3, 4에 나타내었다.

**Table 3.** Each communication setting and system application part.

	Category	Channel 1	Channel 2
Connection settings	Communication type	RS232C	RS485
	Baud rate	38,400	9,600
	Terminating resistance	Inactive	Inactive
Operation mode		XGT server	XGT server

**Table 4.** Advanced setting-Cnet.

	Category	Channel 1	Channel 2
Connection settings	Data bit	8	8
	Stop bit	1	1
	Parity bit	NONE	NONE
Time setting	Response latency (0~50)(*10ms)	1	1
	Delay time (0~255)(*10ms)	0	0
	Waiting time between characters (0~255)(*10ms)	1	1

**3.2 Cortex-M4 와 라즈베리 간 프로그램 구현**

라즈베리파이와 UART 통신 설정을 위하여 serial port 는 /dev/ttyUSB0으로 하여 baud rate 115,200 bps로 통신하였으며, data bits는 8 Bit로 parity는 none 그리고 stop bits는 1로 설정하였다. 또한 DTR, RTS, CTS, DSR 는 각각 auto로 설정하였다. 라즈베리파이 UART 통신을 통하여 심장 박동수, 장비상태 및 장비운전 횟수 등을 나타 내기 위한 소스코드는 그림 5에 나타내었다.

Flow 기반 클라우드 서비스를 활용하여 정비설비 상태, 작업환경, 작업자 컨디션 데이터에 따른 프로그램과 UI를 구성하여 시간과 공간에 구애받지 않고 긴급 및 알람사항에 대처하여 스마트 제조를 위한 데이터를 관리 및 모니터링할 수 있도록 하였다. 심장박동수, 장비상태 및 장비운전 횟수 등을 나타내기 위하여 모니터링 UI와 라즈베리파이 UART소스 코드는 그림 6에 나타내었다. 동작 결과는 그림 7에 나타내었다.

```

if(htim->Instance == TIM3)
{
    serial_counter++;

    Signal = (int)adc_buff; // read the Pulse Sensor
    sampleCounter += 2; // keep track of the time in mS with this variable
    N = sampleCounter - lastBeatTime; // monitor the time since the last beat to avoid noise

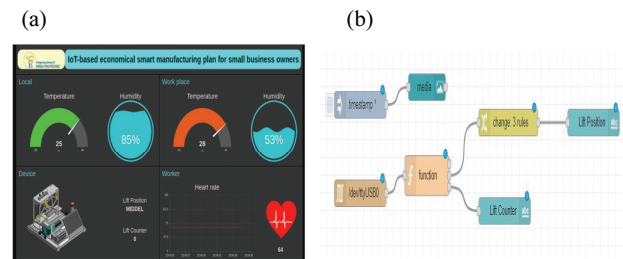
    // find the peak and trough of the pulse wave
    if(Signal < thresh && N > (IBI / 5) * 3)
    { // avoid dichrotic noise by waiting 3/5 of last IBI
        if(Signal < T)
        { // T is the trough
            T = Signal; // keep track of lowest point in pulse wave
        }
    }

    if(Signal > thresh && Signal > P)
    { // thresh condition helps avoid noise
        P = Signal; // P is the peak
    } // keep track of highest point in pulse wave

    // NOW IT'S TIME TO LOOK FOR THE HEART BEAT
    // signal surges up in value every time there is a pulse
    if(N > 250)
    { // avoid high frequency noise
        if((Signal > thresh) && (Pulse == false) && (N > (IBI / 5) * 3))
        {
            Pulse = true; // set the Pulse flag when we think there is a pulse
            digitalWrite(blinkPin, HIGH); // turn on pin 13 LED
            IBI = sampleCounter - lastBeatTime; // measure time between beats in mS
            lastBeatTime = sampleCounter; // keep track of time for next pulse

            if(firstBeat)
            { // if it's the first time we found a beat, if firstBeat == TRUE
                firstBeat = false; // clear firstBeat flag
            }
        }
    }
}
    
```

**Fig. 5.** Source code for displaying heart rate and equipment status through communication with Raspberry Pi.



**Fig. 6.** UI and source code for displaying heart rate, equipment status, and number of equipment operation (a) UI and (b) source code.



**Fig. 7.** Operation result of test bed system.

#### 4. 결론

제4차 산업혁명 시대에 스마트 제조기술의 적용에 많은 애로사항을 가지고 있다. 정부는 스마트 제조 지원사업을 다각도로 추진하고 있지만 국내기업의 93.7%인 소상공인은 정부지원사업기준과 연계성이 부족하여 실질적으로 지원받지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 스마트 제조 기술을 습득할 수 있도록 테스트베드를 구축하여 PLC (programmable logic controller), HMI, 사물인터넷 (IoT), 인공지능(AI) 및 빅데이터 등에 필요한 기반기술 등을 습득할 수 있도록 테스트베드 구축에 관하여 연구하였다. 일반인들이 쉽게 접할 수 있는 차량정비용 리프트를 구축하여 PLC 제어기술과 HMI 작화기술을 습득할 수 있게 하였으며, 클라우드 서비스를 활용하여 시간과 공간에 구애받지 않고 긴급 및 알람사항에 대처하여 스마트 제조를 위한 데이터를 관리 및 모니터링을 함으로써 임베디드 시스템과 사물인터넷 그리고 인공지능 및 빅데이터 등에 필요한 기반기술을 습득할 수 있도록 하였다. 본 연구 결과에

따른 스마트 제조기술 역량 향상이 앞으로 스마트 제조기술의 적용에 따른 부가가치 창출 효과에 기여할 것으로 사료된다.

#### ORCID

Choon-Nam Cho

<https://orcid.org/0000-0003-1568-9448>

#### REFERENCES

- [1] S. H. Sohn, *Asia Pac. J. Small Bus.*, **41**, 151 (2019). [DOI: <https://doi.org/10.36491/APJSB.41.3.8>]
- [2] J. H. Kwon, *Koreanische Zeitschrift fuer Wirtschaftswissenschaften*, **35**, 1 (2017). [DOI: <http://doi.org/10.18237/KDGW.2017.35.4.001>]
- [3] C. N. Cho, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **33**, 326 (2020). [DOI: <https://doi.org/10.4313/JKEM.2020.33.4.326>]
- [4] S. J. Na and J. W. Song, *J. Digital Contents Soc.*, **22**, 737 (2021). [DOI: <http://doi.org/10.9728/dcs.2021.22.4.737>]