

스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드 개발

Development of Embedded Board for Construction of Smart Factory

이 용 민*, 이 원 복**, 이 승 호***★

Yong-Min Lee*, Won-Bog Lee**, Seung-Ho Lee***★

Abstract

In this paper, we propose the development of an embedded board for construction of smart factory. The proposed embedded board for construction of smart factory consists of main module, ADC module, I/O module. Main module is a main calculating device which includes communication part that allows interface with external device with using industrial protocol and is ported operating system makes board operating into. ADC module takes part in transferring digital signal has converted from electrical signal to the main module from the external sensor which is installed on the field. I/O module is an input and output module which transfers to the main module about a status, alarm, command signal of field device and it has a function that blocks external noises from field device with isolation circuit into it. In order to evaluate the performance of the proposed embedded board for construction of smart factory, it has been tested by an authorized testing institute. As a result, quantity of interacting protocol was 5, speed of hardware clock synchronization was under 10us and operating time of battery without source power was over 8 hours. It produced the same result as the world's highest level.

요 약

본 논문에서는 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드의 개발을 제안한다. 제안하는 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드는 메인모듈, ADC 모듈, I/O 모듈로 구성된다. 메인모듈은 주 연산장치로써 임베디드 보드를 구동하는 운영체제가 포팅되어서 외부장치와 산업용 프로토콜을 이용하여 통신할 수 있는 통신부를 탑재하고 있다. ADC 모듈은 필드에 설치되어 있는 센서들의 전기적신호를 디지털로 변환하여 메인모듈로 전달하는 역할을 한다. I/O 모듈은 필드기기의 상태, 경보, 가동명령 등을 전달하기 위하여 외부의 노이즈로부터 차단하기 위한 절연회로를 탑재한 디지털 입출력 모듈이다. 제안된 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과, 프로토콜의 연동개수는 5개, 하드웨어의 클럭 동기화 속도는 10us, 배터리로 구동되는 보드의 동작시간은 8시간 이상으로서 세계최고 수준과 동일한 결과를 산출하였다.

Key words : Smart Factory, Embedded Board, Hardware Clock Synchronization, Operating Time of Battery, Industrial Protocol

* Dept. Electronic Engineering, Hanbat National University

** VISIONTECH

*** Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

E-mail : shlee@cad.hanbat.ac.kr, Tel : +82-42-821-1137

Manuscript received Sep. 2, 2019; revised Sep. 12, 2019; accepted Sep. 16, 2019.

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.

1. 서론

제조공정을 갖춘 산업환경에서는 각 공정별로 설치되어 있는 PLC 등의 필드디바이스의 가동상태, 이상유무, 장비가 동작하고 있는 주변의 환경요인(온도, 습도, 입자의 수등)을 파악하는 것이 대단히 중요하다. 디바이스간에 정보를 수시로 교환하여 장비의 이상상태를 수시로 체크하고 공정이 올바르게 진행되기 위해서 확인해야 하는 수많은 변화 요인들을 실시간으로 모니터링하고 감시하기 위해서는 디바이스간의 실시간 데이터 교환 메커니즘

이 필수로 선행되어야 하고 각 제조사별로 표준의 프로토콜 규격을 준수하여 인터페이스를 해야 하는 상황임에도 불구하고 현재 대부분의 산업공장에서는 이기종간의 인터페이스가 올바르게 되지 않아 전체 시스템 관리에 난항을 겪고 있다[1]. 또한, 대 전력을 사용하는 전동기, 인버터, 드라이브키트 등의 산업용 기기가 발생하는 유도 자기장이 컨트롤러의 통신능성에 영향을 주는 간헐적 발생 노이즈가 공정률에 영향을 주기도 하고 기기의 오작동을 야기하기도 한다. 따라서 본 논문에서는 표준 프로토콜인 OPC UA를 기본으로 탑재하고, 통신 및 신호 송수신장치에 별도로 전원을 구성하고 광커패시터 등과 같은 절연소자를 대부분 채용하고 대용량 배터리를 탑재하여 범 통신성, 항노이즈성, 무전원성을 동시에 갖추도록 하는 임베디드 보드 개발을 목표로 한다.

II. 본론

1. 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드

스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드의 블록도는, 메인 모듈, ADC 모듈, I/O 모듈 및 그 외 기본적인 주변회로 등으로 구성된다. 운영체제를 저장하고 있는 SD 메모리, 디버깅 및 플래시 메모리 프로그램을 위한 JTAG, RS485, CAN, RS232, ethernet, WIFI 등과 같은 산업용 고속 네트워크 환경을 구현하기 위한 통신모듈 등이 포함되어 있다. 장비에 전원이 인가되면 플래시 메모리에 저장되어 있는 리눅스 운영체제가 SDRAM으로 복사되어 운영체제가 구동되고 구동된 운영체제는 사전에 정의되어 있는 스크립트에 의해 산업용 스마트 팩토리용 임베디드 보드 역할을 수행한다[2].

2. 메인 모듈

2.1. 프로세서부

프로세서부는 그림 1과 같이 ARM Cortex-A9 CPU를 사용하여 저전력에 안정적으로 동작하고 속도에 최적화 되어 있는 하드 매크로 시스템을 통하여 강력한 고성능의 시스템 구현을 가능하게 하였다. 512MB DDR SDRAM을 주 메모리로 설계하였고, OS 탑재를 위하여 4GB eMMC flash 메모리를 별도로 구성하였다. 내부에 32KB EEPROM을 탑재하여 주 연산의 속도를 강화하였으며, 리눅스 3.12.10의 최신 버전을 탑재하여 디바이스 드라이버 및 각종 메모리 관리, 스케줄 관리 등에 최적화 되도록 설계하였다[3].

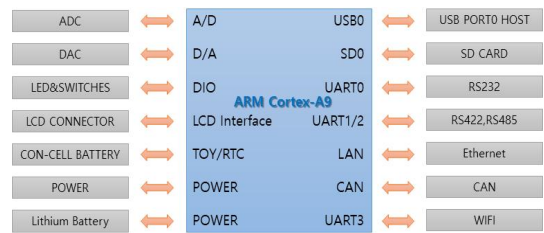


Fig. 1. Block Diagram of Processor Part.

그림 1. 프로세서부의 블록도

2.2. 통신부

통신부는 그림 2와 같이 산업 현장에서 사용되는 다양한 장비들의 통신 모듈을 통합하여 지정된 서버로 전송하기 위한 디바이스의 역할을 수행하기 위하여 TSN 기반 Gigabit Ethernet을 채용하였다. 또한 RS232(D-sub 9pin Male), RS422, RS485를 보드 내에 설계하여 다양한 인터페이스 장치와 호환되도록 하였으며, 산업용 온도 사양(-40℃~+85℃)에 동작할 수 있도록 내구성을 고려하였다. 한편, 외부에서 보드의 상태등을 점검할 수 있도록 하기 위하여 강력한 통신 상태 점검 기능인 debugging mode, ezManager, TELNET을 구현하였다. 다양한 유동 IP 환경에서 사용 가능하도록 DHCP, PPPoE 등을 지원하며 다양한 호스트 연결모드 지원하기 위해 TCP 서버, TCP 클라이언트, UDP를 구현하였다[4].

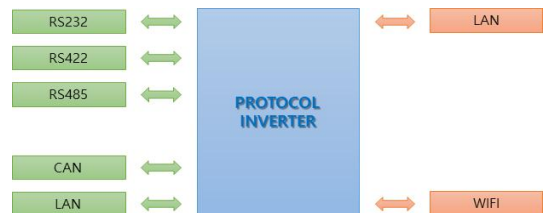


Fig. 2. Block Diagram of Communication Part.

그림 2. 통신부의 블록도

2.3 전원부

전원부는 그림 3과 같이 임베디드 보드에 안정적인 전원을 공급하기 위하여 소스 전원이 제거되는 상황에도 최대 8시간 이상의 동작성을 보장하기 위하여 리튬이온 배터리를 내장하였다. 다른 배터리에 비해 리튬이온이 보다 안정적인 성능을 보장하므로 리튬이온 배터리를 채택하였으며 자주 발생하는 산업현장의 정전상태와 무관하도록 장비의 상태정보를 서버로 전송하기 위해 사용하였다. 소스 전원이 연결되었을 때에는 배터리가 자동으로 충전되며 이를 위해 과 충전 전 보호회로를 탑재하였으며 전원부에서 공급되는 전원은 펠드디바이스 및 통신특성에 맞게 24V, 5V, 3.3V를 공급한다[5].

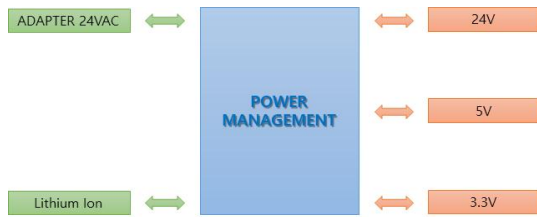


Fig. 3. Block Diagram of Power Part.
그림 3. 전원부의 블록도

3. ADC 모듈

ADC 모듈[6]은 그림 4와 같이 모듈은 필드에 설치된 각종 센서 및 디바이스로부터 프로토콜을 통하여 정보를 교환하는 방식이 아닌 전기적인 신호로 정보를 교환하는 방식의 모듈이다. 따라서 ADC 모듈은 센서의 입력을 위한 ADC 회로와 센서 및 장비에 출력을 보내기 위한 DAC 회로, 그리고 신호를 처리하는 신호처리부로 구분되어 있다. 신호의 입력 및 출력부에는 외부의 노이즈로부터 절연하기 위해 광 커플러, 쇼트키 다이오드 등을 사용하였다. 전류의 입력을 받는 부분에 쇼트키 다이오드를 사용하는 이유는 일반 정류용 다이오드보다 순방향 바이어스에 의한 전압강하가 적다는 특성을 이용한 것이다. 일반 다이오드의 경우 반도체 고유 특성에 의해 0.7V~1V의 전압강하가 생기는 반면 쇼트키 다이오드는 0.4V 정도로 일반 다이오드에 비해 낮으므로 낮은 전압 및 대 전류를 정류하는 경우에 일반 다이오드보다 유리하다. 또한 쇼트키 다이오드는 패스트 스위칭(fast switching) 특성이 강하며 금속과 반도체로 구성되어 있어, 소수 캐리어에 의한 축적이 적어 고속으로 정류가 강한 특성이 있다.

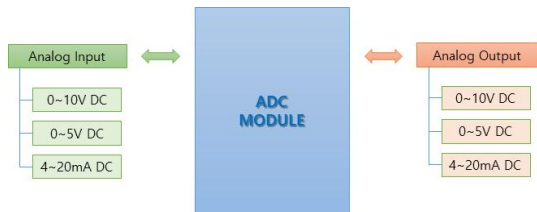


Fig. 4. Block Diagram of ADC Module.
그림 4. ADC 모듈의 블록도

6. I/O 모듈

I/O 모듈은 그림 5와 같이 장비의 운전상태, 이상 신호, 계량기/유량계 등과 관련한 펄스(pulse) 입력 등을 수신하기 위한 입력회로에는 외부 노이즈로부터의 간섭을 최소화하기 위하여 각 입력포트에는 포토커플러를 설계하였다. 총 8핀의 입력회로를 구성하여 메인모듈로 해당 포트의 상태를 전달한다. 반면에 출력회로에는 장비의 운전/정지 명령을

전달하고 MCC(Motor Control Center) 등의 제어반에 가동신호를 송출하기 위한 디지털 출력회로를 내장하였다. 외부 장비로부터 역으로 흘러들어오는 고전류 및 전압에 대응하기 위하여 릴레이를 사용하여 회로를 보호하고 최대 1,500V의 서지전압으로부터 보호할 수 있는 고성능 릴레이를 채용하였다. 출력회로는 메인모듈로부터 신호를 수신하여 이를 디지털 신호로 변환하는 기능을 수행하고 그 명령을 장비로 전달하는 역할을 한다.

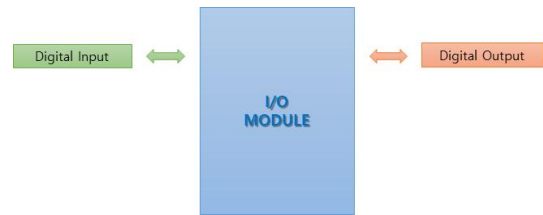


Fig. 5. Block Diagram of I/O Module.
그림 5. I/O 모듈의 블록도

4. 임베디드 보드의 PCB 보드 설계 및 제작

그림 6은 임베디드 보드[7]의 PCB 이미지를, 그림 7은 임베디드 보드의 전체조립 이미지를 나타내고 있다.

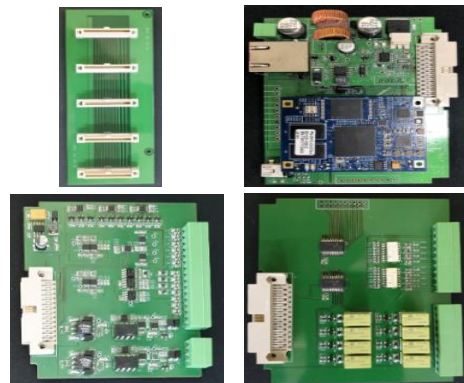


Fig. 6. PCB Image of Embedded Board.
그림 6. 임베디드 보드의 PCB 이미지

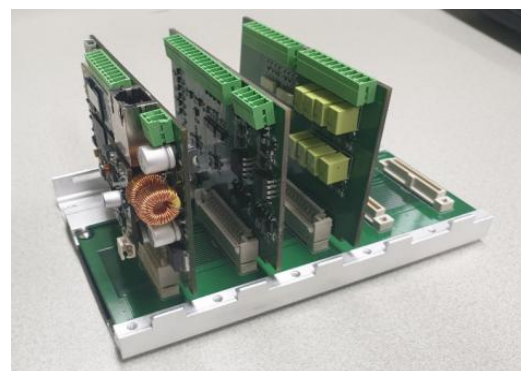


Fig. 7. Total Assembly Image of Embedded Board.
그림 7. 임베디드 보드의 전체조립 이미지

7. 성능 실험

가. 실험 방법

본 논문에서 제안한 스마트 팩토리 구축을 위한 프로토콜의 성능을 평가하기 위하여, 공인인증기관에서 그림 8과 같이 테스트 환경을 구축하여 실험하였다.



Fig. 8. Test Configuration Environment.
그림 8. 테스트 구성 환경

나. 실험 결과

실험 결과, 표 1과 같이 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드가 연동할 수 있는 프로토콜은 총 5개, 임베디드 보드간에 하드웨어의 클럭 동기화를 수행하는 시간은 10us, 소스 전원을 제거하고 배터리로 동작하는 임베디드 보드의 동작시간은 8시간 이상임을 확인하였다. 따라서 세계최고 수준과 동일한 결과를 산출하였기 때문에 그 효율성이 입증되었다.

Table 1. Result of Certificate of Accreditation Agency.

표 1. 공인시험성적서 결과

Evaluation Item (Performance Specifications)	Unit	World Best Record (Record/Nation)	Evaluation Result
Interacting Protocol	ea	5/Taiwan	5
Hardware clock synchronization time	us	10us/Germany	10
Operation time via battery	hr	no record	8

III. 결론

본 논문에서는 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드의 개발을 제안하였다. 제안하는 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드는 메인모듈, ADC 모듈, I/O 모듈로 구성되었다. 제안된 스마트 팩토리 구축을 위한 임베디드 보드의 효율을 판단하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과, 임베디드 보드가 연동할 수 있는 프로토콜은 총 5개, 임

베디드 보드간에 하드웨어의 클럭 동기화를 수행하는 시간은 10us, 소스 전원을 제거하고 배터리로 동작하는 임베디드 보드의 동작시간은 8시간 이상의 결과가 산출되어 그 효율성이 입증되었다. 향후 연구과제는 프로토콜 및 시간적 동기화를 위하여 사용자가 설비 및 장비에 관한 에너지 관리를 직접 수행할 수 있는 모니터링 및 관리 소프트웨어를 임베디드 보드내에 탑재하여 그 범용성을 확장하는 통합적인 연구가 필요하다고 사료된다.

References

- [1] Liu, William, et al. "APS, ERP and MES systems integration for semiconductor backend assembly," *7th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, Vol.3. 2002. DOI: 10.1109/ICARCV.2002.1234978
- [2] Williams, Joel R. "Embedding Linux in a commercial product," *Linux Journal*, 1999.
- [3] Jacquet, David, et al. "A 3 GHz dual core processor ARM cortex TM-A9 in 28 nm UTBB FD-SOI CMOS with ultra-wide voltage range and energy efficiency optimization," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol.49, No.4 pp.812-826, 2014. DOI: 10.1109/JSSC.2013.2295977
- [4] Henkin, Assaf, et al. "Dynamic document context mark-up technique implemented over a computer network," U.S. Patent No.7, 284, 008, 2007.
- [5] Van Schalkwijk, Walter, and Bruno Scrosati. "Advances in lithium ion batteries introduction," *Advances in Lithium-Ion Batteries. Springer*, pp.1-5, 2002. DOI: 10.1007/978-3-06-47508-1_1
- [6] Cheung, S. K., and N. W. Cheung. "Extraction of Schottky diode parameters from forward current voltage characteristics," *Applied Physics Letters* vol.49, no.2, pp.85-87, 1986. DOI: 10.1063/1.97359
- [7] Seung-Tak Ra, Seung-Ho Lee, "The Development of Small 360° Oral Scanner Embedded Board for Flame Detection," *Journal of IKEEE*, Vol. 23, No.1, pp.112-119, 2019. DOI: 10.7471/ikeee.2019.23.1.112