

## 산업용 장비 모니터링을 위한 프로그램 가능한 프로토콜 데이터 변환 알고리즘

엄상희\*

### A Programmable Protocol Data Conversion Algorithm for Industrial Machine Monitoring

Sang-hee Eum\*

Department of Electricity and Electronics, Dongju College, Pusan, 49318, Korea

#### 요 약

산업 현장에 적용되는 통신방식 및 프로토콜의 경우 적용 현장의 환경 및 하드웨어 구성 사양에 따라 다양한 종류와 방식으로 현장에 적용이 되어 있다. 산업용 모니터링 시스템 개발 및 구축을 위해서는 해당 장비에 대하여 매번 하드웨어 시스템 분석과 통신 프로토콜 해석 작업을 통해 개발을 하고 있어 많은 개발 비용 및 시간이 들어가고 있다. 본 논문에서는 다양한 프로토콜을 사용하는 산업용 장비들의 통합 모니터링을 지원하기 위하여 사용자 요구에 맞도록 프로그램 가능한 프로토콜 변환 알고리즘을 소개하였다. 이 방법은 직렬통신, NMEA, CAN, Modbus 통신 방식으로 전송된 데이터에서 필요한 데이터를 추출하여 Ethernet으로 전송이 가능하다. 실험을 위하여 여러 통신 방식을 지원하는 통신 게이트웨이 모듈을 구현하였고 이를 통하여 데이터 변환 및 전송 실험을 진행하였다.

#### ABSTRACT

In case of communication method and protocol applied to the industrial field, various kinds and methods are applied to the field according to the environment and hardware configuration specifications. In order to develop and construct an industrial monitoring system, the development of the equipment is carried out through hardware system analysis and communication protocol analysis each time, so that a lot of development costs and time are being entered. In this paper, we proposed a programmable protocol conversion algorithm to support the integrated monitoring of industrial equipment using various protocols. This method can extract the necessary data from the data transmitted by serial communication, NMEA, CAN, Modbus communication method and transmit it to Ethernet. We implemented a communication gateway module that supports various communication methods, and experimented with data conversion and transmission.

**키워드** : 모니터링, 프로토콜 변환, 산업 통신, 게이트웨이 모듈

**Key word** : Monitoring, Protocol Conversion, Industrial Communication, Gateway module

Received 23 October 2017, Revised 28 October 2017, Accepted 01 November 2017

\* Corresponding Author Sang-Hee Eum(nyx2k@naver.com, Tel:+82-51-200-3448)

Department of Electricity and Electronics, Dongju, College, Pusan, 49318, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.11.2139>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

지난 수십 년 동안 전자 통신 기술은 모든 산업 분야에 많은 영향을 주었고, 산업 제조 공장과 공정에 대한 모니터링과 제어 분야에 적용되어 많은 기술적 진보를 이루어 왔다. 산업 네트워크는 다양한 분야에서 여러 종류의 기계 장비, 측정 장비, 감시 장비, 제어 장비 등 개별 목적에 맞도록 제각각 제작되어 사용되어 왔다. 이러한 장비들은 사용 목적에 적합하도록 디지털 데이터의 관리와 통신 방식들을 개발하게 되었고 이들을 위한 많은 종류의 통신 프로토콜이 개발되고 최근에는 필드 버스 프로토콜로서 표준화하고자 많은 노력을 기울이고 있으나 여전히 해결되지 않고 있다[1].

산업용 통신에 적절한 이더넷을 만들기 위한 11개의 개념들이 현재 IEC 61158 내에 표준화되어 있다. 그러나 하나의 공통적인 솔루션을 찾기 위한 노력에도 불구하고 디바이스 제조업자들이 그들의 기존 필드 버스 솔루션과 호환되는 산업용 실시간 이더넷 솔루션만을 찾고 있으며 이에 따라 다양한 개발이 이루어지고 있다. 이들은 Profinet과 EtherNet/IP에 관한 솔루션을 기본으로 하고 있으며, 자동화 기술의 시장 선도자 Siemens/PNO와 Rockwell/ODVA에서 제작되는 기술들과 유럽에서 EtherCAT(Beckhoff/ ETG), PowerLink (B&R/EPSC) 그리고 Sercos III(Bosch-Rexroth/ITG) 솔루션들이 다른 기술들 보다 앞서 개발이 진행되고 있다. 따라서 이러한 제조업자들을 위하여 산업용 이더넷에 의해 소개되는 어떤 기능이든 무난하게 이동할 수 있도록 기존의 필드 버스 솔루션의 디바이스 프로파일과 애플리케이션 프로토콜들과 호환되는 것이 매우 중요하다[2].

오늘날, 이더넷에 기반을 둔 통신과 관련된 산업용

모니터링 및 자동화 시장은 그 수요가 증가하고 있다. 전통적인 필드 버스들과 함께, 여러 다양한 프로토콜 표준들이 산업용 실시간 이더넷에 사용될 수 있으나, 이것들은 디바이스 제조사들에 의해 지원되어야 함으로 매우 어렵고 복잡하다. 이러한 서로 다른 이더넷 표준들은 그들의 하드웨어와 소프트웨어 요건에 따라 매우 다양해지기 때문에, 디바이스 내에서 이들의 통합을 위한 특수한 프로토콜 솔루션이 요구된다. 이더넷을 통한 산업용 통신의 대중적인 방법을 찾으려는 IAONA (The Industrial Automation Open Network Alliance)의 노력에도 불구하고, 수많은 기존의 필드 버스 공급자들의 요구사항에 맞는 본질적으로 다른 프로토콜들을 계속해서 생겨나고 있다[3,4].

산업 현장에 적용되는 통신방식 및 프로토콜의 경우 적용 현장의 환경 및 하드웨어 구성 사양에 따라 다양한 종류와 방식으로 현장에 적용이 되어 있기에 산업용 모니터링 시스템 개발 및 구축을 위해서는 해당 장비에 대하여 매번 하드웨어 시스템 분석과 통신 프로토콜 해석 작업을 통해 개발을 하고 있어 많은 개발 비용 및 시간이 들어가고 있다. 이러한 모니터링 시스템 개발에는 필수적으로 각종 통신 방식(RS232, RS422, RS485, ProfiBus, CAN, CC-Link 등) 및 각종 통신 프로토콜(Modbus, NMEA 시리즈, Profinet과 EtherNet/IP 등)에 대한 전문지식 및 현장 적용 노하우가 필요한데 이러한 기술을 가진 엔지니어가 부족하여 간단한 모니터링 개발에도 많은 비용이 발생하고 있다[5-8]

본 논문에서는 산업용 데이터의 모니터링을 지원하기 위하여 사용자가 프로그램을 통하여 여러 통신 프로토콜의 지원이 가능한 통신 프로토콜 변환 알고리즘을 구현하였다. 산업현장에서 많이 사용되는 UDP, CAN,

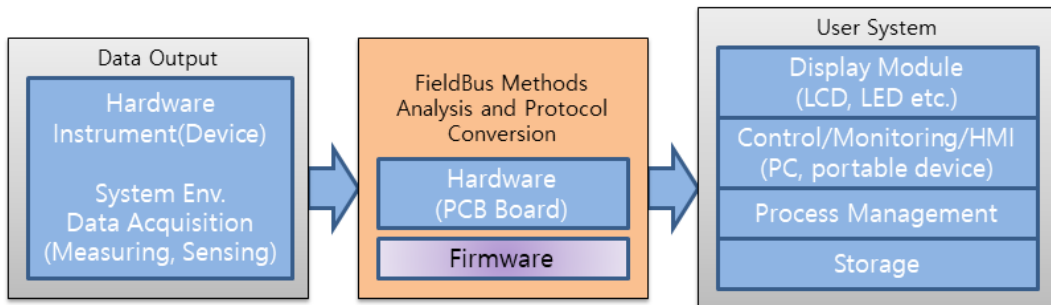


Fig. 1 The Structure of Industrial Communication Monitoring.

RS485 통신 방식에서 사용되는 NMEA0183, CAN Bus Protocol, IEC-61850, MODBUS의 통신 프로토콜을 분석하여 Ethernet으로 전송할 수 있도록 프로토콜 변환을 지원할 수 있는 구조와 공통된 방식으로 변환할 수 있는 방법을 제시하였으며, 변환 및 전송 실험을 통하여 결과를 확인하였다.

## II. 프로토콜 데이터 변환 알고리즘

### 2.1. 산업용 통신 모니터링

산업용 기기들에는 공정을 감시하고 오류를 예방하고 불량을 줄일 수 있도록 많은 센서와 측정 장비들을 사용하여 모니터링하고 있다. 산업용 통신 모니터링의 개념도는 그림 1과 같다. 산업 모니터링은 여러 가지 통신 프로토콜을 사용하는 산업용 시스템과 장비의 데이터를 추출하여 모니터링 시스템에서 활용할 수 있어야 한다. 또한 아날로그 및 디지털 센서로부터 나오는 여러 가지 데이터들도 같이 모니터링 될 수 있어야 한다. 이 과정에서 이기종 장비들의 각기 다른 통신 프로토콜을 사용하고 있기에 통합 모니터링 시스템에서 쉽게 이용할 수 있도록 프로토콜 변환 작업이 반드시 필요하다. 특히 개발 단계에서는 각종 신기술 통신 방식을 적용하고 있으나 실제 완료 단계에서는 속도와 안정성 및 확장성으로 인하여 이더넷으로 변경하여 개발하는 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 또한 개별 장비별로 모니터링을 수행하고 있기에 다수의 장비와 각종 케이블들이 한꺼번에 연결되어 있어 매우 복잡하며 관리에 어려움이 발생하고 있다. 따라서 많은 장비들을 동시에 모니터링 할 수 있도록 확장성을 가지는 것이 매우 중요하다.

### 2.2. 프로토콜 변환 알고리즘 구조

산업 현장에서는 각기 다른 통신 프로토콜을 모니터링 장비에서 쉽게 사용 가능할 수 있도록 프로토콜 변환 작업이 반드시 필요하며, 다수의 장비들을 동시에 모니터링 할 수 있도록 확장성을 지원하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 그림 2와 같은 통신 프로토콜 변환 알고리즘을 사용하였으며 펌웨어로 수행되도록 구성하였다. 통신 프로토콜 변환을 위한 구조는 크게 보면 통신 방식 분석, 데이터 프로토콜의 해석과 변환,

전송이라는 기본 단계를 거친다. 여러 장비의 시리얼 통신, CAN, 이더넷과 같은 프로토콜을 가지는 통신과 아날로그/디지털 형태의 데이터 입력들은 프로토콜 및 데이터 해석 모듈을 거치면서 개개의 프로토콜 구조에 따라 분해(parsing)하게 된다. 분해된 데이터는 프로토콜 변환 모듈을 거치면서 사용자 프로토콜로 변환할 수 있다. 사용자 프로토콜로 변환된 데이터는 현재 표준화되어 가고 있는 이더넷 통신 방식으로 전송할 수 있으며 PC 또는 이더넷을 이용하는 모니터링 시스템에서 사용자의 목적에 맞도록 쉽게 활용이 가능하다.

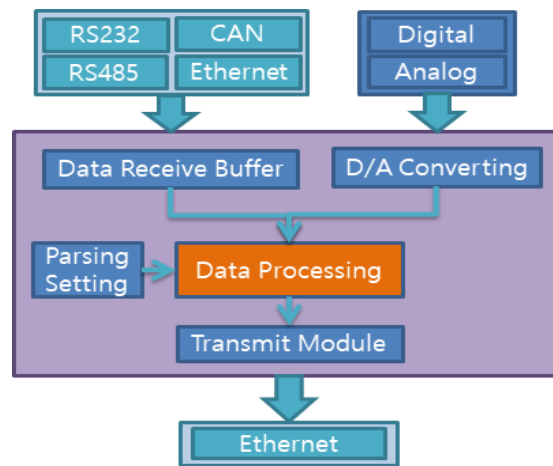


Fig. 2 The Structure of Communication Protocol Conversion.

### 2.3. 통신 프로토콜 해석과 분류

여러 산업 장비로부터 다양한 프로토콜을 사용하여 입력되는 데이터는 멀티 스푼러 큐(multi spooler queue) 구조를 사용하여 통신 프로토콜 전용 데이터 터미널 형태로 프로토콜을 변화시키지 않고 저장해 둔다. 여러 장비로부터 고속의 데이터가 전송되어 올 경우에는 다음과 같은 현상들이 발생할 수 있다. 첫째, 프로토콜의 문자 길이가 가변적이면 통신 버퍼 처리를 잘해도 프로토콜이 잘려서 들어오는 현상이 발생한다. 둘째, 순간적으로 데이터 수신량이 많아 수신 라인 카운터가 정상 동작하지 못하는 경우가 생긴다. 셋째, 고속 데이터 처리로 인한 통신 버퍼 초과로 데이터 손실이 일어난다. 이러한 상황이 발생하면 정상적이지 못한 문자열이 생성되고 체크섬(checksum) 또는 CRC 검사와 같은 오류 검사에서 오류 프로토콜로 처리되거나 순간적으

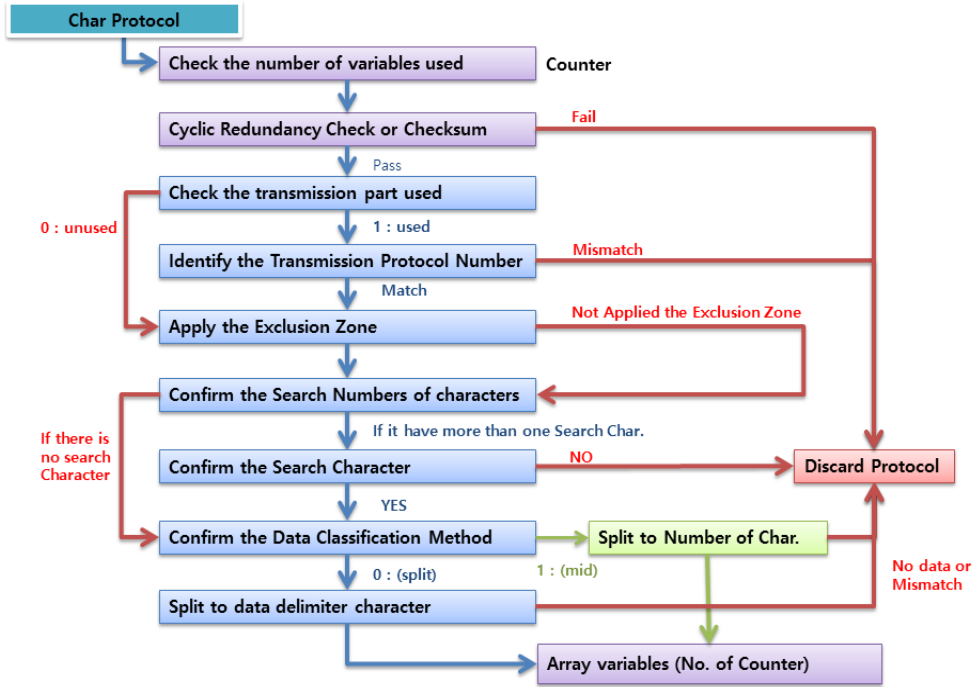


Fig. 3 The strategy of Protocol String Parsing.

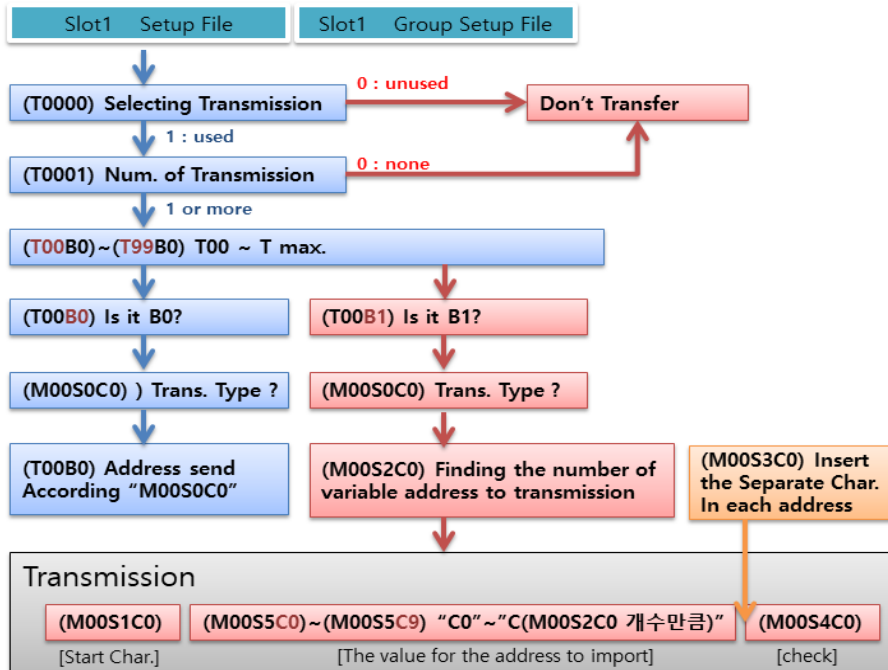


Fig. 4 The Strategy of User Data Extraction and Transmission.

로 데이터의 손실이 발생하게 됨으로 이를 방지하기 위해서 각각의 통신 방식별로 FIFO 구조의 터미널 큐를 두고 이곳에 모두 저장하게 하였다. 이 경우에 큐의 적재량에 따라 많이 저장된 배열을 우선 처리하도록 데이터 우선 규칙을 설정하는 것이 필요하다. 입력된 통신 데이터들은 프로토콜별로 구분자 코드를 사용하여 분류를 하고 프로토콜을 분해하게 된다.

#### 2.4. 데이터 표준화와 파싱

분류된 프로토콜의 코드는 문자형(Char)과 hexa(Hex)형으로 구성되어 있고 hexa형의 경우 구분자가 있는 경우와 구분자가 없이 일련의 스트링 형태로 전송된 경우로 나눌 수 있다. 문자형은 사용자가 읽고 필요한 부분을 선택할 수 있으나 hexa형의 경우는 이것이 불가능하다. 본 연구에서는 사용자 프로그램에서 이용할 수 있도록 모두 문자형으로 변환하여 데이터를 표준화하였다. 문자형으로 변환된 프로토콜은 사용자가 모니터링에 사용할 데이터만 분류해 내기 위하여 그림 3과 같은 데이터 파싱 과정을 거친다. 먼저 입력된 문자형 프로토콜의 사용자 변수 개수를 파악하고 체크섬과 CRC를 이용하여 순환 중복 검사를 통하여 사용될 프로토콜과 불필요한 프로토콜로 구분한다. 사용자가 이용할 프로토콜인 경우에는 필요한 데이터의 개수와 송신 여부를 체크하여 송신 번호가 일치하는 경우의 데이터를 남기기 위하여 검색된 문자의 개수를 확인하고, 그 사이에 데이터를 구분하기 위하여 구분 문자를 삽입할 수 있도록 하여 사용자가 필요한 데이터만을 추출할 수 있도록 설계하였다.

#### 2.5. 데이터 추출과 전송

개개의 장비에서 전용 프로토콜을 사용하여 전송된 데이터는 데이터 표준화와 파싱 과정에서 개개의 문자들로 분해되고 이들 중에서 사용자의 필요에 의하여 통합 모니터링에 사용하려는 데이터를 추출하여 전송한다. 그림 4는 사용자 요구에 의한 데이터 추출과 전송 과정을 나타내었다. 사용자가 개별 장비에서 전송된 프로토콜 별로 데이터를 확인하여 전송 여부를 선택하면 전송될 데이터들만을 모두 모아서 새로운 메시지를 생성한다. 생성된 메시지는 데이터별로 구분자를 삽입하고 필요한 만큼의 메시지 열을 생성하여 전송할 수 있도록 하였다.

### III. 실험 결과 및 고찰

제안된 프로토콜 데이터 변환 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 RS232, RS485, CAN, 이더넷을 지원하는 통신 게이트웨이 모듈을 그림 5와 같이 제작하였다. 각기 다른 장비에서 데이터가 입력되는 것을 가정하여 NMEA0183, CAN Bus Protocol, IEC-61850, MODBUS 프로토콜별로 컴퓨터에 연결하여 데이터를 전송하였다. 전송된 데이터는 각 프로토콜 별로 사용자가 원하는 데이터를 임의로 가정하여 추출하고 이들을 재구성하고 이더넷 프로토콜로 변환하여 전송하는 실험을 진행하였다.

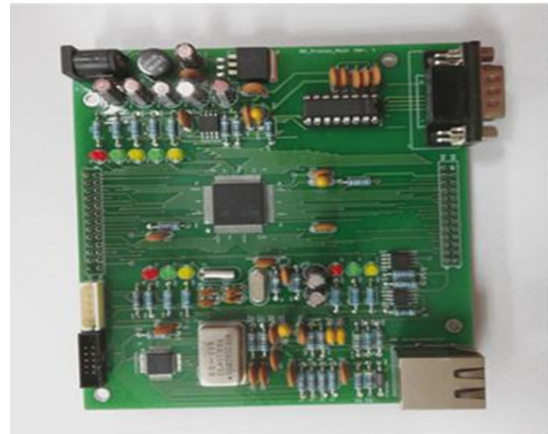


Fig. 5 The made communication gateway module for protocol testing

데이터 전송 오류를 확인하기 위하여 이더넷 전송에 사용한 통신프로토콜은 UDP 프로토콜이며, 1000개의 데이터를 전송하여 사용자 요구 데이터를 추출하여 프로토콜 변환한 뒤에 수신된 데이터의 값을 비교하였다. 실험 결과는 표 1에 나타난 것과 같이 NMEA의 경우

Table. 1 The experimental results of protocol conversion

The type of protocol	Success[ea]	Error[ea]	ErrorRate
NMEA	996	4ea	0.4%
CAN Bus	993	7ea	0.7%
IEC-61850	990	1ea	0.1%
Modbus	995	5ea	0.5%

0.4%, CAN Bus에서 0.7%, IEC-61850의 경우 0.1%, Modbus의 경우에 0.5%의 프로토콜 변환 오류가 발생하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 다양한 프로토콜을 사용하는 산업용 장비들의 통합 모니터링을 지원하기 위하여 사용자 요구에 맞도록 프로그램 가능한 프로토콜 변환 알고리즘을 소개하였다. 제안된 알고리즘은 개별 프로토콜에서 사용자가 원하는 데이터만을 추출하여 이더넷으로 전송할 수 있기에 관제실의 모니터링 프로그램에 쉽게 삽입이 가능하다. 4가지 방식의 프로토콜을 변환하는 실험에서 모두 1% 미만의 매우 우수한 변환 오차율을 나타내었다. 개발된 사용자 프로토콜 변환 알고리즘은 산업용 HMI, 통합 모니터링 소프트웨어 등을 개발할 경우에 장비별 통신망 구축과 관리 비용 절감 및 프로토콜 해석과 응용SW 개발 시간을 단축할 수 있어 생산성 향상에 도움을 줄 수 있다.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by in-school research and development grants of Dongju College.(2017)



엄상희(Sang-Hee Eum)

동아대학교 전기공학과 공학석사  
부산대학교 전자공학과 공학박사  
동주대학교 전기전자과 부교수  
※관심분야 : 영상처리, 신호처리, 의공학, IT융합

#### REFERENCES

- [1] S. H. Eum, "Implementation of Protocol Conversion Control Board for Industrial Communication", *International Journal of Control and Automation*, vol. 9, no. 6, pp.201-208, Jun. 2016.
- [2] S. H. Eum, H, G, Hong, "Development of User Protocol Converter about Modbus and NMEA0183," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 11, pp. 2584-2589, Nov. 2015.
- [3] An Introduction to Industrial Ethernet [Internet]. Available: <http://www.bb-elec.com/Learning-Center/All-White-Papers/Ethernet/Introduction-to-Industrial-Ethernet.aspx>.
- [4] Texas Instruments, "Introduction to the Controller Area Network(CAN)," *Application Report, SLOA101A -August 2002 -Revised*, May 2016.
- [5] T. W. Lim, "Industrial Network Technology Trends and Standardization," MS Theses, Inha University, Incheon, Korea, Feb. 2012.
- [6] S. H. Eum, B, H, Lee, "The Development of Industrial Communication Monitoring Board using AVR," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 1177-1182, Jun. 2016.
- [7] H. Zhang, G. Xu, Y. Lu and G. Lou, "Research on the Field Bus Protocol Conversion Gateway," *Journal of Convergence Information Technology(JCIT)*, vol. 7, no. 15, pp. 160-168, Aug. 2012.
- [8] Jun-Ho Huh, Namjug Kim, Kyungryoung Seo3, "Implementation of the PLC-based Foundation Technology of Electric Power Control/Monitoring for Micro Grid", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol.5, no.6, pp.19-27, Dec. 2015.