

빌딩 자동제어용 센서 및 신호의 듀플리케이터(Duplicator) 개발 Development of Sensor and Signal Duplicator for Building Automation

장 경 욱*, 이 용 민*, 이 승 호*★

Kyeong-Uk Jang*, Yong-Min Lee**, Seung-Ho Lee*★

Abstract

In this paper, we propose the sensor and the signal duplicator for the automatic building control. Developed duplicator realizes the sensor data collection apparatus and mimics the measured data and, thus, reduces the construction cost by using logical communication layer. Furthermore, the system supports the open protocols and can be associated with HMI(Human Machine Interface) used on the market. Developed duplicator is proved to be functional within the real environment. Measurement error rate, operating temperature, and operating humidity show very good results by the certified testing apparatus and organization

요 약

본 논문에서는 빌딩 자동제어용 센서 및 신호의 듀플리케이터(Duplicator)를 개발한다. 개발된 듀플리케이터는 빌딩 자동제어에 사용되는 여러 개의 센서를 원거리에서 빌딩자동화기기에 직접 연결하지 않고 데이터 수집장치와 데이터 송신장치간의 논리적 통신방식을 사용하여 센서 데이터를 그대로 복원한다. 이때 센서의 신호가 원거리로 전송될 때 발생할 수 있는 전기적인 오차를 줄일 수 있고 자동제어의 시공원가를 절감시킬 수 있다. 또한 논리적 통신방식으로 개방형 프로토콜을 사용하기 때문에 상용 HMI와 호환이 되어 확장성을 보장한다. 개발된 듀플리케이터의 성능을 평가하기 위하여 실제 환경에서 시운전을 수행하여 정상 동작함을 보였다. 또한 측정 오차율, 동작 온도, 동작 습도 등에 대하여 공인 시험기관의 장비를 사용하여 실험한 결과 우수한 성능을 나타내었다.

Key words : Duplicator, Signal Collector, Signal Emitter, Open Protocol, Sensor Signal, DDC, PLC

* Dept. Electronic Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

e-mail : shlee@cad.hanbat.ac.kr tel : 042-821-1137

※ Acknowledgment

This work was supported by the Human Resource Training Program for Regional Innovation and Creativity through the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea(NRF-2015H1C1A1035818)

Manuscript received May. 13, 2016; revised Jun. 3, 2016; accepted Jun. 20, 2016

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.

I. 서론

일반적인 빌딩 자동제어 시스템의 DDC(Direct Digital Controller) 또는 PLC(Programmable logic controller) 제어받은 빌딩의 환경을 감시하기 위하여 빌딩 내 센서들의 전체적인 연결 구조가 매우 복잡하다[1]. 각 설비 시스템의 센서와 연결된 케이블들은 케이블덕트, 케이블 트레이, 케이블 매립관 등을 거쳐 상당한 거리를 지나 DDC 판넬 내부의 DDC 카드까지 직접 연결되는 구조를 갖는다[2]. 판넬 내부에 거미줄처럼 얽혀 있는 케이블은 보통 2 ~ 4가닥을 사용하는 센서와 직접 연결되어 있으며, 이 센서들은 보통 공조용 닥트, 냉난방용 배관, 환기 및 열원 공급용 장치 등에 설치되어 있다. 빌딩 자동제어에 사용되는 센서 등은 개별적으로 DDC와 같은 디지털 직접장치가 여러 개가 조립되어 있는 형태의 판넬에 전기적인 신호를 전달하기 위하여 케이블을 사용하여 연결되어 있다. 판넬 내부는 여러 개의 디지털직접장치에 각종 센서와 연결되어 케이블이 거미줄처럼 복잡하게 얽혀 있기 때문에 크기가 커지고 유지보수에 어려움이 있다. 각 센서는 신호선을 최소 2가닥을 연결해야 하며, 전원선을 포함 할 경우 4가닥을 연결해야 한다. 거리는 최소 50m 이상이 된다. 현재 시스템 구축 방법으로 4개의 센서를 연결 할 경우 최소 8가닥, 50m 이상의 케이블 자재와 케이블 설치비용 및 시간이 소요된다.

따라서 본 논문에서 개발하는 듀플리케이터는 디지털 직접장치와 연결되는 센서들이 여러 개가 존재하면서 거리가 먼 경우에 Signal Collector가 센서의 신호를 수집하고 이를 디지털 신호로 변조하여 송신하게 된다. 다음에 Signal Emitter는 변조된 디지털 신호를 수신하여 다시 센서 신호로 복조하여 디지털 직접장치에 공급함으로써 불필요한 케이블 설치비와 그에 따른 부수적인 설비자재들 등의 공사원가를 절감하는데 목적이 있다.

II. 본론

1. 빌딩 자동제어용 센서 및 신호의 듀플리케이터 전체 구성

빌딩 자동제어용 센서 및 신호의 듀플리케이터

전체 구성은 그림 1과 같이 센서의 데이터를 획득하여 디지털 신호로 변환하고 이를 개방형 프로토콜을 통해 송신하는 Signal Collector, 수신한 디지털 데이터를 아날로그 신호로 변환하여 제어 신호를 출력하는 Signal Emitter, PC를 통해 각 장치들의 통신 상태 및 데이터 입출력 상황을 모니터링 할 수 있는 장치 관리 소프트웨어 등으로 구성된다[3].

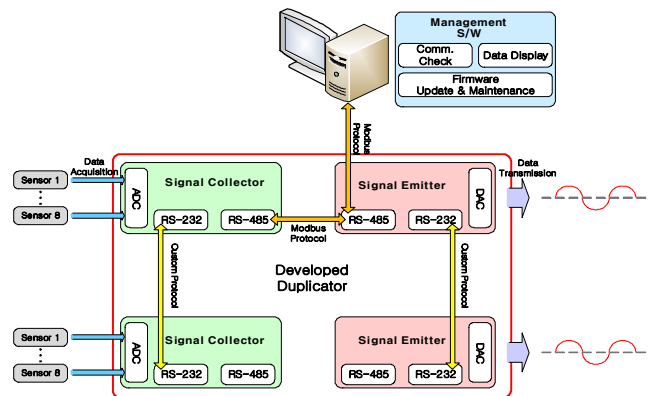


Fig. 1. Block Diagram of Overall Hardware.

그림 1. 전체 하드웨어 구성 블록도

2. Signal Collector

최대 8개의 센서를 부착할 수 있다. 각 센서의 신호 형태를 사용자가 정의한 스위치의 값에 의해 입력용 신호가 구분된다. 입력된 신호는 A/D를 거쳐 프로세서에 입력되고, 이 신호는 타이머 카운트에 의해 주기적으로 폴링 된다. 이후 USART를 통해 Signal Emitter로 부터 요청받은 데이터를 Modbus RTU 프로토콜을 통해 응답한다. 각 포트에 대한 값과 속성, 센서의 형태는 Modbus Register로 관리된다. 아날로그 데이터 변환 회로를 통해 각 데이터 입력 Type(10K Thermister, 0 ~ 20mA, 0 ~ 10V)에 따라 데이터를 입력 받고 이를 0 ~ 5V 데이터로 변환하여 A/D Converter에 전달 할 수 있는 회로 설계가 필요하며, A/D 변환에 따른 오차율을 줄일 수 있는 하드웨어를 설계하였다. Communication 회로는 개방형 프로토콜 전용 Port(RS-485) 회로와 자체 프로토콜 전용 Port(RS-232) 회로를 구성하고 외부 잡음 및 노이즈에 대비한 차폐 부품 및 통신 알고리즘을 설계 제작한다. Signal Collector의 구성 블록도는 그림 2와 같다[4][5].

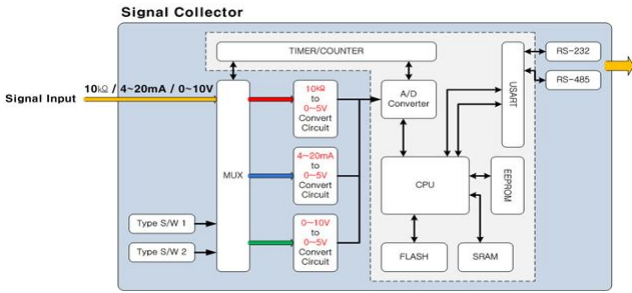


Fig. 2. Block Diagram of Signal Collector.
그림 2. Signal Collector 구성 블록도

3. Signal Emitter

Signal Collector로부터 전달된 Modbus 데이터를 수신하여, 이를 D/A를 거쳐 아날로그 신호로 복호화 하는데 사용된다. 미리 정의된 센서의 형태에 따라 출력용 신호 선택기에 의해 저항, 전류, 전압의 형태로 변환되어 출력된다. 출력된 전기적 신호는 DDC 혹은 PLC의 AI(Analog Input) 포트에 전달되어 자동제어 기능을 수행한다. 마스터로 설정된 Signal Emitter는 2개의 통신포트를 각각 Signal Collector, Signal Emitter와 통신하는 용도로 사용되고, 내부적으로 통신 카운터 기능을 가지고 있다. 디지털 데이터 변환 회로는 수신한 출력 데이터를 D/A Converter를 통해 0 ~ 5V 데이터로 변환하고 이를 각 Type(10K Thermister, 0 ~ 20mA, 0 ~ 10V)의 아날로그 신호로 출력 할 수 있는 회로 설계가 필요하며, D/A 변환에 따른 오차율을 줄일 수 있는 하드웨어를 설계한다. Communication 회로는 데이터 수집 장치와 동일한 구성을 가지며, 개방형 프로토콜을 통한 데이터 송/수신시 Master Controller로서의 역할을 수행 할 수 있는 회로 및 알고리즘 구성을 갖는다. Signal Emitter의 구성 블록도는 그림 3과 같다[6][7].

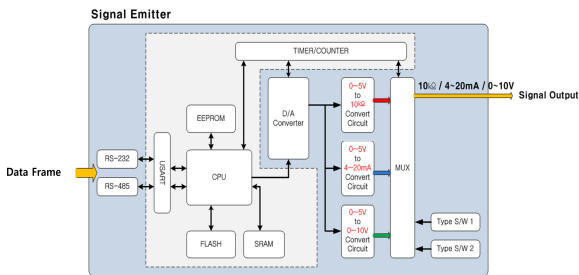


Fig. 3. Block Diagram of Signal Emitter.
그림 3. Signal Emitter 구성 블록도

4. 장치 관리 소프트웨어 GUI

장치 관리 소프트웨어 GUI는 설치된 데이터 수집/출력 장치를 PC와 연결하여 장치간 통신 상태를 점검하며, 데이터를 Display 할 수 있다. 또한 단순 데이터의 Display 만을 목적으로 하지 않고, 입력측 센서의 이상 유/무 감지 및 데이터 보정, 추후 기능 추가와 관련된 Firmware Update 등을 위한 유지 보수 소프트웨어로서 설계 및 제작하였다. 장치 관리 소프트웨어 GUI는 그림 4와 같다.

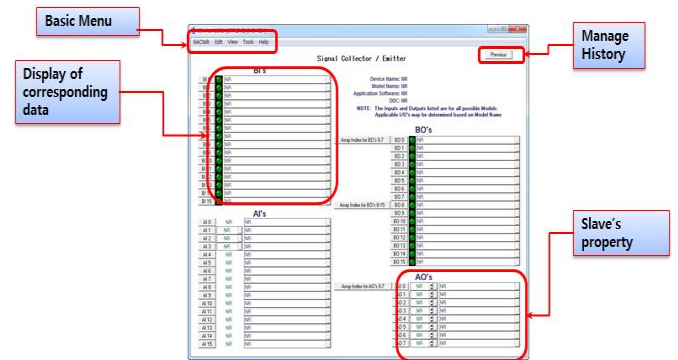


Fig. 4. Device management software GUI.
그림 4. 장치 관리 소프트웨어 GUI

5. 성능 실험

본 논문에서 개발된 듀플리케이터의 성능을 평가하기 위하여 실제 환경에서 시운전을 그림 5와 같이 수행하여 정상 동작함을 보였다.

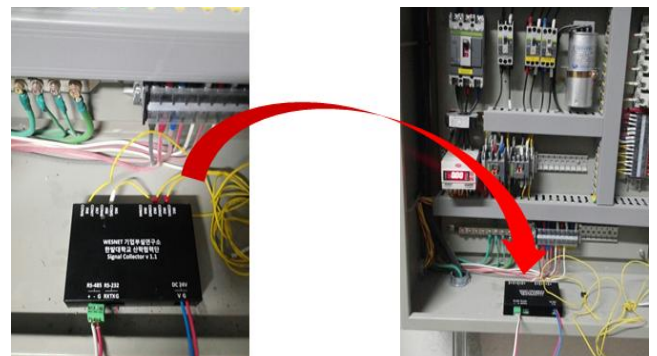


Fig. 5. Equipment Installation Commissioning Images.
그림 5. 시운전 장비 설치 이미지

또한 측정 오차율, 동작 온도, 동작 습도 등에 대하여 그림 6과 같이 공인 시험기관의 장비를 사용하여 실험한 결과 우수한 성능을 나타내었다.



Fig. 6. Measure Error Rate, Operating Temperature Operating Humidity Equipment for the Measurement.

그림 6. 측정 오차율, 동작 온도, 동작 습도 측정을 위한 공인 시험기관의 장비

표 1과 같이 측정 오차율에 대한 실험하기 위해 1시간 동안 센서 측 출력 데이터와 듀플리케이터의 출력 데이터의 오차율을 측정하였다. 실험 결과 측정된 오차율은 1% 이하로 측정되었다.

Table 1. Experiments Results on Measurement Error Rate.

표 1. 측정 오차율에 대한 실험 결과

Measurement error rate	Experiment Result
1%	input signal 4.80V
	output signal 4.75V

표 2와 같이 온/습도 변화에 대한 실험하기 위해 총 7시간동안 항온 항습기를 통해 -20 ~ 60°C와 습도 85%에서의 동작 실험을 하였으며 정상 동작하는 것을 보였다.

Table 2. Experiments Results for the Temperature/Humidity Changes.

표 2. 온/습도 변화에 대한 실험 결과

Experiment Environment	Experiment Result
Operating Temperature : -20 ~ 60°C	Held for 2 Hours at -20°
	Held for 2 Hours at 60°
Operating Humidity : 85%RH	Held for 2 Hours at 85%RH

III 결론

본 논문에서는 빌딩 자동제어용 센서 및 신호의 듀플리케이터를 개발하였다. 논리적 통신 계

층을 적용한 데이터 전송 장치를 개발하여 하드 와이어링의 부분적 감소를 통한 시공원가 절감이 가능하도록 하였다. 또한 자동제어 기기와의 연동을 위한 개방형 프로토콜 지원으로 빌딩 제어에 대한 환경 및 시스템에 구애받지 않은 자동제어 시스템을 구축하여 운용 및 효율성을 극대화하였다. 개발된 듀플리케이터의 성능을 평가하기 위하여 실제 환경에서 시운전을 수행하여 정상 동작함을 보였다. 또한 측정 오차율, 동작 온도, 동작 습도 등에 대하여 공인 시험기관의 장비를 사용하여 실험한 결과 우수한 성능을 나타내었다. 향후 시스템의 Firmware 및 안정화에 대한 방법에 대한 연구가 필요하다.

References

[1] R. C. Luo, Shin Yao Lin, K. L. Su, "Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems", *MFI2003. Proceedings of IEEE International Conference on*, pp. 311-316, 2003.

[2] Kujuro and H. Yasuda, "Systems Evolution in Intelligent Building", *IEEE Communication Magazine*, pp. 22-26, 1993.

[3] Seol Jun-Soo, and Seung-Ho Lee. "A Study on Development of Voice and SMS Alarm System Based on MODBUS Protocol.", *Journal of IKEEE*, 19.3 311-318, 2015.

[4] ASHRAE. "BACnet - A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks", *ansi/ashrae standard 135-2004 edition*, 2004.

[5] W. Kastner, G. Neugschwandtner, S. Soucek, and H. Newmann. "Communication systems for building automation and control". *Proceedings of the IEEE*, pp. 1178-1203, 2005.

[6] Dao-gang Peng, Hao Zhang, Li Yang, Hui Li, "Design and Realization of Modbus Protocol Based on Embedded Linux System", *ICISS Symposia '08. International Conference on*, pp. 275-280, 2008.

[7] XI Bo, FANG Yan-jun. "Application of embedding technology in networking of serial-port devices", *Electric Power Automation Equipment*, pp. 99-101, 2007.