Journal of Convergence for Information Technology
Vol. 9. No. 1, pp. 136-141, 2019
e-ISSN 2586-4440
DOI : https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2019.9.1.136

소형 센서 데이터 수집 및 전송 시스템 설계

임중수
백석대학교 정보통신학부 교수

A Design of Small Size Sensor Data Acquisition and Transmission System

Joong-Soo Lim
Professor, Division of Information Communication, Baekseok University

요 약 본 논문은 Cortex-M4 기반 소형 데이터수집, 융합 및 고속 전송시스템 대해서 기술하였다. 본 논문에서 설계한 데이터 수집 및 전송 시스템은 산업현장에서 발생되는 각종 데이터를 실시간 수집하여 서버 컴퓨터로 직접 자료를 전송할 수 있으며 간단한 필드-프레임을 개발해서 데이터 전송 속도를 향상 시켰다. 또한 각종 센서에서 수집된 여러종류의 데이터를 데이터 수집장치로 쉽게 전달할 수 있도록 디지털 신호 입력부와 아나로그 신호 입력부, 디지털 신호 출력부와 아나로그 신호 출력부가 별도로 구성되도록 설계하였다. 이러한 소형 데이터수집 시스템은 실시간으로 각종 데이터의 수집 및 고속 데이터 전송이 실시되어 산업현장에서 정밀한 제품들의 품질향상에 크게 기여하리라 판단된다.

주제어 : 데이터 전송, 데이터 수집, 융합, 센서, 속도

Abstract In this paper, we describe the design of a small size data acquisition system with STM32 processor based on Cortex-M4. The system is used for the sensor devices to collect raw data on production lines at factory and send them to the server computer in real time. Also the system is designed to easily acquisite various kinds of data collected from various sensors with the digital signal input unit, the analog signal input unit, the digital signal output unit and the analog signal output unit This small data acquisition system will contribute to the improvement of the quality of precision products in the industrial field by collecting various data in real time and transmitting data at high speed.

Key Words : Data Transmission, Data Acquisition, Convergence, Sensor, Speed

1. 서론

센서 기술과 정보통신 기술이 발달하면서 오프라인으로 동작하던 많은 계측장비들이 유.무선 인터넷 장비를 사용하여 각종 센서들의 입.출력 자료를 실시간으로 중앙통제 시스템에 전송함으로써 산업현장에서 생산제품들의 품질과 생산에 관련된 데이터들을 쉽게 수집하고, 융합하여 제품의 품질 향상과 생산성을 높이게 되었다[1,2].

본 논문의 DAQ(Data Acquisition System: DAQ) 시스템은 Fig. 1과 같이 소형으로 설계하여 생산현장의 다양한 환경에서 설치가 쉽고, 여러

*This Research has supported by research fund of Baekseok University in 2018.
*Corresponding Author : Joong-Soo Lim(jslim@bu.ac.kr)
Received November 30, 2018 Revised December 14, 2018
Accepted January 20, 2019 Published January 28, 2019

가지 센서 데이터를 동시에 수집할 수 있으며 또한 실시간으로 서버컴퓨터로 자료를 전송할 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서 설계한 DAQ시스템은 Cortex - M4 기반의 STM32 프로세서를 사용하여 설계하여서 구성이 간단하며 FT232H 칩을 사용하여 데이터 전송속도가 매우 빠르다[3,4]. 본 논문은 2장에서 기존 DAQ 시스템 연구, 3장에서 제안 DAQ 시스템의 설계, 4장에서 제안 DAQ 시스템의 소프트웨어 설계, 5장에서 DAQ 시스템 시험에 대해서 기술한다.

2. 기존 DAQ 시스템 연구

현재 산업체에서 많이 사용되는 DAQ 시스템은 Fig. 2와 같이 고정형 데스크-탑 컴퓨터에 DAQ 보오드를 추가하여 센서 데이터를 획득하는 방식으로 구성되어 있어서 크기가 크고 설치가 복잡하여 데이터 수집이 어려웠다[5,6]. 또한 수집한 데이터를 실시간으로 서버 컴퓨터로 전송하는 기능이 거의 없고, 주기적으로 DAQ 시스템 저장장치에 저장된 데이터를 USB 등을 이용하여 오프라인으로 복사하여 이동하는 방식으로 되어 있어서 실시간 분석이 매우 불편하였다.

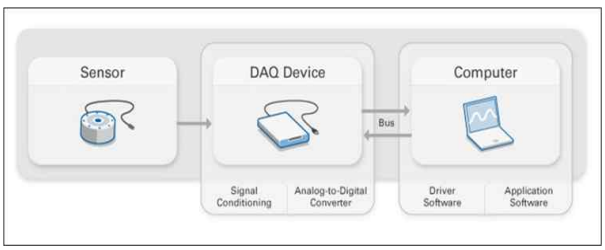

Fig. 1. Functional Diagram of New Designed Small Size DAQ System

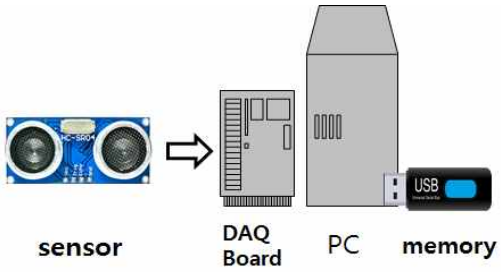

Fig. 2. Functional Diagram of old DAQ System

3. 제안 DAQ 시스템 설계

본 논문에서 제안한 DAQ 시스템은 소형이면서 고속 데이터 전송 기능을 갖도록 하기 위해서 Fig. 3과 같이 ARM Cortex-M4 기반의 STM32F407을 사용하여 설계하였다. 각종 아나로그 센서들은 ADC 등 conditioning Logic을 통해서 프로세서(MCU)로 전달되고, 각종 디지털데이터는 GPIO를 통해서 프로세서로 연결된다. MCU에 수집된 센서 데이터는 데이터 프레임을 구성하여 USB 2.0 High Speed 기반의 FT232H를 통해서 서버 컴퓨터로 실시간 전송될 수 있도록 센서부, 프로세서부, 전송부로 구분하여 설계하였다.

3.1 STM32F407 프로세서부

프로세서부에 4차 산업혁명에서 각종 센서 구동에 많이 사용되는 Cortex-M4 기반의 168MHz 동작 주파수를 가지는 STM32F407을 사용하였으며 프로세서의 세부 기능 및 규격은 Table 1과 같다[7-9].

특히 프로세서부에서는 DMA(Direct Memory Access)를 사용하여 AD(analog to digital) 변환된 센서 데이터를 DMA Controller가 지정하는 메모리에 직접 옮기도록 해서 속도를 향상시킬 수 있도록 설계하였다.

3.2 USB High Speed 데이터 전송부

소형 DAQ 시스템에서 서버 컴퓨터로 각종 센서 데이터를 고속으로 전송하기 위해서 FDTI사의 FT232H를 사용하였다. 그리고 FT232H와 STM32F407의 데이터 라인 및 명령 라인의 연결은 Fig. 4와 같이 설계하였다[10].

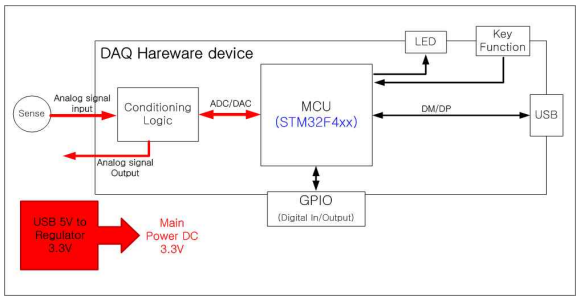

Fig. 3. HW Block Diagram of New DAQ System

Table 1. Features of STM32F407 Processor

	Feature	
Processor	Sitara AM3358BZCZ100 1GHz, 2000 MIPS	
Graphics Engine	SGX530 3D, 20M Polygons/S	
SDRAM Memory	512MB DDR3L 800MHZ	
Onboard Flash	4GB, 8bit Embedded MMC	
PMIC	TPS65217C PMIC regulator and one additional LDO.	
Debug Support	Optional Onboard 20-pin CTI JTAG, Serial Header	
Power Source	miniUSB USB or DC Jack	5VDC External Via Expansion Header
PCB	3.4" x 2.1"	6 layers
Indicators	1-Power, 2-Ethernet, 4-User Controllable LEDs	
HS USB 2.0 Client Port	Access to USB0, Client mode via miniUSB	
HS USB 2.0 Host Port	Access to USB1, Type A Socket, 500mA LS/FS/HS	
Serial Port	UART0 access via 6 pin 3.3V TTL Header. Header is populated	
Ethernet	10/100, RJ45	
SD/MMC Connector	microSD , 3.3V	
User Input	Reset Button Boot Button Power Button	
Video Out	16b HDMI, 1280x1024 (MAX) 1024x768,1280x720,1440x900 ,1920x1080@24Hz w/EDID Support	
Audio	Via HDMI Interface, Stereo	
Expansion Connectors	Power 5V, 3.3V , VDD_ADC(1.8V) 3.3V I/O on all signals McASP0, SPI1, I2C, GPIO(69 max), LCD, GPMC, MMC1, MMC2, 7 AIN(1.8V MAX), 4 Timers, 4 Serial Ports, CAN0, EHRPWM(0,2),XDMA Interrupt, Power button, Expansion Board ID (Up to 4 can be stacked)	
Weight	1.4 oz (39.68 grams)	
Power	Refer to Section 6.1.7	

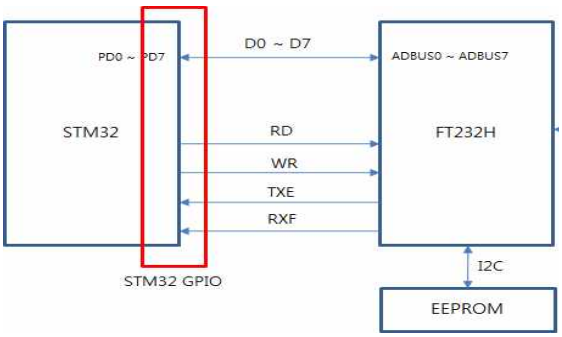

Fig. 4. FT232H Connection with STM32F407

3.3 센서부

센서부는 외부로부터 안정된 디지털 센서신호를 직접 받을 때는 GPIO포트를 사용하고, 아나로그 신호나 신호조정(signal conditioning)이 필요한 디지털 신호를 입력할 때는 Conditioning Logic을 거쳐서 MCU로 연결할 수 있도록 설계하였다. 따라서 다양한 종류의 센서 출력과 연결이 용이하며 특히 광센서 또는 적외선센서 등과 쉽게 연결할 수 있도록 설계하였다.

Fig. 5는 센서부 시험을 위해서 설계한 자동차 타이어의 회전속도를 적외선 센서를 이용하여 측정하는 회로이다. 그림에서 적외선 센서는 타이어가 회전할 때 타이어에 붙은 흰색(white) 마크 표시지에서 출력되는 신호를 전기적 신호로 변환하는 장치이다. 본 회로에서는 설치가 쉽고 신호감지 정확도가 매우 높은 HOA1405 적외선 센서를 사용하였다[11,12].

본 논문에서 설계한 소형 DAQ 시스템은 Fig. 6과 같이 디지털 센서 데이터 입력 포트 6개와 4개의 ADC 입력포트, 8개의 DAC 출력포트, 2개의 Relay 연결 포트로 구성되어 있어서 소형이면서도 많은 센서신호를 동시에 계측할 수 있다.

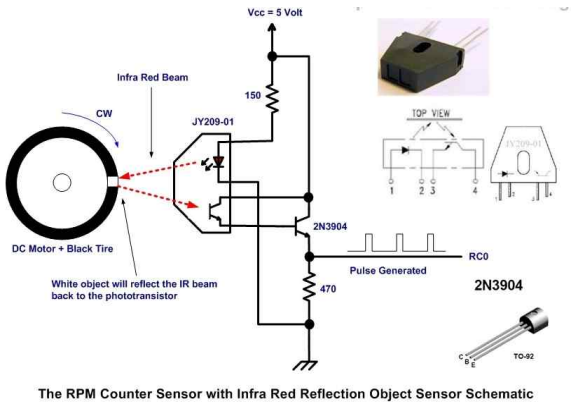

Fig. 5. HOA1405 sensor

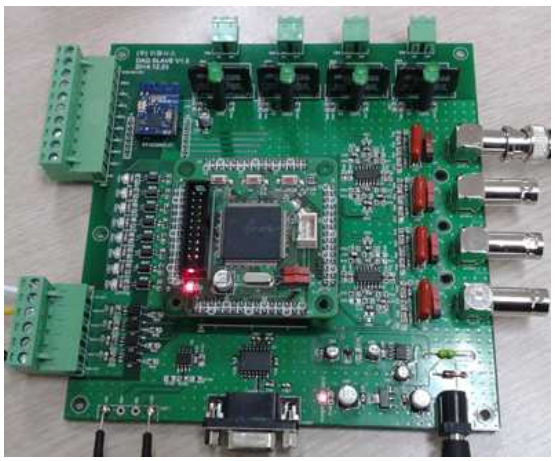

Fig. 6. Picture of DAQ System Board

4. 제안 DAQ 시스템 Software 설계

본 논문에서 제안한 소형 DAQ시스템의 소프

트웨어는 Fig. 7과 같이 RTOS 스케줄러를 기준으로 구성되어 있으며 다음과 같은 주요 기능을 포함하고 있다.

1) ARM Cortex-M4 기반에서 동작되는 시스템 소프트웨어,

2) 서버컴퓨터와 DAQ시스템의 고속 연동

3) 수집된 데이터를 안전하게 고속으로 서버컴퓨터로 전송하기 위한 프로토콜

4) 사용자의 입력을 받거나 ADC, GPIO 등의 입력결과를 보여주는 기능을 가진 PC 기반의 사용자 인터페이스(User Interface) 프로그램

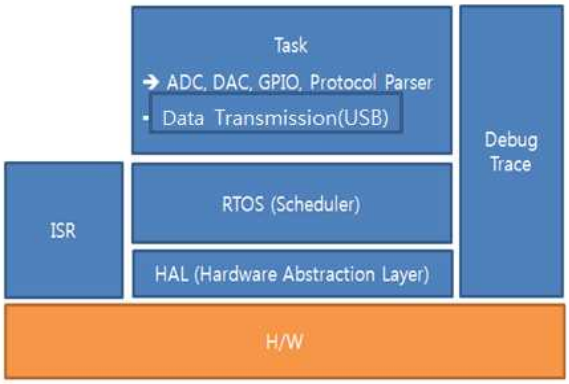

Fig. 7. Software Structure of Small Size DAQ System

4.1 데이터 프레임 구성

제안한 DAQ 시스템은 MCU에서 FT232H를 통해서 서버 컴퓨터나 외부 장치로 센서 데이터를 전송할 때 전송데이터의 안정성을 높이기 위해서 간단한 데이터 프레임을 사용하여 설계하였으며, 데이터 프레임은 Fig. 8과 같이 5개 분야로 나누어 구성하였고 주요기능은 다음과 같이 7개로 설명할 수 있다[13].

1) SOF: Start of Frame(1 Byte)

2) sequence number: 0 ~ 255 사이의 값, 전송되는 Frame은 순차적인 Sequence Number 사용(1 Byte)

3) Command: I/O 보드가 수행할 명령어를 표현(12 Byte)

4) Checksum: Sequence Number부터 Reserved까지의 Checksum(1 Byte)

5) EOF: End of Frame(1 Byte)

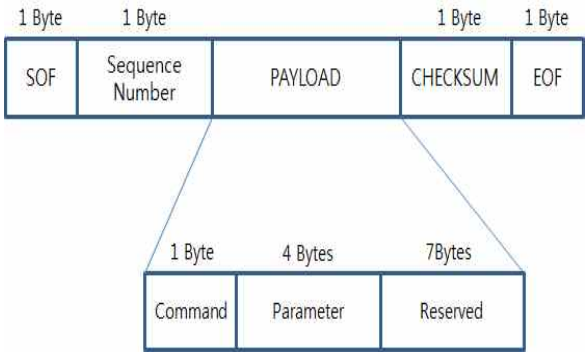

Fig. 8. Frame Fields of DAQ System

4.2 태스크 구성

DAQ 시스템은 각종 태스크에 대해서 Fig. 9와 같이 Life Cycle 동작을 갖도록 설계되었다. 태스크는 Suspend, Ready, Blocked, Running 등 4개의 상태로 나누어지고, Running 상태를 제외한 나머지 3개 상태는 동작하지 않는 영역이다. 태스크가 특정기간 동안 수행해야할 작업이 없으면 Suspend 혹은 Block 상태로 진입하여 CPU 사이클을 소비하지 않도록 한다. 그러면 하부에서 동작하는 운영체제는 다른 태스크에 CPU 클록을 제공하여 수행할 수 있으므로 전반적인 시스템 부하가 줄어들어 효과적으로 시스템을 운용할 수 있는 장점이 있다.

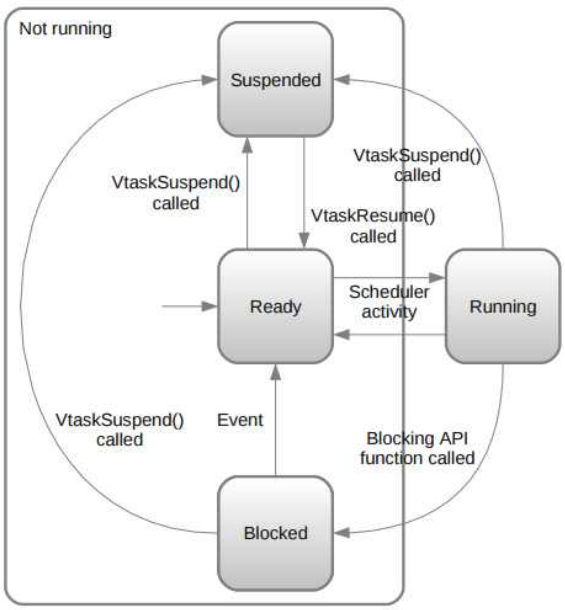

Fig. 9. Task Configuration of DAQ System

5. 소형 DAQ 시스템 시험

본 논문에서 새로 설계한 DAQ 시스템을 센서와 연동하여 시험하기 위하여 Fig. 10과 같이 시험장치를 구성하였다. Fig. 10은 각종센서 유사 신호를 발생시키는 신호발생기를 사용하여 DAQ 시스템의 아나로그 신호 입력단에 모의 센서 신호를 입력 하고, 노트북으로 구성된 서버 컴퓨터에서 시험용 소형 DAQ 시스템에 데이터 수집 명령을 보내면 DAQ 시스템은 아나로그 입력단에서 데이터를 수집하여 프레임-필드 형태로 데이터를 서버컴퓨터로 전송하고 서버 컴퓨터는 데이터를 수신하여 데이터를 분석하고, 필요하면 GUI에 그래프 형태로 표시해 준다[14,15].

Fig. 11은 20Hz, 최대값 2V 삼각파 신호를 소형 DAQ 시스템 아나로그 입력단에 연결했을 때, DAQ 시스템에서 신호를 수집하여 서버컴퓨터로 전송한 데이터를 서버컴퓨터에서 수신하여 아나로그 그래프로 표시한 화면이다. 서버 컴퓨터 그래픽 표시기의 수직축은 전압으로 -2V에서 2V를 나타내고 있으며, 수평축은 시간축으로 그래프의 한 칸이 12.5ms를 나타낸다. 따라서 1주기 삼각파 신호가 4칸에 정확하게 표시되어서 신호의 주기가 50ms이고 주파수가 20Hz인 것을 알 수 있다.

Fig. 12는 200Hz, 최대값 2V 삼각파 신호를 소형 DAQ 시스템 아나로그 입력단에 연결했을 때 측정결과를 서버 컴퓨터에 표시한 화면이다. 시험 결과 200Hz, 최대값 2V 신호가 잘 측정되었다.

Fig. 13은 3KHz, 최대값 1.5V 삼각파 신호를 소형 DAQ 시스템 아나로그 입력단에 연결했을 때, 측정결과를 서버 컴퓨터에 표시한 화면이다. 그래픽 표시기의 수직축은 전압으로 -8V에서 8V를 나타내고 있으며, 수평축은 한 칸이 3.125ms(12.5ms/4)를 나타낸다. 따라서 12.5mv 동안 37.5개의 신호가 입력되어 주파수는 3KHz가 되는 것을 알 수 있다.

시험 결과 진폭은 Fig. 13과 같이 최대값이 1.35V에서 1.5V 사이를 변화하므로 최대오차는 10%이하로 측정되었다. 이러한 진폭오차는 ADC 회로의 샘플링 주파수가 10KHz로 낮았고 입력파형이 삼각파였기 때문이며 사각파 입력 신호에 대해서는 진폭 오차도 없어진다.

Fig. 10. Test of DAQ System

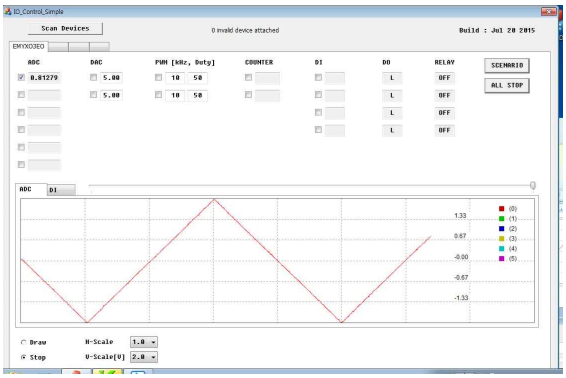

Fig. 11. Test of 20Hz Triangular Signal

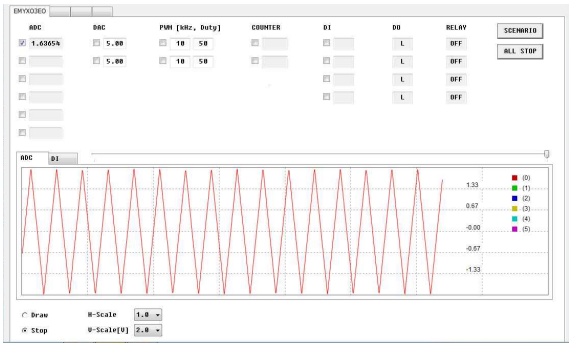

Fig. 12. Test of 200Hz Triangular Signal

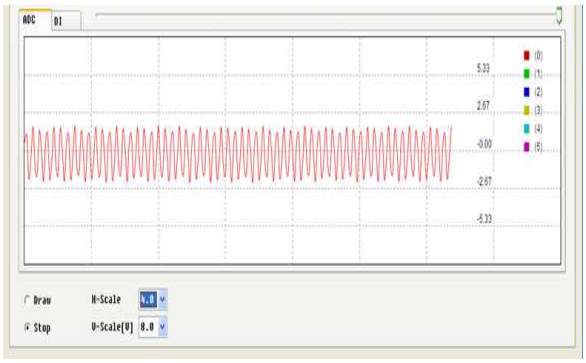

Fig. 13. Test of 3KHz Triangular Signal

6. 결 론

본 논문에서 제안한 소형 DAQ 시스템은 STM32F4 프로세서를 사용하여 보오드를 설계함으로써 중량을 기존의 PC형 DAQ 시스템보다 8Kg에서 2Kg으로 1/4로 감소시켰으며, 서보 컴퓨터와 자료 교환시 FT232H를 사용하고, 간단한 프레임-필드를 설계하여 사용함으로써 데이터 전송 속도를 향상시켰다. 설계한 시스템은 소형이어서 설치가 간편하고 센서와 연동이 용이할 뿐만 아니라 데이터 측정 능력이 우수하여 산업체 등에서 다양한 종류의 정밀제품 생산에 크게 기여하리라 판단된다.

REFERENCES

[1] J. S. Lim. (2015), Design of Fusion Multilabeling System Controlled by Wi-Fi Signals. *Journal of the Korea Convergence Society, 6(1),* 1-5.

[2] K. H. Lee, D. I. Kim, D. H. Kim, M. Y. Sung, Y. K. Lee & S. Y. Jung (2012). Implementation of Real-Time Video Transfer System on Android Environment. *Journal of the Korea Convergence Society, 3(1),* 1-5.

[3] http://www.eng.auburn.edu/~nelson/courses/elec5260_6260/STM_Discovery/STM32F4-Discovery%20Keil%20Training.pdf

[4] Y. Lin, R. Kong, R. She & S. Deng. (2013). Design and Implementation of Remote/ Short-range Smart Home Monitoring System Based on ZigBee and STM32. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 5(9),* 2792-2798.

[5] C. Zhou, B. Ye, Z. Cao & B. Zeng (2014)., Development of a multi-parameter wireless spirometer based on STM32. *International Journal of Engineering Trends and Technology, 17(8),* 353 - 356.

[6] J. S. Lim. (2016). Design of high Speed Data Acquisition and Fusion System with STM32 Processor. *Journal of the Korea Convergence Society, 7(1),* 9-15.

[7] http://www.stm32circle.com/projects/project.php?id=258

[8] J. Yiu. (2015). *The Definitive Guide to Arm(r) Cortex(r) -M3 and Cortex(r)-M4 Processors(third edition)*, Newnes,

[9] J. S. Lim. (2017) Design of Wideband RF Frequency Measurement System with EP2AGX FPGA. *Journal of the Korea Convergence Society, 8(7),* 1-6.

[10] www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm

[11] https://kr.mouser.com/ProductDetail/Honeywell/HOA1405-001?qs=OmWMh1k3VihIsFKiZpQZGw%3D

[12] S. H. Park, H. M. Park & C. B. Kim. (2011). Design and Implementation of Low-Power RFID System Using Infrared Ray Sensor. *Journal of Advanced Information Technology and Convergence, 9(7),* 41-48.

[13] H. W. Choi, M. C. Ryoo, C. S. Lee & H. S. Kim. (2013). Secure Data Gathering Protocol over Wireless Sensor Network. *The Journal of Digital Policy & Management, 11(12),* 367-380.

[14] J. S. Lim. (2017). A Simulator for Analyzing the Accuracy of Correlative Interferometer Direction finder. *Journal of Convergence for Information Technology, 7(2),* 53-58.

[15] J. S. Lim. (2017). Azimuth Accuracy Test of Phase Comparison Direction Finding Method Using F-16 Fighter Scale-down Model. *Journal of Convergence for Information Technology, 7(5),* 83-88.

임 중 수(Joong-Soo Lim) [종신회원]

· 1978년 2월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과(학사)
· 1994년 3월: Auburn대학교 공과대학 전자공학과(박사)
· 1994년 3월~2003년 2월 : 국방과학연구소 책임연구원, 전자전연구실장
· 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수
· 관심분야 : IT융합, 정보통신, 전파기기, 전자전시스템
· E-Mail : jslim@bu.ac.kr