

# STM32 프로세서를 이용한 고속 데이터 수집 및 융합 시스템 설계

임중수

백석대학교 정보통신학부

## Design of High Speed Data Acquisition and Fusion System with STM32 Processor

Joong-Soo Lim

Division of Information Communication, Baekseok University

**요약** 본 논문은 Cortex-M4 기반 STM32 프로세서를 이용한 고속 데이터수집 및 융합 시스템 설계에 대해서 기술하였다. 본 논문에서 설계한 데이터수집 시스템은 산업현장에서 발생하는 각종 데이터를 4 종류까지 실시간으로 수집하여 서버 컴퓨터로 자료를 전송할 수 있으며, 각종 센서와 연결이 간편하여 설치가 간단하고 간편한 펠드-프레임을 개발해서 동작 속도를 매우 향상 시켰다. 또한 각종 센서를 쉽게 연결할 수 있도록 디지털 신호 입력부와 아날로그 신호 입력부를 별도로 두어서 서로 다른 센서에서 입력된 신호를 융합할 수 있게 설계되었다. 이러한 융합형 데이터수집 시스템은 실시간으로 각종 데이터의 동시 수집과 모터제어에 잘 동작하였으며 정밀제품의 품질향상에 크게 기여하리라 판단된다.

• Key Words : 데이터 수집, 융합, 센서, 동작속도, 변환기

**Abstract** In this paper, we describe the design of a high speed data acquisition system(DAS) 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 servo computer in real time. The system is designed for multi functions with universal asynchronous receiver and transmitter(UART), analog to digital converter(ADC), digital to analog converter(DAC), and general purpose input output(GPIO). those are well tested for various data acquisition and high speed motor control in real time.

• Key Words : Data Acquisition, Convergence, Sensor, Operation Speed, Converter

### 1. 서론

정보통신 융합기술이 발달하면서 오프라인으로 동작 하던 많은 기기들이 유선인터넷 또는 무선인터넷 시스템을 이용하여 각종 센서의 출력 자료를 실시간으로 서버로 전송함으로써 산업기기의 데이터 수집 및 융합 능

력을 높여서 제품의 생산성 향상과 자료의 정확성을 높 이게 되었다[1,2,3,4].

DAQ 시스템은 [Fig. 1]과 같이 각종 아날로그 센서와 디지털 센서에서 측정된 자료를 받아서 아날로그 데이터는 ADC에서 디지털로 변환한 후에 실시간으로 서버컴

\*Corresponding Author : Joong-Soo Lim(jslim@bu.ac.kr)

Received December 31, 2015

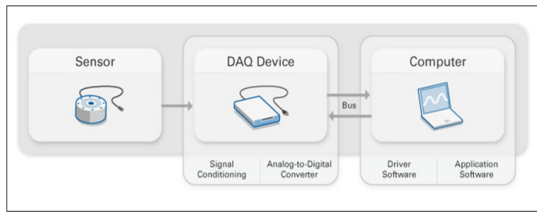
Revised February 3, 2016

Accepted February 20, 2016

Published February 29, 2016

퓨터로 전송하는 구조이다. 기존에 산업현장에서 사용되는 대부분의 DAQ 시스템은 고정형 컴퓨터에 데이터 변환 보오드를 추가하는 구성으로 되어 있어서 크기가 크고 새로운 센서를 추가하여 데이터를 수집하기가 어려웠다.

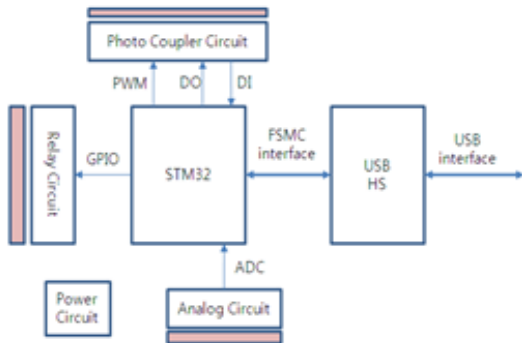
본 논문에서 설계한 DAC시스템은 STM32 프로세서와 Cortex-M4 기반에 따른 절차로 설계하여서 구성이 간단하며 동작 속도가 매우 빠르다. 또한 각종 센서를 쉽게 사용할 수 있도록 입력부를 디지털 신호 입력부와 아날로그 신호입력부를 별도로 두었으며 입력신호의 전압 크기도 다양하게 설계하였다[5,6].



[Fig. 1] Functional Diagram of High Speed DAQ System

## 2. DAQ 시스템 구성

설계한 DAQ 시스템은 ARM Cortex-M4 기반의 STM32F407을 사용하여 설계한 프로세서부를 중심으로 아날로그 신호를 입력받는 Analog Circuit, 디지털 신호를 입출력하는 Photo coupler Circuit, 모터제어 등에 활용하기 위한 Relay Circuit, USB 방식으로 데이터를 서버 컴퓨터로 전송하기 위한 USB HS 등으로 구성되어 있으며 중요부 구성은 [Fig. 2]와 같다.



[Fig. 2] Block Diagram of DAQ System

## 2.1 STM32 프로세서부

프로세서부에 사용한 CPU는 [Fig. 3]에 보이는 Cortex-M4 기반의 168MHz 동작 주파수를 가지는 STM32F407이며 세부 기능 및 규격은 <Table 1>과 같다[7,8].

또한 프로세서부에서는 소프트웨어의 부담을 줄이기 위해서 DMA(Direct Memory Access)를 사용하여 AD(analog to digital) 변환된 데이터를 DMA Controller가 지정한 메모리 위치에 직접 옮기도록하여 속도를 향상시키도록 설계하였다.



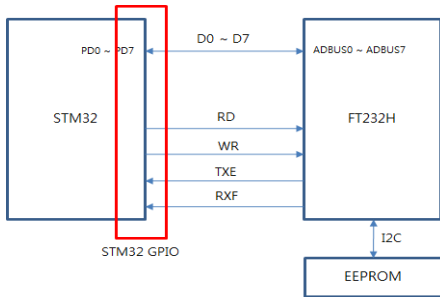
[Fig. 3] STM32F407 Processor

<Table 1> Features of STM32F407 Processor

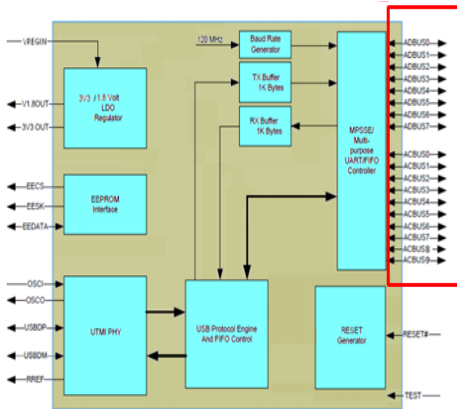
	Feature
Processor	Sitara AM3358BZC2100
Graphics Engine	1GHz, 2000 MIPS
SDRAM Memory	SGX530 3D, 20M Polygons/S
Onboard Flash	512MB DDR3L 800MHZ
PMIC	4GB, 8bit Embedded MMC
Debug Support	TPS65217C PMIC regulator and one additional LDO.
Power Source	Optional Onboard 20-pin CTI/JTAG, Serial Header miniUSB 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	10b HDMI, 1280x1024 (MAX) 1024x768, 1280x720, 1440x900, 1920x1080@24Hz w/EDID Support
Audio	Via HDMI Interface, Stereo Power 5V, 3.3V, VDD_ADC(1.8V) 3.3V I/O on all signals
Expansion Connectors	McASP0, SPI1, I2C, GPIO(69 max), LCD, GPMC, MMC1, MMC2, 7 AD(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

### 2.2 USB High Speed 데이터 전송부

DAQ 시스템에서 서버 컴퓨터나 외부장치로 고속으로 데이터를 송수신하기 위해서는 USB 2.0 High Speed 기반의 IC가 적합하다고 판단되어 FDTI사의 FDTI234를 사용하였으며 STM32F4와 FDTI234H와 데이터 및 read, write 명령 전송라인 연결은 [Fig. 4]와 같다. 또한 본 연구에서 사용한 FDTI234H의 내부 블럭도와 외형은 [Fig. 5], [Fig. 6]에서 확인할 수 있다[9].



[Fig. 4] FT232H Connection



[Fig. 5] Block Diagram of FT232H

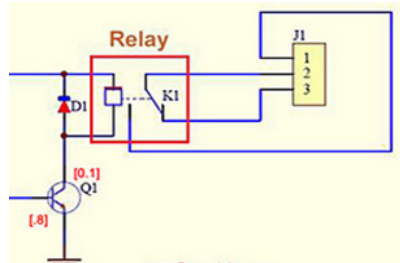


[Fig. 6] Picture of FT232H

### 2.3 릴레이 회로부

릴레이 회로부는 DMA 시스템을 이용하여 외부장치를 제어할 때 사용하는 회로로 DMA시스템의 GPIO 라

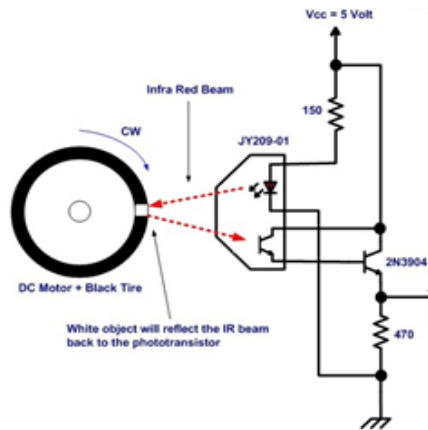
인과 연결하여 사용할 수 있도록 설계하였다. [Fig. 7]과 같이 J1 콘넥터를 통해서 릴레이 구동명령(on)이 입력되면 K1 릴레이가 동작하여 Q1 트랜지스터가 동작하게 된다. 릴레이 회로는 과전류 차단회로, 과열 방지회로, 모터 제어 등에 많이 사용된다[10].



[Fig. 7] Block Diagram of K1 Relay

### 2.4 센서부

센서부는 외부로부터 디지털 신호를 센싱할 때 사용하는 회로의 일종으로 광센서 또는 적외선센서 등과 쉽게 연결할 수 있도록 설계하였다. [Fig. 8]은 적외선 센서를 이용하여 자동차 타이어의 회전속도를 측정하는 개념도를 나타낸다. 그림에서 적외선 센서는 타이어에 붙은 흰색 라벨지에서 출력되는 신호의 차이를 전기적 신호로 변환하는 장치이다. 고속 DMA시스템과 연동하기 위해서 설치가 쉽고 신호감지 정확도가 매우 높은 HOA1405 적외선 센서를 사용하여 제작하였다[11,12].

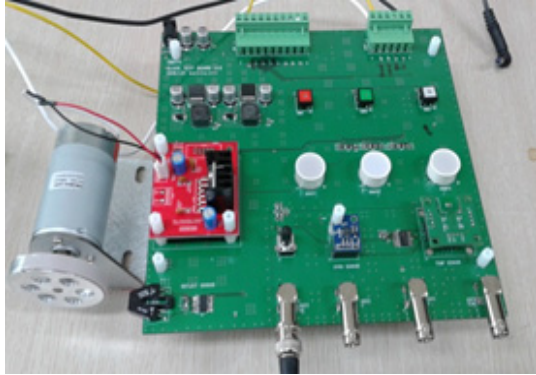


[Fig. 8] HOA1405 sensor

### 2.5 모터 구동부

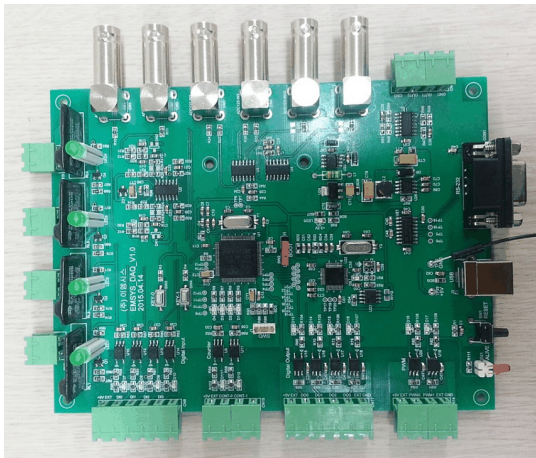
모터구동부는 모터의 회전속도를 제어하기 위해서 펄

스폭제어(PWM)장치로 구성되어 있다. 모터의 속도를 제어할 수 있는 모터와 모터 구동부의 구성은 [Fig. 9]와 같다.



[Fig. 9] Motor control board

본 논문에서 고속데이터 수집이 가능하도록 설계된 DAS시스템의 입출력부는 6개의 ADC 입력회로와 8개의 DAC 입력회로, 8개의 DAC 출력회로, 2개의 Relay 등으로 구성되었으며 제작된 내부 보오드 사진은 [Fig. 10]과 같다.



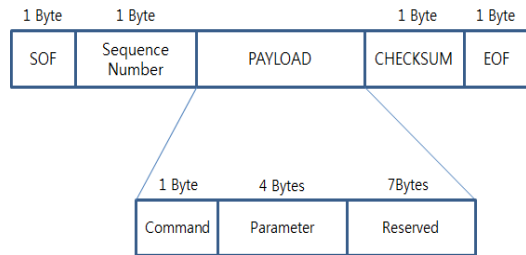
[Fig. 10] Picture of DAQ system

### 3. DAQ 시스템 Software 설계

DAQ시스템의 소프트웨어는 시스템 소프트웨어와 응용 소프트웨어로 나눌 수 있으며 주요 시스템 소프트웨어는 다음과 같은 기능을 포함하고 있다[13,14].

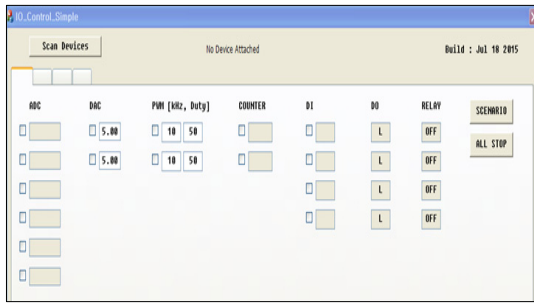
- 1) 서버컴퓨터와 DAQ시스템 연동
- 2) 수집된 데이터를 안전하게 서버컴퓨터로 전송하기 위한 프로토콜
- 3) 사용자의 입력을 받거나 ADC, GPIO 입력의 결과를 보여주는 기능을 가진 PC 기반의 User Interface 프로그램
- 4) ARM Cortex-M4 기반에서 동작되는 System 소프트웨어, 설계한 DAQ시스템의 데이터 전송속도 향상과 정확도를 높이기 위해서 데이터 프레임을 사용하였으며, 구성은 [Fig. 11]과 같이 5개 분야로 나누었고 중요기능은 다음과 같다.

- 1) SOF: Start of Frame
- 2) sequence number: 0 ~ 255 사이의 값, 전송되는 Frame은 순차적인 Sequence Number 사용
- 3) Command: I/O 보드가 수행할 명령어를 표현
- 4) Parameter: 명령어와 함께 전달되는정보. (명령어 Parameter로 볼 수 있음)
- 5) Reserved: 향후 사용을 위하여 예약된 영역
- 6) Checksum: Sequence Number부터 Reserved까지의 Checksum
- 7) EOF: End of Frame



[Fig. 11] Frame Fields of DAQ System

설계한 DAQ 시스템은 [Fig. 12]와 같은 UI(user interface)를 가진 서버 컴퓨터 응용 프로그램을 사용하여 운용자가 특별한 교육을 받지 않아도 마우스 클릭으로 쉽게 운용할 수 있도록 설계하였으며, UI에 사용할 주요 기능 및 명령어는 다음과 같이 7가지로 구분하여 기술하였다[15,16,17].



[Fig. 12] UI of Servo Computer

- 1) ADC: Edit 창을 통해 ADC 변환된 전압 값을 표시하도록 한다.
- 2) DAC: 사용자가 직접 DAC 출력 전압값을 입력할 수 있도록 한다.
- 3) PWM: 사용자가 직접 DAC 출력 전압값을 입력할 수 있도록 한다.
- 4) Counter: 보드로 입력되는 펄스를 계수하여 해당 값을 표시하도록 한다.
- 5) Digital Input: 보드로 입력되는 전기적 신호 값을 H/L로 표시하도록 한다.
- 6) Digital Output: 마우스 클릭으로 H/L 값이 변환되도록 하고 해당 값이 보드로부터 출력되도록 한다.
- 7) Relay: 마우스 클릭으로 On/Off 값이 변환되도록 하고 해당 값이 보드로부터 출력되도록 한다.

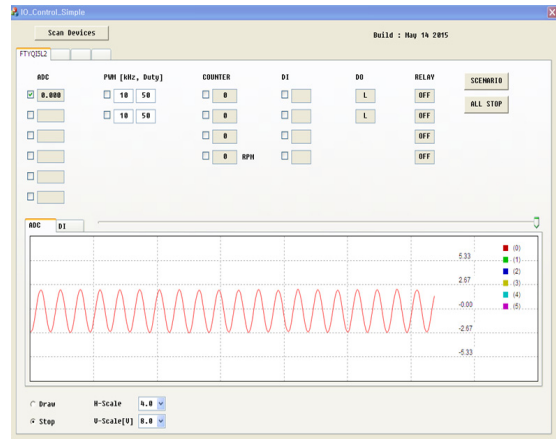
### 4. DAQ 시스템 시험

설계한 DAQ 시스템의 입력단에 신호를 입력 하고, 서버 컴퓨터에서 DAQ 시스템에 프레임-필드 형태로 데이터 수집 명령을 보내면 DAQ 시스템은 입력단의 데이터를 수집하여 서버컴퓨터로 전송하고 서버 컴퓨터는 수신한 데이터를 그래프 형태로 표시해 준다.

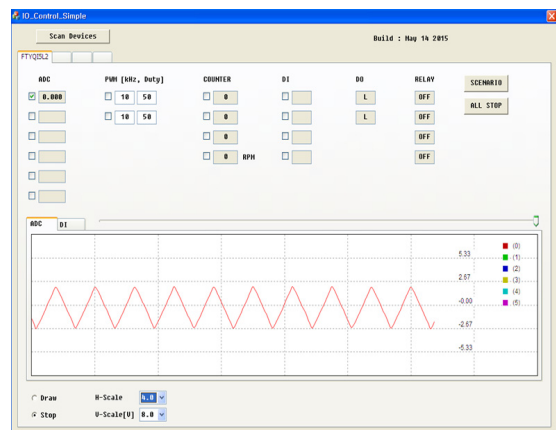
[Fig. 13], [Fig. 14], [Fig. 15]는 다양한 전압의 정현파 신호, 펄스와 신호, 삼각파 신호를 입력단에 연결한 후에 DAQ 시스템을 통하여 데이터를 수집하여 서버에 표시한 내용이며 측정 결과 평균 1% 이하의 오차로 매우 정확하였다. 또한 서버 컴퓨터에서 DAQ 시스템에 모터 제어 데이터를 보내서 모터가 명령에 따라 속도가 가변되면서 정확하게 동작하는 것을 확인하였다.

### 5. 결론

본 논문에서 설계한 DAQ 융합형 시스템은 STM32F4와 FT232H를 사용하여 보드를 설계함으로써 크기와 중량을 기존의 고정형 DAQ시스템 보다 0.5배 이하로 감소시켰으며, 서버 컴퓨터와 자료 교환시 간단한 프레임-필드를 작성하여 사용함으로써 데이터 전송의 편이성과 정확성을 향상시켰으며 데이터 분석 및 표시속도도 1.5 배 이상 향상시켰다. 설계한 시스템은 데이터 측정 기능이 정확하여 현재 산업체에서 사용되고 있는 PC형 DAQ 시스템보다 다양한 기능을 수행할 수 있어서 정밀제품의 품질향상에 크게 기여하리라 판단된다.

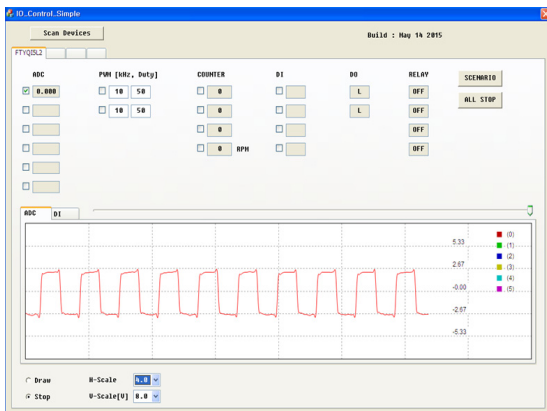


[Fig. 13] Detecting Sinusoidal signal



[Fig. 14] Detecting Sawtooth Signal





[Fig. 15] Detecting Pulse Signal

## ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 2015년도 백석대학교 학술연구공모과제의 지원을 받아 수행된 것임

## REFERENCES

- [1] Chuiliu Zhou, Binhao Ye, Zili Cao, Bixin Zeng, "Development of a multi-parameter wireless spirometer based on STM32", *International Journal of Engineering Trends and Technology*, Vol. 17, No. 8, pp.353-356, 2014.
- [2] O-Byung Kwon, Kyeong-Su Kim, "The Design and Implementation of Location Information System using Wireless Fidelity in Indoors", *The Journal of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 4, pp. 243-249, 2013.
- [3] Kang-Hun Lee, Dong-IL Kim, Dae-Ho Kim, Myung-Yoon Sung, Young-Kil Lee, Suk-Yong Jung, "Implementation of Real-Time Video Transfer System on Android Environment", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-5, 2012.
- [4] Joong-Soo Lim, "Design of Fusion Multilabeling System Controlled by Wi-Fi Signals", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-5, 2015.
- [5] Chuiliu Zhou, Binhao Ye, Zili Cao, Bixin Zeng, "Development of a multi-parameter spirometer based on STM32", *International Journal of Engineering Trand and Technology*, Vol. 17, No. 8, pp. 353-356, 2014.
- [6] Yuanxin Lin, Rui Kong, Rongbin She, Shugao Deng, "Design and Implementation of Remote/Short-range Smart Home Monitoring System Based on ZigBee and STM32", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, Vol. 5, No. 9, pp. 2792-2798, 2013.
- [7] <http://www.stm32circle.com/projects/project.php?id=258>
- [8] Joseph Yiu, *The Definitive Guide to Arm(r) Cortex(r) -M3 and Cortex(r)-M4 Processors*(third edition), Newwnes, 2013.
- [9] [www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm](http://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm)
- [10] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/228909/HONEYWELL/HOA1405.html>
- [11] Wei He, Tian Yu, Yujia Zhai, "PID auto-tuning controller design via fussy logic", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 4, No. 4, pp. 31-40, 2013.
- [12] Sueng Hwan. Park, Hyung Mo. Park, Chang Bok. Kim, "Design and Implementation of Low-Power RFID System Using Infrared Ray Sensor", *Journal of Advanced Information Technology and Convergence*, Vol. 9, No. 7, pp. 41-48, 2011.
- [13] Hyeok-Koo Jung, "A Packet Algorithm for IEEE 802.11n System", *The Journal of Korea Information and Communications Society*, Vol. 33, No. 4, pp. 330-335, 2008.
- [14] Seok-Hoon Kim, Jung-Soo Han, "Smart Cold-Chain Monitoring Automation System Architecture based on Internet of Things", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 12, No. 12, pp. 351-356, 2014.
- [15] Holly Moore, *Matlab for Engineers*, Pearson, 2009.
- [16] Seong-Hoon Lee, "A Security Enhancement Method for Web Service", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 11, No. 12, pp. 361-366, 2013.
- [17] Hae-Won Choi, Myung-Chu Ryoo, Chae-Soo Lee, Hyun-Sung Kim, "Secure Data Gathering Protocol

over Wireless Sensor Network”, Journal of Digital Convergence, Vol. 11, No. 12, pp. 367-380, 2013.

#### 저자소개

임 중 수(Joong-Soo Lim)

[종신회원]



- 1987년 8월 : 충남대학교 공과대학 전자공학과 (석사)
- 1994년 3월 : Auburn대학교 공과대학 전자공학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 2003년 2월 : 국방과학연구소 책임연구원, 전자전연구실장

· 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수,  
<관심분야> : IT융합, 정보통신, 전자기기, 전자전 시스템