

## 스마트 제조를 위한 봉제기의 밀실 센싱 모니터링 시스템

이대희\* · 이재용\*\*

## Under-Thread Sewing Yarn Sensing Monitoring System of Sewing Machine for Smart Manufacturing

Dae-Hee Lee\* · Jae-Yong Lee\*\*

## 요약

고생산성 스마트공장을 실현하고 섬유 공정간 소량 및 대량 생산 요구에 대응할 수 있는 공장간 협업 가능성을 위해서 ICT개념이 도입되고 있다. ICT 기반의 협업 생산과 제조공정 최적화를 통해 제품 개발기간과 원가, 품질, 납기를 개선하여 고생산성 섬유제품을 생산 할 수 있는 ICT 융합형 모니터링 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 봉제기 밀실 부분에 실제 장착 가능한 비접촉식 디지털 광 화이버 센서를 이용하여 밀실잔량을 센싱하여 IoT기반 라떼판다 보드 디스플레이에 표출하는 시스템 설계를 제안하고 구현 하였다. 이는 기존 밀실잔량 센싱 장치에 비해 소형화 되어 봉제기에 적용 우수한 성능을 확보할 수 있다.

## ABSTRACT

The ICT concept has been introduced to realize a highly productive smart factory and respond to the demand for small quantity and mass production between textile processes. ICT convergence monitoring system that can produce high productivity textile products by improving product development period, cost, quality and delivery time through ICT based production and optimization of manufacturing process is needed. In this paper, we propose and implement a system design that senses the amount of remaining sewing material using a non-contact sensor that can be mounted on a sewing machine and displays it on a display using IOT-based LATTE-PANDA board.

## 키워드

IoT-Monitoring, Non-Contacting Sensing, Sewing Machine, Thread Monitoring, Bobbin Yarn  
비접촉 센싱, 밀실 잔량, 봉제기, 봉제사 모니터링, IoT 모니터링

## 1. 서론

현재 섬유시장의 흐름은 의류용에서 산업용과 생활용 순으로 변화하고 있으며 소량 및 대량 주문에 대응할 수 있는 유연한 생산체제와 적기 생산 납품과 이동적 생산을 수용하는 ICT기반의 생산정보 교환이

가능한 스마트 제조용 시스템이 필요하다[1-2]. 스마트 생산제조를 위해 봉제공정에서 발생하는 제품, 생산정보를 CPS( Cyber-physical systems)를 통해 상위 제품 생산정보와 연계가 필요하다[3]. 즉, 산업 전반에서 ICT융합 기술화가 이루어지고 있으며 PC에서 모바일기기 및 웨어러블과 IoT로 변화하고 있다[4].

\*한국섬유기계융합연구원 메카트로닉스팀  
선임연구원 (dhlee@kotmi.re.kr)

\*\* 교신저자 : 한국섬유기계융합연구원  
· 접수일 : 2017. 11. 21  
· 수정완료일 : 2018. 01. 03  
· 게재확정일 : 2018. 02. 15

· Received : Nov. 21, 2017, Revised : Jan. 03, 2018, Accepted : Feb. 15, 2018

· Corresponding Author : Dae-Hee Lee

Dept. of Mechatronics Team, Korea Textile Machinery Convergence Research Institute,  
Email : dhlee@kotmi.re.kr

최근 제조업의 트렌드는 ICT기술과 융합을 통한 생산 효율성 및 품질 향상을 통한 제조 경쟁력 확보이다[4]. 전통산업인 섬유기계 산업에서도 섬유 제조와 ICT융합을 위해서는 섬유기계 개발에서부터 ICT기술과의 융합이 가능한 섬유기계용 데이터 수집 임베디드 하드웨어 개발이 필요하다[5].

본 논문에서 제안하는 시스템은 봉제 공정의 CPS 구현을 위해 밀실 보빈 및 케이스 부분에 비접촉식 Digital Fiber Sensor를 이용한 밀실 잔량 센싱 IoT연동 모듈을 구현하고 봉제기 터치 모니터링 단말기로 센싱 데이터를 전송하여 봉제기 가동중 밀실 잔량 부족으로 인한 불량 제품 생산 시점을 정확하게 데이터화 하여 모니터링 하도록 하여 밀실 부족 및 에러상황을 표출하도록 설계하였다.

기존 밀실 부족 센싱 정보를 모니터링 하기 위한 밀실 감지용 장치는 공압 실린더 타입으로 물리적으로 접촉되는 타입이다. 기존 밀실 센싱 장치의 동작 메카니즘은 밀실 보빈에 직접 공압 실린더 핀이 전진하여 밀실 보빈의 실 부분에 접촉하고 밀실의 잔량을 핀에 장착된 마그네틱 센서로 초기 위치와 최종 위치간의 거리차로 계산하여 수치화 하는 모듈이 있다. 하지만 공압 실린더 타입은 봉제기 하단의 밀실 케이스 부분에 공간적 제약과 공압을 이용하기 때문에 에어 컴프레셔가 반드시 필요하여 실제 봉제기 구조상 장착되어 사용되기에는 불가능하다는 한계점이 있다. 또한 봉제기의 밀실 보빈부에 공압 실린더 타입 밀실 감지 센싱 장치는 실린더가 밀실을 물리적으로 전진하여 접촉하기 때문에 접촉이 많은 부위는 실이 눌러짐으로 인해 오차가 발생할 가능성이 많다. 이러한 이유가 봉제기에 실제 장착 가능성을 매우 어렵게 하고 있다. 단점을 해결하기 위해 비접촉 레이저 센서가 적합하며 본 연구에서 기존 장치의 단점을 보완하여 상용 봉제기에 직접 장착 가능하도록 디지털 광 화이버 센서를 이용한 비접촉 밀실 잔량 센싱 장치를 설계하고 센싱데이터를 IoT기반 라떼판다 보드로 모니터링 하도록 구현 하였다[6].

## II. 본 론

### 2.1 기존 접촉식 밀실감지 시스템

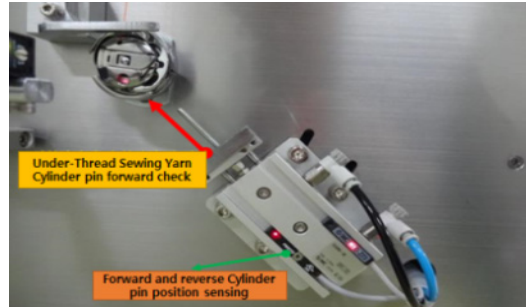


그림 1. 기존 실린더 타입 접촉식 봉제기 밀실감지 시스템

Fig. 1 Conventional cylinder contact type under-thread sewing yarn detection system

그림 1은 기존 밀실잔량 센싱 시스템이다. 동작은 밀실 보빈에 실린더(CXSM6-30)와 FESTO社 Position transmitters인 SMAT-8M 센서를 사용하여 실린더의 핀이 전진하여 센싱한 데이터를 계산하여 남은 밀실의 잔량이 측정 가능하도록 되어있다. 밀실이 부족할 경우 즉시 동작이 멈추도록 S/W알고리즘 로직 시퀀스로 구현되어 있다[7].

### 2.2 제안하는 개선된 비접촉 밀실감지 시스템

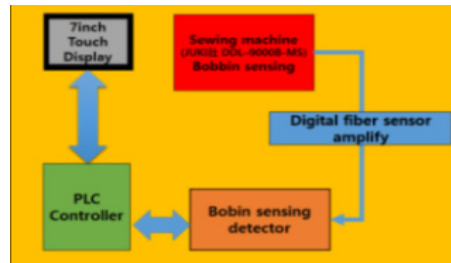


그림 2. 제안된 비접촉 밀실감지 시스템 블록도

Fig. 2 Proposed non-contact under-thread sewing yarn sensing system block diagram

그림 2는 기존 방식과 차별된 진보된 봉제기 밀실 감지 시스템의 전체 블록도이다. 기존 봉제기에서 밀실 감지는 공압 실린더로 밀실보빈 케이스의 특정 부위에 Pin이 전진하고 직접 터치하여 실린더의 Pin 전진 위치에 따라 측정하는 방식 이었다. 이 방식은 밀실에 물리적 접촉이 가해지기 때문에 반복 측정시 동

일 위치에 실의 눌림 현상으로 오차가 발생하고 봉제기 밀실보빈 장착 부분에 공간적 제약으로 설치가 불가능하다. 이러한 점을 개선하기 위해 비접촉 센서를 적용하여 그림 2의 제안된 비접촉 밀실감지 시스템의 구성으로 개선된 밀실감지 시스템을 설계 하였다. 개선된 밀실 감지 시스템은 Digital fiber sensor인 Panasonic社 FX-505를 사용하여 밀실보빈에 장착된 밀실의 잔량을 감지하게 설계 하였다. 밀실 잔량 감지를 보다 효과적으로 검출하기 위해 밀실보빈 케이스의 360° 회전 제어를 수행하게 되는데 전체 시스템의 제어는 PLC 컨트롤러를 사용하여 보빈 회전과 센싱된 값을 시리얼 통신으로 PLC 에서 데이터 처리를 하고 터치 디스플레이 모니터에서 밀실의 잔량과 밀실 보빈의 정상 회전 센싱 상태를 모니터링 하도록 구성 하였다. 실제 봉제기에 장착 가능성을 시험하기 위해 상용 제품인 JUKI社의 모델명 DDL-9000B-MS 에 실제 장착 가능하도록 기구 및 전장부 설계를 고려 하였다. 밀실 보빈 케이스에 센서 신호가 통과하기 위해 홀 가공을 진행하여 모든 동작이 실제 봉제기에 장착 가능하도록 구성하였다.

개선된 비접촉 밀실 잔량 감지 센싱 시스템의 센싱 동작수행 알고리즘을 그림 3과 같이 설계 하였다. 봉제기 최초 전원이 들어온 후 가동시 초기화 후 밀실보빈의 회전위치 및 밀실잔량 초기 데이터를 획득하고 동작 수행을 하도록 하였다. 밀실보빈 이 회전 동작을 멈춘 후 Real time으로 밀실의 잔량을 센싱하여 7인치 터치패널 모니터로 전송 하도록 설계 하였다.

### 3.2 디지털 광 화이버 비접촉 센서적용 밀실감지 시스템 설계

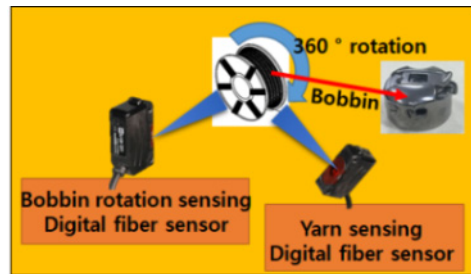


그림 4. 디지털 광 화이버센서 적용 밀실감지 구성도  
Fig. 4 Under-thread sewing yarn balance measurement system using digital optical fiber sensor

## III. 비접촉 밀실감지 시스템 구현

### 3.1 비접촉 밀실감지 S/W 동작 알고리즘 설계

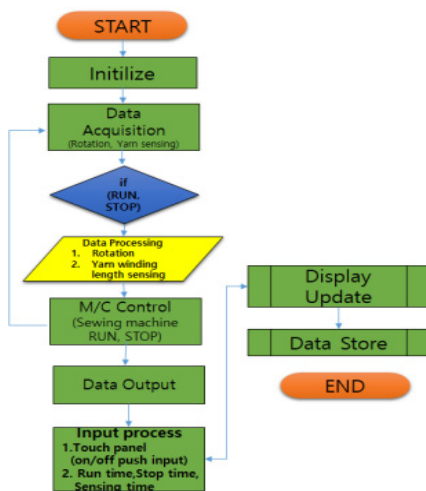


그림 3. 비접촉 밀실감지 센싱 동작 알고리즘  
Fig. 3 Non-contact under-thread sewing yarn sensing algorithm

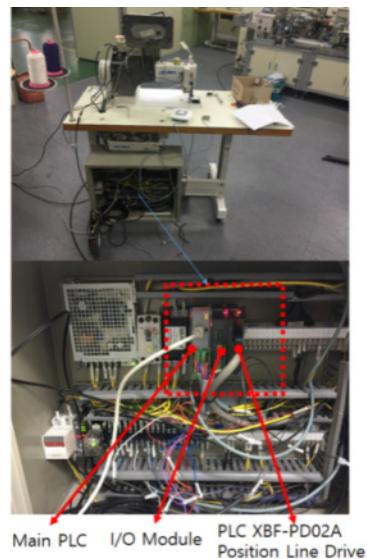


그림 5. 제안된 비접촉 밀실감지 센싱 시스템 제어부  
Fig. 5 Proposed non-contact under-thread sewing yarn sensing system control part

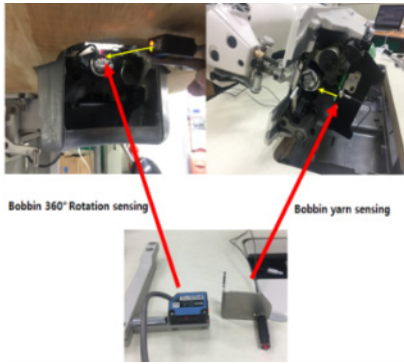


그림 6. 밀실보빈 회전 및 밀실잔량 센싱부  
 Fig. 6 Under-thread sewing yarn rotation and yarn residual amount sensing part.

디지털 광 화이버센서 FX-505를 적용하여 비접촉식 밀실 잔량 검출과 광 센서인 SICK社 WT 100L-E1141을 이용하여 회전과 밀실 잔량을 감지하는 시스템을 그림 5와 같이 설계 하였다. 그림 5는 비접촉 밀실감지 센싱 시스템의 제어부이다. 제어부는 전체 Main PLC와 센서 입출력 I/O Module 및 보빈 위치결정을 위한 Position Line Drive를 사용하여 전체 센싱 시스템 제어부를 구성 하였다[8]. 밀실 보빈이 360°회전할 때 Bobbin 케이스에 회전을 감지하는 센서가 그림 4에서 밀실 보빈의 흑백 음영 부분을 아날로그 입력 범위 DC 0~20mA 범위로 검출하여 회전 상태를 센싱하고 그림 6의 아날로그 4채널 I/O 입력 XBF-AD04A 모듈에서 회전 동작 불능의 경우 밀실 에러 감지 상황을 7인치 터치 디스플레이 모니터링 장치로 표출 하도록 설계 하였다. 한편 밀실 보빈에 감긴 밀실의 잔량을 센싱하기 위해 그림 6에서 보는 바와 같이 디지털 광 화이버 센서를 사용하여 보빈 케이스의 가공 홀 부분을 통과하여 내부 밀실 보빈에 감긴 실 량을 감지하도록 하였다. 밀실 감지시 보빈 케이스의 위치 및 보빈 회전 위치 상태를 처리하기 위해 현재 위치로부터 원하는 속도로 이동시켜서 정확한 목표 위치에 정지시키도록 XBF-PD02A 2축 레이 드라이버를 이용하여 1~2,000,000(pulse/초)속도 범위로 데이터를 처리 하도록 설계하고 시험 하였다. 위치 결정에 따라 감지된 밀실 잔량 데이터는 내부 알고리즘으로 전체 밀실 보빈에 감긴 실 길이량을 100% 기준으로 하여 잔량이 1%이하가 되었을 경우 알람을 표출하도록 설계하였다[9].

#### IV. 구현 및 성능평가

##### 4.1 밀실 잔량 비접촉 감지 시험

밀실 보빈에 밀실의 잔량을 센싱하기 위해 그림 7과 같이 1mm 두께의 봉제 실이 감겨있는 밀실 보빈을 봉제기에 장착 준비 하였다. 실제 봉제기에 장착 후 적용된 비접촉 레이저 센서가 실제 봉제 작업을 수행한 후 밀실 잔량이 센싱되어 구성된 UI 화면인 그림 8과 같이 측정 되는것을 확인하였다. 그림 8은 밀실감지 센싱장치의 UI 프로그램 화면구성이며 밀실 잔량 감지 센싱 전 초기 감지 가 된 상태이다. 최초 감지된 밀실의 잔량이 100% 이며 길이는 100M이다. 현재 실 잔량 100%에서 설정 실잔량 25%에 도달하면 자동으로 봉제기의 바늘 회전이 중지되고 알람 구동을 그림 9와 같이 확인하였다. 실의 잔량은 최소 10m길이까지 센싱되어 1%까지 표현 하도록 하였으며 실험으로 정상 동작을 확인 하였다.

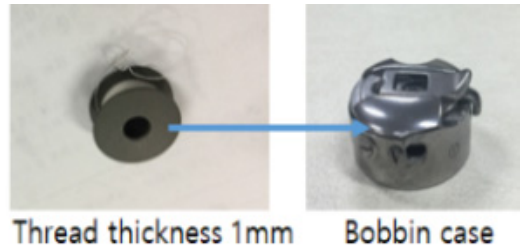


그림 7. 밀실 두께 1mm 보빈 장착  
 Fig. 7 Under-Thread Sewing Yarn Thickness 1mm bobbin



그림 8. 비접촉 밀실감지 센싱 UI프로그램  
 Fig. 8 Non-contact under-thread sewing yarn sensing ui program

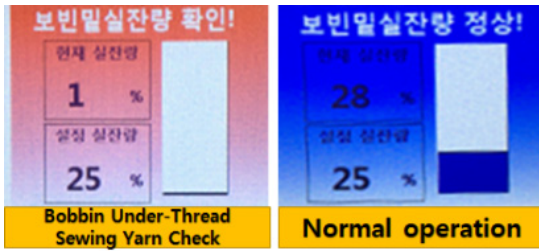


그림 9. 밀실잔량 센싱 확인 시험 결과  
Fig. 9 Under-thread sewing yarn sensing operation test result

#### 4.2 IoT 기반 센싱 데이터 모니터링 시험

그림 10은 라떼판다 IoT보드를 이용하여 센싱된 정보를 보드의 4인치 제어정보 표출 터치 디스플레이로 표시해주는 모니터링 구성도이다[10].

PLC 메인 시스템에서 비접촉 광센서로 센싱된 밀실잔량 데이터와, 밀실보빈회전, 땀수거리 데이터를 PLC에서 시리얼 통신으로 라떼판다 IoT보드로 전송하고 전송된 정보를 POP로 활용하기 위해 그림 10과 같이 구현하고 그림 11과 같이 상용보드인 라떼판다 IoT기반 보드를 이용하여 센싱 데이터 모니터링 정보를 표출을 확인 시험 하였다.

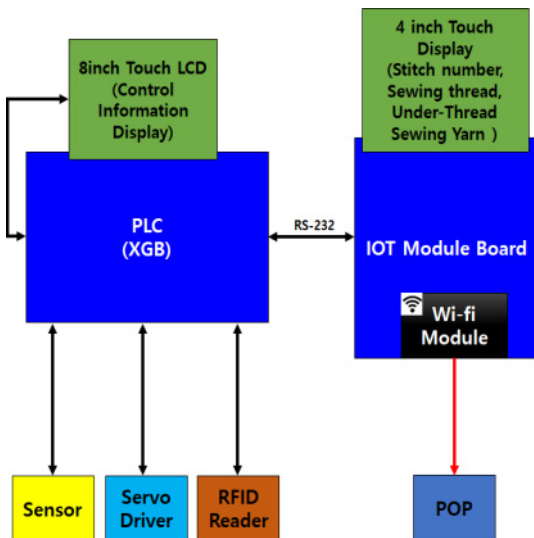


그림 10. 라떼판다 IoT보드 연동 모니터링 구성도  
Fig. 10 Configuration of sensing data monitoring using latte panda IoT board

라떼판다 보드 구성은 그림 11과 같으며 블루투스 와 무선 와이파이 모듈이 장착 가능하여 추가적으로 H/W를 구성할 필요가 없고 윈도우10 기반으로 센싱 데이터를 PLC에서 라떼판다 보드로 RS-232 시리얼 통신으로 데이터 수집이 가능하다. 그림 11에서는 봉제기 센서 장착 구동시 센싱되는 데이터를 라떼판다 IoT보드를 통해 표출해 보여주고 있으며 보빈이 정상적으로 회전하여 밀실 보빈 회전이 26회전 이상 되고 있으며 초기 구동이기 때문에 밀실 잔량은 100%로 센싱되어 정상 표시 되고 있음을 확인 하였다. 또한 실 공급이 정상적으로 되고 있음을 표시해주는 잇실 공급 정상 표시도 표출되고 있는 것을 시험 하였다.

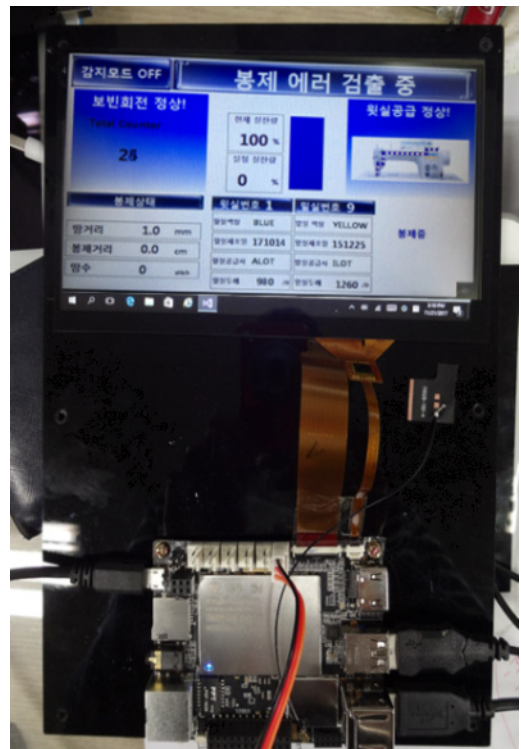


그림 11. 라떼판다 IoT보드를 이용한 센싱 데이터 모니터링 시험  
Fig. 11 Sensing data monitoring test using latte panda IoT board

## v. 결 론

본 논문에서는 기존 실린더 방식 접촉식 밀실잔량 센싱 시스템을 디지털 광 화이버 센서를 이용하여 비접촉식으로 밀실잔량을 센싱하여 디스플레이 하도록 구현 하였다. 제안된 시스템은 비접촉 디지털 광 화이버 센서와, PLC 제어장치, 터치 제어 모니터링장치로 구성된다.

PLC 컨트롤러에서 밀실감지 센싱 알고리즘을 통하여 밀실보빈이 회전한 후 밀실 잔량을 센싱 하도록 설계 하였고 제작 시험하였다. 기존 실린더 타입의 방식의 최대 단점인 봉제기 장착시 공간적 제약 부분과 동일 부분에 밀실 감지시 센싱 응답속도 오차를 디지털 화이버 센서를 이용하여 해결 하였고 측정 정확도 분해능과 측정 응답속도를 높여 실제 봉제기에 장착 사용 가능함을 확인 하였다.

최종 측정된 센싱 데이터는 생산정보 모니터링을 위한 POP장치에 전달하기 위해 상용 보드인 라떼판다 IoT모듈을 이용하여 모니터링 시스템을 구현하고 정보 표출을 확인 하였다. 본 연구를 바탕으로 향후 봉제기의 생산 모니터링 정보를 활용하여 봉제 산업 전반에 스마트팩토리 구현을 기대할 수 있을 것이다.

## References

- [1] G. Seong, Y. Kim, W. Yang and W. Kim, "Pi Logger : Low-cost Greenhouse Image and Environmental Data Collection System for Invigorating Smart Farm Propagation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 11, 2016, pp. 1121-1128.
- [2] Roland Berger, "INDUSTRY 4.0: The new industrial revolution How Europe will succeed," *Technical Report*, March, 2014, pp. 12-13.
- [3] Janos Sztipanovits, "Composition of Cyber-Physical Systems," *Proc. of the IEEE*, 2007, pp. 22-23.
- [4] Y. Lee and P. Moon, "Comparison and Analysis of Functional Features of IoT Operating Systems," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2016, pp. 337-344.
- [5] X. Hao, "Design and Implementation of LED Lighting Control System Using Arduino Yun and Cloud in IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 10, 2016, pp. 983-988.
- [6] K. Nam, "A Study on the Rice growing water-management System based on IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 10, 2016, pp. 989-994.
- [7] K. Nam, "A Study on the Rice growing water-management System based on IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 10, 2016, pp. 989-994.
- [8] D. Lee, "A Study on the sewing yarn sensing detector system of sewing machine for Smart Manufacturing," *J. of the Korea Institute of Electronics Engineers, 2017 IEIE Summer Conf. Haeundae Grand Hotel, Korea, June, 2017*, pp. 1430-1433.
- [9] J. Ku and S. Jang, "Development of the High-Reliability PLC-CAN Communication Module for Construction Equipment," *J. of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 51, no. 10, 2014, pp. 1433-1435.
- [10] S. Park, "Internet of Things(IoT) system implementation with minimal Arduino based appliances standby power using a smartphone alarm in the environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2015, pp. 1175-1182.

## 저자 소개



### 이대희(Dae-Hee Lee)

2007년 금오공과대학교 전자공학과  
졸업(공학사)

2010년 금오공과대학교대학교 대학  
원 전기전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 금오공과대학교 대학원 전기전자공학과 졸업  
(공학석사)

2007년 ~ 2011 경북대임베디드소프트웨어연구센터  
H/W개발팀 연구원

2011년 ~ 현재 한국섬유기계융합연구원 메카트로닉스  
스팀 선임연구원

※ 관심분야 : Zigbee통신시스템, IoT모듈, MES



### 이재용(Jae-Yong Lee)

1998년 영남대학교 기계공학과 졸  
업(공학사)

2010년 영남대학교 대학원 기계공  
학과 졸업(공학박사)

1998년 ~ 2001년 Yanbian University of Science & T  
echnology 전임교수

2001년 ~ 2003년 영남대 공업기술연구소 연구원

2003년 ~ 2006년 기술정보센터 부장

2006년 ~ 2007년 구미전자정보기술원 연구원

2010년 ~ 현재 한국섬유기계융합연구원 메카트로  
닉스팀 팀장

※ 관심분야 : 로봇제어, IoT모듈, 메카트로닉스

