

논문 2017-54-7-11

자동문의 고장원인을 모니터링하기 위한

BLE 기반의 시스템 개선연구

(Improvement Research of BLE-based System for Monitoring the cause of Breakdown of Automatic Doors)

김기두*, 원서연*, 김희식*

(Gi-Doo Kim, Seo-Yeon Won, and Hie-Sik Kim[©])

요약

최근 스마트폰 기기의 공급 확대로 저전력 블루투스(BLE)와 같은 무선통신과 다양한 센서 네트워크의 접근성에 의해 근접한 데이터 정보를 손쉽게 공유하는 사물인터넷(IoT)의 활용빈도가 높아지고 있다. 자동문 역시 2.5m~3m 높이에 설치된 제어부 동작 상태에 의한 고장유무와 원인을 파악하고 관리자에게 신속한 정보를 원격으로 제공하는 응용 프로그램의 개선으로서 BLE 기반의 연구가 가능하다. 현재 자동문 또한 원활한 관리환경을 위해 많은 진화를 추구하고 있는 현실이다. 제안한 시스템은 BLE 모듈을 추가 확장하여 기존 관리의 문제점으로 지적되고 있는 자동문의 정상상태 및 고장증상을 제어부를 통해서 일괄적으로 확인하는 스마트기기의 애플리케이션 구현으로 현장실험을 진행하였다. 본 논문의 결과를 바탕으로 이종기기 간의 데이터 신뢰도를 평가와 기존 자동문의 제어부의 통신모듈의 확장 가능성을 제공하는 기초자료가 되며, 향후 자동문의 제어부가 다 채널로 구성될 경우의 중앙관리 감시체제를 구축하는 계기가 될 것이다.

Abstract

Recently increasing usage of smartphones makes the Internet of Things (IoT) a leading technology that can collect and share data through sensor networks and wireless communication such as low-power Bluetooth (BLE). BLE-based application can provide operators more precise information on Automatic Door system by remotely diagnosing the system faults through wireless sensor networks and sensors around the Automatic Door. In this paper, a smart device with extended BLE module is implemented which can monitor and Control the system states and faults remotely without on-site diagnostic. while maintaining system integrity so that increase efficiency of time and costs for system management. We can use the results of this research as a basis in evaluating reliability of data between devices, extending communication module in Controller of obsolete Door systems, and establishing centralized monitoring systems in near future with multi-channel Door Controls.

Keywords : Bluetooth Low Energy(BLE), Internet of Things(IoT), Auto Door, Smart Mobile, UART Protcool, data Steaming Sever and Controller, I/O Interface

I. 서론

아파트, 초고층 빌딩과 같은 중·대형 건축물들이 지능형 도시발전의 메카로 부상함에 따라 유동적 변화가

많은 사람출입에 대한 시스템 체계의 보안 및 안전관리가 필수적인 요소로 인식되고 있다.^[1~2] 그중 네트워크의 고속화, 대용량의 멀티미디어 접속, 유무선 센서 직접화 등의 기술발전은 사람과 사물 또는 사물과 사물간의 상호소통이 급속성장 하는데 한 몫으로 자리 잡고 있다.^[2~4] 무선 네트워크의 발달은 스마트폰과 같은 지능화된 단말기를 통해 원격제어가 가능하게 함으로서 고감도 물체인식 감지센서로부터 입력되는 정보관리의 활용성이 높아지고 있는 추세이다.^[1] 이에 따라 대부분

* 정희원, 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과
(Department of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul)

© Corresponding Author (E-mail : drhskim@uos.ac.kr)

Received : May 18, 2017

Revised : June 22, 2017

Accepted : June 26, 2017

의 건물에 하나 또는 그 이상으로 설치되는 자동문에 대해 고장원인을 진단을 하고 신속하게 안전점검을 위한 관리자 요구가 필요로 한다. 건축시설 외관 2.5m~3m 높이에 설치되어 있는 자동문 제어부는 구조적 특성상, 온도, 습도, 먼지 등 자연환경 영향에 따라서 간접적 고장원인이 된다. 이때 여러 구역으로 자동문이 분산/설치되어 있는 경우, 정상여부를 분류하는 과정에서 고장상태인 자동문에 대해 원인과 진단에 소요되는 시간과 제어부 점검 과정 중 추락사고의 위험성이 초래하게 된다.

이 문제점을 육안으로 쉽게 진단하고 부품 상태정보 식별이 가능하도록 자동문의 제어부가 개선설계 되어야 한다.^[1~2,7] 또한 다 구간으로 분산/설치된 자동문을 다 채널 방식의 근거리 무선통신을 통해 스마트기기에 고장원인을 코드알람으로 전송되는 애플리케이션 구현이 필요한 연구시점에 이르렀다. 본 논문은 블루투스 4.2Ver (Bluetooth Low Energy: BLE)모듈과 FND를 자동문의 핵심 제어부에 종속 프로세서로 확장 설계하는 과정을 서술하였다. 그리고 실험대상 핵심 제어부에 고유주소(Address)를 임시부여하고 접속(Pairing) 위치에서 스마트기기의 애플리케이션을 통해 관리자 위주의 고장원인을 원격 모니터링 하는 성공여부 결과를 나타내었다. 실험결과에 따라서 현장에 적용할 경우, 전체 자동문 시스템의 성능개선의 방법으로서 유지관리 비용절감과 같은 효과로 인한 제품구매 고객에게 호응도가 높은 평가를 기대할 수 있다.

II. 본 론

기존의 자동문 시스템은 대부분 물체인식을 위한 감지센서의 정밀한 성능과 고효율이 요구되는 모터제어부의 하드웨어적 설계 및 통합운영에 연구초점을 맞추고 있다.^[1,3,6] 현재 자동문의 오동작을 일으키는 다양하고 복잡한 고장원인에 대해 관리자에게 신속하게 전달하는 개선요구가 충분히 반영하지 못하고 있는 실정이다.

현재 유사성을 가지고 있는 연구로는 “스마트 모바일 엘리베이터 제어 시스템 구축”, “자동문 출입관리로 활용지문인식기 개발”, “RFID 태그를 활용한 자동문 제어” 등 다수의 연구 및 개발 사례가 있다.^[1~3] 일반적인 자동문 제어기는 2.5m~3m 높이에 설치하여 도어 개폐를 위한 모터 및 벨트와 이탈방지 목적의 롤러행거를 기본 구성품으로 한 다양한 기계적 요소들의 조합으로 구성하고 있다.^[5~6] 이러한 구성품들의 운영 상태를 전

기적 입·출력신호를 통해 이상 유무를 확인하고 고장이 발생할 경우, 신속한 점검이 이루어지도록 관리 개선이 필요하다. Main 제어부에서 출력되는 자동문 상태 동작 신호는 고능률 부호화 방식(Low Bit-Rate Coding Method)의 UI를 적용하여 BLE 기반 무선전송 기능으로 확장 설계한다. 자동문의 정상 및 오류상태의 코드는 환경적 요인에 따른 각각의 소요부품의 고장원인으로 분류하여 본문에서 나타낸바와 같이 제안한다.

2.1 스마트 기반의 자동문 시스템 개요 및 구조

BLE를 적용하는 자동문 시스템은 전체 프레임을 구성하는 기계부, 제어부(Door Controller)의 하드웨어, 스마트기기의 애플리케이션 제어 인터페이스(Application Control Interface)를 담당하는 소프트웨어로 각각의 구조로 구분된다. 애플리케이션 제어 인터페이스는 데이터 스트리밍 서버(data Steaming Sever)과 WiFi 또는 Bluetooth 환경에서 자동문의 상태정보 확인하는 서비스를 제공하게 된다. 이때 시스템을 구성하는 각각의 제어모듈과 그들 간의 관계모델을 통한 정보전달 체계 구조가 스마트기기를 통한 서비스 제공의 핵심 설계사항이 된다. 자동문 시스템에서 스마트기기의 제어의 설계모델은 사용자 제어부(User Controller), CAN통신 제어부(CAN Controller), 스트리밍 제어부(Streaming Controller), 무선통신 제어부(Wireless Controller)로서 4부분으로 구분된다. 사용자 제어부는 자동문의 관리통제를 위한 입출력처리를 담당하며, 여기서 Door 열림/단합, 비상정지, 감지센서 신호 등 관리자가 조작성이 필요한 신호를 인식하고 CAN통신 제어부로 전달하는 기능을 한다. 스트리밍 제어부는 자동문의 상태 중 오동작 및 고장 발생시, 스마트기기로 디스플레이하고 이때 무선통신 제어부와 함께 연동하여 호출되는 자동문의 데이터를 주기적으로 전송되도록 하는 것이 주요 개요 및 핵심 설계구조가 된다.

2.2 자동문에 BLE를 적용한 스마트기기 제어 모델

자동문의 이상 유무를 모니터링하기 위한 시스템 구조는 모터 구동부와 감지센서 제어부로 크게 구분하여 각각의 상태코드가 전달되도록 명령체계를 구성해야 한다. 그림 1과 같이 자동문의 모니터링 단계는 크게 4가지 영역의 플로차트로 구분하고 제어신호와 디스플레이 정보는 양방향으로 제어가 가능하도록 시스템을 구현되어야 한다. B영역은 본 논문에서 제안하는 BLE 모듈의 주변장치(Peripheral Unit)로서 앞의 C영역에서 입력 받

은 신호를 A영역으로 전달하기 위해 임시저장하고 신호처리 역할을 한다. 이때 자동문 운영의 모든 정보는 범용 비동기화 송수신 (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter : UART) 방식에 의해 이루어지도록 모듈을 설계한다.

A영역에서부터 D영역까지 단계적으로 전달되는 신호는 자동문의 동작 상태를 제어하고 전달완료 되는 상태정보는 다시 A영역으로 피드백 받도록 하여야 한다. 패킷헤드와 셋업비트는 100mm/sec 마다 주기적으로 인터페이스 되도록 하며, 일반적으로 그림 2와 같은 전송구조로 자동문 상태정보를 설정한다. 이 때 UART 프로토콜의 설정은 9600bps으로 하고 동작상태 데이터 구성은 16bit의 정상 및 오류코드로 분류하여 명령코드 고유키와 함께 전송한다.

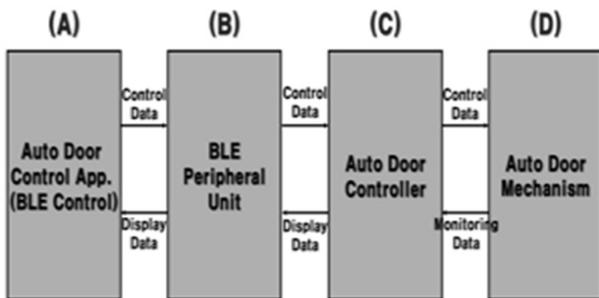


그림 1. BLE 기반으로 모니터링하기 위한 자동문 시스템의 플로차트
Fig. 1. The Flow Chart of Automatic Doors System for using Monitoring based on the BLE.

스마트기기에 의한 자동문의 상태정보를 원격으로 관리하는 환경은 그림 3의 블록다이어그램 기초로 하여 BLE Central 영역의 애플리케이션 구현이 이루어지도록 한다. 자동문의 제어정보는 하위 Driver Block에 의해서 생성되는 데이터를 수집 및 연산처리하고 스마트기기로 전송되어 화면에 표시하게 된다. 다음 Key code data는 자동문의 정상 또는 오류상태에 대해 Driver Block에서 고유코드로 분류하여 FND에 표시하고, 이를 구간통제 속도정보를 전송하는 것과 동일한 과정으로 스마트기기에 보여준다. 이때 key로 입력신호를 제어할 경우는 up/down mode key로서 데이터 명령어를 제어하고 Event Handlers에서 BLE의 안드로이드 서비스를 통해 동일하게 key 데이터를 보내게 된다. 모든 정보는 BLE Driver Module의 RF Transceiver에서 출력신호가 생성되며, 안드로이드 애플리케이션 디스플레이는 I/O 인터페이스에 의해 BLE Driver Service와 Event handlers의 UART 통신을 통신으로 이루어진다.

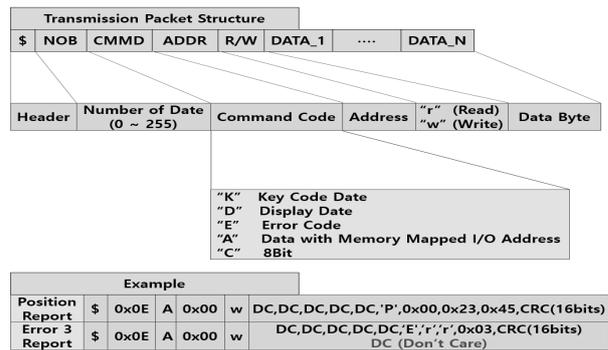


그림 2. 자동문의 상태정보를 표시하는 UART 프로토콜의 전송구조
Fig. 2. The transmission structure of UART protocol to Display the status of Automatic Doors.

스마트기기의 애플리케이션을 통해 자동문의 상태정보를 확인하기 위해서는 그림 2와 연계하여 입력력 신호를 정밀하게 제어하는 주변장치 구현이 필요하며, 그림 3과 같이 블록다이어그램으로 설명한다. BLE 주변장치의 하드웨어 구성은 RF Transceiver를 통해 전송되는 동작상태 신호를 Driver Block 영역에서 16bit의 FND로 제어하여 표시되는 역할 기능을 한다.

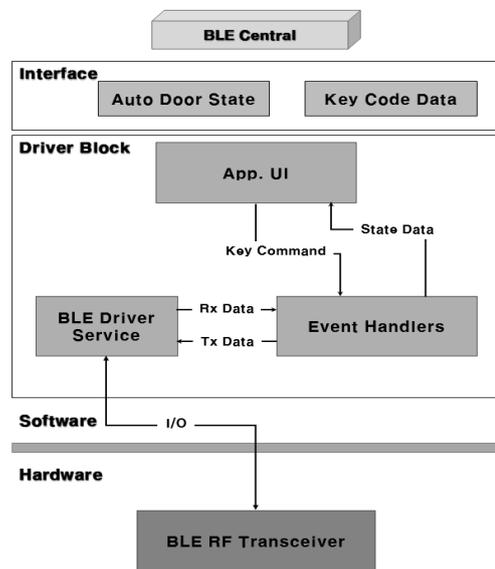


그림 3. 스마트기기에 의해서 자동문을 제어하기 위한 애플리케이션 블록다이어그램 구현
Fig. 3. The implementation of application block diagram for Controlling Automatic Door's by Smart Device.

그리고 스마트기기의 애플리케이션을 통해 화면표시 조작의 명령신호가 입력되면 BLE Peripheral Driver Block Controller에서 패킷변환 과정이 이루어지고 UART 통신으로 자동문이 제어하게 된다. 다음은 Main Controller FND의 디스플레이 명령코드는 I/O UART

에서 입력되고 UART Driver Block에서 순차적 처리과정을 거치고 BLE Peripheral Controller에서 다시 RF신호로 변환 후 전송한다. 이때 UART I/O는 자동문 쪽으로 데이터가 입·출력되는 하드웨어의 인터페이스 기능을 한다.

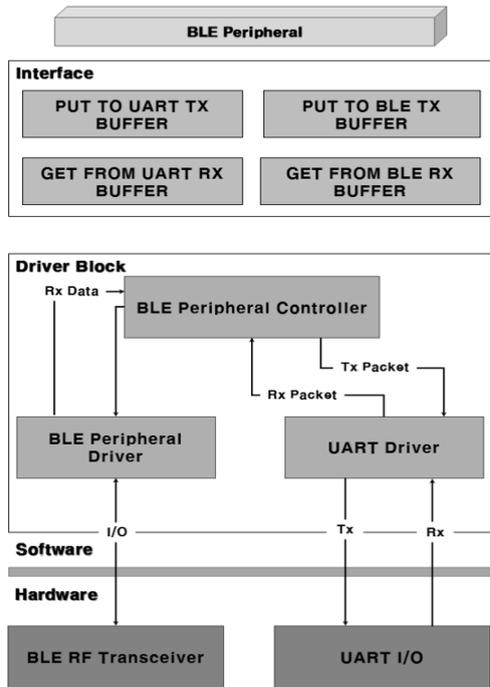


그림 4. 자동문의 BLE 주변장치를 설계하기 위한 블록 다이어그램 구현

Fig. 4. The Implementation of Block Diagram for designing BLE Peripherals Contact of Automatic Doors.

Auto Door Driver는 자동문의 하드웨어 영역으로 FND Display, Key Pad, UART I/O를 통해 입·출력 신호를 직접 제어하는 기능을 부여하고 그림 5와 같이 블록다이어그램으로 나타내어 설명한다. BLE 주변장치에서 임시저장 되는 데이터가 UART I/O를 통해 Auto Door Controller로 전송되는 과정을 그림 4와 동일하게 UART Driver가 그 기능을 담당하게 된다. 이때 출력된 자동문의 데이터는 각각에 상태정보에 따라 부여되는 고유코드에 의해 해석이 되어 지고 FND Display에서 확인되도록 표시한다. Auto Door Controller의 Cache Memory에 임시 저장되고 다시 FND Display에 의한 상태정보 데이터는 그림 4와 다른 CPU의 PIN영역의 UART Driver와 UART I/O영역으로 제어한다.

2.3 자동문의 제어기능 확장을 위한 하드웨어 구성 앞 절에서 나타내는 각각의 하드웨어 영역으로 구분하여

설명한 플로차트와 블록다이어그램 설계를 통해서 BLE 모듈과 FND회로를 추가하여 설계가 이루어져야 한다.

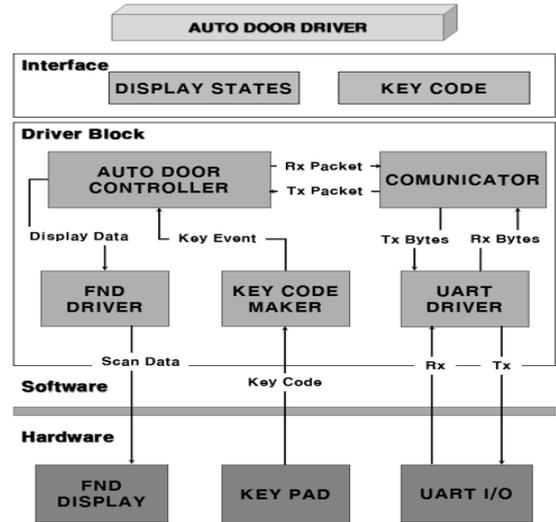


그림 5. 자동문의 제어를 위한 Main Driver영역에 대한 블록다이어그램의 설계

Fig. 5. The design of Block Diagram for Main Driver Area for Automatic Doors Control.

그림 6은 자동문의 DSP Micro Controller에서 중앙 연산 처리로서 출력되는 신호를 스마트기기로 전송을 위해 핵심이 되는 BLE Central과 주변장치를 모델링하여 나타내었다.

여기서 관리자가 자동문의 동작 상태를 손쉽게 분석하기 위해 Main Controller에서 출력되는 신호를 FND 화면으로 표시되도록 확장 설계한 구조를 나타내고 있다. 그리고 자동문과 스마트기기 간에 원격 모니터링 역할을 수행하도록 BLE모듈을 추가하였으며, 기존 시스템에서 회로 개선을 보여주는 핵심장치이다.

자동문 전체 소비전력에서 모터제어영역이 80%의 비중을 차지하기 때문에 원격 모니터링의 전력소비를 최소화하면서 이기종 스마트기기 간의 접근성을 고려하여 BLE 4.2.v.를 설계에 적용한다. 그리고 기존 자동문 제어부와 차이점을 나타내기 위해 사용자 제어부와 무선 통신 제어부를 독립된 구조로 회로를 설계하고 실시간으로 동작 상태를 확인이 용이하도록 실험과정을 구현한다. 스마트기기로 전송되는 상태정보 데이터는 자동문의 BLE 모듈과 UART 통신 인터페이스 사이의 명령신호로 이루어지기 때문에 연산처리 되는 데이터의 무결성과 독립성이 규격화가 되어야 한다. 이를 위해서 BLE 모듈간의 Address를 부여하고 각각의 자동문 동작 상태신호에 따라 고유키를 구분해서 접속권한을 분산 암호화 하는 단계가 UI설계의 중요한 하나이다.

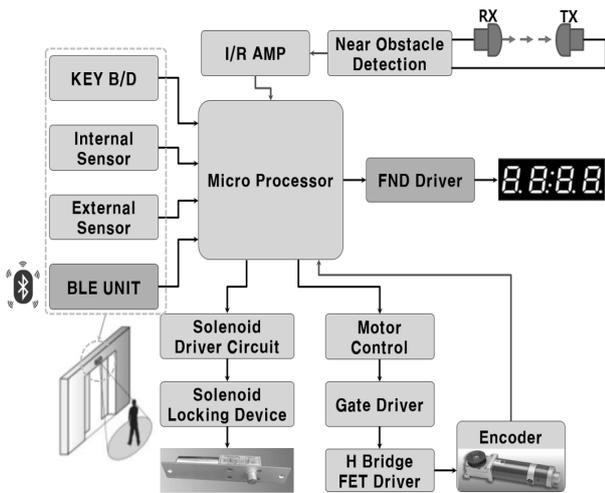


그림 6. 기존 자동문에서 BLE 모듈과 FND회로를 추가하여 개선한 제어시스템의 핵심 구조

Fig. 6. core structure of improved circuit from Automatic Door's Control system based on the BLE.

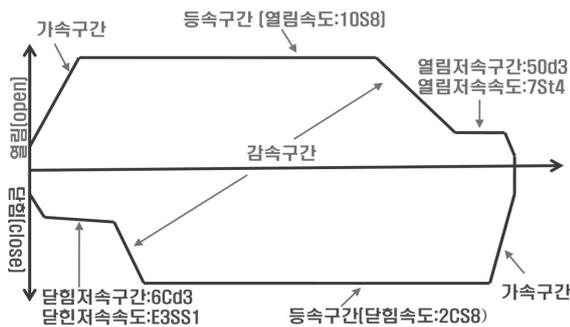


그림 7. BLE 기반을 적용한 자동문 제어 시스템의 개선된 회로의 핵심 구조

Fig. 7. The core structure of improved circuit from Automatic Door's Control system based on the BLE.

제어부 FND회로와 스마트기기에서 동일하게 표시되도록 부여하는 상태코드는 그림 7에 나타내는 각각의 구간별 동작시간을 고려하여 알고리즘을 설계하는 과정이 필요하다. FND 디스플레이는 열림, 닫힘, 가속, 감속, 지속, 지연 등과 같은 모터와 프레임 벨트에 대한 자동문의 실시간 동작신호를 코드로 세분화로 한다. 이와 같은 코드 세분화 과정은 메인 CPU인 마이컴에서 연산처리된 데이터를 BLE Central의 종속 아키텍처에서 전송기능을 부여하여 실시간으로 스마트기기에서 정상 또는 고장여부를 표시되는 핵심기능이 된다.

2.4 자동문의 동작 상태에 대한 시뮬레이션 코드설계

자동문 제어부의 FND회로에 표시되는 동작코드는 정상상태와 고장상태로 분류되어 나타내어야 하며, 표

1은 기본적인 고장원인을 8단계의 중요핵심으로 다룬다. 이때 제어부의 과부하, 파워 서플라이, 벨트 및 롤러, 감지센서 등 가장 많이 발생하는 고장원인으로 오류코드를 분류하고 디스플레이 알고리즘을 설계한다. 도어개폐 시 전원 과부하와 불량과 같은 이상신호는 제어부의 연산처리와 BLE모듈의 전송 데이터에도 영향이 되기 때문에 입·출력 전원의 피드백 신호를 바탕으로 FND회로에 동시에 표시하게 된다.

표 1. 자동문의 동작 상태를 표시하는 FND의 오류코드 분류

Table1. The classification of error code of FND that Display the operation status of Automatic Doors.

State	Smart Display	Controller Error code	Error Category
1	F1:ERR1	Err1	제어부 과전류
2	F2:ERR2	Err2	파워 장애
3	F3:ERR3	Err3	엔코더 장애
4	F4:ERR4	Err4	벨트장력 교체점검
5	F5:ERR5	Err5	행거롤러 교체점검
6	F6:ERR6	Err6	적외선 안전센서 불량
7	F7:ERR7	Err7	동작센서 불량
8	F8:ERR8	Err8	버튼센서 불량

또한 그 외 고장원인에 의한 이상신호는 불안정한 출력신호의 크기에 따라 각각의 오류코드로 분류시키고 해석을 통해서 FND회로에 표시하도록 한다. 생성된 장애조치가 이루어졌을 때, 정상여부로 전환되는 FND 코드는 실제로 해결방법에 따라 결과와 일치시키는 과정이 필요하다. 한 예로서 스마트기기와 자동문 제어부의 FND에서 각각 F3:ERR3와 Err1가 표시된다면, 엔코더 장애가 발생한 것으로 판단되어야 한다. 동시에 자동문의 열림 폭이 300mm 이하로 도어 가이드에서 3회 이상 반복적으로 발생하며, 엔코드의 신호가 불규칙하게 작용되는 원인으로 확인이 가능해진다. 이는 모터의 4회선 케이블과 제어부의 결선 가능성으로서 엔코더 입력라인의 단선여부를 확인함에 따라 원인조치가 되며, 전원 재부팅 시 정상여부를 FND회로에 표시결과로 해결된다. 자동문 운영 상태는 출입이용자 수, 객체인식 감지조건, 도어크기 등 현장의 설치환경을 고려하여 핵심 제어부가 각각의 지정 조건부로서 조정 가능하도록 설계되어야 한다. 이는 오동작과 고장원인의 직·간접적 영향으로 작용하기 때문에 자동문의 운영에 따른 설치 단계에서부터 세분화로 분류하여 각각의 상태코드를 선별로 부여해야 한다.

표 2. 자동문 운영에서 제어부의 정상상태를 나타내는 FND회로의 코드 분류

Table2. The code classification of the FND circuit indicating the steady state of the Control unit in Automatic Doors operation.

State	Smart Display	Controller Error code	Error Category
정상 모드	AT.P000	P000OF	자동문의 정상상태 확인 표시
기능 모드	08:10S8	10S8	자동문 열림 속도 제어 (0~9단계)
	A3:50D3	50d3	열림 저속구간 설정 (0~9단계)
	C4:7ST4	7St4	자동문 열림 저속 속도 제어(0~9단계)
	T0:4oTo	4oto	열림 시간제어 (0~9단계: 1분 단위)
	C8:2CS8	2CS8	자동문 닫힘 속도 제어 (0~9단계)
	A3:6CD3	6Cd3	닫힘 저속구간 설정 (0~9단계)
	L1:3SS1	E3SS1	자동문 닫힘 저속 속도 제어(0~9단계)
	D8:8FD8	8Fd8	닫힘 저속구간 설정 (0~9단계)
	E5:9AC5	9AC5	자동문 닫힘 토크 설정 (0~9단계)

표 2은 자동문의 정상 상태운동을 위한 방법으로서 관리자가 스마트기기를 통해 원격 모니터링이 편리하기 위해 부여하는 동작모드의 코드분류를 나타내고 있다. 열림 속도의 코드가 10S8이면, 이 구간을 스마트기기에 원격 모니터링을 통해 속도를 조정도 가능하고 닫힘 저속구간이 6Cd3 일 때, 프로파일의 구간행정을 보며 보정할 수 있음을 설명한다. 이는 고장으로 A/S가 이루어지고 난 뒤 초기화 되는 운영모드를 자동문 상단의 기계부스를 개폐하지 않고도 원격으로 설정 및 변환이 가능하게 하는 알고리즘 설계의 이점을 보여준다. 또한 열림, 닫힘 등 반복적인 동작 상태를 0에서 9단계로 나누어 설정하는 속도, 시간 제어기능은 자동문의 사양과 환경적 변화에 대하여 유동적인 대처가 가능을 제공함으로써 개선효과를 나타내는 시스템 기술이 된다.

III. 현장실험 환경 구성 및 측정결과

3.1 기존 제어부에 대한 비교사항 및 현장실험 구성

기존 자동문의 제어부 회로는 그림 8과 같이 FND회로가 없이 일체형으로 제작되어 있기 때문에 PCB 구조가 복잡하고 고장원인을 파악하는데 있어서 관리자가

수동으로 조작하는데 어려움이 있다. 그리고 자동문의 상태정보에 있어서 평상시 점검보다는 고장이 발생할 경우에만 한정되어 프레임 외부로 제어회로를 노출시켜 점검하기 때문에 기술적 한계를 가지고 있다.

BLE 모듈을 적용하지 않은 기존 자동문의 제어부는 평균2.5m~3m의 높이에 설치되어 있는 프레임을 직접 해체해서 수동적으로 오류코드를 확인해야하기 때문에 현장점검에서 발생하는 추락의 위험과 시간적 지연에 직면하는 상황이 나타난다.

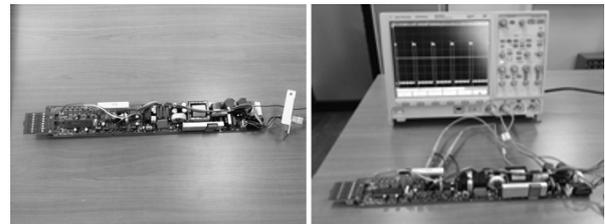


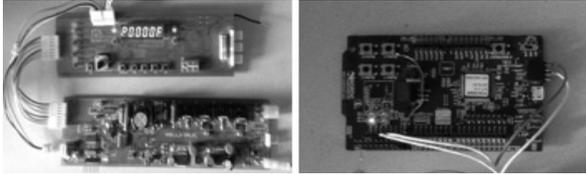
그림 8. 기존 자동문에 적용되는 제어부의 회로 구조와 상태점검을 나타내는 하는 화면

Fig. 8. The circuit structure of Control unit applied to existing Automatic Doors and the screen Displaying the state check.

그림 9는 자동문의 기계부와 제어부에서 입·출력 신호를 통해 BLE모듈과 FND회로에서 16Bit 데이터로 변환되는 결과를 확인하는 실험환경과 개선된 제어부 회로를 나타내고 있다. 그리고 RF신호로 출력되는 자동문의 운영정보에 따라 정상 또는 오동작의 상태코드를 표 1과 2에서 나타낸 것과 동일하게 FND회로와 스마트기기에 각각 표시되는지를 확인하는 실험을 진행하였다. 이때 적외선과 초음파 센서를 함께 자동문에 적용하고 폭 2400mm, 높이 2300mm의 프레임에서 넓이 1200mm, 높이 2100mm, 유리두께 12mm, 무게 80kg의 싱글도어를 사용하였다. 자동문 동작 상태에 따른 이벤트 환경은 각각 입력되는 독립변수에 의해 순차적 루프 결과를 결정되도록 그림 10과 같이 BLE 프로토콜과 자동문 상태정보 설정을 구분하여 알고리즘을 구현하였다. 자동문 상태를 알리는 첫 번째 입력루프는 열림, 닫힘을 설정하는 시작시간, 도어속도, 수동조작, Stack 등에 대한 상수 데이터를 bit로 입력 받아서 다음으로 진행하는 루프로 전달된다.



a) 감지센서의 입출력 신호에 대한 자동문의 동작상태 측정



b) FND회로와 BLE모듈을 적용한 개선된 자동문 제어부

그림 9. 자동문의 정상동작 여부를 확인하기 위한 실험 환경과 개선된 제어부의 구성

Fig. 9. The Experimental environment for checking the normal operation of Automatic Door and configuration of improved Control unit.

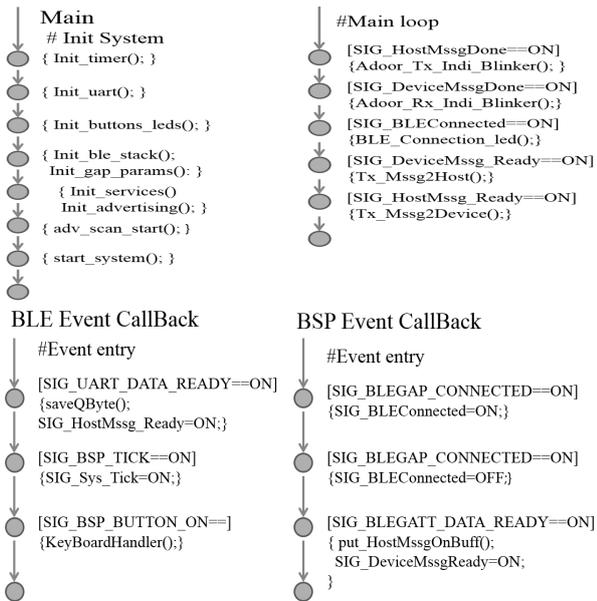


그림 10. BLE 기반으로 자동문의 동작 상태를 순차적으로 진행하기 위한 프로토콜 알고리즘 구현

Fig. 10. The Implementation of Protocol Algorithm for Sequential Progression of the Automatic Door Operation state Based on BLE.

3.2 자동문 제어부의 정상 및 고장상태 정보결과

BLE모듈을 적용한 자동문 제어부의 정상상태 결과는 표 3에서 설계한 코드분류에 따라 그림 11과 같이 FND 회로와 스마트기기의 애플리케이션에 각각 디스플레이 되는 것을 확인 할 수 있다. 각각의 결과코드는 P0000F와 AT:P000와 같이 16Bit의 데이터로 확인되며, 여기서 열림, 닫힘, 전송코드, 속도, 시간, 지연 등의 정상상태 정보를 프레임 하단을 통해 실시간으로 스트리밍 된다.

다음은 자동문을 구성하는 기계적 장치들에 대한 고장원인을 진단하는 대표적인 예로서 실험한 결과를 나타내고 있으며, 각각의 결과에 따라서 고장원인과 오류코드가 다르게 표시되는 것을 확인할 수 있다.

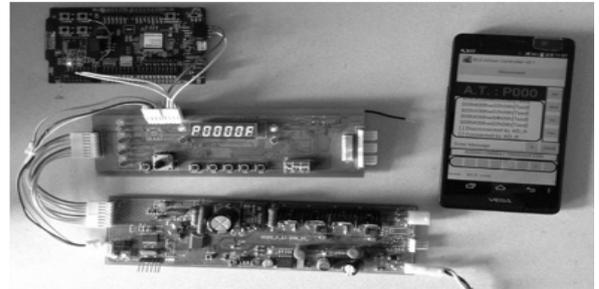
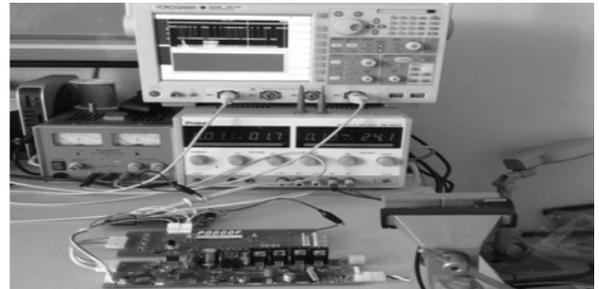


그림 11. 자동문 제어부의 정상상태 파형결과와 FND회로에 표시되는 코드에 따른 스마트기기에 전송되는 화면

Fig. 11. The result of steady state waveform of the Automatic Door Control unit and A screen transmitted to the smart device according to the code Displayed on the FND circuit.

그림 12는 자동문의 운영이 전원불량으로 인해 동작되지 않는 것을 나타내며, 이때 제어부의 FND회로와 스마트기기의 애플리케이션에는 Err2를 포함하는 오류 코드로 분류되어 각각 표시된다. 그리고 FND 디스플레이 PCB와 다른 전원을 담당하는 제어부에서는 오른쪽 상단 위치한 Fuse의 하위 LED로부터 적색으로 점등되어 전원불량이라는 결과를 나타내게 된다. 전원불량에 의해 Fuse 끊어짐이 반복적으로 이어질 경우, 자동문 제어부의 손상된 것으로 예상할 수 있기 때문에 VCC 부분에 위치한 Fuse를 점검해야 한다. 만약 앞에서 언급한 조치 이후에도 동일한 증상이 계속 나타나면 OP-Amp를 교체하는 것으로도 고장원인을 해결할 수 있다. 그러나 위의 두 가지 조치사항을 이행한 후 제어부에 연결된 전원 케이블(6Pin)을 해체하고 전원 ON이 된 상황에서 더 이상 Fuse가 이상증상이 보이지 않는다면 전체 PCB 손상으로 봐야하며 부품교체 비용이 높아진다. 그림 13은 자동문의 벨트장력이 느슨해짐에 따

라서 발생하는 또 다른 고장원인을 나타내는 16Bit의 오류코드와 출력파형에 의한 데이터 결과를 표시하고 있다.

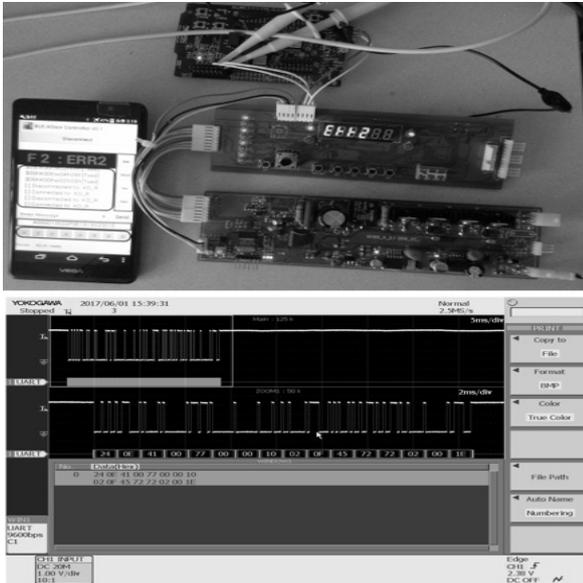


그림 12. 자동문의 제어부에서 전원불량에 대한 오류코드 (F2) 확인과 출력파형에 대한 16bit 데이터의 결과
Fig. 12. The Check of error code(F2) for power breakdown in the Automatic Door Control part and the result of 16 bit data on the output waveform.

이런 고장원인은 자동문이 열림 방향으로 운전되다가 갑자기 외부적 충격에 의해서 일시 멈춤으로 생성되며, 만약 자동문 등속구간의 열림폭이 300mm에서 450mm로 갑자기 늘어난 경우, 자동문이 빠르게 열리게 된다. 이로 인한 증상은 모터축의 엔코더 펄스 계수 상태 또는 벨트 장력이 늘어지거나 벨트 조임 상태가 불안정하게 발생할 경우의 기계적 결함이 원인이 된다. 따라서 화면에 표시되는 오류코드 분석과정을 통해 모터폴리와 중동블럭에 연결되어 있는 벨트를 점검하거나 교체하는 기능을 수행하도록 관리자에게 부여할 수 있다.

다음은 자동문의 동작이 정상상태로 운영될 때, 관리자가 수동점검을 요구하는 환경에서 기계적 프레임에 해체하는 번거로움을 최소화하기 위해 스마트기기를 통한 어플리케이션 관리를 설명하였다. 그림 14는 각각의 동작모드를 코드로 분류하여 자동문의 동작속도와 시간을 원격상태에서 관리하고 성공적인 결과를 보여주는 대표적인 예를 나타낸 실험화면이다. 이 결과의 상단그림은 앞의 표 2를 바탕으로 자동문의 닫힘 속도를 스마트기기에서 0에서 9까지 단계 별 속도변환 프레임을 각각 지정하여 스트리밍 하는 과정을 보였다. 하단그림은

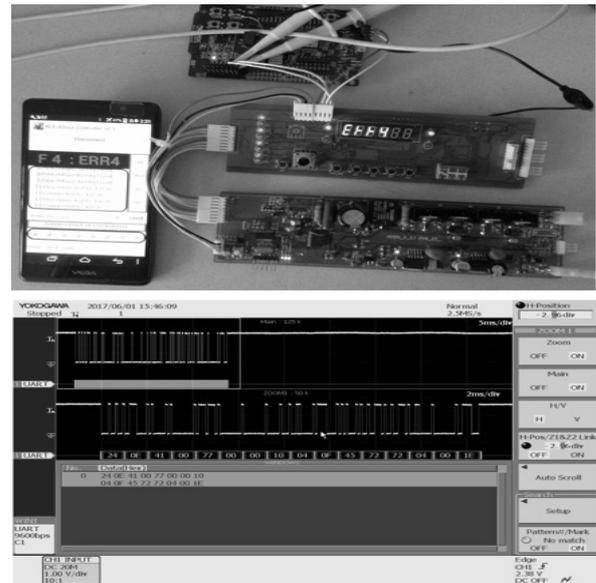


그림 13. 자동문의 제어부에서 벨트장력에 대한 오류코드 (F4) 확인과 출력파형의 16bit 데이터 결과
Fig. 13. The check of error code(F2) for belt tension in the Automatic Door Control part and the result of 16 bit data on the output waveform.

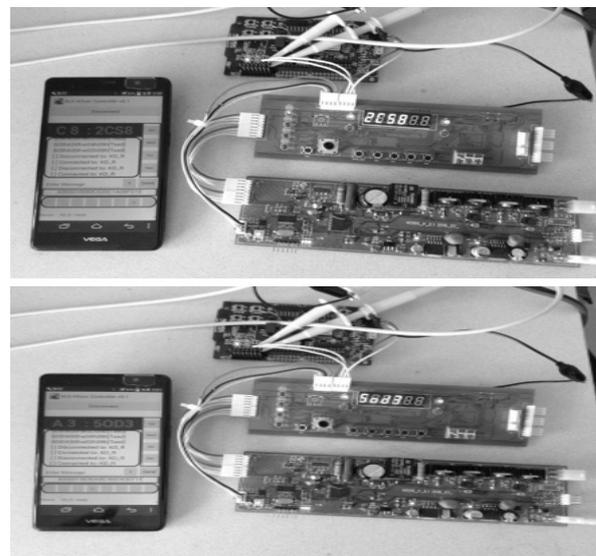


그림 14. 자동문의 제어부에서 닫힘 속도와 열림 저속구간을 제어하는 결과화면
Fig. 14. A result screen for Controlling the closing speed and the open low speed section in the Automatic Door Control section.

열림 구간에서 저속운행을 제어하기 위해서 상단 그림과 마찬가지로 0에서부터 9까지 단계별로 설정하여 높은 수에 따라서 속도가 빨라지도록 프레임 구조를 스트리밍 한 성공적인 결과를 나타내고 있다.

IV. 결 론

현재 대부분의 건물에 설치된 자동문의 고장원인을 파악 후 관리하는 과정은 기계-전기적 오동작과 부품 노후화에 따른 교체시기가 불특정하기 때문에 환경개선을 위한 솔루션 제공이 무방비한 상태이다.^[1~2] 이는 적외선, 마이크로파와 같은 물체인식 센서의 적용환경 특성과 출입 시 잦은 계폐동작으로 인한 구상품의 빠른 노후화로 이어지는 신속한 점검의 기술적 한계를 가지고 있기 때문이다.^[4,7] 따라서 자동문의 고장원인을 신속하게 진단하고 부품교체 시기를 효율적으로 대체하는 방안으로 스마트기기를 통해 원격관리를 지양하는 BLE 기반의 시스템 개선연구를 본 논문에서 제안하였다.^[3,8] 자동문의 구상품들에 대한 대표적인 고장원인과 해결방법을 오류코드로 분류 후 매뉴얼 하여 관리자 입장에서 신속한 점검으로 이어지도록 FND회로와 BLE모듈을 기존 제어부의 확장개선을 설계 진행하였다. 이와 함께 BLE 기반에 대한 프로토콜 환경을 정의하고 스마트기기의 원격관리 애플리케이션 구현으로 FND회로의 오류코드와 동일한 16bit 데이터 값을 연산출력 후 전송되는 과정을 실험을 통한 결과로 나타내었다.

이 결과는 기존 정적감지 기능에 따른 수동점검의 단점들을 보완하며, 애플리케이션으로 제공되는 자동문의 상태정보를 다 구간 설치된 환경에서 동적인 결과를 실시간으로 보여주는 장점을 가지게 된다.^[1,8] 그리고 자동문 시설의 사각지대 점검의 문제점이 최소화하는 과정을 본 논문의 실험을 통해 증명되었기 때문에 안정성과 신뢰성에서 관리자 영역에서 효율적 개선을 제시할 수 있다. 하지만 고장원인의 오류코드는 현재 기본적인 것 외에 다 변화적 접근이 해석되지 않은 상태이며, 스마트기기와 자동문 제어부 간의 BLE 통신 및 보안규격이 확실히 표준 되지 않아 앞으로 해결과제로 남아있다. 자동문에 적용 가능한 보안표준 방안과 고장부품의 정밀한 이력인식을 나타내도록 데이터베이스 개선으로 애플리케이션 간소화를 통한 지속적인 솔루션 확장이 필요하다. 그리고 기계적 구상품들을 포함하여 다양한 내·외부센서의 감지범위의 정밀성 개선과 지능적 동작상태 매뉴얼을 세분화 연구는 자동문 고장에 따른 안전사고 예방하는 차원에서 확산되어야 한다. 이를 위해 본 연구의 결과는 향후 자동문 점검시설과 관리 매뉴얼을 확장되어 갈 수 있는 계기를 마련해주는 중요한 연구 자료가 될 것이다.

REFERENCES

- [1] Hyun-woo Je, Oh Yang, "Implementation of the Monitoring System for Power Condition System (PCS) using a Smartphone and Bluetooth Communication", The Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 16, No. 10, pp. 2185~2191, 2012. 10.
- [2] Woon-Yong Kim, "The Implementation of Smart Mobile Elevator Control System", Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference, Vol. 18, No. 2, pp. 209~212, 2010.07.
- [3] Jang Dong Won, Cho In Kwee, "A Study on The Control Methodology of Smart System Using Bluetooth Low Energy Communication Protocol", Korea Institute Of Communication Sciences, pp. 87~88, 2015. 11.
- [4] Gi Doo Kim, Seo Yeon Won, Hie Sik Kim, "An Object Recognition Performance Improvement of Automatic Door using Ultrasonic Sensor", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 54, No. 3, pp. 97~107, 2017. 03.
- [5] Seung-Hwan Choi, Do-eun Oh, "The Technical Trend and prospect of Platform Integration for Smart Grid System", The Korean Institute of Electrical Engineers for the 42nd Summer Conference, pp.1977~1978, 2011. 07.
- [6] Jeong-Gyu Oh, Hyung-Seok Kim, "Smart Toy based on BLE", IEEK. pp. 520~522, 2015. 11.
- [7] Taeyoung Ha, Jong-Moon Chung "Analysis of RF Energy Transfer based Self-sustainable BLE Devices for Wireless Energy Harvesting", IEEK, pp. 605~606, 2017. 01.
- [8] Hyunwook Park, Sunghyun Cho, "Design of home Automation Control system based on beacon" IEEK, pp. 681~682, 2014. 11.

저 자 소 개



김 기 두(정회원)
 2012년 서울시립대학교 일반대학원
 전자전기컴퓨터공학과 (공
 학석사)
 2013년~현재 서울시립대학교 일반
 대학원 전자전기컴퓨터공
 학과 (박사수료)

<주관심분야: Automatic Door, Sensor Network
 Automatic Control Engineering, Sens or Application,
 Image Processing>



원 서 연(정회원)
 2002년~2010년 (주)TELSK 정보시
 스템 (주)SKC수원공장 IT-
 지원팀 선임연구원.
 2011년 2월 경기대학교 전자공학과
 (공학사)

2013년 2월 서울시립대학교 일반대학원 전자전기
 컴퓨터공학과 (공학석사)

2013년~현재 서울시립대학교 일반대학원 전자전기
 컴퓨터공학과 (공학박사)

<주관심분야: Sensor Network, Automatic Control
 Engineering, Enterprise Management System>



김 희 식(정회원)-교신저자
 1977년 서울대학교 기계공학과
 (공학사)
 1979년 한국과학기술원 생산공학과
 (공학석사)

1987년 Germany Stuttgart University Production
 Engineering (공학박사)

1979년~1982년 과학기술부 원자력국 감사관실
 사무관.

1987년~1987년 한국과학기술원 CAD/CAM 연구
 실 선임연구원

1989년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학
 부 (교수)

<주관심분야: Optical Measurement of Geometries,
 Application of Sensor for Automation and Image
 Processing>