

지그비 기반 차량 자동화 시스템의 설계 및 구현

김남희* · 이종찬*

요 약

본 논문에서는 텔레매틱스를 위한 센서네트워크 기반의 이동체 자동화 시스템을 설계 및 구현하였다. 이를 위하여 자동차내부의 각종 센서로부터 Zigbee 센서 망을 이용하여 무선으로 각종 센싱 데이터를 수집한 후 모니터링 장치에서 이를 분석한다. 그리고 분석된 데이터를 텔레매틱스 단말기와 인터페이스 시켜 차량의 상태 정보를 한눈에 운전자가 한눈에 파악할 수 있도록 하였다. 또한, 센서 네트워크 기반으로 온도센서, 습도센서 그리고 조도센서 등을 모니터링하고 이들 데이터를 기반으로 히터 및 에어컨을 자동 구동시키는 차량 내 온/습도 자동조절기를 구현하였다.

Design and Implementation of Automatic System in Car Based on Zigbee

Nam Hee Kim* · Jong Chan Lee*

ABSTRACT

In this paper, we designed and implemented mobile object automatic system based on sensor networks for telematics. For developing this system, we gather the various sensing data through wireless communication method using zigbee sensor networks and analyze them in monitoring equipment. And we enable the driver to recognize the car state information on the whole by interfacing analyzed data to telematics unit. And, we implemented automatic controller that can control temperature and humidity in car automatically by actuating air conditioner based on the data that was monitored throughout temperature sensor, humidity sensor and brightness sensor based on sensor networks.

Key words : Wireless Sensor Networks

* 군산대학교 컴퓨터공학과

1. 서 론

과거 자동차의 용도는 이동의 수단으로써 많은 사람들에게 이용되며 발전되어져 왔다. 보다 빠르고, 안정적인 시스템으로써 외양적인 고급화와 더불어 기술개발이 이루어졌다. 그러나 자동차의 진화가 가속화 되면서, 수동적 제어 시스템들이 점차 자동화 시스템으로 변해가고, 이를 구현하기 위해서 전기·전자 제어 시스템이 날로 발전해가고 있다. 즉, 자동차 ECU(엔진 ECU, 미션 ECU, ABS, Air-Bag, ETACS 등)간의 정보 공유가 필요하고, 늘어나는 차량 센서(sensor)의 공용화와 노이즈(noise)가 많은 차량 환경(주 원인은 Spark)에 강한 통신이 필요하게 되었다. 그리고 독립적인 성향의 ECU들의 네트워크 연결 요구로 인해, BOSCH(독일)는 CAN(Controller Area Network)을 개발하게 되었다. 오늘날 CAN은 자동화와 산업용 애플리케이션 모두에서 사용되고 있다[1~4]. 산업용 임베디드 시스템에서의 CAN 진화는 마이크로컨트롤러와 같은 하드웨어 구성요소들에 비해 상대적으로 가격이 저렴하며, 하나의 PCB에 여러 개(멀티태스킹)의 MCU를 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히 On-chip 네트워킹 프로토콜의 출현으로 객체 지향의, 분산-제어 시스템이 가능해졌기 때문에, 비상 안전 기능의 탁월한 향상과, 높은 수준의 함수 재사용, 공급자 교환능력, 모듈간 최소의 배선을 통해서 표준화된 개발 시스템 구현이 용이해 졌다. 그리고 향후 전기 자동차의 개발에 이룰수록 모든 자동차 시스템들은 전자 장비들을 통해 자동화 시스템으로 구현되어 갈 것이며 통신의 비약적인 발전으로 인해 모든 시스템들이 단일 네트워크상에 이루어질 시대가 머지않았다. 흔히 광대역 통합 망을 주축으로, 유비쿼터스 또는 텔레매틱스라는 명칭으로 일컬어지고 있는데, 현재의 텔레매틱스의 수익구조는 매우 제한적이며, 새로운 수익 창출 모델에 많은 연구를 기울이고 있는 실정이며 배선으로 이루어진 초기 자동화 시스템은 많은 배선들로

이루어지는 구조로써 전기적 안정성이 미흡하며, 진화되는 자동화 시스템을 개발하기에 한계가 있다. 또한 현재의 자동화 시스템에서 적용되는 하드웨어 시스템은 부피가 방대하며, 기후 환경에 매우 열악한 실정이다[5, 7]. 따라서 본 논문에서는 센서 네트워크 기반으로 센서로부터 수집된 데이터의 지그비 RF 모듈을 이용한 송수신 인터페이스 및 수신된 데이터의 처리를 통한 차량상태 정보 확인 및 제어 시스템을 개발하였다. 개발된 지그비 RF 모듈을 이용하여 시스템을 구현함으로써 저 전력, 저 전압으로 동작시켜, 시스템을 보다 안정적으로 개발할 수 있을 뿐 아니라 내구성도 높일 수 있으리라 예측된다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 제 2장에서는 시스템의 구성, 동작처리, 네트워크 등의 시스템 설계에 대해 기술하였다. 제 3장에서는 실제로 구현된 시스템 대해 기술하였고 끝으로 결론을 맺었다.

2. 시스템 설계

2.1 시스템 구성

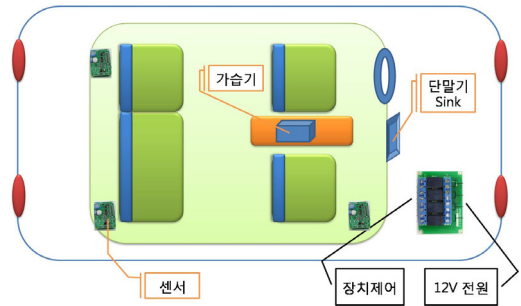
본 시스템은 기존의 배선위주의 유선방식을 탈피하여 센서와 제어 단말기 사이에 지그비 무선 통신방식을 이용하여 차량 내의 환경을 각종 센서를 통해 모니터링하고 분석하여 에어컨 및 난방기 등을 제어하여 쾌적의 상태를 유지 할 수 있도록 지원하고 조도를 센싱하여 백미리의 밝기를 제어할 수 있는 할 수 있도록 설계하였다, 시스템은 차량 내의 환경을 측정하기 위한 센서모듈, 무선 송수신 모듈, sink 노드, 텔레매틱스 단말기로 구성된다. 센서모듈은 차량내의 온도, 습도, 조도의 데이터를 실시간으로 센싱하는 역할을 하며 무선 송수신 모듈에는 송신기, 수신기가 포함되어 있으며 센싱된 데이터를 송신기를 통하여 실시간으로 sink 노드로 무선을 통하여 데이터를 전달하는 역할을 하는데

통신방식으로는 지그비 전송방식을 사용하였고, 망의 구성형태는 star 토폴로지 구성방식을 이용하여 수집된 데이터를 서버로 신뢰성 있게 전송하는 역할을 한다.

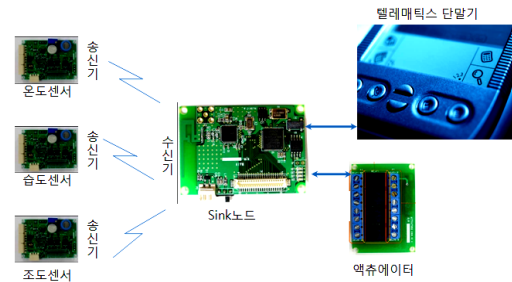
그리고 sink 노드는 각각의 센서로부터 전송받은 raw 데이터를 디지털 신호로 변환해주고 이를 가공하여 텔레매틱스 단말기에 전달하는 역할을 한다. 텔레매틱스 단말기에는 센싱된 데이터를 이용하여 사용자 친화적 환경으로 사용자에게 디스플레이 해주어 사용자가 이를 제어할 수 있도록 해주는 모듈을 구현하였다. 구현한 제어모듈은 사용자가 차량 내 환경상태를 한눈에 파악할 수 있도록 사용자 친화적 환경을 위해 GUI 환경으로 구성하였다.

이를 위해 본 시스템에서는 마이크로프로세서와 온도센서, 조도센서, 습도센서를 이용하여 차량 내의 상태를 측정하고 실제 측정 정보를 서버에 전송하여 처리할 수 있는 시스템(테스트베드)을 설계 및 개발하였으며, 온도센서의 측정치는 난방과 냉방을 제어하는 데 사용되며, 습도센서의 측정치는 가습기의 동작 상태를 제어할 수 있도록 하였다. 그리고 외부의 밝기를 조도센서로 측정하고 측정치를 이용하여 룸미러의 조도를 자동으로 조절하게 한다. 이러한 동작을 센서네트워크로 구성하여 무선으로 동작하게 하여 차량 내의 많은 배선으로 인한 복잡한 구조를 단순화시킬 수 있었으며, 또한 편리한 사용자 인터페이스 설계를 통해 텔레매틱스 단말기에서 직접 센서로부터 수신된 가공된 데이터의 상태를 조회할 수 있고, 차량내의 각 장치가 동작하는 임계치를 수정할 수 있게 GUI(Graphic User Interface)방식으로 구성하였다.

(그림 1)과 (그림 2)는 차량 내에 설치된 시스템의 구성도 및 전체시스템의 구성요소를 나타낸다. 각 센서와 액츄에이터(actuator), sink 노드는 지그비 방식으로 데이터 전송 및 장치의 동작 제어를 한다.



(그림 1) 차량 내 전체 시스템 구성도



(그림 2) 시스템 구성요소

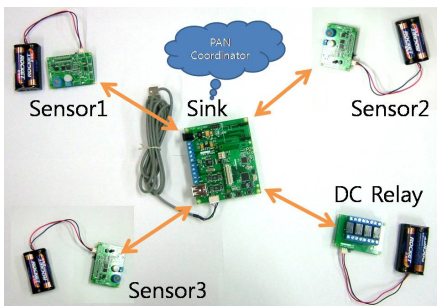
2.2 시스템 동작 및 처리

본 시스템은 텔레매틱스 단말기와 센서네트워크의 서버에 해당하는 싱크노드(sink node)가 연계하여 동작하고, 차량 내의 에어컨, 히터, 가습기, 룸미러는 액츄에이터와 연계하여 동작된다. 차량 내부에 설치된 센서는 차량의 상태를 센싱하여 싱크노드로 전송하고, 싱크노드로 전송된 측정정보는 단말기에 등록된 임계치와 비교하여 조건에 맞을 때 각 장치와 연계된 액츄에이터를 동작시켜 에어컨, 히터, 가습기, 룸미러 등을 자동으로 동작시킨다. 본 시스템에서 사용한 액츄에이터 device는 에어컨, 히터, 가습기, 룸미러 등이다. 구현된 시스템의 동작을 확인하기 위해서 액츄에이터 보드의 relay port에 에어컨, 히터, 가습기, 룸미러 조도 조절기를 연결하였다. 그리고 에어컨, 히터, 가습기, 룸미러 조도 조절기는 고정 스위치로 제어함

으로서 전원이 연결되면 켜지고, 전원이 절단되면 꺼지는 상태를 유지할 수 있도록 하였다. IN Port 에 차량용 배터리를 연결하고, 차량 제어용 장치들의 전원의 전선 2개를 OUT Port에 연결하였으며, 장치의 동작 확인은 DC Relay를 관찰하여 동작을 확인할 수도 있도록 하였다.

2.3 무선 센서 네트워크 구성

본 시스템에서는 지그비 무선센서망을 사용하였는데 지그비는 IEEE802.15.4 MAC Layer와 PHY Layer를 제공하고 Networking Layer는 자체적으로 네트워크의 연결 및 라우팅을 알아내는 애드혹 방식을 이용한다. 그리고 응용계층은 메시지교환과 프로파일을 제공하고 보안은 MAC과 네트워크 어플리케이션 레이어에서 AES 128과 키관리를 사용하는 특성을 가진다[4-5]. 본 논문에서는 지그비 네트워크의 가장 간단한 형태인 (그림 3)과 같은 성형(Star) 네트워크 형태로 운영된다. 성형 네트워크는 하나의 PAN Coordinator(Sink) Device를 중심으로 네트워크를 구성하였다. 모든 Device들은 PAN coordinator에게 연결을 요청하고, PAN coordinator는 연결을 허락한 모든 device의 연결을 제어한다. 차량 내 성형 네트워크를 제어하는 PAN coordinator는 다음과 같은 기능을 수행한다.



(그림 3) Star Network

- 차량 내 센서 네트워크 제어 : 각 sensor device

(온도, 습도 그리고 조도 센서 등)의 연결 요청을 받고, 각 Sensor Device에게 Short Network Address를 할당한다.

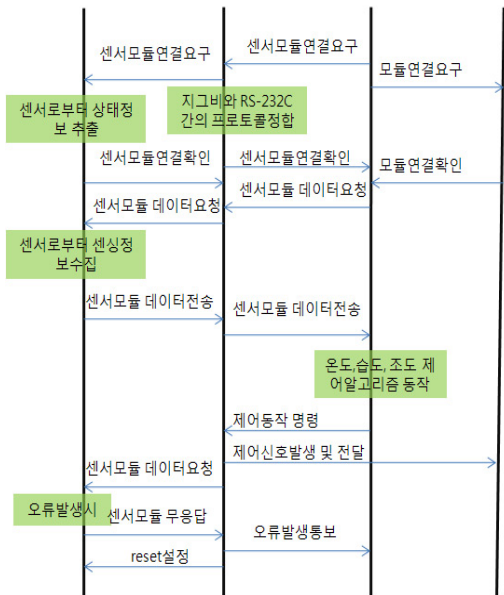
- 각 sensor device의 정보 수신 : sensor device 들은 주기적으로 센서의 정보를 전송하면, PAN coordinator가 이 정보를 수신한다.
- 센싱 정보의 처리 : sensor device가 전송한 정보를 분석하거나 해당 manager에게 전송한다.
- actuator device의 구동 : 처리된 정보에 따라 구동시켜야 할 device를 정하고, 제어 정보를 전송하여 device를 구동하게 한다

2.4 프로토콜

본 논문에서 사용한 온도, 습도, 조도 센서에는 지그비 무선 송수신 모듈이 내장되어 있어 센싱된 데이터를 지그비 통신방식을 사용하여 sink 노드로 전송하게 된다, 그리고 sink 노드에서 텔레매틱스 단말기간의 연결은 RS-232C 직렬통신방식을 사용하였으며, sink노드와 액츄에이터 사이의 통신방식도 역시 RS-232C 직렬통신방식을 사용하여 신호를 전송할 수 있도록 구성하였다. 신호 전송을 위해 사용되는 패킷은 헤더와 페이로드 부분으로 나누어지는데 헤더에는 센서모듈의 종류, 데이터의 유효여부, 프레임번호, 데이터의 길이, 프레임 번호 지그비 모듈의 주소, 수신시 에어체크를 위한 chrcksum등의 필드가 들어가고, 페이로드영역에는 온도, 습도, 조도를 측정시작한 시간과 각각의 온도, 습도, 조도의 데이터를 기록하게 된다. 이들 데이터는 센서에서 sink 노드로 무선으로 송수신하게 되고 sink노드에서 텔레매틱스 단말기로는 유선, 그리고 단말기에서는 제어신호를 sink 노드로 전송하고 싱크노드에서는 액츄에이터를 제어하여 시스템을 제어하게 된다.

제안된 시스템의 통신프로토콜의 흐름도는 (그림 4)와 같다. 그림에서 보여지는 바와 같이 프로

토콜은 온도, 습도, 조도 데이터를 센싱하는 센서 모듈, 센서모듈로부터 데이터를 요청하고 텔레메틱스와 신호 정합을 위한 싱크노드, 텔레메틱스 단말기, 액추에이터 모듈로 나누어져 있다.



(그림 4) 제안 시스템의 프로토콜 흐름도

싱크노드와 센싱단말장치는 지그비 기반의 RF를 이용하여 상태를 확인한다. 모니터링장치로부터 각종 기능 확인 명령은 싱크노드에서 해석되고, 지그비 RF 모듈을 통하여 해당 각 센싱단말장치로 전달한다. 이를 수신한 센싱단말장치는 상태 레지스터 값을 읽어서 상태 정보 메시지를 생성한다. 텔레메틱스 단말기와 싱크노드간은 RS-232C를 사용하고, 텔레메틱스 단말기와 센싱단말장치간은 별도의 지그비 프로토콜을 정의한다.

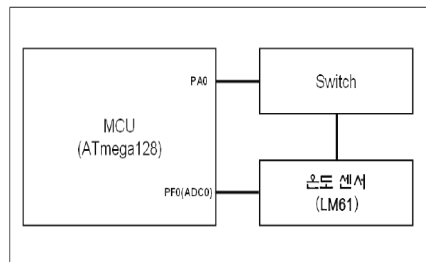
본 논문에서의 지그비 네트워크는 네트워크 연결 권한을 가지고 있는 싱크노드에 의하여 제어된

다. 센싱단말장치는 싱크노드가 전송하는 beacon을 사용하여 네트워크를 인식하게 되는데 싱크노드가 beacon을 센싱노드에 전달하면 센싱노드에서는 확인요구 메시지를 싱크노드에 전달하게 된다. 이때 자신에게 속한 센싱단말장치인지를 확인하고, 자신에게 속한 센싱단말장치일 경우, 확인응답 메시지를 해당 센싱단말장치로 전송한다.

2.5 개발장비 및 환경센싱(6)

본 시스템 개발을 위해 이용한 센서네트워크 장비는 옥타컴의 EZ-ESTO로서 유비쿼터스 환경의 시스템 개발 장비이다. EZ-ESTO는 7개의 센서(온도, 조도, 습도, 가스, 초음파, 초진, 가속도) 입력 값을 받아서 A/D 변환을 하여 RF 모듈에 의해 무선으로 데이터를 주고받을 수 있도록 구성되어 있다. 마이크로 컨트롤러는 RISK 구조를 사용하는 Atmega128L이며 내부에 128Kbyte의 ISR(In-System Re-programmable)기반의 플래시 메모리와 4KByte의 내부 SRAM 및 4KByte의 EEPROM을 지원한다. 또 추가적으로 외부 플래시메모리 512KByte와 외부 SDRAM 32KByte를 지원한다.

EZ-ESTO의 메인 모듈은 배터리를 이용한 전원공급이 가능하며 시스템의 동작 상태를 알 수 있는 LED를 부착하고 있으며 외부에 플래시 메모리를 두어 정보를 저장할 수 있다.

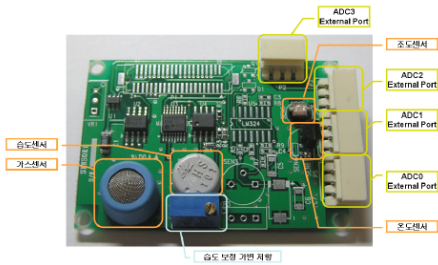


(그림 5) 온도센서 연결 개념도

본 논문에서는 EZ-ESTO 센서 모듈을 이용하

여 온도, 조도 및 습도 센싱은 장착되어 있는 센서들 중에서 IC 온도 센서, 조도센서 및 습도센서를 이용하여 각각의 요소를 측정하였다. 온도 값을 측정하는 방법으로는 A/D 컨버터 프로그래밍 기법을 이용한다. A/D 컨버터 프로그래밍 기법에는 인터럽트를 이용하는 방법과 Polling을 이용하는 방법이 있으며, 본 시스템에서는 Polling 방법을 사용하였다.

그림의 센서 모듈은 온도, 조도, 습도, 가스 센서를 갖추고 있는 모듈로 단독으로는 기능을 수행하지 못하며 Main 모듈과 적층하여 sensor node의 기능을 수행한다.

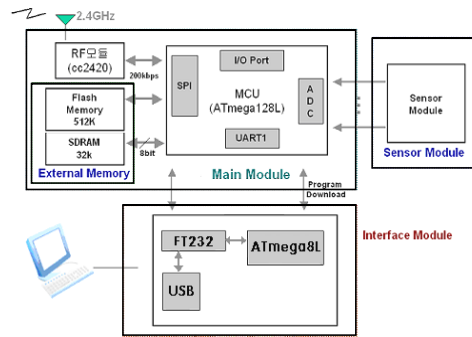


(그림 6) Sensor 모듈

Main 모듈은 마이크로 컨트롤러(Atmega128L), RF 통신 모듈(CC2420)이 장착되어 있다((그림 10) 참조). Main 모듈은 USB 인터페이스 모듈과 적층하여 Sink Node의 기능을 제공하고, 아래로는 USB 인터페이스 모듈과 적층하고, 위로는 sensor 모듈과 적층하여 Sensor Node의 기능을 제공한다. (그림 7)의 main module은 MCU(ATmega128L)와 RF 송수신 모듈(CC2420)을 가지고 있으며, 기본적인 RF통신과 운영체제를 구동할 수 있는 기능을 담당한다. 인터페이스 모듈(interface module)은 시리얼 인터페이스를 가지고 있으며 서버나 컴퓨터와 연결될 수 있는 기능을 담당한다.

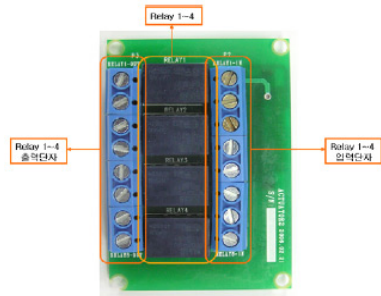
센서 모듈(sensor module)은 조도, 온도, 습도, 적외선, 초음파 등의 센서들이 있다. 본 시스템에

서는 (그림 6)의 sensor 모듈을 사용하여 온도, 조도, 습도를 센싱하여 차량내의 공조 및 백미러의 조도장치를 제어하도록 하였는데 각 센서로부터 수집된 데이터는 싱크노드에 전달되고 싱크노드에서는 이를 다시 단말기로 전달하여 단말기에서 액추에이터를 제어할 수 있도록 하였다.



(그림 7) 메인모듈 구조

센서 모듈(sensor module)은 조도, 온도, 습도, 적외선, 초음파 등의 센서들이 있다. 본 시스템에서는 (그림 6)의 sensor 모듈을 사용하여 온도, 조도, 습도를 센싱하여 차량 내의 공조 및 백미러의 조도장치를 제어하도록 하였는데 각 센서로부터 수집된 데이터는 싱크노드에 전달되고 싱크노드에서는 이를 다시 단말기로 전달하여 단말기에서 액추에이터를 제어할 수 있도록 하였다.



(그림 8) Actuator 모듈

(그림 8)은 액추에이터를 나타내는데 Actuator 모듈은 릴레이 구동 장치를 가지고 있어 제어신호에 따라 실제적인 동작을 수행하도록 하는 모듈로 액추에이터는 단독으로는 기능을 수행하지 못하며 메인모듈과 적층하여 액추에이터의 기능을 수행한다.

3. 시스템 구현

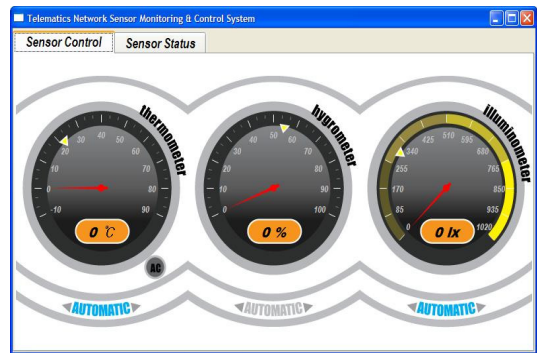
(그림 9)는 실제 테스트베드에 설치된 화면으로 실제 차량의 전면부를 분해하여 만들었으며, 차량 엔진은 장착되지 않았다. 따라서 전원은 컴퓨터의 파워서플라이를 이용하여 공급한다. 에어컨 및 히터는 차량의 엔진을 통해 동작하므로 난방과 냉방은 동작하지 않으며 송풍만 동작한다. 그러나, 실제 차량에 장착 시 에어컨과 히터는 동작이 가능하다.

차량용 가습기를 차량의 가운데에 설치하고 액추에이터를 연결하여 동작을 제어한다. 조도가 제어되는 룸미러는 특수한 재질로 이루어진 유리를 사용하며, 전원을 넣을 때 흐려지게 동작하는 원리를 이용한다. 본 테스트베드에서는 전등에 불이 들어오는 형태로 조도 제어를 구현하였다. 본 시스템의 사용자 인터페이스는 Java 언어를 이용하여 구현하였으며 온도, 습도, 조도의 상태를 계기판 형태로 표시하고 바로 밑에 수치로 나타내어 사용자로 하여금 바로 인지할 수 있게 구성하였다(그림 10).



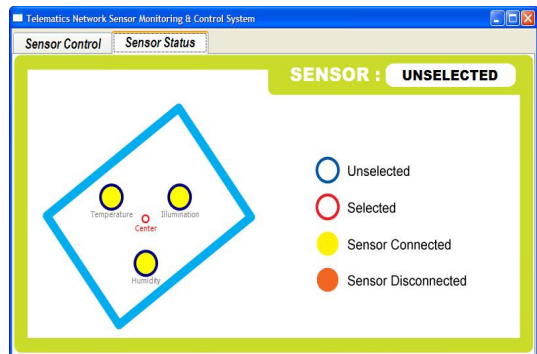
(그림 9) 테스트베드 설치 화면(1)

또한 계기판에 화살표를 통해 각 장치가 동작할 임계치를 표현하였다. 하단에 [AUTOMATIC] 문구를 통해 현재 자동모드인가 수동모드인가를 확인할 수 있고 클릭을 통해 자동과 수동을 바꿀 수 있게 하였다. 특히 온도 계기판은 온도측정치를 통해 에어컨과 히터를 동작 시키므로 하단에 [AC] 버튼을 만들어 에어컨과 히터를 선택할 수 있게 하였다. 임계치의 수정은 터치스크린으로 계기판의 원하는 수치를 클릭하거나 드래그하면 변경되게 하였다.



(그림 10) Sensor 제어판

(그림 11)은 센서의 상태를 조회하는 화면으로 현재 어느 센서가 동작 중인가를 확인할 수 있도록 하였다.



(그림 11) Sensor 상태 조회 화면

4. 결 론

향후 모든 자동차 시스템들은 전자 장비들을 통해 자동화 시스템으로 구현되어 갈 것이며 통신의 비약적인 발전으로 인해 모든 시스템들이 단일 네트워크 상에 이루어질 것이다. 본 논문에서는 자동차를 대상으로 현재 차내망이 유선망으로 되어 있어 발생하는 단점을 해결하고 좀더 자유로운 센서 설치 및 망구성의 효율성을 높이기 위하여 센서 네트워크 기반의 차량망 구현 및 자동화 시스템을 구현하였다. 구현 된 시스템은 센서로부터 수집된 데이터의 지그비 RF 모듈을 이용한 송수신 모듈을 개발하여 텔레매틱스 단말기에서 차량의 상태를 파악할 수 있도록 하였다. 본 시스템이 개발을 통하여 향후 텔레매틱스를 위한 센서 네트워크 기반의 이동체 자동화 시스템 기반 기술을 획득하고, 이를 임베디드 시스템 구현으로 유사 자동화 시스템을 효과적으로 개발할 수 있는 기술을 축적할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] MindBranch Asia “세계 텔레매틱스 시장 현황 및 전망”, 2005, 11.
 [2] <http://www.telematicsupdate.com>
 [3] H. Kimura and Y.Himono et al., “The development of the advances protocol for automotive local area multiplexing network”, SAE paper 940365, 1994.
 [4] ZigBee Alliance, 2005. ZigBee Specifications, version 1.0, April 2005.

<<http://www.ZigBee.org>>.

[5] Baronti, et. al., “Wireless sensor networks : wireless sensor networks : a survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards”, Computer Communications Vol. 30, No. 7, May, pp. 1655-1695, 2007.
 [6] EZ-ESTO system manual, octacom
 [7] Jedermann, R., Behrens, C., Westphal, D., Lang, W., “Applying autonomous sensor systems in logistics-. Combining sensor networks, RFIDs and software agents”, Sensors and Actuators A : Physical Vol. 132, No. 1, pp. 370-375, 2006.



김 남 희

1992년 군산대학교 정보통신학과 (공학사)
 1994년 전북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1997년 전북대학교 전자공학과 (공학박사)

1998년~2001년 한국표준과학연구원 Post-doc.
 2002년~현재 : 군산대학 컴퓨터정보과학과 부교수



이 종 찬

1994년 군산대학교 컴퓨터과학과 (이학사)
 1996년 숭실대학교 컴퓨터학과 (이학석사)
 2000년 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)

2000년~2005년 한국전자통신연구원 선임연구원
 2005년~현재 군산대학교 컴퓨터정보공학과 조교수