한국산학기술학회논문지
Vol. 10, No. 1, pp. 67-74, 2009

지그비 무선통신과 웹 기반의 임베디드 시스템을 이용한 자동차 센서신호 감시 및 제어에 관한 연구

양승현[1], 이석원[1*]

A Study of Vehicle's Sensor Signal Monitoring and Control Using Zigbee Wireless Communication and Web-based Embedded System

Seung-Hyun Yang[1] and Suk-Won Lee[1*]

요 약 본 연구에서는 임베디드 시스템과 지그비(Zigbee) 무선통신을 기반으로 지능형 자동차를 위한 모니터링 및 제어가 가능한 임베디드 웹서버를 구축하였다. 자동차의 모든 정보를 담고있는 ECU(Electronic Control Unit)에 주제어기와 임베디드 시스템을 인터페이스 시켜 자동차의 운행정보를 모니터링하고, 자동차의 내, 외부에 추가된 센서신호는 지그비 통신을 이용해 임베디드 시스템에 전달하도록 하였다. 임베디드 시스템을 이용해 웹서버를 구축했기 때문에 개인용 컴퓨터 및 모바일 기기를 이용하여 차량에 접속할 수 있으며, 자동차의 상태를 실시간 감지하고 제어할 수 있다.

Abstract In this paper, we constructed Embedded web-server to be monitored and controlled for intelligent vehicle on the base of embedded system and Zigbee wireless communication. By interfacing main controller and embedded system with ECU including every information of vehicle, it is possible to monitor the cruising information of vehicle, and sensor signal added to inside and outside of vehicle is transferred to embedded system through Zigbee communication. Web-server is constructed using embedded system, that's why the access to vehicle is possible using PC or mobile instrument, and the real-time check and control of vehicle is possible as well.

Key Words : Embedded web server, Vehicle's ECU, Sensor monitoring

1. 서론

최근 무인 자동차를 비롯한 지능형 자동차에 대한 관심이 높아지면서 AICC(Automatic Intelligent Cruise Control)에 대한 개발이 많이 이루어지고 있다. 이러한 능동적인 자동차의 구현은 자동차 산업의 비약적인 발전으로 인해 운전의 편리성이나 안전성, 자동차 내부의 자동화 등의 고급화, 고기능화에 대한 연구개발로 이어지고 있다.[1-3]

자동차의 고기능화는 현재 자동차에서 사용 중인 ECU(Electronic Control Unit)에 의한 집중적인 통합제어의 신뢰성과 안전성에 문제가 발생시킬 수 있어 통합제어 방식보다는 분산제어 방식에 대한 많은 연구들이 진행 중이다.[4] 또한, 차량의 전기전자 부품을 전기적으로 연결하는 와이어 하네스(Wire Harness)는 차량에 대한 중요한 신호 전달 매개체로 신경과 같은 역할을 하지만 제어대상의 증가와 향상에 따라 전선의 양이 많아져 부피가 커지고 무게 또한 중량이기 때문에 차량에 효율적 배치나 구성이 어려워진다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 차량배선 방법 중 국제적으로 표준화가 진행되고 있는 CAN(Controller Area Network) 통신은 대표적인 표준화 프로토콜이다. CAN 통신은 입력선과 출력 선으로만 구성되어 장치간의 연결선을 최소화 할 수 있으며, 데이터 연계층의 에러(Error) 검사와 수정 기능으로 데이터 신뢰도가 높아 자동차를 비롯한 항공기, 철도를 비롯한 자동화 시스템에 이용되고 있다. 또한 기존의 와이어 하네스에 의한 제어기 구성의 낮은 신뢰성과 비효율적인 시

본 논문은 호서대학교 연구과제로 수행되었음.
[1]호서대학교 시스템제어 공학과
*교신저자 : 이석원(swlee@office.hoseo.edu)
접수일 08년 11월 28일 수정일 08년 01월 08일 게재확정일 08년 01월 16일

스템 구성을 개선 할 수 있어 자동차의 경우 현재 집중적이고 통합적인 제어방식을 대체하며 새로운 전자제어 장치로 사용되어 지기도 한다. 하지만, 개발되어지는 지능형 자동차는 내부의 제어대상이 많아지기 때문에 CAN 통신 보다는 무선통신이 효율성이 크게 증대 될 것이다.

본 연구에서는 자동차 ECU에 임베디드 시스템을 인터페이스 시켜 자동차의 주요 데이터를 인터넷으로 실시간 감시 및 제어가 가능하도록 하였다. 또한, 자동차 내부에 분산제어 방식을 구현하기 위해 지그비 무선통신 방식으로 무선 네트워크를 구성하여 분산된 제어기에 의해서 취득한 센서데이터를 임베디드 웹서버가 구축된 임베디드 시스템에 전달하도록 하여 자동차 내부의 데이터와 더불어 실시간 감시 및 제어가 가능하도록 하였다.

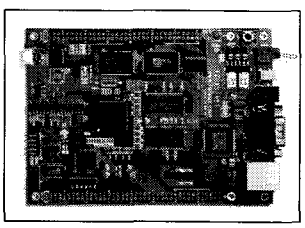
2. 시스템 구성

2.1 임베디드 시스템을 이용한 차량용 웹서버 구현

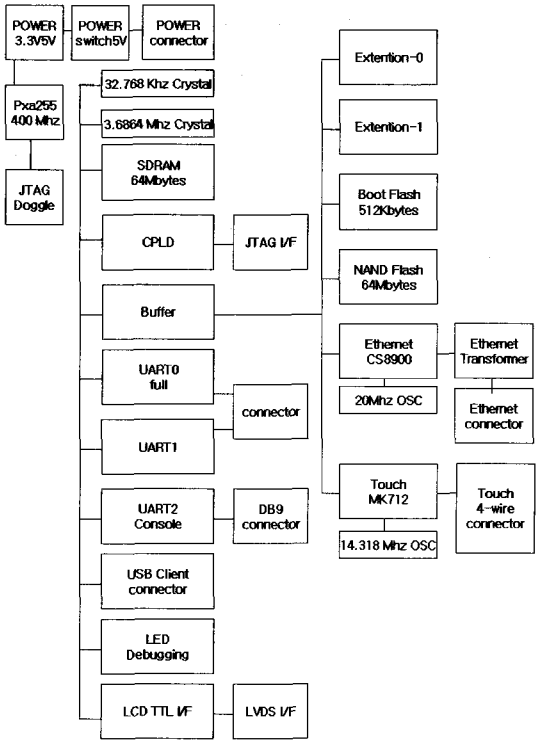
인터넷을 통한 자동차의 운행 데이터나 센서데이터를 모니터링하고 제어하기 위해서는 임베디드 시스템을 펌웨어(FirmWare)나 RTOS(Real Time Operating System) 레벨에서 관리하는 것은 신뢰성이 다소 부족하고, 웹서버의 구축은 사실상 불가능하다. 따라서 시스템 내부에 OS(Operation System)인 리눅스를 포팅하고 OS를 기반으로 웹서버를 구축하여야한다. 이렇게 OS와 더불어 웹서버를 구축하기 위해서는 처리속도 또한 빠른 시스템이 요구된다.

2.1.1 임베디드 시스템

본 연구에 사용되어진 임베디드 시스템은 그림 1에 보여 지고 있다. Intel PXA255 ARM RISC 400Mhz인 CPU를 사용하고 있으며, 3개의 시리얼 포트와 이더넷 통신환경을 구축하였으며, 64Mbytes NAND Flash와 32Mbytes의 SDRAM과 부트(Boot) Flash로 512Kbytes의 메모리를 가지고 있다. 또한 이더넷 컨트롤러로 CS8900 Ethernet Chip을 사용하였다.



[그림 1] 사용되어진 임베디드 시스템



[그림 2] 임베디드 시스템 블록도

2.1.2 임베디드 웹서버 구현

내장형 ARM 보드인 임베디드 시스템을 웹서버로 사용하기 위해서는 리눅스를 기반으로 웹 서버 프로그램을 설치 하여야한다. 웹 기반 프로그램이란 클라이언트의 웹 브라우저를 이용해 인터넷에 연결되어 있는 원격지의 서버로 기기를 관리한다는 의미를 가지고 있다.

가. 클라이언트 풀(Client Pull)과 CGI(Common Gateway Interface)

웹 페이지의 화면을 자동으로 반복표시(refresh) 해주는 방법에는 크게 클라이언트 풀(Client Pull) 방식과 서버 푸쉬(Server Push) 방식이 있다. 본 연구에서는 원거리에 있는 자동차의 상황을 실시간으로 모니터링하기 위해 클라이언트 풀 방식을 사용하여 한번 CGI로 구성된 페이지를 열게 되면 자동적으로 반복되어 페이지가 변경되게 하였다. 클라이언트의 요청이 있을 때마다 서버에게 새로운 CGI 프로세스의 생성과 종료를 유발시켜준다. C 언어를 사용하여 CGI 프로그램 작성시 주요코드는 MIME형식과 META 태그를 이용한다. MIME(Multi-Purpose Internet Mail Extensions) 형식을 지정해주는 부분으로 웹서버에게 이후의 표준출력(stdout)으로 출력되는 모든 문

자열을 웹 문서로 인식하게 해 주는 역할을 하며,

[printf("Content-Type:text/html\n\n");]

META 태그는 HEAD 태그 안쪽에 위치시켜 CGI 프로그램을 주기적으로 1초에 한번씩 재 실행해주는 역할을 한다.

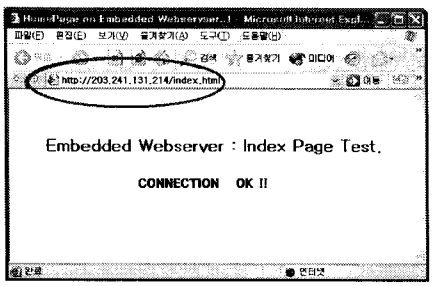
printf("<head><META http-equiv= 'refresh'; conten ='1';></head>\n");

나. 자바애플릿

Sun Microsystems에서 개발된 자바(Java) 언어는 객체지향 언어로 내장형 시스템을 위해 플랫폼에 구애 받지 않는 언어로 처음 개발되었다. 본 연구에서는 자동차의 모니터링 정보를 임베디드 웹서버에 접속해 확인할 때 텍스트가 아닌 보다 그래픽적인 요소를 사용하기 위해 사용하였다. 자바애플릿은 자바 가상머신이 내장된 웹브라우저만 있으면 되기 때문에 클라이언트 입장에서만 고려하면 된다.

다. GoAhead 웹 서버

본 연구의 프로그램 구현시 사용한 웹 서버는 오픈소스인 GoAhead 웹 서버를 사용하였다. 웹 서버는 PXA255 기반의 리눅스 플랫폼 상에서 실행될 수 있도록 교차 컴파일 하여 사용하였다. 웹 서버를 포팅하게 되면 임베디드 보드가 하나의 서버가 되기 때문에 원거리에서 클라이언트를 통해 접속할 수 있다.

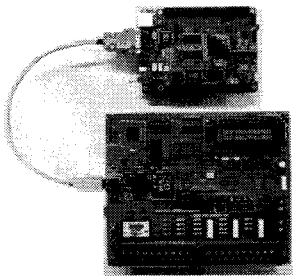


[그림 3] 임베디드 웹 서버에 접속된 화면

웹브라우저의 주소 창에 임베디드 서버의 고정 IP와 시작페이지인 index.html를 입력하면 서버에 접속하게 된다. 그림 3은 주소 창에 IP와 시작 html 파일을 입력시킨 후 임베디드 보드에 접속한 화면이다. 임베디드 보드의 메모리에 존재하는 웹 서버 폴더에 index.html 파일을 만든 후 저장하면 기본적으로 나타나는 화면이다.

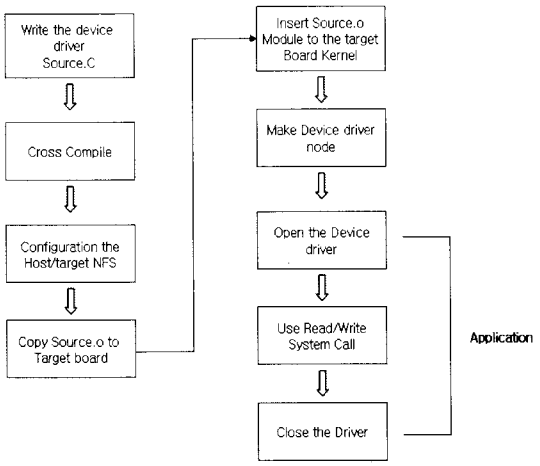
2.1.3 ECU 인터페이스 및 무선데이터 수신용 확장보드 설계

자동차의 ECU 데이터를 임베디드 시스템에 연결해 웹상에서 확인하고 제어하기 위해서는 임베디드 시스템과 ECU와의 인터페이스를 위한 확장을 위한 시스템이 필요하게 된다. 확장된 보드로는 8채널의 A/D 변환기와 PWM을 내장한 Atmega128 제어기를 이용하여 설계하였다.



[그림 4] ECU 인터페이스 및 무선데이터 수신을 위한 확장 보드

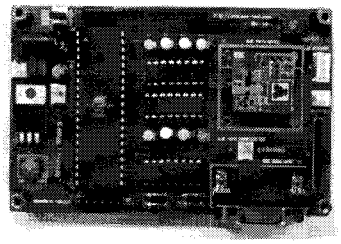
그림 4는 주제어기 신호인 TTL 레벨의 I/O 신호로 자동차 내부의 입출력 접점을 제어하기 위해서 포터커플러와 TR, FET를 사용하여 전류 증폭과 더불어 메인보드와 분리하여 제어하도록 하였으며, 분산되어진 지그비 모듈로부터 센서신호를 비롯한 다양한 데이터를 취득하기 위해 지그비 수신부가 설계되어 있는 모습을 볼 수 있다. 임베디드 시스템에 입출력 데이터를 처리하기 위한 응용프로그램의 개발은 그림 5와 같은 순서를 이용한다.



[그림 5] 드라이버 제어를 위한 응용프로그램 개발 순서도

2.2 분산 제어를 위한 지그비(Zigbee) 무선 네트워크 구성

자동차에 내장된 ECU는 차량의 전자제어를 부분을 처리하지만 차량의 지능화와 무인화와 더불어 편리성까지 대두되면서 많은 독립된 센서나 제어기들의 데이터들을 처리하게 된다. 따라서 ECU에 많은 부담이 생겨 신뢰성에 문제가 발생할 수 있어, 본 연구에서는 차량의 ECU에 의한 중앙 집중적인 처리방식이 아닌 추가되는 기기들에 대해서는 차량 내부의 무선 네트워크를 구성해 ECU와 더불어 분산제어가 가능하도록 하였다.



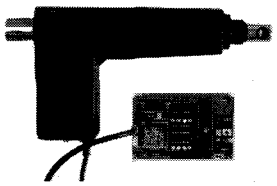
[그림 6] 분산제어기

사용된 지그비 모듈은 ROBOBLOCK사 에서 제작한 ZBS-200모델을 사용하였으며, 30-100m까지 데이터 송수신이 가능하기 때문에 자동차 내부 통신망에 적합하고 한 모듈에 254개의 지그비를 확장해서 사용할 수 있다. 분산 제어기로는 주 제어기와 같이 여러 채널의 A/D 변환기와 모터 및 엑츄에이터의 속도를 정밀하게 제어할 수 있는 PWM기능이 내장된 ATMEL사의 Atmega8538을 사용하였다.

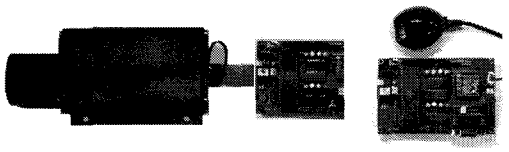
[표 1] 지그비 네트워크의 프로토콜 필드정보

Field Name									
1	Start Byte	1	0	1	0	1	0	1	0
2	Length	Data Length							
3	Fan ID	Zigbee Company							
4	ID	Main ID							
5	S-ID	Sub ID							
6	Command	Z2	Z1	Z0	DI	DO	S	GP	EX
7	Value	Data							
8	Check-Sum	Check-Sum Byte							
9	End Byte	0	1	0	1	0	1	0	1

사용되는 프로토콜의 6번 필드 Command의 Z2-Z0는 분산되어진 지그비의 번호를 의미하며, DI, DO는 On/Off 데이터의 입력과 출력, S는 센서 데이터, GP는 자동차의 위치를 파악하기 위해 분산되어진 GPS의 위치를 전송하라는 의미를 가진다.



[그림 7] 분산제어기에 연결된 전동실린더

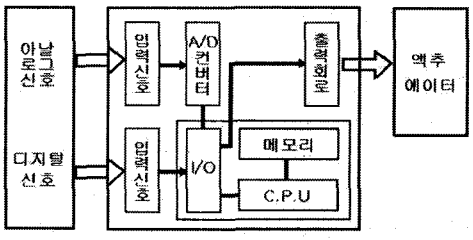


[그림 8] 분산제어기에 연결된 레이저센서와 GPS

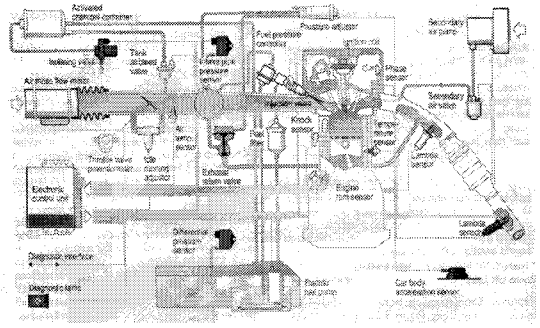
그림 7은 분산제어기에 연결된 출력장치인 전동실린더로 자동차를 웹이나 모바일 기기로 이동하기위해서 가속페달에 압력을 가하기 위해서 사용되었으며, 그림 8은 분산제어기에 연결된 데이터 수집 장치로 레이저센서는 이용한 장애물을 감지하기 위해서 사용하였으며, GPS는 현재 차량의 위치를 위성을 이용해 추적하는 용도로 사용하였다. 그림 7과 그림 8은 메인 제어기에서 무선으로 분산제어기로 프로토콜을 전송해 차량을 제어하고, 데이터를 모니터링하는 대표적인 부분이다.

2.3 ECU (Electronic Control Unit)

대부분의 자동차에는 전자제어 장치인 ECU가 존재해 자동차 내부에서 사용되는 각종 센서로부터 정보를 받고 구동 장치를 작동해준다.

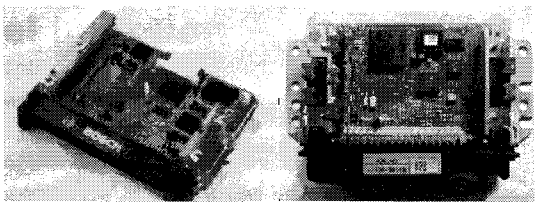


[그림 9] ECU 블록도



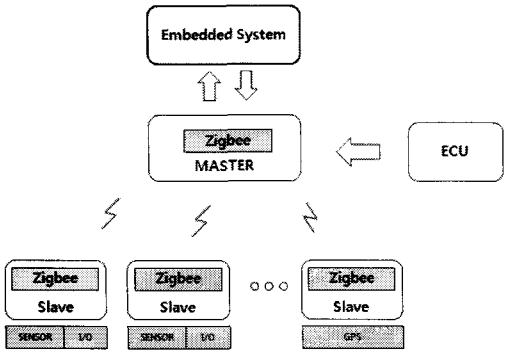
[그림 10] ECU 연결도

그림 10은 ECU와 자동차 내부 주변의 장치들의 연결도로 자동차에 사용되어지는 대부분의 전기전자 장치의 신호들이 연결되어 있으며, 엔진 또한 ECU가 주변 센서 값들에 따라 자동으로 제어 해준다. 이러한 ECU에 입출력되는 데이터를 이용하게 되면 자동차 대부분의 상태와 동작을 제어할 수 있어 본 연구에서는 자동차의 속도, 엔진 회전수(RPM), 수온 등의 필요한 신호 데이터를 취득하기 위해 메인제어기와 인터페이스 하였다.



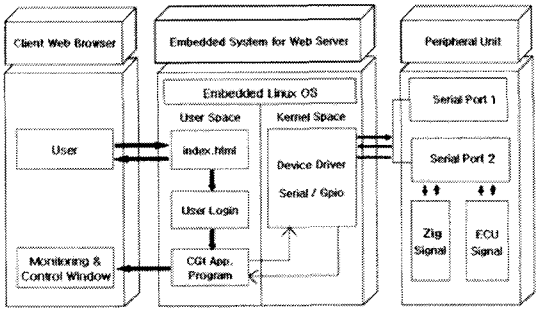
[그림 11] 실험용 차량에 설치된 보쉬사의 ECU

2.4 전체 시스템 구성



[그림 12]제안된 차량용 네트워크 구성도

주 제어기는 차량에 장착된 ECU와 연결되어 차량 내부의 데이터를 수집하고, 지그비 무선모듈을 이용해 자동차의 모든 부분에 연결된 슬레이브 제어기들을 관리하게 된다. 임베디드 시스템은 주 제어기를 통해 자동차의 센서 정보를 비롯한 I/O정보를 취득할 수도 있으며, 모터를 비롯한 다양한 기기들을 제어할 수도 있다. 이러한 차량용 네트워크의 구성은 차량의 직접적인 제어와 운행에 관련된 부분은 ECU를 통해 수집 및 제어하게 하였으며, 그밖에 편리성 및 새로운 기기들을 제어하고 관리하는 부분은 지그비 통신을 사용하였다.



[그림 13] 임베디드 시스템의 동작도

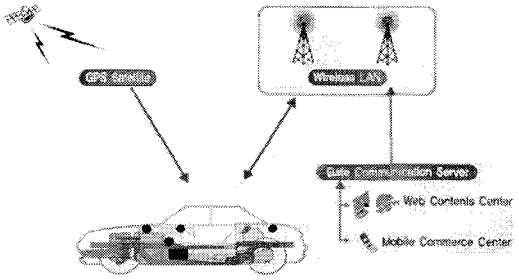
그림 13은 임베디드 시스템의 동작도를 보여주고 있는데 이와 같이 사용자가 인터넷을 이용해 자동차에 할당된 IP를 입력하게 되면, 자동차의 접속화면이 나타나게 된다. 이때 사용자 ID와 패스워드를 입력하여 사용자임이 확인되면, 자동차를 직접적으로 모니터링하고 제어할 수 있는 즉, 디바이스 드라이버를 제어할 수 있는 명령창이 생성되게 된다.

생성된 창에서 원하는 내용을 선택하고 전송하면, 물리적으로 차량 내부에 설치된 제어기들을 통해 데이터를 획득하여 웹 브라우저로 표시하게 된다.

이때 데이터는 새로운 기능을 부여하기 전까지는 클라이언트 풀 방식으로 정해진 시간마다 계속해서 업데이트 되어 실시간으로 데이터를 처리할 수 있게 되는 것이다.

3. 시스템 실험

실험은 운행 중인 구형 아반떼 1.5DOHC 자동차에 할당된 IP를 이용해 웹으로 접속 후, 원하는 부분을 선택하고 선택된 부분의 데이터를 실시간으로 모니터링 하는 것이다. 또한, 운행 중인 자동차의 상태를 확인하고 이상이 있을 경우 사용자가 인터넷을 이용해 자동차를 제어하도록 하였다.

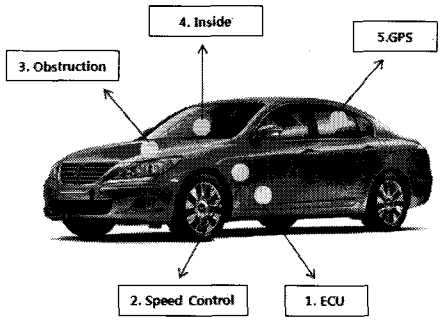


[그림 14] 차량관리 시스템 개념도

그림 14는 자동차의 내부 상태와 GPS를 통한 차량의 좌표를 확인하기 위해 외부의 PC나 모바일 기기를 통해 접속하는 개념을 보여주고 있다.

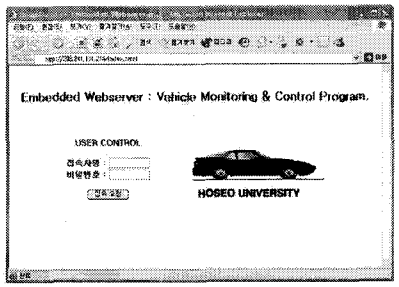
[그림 15] 실험용 차량에 설치된 임베디드 시스템

실험용 차량은 현대 아반떼 승용차로 웹서버를 설치한 임베디드 시스템을 ECU와 가까운 핸들 아랫부분에 위치하게 하였으며 메인 제어기는 ECU와 연결한 상태이다.



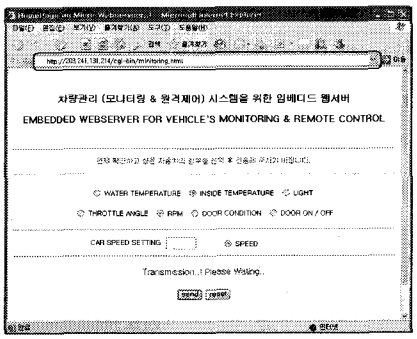
[그림 16] 분산된 제어기의 네트워크 구성도

그림 16은 그림 6의 분산제어기를 이용해 측정 및 제어대상의 위치에 분산시켜 네트워크 형태를 이루고 있는 모습을 보이고 있다.

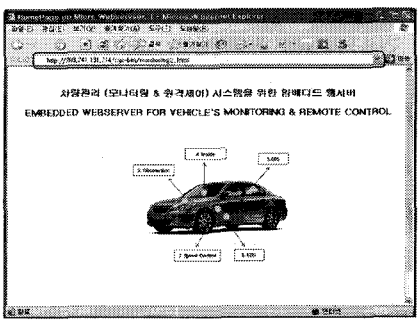


[그림 17] 웹을 이용해 자동차에 접속한 모습

자동차에 할당된 고유 IP를 인터넷 주소창에 입력하면 사용자 권한을 위해 사용자임을 확인하는 ID와 비밀번호 입력창이 나타나게 된다. 접속요청에 의해서 사용자임을 확인하게 되면 그림 17과 그림 18과 같이 자동차의 모니터링 대상을 선택해서 활성화 시키게 된다.

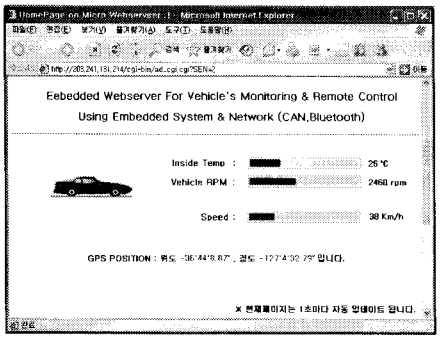


[그림 18] 측정 및 제어대상 선택화면 1



[그림 19] 측정 및 제어대상 선택화면 2

그림 18과 그림 19는 사용자 로그인 후 나타나는 화면으로, 측정 대상을 선택하거나 제어를 위한 선택 창이 나타난다. 그림 18은 직접 대상을 선택하는 방식이고, 그림 19는 차량에 설치된 분산제어기나 ECU를 클릭하여 측정이나 제어할 대상을 선택할 수 있도록 하는 방식이다.



[그림 20] 웹으로 전송된 결과 화면

그림 18과 같이 측정이나 제어대상을 선택하고 전송하게 되면, CGI 웹 프로그램에 의해 임베디드 시스템의 하드웨어가 직접적으로 동작하게되고 입력되어진 결과를 다시 CGI를 통해 웹으로 보여지게 된다. 그림 19는 웹으로 전송된 결과화면으로 자동차 내부의 온도, RPM, 주행중인 자동차의 속도를 웹으로 보여주고 있다. 선택과 상관없이 자동차의 위도와 경도는 상시 보이도록 하였다. 데이터는 1초마다 업데이트가 자동으로 되도록 하여 실시간으로 변경 데이터를 처리 하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 지능형 자동차를 위한 임베디드 시스템과 지그비 무선통신을 이용한 자동차 신호 감시 및 제어에 관한 연구를 하였다. 지그비 무선모듈을 활용해 자동차 내부에 네트워크를 구축하고, 지능화 고급화에 따라 자동차에 추가되어지는 외부 기기들을 ECU에 의한 통합제어 방식이 아닌 분산제어 방식으로 변경하였다. 또한 웹서버가 구축된 임베디드 시스템을 설계된 주제어기와 같이 자동차 내부에 설치하여, ECU와 분산되어진 제어기들에 연결된 센서들의 상태정보를 획득하고 기기들을 제어할 수 있도록 하였다. 제작된 시스템은 웹을 기반으로 하기 때문에 원격지에서도 인터넷이나 모바일 기기로 차량의 상태를 감시하고 제어가 가능하다.

참고문헌

[1] Kumayama, Jiro "Advanced Cruise-Assist Highway System Technology" 2002.6

[2] 윤득선, "능형 자동차 전자시스템 적용 기술현황; 무인 자율주행 자동차의 전자제어 시스템의 기술동향" 한국전기전자재료학회, 전기전자재료, Vol.19, No.11, Startpage 19, Endpage 28, Totalpage 10

[3] 산업자원부 한국산업기술재단, "지능형 적응 주행제어 및 전장 시스템에 관한 연구보고서" 2004.7

[4] 정차근, "Controller Area Network(CAN) 통신 프로토콜에 의한 자동차 신호 및 센서 제어 시스템의 개발", 신호처리시스템학회 3권 3호, 54-62, 2002.3

[5] Tom Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, ANOLD, 2000

[6] Cruise, Anglin, Automotive Mechanics (Tenth edition), McGraw Hill, 1993

[7] CAN Specification Version 2.0 A and B, Bosch September 1991

[8] R. Itschner, C. Prommerell, M. Rutishauser, "Glass Remote Monitoring of Embedded System in Power Engineering", IEEE Internet Computing, vol.2, no.3, pp.46-53, May/June, 1998.

[9] Intel PXA255 Processor Developer's Manual, March, 2003

[10] 양승현, "지능형 자동차를 위한 적응 주행 제어기 및 차량관리용 임베디드 시스템개발에 관한 연구" 박사학위논문, 2006

[11] C. D. Leidigh, "Web Based Management od Network Device", ESCC 2001, no 204, Chicago, 2001

[12] L.Q.kong, J.Malee and T.Korte, "A Simple Architecture for Real-Time Web Based Device Control and Monitoring", ESCC 2001, no. 230, Chicago, 2001.

[13] Embedded Linux Consortium, http://www.embedded-linux.org

[14] The Apache Software Foundation, http://www.apache.org

양 승 현(Seung-Hyun Yang) **[정회원]**

- 2000년 2월 : 호서대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 호서대학교 전자공학과 (공학박사)
- 現 (주)에쎄테크놀로지 기술이사

<관심분야>
시스템제어 및 식별, 임베디드 시스템 설계

이 석 원(Suk-Won Lee) **[정회원]**

- 1979년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학사)
- 1981년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1988년 8월 : 서울대학교 전기공학과 (공학박사)
- 現 호서대학교 시스템제어공학과 교수

<관심분야>
자동제어, 시스템 식별