

텔레매틱스를 통한 자가진단 저전력 임베디드 리눅스 시스템 구현

Implementation of Self Diagnostics Low-power Embedded Linux System using Telematics

주재한

송호대학교 보건의료전자과

Jae-han Ju

Department of Medical Electronics, Songho College, Gangwon-do, 25242, Korea

[요 약]

주행중인 차량내의 컴퓨터 시스템과 통신을 효과적으로 연계해서 언제, 어디서나 각종 데이터의 검색이나 수정 등이 가능하고, 제한적인 플랫폼에서 원활한 동작을 하기 위해 장비를 적절히 제어할 수 있도록 주행차량에 맞게 시스템이 구축되어야 한다. 또한 시스템 엔진 정보 추출을 위해 차량 CAN 통신을 이용하고, 이러한 정보 전송을 위해 ZigBee를 이용하여 데이터를 전송한다. 따라서 차량 CAN을 위해 차량에서 자체 제공되는 OBD-II 프로토콜을 사용하여 차량의 각종 센서 정보 및 O2 센서 값을 이용하여 차량 상태 정보와 배기 가스량을 구하고 ZigBee 메인 컨트롤 시스템에 전송한다.

본 연구는 저전력 차량용 임베디드 시스템으로 전력 사용량을 최대로 줄여서 배터리 부하의데미지를 최대한으로 감소시키고, ZigBee 통신을 통한 차량의 내부 상태 모니터링을 할 수 있는 시스템을 구현하였다.

[Abstract]

It is necessary to establish a system suitable for the driving vehicle so that it can effectively search for and modify various data anywhere and anytime by effectively linking communication with the computer system in the running vehicle and to control the equipment properly for smooth operation on a limited platform do. Also, vehicle CAN communication is used to extract system engine information, and data is transmitted using ZigBee for this information transmission. Therefore, OBD-II protocol, which is provided by the vehicle itself, is used for vehicle CAN to obtain vehicle status information and exhaust gas using various sensor information of the vehicle and O2 sensor value, and transmits it to the ZigBee main control system.

In this study, we implemented a system that can reduce the battery load damage to the maximum by reducing the power consumption to the maximum, and to monitor the internal state of the vehicle through ZigBee communication with the embedded system for low power vehicles.

Key word : Self diagnostics, Low-power embedded, Telematics, Can communication, ZigBee.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.3.300>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 24 May 2017; Revised 8 June 2017
Accepted (Publication) 24 June 2017 (30 June 2017)

*Corresponding Author ; Jae-han Ju

Tel: +82-10-4937-1913

E-mail: riprofessor@naver.com

I. 서론

최근 사물인터넷은 기존의 유선통신을 기반으로 한 인터넷이나 모바일 인터넷보다 진화된 단계로 인터넷에 연결된 기기가 사람의 개입없이 상호간에 알아서 정보를 주고 받아 처리한다. 또한 사물이 인간에 의존하지 않고 통신을 주고받는 점에서 기존의 유비쿼터스나 M2M (machine to machine)과 비슷하기도 하지만, 통신장비와 사람과의 통신을 주목적으로 하는 M2M의 개념을 인터넷으로 확장하여 사물은 물론이고 현실과 가상세계의 모든 정보와 상호작용하는 개념으로 진화한 단계라고 할 수 있다[1].

통신 (telecommunication)과 정보 (informatics)의 합성어인 텔레매틱스는 자동차 운전자가 무선 네트워크로 차량을 원격 진단하고 무선 모뎀을 장착한 액정 단말기를 통해 자동차 안에서 실시간 교통상황과 지리정보 (GIS; geographic information system), 증권정보, 금융거래, 게임 등을 즐길 수 있는 통합 서비스 시스템으로, 이 시스템은 단순한 교통수단에 불과했던 자동차를 움직이는 사무실로 탈바꿈시켜 준다. 운전자는 텔레매틱스를 이용해 차 안에서 e메일을 받아보거나 날씨, 증권, 스포츠, MP3 (MPEG audio layer-3) 파일 내려받기를 음성명령만으로 실행하는 등 무선인터넷을 이용할 수 있다[2]. 특히 이 서비스는 자동차가 주행 중에 고장나면 무선통신으로 서비스센터에 연결되고, 엔진 속에 내장된 컴퓨터가 자동차 주요부분의 상태를 알려주어 언제든지 정비사에게 정확한 차의 고장 위치와 원인을 알려 준다. 특히 PDA (personal digital assistants), 모바일 단말기 등은 소형의 내장형 기기로서 이동 중에도 데이터의 접근을 가능케 함으로 최근 인기를 끌고 있다. 이와 같은 내장형 시스템은 미리 정해진 특정 기능을 수행하기 위해 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어가 조합된 전자 제어 시스템을 말하며, 필요에 따라서는 일부 기기가 포함될 수도 있다[3],[4].

컴퓨터와 통신을 하고 주행 중인 차량내의 시스템과 통신을 효과적으로 연계해 언제, 어디서나 각종 데이터의 검색이나 수정 등을 가능토록 하는 관리가 필요하며, 제한적인 플랫폼에서 원활한 동작을 위해 장비를 적절히 제어할 수 있는 소규모의 운영체제와 응용 프로그램을 구현할 수 있는 파일시스템, 또한 이동 중인 차량에 맞게 시스템이 구축되어야 한다. 그리고 현대인의 이동이 많고 방대해지면서 가정 보다 외부나 자동차에서 생활하는 시간이 늘어나면서 누구나 언제, 어디서나 인터넷이 가능하고 GPS (global positioning system), 멀티미디어 동영상 등이 가능한 시스템을 원하고 이동 중 차량에 문제가 생겼을 경우 적절한 대응책을 찾고 진단 수리하고 싶어 한다.

본 논문에서 자동차의 안정성 확보를 위한 자동차 제어시스템은 주행 중인 자동차에서 실시간으로 자신의 차량에 대한 이상 유무 및 엔진 상태 등을 체크하여 안전한 운행을 도와주는 자가진단 시스템과 동영상 및 MP3 등의 멀티미디어 콘텐츠를 즐길 수 있는 미디어 시스템을 제공하고, 차량 센서 시스템으로부터 단말기 또는 정비소로 효율적 저비용 데이터 전송하기

위한 802.15.4 프로토콜 ZigBee 통신 인터페이스를 구성한다.

II. 저전력 임베디드 리눅스 시스템

임베디드 시스템은 일반적으로 특별한 업무를 수행하기 위한 하드웨어와 소프트웨어를 포함하는 특정한 응용 시스템이라고 할 수 있으며, 마이크로프로세서를 장착해 설계함으로써 효과적인 제어를 할 수 있도록 하는 시스템으로서 기기를 동작하는 운영체제 소프트웨어를 컴퓨터처럼 디스크에서 읽어 들이는 게 아니라 칩에 담아 기기에 내장시킨(embedded) 형태의 장치를 말한다.[5].

자동차내 통신선은 제어 네트워크라 부른다. 차량내 제어 네트워크는 그 활용분야에 따라 서로 다른 매체를 사용한다. 그 구분은 에어백이나 브레이크와 같이 통신의 신속성과 안정성이 보장되어야 하는 매체로는 CAN (controller area network) 및 HS(high speed)-CAN을 주로 사용한다. 보통 CAN은 고속인 반면에 대역폭이 좁아 간단한 제어 신호만을 전달하는 데 주로 사용한다. 임베디드 시스템들은 상호 통신 및 주고받는 정보에 따른 제어가 유동적으로 변해야 하므로 소프트웨어로 구현할 수밖에 없다

자동차 시스템을 위한 자가 진단용 임베디드 리눅스 시스템 구성은 임베디드 리눅스 소프트웨어 시스템 부분과 Intel PXA270 CPU (central processing unit)를 사용한 내장형 하드웨어 시스템으로 구성되어 있다. 이러한 임베디드 리눅스 소프트웨어 시스템 구성은 그림 1과 같이 자동차와 진단용 시스템과의 통신을 위해 EML237을 통해 차량내의 CAN통신을 RS232통신으로 컨버트하였다. 그리고 카메라 인터페이스를 통해 자동차내의 진단 내용을 사용자가 점검할 수 있도록 GUI (graphical user interface)를 구성하였다.

파일 매니저 인터페이스는 차량내의 멀티미디어 시스템을 이용하기 위해 무선 인터넷을 통해 파일 서버 시스템으로부터 과일을 원격으로 다운로드 및 스트리밍서비스를 할 수 있도록 구성하였다. 또한 가정 내의 홈네트워크를 컨트롤 가능하도록 U-house control 인터페이스를 내장하였다[6].

자동차 시스템을 위한 자가 진단용 임베디드 리눅스 시스템 구성은 임베디드 리눅스 소프트웨어 시스템 부분과 저전력 ARM 11 CPU를 사용한 내장형 하드웨어 시스템으로 구성되어 있다.



그림 1. 자동차 임베디드 리눅스 시스템
Fig. 1. Automotive embedded linux system.

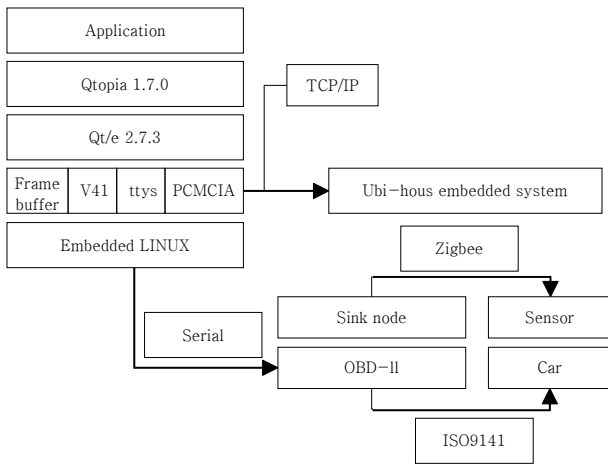


그림 2. 임베디드 소프트웨어 플랫폼
 Fig. 2. Embedded software platform.

임베디드 시스템의 하드웨어 구성은 Intel XScale PXA 270 processor를 탑재하였고, Embedded Linux 2.6.xx 및 WinCE 5.0를 지원하며, Intel wireless MMXTM 기술이 탑재된 시스템이다[7]. 자동차 임베디드 리눅스 시스템의 소프트웨어 플랫폼 스펙을 보면 다음 그림 2와 같다.

차량용 자가진단 CAN 통신 인터페이스를 위해 OBD-II (on board diagnostics-II) 프로토콜을 사용한다. OBD-II는 자동차의 전기적인 작동 상태를 확인하고 제어하기 위한 진단 규격을 말한다. 처음에는 엔진 등 전자화된 부품의 정비 효율성을 높이기 위해 쓰였지만, 지금은 이러한 목적 이외에도 다양한 차량 정보를 운전자에게 보여주는 트립 컴퓨터로서의 인터페이스 역할을 하기도 한다.

OBD-II의 존재 목적이 엔진을 비롯한 차량의 고장 진단 목적적인 만큼 전통적인 목적인 차량의 고장 지점 예측 확인용으로 여전히 중요한 역할을 한다[8]. 각 센서는 지정된 범위를 넘는 이상 상태를 발견하면 그 내용을 자동차의 엔진상태를 제어하는 전자제어 장치인 ECU (electronic control unit)로 전달하고, ECU는 그것을 저장하고 OBD-II 인터페이스를 통해 스캐너로 전달한다. 계기판의 엔진 경고등과 달리 스캐너는 정확한 오류 코드를 알려주며, 스캐너로 이상 지점을 확인할 수 있다.

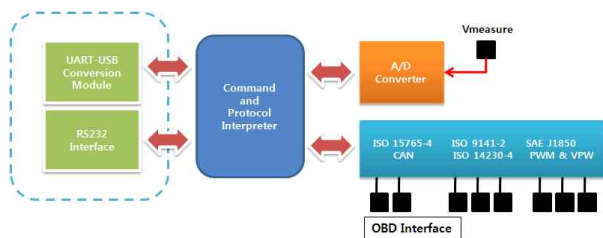


그림 3. CAN 통신 차량 센서 정보 전송장치 블록도
 Fig. 3. CAN communication sensor information transmission block diagram.

그림 3은 차량내의 센서 정보 중에 O₂ 센서를 포함한 입출력 시스템과 자동차내의 센서 컨트롤러와 CAN 통신을 할 수 있는 차량 센서 정보 전송장치 블록도를 보여주고 있다[7].

CAN-데이터 버스는 주로 자동차 안전시스템, 편의사양 시스템들의 ECU들 간의 데이터 전송 그리고 정보통신 시스템 및 엔터테인먼트 시스템의 제어 등에 사용된다. CAN은 꼬여 있거나 또는 피복에 의해 차폐되어 있는 2가닥 데이터 배선을 통해 데이터를 전송한다. CAN은 마스터/슬레이브 시스템에서 마스터 (master) 기능을 수행하는 멀티-마스터원리에 따라 작동한다.

OBD-II프로토콜은 12개 이상의 차량내의 CAN통신 프로토콜들을 지원하여 각기 다른 차량들의 프로토콜들을 자동으로 세팅하며 커맨드를 지원하여 사용자 중심의 환경을 구축하였다. 또한 차량 배터리 모니터링을 위하여 전압 입력과 저전력 CMOS (complementary metal-oxide semiconductor) 디자인을 구현하였다. 통신 인터페이스로는 RS232, USB (universal serial bus)를 지원한다.

현재 커맨드와 프로토콜 인터프리터를 통해 차량의 각종 센서 정보를 OBD-II 인터페이스를 통해 CAN 통신을 한다. 수집된 센서 정보들은 자동차 매니저 인터페이스를 구성하여 차량내의 진단 내용을 사용자가 점검 할 수 있도록 GUI를 구성하였다. 효율적 저비용 통신 인터페이스를 위해 802.15.4 프로토콜 지원을 통한 ZigBee 통신 인터페이스를 구성한다.

차량내 센서들에서 획득한 차량의 센서 정보는 차량의 이동성을 고려할 때 근거리 무선통신을 이용하여 정보 저장, 관리, 이용을 하는 것이 효과적이다[8]. 따라서 사용되는 주요 기술은 ZigBee 기술로 노드의 확장성, 저전력, 소용량의 데이터 처리에 적합한 기술이다. ZigBee의 가장 큰 특징은 저전력 소모로 ZigBee 칩은 동작 시 전력 소모가 20 mA 내외로 저전력 기술을 (UWB의 전력소모가 200 mW, 무선랜의 전력 소모가 1 W) 사용하고 있고, ZigBee는 저전력을 위해 DSSS (direct sequence spread spectrum) 방식을 사용하며, ZigBee의 프로토콜 스택 크기는 32 Kbyte를 넘지 않는다[9],[10].

차량내의 각각의 센서 데이터들은 커맨드 프로토콜 인터프리터를 통해 통신 인터페이스 모듈을 통해 ZigBee 통신 모듈을 지나 암호화된 프로토콜을 통해 ZigBee 모뎀으로 전달되어 호스트로 전송된다.

자동차 임베디드 리눅스 시스템의 소프트웨어 플랫폼 스펙을 보면, 메인 시스템은 임베디드 리눅스 운영체제를 사용하였으며, 임베디드 소프트웨어인 Qt를 이용하여 유저 GUI를 구성하여 운전자가 쉽게 차량의 상태를 파악 할 수 있게 하였다. 그리고 자동차 내외 통신을 위해 CAN to RS232를 통해 통신을 하였으며 멀티미디어 파일을 다운로드 하기위해 무선 통신인터페이스를 구성하였다. 자동차 내의 통신은 CAN 통신을 하였으며 자동차 센서 정보를 단일 시스템으로 전송하기 위해서 802.15.4 프로토콜을 사용하였다. 그리고 멀티미디어 파일을 다운로드 하기위해 무선 통신 인터페이스를 확장 구성하였다. 그림 4는 실제 Qt 프로그래밍을 이용하여 유저 인터페이스를 구성한 화면이다.



그림 4. 유저 인터페이스 GUI
Fig. 4. User interface GUI.

III. 실험 및 구현

본 논문에서는 자동차 자가 진단용 시스템을 위해 직접 임베디드 하드웨어를 제작 실험 하였다. 시스템 하드웨어 구성은 그림 5와 같이 ARM11 Intel PXA270 CPU를 사용 구성하였다.

자가 진단용 임베디드 시스템은 차세대 X-SCALE 기반으로 개발된 시스템으로서 시스템내에 무선 이더넷, UART (universal asynchronous receiver/transmitter), USB, LCD (liquid crystal display) 컨트롤러 등이 내장되어 있으며, Embedded Linux, WinCE OS를 포팅하여, 여러 가지 응용 및 시스템 호환에 적합하도록 디자인 하여 멀티미디어 미치 여러 가지 응용 프로그램에 기능을 구현 할 수 있도록 하였다. 또한 확장 80x2 포트를 구성하여 확장가능하도록 디자인하였다. 표 1은 해당 시스템 하드웨어 스펙이다.

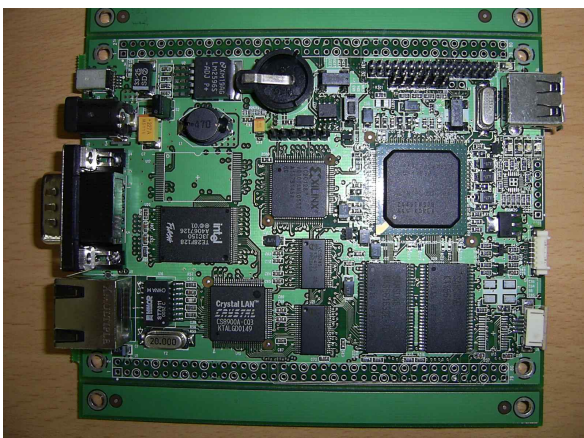


그림 5. 자가진단용 임베디드 시스템
Fig. 5. Self diagnosis embedded system.

표 1. 자가진단용 임베디드 시스템 스펙

Table 1. Self diagnosis embedded system spack.

Item	Spack
Main CPU	PXA270(500 Mhz)
Memory	64 Mbyte Memory (SDRAM)
BOOT Flash	NOR(Strata Flash 16 ~ 32 Mbyte)
NAND Flash Memory	16~ 128 Mbyte
ETHERNET	CS8900(10 M)
USB	Host, Slave INTERFACE
UART	FFUART, STUART(OPTION)
JTAG	Down Loading port
RTC	Built-in PORT
LCD	640x480 Built-in connector
Touch	MK712, ADS7843
Camera Input	Camera Input port built-in
Console Port	STUART, FFUART

자동차 내의 CAN 통신을 RS232통신을 위해 EML327를 사용하여 자동차에서 사용되는 9가지 프로토콜을 제공하고 인터페이스 부는 차량에 사용되는 프로토콜과 동기화를 이루고 F/W 수준의 커맨드 프로토콜 인터페이스를 제공한다. 그리고 커맨드 프로토콜 인터프리터는 차량 내부에서 나오는 데이터 프로토콜을 받아 hexa, 데시멀 디지털 스트링 값으로 변환한다.

ELM327은 저수준 프로토콜을 추상화하고 USB, RS-232, Bluetooth 또는 Wi-Fi로 연결된 휴대용 진단 도구 또는 컴퓨터 프로그램을 통해 UART를 통해 호출할 수 있는 간단한 인터페이스를 제공한다.

변환된 데이터는 RS232를 통해 진단 시스템으로 전송된다. 차량과 통신하기 위한 EML327 칩 구성은 그림 6과 같다. 그림 6에서와 같이 차량과 EML327과 시리얼 디바이스의 연결 상태를 EML327의 25번과 26번 27번 그리고 28번에 연결하여 통신을 한다. 그리고 ISO1941-7 프로토콜 연결은 12번 21번 그리고 22번을 연결하여 통신한다. 그리고 그림 7은 EML327의 블록 다이어그램을 보여주고 있다.

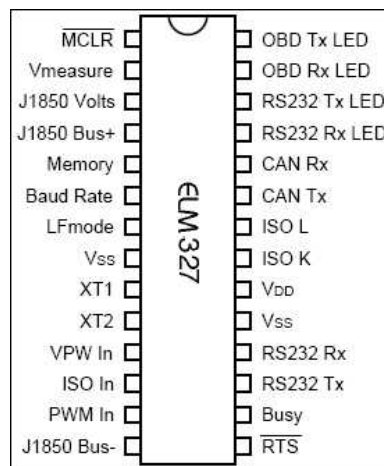


그림 6. EML327 칩 구성
Fig. 6. EML327 chip compositions.

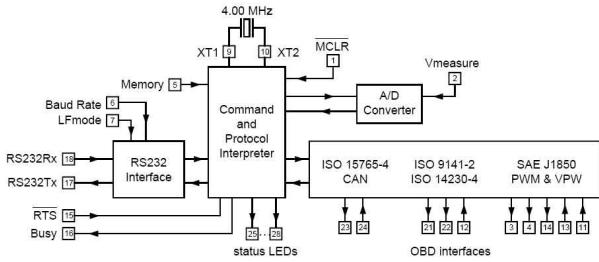


그림 7. EML327 내부 블록다이어그램
Fig. 7. EML327 internal block diagram.

변환된 데이터는 RS232를 통해 자동차 자가 진단 시스템으로 전송된다. 테스트용 차량은 현대 EF-Sonata 2004년식 ISO1914-2 프로토콜을 사용하였다. 그림 8, 9, 13 그리고 14는 실험 구현 유저 GUI를 나타낸다.

그림 8은 자동차 내의 센서 상태 1을 나타낸다. 엔진 센서 RPM (revolution per minute), SPEED 그리고 연료 시스템 상태와 각 센서들의 상태를 나타낸다.

그림 9에서 센서 상태 2는 Air Temperature, Engine Coolant Temperature 그리고 Short Term Fuel Trim, Long Term Fuel Trim

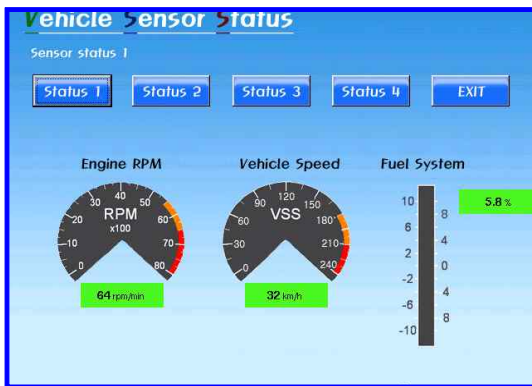


그림 8. 센서 상태 1
Fig. 8. Sensor status 1.

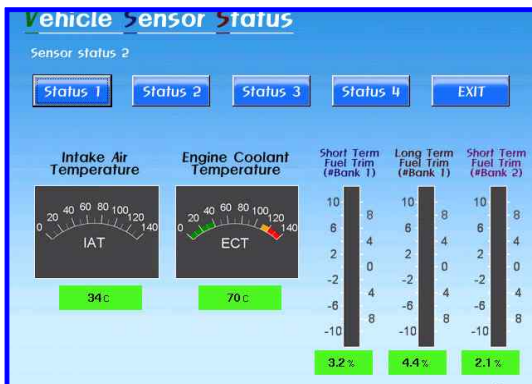


그림 9. 센서 상태 2
Fig. 9. Sensor status 2.

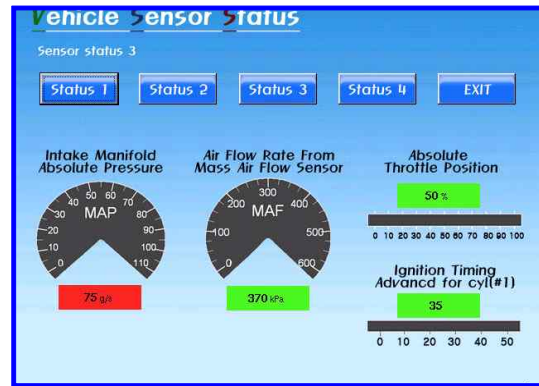


그림 10. 센서 상태 3
Fig. 10. Sensor status 3.

그리고 Short Term Trim bank 2의 센서 상태를 나타내고 있다.

그림 10은 Intake Mainfold Absolute Pressure, Air Flow Rate From Mass Air Flow Sensor 그리고 Absolute Throttle Position과 Ignition Timing Advance for Cyl 센서들의 값을 보여준다.

본 논문의 차량 자가진단 임베디드시스템을 통해 대부분의 운전자가 자동차의 이상현상이 발생했을 때 피부로 느끼지 못하여 자동차 내부 이상현상을 인지하지 못한 채 운행을 하거나 차량정비소에서 정비를 받아야 알 수 있는 정보를 실시간으로 눈으로 확인하여 DTC (dynamic traction control) 정보를 확인하고 트러블 코드에 대한 구체적인 정보를 제공해 줌으로써 차량정비를 정상적으로 유도하고 차량의 안전성을 보장할 수 있다.

PXA270 ARM11 시스템으로 구성하여 내장형 프로그램을 통해 불필요한 전력 소모를 최대한 줄였다. 논문에서는 시스템 평균 전류 사용량 체크를 위해 전력 측정 스위칭 장치에서의 안전 작동구역 (SOA; safe operating area)에서 테스트 하였다.

IV. 결 론

주 5일제로 인한 여가 생활의 확대로 현대인들의 차량에 대한 이용이 급증하고 차량의 종류 또한 다양해지고 있지만 일반인들의 차량에 내부에 대한인지는 그리 높지 않다. 주행 중인 차량에 대해서 언제든지 멀티미디어 시스템을 이용하면서 차량의 내부 엔진 및 기타 센서 등의 정보를 받아 고장 진단 및 트러블 코드를 운전자에게 직접 알려줌으로써 비전문가도 차량의 문제점을 파악하고 안전한 운행을 할 수 있도록 하였다.

본 연구는 저전력 차량용 임베디드 시스템으로 전력 사용량을 최대한으로 줄여서 배터리 부하의 데미지를 최대한으로 감소시키고, ZigBee 통신을 통한 차량의 내부 상태 모니터링을 할 수 있는 시스템을 구성하였다.

References

- [1] N. Li, M. Sun, Z. Bi, Z. Su, and C. Wang, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Information Systems Frontiers*, Vol. 16, No. 5, pp. 953-977, 2013.
- [2] G. Jayavardhana, B. Rajkumar, M. Slaven, and P. Marimuthu, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 29, No. 7, pp. 1645-1660, 2013.
- [3] G. Xu, J. He, and Z. Chen, "Design and actualization of IoT-based intelligent logistics system," in *2012 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Hong Kong: China, pp. 2245-2248, 2012.
- [4] Y. Huang, Z. Yang, and S. Xiong, "The research on the control algorithm of IOT based bicycle parking system," in *2012 IEEE 2nd International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems*, Hangzhou: China, pp. 1221-1225, 2012.
- [5] J. Kai, W. Muqing, X. Chunxiu, W. Jingrong, and S. Yang, "Shock hazard in the presence of protective residual current devices," in *2011 International Conference on Electronics, Communications and Control(ICECC)*, Ningbo: China, pp. 1448-1451, 2011.
- [6] C. Yuan, and W. Zhou, "Design and implementation of embedded streaming media player based on STB," in *2011 International Conference on Multimedia Technology*, Hangzhou: China, pp. 3017-3019, 2011.
- [7] M. Ganchev, and U. Reisenbichler, "Design of a general purpose user interface for realtime embedded systems," in *2011 IEEE EUROCON-International Conference on Computer as a Tool*, Lisbon: Portugal, pp. 1-4, 2011.
- [8] H. G. Zhang, L. Gan, H. S. Liao, P. Wei, and L. P. Li, "Estimating spreading waveform of long-code direct sequence spread spectrum signals at a low signal-to-noise ratio," in *Institution of Engineering and Technology Signal Processing*, Vol. 6, No. 4, pp. 358-363, 2012.
- [9] A. Jamshidi, "Direct sequence spread spectrum point-to-point communication scheme in underwater acoustic sparse channels," *Institution of Engineering and Technology Communications*, Vol. 5, No. 4, pp.456-466, 2011.
- [10] T. Zhao, Z. Yang, and Y. Zhao, "Partial-code-aided scheme for narrowband interference suppression in direct-sequence spread spectrum systems," *Institution of Engineering and Technology Communications*, Vol. 4, No. 18, pp.2240-2251, 2010.



주 재 한(Jae Han Ju)

1989년 2월 : 조선대학교 전자공학과 (공학사)

1991년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1999년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

2000년 3월 ~ 현재 : 송호대학교 보건의료전자과

※ 관심분야 : 컴퓨터소프트웨어, IoT응용, 스마트시스템, 디지털이동통신, 임베디드시스템, 의공학