

자동차 ECU 자기진단 신호의 원격계측 시스템

정진호*, 윤여흥**, 이영춘**, 권대규**, 이성철***

Remote Measuring System for Automobile's ECU Self Diagnostic Signal

Jin-Ho Jeong*, Yeo-Heung Yun**, Young-Choon Lee**, Tae-Kyu Kwon**, and Seong-Cheol Lee***

ABSTRACT

In this paper, we present a new method for monitoring of ECU's self diagnostic signals of vehicle without wire. In order to measure the ECU's self diagnostic signals, the interfaced circuit is designed to communicate ECU and designed terminal according to the ISO, SAE regulation of communication protocol standard. Micro-processor 80C196KC is used for communicating ECU's self diagnostic signals and the results are sent to the wireless terminal and PC monitoring system. Wireless terminal is also developed by 80C196KC, LCD, RF module, and keypad. The command from the keypad is sent to ECU through RF module and the result show on the Graphic LCD in real time. Software on PC is developed to monitor the ECU's self diagnostic signals using the Visual C++ compiler in which RS232 port is programmed by half duplex method. The algorithms for measuring the ECU's self diagnostic signals are verified to monitor both ECU and portable terminal state. At the same time, the information to fix the vehicle's problem can be shown on the developed software. The possibility for remote measurement of ECU self diagnostic signal is verified through the developed systems and algorithms.

Key Words : ECU(전자제어장치), ISO(국제표준협회), Self Diagnostic Signal(자기진단신호), OBD (On Board Diagnostics), RF wireless module(RF 무선모듈)

1. 서 론

최근 자동차기술이 발전하고 있는 분야 중에는 환경과 정보화에 관련한 연구가 큰 비중을 차지하고 있으며, 환경적 측면에서는 배출가스 저감과 재료 및 부품의 리사이클링 등이 있고 정보화에서는 각종 교통정보, 위치정보, 자가진단, 그리고 인터넷 통신 등의 부가 서비스 제공과 관련된 ITS (Intelligent Transportation System)가 있다⁽¹⁻³⁾. 또한 에너지보존과 환경규제 등의 영향으로 현재의 내연기관 자동차는 전기, 하이브리드, 연료 전지 등의 새로운 기술을 적용한 차세대 자동차로 대체되고

있으며 이에 따라 전자제어 및 정보화의 중요성이 대두되고 있다.

차량 전자제어장치 ECU(Electronic Control Unit)는 차량 자체의 효율적인 연비 개선 및 승차감 향상과 배출가스를 억제하는 역할뿐만 아니라⁽⁴⁻⁸⁾, 운전자에게 차량의 고장 및 비정상 상태를 식별시키는 OBD(On Board Diagnostics) 기능을 갖고 있다.⁽⁹⁻¹⁰⁾ OBD 기능은 자동차 배출가스에 영향을 미치는 부품에 대한 고장을 진단하는 기능으로, 배기가스량이 임의의 규제치를 초과하는 경우에 이를 운전자에게 지시하는 기능과 고장 부품에 대한 정보를 ECU에 저장하는 기능을 갖고 있다. 그리하여

2001년 12월 26일 접수

* 전북대학교 대학원 기계공학과

** 전북대학교 기계공학과, 연구원

*** 전북대학교 기계공학부(MRC), 교수

차량 결함발생 시에 문제점을 용이하게 파악하고 정비받을 수 있는 정보를 제공하고 있다. ECU는 차량 이상상태가 발생할 때에 결함코드를 기억하고 있어, 이를 차량정비 시에 스캐너 장비를 이용하여 구체적으로 결함부품을 파악할 수 있게 한다. 현재 사용하고 있는 상용스캐너 장비는 유선 방식으로 장비 사용 환경에 제약이 따르며 설치절차 및 휴대의 복잡성으로 차량 이상발생 시 즉각적인 처리에 상당한 시간이 소요된다. 이에 무선 계측을 위하여鄭⁽¹¹⁾ 등 본 연구팀은 RF모듈을 이용한 ECU의 OBD 신호를 무선으로 계측하고자 하는 연구를 시도하였다.

본 논문은 유선방식의 기존장비를 무선장비로 대체하고자 차량 자기진단 신호의 원격 무선계측과 모니터링에 대한 연구를 시도하였으며, 80C196KC 마이크로프로세서와 RF모듈⁽¹²⁾을 이용하여 ECU의 OBD 규약에 따른 인터페이스를 구성하고 통신 프로토콜을 분석 처리하여, 포터블 무선 수신장치와 PC기반 무선계측 소프트웨어를 개발하였다. 또한 개발된 무선 송·수신장치와 GUI환경의 소프트웨어를 통하여 ECU에 대한 자기진단 항목을 원격 계측하고, 그 활용에 대한 가능성을 검토하였다.

2. ECU 신호 분석

차량의 ECU 자기진단 신호는 메이커 및 모델에 따라 서로 다른 여러 가지의 고유 통신방식을 따르기 때문에 전체를 해석하기 위해서는 많은 노력과 제약이 따른다. 따라서 본 논문에서는 여러 종류의 ECU중에서 SIEMENS사 제품을 사용하여 자기진단 신호의 무선계측 가능성 확인에 중점을 두었다. 즉, 본 연구에서는 차량의 자기진단 신호의 계측시스템은 ISO 9141 국제표준에 준하여 구성하였고, 이를 다시 무선통신으로 원격 모니터링할 수 있도록 하였다.

2.1 ECU 자기 진단 특성

ECU로 제어되는 기능은 시스템마다 다르지만, 내부 각 처리회로는 어느 시스템에 있어서도 기본적으로는 거의 같은 구성으로 되어 있다.

Fig. 1은 ECU 인터페이스 구성도이며, 기본적으로 아날로그신호는 A/D변환되고 디지털신호는 디지털 입력회로를 통하여 마이크로프로세서에 입력된다. 이러한 입력 데이터를 기초로 하여 프로세

서는 최적 값을 연산하고 출력회로를 통해서 솔레노이드 밸브나 모터 등의 각종 액츄에이터를 구동하고 램프를 작동시키고 있다.

ECU는 차량 자체의 검사, 자기진단을 위한 고장진단 단자의 K-line 혹은 K 및 L-line을 사용하여 스캐너와 통신한다. 그리고 통신버스를 통하여 하나 또는 그 이상의 ECU 들이 공유되고 있어, 차량 전체의 시스템을 감독하고 있다. Fig. 1은 K 및 L-line상의 가능한 ECU 연결 시스템 예를 보여주고 있다.

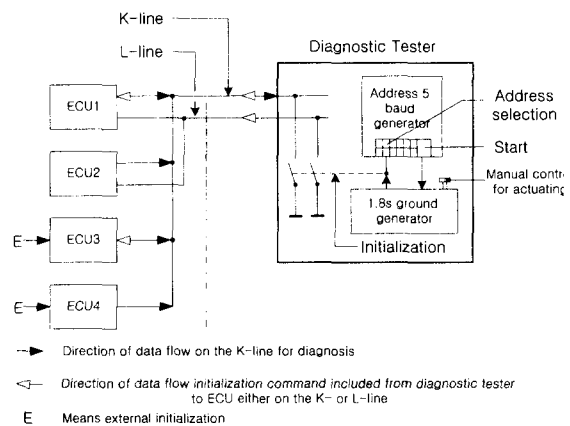


Fig. 1 Various types of ECU bus system

K-line은 ECU 내부의 정보들을 시리얼 디지털 데이터 형태로 외부에 제공하며, 외부로부터 명령이나 데이터를 전달받도록 하는 양방향성 데이터 버스 라인이다. L-line은 단방향성으로 주로 시리얼통신의 초기화에 사용되며 시스템 특성에 따라서 사용 여부가 결정된다. K-line은 또한 통신의 초기화에도 사용될 수 있으므로 L-line의 유무와 K-line의 방향성에 따라 몇 가지 시스템 유형으로 구분된다. 같은 버스 라인에 여러 개의 ECU가 접속되어 있을 때 하나의 초기화 신호에 대해 한 개의 ECU만 응답하도록 하고, 나머지는 순차적으로 초기화 요구 신호에 응답하도록 하여 데이터의 혼선을 피하도록 하였다.

시리얼통신에 있어서 ISO 9141의 OBD-I 규격을 만족하는 ECU는 기술적, 경제적 요인에 의해 10k 보레이트를 크게 넘지 못한다. 따라서 본 연구에서는 10.4 kbps 통신속도를 가진 ECU를 사용하였다. 2nF을 초과하지 못하는 자기진단 테스터와 케

이들의 용량을 C_{TE} 라 하고, 버스상의 모든 ECU 의 입력용량 합을 C_{ECU} , On-Board 시리얼통신 라 인상의 용량을 C_{OBW} 라 하면, 보레이트 BR 값은 식 (1)과 같다.

$$BR \leq \frac{10^{-4}}{\sum_{i=1}^n C_{ECU_i} + C_{OBW} + C_{TE}} \quad (1)$$

여기서, n은 버스상의 ECU 수이다.

2.2 통신버스의 요구 조건

K-line의 수신상태에서 ECU는 통신버스 상의 ECU 수가 n일 때 그라운드에 대한 저항으로써 적어도 $5k\Omega \times n$ 은 되어야 한다. 또한 통신버스 상 ECU의 그라운드에 대해서 K-line의 용량 C_{ECU} 는 식 (2)에 의해 결정된 값을 초과해서는 안 된다.

$$C_{ECU} = \frac{\frac{10^{-4}}{BR} - C_{OBW} - 2 \times 10^{-9}}{n} \quad (2)$$

L-line 또한 K-line과 동일한 전기적 특성을 가지며, 자기진단 테스터를 비롯한 ECU까지의 연결 케이블의 총 용량은 2nF를 초과하지 못한다.

2.3 통신 초기화 및 데이터 포맷

시리얼통신으로 데이터를 주고받기 전에 ECU는 초기화가 필요하다. 초기화에는 크게 두 가지가 있는데, 우선 점화스위치가 "ON" 상태에서 첫 번째 방법은 L-line을 로직 "0"상태로, 즉 그라운드에 $1.8s \pm 0.01s$ 동안 접지 시킨다. 이렇게 함으로써 계기판의 엔진체크 램프가 점등되고 Free-Running 모드로서 결함코드를 순차적으로 출력하게 된다. 다른 한가지는 일반적으로 ECU 진단용 스캔틀에서 사용되는 방법으로 5 보레이트의 주소 코드를 K와 L-line에 동시에 전송함으로써 통신을 초기화할 수 있으며 다음으로 10.4 kbps의 시리얼 데이터를 주고받을 수 있다.

ECU를 초기화한 후 순차적으로 자기진단 테스터가 요구하는 정보를 출력하게 되는데, 첫 번째로 ECU는 데이터 헤더를 출력한다. 헤더는 동기화워드(synchronization word)와 키워드(keyword)로 구성되며 동기화워드는 뒤의 키워드와 함께 보레이트 동기화 모양을 나타낸다. 키워드는 2개 이상으로 이루어지며, 통신을 요구하는 자기진단 테스

터에 자기진단 버스라인상의 시리얼통신 형태와 하드웨어 구성 등의 정보를 제공한다. Fig. 2에서 맨 앞단의 로직 "0"의 시작 비트로부터 다음 7개의 데이터 비트가 출력되며 LSB가 먼저 보내진다. 다음으로 홀수 패리티비트(parity bit)가 출력되며 7개의 데이터 비트상의 로직 "1" 개수를 점검한다. 그리고 마지막으로 로직 "1"의 정지비트(stop bit)를 1개 출력함으로써 키워드 출력을 마친다.

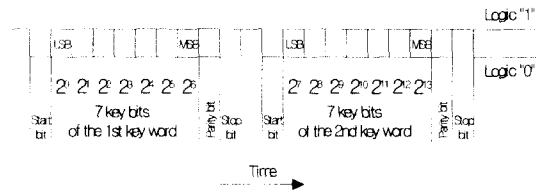
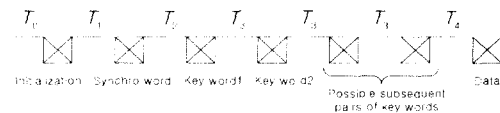


Fig. 2 Keyword format

2.4 시간 조건

Fig. 3과 같이 자기진단 통신환경 데이터의 시작과 진단 데이터의 시작에는 시간적인 요구 조건이 있으며 최소값과 최대값은 다음과 같다.

T_0 는 통신이 초기화되기 전 로직 "1"상태에서의 시간이며, T_1 은 초기화 신호 끝과 동기화워드 시작사이의 시간, T_2 는 동기화워드 끝과 첫 번째 키워드 시작사이의 시간, T_3 는 키워드의 끝과 다음 키워드 시작까지의 시간, T_4 는 마지막 키워드의 끝과 자기진단 데이터 시작사이의 시간이다.



$2 \text{ ms} \leq T_0 \leq \infty$
$2 \text{ ms} \leq T_1 \leq 2 \text{ s}$
$2 \text{ ms} \leq T_2 \leq 1.2 \text{ s}$
$0.2 \text{ ms} \leq T_3 \leq 1.2 \text{ s}$
$2 \text{ ms} \leq T_4 \leq 1.2 \text{ s}$

Fig. 3 Required duration of header

2.5 자기진단 기기의 전기적 특성

일반적으로 자기진단 테스터의 전기적 특성은 자동차의 배터리 전압에 따라 차이가 있으나 섭씨

0℃에서 50℃까지의 온도범위 이상에서 정상적으로 작동하도록 적용해야 하며, 보통 12V 시스템과 접속 시 자기진단 테스트는 8V에서 16V까지의 범위에서도 정상적으로 작동해야 한다. 24V 시스템에서는 16V에서 32V까지의 작동범위를 갖는다. 따라서 자기진단 테스트는 이러한 작동온도 및 작동전압에 대한 요구조건을 만족해야 한다.

자기진단 테스트와 ECU의 K-line 및 L-line은 접속되지 않은 상태에서 배터리 전압에 대해서 510Ω의 내부 풀업저항을 가지고 있으며, 송신상태에서는 배터리 (+)전압의 95% 이상의 등가전압에서 자기진단 테스트는 로직 "1"을 나타내며 등가저항은 510Ω±5%이다. 로직 "0"인 경우에는 최대전류 2A에서 배터리 전압의 10% 미만의 등가전압을 갖는다. 수신상태에서는 자기진단 테스트의 K-line의 등가 저항은 510Ω±5%에서 배터리 전압에 풀업된다.

3. 프로세서 및 RF 전송 시스템

Fig. 4는 본 연구의 시스템 구성도이며 ECU와 자기진단 기기의 요구조건 등을 만족하는 스캔 톨을 구성하고 RF모듈을 이용하여 송수신부를 무선화 함으로서 차량의 고장 상황을 원격 모니터링하는 포터블 단말기와 PC기반 원격계측 시스템을 개발하였다⁽¹¹⁾. PC기반 원격 모니터링은 VC++ 컴파일러를 이용하여 GUI환경의 소프트웨어를 개발하였고, ECU 인터페이스부와 무선 단말기부의 마이크로 컨트롤러에서는 통신제어를 위하여 80C196KC 프로세서용 Cross Compiler(IC96)를 사용하여 목적 파일 및 Hex 파일을 생성하고, 이를 ROM 라이터로 다운로드하여 컨트롤러의 외부 ROM으로 사용하였다.

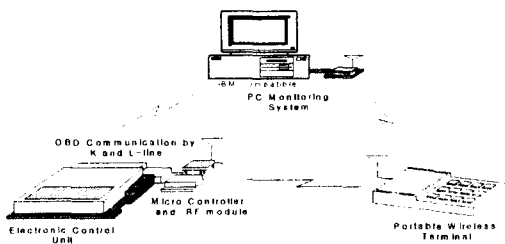


Fig. 4 Schematic diagram of OBD communication

본 연구에서 사용한 RF모듈은 SAW filter를 이용하는 FM 송수신모듈(제품명: BIM 433)로써 433MHz대의 주파수 범위의 버전이다. 이는 고속 양방향 데이터 링크/네트워크에서 요구되는 모든 데이터 패킷 포맷과 데이터 처리 기능을 제공하며, 호스트 컨트롤러를 위해 자체 내장 UHF 무선 포트의 기능을 가지고 있다.

3.1 무선통신 인터페이스

Fig. 5는 본 연구의 ECU와 프로세서, 그리고 RF 모듈의 구성을 나타내고 있다. ECU와의 자기진단은 시리얼통신을 사용하였고, 80C196KC 프로세서에 RS232 레벨의 USART(Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) 시리얼포트가 하나 있어, 이 시리얼포트를 통하여 ECU와 통신하였다. 그리고 별도의 인터페이스 회로를 구성하여 통신환경 및 전압레벨이 다른 두 장치간의 중재 기능을 하도록 하였다.

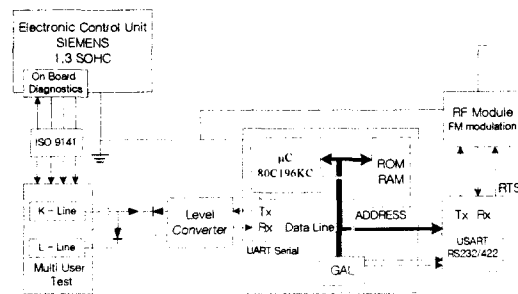


Fig. 5 Simplified diagram of ECU and μ C interface

무선통신을 위한 RF모듈, 또한 프로세서에서 별도의 USART 디바이스(PCI 82C51A-2)를 구성하여 시리얼통신 포트를 추가하였다. 프로세서의 내장 시리얼포트로써 ECU와 자기진단 신호와 통신하고 별도로 추가한 다른 하나의 시리얼포트에는 RF 무선모듈을 접속하여 이를 모니터링하는 또 하나의 다른 프로세서와 무선통신을 하였다.

3.2 무선 계측용 휴대형 단말기

계측용 휴대형 단말기는 차량의 ECU MUT (Multi User Test)단에 연결된 마이크로 컨트롤러와의 통신제어를 위한 별도의 무선단말기로써

다음으로 마이크로컨트롤러는 외부로부터의 명령을 기다리고 RF모듈로부터 명령이 수신되면 이를 분석하고 해당 명령을 수행하게 된다. 여기서는 주로 자기진단 통신명령 및 센서출력 명령을 다루고, 자기진단 명령일 경우 내부 시리얼포트를 통해 초기화 신호가 ECU 통신버스로 전달된다. 해당 프로토콜에 따라 데이터를 교환하고 ECU로부터 자기진단 데이터를 수신하게 되면 이를 곧바로 RF모듈을 통해 무선단말기나 호스트 PC로 전송하게 된다. 그리고 컨트롤러는 다음 명령을 대기하게 된다.

Fig. 8(b)는 무선단말기의 프로그래밍 순서대로써 ECU 인터페이스부와 마찬가지로 전체적인 초기화 과정을 수행한 후, 키패드를 통하여 사용자로부터 명령을 입력받는다. 이때 GLCD를 통하여 수행 내용을 출력하도록 하였다. 입력된 명령에 따라 RF모듈을 통하여 해당 명령어가 무선으로 전송되며, 다시 ECU로부터 수행된 데이터를 무선으로 수신하게 된다. 수신된 내용을 컨트롤러가 분석하여 GLCD에 출력하게 된다. 사용자는 이를 통해 자기진단 내용을 파악할 수 있게 된다.

Fig. 8(c)는 PC의 무선계측을 위한 순서대로써 먼저 소프트웨어를 실행시키면 운영 소프트웨어가 초기화되면서 대기상태에 있게 된다. 이후 ECU 자기진단을 위하여 RF모듈을 초기화하게 된다. 초기화된 후 ECU와 연결을 시도하며, 성공적으로 이루어지면 자기진단 신호명령을 보내어 ECU의 자기진단 신호에 대한 데이터를 얻어오게 된다. 얻어온 자기진단 신호는 소프트웨어 내에서 분석하여 그 결과를 사용자가 쉽게 확인하게 된다.

4. 실험결과 및 고찰

본 연구는 ISO 및 SAE의 자동차 자기진단 정보에 대한 국제표준에 맞도록 회로를 구성하였고, 통신 프로토콜을 설계하여 실험실 시작품에 대한 실험결과를 여기에서 설명하고자 한다.

Fig. 9는 ECU의 K-line과 마이크로컨트롤러가 접속하여 자기진단 신호를 출력하면서 서로 접속상태임을 나타내고 있다. 여기서 같은 K-line 상에서 신호이지만 전송되는 데이터의 방향은 다르다. 그림에서 (1)과 (3)은 80C196KC 프로세서에서 전송되는 명령 신호이며 (2)와 (4)는 ECU로부터 전송

되는 자기진단 신호이다.

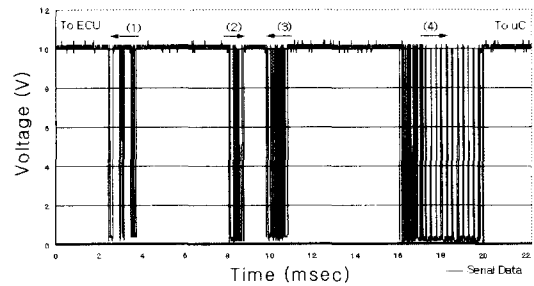


Fig. 9 OBD and command signals on the K-line

Fig. 10는 ECU K-line으로부터 추출된 HEX 코드로써 자기진단 신호를 나타내고 있으며, 이를 분석하여 차량에 발생된 결함 내용을 판별할 수 있다.

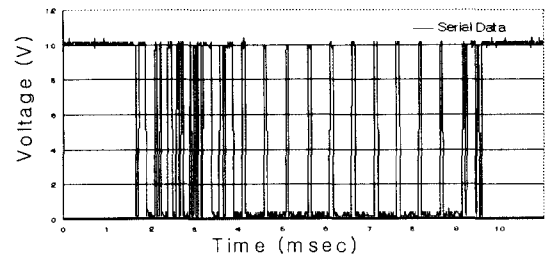


Fig. 10 Self diagnostic signal from ECU

Fig. 11은 ECU 자기진단 신호와 RF통신 데이터로써 아래의 출력 그래프는 RF모듈에 의해 전송될 데이터, 즉 ECU와 마이크로컨트롤러와의 OBD통신에 의한 자기진단 신호이고, 위 그래프는 획득된 자기진단 데이터를 RF모듈을 통해 무선단말기로 송신할 때의 신호이며 약간의 지연시간을 갖고 있다.

무선통신에서 수신율 저하와 노이즈 방지를 위해서는 송·수신 절환에 대한 RF모듈의 RTS (Request to Send) 기능 핀 스위칭 타이밍의 적절한 조절과 전송신호의 데이터 포맷상의 프리앰블 신호를 명확히 해주고, 마크(1)/스페이스(0) 비율을 50:50으로 일정하게 유지시킬 수 있는 데이터 패킷을 구성하여야 한다.

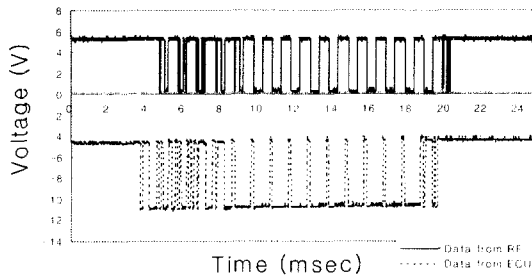


Fig. 11 Data from RF module and ECU's original signal

Fig. 12는 무선단말기에서 테스트하고자 하는 차량정보를 선택하여 해당 명령을 ECU로 송신하는 절차를 LCD에 나타내고 있다. 기본적으로 차량 메이커, 차종, 그리고 해당 차량만의 고유 ID를 포함하고 있는 차량정보를 메뉴화하여 사용자가 선택하도록 하였다.

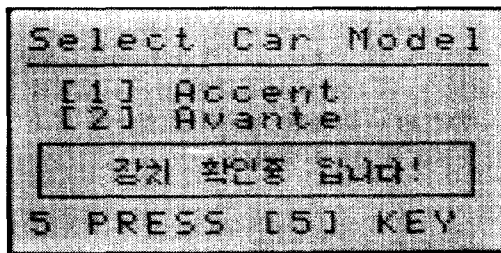


Fig. 12 Operation procedure of the wireless terminal

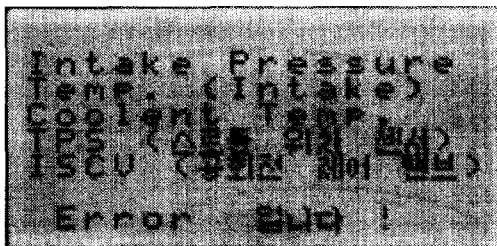


Fig. 13 Display of the self diagnostic data on the Graphic LCD

Fig. 13은 ECU 인터페이스부에서 전송한 데이터를 RF모듈을 통하여 무선단말기에서 수신한 다음 수신된 데이터를 마이크로컨트롤러가 분석하여

진단된 결과를 그래픽 LCD를 통해 출력하는 모습이다. 실험실 테스트용 ECU 자기진단 시스템에서는 각 센서들을 단락상태로 조치하였으므로 해당 센서들의 결함으로 판정되어 그래픽 LCD에 출력되고 있었다. 각 센서들이 부착된 실제차량의 테스트에서는 정상상태로 진단 내용이 출력되고 있었으며, 인위적으로 차량의 센서 일부를 제거하거나 오동작을 유도하면 그에 해당하는 센서의 결함상태로 진단 내용이 실시간으로 출력되고 있었다.

Fig. 14는 PC기반 ECU의 자기진단 신호의 무선계측 소프트웨어의 메인창으로 다음과 같은 블록들로 구성되어 있다.

[A] 블록 1

RF모듈의 초기화를 위한 기능으로 RF모듈을 초기화하기 위해서 시리얼통신 포트를 초기화한다. ECU 설정에 따라 속도는 선택할 수 있으며, 본 연구에서는 19.2 kbps의 속도로 COM1이나 COM2로 연결하였다.

[B] 블록 2

블록 2는 계측하고자 하는 차량의 종류 및 생산연식을 입력하는 창으로, 그림에서 보이고 있는 내용은 H사 차종의 E모델 96년 식으로 설정된 예가 되고 있다.

[C] 블록 3

블록 3은 ECU로부터 얻은 자기진단 신호를 받아서 이를 해석하고 결과를 표현하는 창으로, 이는 ECU와 통신하여 얻은 결과를 분석하여 자기진단 신호에 대한 결과 값을 표현하여 주고 있다.

[D] 블록 4

블록 4는 실제 RF모듈끼리 hexa 데이터를 송신·수신할 때 그 데이터 값들을 나타내는 기능으로 디버깅을 위한 창이다.

[E] 블록 5

블록 5는 Fig.16과 같은 창을 활성화시키는 버튼들이다.

[F] 블록 6

블록 6은 자기진단 명령이나 센서출력 명령을 ECU 쪽으로 송신하는 창이며, 원하는 명령을 만들어 보낼 수 있게 하였다.

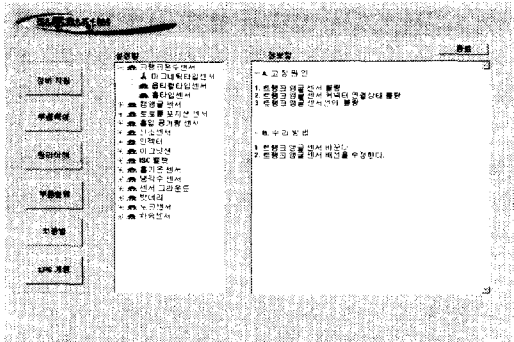


Fig. 15 Information panel for automobile repair

또한 개발된 소프트웨어는 Fig.15와 같이 자동차 정비를 위한 창을 포함하고 있으며, 이는 자동차 정비에 대한 정보 및 차종에 대한 정보를 데이터베이스로 구축하여 사용자가 쉽게 확인할 수 있도록 GUI 환경으로 구성하였다. 먼저 정비지침은 자동차의 각 센서 및 액츄에이터에 대한 고장원인 및

수리 방법을 알 수 있으며, 부품의 위치 및 형태를 확인할 수 있도록 부품의 사진을 첨가하였다. 또한 부품의 작동원리 및 기능설명 버튼을 포함하고 있으며 각 차종별 정비 및 부품정보를 알 수 있도록 하였다.

5. 결론

RF모듈과 80C196KC 마이크로프로세서를 이용하여 ECU 자기진단 신호를 원격 계측할 수 있는 시스템을 실험실용으로 구성하고 원격 모니터링의 가능성을 시도하였다.

구성한 시스템으로부터 차량의 ECU 자기진단 신호를 마이크로프로세서와 RF모듈을 통해서 연산 처리하고 무선 전송할 수 있는 프로그램을 개발함으로써 무선단말기를 통하여 차량의 이상유무 신호를 파악할 수 있었으며, 또한 차량 ECU의 자기진단 신호를 제안한 프로그램 순서도를 통하여 PC에서 무선 계측할 수 있는 GUI형태의 소프트웨어를 개발하였다.

본 연구에서는 ECU 인터페이스 회로, 포터블 무선단말기, PC기반 GUI환경의 소프트웨어를 통하여 차량 ECU에 대한 자기진단 항목의 원격 계측이 가능함을 알 수 있었다.

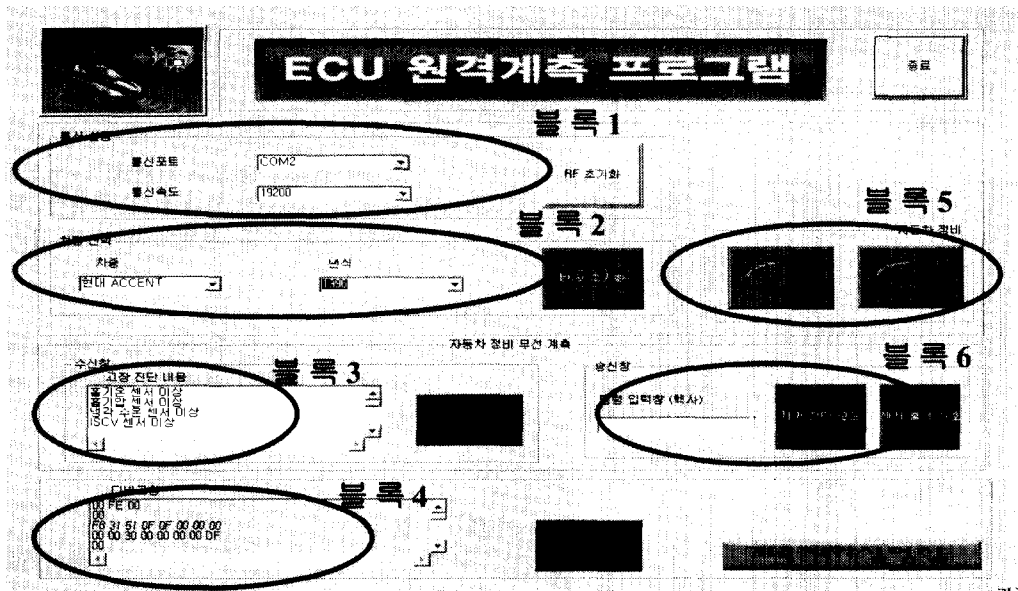


Fig. 14 Main panel of ECU self diagnostic S/W

후 기

본 논문은 한국과학재단지정 전라북도지원 전북대학교 메카트로닉스연구센터 지원으로 이루어진 연구의 일부입니다.

Engineering and Emerging Technologies Series.

13. 이귀영, 오희근, "엔진 ECU 개발과 타 제어장치와의 통합," 대한기계학회지, 제32권, 제10호, pp. 830-836, 1992.

참고문헌

1. 박찬석 외 3, "현대자동차 차량정보단말기 개발," 한국자동차공학회 2001년도 ITS 부문, 전기·전자부문 학술강연논문집, pp. 62-68, 2001.
2. 이석, 최재원, 이만형, 박윤식, "ITS 분야에서의 계측제어 및 통신기술," 한국정밀공학회지, 제18권, 제1호, pp. 12-20, 2001.
3. G. Paul, "On-Board Diagnostics for Control of Vehicle Emissions," IEEE Colloquium on Vehicle Diagnostics in Europe, pp. 5/1-5/6, 1994.
4. G. Rizzoni, and W. B. Ribbens, "On Board Detection of Internal Combustion Engine Misfires," "IEEE Workshop on Electronic Applications in Transportation, 1990.
5. 손건석 외 3, "컨버터 OBD에 대한 연구," 한국자동차공학회지, Vol. 9, No.2, pp. 202-209, 2001.
6. T. J. Erkkinen, "Embedded Control System Implementation and Modeling Issues," Proc. of the ACC, San Diego, Vol. 1, pp. 734-738, 1999.
7. J. Bortolazzi, T. Hirth, and T. Raith, "Specification and Design of Electronic Control Units," Proc. EURO-DAC '96, pp. 36-41, 1996.
8. Gil Shulz, "Portable On-Board-Diagnostic(OBD) II / CAN scan tool," Siemens Components, Inc.
9. SAE Recommended Practice, "OBD II Scan Tool-SAE J1978 FEB98," Report of the SAE Vehicle of E/E Systems Diagnostic Standards Committee approved March 1992 and revised February 1998.
10. SAE Recommended Practice, "E/E Diagnostic Test Mode-SAE J1979 SEP97," Report of the SAE Vehicle of E/E Systems Diagnostic Standards Committee approved December 1991 and revised September 1997.
11. 정진호 외 4인, "RF모듈을 이용한 ECU 자기진단 신호의 원격계측," 2001년도 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 231-234, 2001.
12. B. Razavi, "RF Micro-electronics," Pren-Hall Co.,