

## 오일교환경보 알고리즘 및 표시장치 개발

전상명<sup>†</sup>

호서대학교 기계공학부 자동차공학전공

### Development of Oil Change Warning Algorithm and Display Device

Sang Myung Chun<sup>†</sup>

Dept. of Automotive Engineering, School of Mechanical Engineering, Hoseo University  
(Received February 27, 2014 ; Revised April 1, 2014 ; Accepted April 3, 2014)

**Abstract** – This paper presents an engine oil change warning algorithm based on the test results of a small dipstick-gage-type engine-oil-deterioration-detection sensor, software to realize the algorithm and a display device to apply the software. The algorithm determines the engine oil deterioration condition from the rate of change in the dielectric constant based on the average measured capacitance at 80°C after the engine stops. The rate of change in the dielectric constant at the time for oil change correlates with the time that one of recommended warning limits for engine oil physical properties such as TAN (Total Acid Number), TBN (Total Base Number) and viscosity is first reached. At this point, a warning signal for oil change appears on the display device like a smart-phone or individual display device. The frames of smartphone app have three stages. The user can directly input all of the thresholds into the frame of the smartphone app. The screen of the display device comprises one frame for each warning signature with the related message. The user can input the thresholds to the device through a USB cable connected to a personal computer.

**Keywords** – dielectric constant (유전상수), engine oil deterioration (엔진오일열화), oil change warning algorithm (오일교환경보알고리즘), smartphone app (스마트폰 앱), display device (표시장치)

#### 1. 서 론

엔진오일의 열화상태를 판단하여 오일의 교환 시점을 운전자에게 알리므로 엔진오일교환시기에 대한 불안감을 없앨 수 있으며, 무분별한 조기 오일교환으로 야기되는 오일소비량을 줄일 수 있어 석유자원을 보호할 수 있으며, 나아가 대기오염도 줄일 수 있다. 또한 엔진오일의 과도한 열화로 인한 연비의 저하를 막는 데 기여할 수 있다. 따라서 본 연구를 통하여 기 개발된 딥스틱게이지형 소형 오일열화상태 감지용 센서[1-2]를 차량에 장착하여 시험한 결과를 바탕으로 엔진오일의

교환 시점을 표시하기 위한 경보알고리즘을 개발하고 그 표시장치를 개발하고자 한다.

시험차에 장착된 센서의 상부 손잡이 박스 내 센서 제어회로에 설치된 블루투스(Bluetooth) 무선 송신 장치로부터 스마트폰 및 전용표시장치 등의 표시장치 내 송신부와 블루투스 통신 개념도는 Fig. 1과 같다. 본 센서시스템을 차량에 설치하여 센서로 측정된 운행시간, 오일 정전용량, 오일온도 등의 신호를 측정하였고, 오일의 샘플도 정기적으로 채취하여 오일물성분석을 하였다. 본 차량시험결과를 바탕으로 엔진오일교환경보시기에 대한 판단 알고리즘을 개발하였다[3].

오일센서의 아트메가(ATmega) 소프트웨어에 대해 주행시간(주행거리), 오일정전용량(Oil Capacitance), 오일온도(Oil Temperature), 제어보드 온도(PCB Temperature)

<sup>†</sup>Corresponding author : smchun@hoseo.edu  
Tel: +82-41-540-5816, Fax: +82-41-540-5818



**Fig. 1. Bluetooth communication concept diagram with receiver display devices (smart phone & individual display device).**

구현 및 오일의 유전상수 변화율을 구하여 사용자가 엔진 오일의 열화 상태를 파악할 수 있도록 스마트폰 안드로이드 앱(Smart Phone Android App) 및 전용 표시장치를 개발하여 판단 알고리즘을 적용하였다.

오일의 열화정도를 판단하기 위해 오일의 유전상수를 그 판단 인자로 선택한 이유는 다음과 같다.

엔진오일의 주성분인 탄화수소는 원자간 결합력이 강하지 못하므로 열분해로 인해 공기중의 산소와 반응하여, 즉 열화(劣化)되어 산화물을 생성하기가 용이하다. 따라서 오일의 물성변화로 점도가 변하고, 금속부식을 막는 기능이 저하된다. 그러므로 엔진오일의 1차 기능성 첨가제로서 산화경감 및 산화 지연용 산화 방지제를 사용하여 산화 및 부식을 방지한다. 이와 같이 오일이 반복되는 열화 및 산화로 열화 됨에 따라 산화 방지제가 고갈되어 오일이 산화되며, 나아가 오일의 점도가 변화하게 된다.

이러한 산화의 정도는 전산가(TAN) 값으로 판단할 수 있다. 전산가는 윤활유 중에 포함된 전기적으로 양성인 산성물질의 양을 말한다. 따라서 이 전산가의 변화는 오일의 산화 정도를 나타내며, 오일이 열화 됨에 따라 증가한다. 이러한 오일의 산화 정도, 즉 전산가의 변화는 오일의 유전상수라는 물리적 성질의 변화와 밀접한 관계를 가진다. 유전상수가 의미하는 특성은 전기에너지의 전달 정도를 나타내기 때문에 산화방지제가 고갈 됨에 따라 오일이 전기적으로 양성화 되어 증가하게 된다. 다만, 오일 사용초기에는 산화방지제가 활성화(activation)되어 전기적으로 더 음성화되어 일시적으로 감소하기도 한다. 한편 물, 냉각수 및 연료가 오일에 유입될 경우는 점도는 감소하게 되고, 검댕(Soot)이 섞일 경우는 점도가 증가한다. 한편 이러한 액체 이물질 및 검댕의 혼합은 엔진오일을 전기적으로는 양성화하여 엔진오일 내 전기에너지의 전달량을 증가시키므로 엔진오일의 유전상수를 증가시킨다.

한편 전염기가(전알카리가, TBN)는 산을 중화시키

기 위하여 사용하며, 전염기가가 높아야 산 중화능력이 좋다. 엔진오일을 사용함에 따라 염기성(알카리성) 첨가제는 그 양이 점차로 줄어들게 된다. 따라서 전염기가를 측정함으로써 엔진오일이 산에 대하여 어느 정도의 방어능력을 가지고 있는지 알 수 있다.

자동차 제조업체에서 추천하는 오일교환주기 내에서 제일 먼저 사용한계 범위에 도달하는 오일물성은 오일의 점도 변화보다는 오일의 산화 정도를 나타내는 전산가 및 전염기가의 변화임을 확인했다[4-5]. 따라서 오일의 사용한계를 판단하기 위해서는 전산가 및 전염기가 변화와 밀접한 관계가 있는 유전상수의 변화량을 오일교환주기를 판단하는 인자로 선택함이 타당하다고 본다. 이러한 오일의 유전상수는 오일의 정전용량을 측정하여 얻을 수 있다[6-10].

본 연구에서는 차량시험 결과를 적용하여 엔진오일 교환경보 알고리즘을 개발하였고, 나아가 알고리즘을 구현하는 소프트웨어 개발 후 이를 적용한 표시장치를 개발하였다.

센서의 정전용량 신호는 엔진 정지 후에 안정이 되며, 엔진정지 후 엔진오일온도는 최고 100°C를 상회하나, 보통 90°C 전후로 올라가며, 센서신호가 안정되기까지는 10분 정도 까지도 걸리므로 정전용량 값을 측정하는 온도는 80°C가 적절하다고 보았다[3]. 따라서, 엔진오일의 열화상태는 엔진 정지 후 80°C에서 측정된 엔진오일의 정전용량 값을 측정하여 평균한 값을 유전상수로 환산 후 그 변화율로 판단하도록 하였고, 오일 교환 시점의 유전상수 변화율은 엔진오일의 물성변화가 사용한계 값에 도달하는 시점과 연계되는 유전상수 변화율 값이며, 이때 엔진오일의 교환 경보가 나타나도록 하였다.

나아가 이를 표시하기 위해 제작한 표시장치를 설명하고자 한다. 표시장치의 오일품질상태에 대한 기본 신호는 ‘정상(OK)’, ‘경고(WRN)’, ‘보충(ADD)’, ‘교환(CHN)’ 등이 있다. 각 기본 신호에 대한 유전상수변화율의 기준은 엔진오일 마다 다른 값을 가지며 이는 차량시험 후에 결정이 된다[3]. 수신 표시장치로는 스마트폰 및 전용표시장치를 사용할 수 있게 개발하였다. 스마트폰 앱의 화면의 구성구조는 3단계로 하였고, 판단 기준값은 스마트폰 앱 화면에서 직접 입력 및 수정이 가능하도록 하였다. 한편 전용표시장치의 화면 구성은 한 개의 경보에 대해 한 개의 화면으로 표시하도록 하였고 판단 기준값은 컴퓨터와 USB로 연결하여 입력하도록 하였다.

## 2. 송신부 및 수신부 제어 알고리즘

### 2-1. 송신부 제어 알고리즘

송신부에서는 주행시간(주행거리), 오일 정전용량(Capacitance), 오일 온도 소수점 구현, 제어보드(PCB) 온도 등을 오일교환경보 판단을 위한 매개변수로 사용하였으며, 1분간 최대/최소 정전용량(Capacitance) 측정값의 차이가 0.02 pF 이하일 때를 엔진 정지 판단 기준으로 설정하였고, 초기 설정 값의 저장 기능을 적용하였다. 송신부 측정 알고리즘은 Fig. 2와 같다.

송수신부 개발환경은 다음과 같다. 즉, 송신부 아드메가(ATmega) 소프트웨어 개발 툴로는 AtmelStudio 6.0을 사용하였으며, 프로그래밍 언어는 C++을 사용하였다. 송신부의 측정 매개변수들은 다음과 같이 측정하였다. 외부온도센서(RT 100)로 측정된 엔진오일온도는 섭씨 온도로 정수 3자리와 소수점 1자리까지 표시했다. 또한 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit: 응용-특수집적회로)에서 보내는 외부 온도 센서의 오일 온도 신호를 1초에 1번 블루투스로 송신한다. 센서부에서 보내는 오일의 정전용량 신호의 측정 단위는 pF단위이며, 정수 2자리와 소수점 5자리까지 표시한다. 이를 ASIC에서 블루투스로 송신할 때는 정전용량 신호 횟수를 1초에 1번 보낸다. 오일정전용량의 측정값은 신호가 안정된 상태인 엔진정지 후 80°C에서의 평균 정전용량 값을 말한다. 재설정(reset) 버튼을 눌러서 초기 주입 신유(1st Fill Green Oil)의 엔진정지 후 80°C에서의 평균 정전용량 값(초기 정전용량 값)은 오일 교환 전까지 계속 저장하고, 계속 진행되는 오일 열화 상태를 알기 위해 가장 최근 엔진정지 후 측정된 80°C의 평균 정전용량 값(엔진 정지 후 정전용량 값, 일명 Stop Capa. 값)도 매번 저장하도록 하였다. 내부

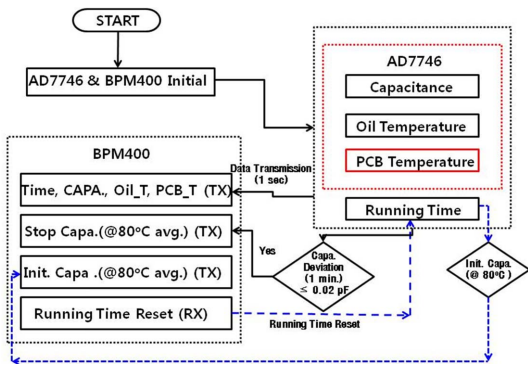


Fig. 2. ATmega S/W block diagram for transmitter.

온도센서로 측정된 제어 보드(PCB)에서의 측정 온도는 섭씨온도로 정수 세 자리로 표시한다. 이 온도신호도 ASIC에서 보낼 때 1초에 1번 블루투스로 송신한다. 한편 엔진이 구동하는 동안의 시간을 추적하여 차량 주행 시간(거리)을 시:분:초로 표시한다. 본 주행시간 신호도 초기 주입 신유(1st Fill Green Oil)에 대해 재설정(reset) 버튼을 눌러서 주행시간 추적을 시작한다.

### 2-2. 수신부 제어 소프트웨어 구성

수신부는 오일 교환 경보 판단 알고리즘과 적용된 사용자 인터페이스(UI)에 근거하여 오일 교환 경보를 위한 스마트폰 어플 프레임 및 전용 표시장치의 화면 프레임을 제작하였다. 수신부 측정 알고리즘은 Fig. 3 (스마트폰 앱) 및 Fig. 4(전용표시 장치)와 같다. 오일열화감지센서 송신부와 스마트폰 혹은 전용표시장치 등의 수신부와는 블루투스 통신을 사용하여 데이터를 주고받는다.

수신부 표시장치인 스마트폰 안드로이드 앱 개발을

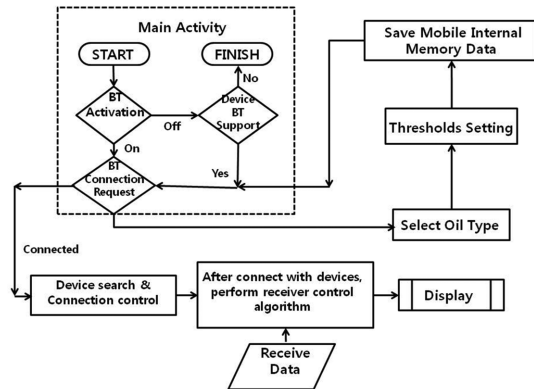


Fig. 3. Android app. S/W block diagram of smart phone.

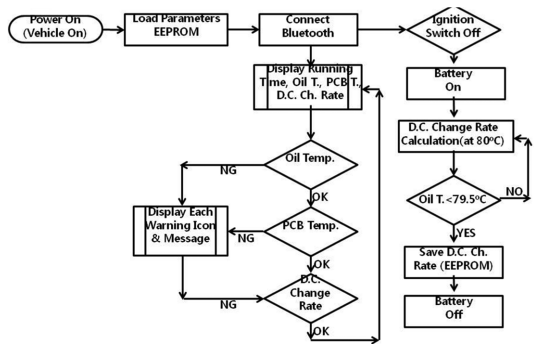


Fig. 4. IAR embedded-workbench S/W block diagram for an individual display receiver device.

위한 소프트웨어 개발 툴로는 Eclipse 4.3을 사용하였고, 프로그래밍 언어는 Java를 사용하였다. 또한 전용표시장치의 소프트웨어 개발 툴로는 IAR EWARM 6.5를 사용하였고, 프로그래밍 언어는 C++을 사용하였다.

한편 수신부에서는 스마트폰과 연결하여 송신부에서 보내온 신호들을 받아 경보 알고리즘을 화면으로 구현하며, 오일교환경보를 위한 주요 정보는 저장할 수 있다. 오일종류 선택 기능이 있으며, 각 오일에 대한 오일교환경보 판단을 위한 기준값들(thresholds)을 입력 및 수정할 수 있게 되어 있다.

### 3. 오일교환경보 알고리즘

상기 차량주행 시험 결과를 바탕으로 한 오일교환경보 알고리즘(Fig. 5)은 다음과 같다.

#### 3-1. 신호 수신

송신부의 응용-특수집적회로(ASIC)에서 보내오는 정전용량 신호 및 온도신호들을 1초에 1번 블루투스로 수신한다.

#### 3-2. 초기 설정 및 재설정 모드(Initial setting and resetting mode)

초기 엔진오일 교환 시 및 재설정(Reset) 시 다음과 같은 과정을 걸쳐 기준 값을 설정하여야 한다.

1) 초기 신유 주입 후 공회전(Idle) 상태에서 85°C까지 올린 후 엔진 정지 후 섭씨 80.4°C에서 79.5°C까지 정전용량 값을 측정 후 80°C의 평균한 값으로 저장한다. 여기서 엔진 정지 모드(Engine Stop Mode)는 정전용량 값 측정 중 1분간 측정 값 들의 최대치와 최소치 간의 편차가 0.02 pF 이하일 때를 말한다.

2) 미리 저장한 이론 정전용량 값(계산값) 및 신유 유전상수(D. C.: dielectric constant) 값도 80°C의 값으로 저장한다.

- ① 샘플 오일들의 80°C에서의 이론 정전용량 값
- ② 이론 정전용량 계산을 위한 샘플 오일(신유)들의 80°C에서의 유전상수 값

3) 80°C에서의 정전용량 측정편차 = 초기 신유(혹은 재설정(reset) 시 오일) 차량 측정 평균 정전용량 값-이론 정전용량 값(미리 저장해 놓은 값)으로 계산함. 초기 신유(혹은 재설정 시 오일) 차량 측정 평균 정전용량 값은 송신부에 계속 저장해 놓는다.

4) 80°C에서의 초기 실 차량 평균 정전용량 값 =

초기 신유(혹은 재설정 시 오일) 차량 측정 평균 정전용량 값 - 정전용량 측정 편차 이다.

5) 80°C에서의 초기 신유(1st Fill Green Oil)의 유전상수는 다음 식으로 계산한다.

초기 실차량 측정 유전상수 값 = (초기 실차량 측정 평균 정전용량 값 - 정전용량 측정 편차)/1.52853626.

6) 초기 유전상수 변화율=(실 차량 측정 유전상수 값-초기 유전상수 값) / 유전상수 값

여기서 초기 유전상수 값은 미리 저장한 신유의 유전상수 값이다. 따라서 초기유전상수 변화율은 0이 된다.

7) 향후 매 주행 후 엔진 정지 시 유전상수 변화율 값 계산에 사용되는 초기 측정 정전용량 값은 송신부에 계속 저장한다.

#### 3-3. 공회전 및 주행모드(Idle and running mode)

1) 엔진 시동 상태에서는 운전시간(운전 거리와 상응하는 시간)을 축적한다.

① 가솔린 엔진 운전시간(거리) 축적: 초기 시간 및 초기 유전상수 변화율(D. C. Change Rate)값 설정 후, 차량 운행 시 정전용량 값, 오일온도, 제어보드(PCB) 온도를 실시간 측정하여 표시하나 저장하지 않는다.

② 디젤 엔진 운전시간(거리) 축적: 초기 시간 및 초기 유전상수 변화율 값을 설정 후, 차량 운행 시 정전용량 값, 오일온도, 제어보드 온도를 실시간 측정하여 표시하나 저장하지 않는다.

2) 엔진 운전시간(주행거리에 상응하는 시간)을 오일 교환 전까지 계속 축적한다.

3) 엔진 운전 중에는 정전용량을 측정하여 표시하되 저장치 않고, 엔진 정지 후 1분간 측정한 정전용량 값들의 최대치와 최소치 간의 편차가 0.02 pF 이하일 때인 엔진정지모드(Engine Stop Mode)에서 오일 온도가 80°C가 되면 유전상수 변화율을 계산하고 비교를 한다.

4) 운전 중에는 두 가지 온도(오일온도 및 제어보드 온도)를 계속 측정 및 표시한다.

5) 오일온도는 섭씨 A1(=A2)도가 되면 경고 신호를 주고, 섭씨 B1(=B2)도에 도달하면 교환 신호를 준다. 여기서 A1 < B1이다(Fig. 5).

6) 제어보드 온도는 섭씨 C1(=C2)도가 되면 경고 신호를 주고, D1(=D2)도에 도달하면 교환 신호를 준다. 이 때 교환 신호는 제어보드에 손상이 올 수 있는 상황으로 센서 신호에 이상이 발생할 수 있다는 뜻이

며, 운행 시 센서 신호에 주의를 요함. 여기서  $C1 < D1$ 이다(Fig. 5).

3-4. 엔진 정지 모드(Engine stop mode)

1) 엔진이 정지해도 센서는 작동하게 한다. 그러나 엔진 운전시간은 축적하지 않는다.

2) 스마트 폰으로 엔진오일의 상태를 80°C 기준으로 파악할 수 있게 한다. 따라서 시동 정지 후엔진 정지 후 1분간 측정된 정전용량 값들의 최대치와 최소치 간의 편차가 0.02 pF 이하일 때인 엔진정지모드(Engine Stop Mode)에서 80.4°C~79.5°C까지만 정전용량을 측정하여 유전상수 변화율(D. C. Change Rate)를 계산한다.

3) ①온도를 정수로만 표시하는 경우: 80°C가 되면 계속 합산하여 저장하며, 첫 번째 79°C가 되면 저장을 멈추고 80°C에서 입력 받은 개수로 평균한다. 이를 80°C 평균값(실 측정값)으로 보고 저장한다.

②온도를 소수점 첫째 자리까지 표시하는 경우: 80.4°C가 되면 계속 합산하여 저장하며, 첫 번째 79.4°C가 되면 저장을 멈추고 80.4°C~79.5°C에서 입력 받은 개수로 평균한다. 이를 80°C 평균값(실 측정값)으로 보고 저장한다.

4) 80°C에서의 정전용량 측정 편차 = 초기 신유(혹은 재설정 시 오일) 차량 측정 평균 정전용량 값-이론 정전용량 값(미리 저장해 놓은 값)으로 계산됨.

5) 80°C에서의 실 차량 평균 정전용량 값 = 차량 측정 평균 정전용량 값 - 정전용량측정 편차 이다.

6) 80°C에서의 실 차량 유전상수는 다음 식으로 계산한다.

실 차량 유전상수 값 = (차량 측정 평균 정전용량 값 - 정전용량측정 편차)/1.52853626.

7) 실 차량 유전상수 변화율=(실 차량 유전상수 값-초기 유전상수 값) / 초기 유전상수 값

즉, 실시간 측정되는 유전상수를 신유의 유전상수(미리 저장함)와 비교 후 변화율(%)로 표시한다. 여기서 초기 유전상수 값은 미리 저장한 신유의 유전상수 값 이다.

8) 변화되는 유전상수 값은 엔진 정지 후 80°C에서 측정된 가장 최근 값만 저장하고 표시한다. 즉, 엔진 정지 후 80°C에서 현재 값을 계산하면 이전 저장 값은 지우고 현재 값을 다시 저장한다. 엔진 정지 후 80°C에서 가장 최근 측정된 값은 스마트 폰 앱이 꺼져

있어도 송신부 제어회로에 저장되도록 하고 스마트 폰 앱을 접속하면 나타나게 한다.

9) 경고수준(Warning Level):각 기준값들 (thresholds)을 수정 입력 가능하도록 소프트웨어(SW)를 개발한다.

① 오일 레벨: 오일 주입 후  $E1(=H1)$ 시간 ( $F1(=G1)$  km) 이후에서 변화율이  $V1(=V2)\%$ 감소 일 때 경고 신호,  $W1(=W2)\%$ 감소 일 때 낮은 오일 레벨로 간주하여 보충 신호를 준다(Fig. 5).

② 가솔린 엔진 운전시간(거리) 축적에 따른 오일 레벨: 엔진운전시간이  $E2-E3$ 시간( $F2$  km- $F3$  km) 될 때까지는, 낮은 오일 레벨 감지를 위해 유전상수변화율 값 비교하고,  $U1\%$  이하일 경우는 오일레벨 경고 신호를 주고,  $V1\%$ 이하일 경우는 오일레벨 경고 신호를 주며,  $W1\%$  미만일 경우는 보충 신호를 준다. 그리고  $X1\%$  증가 시는 오일상태 경고 신호를 주고,  $Y1\%$  증가 시는 오일 교환 신호를 준다.  $E3-E4$ 시간 ( $F3-F4$  km) 사이 동안은 낮은 오일 레벨 감지를 위해 유전상수변화율 값 비교하고  $U1\%$  미만일 경우는 오일레벨 검사 신호를 주고,  $V1\%$ 이하일 경우는 오일레벨 경고 신호를 주며,  $W1\%$  미만일 경우는 보충 신호를 준다. 그리고  $X1\%$  증가 시는 오일상태 경고 신호를 주고,  $Y1\%$  증가 시는 오일 교환 신호를 준다.  $E4$ 시간( $F4$  km) 이상 시에는 오일교환 신호를 준다(Fig. 5).

③ 디젤 엔진 운전시간(거리) 축적에 따른 오일레벨: 엔진운전시간이  $H2-H3$ 시간( $G2-G3$  km) 될 때까지는, 낮은 오일 레벨 감지를 위해 유전상수변화율 값 비교하고,  $U2\%$  이하일 경우는 오일레벨 경고 신호를 주고,  $V2\%$ 이하일 경우는 오일레벨 경고 신호를 주며,  $W2\%$  미만일 경우는 보충 신호를 준다. 그리고  $X2\%$  증가 시는 오일상태 경고 신호를 주고,  $Y2\%$  증가 시는 오일 교환 신호를 준다.  $H3-H4$ 시간( $G3-G4$  km) 사이 동안은 낮은 오일 레벨 감지를 위해 유전상수변화율 값 비교하고,  $U2\%$  미만일 경우는 오일레벨 검사 신호를 주고,  $V2\%$ 이하일 경우는 오일레벨 경고 신호를 주며,  $W2\%$  미만일 경우는 보충 신호를 준다. 그리고  $X2\%$  증가 시는 오일상태 경고 신호를 주고,  $Y2\%$  증가 시는 오일 교환 신호를 준다.  $H4$ 시간( $G4$  km) 이상 시에는 오일교환 신호를

준다(Fig. 5).

- ④ 오일 레벨: 마일리지 관계없이 갑자기 초기치 대비 W1(혹은 W2)% 이상 감소이면 오일 보충 신호를 준다(Fig. 5).
- ⑤ 오일열화: 가솔린 - X1%증가 시 경보 신호, Y1%증가 시 교환 신호를 준다(Fig. 5).
- ⑥ 오일열화: 디젤 - X2%증가 시 경보 신호, Y2%증가 시 교환 신호를 준다(Fig. 5).
- ⑦ 주행거리 기준 신호: 가솔린엔진오일 - E4시간(F4km) 이상 시에도 오일 품질상태로부터 교환 신호가 없을 경우는 자동적으로 오일교환 신호를 준다 (Fig. 5).
- ⑧ 주행거리 기준 신호: 디젤엔진오일 - G4시간(H4 km) 이상 시에도 오일 품질상태로부터 교환 신호가 없을 경우는 자동적으로 오일교환 신호를 준다(Fig. 5).
- ⑨ 위에서 사용한 부호들은 다음과 같은 부등호가 적용된다. 즉, E1<E2<E3<E4, F1<F2<F3<F4, G1<G2<G3<G4, H1<H2<H3<H4, U1<V1<W1<X1<Y1, U2<V2<W2<X2<Y2 이다.

3-5. 기타 사항

블루투스(Bluetooth) 주파수 범위 내에서 여러 대의 센서 장착 차량이 있을 때, 스마트폰으로 자기 차에 대한 센서 신호를 혼동 없이 받도록 센서마다 고유번호가 있어 동기화를 시키게 되어 있다. 한 대의 센서에 대해 한 대의 표시장치(스마트 폰 혹은 전용표시장치)만 작동한다. 또한 신호를 받는 스마트폰이나 전용 표시장치 등의 수신기는 차량 내부 혹은 차량 근처(스마트 폰 종류에 따라 5~10 m 이내)에서 신호를 받아야 한다.

4. 오일교환경보장치

오일교환경보장치는 수신기와 함께 구성되며, 송신부 제어회로기(Fig. 2 참조)로부터 보내온 신호를 블루투스(Bluetooth) 통신으로 받는다. 전달받는 신호는 각종 경보 판단 매개변수인 오일 정전용량, 오일 온도, 제어보드(PCB) 온도 및 주행시간이다. 이 중 오일 정전용량 값은 유전상수로 환산되어 엔진오일의 열화 상태를 판단하는 유전상수변화율이 계산된다. 각 매개변수에 대한 변화 상태도 Fig. 5와 같이 단계별로 적용하여 엔진오일상태에 대한 경보 및 교환시기를 판단한

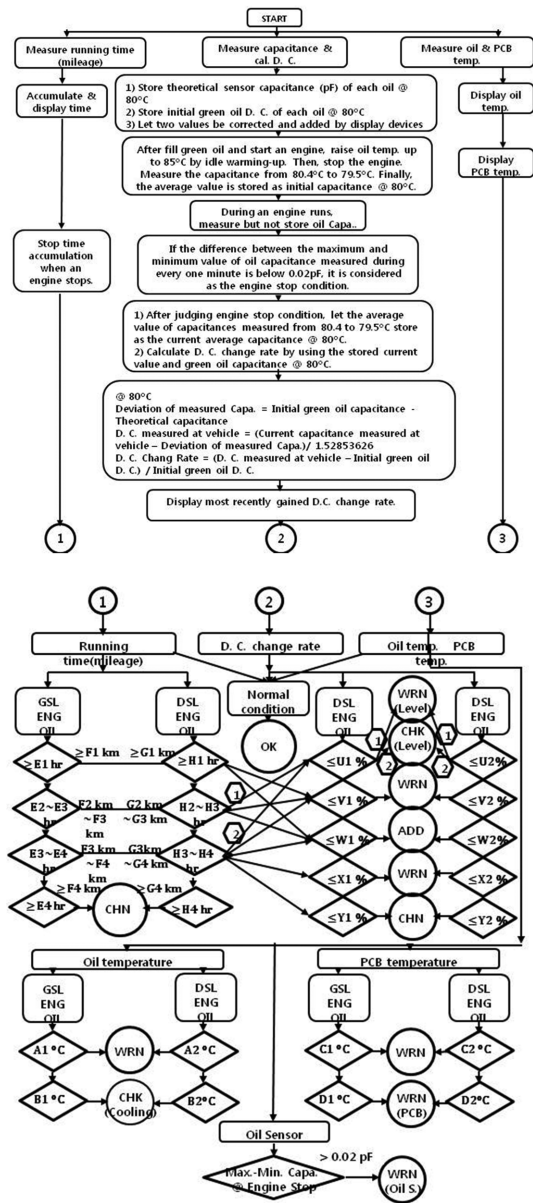


Fig. 5. Flow chart of oil change warning algorithm.

다. 오일교환경보 표시장치(스마트폰 및 전용표시장치)의 화면 구성구조(Frame)는 다음과 같다.

4-1. 스마트폰 표시장치

위에서 설명된 Fig. 5의 경보 알고리즘을 적용한 스마트폰의 화면 구성구조는 Fig. 6과 같다. 즉 스마트폰 앱(App) 관련한 첫 번째 프레임에 표시되는 신호는 유전상수 변화율로 표시되는 오일품질상태에 대하여 '정

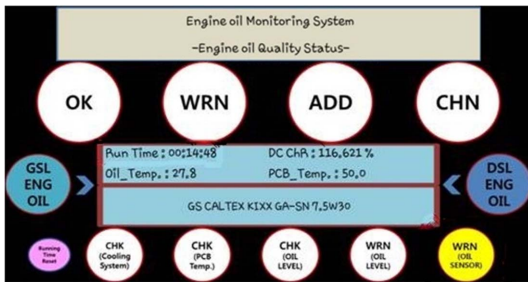


Fig. 6. Smart phone app frame.

상(OK), '경고(WRN)', '보충(ADD)', '교환(CHN)'이 있으며, 엔진오일 온도에 대해서는 냉각문제에 대한 '점검(CHK)'과 제어보드(PCB) 온도 대한 '점검(CHK)' 신호가 있다. 또한 오일 레벨에 대한 '점검(CHK)' 및 '경고(WRN)' 신호가 있으며, 센서 이상신호에 대한 '경고(WRN)' 신호가 있다.

나아가 주행시간과 정전용량 값의 초기화 및 재설정 버튼(Running time reset button)이 있어 기준이 되는 초기값 및 재설정 값을 저장할 수 있으며, 가솔린 및 디젤 엔진오일 선택 버튼이 있다(Fig. 6). 두 번째 프레임에는 가솔린오일과 디젤엔진오일을 각각 20개 종류를 선택할 수 있으며, 세 번째 프레임에는 각 오일에 대한 기본 기준값들(thresholds)을 저장할 수 있게 되어 있다.

4-2. 전용 표시장치

전용 표시장치는 블루투스 수신 데이터 처리를 하고, 고유 소프트웨어를 장착한 표시장치이며, 위에서 설명된 Fig. 5의 경보 알고리즘을 적용한 화면 구성구조는 Fig. 7과 같다. 즉, 휴대 또는 차량 거치 형태로 차량에 기 설치된 오일 센서로부터 보내오는 정보를 블루투스 통신을 이용하여 수신하여 표시 한다. 수신된 데이터를 요구되는 알고리즘에 따라 처리하여 사용자에게 경보 신호를 표시하도록 되어있다. 한 개 표시 신호에 대해 매번 화면이 바뀌게 되어 있고, 적용되는 오일에 대한 기본 기준값들(thresholds)은 컴퓨터로 입력하여 저장할 수 있다.

본 전용표시장치는 휴대 또는 차량 거치 형태로 차량에 기 설치된 오일 센서 정보를 블루투스 통신을 이용하여 수신하며, 수신된 데이터를 요구되는 알고리즘에 따라 유전상수 변화율 계산하고 TFT LCD에 운전 시간(Running Time), 오일 온도(Oil Temp.), 제어보드 온도(PCB Temp.), 유전상수 변화율(DC Change



Fig. 7. Individual display device and a sample screen frame.

Rate)를 표시 및 각 경보 내용에 맞는 신호를 표시하는 수신 장치를 개발하였다.

4-2-1. 하드웨어(H/W) 설계

본 수신장치는 2.4인치 TFT LCD, CPU, 블루투스 모듈, 커넥터, 전압 변환 모듈 등이 가장 큰 크기를 차지하고 있어 이와 같은 소자를 배터리를 넣는 공간과 같이 고려하여 배치하였다.

제어보드(PCB) 설계 시 가장 먼저 제품 의뢰 사양에 요구되는 부품 간의 물리적 배치와 전기적 연결을 고려하였으며, 각 소자간의 간섭을 최소화 하면서 제품의 최종 사이즈를 줄일 수 있도록 소자의 위치 및 연결을 배치하였다.

제어보드(PCB) 설계에서는 직류 잭(DC Jack)과 USB 포트를 좌측에 배치하고 전원 스위치를 오른쪽에 배치하고, 리셋 버튼은 후면에서 누르도록 배치하였다. 전면부에 LCD를 배치해야 하기 때문에 전면부에는 전자 소자를 배치하지 않고 LCD 핀 커넥터와 고정용 볼트 구멍을 각 모서리에 위치시켰다.

기구부 설계 시에는 PCB 및 회로 부분의 크기와 고정 방법을 고려하며, 요구되는 제품 케이스의 사이즈에 맞도록 배터리와 회로 부분을 배치하였으며, 제시된 두께인 18 mm를 만족하기 위해서 회로 상에 높이가 낮은 소자 쪽으로 배터리를 배치하였다. 또한, 상하로 닫는 케이스 구조를 적용하여, 집합부 쪽에 인터페이스 포트를 위한 구멍을 배치하여 금형 제작 시 편의성을 높였다. 차량에 고정 시에 기성품 유리 흡착 거치대를 이용하게 되므로, 이에 적합한 사이즈와 크기로 케이스를 설계 하였다.

4-2-2. 소프트웨어(S/W) 설계

소프트웨어는 크게 블루투스 수신부, 오일 판단 알고리즘 계산부, LCD 표시부로 구성되며, 블루투스 수신부는 기기 작동 시 송신기와 연결을 수행하고, 연결

이 성공적으로 완료된 후에는 시리얼 통신으로 송신기로부터 오일 센서값을 실시간으로 수신한다. 실시간으로 수신된 값은 LCD 표시부에서 적절한 양식으로 표시하게 되고, 차량의 시동이 꺼진 것을 판단한 후에는 오일 판단 알고리즘을 계산하며 계산된 결과를 저장하고 LCD 표시부에 표시한다. 적정 시간 이후에는 자동으로 전원을 차단하여 배터리 소모를 줄인다. 오일에 대한 파라미터 값들은 PC와 USB로 연결하여 이를 위하여 특수 제작된 소프트웨어를 통하여 입력한다.

#### 4-2-3. 전용 표시장치 규격

전용표시장치의 규격은 다음과 같다. 즉, 입력 전압은 12-24V DC, 내전압은 30V, 인터페이스 관련하여는 LCD는 2.4 인치 TFT-LCD를 사용하고, Micro USB port는 오일 데이터 입출력용이며, 직류 전원공급 포트(DC power supply port)는 외부 전원 입력 및 배터리 충전용이다. 전원 스위치가 있으며, 재설정 버튼(Reset Button)은 소프트웨어 리셋으로 하였다. 기구 규격으로는 케이스 재질은 PVC 또는 PE 재질을 사용한다. 동작온도는 -40~125°C까지 이다.

#### 4-2-4. 전용 표시장치 작동 방식

전용표시장치의 구체적인 작동방식은 다음과 같다. 즉, 기 개발된 데이터 송신기로부터 블루투스 통신으로 데이터를 전송 받으며, 전송 받은 데이터는 오일교 환경보시기 판단 알고리즘에 따라 사용자에게 적합한 경보를 띄운다. 또한 차량의 정지/운전 상태에 따라 배터리/외부전원 방식으로 전환되며, 적정 시간 이후에는 자동으로 전원을 차단하여 배터리 소모를 줄인다. 통신조건은 송신기와 거리 10 m 이내에서 배터리 또는 외부 전원 입력으로 가능하다. 설치방법은 기성품 자동차용 유리흡착방식의 거치대를 이용하여 차량 운전석 좌측 상단에 설치하는 방식이다.

## 5. 결 론

본 논문의 결론은 다음과 같다.

1. 엔진오일의 정전용량 측정 값은 엔진이 정지한 후에 안정된 값을 얻을 수 있었다.
2. 엔진오일의 열화상태는 엔진 정지 상태에서 오일 온도가 80°C(80.4°C~79.5°C)에 도달하면 정전용량 값을 측정하여 평균한 값을 유전상수로 환산 후 그 변화율로 판단하도록 하였다.

3. 스마트폰 앱의 화면의 구성구조는 3단계로 하였고, 판단 기준값(threshold)은 스마트폰 앱 화면에서 직접 입력 및 수정이 가능하도록 하였다. 한편 전용표시장치의 화면 구성은 한 개의 경보에 대해 한 개의 화면으로 표시하도록 하였고, 판단 기준값들(thresholds)은 컴퓨터와 USB로 연결하여 입력하도록 하였다.

## Acknowledgement

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연 공동기술개발사업(No. C0000909)의 연구수행으로 인한 결과물입니다.

## References

- [1] Chun, S. M., "Development of a Dipstick-Gage-Type Small Sensor Equipped with Individual Control Circuit for Detecting Engine Oil Deterioration", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 29, No. 3, pp. 143-148, 2013.
- [2] Chun, S. M., "Development of a Dipstick Gage Type Small Engine Oil Deterioration Detection Sensor", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 29, No. 2, pp. 77-84, 2013.
- [3] Chun, S. M., "Analysis of Test Results for Small Dipstick-Gage-Type Engine-Oil-Deterioration-Detection Sensor", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 30, No. 3, pp. 156-167, 2014.
- [4] Chun, S. M., "Study on Mutual Relation between the Level of Deterioration Influenced by the Changes of Chemical and Physical Properties and the Change of Dielectric Constant for Engine Oil - Gasoline Engine Oil", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 22, No. 5, pp. 260-268, 2006.
- [5] Chun, S. M., "Study on Mutual Relation between the Level of Deterioration Influenced by the Changes of Chemical and Physical Properties and the Change of Dielectric Constant for Engine Oil - Diesel Engine Oil", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 22, No. 5, pp. 290-300, 2006.
- [6] Chun, S. M., "The Prototype Development of an Engine Oil Deterioration Sensor Installed Inside an Oil Filter", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 24, No. 2, pp. 82-89, 2008.
- [7] Chun, S. M., "The Prototype Development II of an Engine Oil Deterioration Sensor Installed Inside an Oil Filter", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 24, No. 4, pp. 170-178, 2008.
- [8] Saloka, G. S. and Meitzler, A. H., "A Capacitive Oil



- Deterioration Sensor”, *SAE Technical Paper Series*, No. 910497, 1991.
- [9] Irion E., Land, K., Gurtler, T. and Klein, M., “Oil-Quality Prediction and Oil-Level Detection with the TEMIC QTL-Sensor Leads to Variable Maintenance Intervals”, *SAE Technical Paper Series*, No. 980847, SP-1220, 1997.
- [10] Lee, R. D., Kim, H. J. and Semenov, Y. P., “Precise Measurement of the Dielectric Constants of Liquids Using the Principle of Cross Capacitance”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 50, No. 2, pp. 298-301, 2001.