

가상 HC 센서를 이용한 Evaporative System Monitoring 방법에 대한 연구

서진호^{*1)} · 박재홍¹⁾ · 윤형진²⁾

서울대학교 전기공학부^{*1)} · 현대자동차 남양연구소²⁾

An Evaporative System Monitoring Method Using a Virtual HC Sensor

Jinho Suh¹⁾ · Jaehong Park¹⁾ · Hyoungjin Yun²⁾

^{*1)}School of Electrical Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

²⁾Powertrain Electronic Development Team, Hyundai Motor Company, 772-1 Jangduk-dong, Whasung-si, Gyunggido 445-706, Korea

(Received 2 November 2002 / Accepted 23 January 2003)

Abstract : This paper presents a new evaporative system monitoring method using a virtual HC sensor for an automotive on-board diagnosis. A development was made at providing mathematical expressions from the lambda control information to estimate the HC mass flow purged into the intake manifold from the canister for implementing a virtual HC sensor. The change of the lambda average value reflected the influence of the additional fuel from purging results the sensor estimation of the purged HC amount. Based on this virtual HC sensor, a new evaporative system monitoring method was proposed comparing the amount of purged HC amount with the amount of the HC gas evaporated from the fuel tank and absorbed into the canister. Finally, the method was validated with a simulation using the data logged from the retail car.

Key words : Evaporative system monitoring(연료 증발 가스 계의 누출 진단), Canister purge(캐니스터 퍼지), OBD-II(On-Board Diagnostic generation-II, 2세대 자기 진단 기능), Virtual HC sensor(가상 HC 센서), HC estimation method(HC 추정 기법)

1. 서론

1980년대 널리 도입된 canister purge 제어는 연료(HC)의 자연 증발 가스가 대기 중으로 직접 방출되는 것을 막고, 이를 실린더 안으로 유도하여 연소시킴으로써 유해 가스 억제에 큰 역할을 한다. 이때 HC 가스를 수집하는 charcoal canister와 연료 탱크의 견고함은 상당히 중요하다. 1996년부터 북미 캘리포니아 주를 중심으로 하는 OBD-II(On-Board Diagnostic generation II) 규제 검사중 evaporative

system monitoring 항목은 연료 탱크와 canister로 이루어진 evaporative system의 견고성을 시험한다. 검사 방식은 현재 정압 방식과 부압 방식의 두 가지가 상용차에 채택되고 있다.

Bosch 등에서 채택하고 있는 정압 방식은 공기 펌프를 이용하여 evaporative system 내부의 압력을 높인 후 압력의 변화 추이를 살피는 방법으로 부압 방식에 비해 보다 정밀하고 견고한 측정 결과가 보장되고, 제어 알고리즘의 개발 및 검사시기에 대한 자원 확보가 쉬운 장점이 있다. 그러나 검사를 위해 evaporative system 내부에 공기 펌프와 검출 기준 orifice로 이루어진 추가 장비의 장착이 필요하여 생

*To whom correspondence should be addressed.
suhjh@camus.ac.kr

산 비용이 증가한다. 또한 검사 시 누출 부위를 통해 HC 가스가 대기 중으로 추가 방출될 수 있는 단점이 있어 정부의 권장 사항에 따라 부압 방식의 채용이 늘고 있는 실정이다.⁴⁾

Delphi가 제안한 부압 방식은 purge 제어 장치를 능동적으로 이용함으로써 검사를 위한 추가적인 비용이 필요치 않으며 검사 시 HC 가스의 추가 방출이 없는 장점이 있어 현재 정압 방식을 대체하고 있다. 반면 누출 부위의 정확한 판정을 위해 시스템 내의 충분한 압력 저하를 유발시키기 위한 시간적인 자원 확보가 어려우며, 판정을 위한 압력 변화가 누출 부위의 위치나 주행 조건, 온도 및 연료 탱크의 흔들림 등에 대해 다른 변화 양상을 보이므로 판정 알고리즘의 개발이 어려운 단점이 있다.^{4,7)}

본 논문에서는 purge 제어에 의해 추가되는 HC의 양을 추정하는 가상 HC 센서⁵⁾를 이용하여 evaporative system의 누출 부위의 존재 여부를 판정할 수 있는 진단 시스템을 제안한다. 이는 canister 및 연료 탱크의 압력 센서를 사용함으로써 진단을 위한 추가 비용이 없고 주행 중 항상 동작하여 검사 수행을 위한 시간적인 자원 확보의 어려움이 없으며 검사를 위해 HC 가스의 추가 방출 위험이 없어 기존의 정/부압 방식에 비해 좋은 특성을 가진다. 또한 규제 강화에 대비하여 lambda 제어의 고성능화를 위한 광역 O₂ 센서의 장비가 전망되는데, 이 경우 본 논문의 진단 방법은 보다 정밀하고 견고한 성능을 보이는 특성이 있어 현재의 정/부압 방식을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

가상 HC 센서의 개념은 2000년 Delphi에 의해 제안되었으나 구현 알고리즘은 명확히 제시되지 않았다.⁵⁾ 또한 이 센서의 응용에 대한 연구 결과도 많지 않다. 본 논문에서는 purge 제어에 의한 HC 가스의 추가량을 closed loop lambda 제어의 평균값의 이동과 long-term fuel trim 양을 통해 추정할 수 있도록 구현하고 제안하였다. 이는 lambda 평균값의 이동이 PWM(Pulse Width Modulation)과 유사한 경향을 보이는 것을 응용한 것이다. 또한 가상 HC 센서를 응용하여 purge가 이루어지는 동안의 HC 유입량과 연료 탱크에서 증발되어 canister에 포집된 HC량을 추정, 비교함으로써 evaporative system의 견고함을 판

정할 수 있는 방법을 제안하였다. 그리고 실차를 이용하여 정상인 경우와 누출이 존재하는 경우에 대해 추정을 위한 데이터를 실차로부터 수집하여 시뮬레이션 함으로써 제안한 방법의 신뢰성을 검토하였다.

Fig. 1은 본 논문에서 제안하는 누출 검사 방법의 블록 다이어그램으로 크게 purge 시 추가된 HC량의 추정 부분(하단)과 연료 탱크에서 canister로 증발된 HC량의 추정 부분(상단)으로 나뉜다. 2장에서는 feedback을 이용하여 purge 시 추가된 HC량을 추정하는 가상 HC 센서와 연료 탱크에서 증발하는 HC량을 추정하는 모델을 제안한다. 3장에서는 두 모델의 결과를 비교함으로써 evaporative system의 누출을 판정하는 방법을 제안한다. 그리고 4장에서 모의실험 결과를 제시함으로써 타당성을 검토한다.

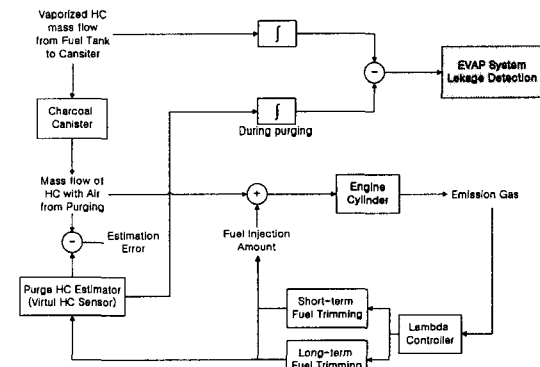


Fig. 1 Evaporative system monitoring method using the virtual HC sensor

2. 가상 HC 센서와 연료의 증발량 모델

2.1 가상 HC 센서를 위한 구성

Fig. 2는 evaporative system을 나타낸 것으로, 연료 탱크에서 자연 증발된 HC는 canister에 포집된 후 purge시 엔진 부압에 의해 흡입되어 공기와 함께 실린더로 인가된다. 연료 분사량의 추정에 대한 일반적인 방법이 알려져 있는 반면⁹⁾ purge시 추가 유입되는 HC는 온도와 엔진 부압의 크기에 의해 특성이 변하는 기화 상태로 주입되므로 정량적인 측정은 acoustic sensor를 이용하지 않으면 매우 어렵다.²⁾ 가상 HC 센서는 이러한 HC량을 부가 장비 없이 추정하기 위한 모델이다.

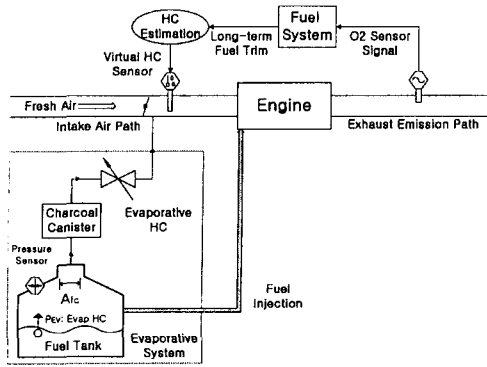


Fig. 2 The structure of the virtual HC sensor with the evaporative system

본 논문에서 제안한 가상 HC 센서는 최적 공연비를 위한 연료량 제어 보정량인 lambda 제어량과 학습을 통한 기본 연료량 보정을 위한 long-term fuel trim양의 변화를 이용한다. 일반적으로 purge 활성화/비활성화의 변환은 느리게 나타난다. Purge는 idle 제어가 추가 유입된 HC의 간섭에 대해 견실하도록 lambda 제어 활성화 시에만 동작된다.^{1,3)} 따라서 purge시의 추가 HC량은 이때의 공연비 변화를 통해 추정할 수 있다. 한편 추가된 HC 양은 학습에 영향을 미쳐 기본 연료 분사량의 보정량에 반영되므로 추정 시 이 역시 계산에 포함하였다.

2.2 가상 HC 센서의 모델링

이 절에서는 가상 HC 센서의 모델을 제안한다. Purge 시에는 canister를 통해 HC 외에도 공기가 유입되고 이는 lambda 제어에 영향을 미친다.^{1,3)} 따라서 가상 HC 센서의 구현을 위해서는 purge valve를 통과하여 실린더에 주입되는 공기량과 연료량을 각각 계산하여야 한다.

본 논문에서 제안하는 가상 HC 센서의 추정방법은 기본적으로 MAP 센서가 장착된 차량을 대상으로 하였다. 이 경우 canister에서 유입되는 기체의 양과 throttle을 통해 흡입된 공기의 양이 모두 측정된다. 반면 MAF 센서가 장착된 경우에는 throttle valve를 통과하는 공기의 유량만이 측정되는 것이 보통이므로 이 경우 purge valve를 통과하는 유량을 추정해야 한다.

현재 두 종류의 센서가 모두 널리 사용되고 있으

므로 MAF 센서만이 장착된 경우를 위해 2.2.1항에서 purge valve를 통해 유입되는 기체의 유량(mass flow)을 valve duty만으로 추정하는 방법을 소개하고, 2.2.2항에서는 purge 제어를 통한 HC 증가량을 추정하는 방법을 제안한다.

2.2.1 Purge Mass Flow의 계산

Purge valve를 통과하는 유량의 계산에 대한 유효한 방법이 Myrma C. Sultan 등에 의해 제안되었다.²⁾

Fig. 3은 purge valve duty cycle을 가변적인 지름의 orifice로 간주할 수 있음을 나타낸 그림이다. Purge 제어에 의한 유량은 압축성, 등 엔트로피 성을 나타내며 Bernoulli의 orifice 방정식을 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.^{1,2,6)}

$$m_{pg} = C_{D,pg} A_{pg} \sqrt{\frac{P_a}{RT_a}} \psi \quad (1)$$

여기서 ψ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{과임계 유동인 경우 } \frac{P_m}{P_a} > \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}},$$

$$\psi = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[\left(\frac{P_m}{P_a}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_m}{P_a}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right]}$$

$$\text{아임계 유동인 경우 } \frac{P_m}{P_a} \leq \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}},$$

$$\psi = \sqrt{\gamma \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}}$$

여기서 식 (1)의 각 변수의 의미는 다음과 같다.

P_m : 흡기 manifold의 압력 [Pa]

P_a : 대기압 [Pa]

T_a : 대기온 [K]

m_{pg} : Purge valve를 통과하는 유량 [kg/sec]

$C_{D,pg}$: Purge 유입 HC 밀도에 대한 보정 상수

R : 대기에 대한 기체 상수 [J/(kg · K)]

γ : 비열비 [J/(kg · K)]

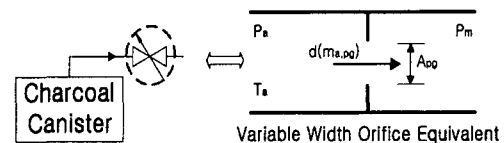


Fig. 3 The equivalent model of the purge valve

식 (1)에서 purge valve의 duty가 증가 orifice의 단면적을 결정하는데, 대기압에 대한 흡기 매니폴드의 압력의 비가 0.84보다 작은 경우 purge valve를 통과하는 유량은 valve duty cycle에 비례하며, 0.84보다 큰 경우에는 valve duty cycle에 무관하게 0.84가 되는 시점의 유량으로 포화되는 것이 연구되었다.¹⁾ 흡기 매니폴드의 압력이 약 84kPa 이상이 되는 WOT(wide open throttle)과 같은 고부하 상태에서는 idle 상태가 아니므로 purge는 중단된다.¹⁾ 따라서 식 (1)에서 보정 상수 $C_{D,pg}$ 와 A_{pg} 의 곱은 purge valve duty cycle에 대한 일차 함수 $\Phi(duty)$ 로 근사할 수 있다.

$$C_{D,pg}A_{pg} \cong \Phi(duty) = a \times (duty) + b \quad (2)$$

여기서 a 와 b 는 purge valve의 모양이나 위치에 의한 영향을 반영하는 상수가 된다.

2.2.1 Purge에 의한 HC 유입량 계산

이 절에서는 lambda 제어의 평균값과 long-term fuel trim의 변화를 이용하여 가상 HC 센서를 구현하는 방법을 제안한다.

Fig. 4는 purge 제어 상태에 따른 λ 값의 변화를 나타낸 것이다. Purge가 비활성 상태인 경우에는 흡입된 공기량 a_i 의 압력이 흡기 매니폴드에 장착된 MAP 센서로 측정되며, 이 값이 흡기량 a_L 및 엔진 부하의 계산에 그대로 사용된다.

이 값을 바탕으로 연산된 적정 기본 연료 분사량에 lambda 제어의 보정량이 적용되어 실제 연료 분사량 f_i 이 결정된다. 이 때의 공연비인 λ_0 의 평균값

L_0 는 다음과 같다. 일반적으로 idle 상태는 십수초 이상 지속되므로 이때 idle 상태가 충분히 오래 지속되었음을 가정하여 전이 시의 lambda 제어의 영향을 무시하였다.

$$L_0 = \frac{1}{t} \int \lambda_0 dt = \frac{1}{t} \int \left(\frac{\dot{m}_{a_i}}{\varepsilon \dot{m}_{f_i}} \right) dt \quad (3)$$

여기서 λ_0 의 값은 \dot{m}_{a_i} , \dot{m}_{f_i} 과 최적 공연비인 ε 을 사용하여 계산한다.

O₂ 센서나 연료 분사 장치의 노후화는 학습을 통해 long-term fuel trim양을 조절함으로써 공연비 목표치에 도달하도록 연료량이 조절된다. Purge 제어가 비활성 상태일 때의 long-term fuel trim양이 ϕ_0 라고 하면, lambda 제어는 식 (4)가 만족되도록 이루어진다. 이 때의 long-term fuel trim의 보정은 연료량의 가감으로 이루어진다고 가정한다.

$$L_0 = \frac{1}{t} \int \left(\frac{\dot{m}_{a_i}}{\varepsilon (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{\phi_0})} \right) dt = 1 \quad (4)$$

이제 purge 활성화 시의 λ 값의 변화를 보도록 한다. 이 경우에는 purge 비활성화 시와 달리 흡입 공기량 a_i 외에도 purge valve를 통해 추가 공기량 a_p 와 canister에 흡착되어 있던 연료(HC) 증발 가스 f_p 가 흡기 매니폴드로 유입된다. 이 결과 매니폴드 끝에 위치한 MAP 센서의 측정량은 $a_i + a_p + f_p$ 이 된다. MAP 센서는 공기량과 연료량을 구분하지 못하므로 이 측정량은 흡기량 a_L 및 엔진 부하로 간주된다. 이때에는 long-term fuel trim 보정량 ρ_0 이 적용되어 실제 연료 분사량인 f_i 이 결정된다. 이 때의 공연비인 λ_p 의 평균값 L_p 는 다음과 같다. 마찬가지로 idle 상태가 충분히 오래 지속되어 closed loop lambda control의 전이 시의 영향이 무시된다고 가정한다.

$$L_p = \frac{1}{t} \int \lambda_p dt = \frac{1}{t} \int \left(\frac{\dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{a_p}}{\varepsilon (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{f_p} + \dot{m}_{\rho_0})} \right) dt \quad (5)$$

이때 purge에 의한 간섭이 학습에 반영되어 ρ_p 의 값이 재설정되고 다음 식이 만족된다.

$$L_p = \frac{1}{t} \int \left(\frac{\dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{a_p}}{\varepsilon (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{f_p} + \dot{m}_{\phi_p})} \right) dt = 1 \quad (6)$$

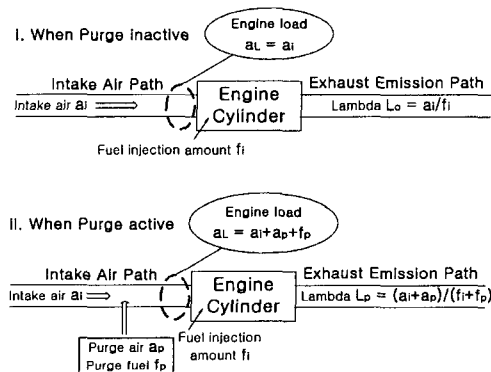


Fig. 4 λ value change due to the purge state

이제 식 (5)에서 f_b 을 구하기 위해 \dot{m}_{f_s} 를 정리하면 다음과 같다.

$$(\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{f_s} + \dot{m}_{\phi_s})\epsilon\lambda_p = \dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{a_s} \quad (7)$$

그런데 MAP 센서의 측정에 의한 공기량 \dot{m}_{a_i} 은 $\dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{a_s} + \dot{m}_{f_s}$ 과 같고, 이 중 \dot{m}_{f_s} 는 $\dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{a_s}$ 에 비해 수십 분의 일에 상당하는 매우 작은 값이므로 다음과 같이 근사할 수 있다.

$$\dot{m}_{a_i} = \dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{a_s} + \dot{m}_{f_s} \cong \dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{a_s}$$

따라서 MAP 센서의 측정에 의한 공기량 \dot{m}_{a_i} 을 이용하여 \dot{m}_{f_s} 를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{f_s} + \dot{m}_{\phi_s})\epsilon\lambda_p &\cong \dot{m}_{a_i} \\ \therefore \dot{m}_{f_s} &\cong \frac{\dot{m}_{a_i}}{\epsilon\lambda_p} - (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{\phi_s}) \end{aligned} \quad (8)$$

식 (8)에서 \dot{m}_{f_s} 을 제외한 모든 변수는 MAP센서의 출력과 연료 분사량 계산과 연료량 학습 및 lambda 기본 제어량이므로 모두 ECU 내부에서 알려진 값이다.

만약 MAP 센서 대신 MAF 센서가 사용되고 있는 경우에는 흡입 공기의 유량 \dot{m}_{a_i} 만이 측정되므로 purge valve를 통과하는 기체의 유량에 대해 식 (1)과 (2)를 이용하여 식 (8)을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{m}_{f_s} \cong \frac{\dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{pg}}{\epsilon\lambda_p} - (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{\phi_s})$$

위의 결과를 이용하여 실시간으로 \dot{m}_{f_s} 의 값을 쉽게 구할 수 있으며 purge 활성화 시간 동안의 이 값을 적분함으로써 purge 활성화에 의해 추가된 연료량 f_b 을 식 (9)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} f_b &= \int \dot{m}_{f_s} dt \\ &\cong \int \left(\frac{\dot{m}_{a_i}}{\epsilon\lambda_p} - (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{\phi_s}) \right) dt \end{aligned} \quad (9)$$

한편 MAF 센서 사용시에는 다음과 같다.

$$f_b \cong \int \left(\frac{\dot{m}_{a_i} + \dot{m}_{pg}}{\epsilon\lambda_p} - (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{\phi_s}) \right) dt \quad (10)$$

2.2 연료 탱크 내의 증발량 계산

이 절에서는 연료 탱크 내의 증발량을 탱크 내부의 압력 센서를 통해 추정하는 모델을 제안한다. OBD-II 규격을 만족하는 차량은 모두 연료 탱크 내부의 압력을 측정하기 위한 수단이 있다. 이를 이용하여 기체의 유량을 계산하는 방법이 알려져 있다.⁷⁾

Fig. 2의 연료 탱크 내부의 그림과 같이 canister로 이동하는 orifice의 단면적이 A_{fc} 이고 canister 내외의 압력 차이가 ΔP 일 때, 연료 탱크에서 canister로 유입된 HC 가스의 유량 \dot{m}_{EV} 는 다음과 같다. 여기서 ρ_a 는 상온에서의 공기의 밀도이다.

$$\dot{m}_{EV} = A_{fc} \sqrt{2\rho_a \Delta P} \quad (11)$$

따라서 연료 탱크에서 canister로 유입된 연료량 f_{EV} 는 다음과 같다.

$$f_{EV} = \int \dot{m}_{EV} dt \quad (12)$$

3. 누출 부위의 검출 방법

앞 장을 통해 추정된 purge시의 추가 유입HC량과 연료 탱크에서 canister로 증발되어 포집된 HC량을 비교함으로써 누출 부위의 존재 여부를 진단할 수 있다.

Purge 활성화 시기의 진행 시간을 t_{pa} , 비활성화 시기의 진행 시간을 t_{ps} 라고 할 때, 식 (9)에서 정의된 f_b 와 식 (12)에서 정의된 f_{EV} 를 이용하여 누출이 존재하는 경우를 다음과 같이 판정할 수 있다.

$$\delta \Delta t < f_{EV} - f_b \quad (13)$$

여기서,

$$\begin{aligned} f_b &= \int_{t_{ps}} \dot{m}_{f_s} dt \cong \int_{t_{ps}} \left(\frac{\dot{m}_{a_i}}{\epsilon\lambda_p} - (\dot{m}_{f_i} + \dot{m}_{\phi_s}) \right) dt \\ f_{EV} &= \int_{t_{pa}} \dot{m}_{EV} dt + \int_{t_{ps}} \dot{m}_{EV} dt \end{aligned}$$

이며 δ 는 누출 부위 존재의 판정을 위한 threshold로 측정 및 계산 오차를 반영한 marginal한 값이며 차량의 설계에 따라 달라질 수 있다. Δt 는 진단 구간 내에서의 purge 중단 후 진행된 시간이다.

또한 누출이 존재하지 않을 경우는 식 (13)에 대

해 다음과 같이 판정할 수 있다.

$$f_{EV} - f_b < \delta \Delta t \quad (14)$$

4장의 모의실험의 결과에서 볼 수 있듯 누출 부위 판정을 위한 최적의 δ 는 반복 측정을 통해 규제 범위 내에 유연하게 설정할 수 있다.

4. 모의실험

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 evaporative system의 누출 부위 검출 시스템의 모의실험 결과를 제시한다. 정상인 경우와 OBD-II 규격 중 rough한 누출(지름 0.04inch 이상)의 두 경우에 대해 각각 모의실험을 진행하였다. 본 실험을 위해 실차 주행 시의 ECU 내부 변수들을 기록하여 사용하였다.

Fig. 5는 정상인 경우의 주행 곡선이고 Fig. 6은 rough한 누출이 존재하는 경우의 주행 곡선으로 유사한 상황이 되도록 하였다. 가로축은 주행 시간[초]를, 세로축은 엔진의 분당 회전수 [RPM]을 나타낸다.

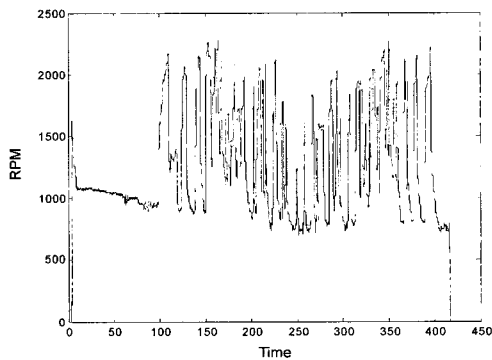


Fig. 5 RPM curve when normal mode

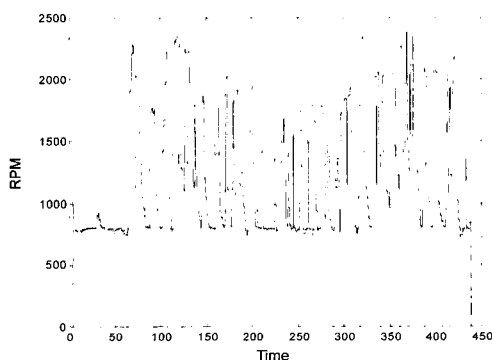


Fig. 6 RPM curve when rough leakage exists

2장에서 논의한 가상 HC 센서를 이용한 추정치를 구한 결과 그래프를 정상인 경우와 rough 누출이 존재하는 경우에 대해 각각 Fig. 7과 Fig. 8로 나타내었다. 추정된 결과를 통해 purge시 유입된 HC량은 엔진 부압이 큰 저 RPM의 idle 시에서 크게 나타남을 확인할 수 있다. 각 경우에 대해 유사한 주행 조건을 거쳤으므로 추정치 역시 유사하게 나타난다.

그러나 진단을 위해 3장에서 논의한 판정을 위한 식 (14)를 계산한 결과를 보면 정상인 경우와 rough 누출이 존재하는 경우의 추정량이 상이하게 나타남을 알 수 있다. 이를 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9는 진단을 위해 추정된 두 HC량의 차이인 $f_{EV} - f_b$ 를 계산한 결과이다. 흔들림이 크게 나타나는 구간은 purge가 활성화된 구간으로 이 경우 추정에 시간적인 차이가 발생하여 정확한 예측이 어렵다. 본 논문에서 제안하는 진단은 purge가 진행된 후

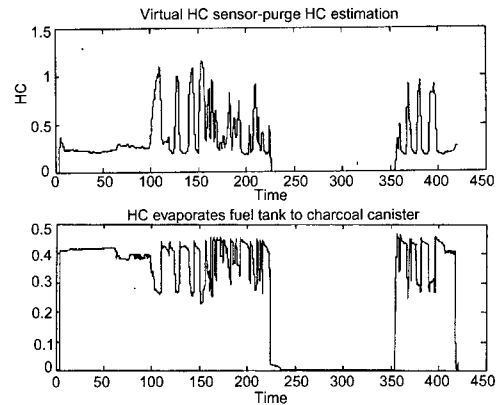


Fig. 7 Estimation results when normal mode

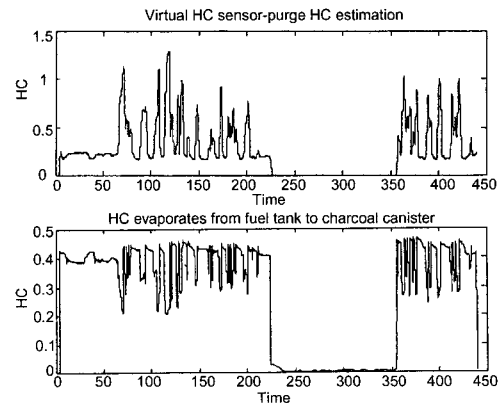


Fig. 8 Estimation results when rough leakage exists

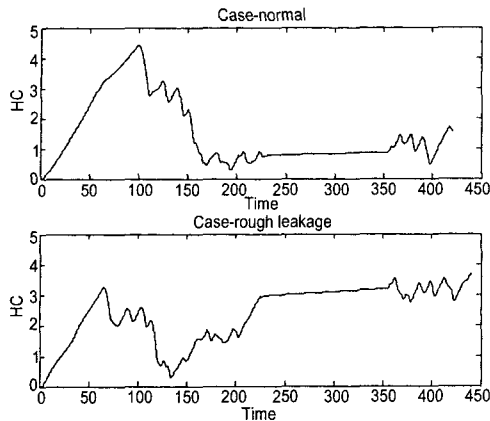


Fig. 9 Results of $f_{EV} - f_b$ for the leakage diagnostics

중단된 시점에서의 비교이므로 결과 중 이 부분만을 Fig. 10에 나타내었다.

Fig. 10에서 볼 수 있듯, purge 중단 시 정상인 경우와 누출이 있는 경우 $f_{EV} - f_b$ 의 값이 차이가 있는 것을 확인할 수 있다. Threshold인 δ 를 3.3mg/s 이상으로 선정하면 정상인 경우와 누출이 존재하는 경우를 식 (13)에서와 같이 구분할 수 있다. 진단시의 HC량의 차는 정상인 경우 736.35mg으로, 누출 존재 시 2923.9mg으로 나타나 rough한 누출 존재 시 대기 중으로 방출된 양이 2000mg 이상임을 추정할 수 있다.

이 결과를 통해 인위적인 evaporative system의 압력 변화의 유도 없이도 누출 부위의 존재 여부를 실시간으로 판정할 수 있음을 제시하였다.

5. 결론

본 논문에서는 가상 HC 센서를 이용하여 새로운 evaporative system monitoring 방법을 제안하였다. 가상 HC 센서는 purge 활성화 시 실린더로 추가 유입되는 HC가 lambda 제어에 미치는 영향을 feedback하여 유입량을 추정할 수 있도록 구현하였다. 또한 연료 탱크에서 증발하는 HC 가스가 canister로 포집되는 양을 계산하고 이 결과를 가상 HC 센서의 추정량과 비교함으로써 evaporative system의 누출 부위의 존재 여부를 판정할 수 있는 새로운 진단 방법을 제안하였다. 이러한 진단 방법을 실차의 주행 기록을 이용하여 모의 실험함으로써 타당성을 검토하였다.

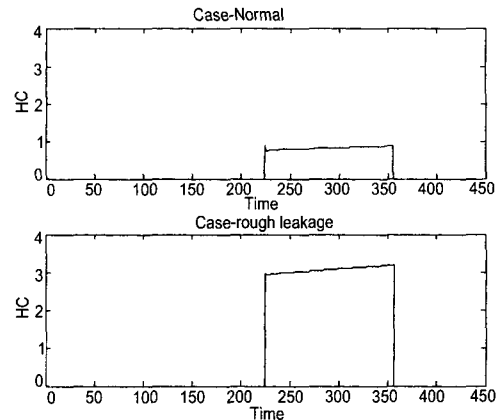


Fig. 10 Results of $f_{EV} - f_b$ when purge is inactive

본 논문에서 제시한 진단 방법은 추가적인 비용이 들지 않으며 계산 부하가 적은 장점이 있다. 또한 광역 O₂ 센서의 장비를 통해 보다 정밀한 판정이 가능하다.

제안한 진단 방법의 정밀한 추정을 위해 정상인 경우의 추정 오차를 줄이는 방안과 최적의 threshold 설정을 위한 향후의 연구가 기대된다.

References

- 1) I. K. Yoo, D. Upadhyay, G. Rizzoni, "A Control-Oriented Carbon Canister Model," SAE 1999-01-1103, 1999.
- 2) M. C. Sultan, M. D. Kushion, R. Wind, C. H. Folkerts, G. P. Matthews, "Closed Loop Canister Purge Control System," SAE 980206, 1998.
- 3) C. W. Vigild, K. P. H. Andersen, E. Hendrics, M. Struwe, "Towards Robust H-infinity Control of an SI Engine's Air/Fuel Ratio," SAE 1999-01-0854, 1999.
- 4) S. F. Majkowski, K. M. Simpson, M. J. Steckler, "Development and Validation of a 0.020" Evaporative Leak Diagnostic System Utilizing Vacuum Decay Methods," SAE 1999-01-0861, 1999.
- 5) M. J. Grieve, E. G. Himes, "Advanced Canister Purge Algorithm with a Virtual [HC] Sensor," SAE 2000-01-0557, 2000.
- 6) State of California Air Resources Board, "Guidance in Compliance with On-board Diag-

- nostics II(OBD-II) Requirements,” CARB Mail-out #95-20, May, 1995.
- 7) C. K. Kim, S. S. Park, “On Experimental Study on Onboard Diagnosis of Leakage of Evaporative Emission Control System,” Spring Conference of KSAE, pp.100-105, 2002.
- 8) G. S. Cho, Y. J. Jung, H. K. Jin, “Development of Carbon Canister for Refueling Vapor Recovery of Vehicle(In the Case of Analysis of Air Flow in the Canister),” Spring Conference of KSAE, pp.231-236, 2002.
- 9) Bosch, ME7 Application Guideline, 1997.