



가솔린 엔진 배출가스 제어장치에 대한 고장사례 고찰

†이일권 · 이정호 · 이영숙 · 염광욱* · 한재오** · 임하영***

대림대학교 자동차공학과† · 동주대학교 자동차과*

중앙대학교 대학원 기계공학부** · 경진기업***

(2016년 10 월 6일 접수, 2016년 11월 7일 수정, 2016년 11월 8일 채택)

Study of Failure Examples for Emission Gas Control System in Gasoline Engine

†Il Kwon Lee · Jong Ho Lee · Young Suk Lee · Kwang Wook Youm*

Jae Oh han** · Ha young Lim***

*Department of Automotive Engineering, Daelim University Colleg, *Department of Automotive Engineering, Dong-Ju University, **Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Chung-Ang University, ***Kyeonggin Co., Ltd*

(Received October 6, 2016; Revised November 7, 2016; Accepted November 8, 2016)

요약

이 논문의 목적은 승용자동차의 배출가스 제어장치에 대한 고장사례 연구이다. 첫 번째 사례의 원인은 퍼지 컨트롤 솔레노이드밸브(PCSV)가 일정한 동작조건에서 열리지 않아야 하나, 오작동 되어 열림으로써 서지탱크로 증발가스가 유입되어 이것이 연료량이 농후한 것으로 측정되었다. 이 결과 엔진의 ECU(Electronic control unit)에서 연료의 분사량을 줄임으로써 공회전시 엔진의 부조화 현상이 발생된 것으로 확인되었다. 두 번째 사례에서는, EGR 밸브를 작동하는 호스가 다른 곳으로 조립되어 진공압력이 공급되지 않았다. 이로 인해 EGR 밸브가 작동되지 않고 다른 곳에서 진공이 누설됨으로써 엔진이 부조화 현상이 발생된 것으로 확인되었다. 세 번째 사례는 두개의 센서 가운데 뒤쪽(Rear side) 산소센서가 다른 자동차의 산소센서로 오장착됨으로 인해 산소량을 감지하지 못해 감속시 급격하게 속도가 줄어든 것으로 확인되었다. 따라서, 배출가스 제어 장치에 관련된 시스템은 최적의 상태로 작동되어 배출가스를 저감하는 역할을 할 수 있도록 철저한 관리가 요구된다.

Abstract - The purpose of this paper is to study for the emission gas control of passenger car. The first example, the PCSV never open when operating condition, but it opened by causing malfunction because of trouble. As a result, the purge gas entered into surge tank, a mount of fuel was displayed with excessive supply on tester. Therefore, it certified the bad-condition of the engine when idling by decreasing of fuel injection quantity from engine ECU. The second example, the hose activating a EGR valve didn't supply the vacuum pressure because of assembling the other part. Thus, it knew the bad-condition of engine that the EGR valve would not work normally by leaking with the other port. The third example, as the rear oxygen sensor of two sensor were fault-installing by changing the sensor of other a car it could not detect of oxygen quantity. Finally, it found the phenomenon of abruptly decreasing vehicle speed when braking a car. Therefore, the system including with emission control has to drastically manage by maximizing condition to role decreasing the emission gas.

Key words : Failure, Emission gas control system, PCSV system, EGR Valve, Oxygen sensor

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

Copyright © 2016 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

자동차는 다양한 시스템이 적용되고, 이러한 시스템이 전자제어 시스템과 융합되어 자동차의 제어를 최적의 상태로 제어하여 운전자들에게 안전성과 편의성을 배가하고 있다. 자동차는 화석 연료인 석유를 이용하여 연소시켜 가솔린 자동차, 경유 자동차, 가스 자동차 등을 작동시킨다. 이러한 자동차의 편리성과 인류의 발전을 획기적으로 변화시킨 물류혁명의 일등공신인 자동차는 우리들의 삶에 있어서는 절대적인 필수품으로 자리잡았다. 그러나 이러한 화석연료는 타면서 발생하는 유해물질에 의해 대기오염의 원인이 되고 있다. 이러한 대책의 일환으로 대기 환경오염을 감소시키기 위하여 자동차 선진국을 비롯하여 우리나라의 경우에도 늘어나는 자동차에서 배출되는 배출가스의 규제치를 강화시키고 있다. 이러한 방법은 자동차 제조업체들에게 자동차 배출가스를 감소시키기 위한 연구개발을 유도하고 있다. 1970년 하반기에 엔진 전자제어 시스템이 적용되었고, GM은 1980년에 폐루프(Closed-loop) 연료제어에 대한 시스템을 이용하여 OBD(On-board diagnosis) 진단방법을 적용하여 자기진단 시스템을 발전시켰다[1]. 배기되는 HC에 대한 가솔린의 성분과 배출가스 제어장치에 대한 영향에 대한 연구도 진행되었다[2]. 자동차에는 자동차의 엔진이 작동되어 연소실에서 미연소된 연료가 피스톤을 통해 크랭크 실로 유입된 가스를 흡기쪽으로 보내 다시 연소시키는 블로바이가스(Blow-by gas)[3], 연료탱크에서 증발되는 증발가스(Purge gas)[4], 연소실에서 혼합기가 연소한 다음 배기구를 통해 배출되는 배기가스(Exhaust gas)[5] 등을 제어하는 시스템이 설치되어 있다. 그러나 이러한 시스템이 엔진에 관련되 센서, 컴퓨터, 액츄에이터 등의 고장이 발생되어[6,7,8] 정상적으로 작동되지 않게 되면 가스들이 대기로 유출되어 환경오염을 발생할 뿐만 아니라 제어 시스템에 고장이 발생되어 자동차의 작동이 중단될 수 있다. 이러한 배출가스 제어장치를 통해 배출가스를 감소시킴으로써 자동차 배출가스 오염을 최소화시키는 역할을 하게 되었다. 최근에는 가솔린 자동차에서 초기 시동시 저온에서 발생하는 배기가스제어를 함으로써 배기가스를 감소시키는 연구도 진행되고 있다[9]. 따라서, 이 논문은 자동차의 배출가스 제어장치의 고장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 배기가스의 성분

배기가스란 실린더 안에서 연료가 연소한 다음 배기 파이프를 통해 외부로 배출되는 가스를 말한다. 배기가스의 성분은 대부분 해가 없는 물(H₂O), 질소(N₂), 이산화탄소(CO₂)등이나, 유해한 물질로는 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NO_x) 외에 미세하게 납산화물과 탄소입자 등이 함유되어 있다. 공해 방지를 위한 감소 대상 물질은 주로 CO, HC, NO_x 등이다[10].

2.2 배출가스의 제어기술

2.2.1 연료증발가스(Fuel evaporation gas)의 대책

자동차에서 증발가스는 연료탱크 등의 연료계통에서 발생하며, 주요성분은 탄화수소이다. 연료탱크는 연료의 온도 상승에 따른 체적 팽창으로 인한 연료탱크 내의 압력 상승과 연료탱크 내에 부압이 형성되지 않도록 대기와의 환기장치가 필요하다. 이때 연료탱크로부터 연료가 누설되는 것을 방지하기 위해 롤 오버밸브(Roll over valve)를 사용하며, 연료의 증발가스가 대기 중으로 방출되는 것을 방지하기 위해서 증발가스 제어장치가 사용된다[11].

2.2.2 블로바이가스의 대책

블로바이 가스는 엔진의 압축 및 폭발행정에서 피스톤 링과 실린더 벽 사이의 틈새 등으로부터 크랭크 케이스로 누출되는 가스이다. 주요 성분은 압축행정에서의 미연소 가스와 팽창 행정시의 연소가스로 대부분 미연소된 탄화수소이고, 일부 연소한 다음 생성되는 물질과 엔진 오일의 미스트(Mist)가 포함되어 있다. 블로바이 가스는 엔진 오일의 윤활성을 저하시키고, 슬러지(Sludge)를 형성시킨다. 또한, 블로바이 가스에 포함된 소량의 수분은 PH₂의 강한 산성으로써 엔진 내부를 부식시키는 원인이 되기도 한다.

2.2.3 배기가스 재순환(Exhaust gas recirculation ; EGR) 장치

배기가스속의 CO와 HC의 배출 농도는 주로 혼합비에 따라 좌우되고, NO_x의 배출 농도는 주로 연소 온도에 따라 결정된다. 배기가스 재순환 장치는 배기가스 중의 일부를 배기계에서 흡기계로 재순환시키고, 공기와 연료의 혼합기에 혼합시켜 연소실에 공급하는 시스템을 말한다.

2.3.4 삼원 촉매 변환장치(3-way catalyst converter)

늘어나는 자동차의 대수와 함께 크게 대두되고 있는 대기환경 오염의 심각한 문제로 인해 자동차 배기가스 규제는 강화될 필요성이 제기되었다. 이에 따라 자동차 제조업체에서는 배기가스 규제에 대응하기 위하여 다양한 기술을 개발하였는데 그 가운데 하나가 삼원촉매를 이용한 배기가스의 후처리 기술을 가장 많이 사용하고 있다.

III. 자동차 배출가스 제어장치에 관련된 고장사례

3.1 PCSV(Purge control solenoid valve) 불량으로 인한 고장사례

1) 현상

운전자가 자동차를 운행하던 중 간헐적으로 엔진 경고등 점등 및 공회전시 엔진의 부조화 현상이 발생하였다.

2) 분석

이 자동차는 51,300km를 주행한 자동차로 자기진단기를 이용하여 점검한 결과 공연비(Air fuel ratio)계통이상으로 공회전 상태에서 공연비가 농후한 상태로 확인되었다. 흡기압력 센서 이상으로 출력되었으며, 센서의 출력값을 점검한 결과 산소센서가 농후한 공연비의 상태로 센서값이 고정되어 있었다. 또한 점화플러그를 점검한 결과 플러그의 연소상태가 4개 모두 검게 그을려 있는 것을 확인하였다. 고장원인은 PCSV를 단품검사하기 위해 분리한 다음 정상으로 열림상태(Open condition)로 되어 있는지 점검했을 때는 전기가 통하지 않았으나, 장착한 다음 공회전상태에서 PCSV가 작동하여 미세하게

연료증발(Fuel ventilation) 가스가 서지탱크(Surge tank)로 유입되어 산소센서는 농후하게 반응을 하였고, 그에 따라 인젝터에서 연료 분사량을 적게 제어 분사함으로써 엔진의 부조화 현상이 발생된 것을 확인하였다. Fig 1은 PCSV 밸브의 교환전의 자기진단기의 진단 데이터(Data)를 보여주는 것이다. Fig2는 PCSV 밸브를 교환한 다음 자기진단기의 진단 데이터를 보여주는 것이다.

Fig 1에서는 연료의 분사시간이 1.8ms, Fig2에서는 분사하는 동안 분사시간이 3.0ms로 측정된 것을 볼 때 Fig 1의 연료 분사량이 적게 분사된 것을 확인할 수 있었다. 이것은 PCSV가 공회전 상태에서 열리지 않아야 하나, 오작동되어 열림으로써 서지탱크로 증발가스가 유입되어 이것이 연료량이 농후한 것으로 측정되었다. 이 결과 엔진의 ECU(Electronic control unit)에서 연료의 분사량을 줄임으로써 공회전시 엔진의 부조화 현상이 발생된 것으로 확인되었다. Fig 3은 스파크 플러그 부에 미연소된 연료가 있는 것으로 볼 때 스파크 플러그 주변의 연료가 정

센서항목	현재값	단위	최소값	최대값	고장유형
흡기압 (MAP) 센서	4.6	psi	4.5	4.7	고장유형
엔진회전수	796	rpm	787	805	고장유형
산소센서	859	mV	850	864	고장유형
연료분사시간	1.8	ms	1.7	1.9	고장유형
연진부하	18.2	%	17.6	18.9	고장유형
공연비락음-공회전	-5.2	%	-5.5	-5.2	고장유형
배터리전압	13.8	V	13.7	13.9	고장유형
흡기온센서	46.5	°C	46.5	46.5	고장유형
스로틀포지션센서	0.0	%	0.0	0.0	고장유형
공회전초점백드루티	29.7	%	29.3	30.9	고장유형
공회전초점백드루트값	-1.3	%	-1.3	-1.3	고장유형
크랭크각센서지호	0N		0N	0N	고장유형
냉각수온센서	95.3	°C	93.8	95.3	고장유형

Fig. 1. Self -diagnosis data before exchange PCSV part.

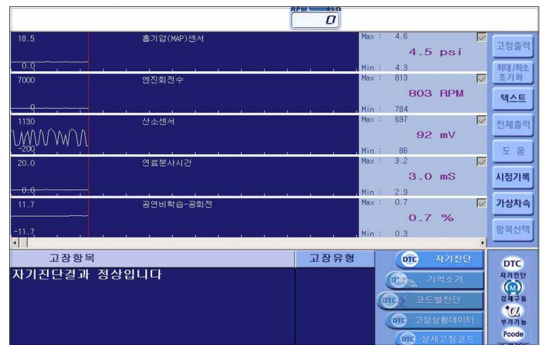


Fig. 2. Self-diagnosis data after exchange PCSV part.



Fig. 3. Pollution condition of spark plug.

상적으로 이루어지지 않았고 인젝터의 연료 분사량이 작아 공회전 상태에서 점화가 정상적으로 이루어지지 않아 비정상 연소가 된 것을 보여주는 것이다.

3) 고찰

연료증발 장치는 증발되는 연료를 모아서 흡기장치로 보내 연료의 연소시 연소시키는 장치로 연료탱크로부터 흡입장치까지의 라인을 점검하여 연결부의 풀림, 과도한 휨과 손상을 점검한다. 또한, 라인의 변형, 균열, 연료 누설을 확인하고, 증발가스가 모여 있는 캐니스터의 균열과 손상을 점검하여 최적의 시스템이 되도록 관리한다.

3.2 EGR 컨트롤 밸브연결 진공호스 오조립으로 인한 고장사례

1) 현상

운전자가 운전중에 자동차가 공회전 상태에서 부조화 현상이 발생되었다.

2) 분석

이 자동차는 시운전한 결과 시동을 켜고 공회전 상태에서 부조화 현상이 나타나는 현상이 발생되었다. 자동차를 운행할 때는 이러한 부조화 현상이 나타나지 않았다. 점검한 결과 자기진단기를 이용하여 각 실린더의 압축압력을 측정된 결과 모든 실린더의 압축압력이 규정값 13.8kg/cm²[11] 보다 떨어지는 현상을 확인하였다. 맵센서(Manifold absolute pressure)의 측정값은 400mmHg 정도로 흡기측의 진동도가 낮은 것으로 확인되었다. 실제로 공회전 상태에서 맵센서의 진공압력은 210mmHg 정도 측정되나 이러한 결과는 진공도가 너무 낮게 나온 것으로 공기라인의 부품이 손상으로 인해 외부에서 공기가 유입되거나, 관련 시스템의 오작동으로 인해 진공압이 낮은 결과가 나올 수 있다. 관련 라인을 확인한 결과 EGR(Exhaust gas recirculation) 밸브의 진공호스가 바뀌어 조립된 것으로 확인되었다. EGR 밸브를 작동하는 호스는 흡기측의 진공라인부에 연결되어 작동조건이 되면 진공압력에 의해 EGR 밸브가 개방되어야 한다. 그러나 이 호스가 다른 곳으로 조립되어 진공압력이 공급되지 않아 EGR 밸브도 작동되지 않고 다른 곳에서 진공이 누설됨으로써 엔진이 부조화 현상이 발생된 것으로 확인되었다. 이러한 현상에 의해 또한 각 실린더의 회전수가 40rpm 정도 감소하는 것을 확인하였다. 이 사례의 경우는 수리후 맵센서의 진공도가 210mmHg로 정상으로 된 것으로 확인하였다. Fig. 4는 엔진의 자기 진단기를 이용하여 압축압력을 측정한 사례를 보여주는 것

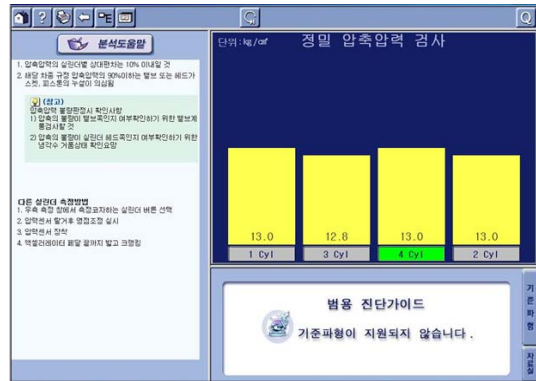


Fig. 4. Measurement example of cylinder compression pressure using self-diagnosis system.

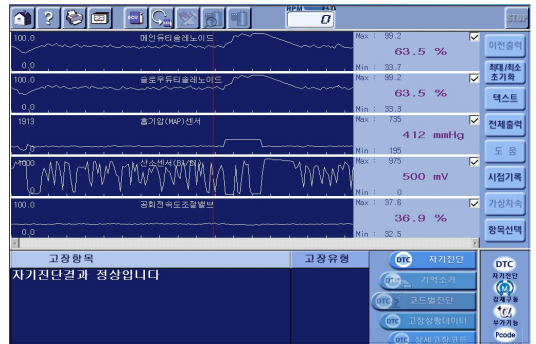


Fig. 5. MAP sensor pulse form using self-diagnosis system.

이다.

Fig. 5는 엔진의 자기 진단기를 이용하여 맵센서의 파형을 측정된 것을 보여주는 것이다.

3) 고찰

EGR 컨트롤 밸브와 연결되는 호스는 꺾임, 변형 등이 발생하였는지 세심하게 확인하고, 미세한 공기의 누설이 발생하는지 철저히 점검하여야 한다. 미세한 흡에 의해서 밸브가 열려 진공이 생성될 때 외부의 공기가 유입될 수 있으므로 주의하여야 한다.

3.3 산소센서 이종품 장착으로 인한 고장사례

1) 현상

자동차를 운전중에 80km/h 정도의 속도에서 운행하다 감속할 경우 급격하게 속도가 감소되는 현상이 발생하였다.

2) 분석

이 자동차는 시운전한 결과 80km/h의 주행속도로 운행하다가 주행 관성에 의해 50km/h의 속도로 감속할 경우 미세한 충격발생과 함께 급속히 속도가 떨어지는 현상을 확인하였다. 엔진의 자기진단기를 이용하여 측정된 결과 산소센서 회로 이상으로 출력되었다. 산소센서는 자동차의 배기가스 내에 산소의 농도를 측정하여 이 값을 전압으로 전환하여 엔진 컴퓨터로 보낸다. 이때 공연비(Air-fuel ratio)가 이론공연비(14.7(air) : 1(fuel))를 기준으로 하였을 때 공기의 양이 많게 되면 희박이라 하고, 연료의 양이 많게 되면 농후라고 한다. 이때 희박의 조건에서는 전압이 100mv 이하로 출력되고, 농후의 조건에서는 800mv 이상이 출력된다[10]. 일반적으로 산소센서의 출력값이 어느 일정한 값으로 고정되어 있거나, 매우 높거나 낮을 때는 센서 자체의 불량보다는 엔진의 이상 유무나 배선의 수분 유입 등도 확인해 보아야 한다. 물론 센서의 내구성이 떨어지거나 열에 의한 손상으로 인해 성능이 떨어지는 때도 파형으로 확인하여 이상 유무를 판단할 수 있다. 일반적으로 산소센서의 출력값이 낮게 나오는 때는 정상적인 공기와 연료의 비율이 기계적인 원인에 의해 상당히 차이가 나는 경우가 많다. 배기다기관에 산소센서를 설치한다. 이 센서는 배기가스와 대기층의 산소량을 감지하여 기전력의 차이로 산소농도를 감지하는데 산소센서가 정상 작동할 때는 산소량이 많고 적음을 반복적으로 아날로그 파형으로 출력된다. 그러나 산소센서가 정상 감지하지 못해 고장이 발생되었을 때는 출력 파형이 비정상적으로 출력되거나 전혀 파형이 출력되지 않는다. 이러한 현상에 의해서 배기부의 산소량 감지를 할 수 없게 되면 엔진의 배출가스 제어를 할 수 없게 되므로 엔진의 산소농도를 감지하기 못해 혼합기가 농후하게 되어 연료의 소모량이 더 많아져 연비가 악화될 수 있다.

이 사례의 경우에는 두 개의 산소센서 가운데 뒤쪽(Rear side) 산소센서가 다른 자동차의 산소센서로 오장착됨으로 인해 산소량을 감지하지 못해 감속시 급격하게 속도가 줄어든 것으로 확인되었다. 따라서, 이 사례의 경우에는 Fig. 6의 리어산소센서는 파형이 전혀 출력되지 않았으며, Fig. 7은 센서를 해당 자동차의 산소센서로 교환한 다음에는 정상적인 파형이 출력되었고, 고장현상도 제거된 것을 확인하였다.

3) 고찰

산소센서가 배기 매니폴드의 조립 상태가 잘 되어 있는지, 다른 자동차의 산소센서가 조립되어 있

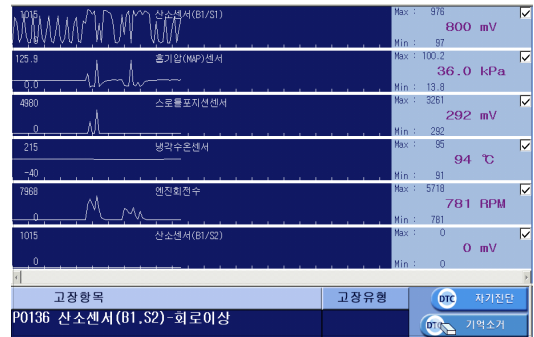


Fig. 6. Output data being failure in oxygen sensor.

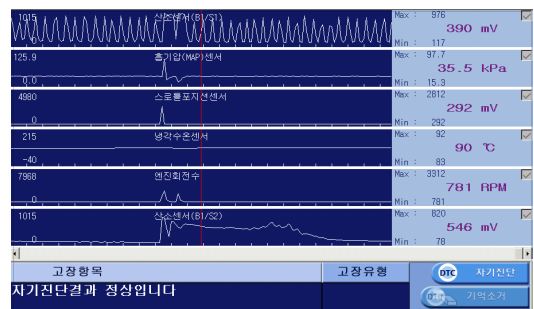


Fig. 7. Output data being good condition in oxygen sensor.

지 않은지, 센서부에 수분이 유입되지 않았는지, 센서의 커넥터 부위의 단선 등을 철저히 점검하여 최적의 작동상태가 되도록 관리하도록 한다.

IV. 결론

가솔린 엔진을 장착한 자동차의 배출가스에 관련된 고장 사례에 대한 현상을 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 첫 번째 사례의 원인은 PCSV가 공회전 상태에서 열리지 않아야 하나, 오작동되어 열림으로써 서지탱크로 증발가스가 유입되어 이것이 연료량이 농후한 것으로 측정되었고 이 결과 엔진의 ECU(Electronic control unit)에서 연료의 분사량을 줄임으로써 공회전시 엔진의 부조화 현상이 발생된 것으로 확인되었다.
- 2) 두 번째 사례의 원인은 EGR 밸브를 작동하는 호스가 다른 곳으로 조립되어 진공압력이 공급되지

않아 EGR 밸브도 작동되지 않고 다른 곳에서 진공이 누설됨으로써 엔진이 부조화 현상이 발생된 것으로 확인되었다.

3) 세 번째 사례의 원인은 두 개의 산소 센서 가운데 뒤쪽(Rear side) 산소 센서가 다른 자동차의 산소 센서로 오장착됨으로 인해 산소량을 감지하지 못해 감속시 급격하게 속도가 줄어든 것으로 확인되었다.

REFERENCES

- [1] Joseph M. Kotzan, "ON-BOARD Diagnostics for Emission Control System", SAE paper 911215
- [2] Satoshi Yamazaki, Shuichi Kubo, Takehisa Yaegashi, Toshiaki Tanaka, Katsuji Otsubo, E. Robert Fanick, "Effects of the Gasoline Composition and Emission Control Systems on Exhaust HC Emission", SAE paper 922182
- [3] C.Neuveu, "A Study of the Significance of Lubricant Viscosity in Blow-By Control", SAE paper 770375
- [4] Myma C. Sultan, Mark D. Kushion, Robert Wind, Charles H. Folkerts, Gregory P. Matthews, "Closed Loop Canister Purge Control System", SAE paper 980206
- [5] R. Gonzalez-Oropeza, B.J. Hill, A.E. Hassaneen, S. Samuel, D. Morrey, "Gasoline Engine Particulate Emission and Exhaust Gas Speciation", SAE paper 2009-01-2670
- [6] C. K. Kim, I. K. LEE, "Failure Case Studies of Sensors for Electronics Controlled Engine in LPG Vehicle", Journal of the Korean Institute of Gas, Vol.14, No.4, pp.56~61, (2010)
- [7] I. K. Lee, Y. G. Kim, C. H. Kook, "Study for Failure Cases on Engine Electronic Control Computer in Liquid Petroleum Gas Vehicle", Journal of the Korean Institute of Gas, Vol.15, No.6, pp.28~33, (2011)
- [8] I. K. Lee, S. H. Cho, H. G. Kim, S. C. Kim, "Study for Failure Examples of Injector, Idle Speed Actuator and Gasket in LPi System Vehicle", Journal of the Korean Institute of Gas, Vol.16, No.3, pp.48~53, (2012)
- [9] Hsiao-Lan Chang, Hai-Ying Chen, Kwangmo Koo, Jeffery Rieck, Philip Blakeman, "Gasoline Cold Start Concept Technology for Low Temperature Emission Control", SAE 2014-01-1509
- [10] Hyundai motor company, "construction of vehicle", (2010)
- [11] Hyundai motor company "EF SONATA workshop manuel-Engine", (2000)