KIGAS Vol. 15, No. 6, December, 2011
(Journal of the Korean Institute of Gas)

액화석유가스 자동차 엔진의 전자제어 컴퓨터의 고장사례 연구

†이일권 · 김영규* · 국창호
대림대학교 자동차공학과† · *한국가스안전공사
(2011년 10월 24일 접수, 2011년 12월 26일 수정, 2011년 12 월 26일 채택)

Study for Failure Cases on Engine Electronic Control Computer in Liquid Petroleum Gas vehicle

†Il Kwon Lee · Young Gyu Kim* · Chang Ho Kook
†*Department of Automotive Engineering, Daelim University College,*
**Korea Gas Safety Corporation*
(Received October 24, 2011; Revised December 26, 2011; Accepted December 26, 2011)

요 약

이 논문의 목적은 LPG 자동차의 전자제어에 대한 요소의 하나인 컴퓨터에 대한 고장사례를 찾아 분석하고 연구하는 것이다. 첫 번째 사례는, 엔진의 ECU가 슬로우 컷 솔레노이드 밸브에 작동 신호를 미입력하여 공회전 조절 액추에이터로 연료보정을 제대로 할 수 없어 엔진의 시동이 꺼지는 현상을 확인하였다. 두 번째 사례는 점화코일의 배선 녹음현상 및 ECU 내부의 트랜지스터(Transistor)가 열에 의한 소손으로 인해 운행중 엔진 부조화 현상 및 역화 현상이 발생한 것을 확인하였다. 세 번째 사례는 엔진의 ECU 회로판 내부의 수분유입으로 인해 전기가 누전되거나 과전류가 흘러 엔진의 어떤 시스템을 오작동 시키거나 엔진의 작동을 멈추게 하는 현상을 확인하였다. 따라서, 이러한 엔진 컴퓨터의 오작동 신호나 내부의 손상과 수분에 의한 부식현상이 생기지 않도록 철저한 품질확보를 통해 컴퓨터의 내구성과 신뢰성을 높여야 할 것으로 판단된다.

Abstract - The purpose of this paper analyzes and studies to improve the failure cases on the computer that one of electronic control elements for engine in liquified petroleum gas vehicle. The first case, it certified the non-starting phenomenon of engine that it's electronic control unit didn't control the fuel for idle speed actuator because of no given action signal in slow-cut solenoid valve. The second case, it knew the bad condition phenomenon of engine and back-fire by the wire melting of ignition coil and firing of transistor being inside ECU. The third case, it certified the action stoping phenomenon of engine and malfunctioning signal for engine ECU because of leakage of current and an excess current by moisture inflowing inside ECU curcuit plate. Therefore, it is thought that will elevate the durability and reliability of engine computer throughout procure of quality.

Key words : engine ECU, slow cut solenoid valve, transistor, furious flames phenomenon

Ⅰ. 서 론

자동차를 제어하는 데 있어 컴퓨터의 제어기술은 급속하게 발전하고 있다. 이러한 컴퓨터 제어 기술은 자동차 산업을 융합기술로 이어주는 연결고리 역할을 하고 있다. 따라서 이러한 자동차를 제어하고 변화시키는 기술은 여러 가지 분야에서 서로 보완하고 상호 발전해야만 가능하다고 할 수 있다.

자동차를 효과적으로 제어하기 위해 엔진의 노킹(knocking), 분사 및 자기진단(diagnostic)을 위한 엔진의 관리시스템(engine management system)에 대한 연구가 진행되었다[1,2]. 또한, 자동차 엔진에서의 배기

†주저자:iklee@daelim.ac.kr

가스를 감소시키고 연비를 개선하기 위한 목적으로 엔진 컴퓨터의 개발은 활발하게 연구되어 왔다[3]. 이러한 엔진과 변속기를 제어하는 컴퓨터는 주행중에 발생되는 소음과 진동 및 주행조건에서 생기는 현상에 대하여 충분한 내구성이 있어야 한다[4]. 가솔린 엔진과 달리 LPG(liquefied petroleum gas) 자동차의 경우에는 가스 압력을 제어하기 위해 엔진의 컴퓨터에 가스 압력 제어기능을 추가해야 한다[5]. 이러한 추세에 의해 자동차를 제어하는 데 있어 컴퓨터의 제어 기술은 급격하게 변화하고 있다. 따라서, 컴퓨터의 기능을 강화하기 위해 개발과 운영(management)을 위한 새로운 연구를 끊임없이 하고 있다[6]. 엔진 컴퓨터에 대하여 자동차 메이커와 시스템 개발자들은 자동차의 연비, 운전성능, 자기진단기능 등을 향상시키기 위해 새로운 연구를 진행하고 있다[7]. 자동차의 컴퓨터에 대한 신뢰성을 높이고 내구성을 향상시키기 위하여 새로운 알고리즘(algorithm) 개발을 위한 시도도 꾸준히 진행되고 있다[8,9]. 최근에는 동력전달장치와 자동차 시뮬레이터(simulator)에 전자제어 컴퓨터(electronic control unit)시험 벤치(bench)를 장착하여 복잡한(sophisticated) 컴퓨터의 기술을 발전시키고 있다[10]. 또한, 자동차의 각 시스템을 제어하는 통신은 캔(CAN) 통신, 랜(LAN) 통신 등 다양한 통신 네트워크 시스템이 적용되고 있다[11]. 이러한 시스템은 자동차의 각 시스템의 전자제어를 보다 더 세밀하고 다양하게 제어하는 것이 가능하도록 하는데 커다란 역할을 하고 있다.

자동차는 여러 가지 복잡한 제어기술을 적용함으로써 편리하고 안락한 반면에 시스템이 매우 복잡해져 시스템 전체적으로는 복잡하고 내구성이 떨어질 수 가 있다. 특히 많은 배선으로 인해 배선의 단선, 단락과 접촉불량에 의한 문제, 배선의 소손으로 인한 내구성 악화, 컴퓨터로의 수분유입으로 인한 전기적인 문제 등의 여러 가지 문제가 발생할 수 있다.

따라서 이 논문은 액화석유 가스 자동차 엔진의 전자제어 시스템을 제어하는 컴퓨터에서 발생되는 고장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 이론적 배경

2.1. 전자제어 엔진 컴퓨터의 개요

엔진 컴퓨터(engine computer)는 연료분사 제어, 공연비 제어, 점화제어, 공회전속도 제어, 배기가스 제어, 연료펌프 제어, 페일세이프(fail-safe)제어, 자기진단기능, 통신 등 다양한 제어 기능을 한다.

엔진을 제어하는 마이크로컴퓨터도 일반적인 컴퓨터의 구성과 동일하다. 즉, 입력, 출력 및 연산과 제어기능을 하는 프로세서, 기억장치 등으로 구성된다.

2.2. 컴퓨터의 작동

센서로부터 받아들인 정보는 입력장치에 의하여 컴퓨터가 처리할 수 있는 형태로 변환되고, 마이크로프로세서에 공급된다. 마이크로프로세서는 입력 신호를 표준화하고 계산을 수행하여 기준 데이터와 비교하며, 롬(read only memory; ROM)에 저장할 프로그램을 기초로 하여 최종 결과를 결정한다. 이 때 롬은 데이터를 일시적으로 저장하기 위해 사용된다. 프로그램의 최종 결과는 출력장치에 보내지며, 출력장치는 액추에이터를 작동할 수 있도록 신호 변환을 한다. 이 때 센서 신호와 스위치 신호가 입력되면서 시작하여 엔진의 시동을 걸 때 제어, 공회전을 할 때 제어, 연료분사량과 점화시기 등을 연산하여 적절한 시기에 각각의 액추에이터에 출력신호를 보낸다. 또한 센서의 아날로그 신호의 처리를 위하여 아날로그(analogue) 신호를 디지털(digital)로 변환 처리를 한다[12].

Ⅲ. 엔진 ECU(engine electronic control unit)의 고장 해석

3.1. 측정

Fig. 1은 엔진튜업(engine tune-up)테스터기를 이용하여 자동차 센서부의 파형을 측정하는 예를 보여주는 것이다. 이 시험장비는 국내 자동차의 전자제어 시스템의 고장진단, 센서 출력값 및 시뮬레이션을 할 수 있는 GIT 사의 자동차 진단장비를 사용하였다[13]. 이 장비는 자동차에 장착되어 있는 센서의 값이

Fig. 1. Engine tune-up tester for pulse form on vehicle engine control

컴퓨터에 입력되어 액추에이터를 제어하는 파형 및 고장진단을 디스플레이하는 상태를 찾아 원인을 확인할 수 있다. 즉, 측정된 파형의 상태를 분석하여 차량의 고장 원인을 찾는 역할을 한다.

3.2. 고장사례

3.2.1. 컴퓨터 신호 미입력에 의한 사례

1) 현상

운전자가 차량을 운전하는 동안 자동차의 시동이 간헐적으로 꺼지는 현상이 발생하였다.

2) 분석

이 자동차는 196,210km를 주행한 차량으로 자동차의 전자제어 시스템을 점검하기 위해 자기진단 점검을 하였으나 정상으로 확인되었다. 또한, 시운전을 하여 점검을 한 결과 운전을 할 때 차량의 가속상태는 정상이었으며, 자동차가 정지상태로 되었을 때 시동이 꺼지는 현상이 발생하였다. 반복적인 시운전을 하였을 때 이러한 현상이 간헐적으로 재현되는 것으로 확인되었다. 메인듀티(main-duty) 솔레노이드 밸브를 이용하여 공기와 연료의 혼합비를 조절하였다. 그러나 동일한 현상이 재현되면서 엔진의 부조화 현상이 발생되며 시동이 꺼지는 현상이 계속적으로 발생되었다. Fig. 2는 LPG 자동차에 공급되는 연료의 흐름을 제어하는 시스템의 메커니즘을 보여주는 것이다.

점검한 결과 연료계통의 이상으로 판단되었으나 간헐적인 증상이므로 진단장비를 장착하여 파형을 분석하여 보았다. Fig. 3에서 보면 시동이 꺼지는 시점에서 슬로우 컷 솔레노이드의 작동이 차단되는 것을 확인할 수 있다. 슬로우 컷 솔레노이드 연결 커넥터를 빼어 확인할 결과 엔진의 부조화를 수반하며 시동이 꺼지는 현상이 재현되었다. 이 때 시동지연 현상이 발생하여 솔레노이드에 직접 전원을 흐르게 한 다음 시동을 걸었을 때 정상적으로 시동이 걸리는 것을 확인하였다.

이 자동차는 이 현상을 제거하기 위해 액 · 기상 솔레노이드 밸브, 베이퍼라이저, 공회전 조절 액추에이터(idle speed control actuator) 및 스로틀 포지션 센서(throttle position sensor)를 교환 하였다. 그러나 간헐적으로 공회전 보상이 잘 되지 않는 현상이 발생되었다. Fig. 3에서 보면 엔진의 속도, 공회전조절 액추에이터 열림, 메인듀티 솔레노이드의 작동은 모두 정상이나 슬로우 컷 솔레노이드 밸브는 작동이 되지 않다가 작동되는 현상을 확인할 수 있다. 이와 같이 간헐적으로 슬로우 컷 솔레노이드 밸브가 작동하지 않음으로 인해 시동이 꺼지는 현상이 발생

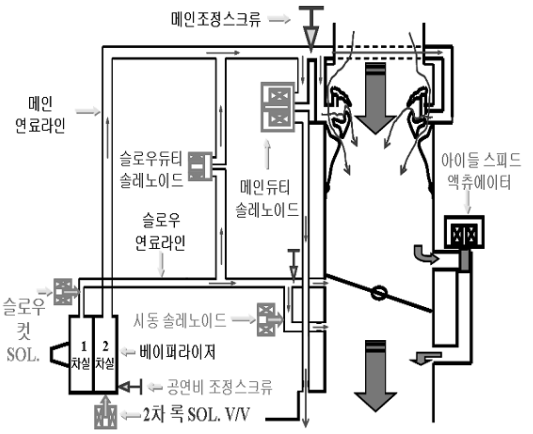

Fig. 2. Fuel flow mechanism of LPG vehicle

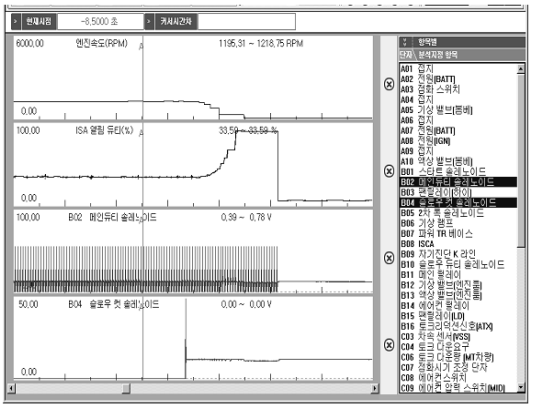

Fig. 3. Non-operating damage example of slow cut solenoid by engine ECU no-signal

될 수 있다. 액추에이터의 일종인 슬로우 컷 솔레노이드 밸브는 컴퓨터에서 작동하는 신호가 입력되어야 작동된다. 그러나 Fig. 3의 파형에서 보면 엔진 컴퓨터(electronic control unit) 신호가 미입력되는 것을 확인할 수 있다.

3) 고찰

엔진이 공회전 상태에서는 슬로우 듀티 솔레노이를 통해 메인듀티를 보정하고, 관성주행 상태에서나 시동을 걸었을 때는 시동 솔레노이드를 통해 연료를 보정한다. 또한, 슬로우 컷 솔레노이드 밸브의 작동 차단 조건은 차속이 192km/h 정도되었을 때 또는

엔진의 회전수가 5,800rpm까지 도달하였을 때이다 [14,15,16]. 일반적으로 공회전에서는 메인듀티의 보정으로 사용되나 이 차량의 경우에는 공회전 장치에도 문제가 있었던 것으로 볼 때 공회전 조절 액추에이터와 함께 연료보정을 제대로 해주지 못하는 상태에서 엔진의 시동이 꺼진 것으로 판단된다. 따라서 이 자동차는 엔진의 ECU가 슬로우 컷 솔레노이드 밸브 작동 신호를 주지 못하는 것을 확인하였고, 엔진의 ECU을 교환한 다음 차량은 정상적으로 작동되었다.

3.2.2. ECU 내부소손으로 인한 엔진 부조화 및 역화로 인한 고장사례

1) 현상

자동차가 운행중 정지하였을 때 엔진의 부조화현상 및 역화현상이 발생하였다.

2) 분석

이 자동차는 79,590km를 주행한 차량으로 정비이력을 확인한 결과 점화코일 5회, 타이밍 벨트 및 실린더 헤드를 교환한 것으로 확인되었다. 자기 진단기를 이용하여 점화 파형을 확인하기 위해 진단하였으나 점화파형이 출력되지 않았다. 점화코일을 분리한 다음 단품 및 배선을 점검한 결과 배선은 열화상태로 배선의 피복부가 녹아 있는 것을 확인하였다. 또한 ECU를 분리한 결과 내부의 트랜지스터(Transistor)가 열에 의해 소손이 되어 있었다. Fig. 4에서는 6번 실린더의 파형이 출력되지 않는 것을 확인할 수 있다. Fig. 5는 커넥터 단자의 열화 현상을 보여주는 것이다. Fig.6은 엔진 ECU 내부에 있는 파워 트랜지스터(transistor ; TR)가 열화 현상에 의해 손상된 사례를 보여주는 것이다.

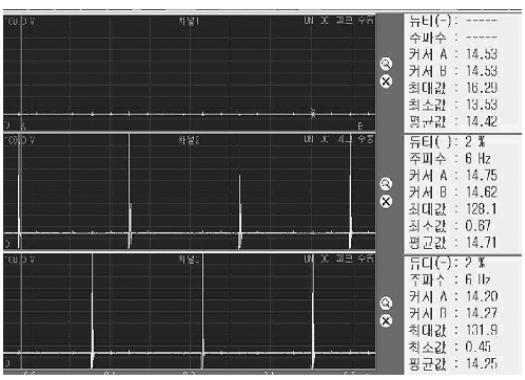

Fig. 4. Pulse output example of number 6 cylinder

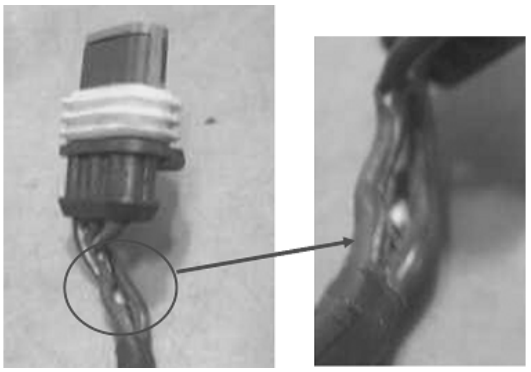

Fig. 5. Wire furious flames phenomenon of short

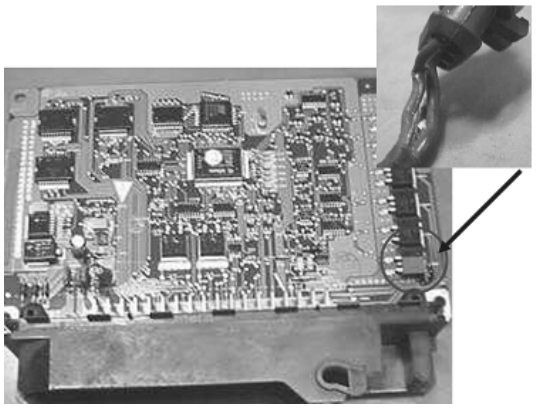

Fig. 6. Furious flames phenomenon example of engine ECU TR

3)고찰

엔진이 부조화 현상을 일으킬 때 일반적으로 고장진단을 할 때 점화시스템의 문제로 진단할 수 있으나 파형을 확인하여 보고 진단해야 한다는 것을 이 사례를 통해 확인할 수 있었다. 따라서 여러 가지 고장의 원인이 될 수 있는 다양한 사고의 진단을 하여야 할 것으로 판단된다.

3.2.3. ECU 내부 부식으로 인한 엔진 시동불량 사례

1) 현상

운전자가 자동차의 시동을 걸었으나 시동이 걸리지 않는 현상이 발생하였다.

2) 분석

이 차량은 64,291km를 주행한 차량으로 자기진단을 한 결과 정상으로 확인되었다. 점검한 결과 시동

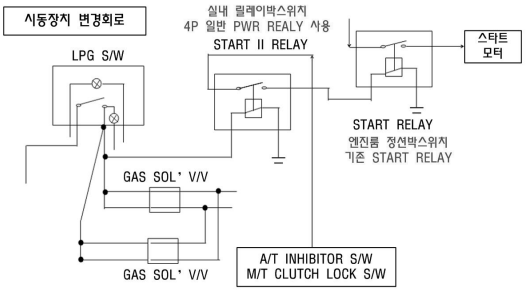

Fig. 7. Circuit diagram example of starting system

모터가 엔진을 초기에 돌려주는 크랭킹(cranking)이 되지 않았다. 운전자가 차량의 시동을 걸게 되면 초기에는 시동모터가 엔진을 돌려주어야 엔진이 작동되고 이후 연소실에서 혼합기 연소에 의해 엔진은 반복적으로 작동된다.

Fig. 7은 이러한 고장 사례의 회로도를 보여주는 것이다. Fig. 8에서 보면 스타트릴레이가 2개 장착된 것을 확인할 수 있다. 이것은 LPG 스위치가 꺼진(Off) 상태에서 장시간 크랭킹으로 인한 스타트 모터 소손을 방지하기 위한 것이다. 스타트릴레이 II를 점검한 결과 코일의 전원측 신호가 입력되지 않았다. LPG 스위치를 점검한 결과 스위치 전원의 신호가 입력되지 않았다. 또한, 엔진룸 정션박스의 스타트 릴레이를 점검하여 본 결과 코일 전원측의 신호가 입력되지 않았다. 따라서 이와 같은 상태에서는 크랭킹이 불가능하다. 이 자동차는 LPG 스위치에 전원을 공급하는 컨트롤 릴레이가 작동하지 못함으로써 스타트 모터까지 작동하지 못했던 것으로 판단된다. 또한, 관련된 퓨즈를 점검하였으나 이상이 없었고, 컨트롤 릴레이의 전원은 모두 정상이었다. 그러나 엔진의 ECU에서 제어신호가 입력되지 않았다. 엔진 ECU의 상태를 확인하기 위하여, 엔진 ECU 커넥터에서 직접 접지신호를 주었을 때 정상으로 작동하여 시동이 걸렸다. 엔진 ECU의 내부를 확인하였을 때 수분이 유입되어 부식된 것을 확인하였다.

Fig. 8은 엔진 ECU 내부에 습기에 의해 부식된 사례를 보여주는 것이다. 엔진의 ECU 내부에 수분이 유입되면 수분에 의해 엔진 내부의 회로판을 통해 전기가 누전되거나 과전류가 흘러 엔진의 어떤 시스템을 오작동 시키거나 엔진의 작동을 멈추게 한다.

3)고찰

엔진의 컴퓨터는 자동차의 제어를 위해 매우 중요한 부품이다[17]. 이러한 부품에 습기가 발생하면 제어중 차량의 오작동이 생기거나 안전사고를 유발할 수가 있다. 이러한 문제를 최소화하기 위해 차량의 각 컴퓨터에는 습기가 유입되지 못하도록 밀봉(Sealant)하거나 분해를 할 수 없는 구조로 제작되고 있다. 따라서, 이러한 현상이 발생하였을 때는 습기의 정도를 점검후 교환하거나 습기를 반드시 제거하여 안정성을 점검하여야 한다.

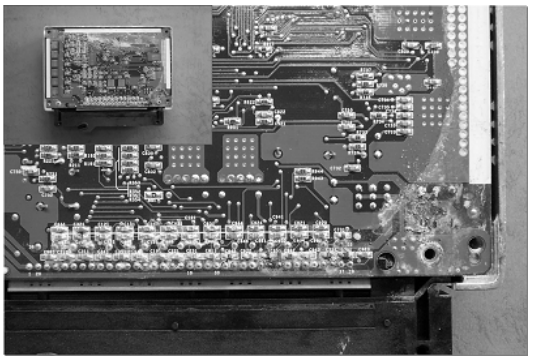

Fig. 8. Internal erosion example engine ECU by moisture penetration

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 액화석유 가스 자동차의 엔진 컴퓨터의 고장사례를 사례별로 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 엔진의 ECU가 슬로우 컷 솔레노이드 밸브에 작동 신호를 미입력하여 공회전 조절 액추에이터와 함께 연료보정을 제대로 할 수 없어 엔진의 시동이 꺼지는 현상을 확인하였다.

2) 점화코일의 배선 녹음현상 및 ECU 내부의 트랜지스터가 열에 의한 소손으로 인해 운행중 엔진 부조화 현상 및 역화 현상이 발생한 것을 확인하였다.

3) 엔진의 ECU 회로판 내부의 수분유입으로 인해 전기가 누전되거나 과전류가 흘러 엔진의 어떤 시스템을 오작동 시키거나 엔진의 작동을 멈추게 하는 현상을 확인하였다.

참고문헌

[1] Ingo Gorile, " Electronic Engine Management at Bosch", SAE paper 840541

[2] F. Taglialatela, G. Moselli and M. Lavorgna, "Engine Knock Detection and Control using In-cylinder Pressure Signal and Soft Computing Techniques", SAE paper 2005-24-061
[3] G. Schmitz, U. Oligschlager, G. Eifler and H. Lechner, "Automated System for Optimized Calibration of Engine Management Systems", SAE paper 940151
[4] Engene Daunis and Allen Burmeister, "Report on Testing of Engine and Transmission ECU's Fiele Services Pumping Equipment", SAE paper 861171
[5] Flavio Corradini and Maurizio Togninelli, "Gas Pressure Regulation to Drive LPG/CNG Systems with Standard Gasoline ECU", SAE paper 2003-01-0709
[6] Klaus Lamberg, Jobst Richert and Rainer Raschert, "A New Environment for Integrated Development and Management of ECU Tests", SAE paper 2003-01-1024
[7] Andre Rolfsmeier, Jobst Richert and Robert Leinfellner, "A New Calibration System for ECU Development", SAE paper 2003-01-0131
[8] Mirko Conrad, Sadegh Sadeghipour and hans-Werner Wiesbrock, Automatic Evaluation of ECU Software Tests" SAE paper 2005-01-1659
[9] Christian D. Lemm and Detlef Zerfowski, "Reliability Engineering in Automotive Industry for the Local Market", SAE paper 2009-28-0026
[10] W. James Allen and Pierre Grondin and Alan Soltis, "Development of a Model-Based Powertrain and Vehicle Simulation for ECU Test Benches", SAE paper 2006-01-1602
[11] M. ploger, J. Sauer and M. Budenbender., etc, "Testing Networked ECUs in a Virtual Car Environment", SAE paper 2004-01-1724
[12] 현대자동차, "정비교육교재-전자제어엔진", (2001)
[13] GIT, "Hi-DS 장비사용법", (2009)
[14] Maintenance manual of Hyundai Motors, (2008)
[15] Maintenance manual of Kia Motors, (2008)
[16] Maintenance manual of GM Daewoo Motor, (2008)
[17] Il Kwon Lee, et al., "Automotive Failure Diagnosis", Sun Hak, (2002)