

OBD에 기초한 승용차 엔진의 고장유형 분석과 진단 사례 연구

민종식¹, 승삼선^{1*}

A case study on troubles analysis and diagnoses of passenger car's engine based on OBD

Jong-Sik Min¹ and Sam-Sun Seung^{1*}

요약 본 논문은 OBD(On-Board Diagnostics)를 통해 얻은 데이터(직접 취득 128대, 관련 사이트 획득 데이터 1,114대)를 토대로 승용차 엔진의 고장 유형별 분포를 분석하고, 이를 다시 승용차 엔진의 계통별 및 복잡한 경우의 고장 현상으로 구분하여 그에 따른 대표적인 진단 사례 방안을 제시하고 있다. 그 결과, 고장 유형별 분포는 공회전시 부조가 32%(394대), 가속 불량률이 21% (261대), 주행중 시동 꺼짐이 19%(234대), 시동 불량률이 11%(133대), 연비 불량률이 9%(116대), 출력 부족이 8%(104대)의 순으로 나타났다. 또한 고장 현상을 입력, 제어, 출력, 기계적인 계통으로 나누어 분석하여본 결과, 계통별 고장현상 및 진단에서는 단순 부품에 의한 고장은 진단하는데 크게 어렵지 않으나 제어 계통에서는 복합적인 문제가 발생되면 OBD와 연계된 전용장비로 해당구간을 취하여 데이터를 얻어 파형을 겹쳐보는 등의 방법을 이용하여 분석함으로써 대표적인 진단사례 방안을 제시할 수 있었다.

Abstract In this study, we have performed a systematic case study on troubles and diagnoses of passenger car's engine based on OBD. We have acquired 1,242 data in order to analysis accurate troubles' causes and apposite diagnoses. 128 data of them are got using OBD apparatus, and the rest of them are collected on related website. As results, distribution on trouble cases shows bad idling(32%), poor acceleration(21%), stop in running(19%), faulty start(11%), inferior fuel economy(9%), and insufficient power(8%) in order of magnitude. And in the systematic cases, it is not difficult to detect troubles in a single part. But we know that special apparatus such as multichannel scanner is needed in complicated troubles. Furthermore we think that the survey is continued in various ways for more systematic case study on troubles and diagnoses.

Key words : ECU(전자제어 유니트), OBD(On-Board Diagnostics), CKP(크랭크각 위치 센서), CMP(캠각 위치 센서), TPS(스로틀 위치 센서), ISC(아이들 스피드 컨트롤), WTS(냉각수 온도 센서)

1. 서론

자동차에 적용되는 전자제어 시스템은 환경문제 및 안정성을 비롯하여 카 멀티미디어 등 새로운 교통 시스템의 요구에 따라 급속히 확대되고 있다. 이와 같이 전자 기술을 제어하기 위하여 마이크로 컴퓨터를 자동차와 같은 장치나 시스템에 탑재하는 것을 Embedded System이라 하며,[1] 특히 자동차 엔진 전자제어는 EMS(Engine Management System)로 불리고 있다.[2] 이의 발달은 각국의 배기가스 규제와 저연비화 요청에 부응하여 자동차 제작사에서 고정밀

도의 전자제어 시스템이 장착된 자동차를 생산하고 있고, 동시에 새로운 기술을 적용시켜 나감으로써 이루어지고 있다. 하나의 자동차가 제작되어 운행에서 수명을 다하기 까지는 성능 유지를 위한 점검 및 정비와 관리가 필요하며, 이에 필요한 전자제어에 의한 엔진 고장 진단을 위한 장비(이를 총칭하여 OBD, On - Board Diagnostics라 한다)나 공구가 많이 보급되어 있다. 그러나 신차종과 새로운 기술이 너무 빠르게 적용되고 제품화되어 자동차에 장착되어 나오고 있기 때문에 정비업체로서는 이들 차량에서 발생하는 고장에 따른 정확한 진단을 하기에는 어려움이 많을 수밖에 없다. 더욱이 현업 종사자들에 있어서는 그에 따른 신 기술 교육이나 장비 활용법 등이 제때 이루어지고 있

¹강원대학교 공학대학 기계-자동차공학부
*교신저자: 승삼선(ssseung@Kangwon.ac.kr)

지 않기 때문에 고장 진단에 있어 오류가 많아지고, 재작업으로 인한 시간과 비용 증가, 정비 불량으로 인한 교통사고 발생원인 제공, 환경오염 문제 등 많은 문제들이 복합적으로 유발되고 있다. 물론 자동차 전자제어를 위한 전기전자 기초 및 파형 데이터 분석과 관련하여 국내에서 출판된 서적은 여러 종류가 있다.[3]-[6] 그러나 기존에 출판되어 있는 서적에서는 기초적인 내용 내지 단품 위주의 고장 증상에 대한 내용을 주로 다루고 있어 체계적이지 못한 부분이 있다고 판단된다. 그들의 내용을 보면, 각각의 센서에 대한 파형을 정상 파형과 비정상 파형으로 단순 비교, 단품에 대한 고장 판단조건과 고장발생시 가능한 현상, 블랙박스 파형 보는 법 및 저장법 등이다.

따라서 본 연구에서는 OBD에 기초하여 직접 취득한 데이터(128대)와 관련 사이트(1,114대)[7]에서 수집한 데이터를 토대로 차량에 장착된 ECU 제작사별 적용 분포와 고장 현상별 유형 분포를 살피고, 이를 계통별 고장 현상 및 복잡한 경우 등으로 나누어 전자제어와 관련된 승용차 엔진의 체계적인 고장 및 대표적인 진단 사례 방안을 제시하고자 한다.

2. 엔진 전자제어 시스템의 개념과 데이터 취득장치

2.1 연료분사방식과 엔진전자제어 시스템의 개념

그림 1은 자동차 엔진 제어 시스템에서 현재 많이 사용되는 승용차 시스템의 ECU를 중심으로 입·출력 부분으로 나누어 나타낸 것이다.[8] 오늘날 대부분의 승용차는 시스템에 따라 약간씩 차이는 있지만 대부분 그림 1과 같은 전자제어 시스템을 장착하고 주행 상태에 대응하여 고효율, 저연비, 저배기가스 배출을 위한 제어 시스템이 주류를 이루고 있다.

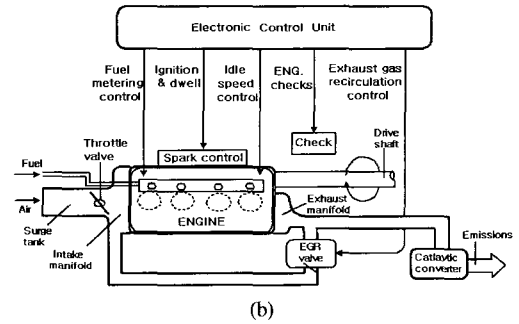


그림 1. EMS의 개략도. (a)입력 센서 → ECU (b)출력 신호 → 액추에이터

그러나 제조회사마다 제어시스템 별로 다른 종류의 EMS를 사용하므로 자동차의 종류에 따라 특성과 제어 알고리즘이 다르며, 시스템도 다르게 구별되어진다. 따라서 실제 차량에서는 제어 시스템 별로 같은 차종이라도 센서나 액추에이터 또는 부품의 추가 및 삭제와 변경이 되기도 하고, 구성품의 명칭이 달라지기도 한다.

2.2 데이터 취득 장치와 실험 방법

그림 2는 실차에서 OBD에 기초한 데이터 취득을 위해 엔진과 데이터 취득장치가 연결된 개략도를 나타낸 것이다. 이 장치는 T 커넥터를 ECU와 센서 및 액추에이터의 입·출력 단자 사이에 연결한 후 ECU로 들어오는 센서의 신호와 ECU에서 액추에이터로 나가는 신호를 차량 정지시와 주행시 발생하는 고장 현상에서 원하는 구간을 모뎀으로 데이터를 받아 저장한 다음에 컴퓨터로 전송하여 취득할 수 있도록 되어 있다. 실험에 사용된 장비는 28개의 입·출력 데이터를 최대 10초간 2회 저장하여 분석할 수 있는 네스테크사의 카맨 아이다스를 사용하였다.

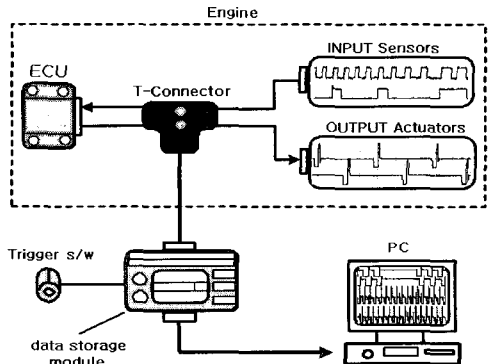
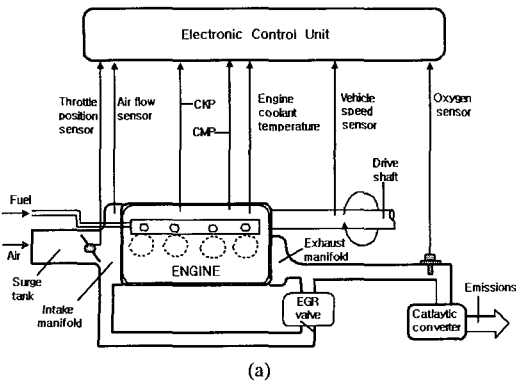


그림 2. 데이터 취득을 위한 실험장치 연결 개략도

본 연구에서는 그림 2에서와 같은 취득 장치에서 연구자가 직접 취득한 128대의 실차 데이터와 네스텍(주) 카맨샵 아이디스 게시판에 국내 700여개 체인점 현장에서 분석 의뢰로 올려진 1,114대의 실차 데이터를 사용하였다. 여기서 128대의 데이터는 2001년부터 2004년까지 저자들에게 의뢰가 들어온 차량들에서 데이터를 직접 취득한 것이다. 관련 사이트에서 취득한 1,114대의 데이터는 기존의 연구 자료가 아닌 전국의 카맨아이디스 사용업체에서 데이터는 취득하였으나 고장 원인이 밝혀지지 않은 데이터이다. 따라서 취득된 데이터는 일차적으로 고장 현상의 순위가 어떤 분포로 나타나는지를 분석할 수 있는 동시에 국내 자동차 제작사별 EMS를 중심으로 한 엔진의 기계적인 결함, 전자제어 시스템상의 결함, 또는 ECU 내부의 데이터 조율의 불량 관계와 분석에 따른 계통별 고장 현상과 대표적인 진단 사례 방안을 제시하기에 충분하다고 판단된다.

3. 엔진전자제어 시스템의 계통별 고장현상에 따른 진단사례

국내에서 적용되고 있는 승용차의 제어 시스템은 Bosch, Melco, Siemens, Denso, Delphi(Opel), Nissan 등 ECU 설계 회사에 따라 구분하고 있다. 그림 3은 데이터를 취득한 차량에 장착된 ECU제작사별 분포를 나타낸 것이다.

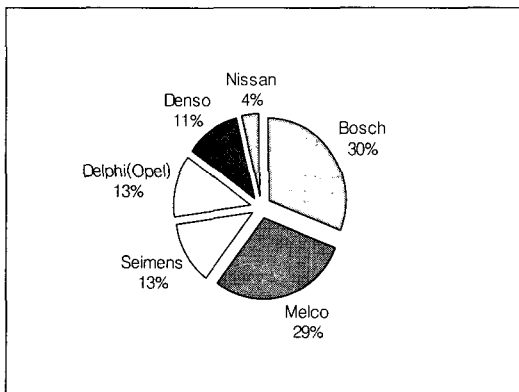


그림 3. 데이터를 취득한 차량에 장착된 ECU 제작사별 분포

그림 3에 나타난 바와 같이 Bosch와 Melco 시스템이 전체의 59%를 차지하고 있고, Siemens와 Delphi(Opel) 시스템이 각각 13%, Denso 시스템이

11%, Nissan 시스템이 4%인 것으로 나타났다. 그러나 같은 시스템이라도 ECU의 핀 단자 수, 차종, 엔진 형식, 배기량, 연료 종류, 변속기 방식 등에 따라 다르다. 더욱이 같은 제작사의 차종이라도 공기 유량을 검출하는 센서, 산소 센서, 크랭크각 위치 센서, 점화 방식, 아이들 컨트롤 방식 등 적용하는 센서와 액추에이터의 종류에 따라 제어 시스템이 달라지며, 자동차의 특성도 달라진다.[9]

본 연구를 위해 취득한 데이터를 중심으로 고장 유형을 계통별로 구분하여 보면 입력 계통, 제어 계통, 출력 계통, 기계적인 계통으로 구분할 수 있고, 고장 현상별로 보면 시동 불량, 주행 불량, 연비 불량, 공회전 불량, 시동 꺼짐, 가속 불량 등으로 구분할 수 있다.

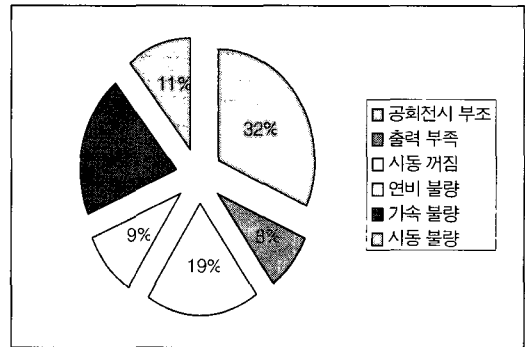


그림 4. 취득한 데이터에 따른 엔진의 고장 현상별 분포

그림 4는 취득한 데이터에 따른 고장 현상별 분포를 나타낸 것이다. 그림 4에서 보는 바와 같이, 공회전시 부조가 32%(394대), 가속 불량이 21% (261대), 주행중 시동 꺼짐이 19%(234대), 시동 불량 11%(133대), 연비 불량이 9%(116대), 출력 부족이 8%(104대)의 순으로 나타났다. 이러한 자동차의 고장은 단순 부품의 불량으로 나타나는 고장 현상도 있지만 운행 조건, 운전 방법, 운행 거리등 운행 시간의 증가에 따라 부품의 기능들에서 많은 변수와 편차가 발생하기 때문에 고장 현상으로 이어지는 것으로 판단된다. 또한 운전자의 습관이나 특정 기후, 특정 지역 등 자연 조건에 따라 누적된 결함 요소들이 고장 현상으로 나타나기도 하는 것으로 보여진다.

OBD와 연계된 자동차용 스캐너 진단 장비는 고장 진단 항목이나 서비스 데이터 항목이 자동차 ECU에서 내보내주는 값을 표시한다는 점에서 전용 튜입 장비와는 다른 점이라고 할 수 있다. 즉, 스캐너는 엔진 시동이 걸리지 않거나 시동시의 상황과 엔진 고회전 상태에서는 서비스 데이터를 보는 것이 불편하다.

왜냐하면 데이터의 값 자체가 ECU에서 보내주는 신호이기 때문에 ECU는 엔진이 고속으로 회전하면 엔진제어에 필요한 정보부터 우선적으로 처리하며, 스캐너에 표출되는 데이터 값은 디지털 디스플레이로 보이므로 짧은 시간에 파악할 부분을 지나쳐버릴 수도 있고, 보인다 하더라도 확실하게 보는 것이 어려울 수밖에 없다는 단점이 있기 때문이다. 앞에서 살펴본 고장 현상에 대해 취득한 데이터를 중심으로 계통별 고장 유형을 아래와 같이 분석하여 볼 수 있다.

3.1 입력계통

공기 유량 센서, 온도 센서, 산소 센서, TPS, CKP, CMP, 배터리 전원 등 엔진 상태를 ECU에 정보로 알려주는 센서들의 자체 불량이나 배선의 단선 등 문제가 지속적으로 발생했을 때는 일반적인 테스터나 스코프로 단품 점검을 하여 불량 유무를 알 수 있다. 그러나 주행 중 가끔씩 나타나는 경우에는 ECU에서 고장 진단 경고를 알려줄 경우에만 전용 스캐너로 진단 확인이 가능하고, ECU에서 고장 인식을 하지 못하지만 실제적으로 고장이 있는 경우에는 문제 해결에 있어 많은 어려움이 따르게 된다.

OBD에 기초한 데이터 분석 결과를 보면, 실제 차량에서 운전중 간헐적으로 울컥거리고 시동이 꺼지는 것과 같은 현상들이 입력 센서의 시그널 불량에 따른 결과로 대부분 나타나는 것을 볼 수 있다. 이런 현상은 지속적으로 나타나는 것이 아니라 가끔 한번씩 나타나므로 진단하는데 많은 어려움이 따르며, 현상이 나타날 때 그 상황을 데이터로 저장하지 않으면 원인을 알아내기 어려운 경우이다.

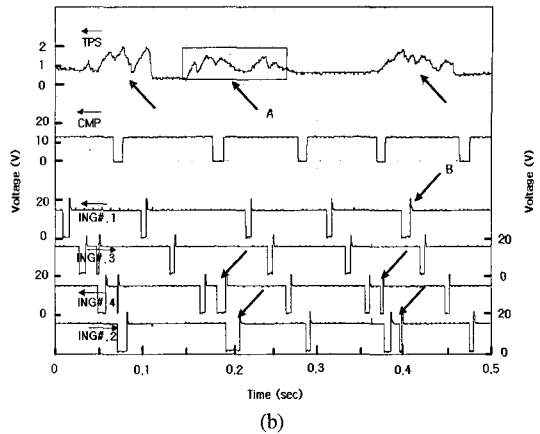
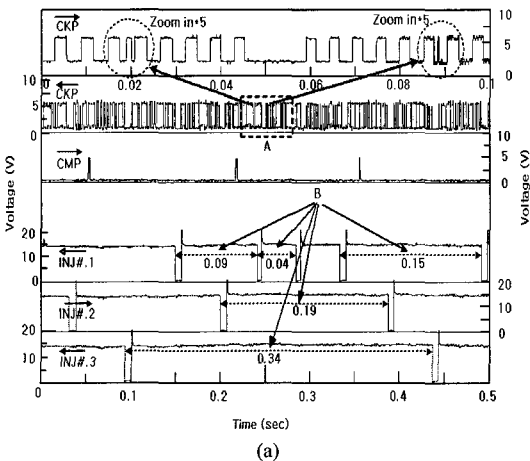


그림 5. 입력계통에서의 대표적 고장 유형 사례

그림 5는 이러한 경우의 사례를 나타낸 것이다. 그림 5에서 (a)는 CKP의 불량 시그널에 따른 인젝터 연료분사 시간의 불균일 현상이고, (b)는 운전자가 가속 페달을 밟지 않았음에도 TPS 시그널 불량을 ECU에서 그대로 받아들여 연료 분사시간과 분사량이 불량으로 나타나는 현상이다. 그림 5 (a)같이 입력 센서 중에서 빈번히 트러블을 일으키는 CKP의 경우는 센서 시그널에 그림에서 A 부분을 5배 확대한 부분에 나타난 것과 같은 잡음이 발생하게 되면, ECU는 시그널 갯수 판별불량(Tooth count error)에 의해 점화 시기나 연료 분사시기를 불량하게 B 부분에 나타난 화살표처럼 제어하는 결과로 나타난다. 이런 경우는 Optical type, Magnetic type, Hall type 센서 모두에서 발생되며 잡음 유입 외에도 전압의 불량에 의한 출력 신호의 미약이나 기계적인 불량에 의한 Tooth의 빠짐, Long Tooth 없음 등 다양한 트러블이 나타나는 것으로 분석되었다. 그림 5의 (b)에서는 입력 센서 중 하나로 중요한 TPS의 불량에 따른 원인으로 ECU에서 연료 분사량을 운전자의 의도나 차량의 주행 상태와는 관계없이 늘려주고 줄여주는 결과를 보여주고 있다. 이런 경우 저속이나 고속에서 급가속 불량이나 간헐적인 울컥거림이 발생되며, 이 같은 현상은 지속적으로 나타나는 경우보다는 비주기적으로 대부분 주행 중에 발생되므로 진단하기에 어려움이 많은 경우이다.

3.2 제어계통

ECU에서 제어하는 부분은 연료 분사시간과 분사시기, 점화시기, 드웰, ISC, EGR 제어, PCV 제어 등이 해당되며, 엔진의 출력과 성능에 직접 관련되는 부분들이다.

제어계통은 ECU 내부에서 발생하는 트러블이며, 이와 같은 현상은 엔진의 상태와 운전자의 의지를 알려주는 정보들이 입력되는 센서 값의 불량과 ECU 내부 프로그램 오류, 제어 구동 드라이브의 불량 등이 원인이 된다. 제어계통의 불량은 출력 결과를 보고 추론할 수 있으나 실제 ECU 내부의 어느 부분에서 무엇 때문에 발생하는지는 규명하기 어렵지만 접지 불량, 습기 유입, 충격전압 유입, ECU 내부 회로와 부품의 열화, 부식 등이 많은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다.

제어계통에서 트러블이 발생되면 간헐적인 부조, 시동불능, 가속불량, 연비불량, 유해배출가스 과다 발생 등이 나타나며, 이를 파형으로 분석하려고 해도 이해할 수 없는 이상한 현상이 보여지는 경우가 많다.

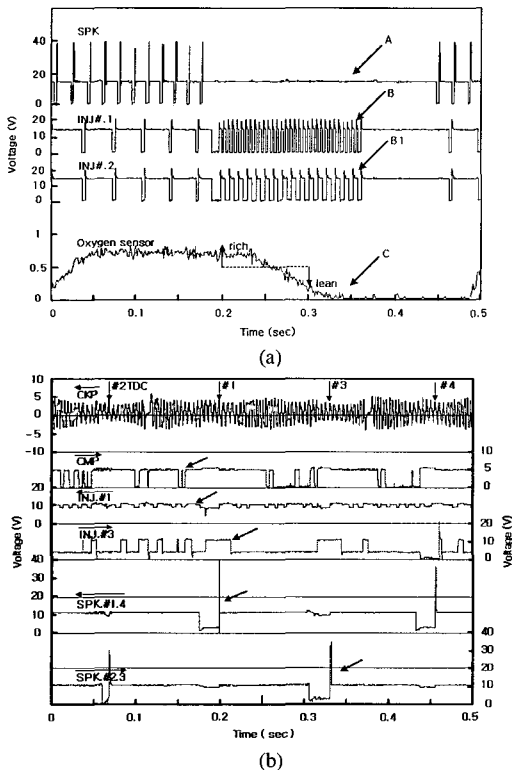


그림 6. 제어계통에서의 대표적 고장 유형 사례

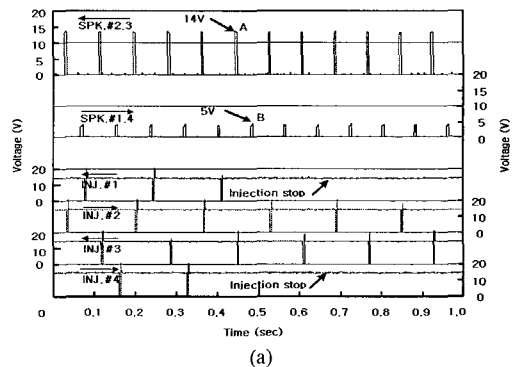
그림 6은 ECU 내부의 데이터 조율 불량과 ECU의 불량 사례를 나타내고 있다. 그림 6 (a)에서 A 부분을 보면 점화 신호가 나오다가 중단되고, 그 부분에 해당되는 인젝터의 B와 B1 부분의 분사 시기가 불규칙하게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 또 C 부분과 같이 산소 센서 신호가 희박으로 나오는 것은 A 부분에서 점

화신호 중단에 의한 실화로 연소실에 유입된 공기가 다량으로 배출되면서 산소 센서와 반응하여 나타나는 결과이며, 연료공급 희박은 아닌 것으로 판단된다. 산소센서는 입력 신호이므로 정상적으로 작동하는 것이 보이지만 제어의 결과인 출력 부분은 이해하기 어려운 현상으로 보여진다. 그러나 이를 종합하면, ECU 내부의 데이터 조율 불량으로 판단할 수 있다. 그림 6 (b)는 전형적인 ECU의 제어 불량을 보여준다. 결과를 살펴보면, CMP의 신호 불량으로 볼 수도 있으나, 인젝터와 점화 파형을 보면 ECU 내부의 접지 불량으로도 생각할 수 있다. 이처럼 ECU 내부 파워 접지 불량의 경우 출력 신호가 다른 센서의 신호 불량과 겹쳐 판단하기 어려운 형태로 불규칙하게 나타나는 경우가 있다. 그러나 결과로 얻어진 각 센서에 대한 데이터를 종합하여 보면 CMP의 신호 불량 또는 인젝터 자체의 불량이 아닌 ECU 내부의 접지 불량에 따른 제어 시스템의 불량으로 귀결됨을 알 수 있다.

3.3 출력계통

출력계통은 연료 분사시간과 분사량, 점화시기 드웰 시간, ISC 등으로 구성되어 있다. 출력계통 분석을 하기 위해서는 구동 부품의 기본 파형을 숙지하고 있어야 하며, ECU에서 출력신호를 주었을 때 실제 액추에이터가 ECU의 요구량만큼 작동했는지를 살펴봐야 한다. 또한 액추에이터 자체와 출력신호의 불량여부를 판단하는 것이 매우 중요하다. 이처럼 제어시스템의 출력 결과에 따른 구동계통을 분석하면 시스템 전체의 흐름을 파악할 수가 있다.

출력 부품의 불량으로 인한 고장 현상은 ECU 프로그램 오류나 노후로 인한 제어 불량 외에도 많이 발생한다. 이러한 경우는 시스템 전체의 흐름 파악과 더불어 시스템의 알고리즘이나 특성을 모르면 정확한 진단을 하기가 매우 어려워지게 된다.



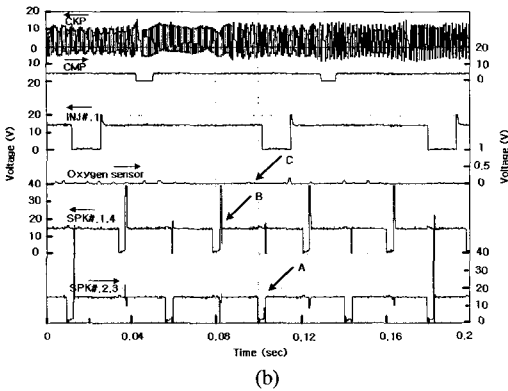


그림 7. 출력계통에서의 대표적 고장 유형 사례

그림 7은 출력계통의 이상에 따른 사례를 나타낸 것이다. 그림 7 (a)에서는 점화검출회로가 적용된 것으로 보이며 점화 2, 3번(A 부분)에 나타난 전압을 보면 점화신호가 정상이다. 그러나 점화 1, 4번(B 부분)에 나타난 전압은 불량으로 이에 따른 결과로 인젝터 1, 4번 실린더 데이터를 보면(화살표 부분) 분사 중단을 시키고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 7 (b)는 점화 코일 1, 4번에 나타난 파형과 비교하여 점화 코일 2, 3번의 피크 전압이 전혀 나타나지 않으므로 코일 불량으로 볼 수 있으며, 마그네틱 방식 CKP의 접지라인이 센서 시그널 중앙에 위치하지 않고 위로 치우쳐 있는 것을 볼 수 있는데 이러한 현상은 의외로 많은 차량에서 발생하는 문제인 것으로 조사되었다. 이는 센서 자체의 노후나 자력이 약해지면 나타나는 현상으로 잠재적인 제어불량이 원인인 것으로 분석되었다. 따라서 이러한 경우에는 시스템 특성을 모르는 상황에서 오실로스코프 2채널로 인젝터나 점화 코일을 단품으로 측정하였다면, 인젝터 불량 또는 연료를 분사를 시키지 않은 ECU 불량으로 판단하고 진단하는 오류를 범할 수도 있다. 즉, 점화 코일을 스코프로 측정하면 될 것으로 보이지만 DLI(Distributor Less Ignition)타입은 1, 4번과 2, 3번 실린더가 동시에 방전하며, 특히 2번과 4번 실린더는 점화코일이 플러그에 직접 결합되므로 특별한 장치를 통해 측정하지 않으면 스코프로 측정하기가 쉽지 않은 부분이다.

3.4 기계적인 계통

엔진 제어시스템에서 트러블은 입력, 제어, 출력계통 외에도 기계적인 계통에서도 발생하는 부분을 데이터 분석에 의해 확인할 수 있는 것으로 조사되었다. 이 부분에서 파형으로 분석 가능한 것은 크랭크 각 센서와 캠 각 센서를 이용한 점화 시기, 타이밍 벨트 상

태, 맵 센서 파형을 이용한 흡기밸브의 상태, 크랭크 각 센서의 각속도 변화를 이용한 엔진 회전 불균형, 산소 센서 신호 값에 근거한 각 실린더간 공연비 불량 등 많은 부분에서 활용이 가능한 것으로 나타났다.

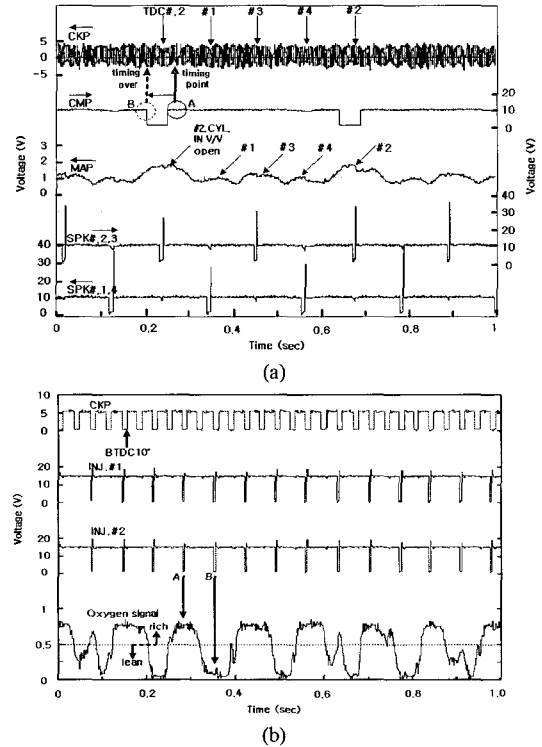


그림 8. 기계적인 계통에서의 대표적 고장 유형 사례

그림 8은 기계적인 계통에서 이상이 발생한 특정 차량의 사례를 나타낸 것이다. 그림 8 (a)의 경우는 아반테 차량으로 시동이 안 되어서 데이터를 취득한 결과이다. 이 차량의 흡입공기량 계측은 흡입 다기관 부압을 이용한 MAP Sensor방식으로 그림에서는 2번 실린더의 상태가 1, 3, 4번 실린더에서의 상태와 다를 수 있다. 즉, 이상이 있는 것으로 이의 이유는 피스톤의 손상, 유압밸브 불량, 밸브 휨 등으로 인한 서지 탱크내의 진공도가 불균일하게 변하기 때문이다. 아반테 차량같이 보쉬 55핀 시스템에 사용되는 CMP에서의 신호는 CKP에서의 신호의 Long tooth 1개 전인 A 부분에서 나와야 정상인데, 나타난 현상은 A에서 B만큼 틀어져 있음을 볼 수 있다. 이것 때문에 타이밍이 넘음으로 피스톤과 밸브의 간섭에 의해 밸브가 휘어져서 발생한 문제로 분석할 수 있다. 그림 8 (b)에서는 인젝터가 2회 분사할 때마다 산소센서 신호가 농후와 희박으로 바뀌는데 산소 센서가 변하는 폭

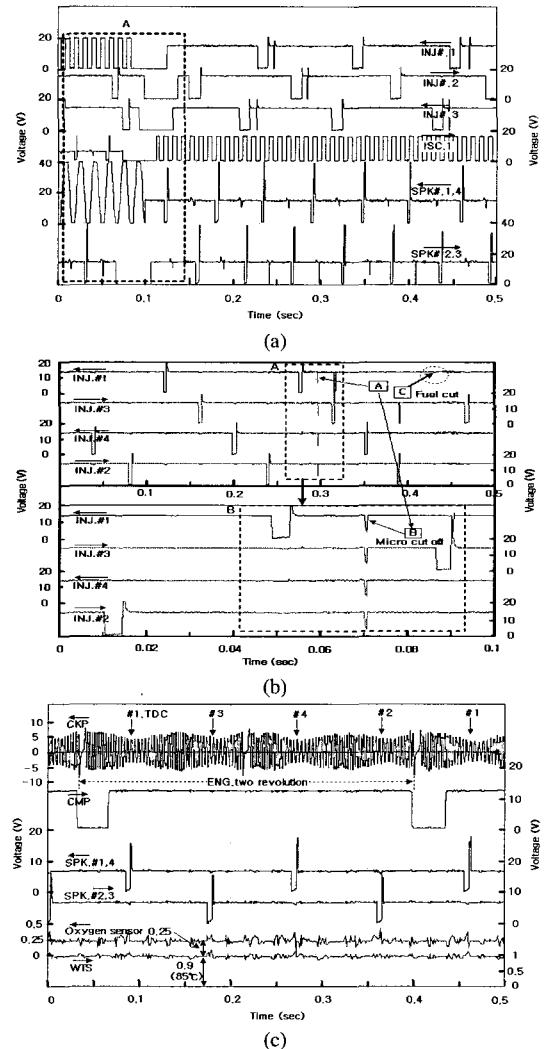
이 크므로 어느 특정 실린더에서 실화가 발생하는 것으로 추측되며, 점화 불량이나 인젝터의 막힘에 의한 것으로 보여진다. 이 데이터는 프린스 차량의 경우로 1, 4번과 2, 3번 실린더에 동시 분사하는 타입이므로 일반적인 연료 분사 시스템과는 조금 다른 인젝터 분사 파형이 나온다. 또한 크랭크 각 센서 시그널도 다른 시스템에 비해 반대로 나오므로 올라가는 시점이 상사점 전 10° 가 되며 캠 각 신호가 없는 것이 특징인 시스템이다.

4. 복잡한 경우의 파형 데이터 분석사례

복잡한 경우는 앞서 살펴본 입력, 제어, 출력, 기계적인 계통이 복잡되어 있거나, 현상이 순간적으로 나타나기 때문에 이상 파악이 어려운 경우를 뜻한다.

그림 9는 그러한 경우에 있어 취득한 데이터를 분석한 특정 차종별 사례를 나타낸 것이다. 그림 9 (a)는 가속불량 및 시동 꺼짐이 발생하는 엑센트 차량으로 부조 순간을 취득한 결과 데이터이다. A 부분을 보면 인젝터 1번 신호에 ISC 구동 신호가 나오고, ISC 구동 신호에는 인젝터 구동신호가 나오며, 점화 1, 4번 구동신호에는 크랭크 각 센서 출력 신호 비슷하게 나온다. 이처럼 출력 데이터가 섞여 나오지만 모두 출력구동신호이므로 ECU 내부의 제어불량으로 판단할 수 있다. 그림 9 (b)는 공회전 부조 현상을 보이는 프라이드 차량에서 취득한 데이터이다. 그림에 나타난 바와 같이 1번 인젝터의 C부분에서 분사 신호가 중단되고 있음을 볼 수 있는데 이것이 엔진 공회전 부조의 원인이 된다. 이 결과는 1차적으로 ECU의 제어 불량처럼 보이는데 A 부분을 확대하여 보면 B 부분에서처럼 순간 전원 차단 현상이 생기는 것을 볼 수 있다. 이렇게 되면 ECU는 연료 분사를 다시 재정렬(reset)시키면서 인젝터 구동을 잠시 중단 시키게 된다. 그림에서의 데이터는 0.1초와 0.5초 사이 구간에서의 파형만 정리하였지만 10초 구간을 저장한 파형 데이터에서는 여러 번 전원 차단 현상이 나타났으며, 그때마다 1번 또는 4번 인젝터 분사 신호가 잠시 빠져 있었음을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 현상의 최종적인 원인은 메인 릴레이 불량으로 ECU에 공급되는 전원이 차단되어 엔진 아이들 부조를 발생시킨 것으로 분석할 수 있다. 그림 9 (c)는 아반테 차량이며 아이들 불량, 가속 불량이 나타나는 현상으로 크랭크 각 센서 시그널을 보면 항아리 모양처럼 보이는데 이것은 엔진 회전속도가 불규칙함을 나타낸다. 즉, 각 실린더 압축

상사점(TDC) 부분의 신호가 작게 나오는 것은 해당되는 상사점의 앞 실린더에서 충분한 연소가 이루어지지 않아서 압축상사점으로 올라오는 피스톤의 속도가 느려지기 때문이다. 따라서 이 차량은 모든 실린더에서 연소불량이 발생되고 있는 것으로 판단된다. 모든 실린더에 실화가 발생하는 것의 원인은 연료 공급 계통 불량이나 점화계통 불량 등 연소에 공통으로 영향을 주는 부분으로 판단할 수 있다. 냉각수 온도 센서가 0.9V(85℃)로 엔진은 정상 온도가 되었지만 완전히 연소되지 못한 혼합기 중의 산소가 다량으로 배출되면서 산소센서와 반응하여 센서 출력 신호는 0.25V로 나타내고 있다. 따라서 ECU는 산소센서 신호를 기준으로 연료 희박상태로 판단하여 더 많은 연료를 연소실로 공급하는 것으로 분석할 수 있다.



[그림 9] 복잡한 경우에 있어서 대표적 고장 유형 사례

5. 결론

자동차의 엔진제어 고장진단을 함에 있어 무수히 많은 변수가 고장현상으로 연결되고, ECU 설계 메이커에 따라 진단방향이 많이 달라진다. 본 논문에서는 직접 취득한 데이터와 관련사이트에서 획득한 데이터를 기본으로 하여 OBD에 기초한 승용차 엔진의 계통별 고장현상 및 진단, 복잡한 경우의 고장 및 대표적인 진단사례 방안을 제시하고자 하였다. 그 결과, 고장 유형별 분포는 공회전시 부조가 32%(394대), 가속 불량이 21% (261대), 주행중 시동 꺼짐이 19%(234대), 시동 불량이 11%(133대), 연비 불량이 9%(116대), 출력 부족이 8%(104대)의 순으로 나타났다. 또한 고장 현상을 입력, 제어, 출력, 기계적인 계통으로 나누어 분석하여본 결과, 계통별 고장현상 및 진단에서는 단순 부품에 의한 고장은 진단하는데 크게 어렵지 않으나 제어계통에서는 복합적인 문제가 발생되면 OBD와 연계된 전용장비로 해당구간을 취하여 데이터를 얻어 분석함으로써 대표적인 진단사례 방안을 제시할 수 있었다. 따라서 복잡한 경우의 고장현상 및 진단에서는 단품으로 점검하는 것이 지금까지의 진단 방법이었다면, 앞으로는 OBD와 연계된 데이터 취득으로 시스템 전체의 흐름을 분석하고 차종마다 다르게 적용된 제어 시스템의 특성을 파악할 수 있는 진단 방법을 위한 사례 연구가 여러 관점에서 시도되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 菅沼英明, 佐藤浩司, "The Present of Embedded Systems Development for Automotive : Focused on Engine Controls", 情報処理學會誌, 第38卷 第10號, pp.892~897, 1997.
- [2] Michael Plint and Anthony Martyr, Engine Testing Theory and Practice, 2nd ed. SAE, pp.305~319, 1999.
- [3] 김철수, 이원섭, 자동차기관, 사이텍 미디어, pp.63~152, 1999.
- [4] 김필수, 백태실, 안영명, 파형분석기법, 골든벨, pp.241~322, 2002.

- [5] 최인호, 전자제어엔진2, 대하, pp.603~709, 1994.
- [6] 이봉우, 파형분석 실무사례, 경영사, pp.370~394, 2000.
- [7] <http://www.carmanidas.com>
- [8] William B. Robbins, Understanding Automotive Electronics, SAMS, pp.309~334, 1992.
- [9] 이봉우, 김필한, 안정철, 민중식, 권영호, 진병호, 김영하, 전자제어 프로의 길잡이, 경영사, pp.83~196, 2001.

민 증 식(Jong-Sik Min)

[정회원]



- 2000년 2월 : 삼척대학교 자동차 공학과 (공학사)
- 2005년 2월 : 삼척대학교 산업대학원 자동차공학과 (공학석사)
- 2001년 6월 : 차량기술사
- 2001년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 기계자동차공학부 겸임교수

<관심분야>
자동차 엔진제어

승 삼 선(Sam-Sun Seung)

[정회원]



- 1981년 2월 : 중앙대학교 기계공학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 중앙대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1991년 2월 : 중앙대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1996년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 기계자동차공학부 부교수

<관심분야>
열유체 유동 현상, 효과적인 공학교육 방법론