

논문 2011-48SC-2-2

차량 OBD-II 데이터를 이용한 연료 소모량 추정의 수식적 모델링 및 실증 분석

(Mathematical Modeling & Empirical Analysis for Estimation of Fuel Consumption using OBD-II Data in Vehicle)

이 민 구*, 박 용 국*, 정 경 권*, 유 준 재*

(Min Goo Lee, Yong Guk Park, Kyung Kwon Jung, and Jun Jae Yoo)

요 약

본 논문에서는 차량 OBD-II 인터페이스를 통해 쉽게 확보할 수 있는 차량 정보로부터 차량의 연료 소모량을 예측하는 방법을 제안하고자 하였다. 이를 위해 차량으로부터 제공되는 RPM, TPS 값이 연료 소모량과 상관관계가 있다고 가정하고, 차량 RPM, TPS를 입력으로 하며, 연료 소모량을 출력으로 하는 다항식 함수 관계를 모델링하였다. 차량 OBD-II 인터페이스를 이용하여 획득한 RPM, TPS 값과 차량관련 전문업체로부터 지원받은 연료 소모량 값의 상관관계를 2차 함수로 구성하였다. 본 논문에서는 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위해 도심 도로 5Km를 실제 주행테스트를 수행하였고, 제안한 차량 데이터를 이용한 연료 소모량 예측 알고리즘의 성능이 우수함을 확인하였다.

Abstract

This Paper proposed the prediction method of fuel consumption from vehicle informations through OBD-II Interface. We assumed RPM, TPS had a relationship with fuel consumption. We got the output as fuel-consumption from a vehicle RPM, TPS as input by using polynomial equation. We had modelling as quadric function with OBD-II data and fuel consumption data supported by automotive company in real. In order to verify the effectiveness of proposed method, 5 km real road-test was performed. The results showed that the proposed method can estimate precisely the fuel consumption from vehicle multi-data.

Keywords : 차량 정보, OBD-II, 연료 소모량 예측, 다항식 모델

I. 서 론

우리나라에서 에너지 소비가 급증하게 된 것은 산업화, 도시화의 결과로서, 이는 우리나라의 수출품목의 상당수를 차지하는 반도체, 휴대폰, 전자전기 제품, 자동차 등이 에너지 의존도가 높은 제품이며, 우리나라 인구의 90% 이상이 도시에 모여 살면서 경제활동을 하고

있기 때문이다.

이처럼 에너지 소비가 급증하고 있는 경제 환경 속에서 차량에 관한 가장 큰 에너지 관련 화두는 연비향상과 배기가스 규제로 압축된다. 자동차의 연료로 사용되고 있는 화석연료는 점차 고갈되고 있으며, 또한 지속적인 가격상승은 소비자들의 자동차에 대한 강한 연비 개선의 요구를 유도하고 있다.

하지만, 유가가 인상되어 에너지 위기가 닥치고, 차량 배기가스 등으로 인해 지구 대기오염 문제가 더욱 심화된다고 하여도 현재와 같은 국가 경제력을 유지하기 위해서, 그리고 현 수준의 경제적인 삶을 향유하기 위해서도 에너지 절약을 이유로 차량의 이용을 무작정 규제

* 정회원, 전자부품연구원

(Korea Electronics Technology Institute)

※ 본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 지식경제 기술혁신사업(국가플랫폼기술개발사업)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 10033847)

접수일자: 2010년10월22일, 수정완료일: 2011년3월8일

할 수만은 없는 게 현실이다. 이는 우리의 생활이 이미 다양한 형태의 교통수단에 너무 깊이 의지하고 있으며, 교통 활동 없이는 현재 수준의 경제생활을 유지하기 어려운 상황이 되었기 때문이다^[1~2].

교통 활동에 있어서 에너지를 덜 사용하거나, 에너지 낭비요소를 찾아내어 에너지를 더욱 효율적으로 활용할 수 있는 방안을 찾아내게 된다면, 현 수준의 경제활동을 유지할 수 있을 것이고, 더 활발한 경제활동을 할 수도 있게 될 것이다. 이를 위해 필요한 효과적인 방안으로는 에너지 측면의 효율적 운전 습관 개선과 차량 엔진의 연비구조 개선을 들 수 있다.

이 같은 일환으로 최근 다양한 형태의 운전 습관 개선을 위한 Eco Driving 연구가 수행되고 있다. 즉, ‘공회전 금지, 급가속/급정차 금지, CO2 배출량 감소, 적재하중 감소, 연비 효율 증대’ 등의 연구가 수행되고 있는데, 본 논문에서는 이 같은 Eco Driving의 한 형태인 연비 효율 증대에 초점을 맞추어 차량 엔진 RPM (Revolutions Per Minute), TPS(Throttle Position Sensor) 데이터 등과 연료 소모량과의 상관관계를 분석하여 차량 RPM, TPS 데이터를 입력으로 하고, 연료 소모량을 출력으로 하는 다항식 함수 관계를 모델링하고자 하였다.

이처럼 차량 데이터와 연비와의 상관관계 분석을 위해서는 차량 내부의 엔진 데이터가 필요하며, 현재 차량에서는 그림1과 같은 OBD-II(On Board Diagnosis) 케이블과 커넥터 통해 차량의 진단 상태 확인할 수 있다. 운전자가 차량을 운행할 때, OBD-II 장치는 지속적으로 차량의 상태를 감시하게 되어 있다^[3~5].

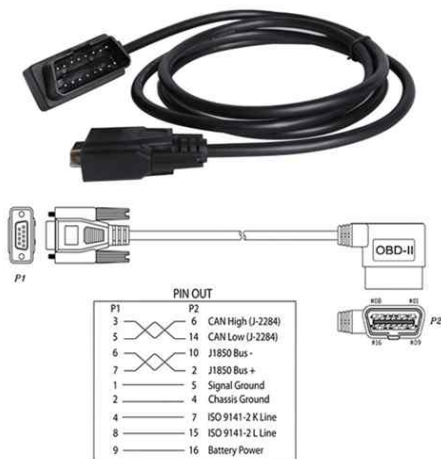


그림 1. OBD-II 케이블 & 커넥터
Fig. 1. OBD-II Cable & Connector.

본 논문에서는 OBD-II 로부터 차량의 엔진 RPM, TPS 데이터를 획득하고, 연료 소모량과의 상관관계를 분석하였으며, 실제 도로환경에서 실차(그랜저 TG Q270)를 기반으로 논문에서 제안한 차량 데이터와의 상관관계를 이용하여 연료 소모량을 계산하고 차량관련 전문 업체의 지원을 통해 실제 엔진에서 분사되는 연료 분사량과 비교 검토를 수행하였다.

II. 차량 멀티 데이터 측정 방법

1. 테스트 환경

본 논문에서는 차량 멀티 데이터(RPM, TPS)를 이용한 연료 소모량의 다항식 예측 알고리즘 개발을 위하여 차량으로부터 실제 차량 정보 수집을 위해 그림 2와 같이 OBD-II 인터페이스를 이용하여 테스트환경을 구성하였으며, OBD-II 인터페이스를 통해 획득된 차량 정보(RPM, TPS, 속도)를 이용하여 연료 소모량과 연비를 계산하였다.

실증 테스트 환경 구축을 위해 차량과 ELM 기반의 OBD-II 인터페이스를 통해 비동기식 직렬 통신 방식으로 PC와 연결하였다. 통신포트와 통신 속도(38,400bps)를 설정하고 0.5초마다 Query를 보내어 차량 정보(RPM, TPS, 속도)를 차량으로부터 수신한다^[6].

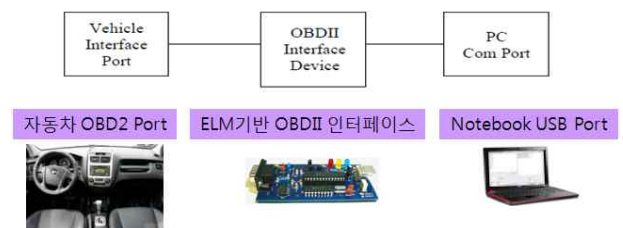


그림 2. 테스트 시스템 환경 구성
Fig. 2. Test system configuration.

표 1. OBD-II의 PID
Table 1. OBD-II PIDs.

Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	Units	Formula
01	06	1	Short term fuel trim—Bank 1	%	(A-128)*100/128
01	07	1	Long term fuel trim—Bank 1	%	(A-128)*100/128
01	08	1	Short term fuel trim—Bank 2	%	(A-128)*100/128
01	09	1	Long term fuel trim—Bank 2	%	(A-128)*100/128
01	0B	1	Intake manifold pressure	kPa	A
01	0C	2	Engine RPM	rpm	((A*256)+B)/4
01	0D	1	Vehicle speed	km/h	A
01	0F	1	Intake air temperature	°C	A-40
01	10	2	MAF air flow rate	g/s	((256*A)+B)/100
01	11	1	Throttle position	%	A*100/255

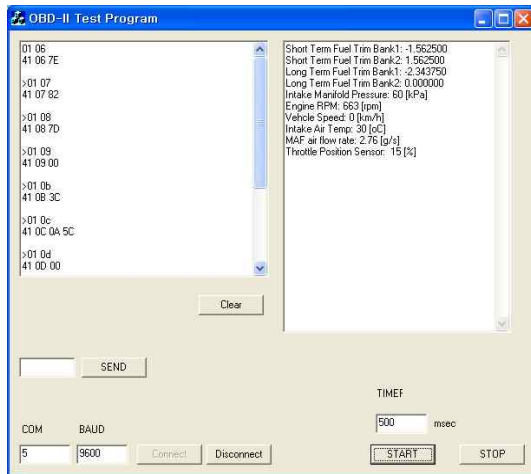


그림 3. 측정 프로그램
Fig. 3. Measurement program.

OBD-II PID는 진단장치 등을 통해 차량에 정보를 요청할 때 사용되는 코드로 SAE Standard J/1979를 따르며 OBD-II PID는 10개의 모드를 가지고 있다. 본 논문에서 사용한 PID는 표 1과 같다. 이처럼 차량으로부터 제공되는 OBD-II 정보는 Mode와 PID를 이용하여 접근이 가능하다^[7].

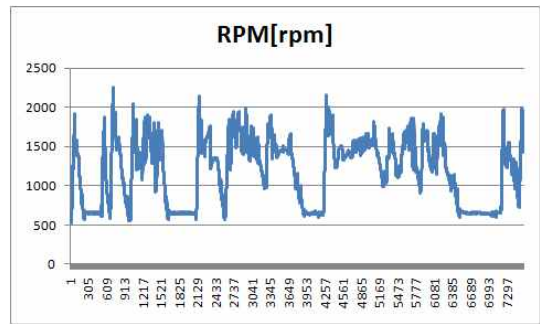
차량 정보 측정을 위해 제작된 프로그램은 그림 3과 같다. 프로그램의 좌측에 표시되는 데이터 값은 OBD-II 인터페이스를 통해 송/수신 되는 메시지의 가공하지 않은 요청/응답 데이터(Raw Data)를 나타내고 있으며, 우측의 변환정보 표시부분은 Raw Data가 표 1의 공식에 의해 환산된 실제 값(Real Data)을 나타내고 있다.

2. 테스트 결과

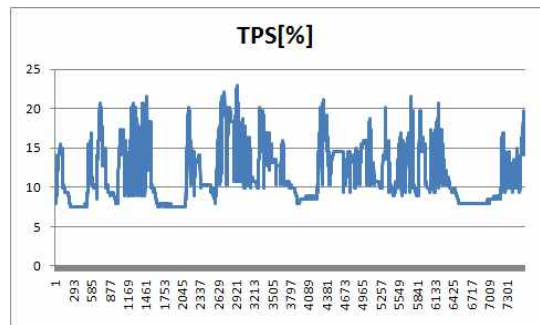
본 논문에서는 제한한 차량 멀티 데이터(RPM, TPS)를 이용한 연료 소모량의 다항식 예측 알고리즘을 실차



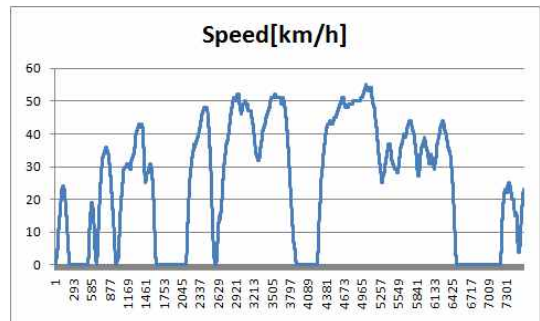
그림 4. 주행 경로
Fig. 4. Driving route.



(a) RPM



(b) TPS



(c) 속도

그림 5. 차량 정보
Fig. 5. Vehicle data.

환경에 적용하여 검증하기 위해, 그랜저 TG Q270(2009 연식, 자동변속, 가솔린)차량을 이용하여 그림 4의 서울시 마포구 상암동의 월드컵 경기장 주변의 주행경로 총 5km(도심환경)를 정속주행하면서 차량 정보를 반복적으로 측정하고 이를 이용하여 차량의 연료소모량을 분석하였다.

실제 도로를 주행하면서 차량에 OBD-II 인터페이스 모듈을 연결하여 측정한 RPM, TPS, 속도 정보는 그림 5와 같다.

차량으로부터 제공되는 차량정보(RPM, TPS)를 이용하여 차량의 주행 연료 소모량을 정확하게 파악하는 것이 가능한지에 대한 여부를 비교 판단해 주기 위해서

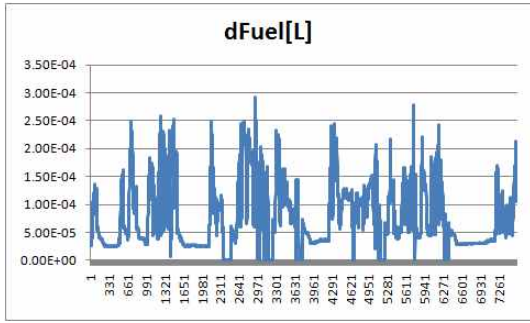


그림 6. 고속 CAN 정보로 측정된 연료 소모량
Fig. 6. Fuel consumption measured by high speed CAN.

는, 연료 소모량에 대한 정확한 레퍼런스 데이터가 필요하다.

OBD-II 인터페이스는 차량의 진단을 목적으로 사용자의 요청이 있을 때 해당 정보를 응답하는 저속 CAN 방식이지만 차량 ECU는 고속 CAN 방식으로 초당 100 회 정도의 정보를 브로드캐스팅 해 줄 수 있다.

이러한 고속 CAN 정보는 차량 제조사에서 데이터 규격 정보를 비공개로 하는 사항이기 때문에 일반 사용자와 개발자들은 직접 접근하는 것이 현실적으로 불가능한 상황이다.

따라서 본 논문에서는 전문 업체의 지원으로 고속 CAN 정보에서 엔진 연료 인젝터의 연료 분사량을 초당 10회씩 제공하는 수준으로 차량 연료 소모량 레퍼런스 데이터를 확보하였다. 이같이 고속 CAN 정보에서 측정된 실제 연료 순간 분사량은 그림 6과 같다.

III. 실험

본 논문에서는 차량정보와 연료 소모량과의 상관관계 도출을 위해, 차량정보인 RPM과 TPS를 각각 구분하여 연료 소모량과의 개별 상관관계를 도출하여 이를 합산하여 평균을 취하는 방법을 취하였다.

먼저, 차량의 엔진 RPM 데이터와 연료 소모량의 경향은 그림 7과 같으며 이 관계를 Curve Fitting하여 표현한 그래프를 빨간색으로 그림 내에 표시하였다.

RPM을 독립변수로 하고, 연료 소모량을 종속 변수로 하여 상관관계를 2차 함수로 모델링한 결과는 식(1)과 같다.

$$dFC_{RPM}(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x + c \quad (1)$$

여기서 x 는 RPM 값이고, 2차 함수의 계수는 다음과

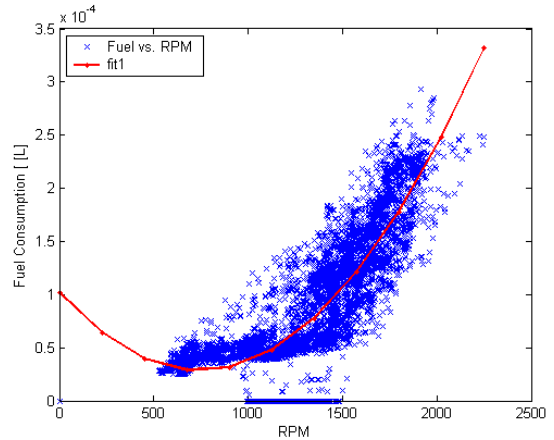


그림 7. RPM과 연료 소모량의 Curve Fitting
Fig. 7. Curve fitting of fuel consumption vs. RPM.

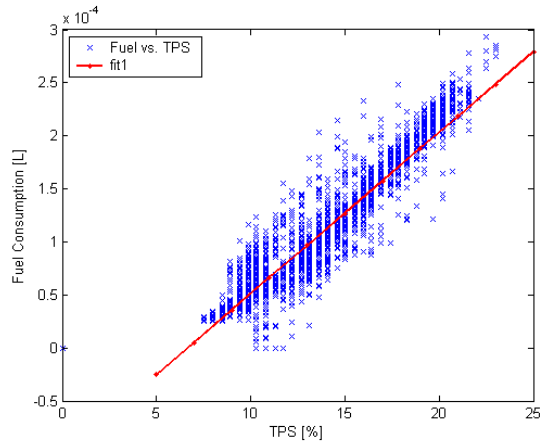


그림 8. TPS와 연료 소모량의 Curve Fitting
Fig. 8. Curve fitting of fuel consumption vs. TPS.

같다.

$$a = 1.337 \times 10^{-10}$$

$$b = -1.986 \times 10^{-7}$$

$$c = 1.021 \times 10^{-4}$$

두 번째로, 차량의 TPS 데이터와 연료 소모량의 경향은 그림 8과 같으며 이 관계를 Curve Fitting하여 표현한 그래프를 빨간색으로 그림 내에 표시하였다.

TPS를 독립변수로 하고, 연료 소모량을 종속 변수로 하여 상관관계를 1차 함수로 모델링한 결과는 식(2)와 같다.

$$dFC_{TPS}(x) = a \cdot x + b \quad (2)$$

여기서 x 는 TPS 값이고, 1차 함수의 계수는 다음과 같다.

$$a = 1.522 \times 10^{-5}$$

$$b = -1.013 \times 10^{-4}$$

본 논문에서는 차량 RPM, TPS 등의 데이터를 종합적으로 이용한 순간 연료 소모량의 추정값 $dFC_{Estimate}$ 은 다음과 같이 정의한다.

$$dFC_{Estimate} = \frac{dFC_{RPM} + dFC_{TPS}}{2} \quad (3)$$

제안한 식(3)과 실제 연료 소모량을 비교하여 표현하면 그림 9와 같다. 녹색의 그래프가 OBD-II 인터페이스를 통해 차량으로부터 제공받은 RPM, TPS 데이터를 기반으로 차량 연료 소모량을 추정한 그래프이고, 빨간색 그래프는 차량으로부터 직접 고속 CAN을 통해 초당 10회씩 제공받은 연료 소모량 그래프이다.

그림 9의 연료 소모량에 대한 누적 값을 비교하면 그림 10과 같다. 녹색의 그래프가 차량으로부터 제공받은 RPM, TPS 데이터를 기반으로 차량 연료 소모량을 추정한 그래프이고, 빨간색 그래프는 차량으로부터 직접 고속 CAN을 통해 제공받은 연료 소모량 그래프이다.

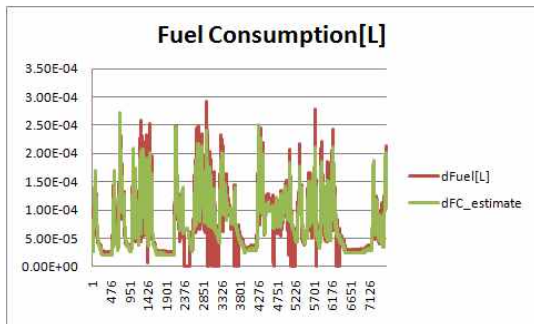


그림 9. 실제 연료 소모량과 추정값의 비교
Fig. 9. Comparison of measured fuel consumption and estimated fuel consumption.

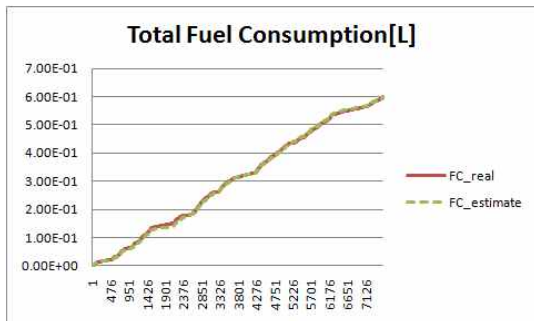


그림 10. 총 연료 소모량
Fig. 10. Total fuel consumption.

표 2. 연료 소모량 결과

Table 2. Result of fuel consumption.

	실제값	추정값
총 연료 소모량[mL]	600.266	600.163041
Error	0.102959 mL	

표 2와 같이 차량의 RPM, TPS 데이터를 기반으로 차량의 연료 소모량을 추정한 값과 고속 CAN을 통해 차량으로부터 직접 제공 받은 차량의 연료 소모량 실제 값 사이의 오차가 매우 작음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 실차 기반의 엔진 RPM, TPS 데이터와 차량 연료 소모량과의 상관관계를 분석하여 다항식 모델 기반의 차량 정보 상관관계 모델 식을 도출하였으며, 차량 데이터를 기반으로 연료 소모량을 추정한 값이 실제 고속 CAN을 통해 제공되는 차량의 연료 소모량과 비교 분석하는 연구를 수행하였다.

본 논문에서는 실차 적용 테스트 검증을 통해 RPM 데이터를 기반으로 600.163041[mL]의 연료를 소모하였다고 추정하였고, 이 추정값은 차량에서 제공하는 실제 연료 분사량 600.266[mL] 값과 매우 작은 오차 (0.102959mL)로 추정 가능성을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 살펴보고자 했던 연비에 관한 측면은 어떤 차의 연비가 좋거나 나쁜지에 대한 부분이 아니고, OBD-II 인터페이스를 통해 제공받을 수 있는 차량정보를 이용하여 추정한 차량 연료소모량 값이 차량에서 고속 CAN을 통해 제공하는 실제 연료 분사량과 비교하여 적은 오차범위 내에서 예측 가능성을 입증하는데 초점이 맞추어 연구가 수행되었다.

즉, 본 논문에서 제안한 차종에 대한 주행연비는 실험에서 구비된 주행환경에 한해서 측정된 한정된 경우의 연비이고 일반적인 경우의 연비가 아님을 밝혀두고자 한다.

우리는 향후 RPM, TPS 이외의 추가적인 차량 정보와 주변 도로상황(도로 고도, 도로 유형 등) 정보를 활용하여 연료 소모량에 대한 더욱 정밀한 상관관계를 유도할 수 있는 방안에 대한 연구와 이를 이용한 수백 Km 이상의 장거리 실 주행테스트를 통한 성능 검증을 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] 조남건, “교통부문의 에너지위기 대응과 시사점,” 에너지와 국토관리 3, 33-44쪽, 2006년

[2] 한현상, 이동규, 이종화, 박진일, 박경석, “상용차에서의 연비 기여도 분석,” 한국자동차공학회 2005년도 추계학술대회 논문집, 522-526쪽, 2005년

[3] Joeri Van Mierlo, Gaston Maggetto, Erik van de Burgwal Raymond Gense, Assessment of the Influence on Vehicle Emissions of Driving Style, Vehicle Technology and Traffic Measure, 2002.

[4] Hu Jie, Yan Fuwu, Tian Jing, Wang Pan, Cao Kai, “Developing PC-Based Automobile Diagnostic System Based on OBD System,” Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), pp. 1-5, 2010.

[5] Chin E. Lin, Ying-Shing Shiao, Chih-Chi Li, Sung-Huan Yang, Shun-Hua Lin, and Chun-Yi Lin, “Real-Time Remote Onboard Diagnostics Using Embedded GPRS Surveillance Technology,” IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 56, NO. 3, pp. 1108-1118, MAY 2007.

[6] ELM Electronics, <http://www.elmelectronics.com/>

[7] OBD, http://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics

— 저 자 소 개 —



이 민 구(정회원)
 2000년 서강대학교 전자공학과 학사 졸업.
 2004년 서강대학교 전자공학과 석사 졸업.
 2001년~현재 전자부품연구원 선임연구원 재직
 <주관심분야 : 차량-IT, Green IT, 무선 센서 네트워크, 임베디드 시스템>



박 용 국(정회원)
 1994년 중앙대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1996년 중앙대학교 전자공학과 석사 졸업.
 2001년~현재 전자부품연구원 책임연구원 재직
 <주관심분야 : 차량-IT, Green IT, RF 통신, 임베디드 시스템>



정 경 권(정회원)
 1998년 동국대학교 전자공학과 학사 졸업.
 2000년 동국대학교 전자공학과 석사 졸업.
 2003년 동국대학교 전자공학과 박사 졸업.
 2009년~현재 전자부품연구원 위촉연구원 재직
 <주관심분야 : 차량-IT, 무선 센서 네트워크, 임베디드 시스템>



유 준 재(정회원)
 1981년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1997년 아주대학교 전자공학과 석사 졸업.
 2004년 충북대학교 전자공학과 박사 졸업.
 1993년~현재 전자부품연구원 수석연구원 재직
 <주관심분야 : Green IT, 무선 센서 네트워크, 임베디드 시스템, 차량-IT>