

효율적인 ECO-Driving을 위한 데이터 분석에 관한 연구

백지훈^o 이원곡 황해중 최진구 최종필
한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

back2the@kpu.ac.kr, wongok99356@nate.com, hjhwang@hbep.co.kr, jkchey@kpu.ac.kr, jpchoi@kpu.ac.kr

A Study on data Analysis for Efficient ECO-Driving

Jihun Back^o Wongok Lee Hagjoong Hwang Jinku Choi Jongpil Choi
Department of Computer Engineering, Kora Polytechnic University

요 약

본 논문에서는 운전자의 운전 패턴에 따른 연료 소비량을 감소하는 ECO-Driving에서 효율적으로 방법을 제안하였다. 이 ECO-Driving 시스템은 차량의 정확한 상태 정보를 바탕으로 운전 상태를 운전자에게 제공하여 경제운전 행동으로 배기가스 감축, 에너지절약을 유도하였다. 차량의 상태정보를 추출하기 위해서 차량 네트워크인 CAN 버스를 사용하였으며, 이를 하드웨어로 구현하였다. 효율적인 ECO-Driving을 위한 차량 데이터들을 추출하여 분석하였으며, 이들 데이터를 바탕으로 운전자에게 에코여부를 제공하는 프로그램을 구현하였다. 제한적인 실험이었지만 연비를 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

오늘날의 수송부분에서는 많은 양의 연료를 소비로 인하여 이산화탄소의 방출량 또한 증가하였고, 지구온난화에도 영향을 미치고 있다. 따라서 차량에서도 에너지의 효율성을 개선하기 위해서 많은 노력으로 연료 효율은 상당히 좋아졌으나, 많은 개발도상국과 선진국의 급속한 경제 성장으로 차량은 점점 증가되는 실정이다. 또한 많은 차량으로 인하여 교통 체증은 모든 국가의 도시에서 관찰되고 있다. 교통 체증이 증가하면서 운전자의 운전 패턴에 따른 연료 소비량의 차이가 발생 된다. 따라서 ECO-Driving이라는 최적의 운전 방법이 소개되었다. [1][2]

본 논문에서 제한하는 ECO-Driving 시스템은 자동차의 상태를 바탕으로 운전자의 운전 패턴을 제공하는 방법으로 에너지 절감을 유도하는 것으로 차량에서 정보를 수집하기 위해서 차량내의 장착되어 있는 CAN 통신을 통해서 메시지를 수신 받는다.

CAN[3] 통신은 1980년대 초반 독일의 Bosch 사에서는 새로운 차량 제어용 네트워크 프로토콜을 개발하였다. 이후 CAN은 1993년 ISO-11898[4](고속 통신 네트워크 표준안)이 선정되면서 제어용 네트워크 프로토콜로 자리 잡았다. CAN 통신은 고수준의 안전성을 가진 실시간 직렬 브로드캐스팅 프로토콜로 고속 전송을 위한 ISO11898과 저속을 위한 ISO11519-2[5]에 정의 되어 있는 국제 표준이다. CAN통신은 직렬 네트워크 통신방법으로 다양한 산업 분야에 폭 넓게 적용 되고 있으며, 특히 차량에 주로 많이 사용 된다.

CAN BUS를 사용하여 수집된 정보 및 데이터는 ECO-Driving을 위한 운전 유도 시스템인 단말장치에 연동되어 데이터를 분석하고 자동차 상태를 파악할 수 있는 시스템을 개발한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련연구로 ECO-Driving을 위한 CAN 통신에 대해서 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안된 ECO-Driving 시스템에 대

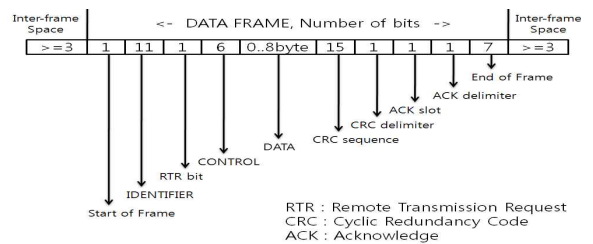
한 설계와 방법을 서술하였으며, 4장에서는 실험 및 시뮬레이션 고찰을 통한 제안된 기법의 성능 향상에 대해 기술하며 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련연구

ECO-Driving 시스템을 개발에서 자동차 네트워크를 이용한 상태 정보를 수집하기 위해서 자동차 네트워크 중에 하나인 CAN 통신을 사용한다. CAN 통신은 기본적으로 브로드 캐스팅 메커니즘을 기반으로 모든 노드들이 전송되는 메시지들을 볼 수 있으며, 자기에게 해당되는 메시지 식별자에 대해서만 처리하며, 최고속도는 사용되는 라인의 길이에 좌우되는데, 최대 속도는 1Mbps의 고속 통신에서 125Kbps의 저속 통신까지 가능하며, 본 개발에서는 500Kbps로 데이터를 전송한다.

2.1 CAN 메시지 프레임

차량 네트워크를 통해 데이터를 받은 후, 데이터에 해당하는 메시지를 표시하기 위한 CAN 데이터베이스는 CAN2.0A를 기준으로 작성한다. 메시지의 경우 그림 1과 같이 표현된다.



<그림 1> CAN 메시지 프레임

메시지의 처음 시작은 SOF(Start Of Frame) 필드로 메시지 프레임의 시작을 표시하며 메시지 프레임의 최우선에 위치하며 디폴트 "0" 값을 가진다. 다음 필드는 Identifier로 식별자로 각 노드마다 유일한 식별자 ID를

11bit를 가지고 있다. 네트워크상에 연결된 모든 노드는 메시지를 수신한 후 자신에게 필요한 메시지인지를 식별자를 통하여 평가한 후 자신이 필요로 하는 식별자인 경우에만 취하고 그러지 않을 경우 메시지를 무시하는 형태로 기본적인 브로드 캐스팅 메커니즘을 기반으로 하고 있다.

RTR(Remote Transmission Request)는 전송 요구는 어떤 한 노드에 의해 다른 노드로부터 정보의 전송을 요청할 때 사용된다. RTR을 수행하기 위하여 전송이 요구되는 Data Frame의 Identifier가 전송되어, Remote Frame과 Data Frame을 구별하기 위해 사용되며, 만약 RTR이 recessive bit "0"이면 메시지는 Remote Frame이며, dominant bit "1"이면 Data Frame을 의미한다.

Data Frame은 데이터를 전송하는 프레임으로 7개의 필드 형식으로 구성되어 있으며 최대크기는 8byte의 데이터까지 전송이 가능하다.

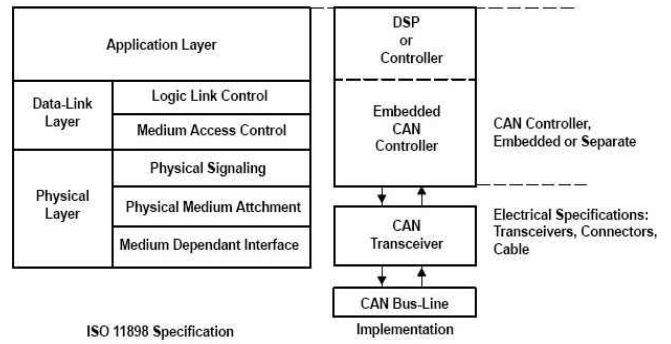
CRC(Cyclic Redundancy Check)필드는 15bit의 필드와 CRC 구분 기호로 구성되어 있으며, 이는 수신 노드가 전송 에러가 발생되었는지를 결정하기 위해 사용된다. 15bit CRC 값은 전송 노드에서 계산되어 CRC 필드 내에서 전송된다. 네트워크 내 모든 노드가 수신된 메시지로 부터 CRC를 계산하고 또 수신된 CRC와 일치하는지를 검증하게 된다. 일치되지 않으면 CRC 에러를 발생하게 된다. 최소한 하나의 노드에서 메시지를 정확히 수신하지 못한다면, 에러가 발생되어 알맞은 전송 시점에 재전송이 이루어진다.

ACK(Acknowledge)필드는 메시지가 정확히 수신되었는지를 나타내기 위해 사용된다. 어떤 한 노드가 메시지를 정확히 수신하였으며 ACK slot Bit 시점에 버스 상에 dominant bit "1"을 넣는다. 메시지를 ACK 필드에서, 전송 노드는 ACK slot에 dominant bit "1"이 담겨져 있는지를 확인하며 이는 최소 한개 이상의 수신노드에서 정상적으로 메시지를 수신하였음을 의미한다. 만약 recessive bit "0"이 담겨져 있다면 ACK Error가 발생되며 Frame은 알맞은 전송시점에 원래의 메시지를 재전송하도록 동작 시킨다.

2.2 CAN의 계층 구조

CAN은 표준 네트워크 모델인 OSI 7 Layer중 최하위 2계층인 물리계층(Physical Layer)과 데이터 링크 계층(Data Link Layer)만으로 구성되어 있다.

그림 2는 전체 시스템으로 물리계층, 데이터 링크 계층과 응용계층(Application Layer)으로 구성되며 CAN을 이용한 시스템 설계 시 적용 대상을 고려하여 적절한 응용계층을 함께 설계해야하는 특징을 가지고 있다. CAN에 의해 데이터가 교환될 때에는 주소화 되지 않고 통신에 유일하게 존재하는 메시지 식별자(Identifier)에 의해서 메시지의 데이터를 교환된다. 즉 데이터의 수신지를



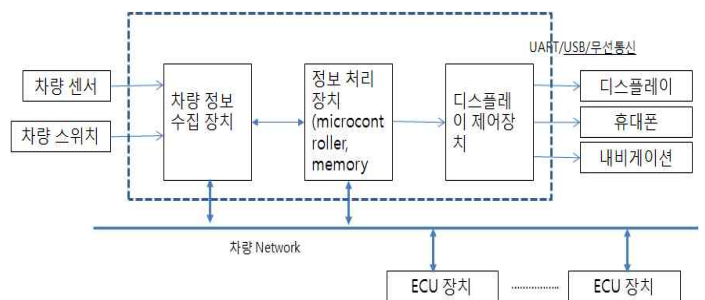
<그림 2> ISO 11898 표준 구조

정하지 않고 메시지 ID를 이용하여 그 데이터의 사용처를 정해지며, 물리계층은 노드간의 직접적인 통신을 담당하는 부분으로 CAN_low, CAN_high 두 가닥의 선로만으로 통신을 하므로 복잡한 네트워크 선로에 대한 부담을 줄일 수 있다. 데이터 링크 계층은 전달 계층과 객체 계층으로 구분되는데 전달 계층은 CAN BUS상의 메시지 전송률 비트타이밍, 메시지 캡슐화 및 중재, 에러 감지 등의 역할을 수행하며, 객체 계층은 전달 계층으로부터 받은 메시지의 식별자(Identifier)를 통해 필터링 하고 핸들링 한다.

3 ECO-Driving 시스템 설계

ECO-Driving 시스템의 설계의 핵심 기법은 크게 3가지로 구분된다. 첫 번째로는 차량 네트워크를 통해 각각의 제어장치로부터 데이터를 수신 받는 모듈 구성 두 번째로는 수집된 정보를 가공하여 UART/USB/무선통신을 통해 노트북, 내비게이션, 휴대폰 등의 운전자의 단말 장치로 데이터 전송 세 번째로 운전자의 운전습관과 패턴 등을 인식하여 최적화 운전기법을 유도한다.

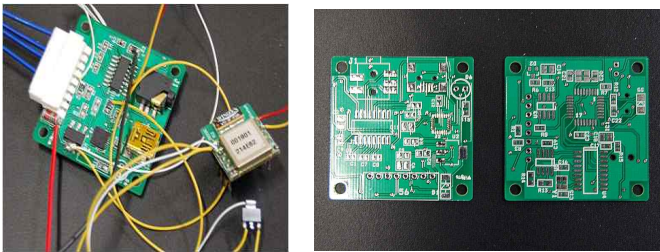
그림 3은 ECO-Driving 시스템의 블록다이어그램을 구성하고 있다.



<그림 3> 시스템 블록다이어그램

3.1 CAN 수신 모듈

차량 정보를 수집을 하기 위해서는 OBD-II 커넥터를 이용하여 CAN 신호를 받아서 처리한다. OBD-II 커넥터는 총 16개의 핀으로 구성되어 있으며, 실제로 사용되는 핀은 9개 정도이며, 나머지 7개의 핀은 나중에 위해서 만들어둔 것이다. 본 시스템에서는 CAN 통신을 하기 위한 핀 6번 CAN_H와 14번 CAN_L을 사용하여 데이터는 전송 받는다. CAN 통신을 위해서 사용되는 CAN Interface는 Atmel사의 AT90CAN128을 사용하였으며, 내부에 CAN Controller가 들어가 있으며, CAN 모듈은 메시지에 관련된 모든 정보를 저장 하는 메시지 객체라는 것을 포함하고 있다.



<그림 4> 개발된 CAN 수신 모듈

우선 CAN 통신을 하기 위해서 CAN BUS에서 OBD-II 커넥터를 이용하여 CAN Transceiver인 PCA82C250T칩으로 보내진다. CAN Transceiver는 CAN BUS의 디지털 전압 레벨을 AT90CAN128에 맞게 바꿔주는 역할을 한다. AT90CAN128에서는 받은 데이터 중 ECO-Driving 시스템에 필요한 데이터만 받아서 가공하여 USB Interface를 통해서 단말 장치로 전송하는 역할을 담당한다. 그림 4는 실제 제작하여 PCB된 CAN 수신 모듈을 보여준다.

3.2 단말장치

CAN 수신 모듈에서 필요한 데이터만을 가공하여 단말 장치인 노트북, 내비게이션, 휴대폰 등의 장치로 전송하게 된다. 멀티미디어 장치에 필요한 데이터만을 CAN 수신 모듈로부터 받으며, 받은 데이터는 2차적으로 가공하여 운전자에게 출력한다. 다음의 데이터들을 CAN 수신 모듈로부터 받아서 가공한다.

CAN 수신 모듈에서 들어오는 데이터는 엔진의 속도 즉 RPM, 차량의 속도, ASP(Acceleration Pedal Position), 100ms당 연료 소비량, Turbine 속도, 브레이크 상태, Vehicle Road Load Constant, Engine Output

Torque, Tubing Torque, Vehicle Weight의 데이터를 받아 2차 가공을 하여 운전자에게 필요한 데이터로 표현하며, 가공된 데이터들의 정보는 다음과 같다.

- Vehicle Acceleration은 초당 차량의 가속도를 의미하며 차량 정지력, 주행저항을 구하기 위해 사용된다. 차량 가속도를 Veh_{Accel} 라고 할 때 다음 식을 정의 할 수 있다.

$$Veh_{Accel} = (CarSPD_{Cur} - CarSPD_{Pre}) / dTM$$

이때 $CarSPD_{Cur}$ 는 현재의 차량 속도이고 차량의 네트워크를 통해서 받은 데이터이다. $CarSPD_{Pre}$ 는 dTM 시간 이전에 읽혀진 차량의 속도이며, dTM 은 100mSec를 의미한다.

- Turbine Efficiency는 자동 변속기 내의 토크 컨버터 (Torque Converter)의 동력 전달 효율을 의미하며 수동 변속기 대비 약 10%의 손실이 발생하는데 이는 급가속 등으로 더욱 악화된다. 효율 η 는 다음의 식으로 정의 할 수 있다.

$$\eta = T_i \times S_i / T_o \times S_o$$

T_i 는 토크 컨버터 입력토크의 의미하고, T_o 는 토크 컨버터 출력 토크로 정의되며, S_i 는 토크 컨버터 입력의 속도로 즉 엔진 회전 속도 RPM이고, S_o 는 토크 컨버터 출력 속도로 정의된다.

- Brake Force은 브레이크 조작으로 인해 발생된 차량의 제동력을 의미하며 차량의 제동력 Brk_{Force} 은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$Brk_{Force} = (Veh_{Accel} - RL_{Accel}) \times Veh_{WET} / 3.6$$

Veh_{Accel} 은 차량의 총 감속도(KPH/s)를 의미하며, RL_{Accel} 은 주행 저항에 의한 차량 감속도(KPH/s)이고, Veh_{WET} 는 차량의 질량(kg)으로 CAN 수신 모듈로 받은 차량 데이터이다.

- Accumulated Fuel Consumption은 차량의 주행으로 소모된 누적 연료량을 의미하면 운전자에게 연비를 눈으로 볼 수 있는 값이며 평균 연비를 계산하기 위해서 필요한 데이터로 Acc_{Fuel} 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$Acc_{Fuel} = FuelCon_{pre} + FuelCon$$

$FuelCon_{pre}$ 는 이전부터 계속된 누적 연료 소모량(ℓ)을 의미하며 $FuelCon$ 은 100mSec동안 측정된 구간 연료 소모량(ℓ)이다.

- Average Driving Efficiency는 차량의 평균 연비를 의미하며, 차량의 속도로부터 계산된 거리와 측정된 연료량을 이용하여 아래와 같은 식으로 정의 되었다.

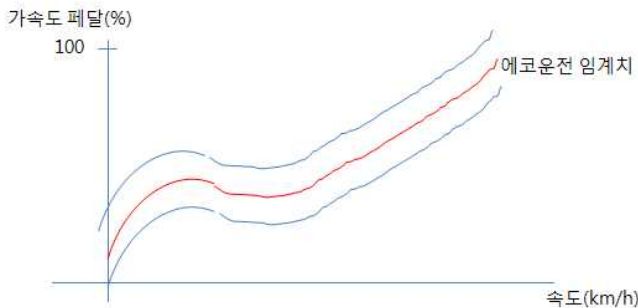
$$AvgDRV_{Effi} = Acc_{Dist} / Acc_{Fuel}$$

Acc_{Dist} 는 차량의 총 누적 주행 거리를 나타내고, Acc_{Fuel} 는 위에 차량의 연료 소모량을 의미한다.

단말장치에서는 위에 식을 이용하여 운전자에게 필요한 정보를 제공하는 역할을 한다. 실제 미디어장치에서의 구현은 엔지속도, 차량 속도, 연료소모량, 평균연비를 표현하였으며, ECO-Driving 모드를 구하기위해서도 여러 데이터를 사용된다.

3.3 ECO 모드

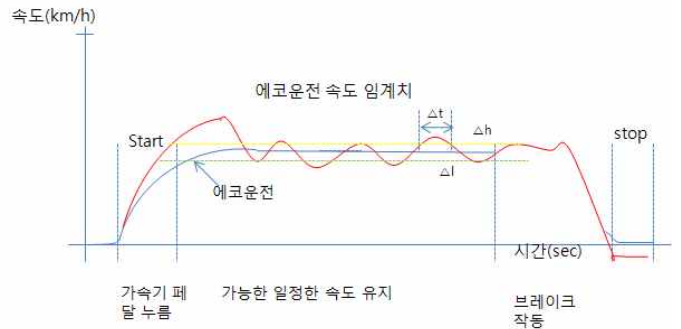
ECO 모드는 운전자가 ECO-Driving을 하는지를 판단하는 것으로 가속도 페달의 량을 조사한다. 가속도 정도는 CAN 데이터에서 수집하며, 일반적으로 가속 페달의 조작량이 차량정보에 포함된 차량속도에 대응되게 미리 설정하고 가속 페달의 조작량이 임계범위에 속하는지 여부를 토대로 에코 운전 모드와 비에코 운전모드를 판별한다.



<그림 5> 속도와 가속도 페달정도

그림 5는 속도와 가속도 페달의 관계이며 빨간색 선은 ECO-Driving의 속도와 가속도 페달의 값이며 파랑색 에코모드로 들어가기 위한 임계치 값의 범위이다. 실제 운전에서의 속도와 가속도 페달의 변화는 매우 민감하므로 일정 편차(10%~15%)를 두고 에코모드의 임계치 값으로 판별한다.

에코 모드인지를 판단하는 다른 측정치는 시간에 대한 속도의 변화량이다. 이 속도의 변화량도 마찬가지로 변화에 대해 덜 민감하도록 일정한 시간을 두어 임계치를 이상 또는 이하로 지속되어야 한다. 속도 정도는 CAN 데이터에서 수집하며, 속도에 따라서 에코 모드 표시는 그림 6과 같다.

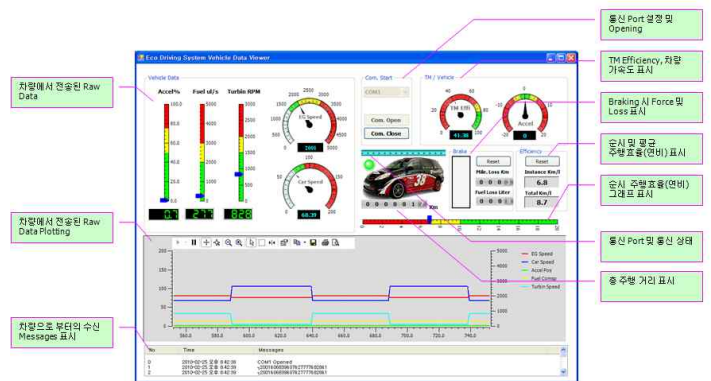


<그림 6> 시간에 따른 속도

에코모드에 대한 임계치 값을 기준으로 녹색 실선과 노란색 실선으로 구분된다. 빨간색선의 경우 실제 운전하면서 발생할 수 있는 속도의 변화량이며 일정 시간동안 속도가 임계범위 안에 들어와 있으면 에코모드로 판별한다.

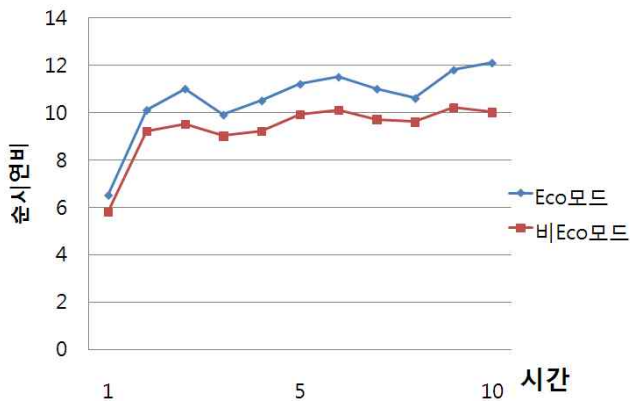
4. 실험 및 시뮬레이션

본 장에서는 ECO-Driving에 대한 실제 차량에서의 테스트를 통해서 차량의 정보를 분석하는 시뮬레이터 프로그램을 작성하여 에코와 관련된 데이터들을 관찰하였다.



<그림 7> 미디어 장치에서의 테스트

그림 7은 미디어 장치에서 테스트를 위해 제작된 프로그램으로 실제 차량에서 ECO-Driving 모드를 실행 하였다. 테스트를 위해서 사용된 차량은 공인 연비가 13.8km/l의 오토 차량으로 실험을 하였으며, 실험의 기준을 시간당 연비를 계산하였으며, 장소는 차량의 운행이 없는 곳에서 약 10분간 운행하여 실험을 하였으며, 동일한 방법으로 2가지의 형태로 연비를 측정하였다. 첫 번째는 ECO-Driving을 무시하고 운행한 연비와 ECO-Driving 시스템의 유도에 따라서 운행하여 시간당 연비를 계산 하였다.



<그림 8> 실험 결과

위 그림 8은 실제로 아반테 차량에서 테스트를 통해서 얻은 순시연비 값을 나타내었다. 과량색전은 ECO모드로 운행을 하였을 때 11.6km/ℓ를 보였고, 비ECO모드로 운행을 하였을 때 10.2km/ℓ를 보였다. 비ECO모드에 비해서 ECO모드로 운행을 했을 경우 13.7%로의 연비를 개선효과를 보였다. 운행 초기에는 연비소모에 차이가 크지 않았지만 운행을 진행 될수록 더 많은 연비의 차이가 보이고 있다. 따라서 ECO-Driving 모드로 운행을 할 경우 연료의 10%이상의 절약효과가 있음을 알 수 있다. 이 수치는 운전자의 운행 습관에 매우 의존적이므로 가능한 ECO모드로만 운전을 했을 경우이므로 최소의 수치이다 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 운전자의 운전 패턴에 따른 연료 소비량을 감소하는 ECO_Driving에서 효율적으로 방법을 제안하였다. 이 ECO-Driving 시스템은 차량의 정확한 상태 정보를 바탕으로 운전 상태를 운전자에게 제공하여 경제 운전 행동으로 배기가스 감축, 에너지절약을 유도하였다. 차량의 상태정보를 추출하기 위해서 차량 네트워크인 CAN 버스를 사용하였으며, 이를 하드웨어로 구현하였다. 효율적인 ECO_Driving을 위한 차량 데이터들을 추출하여 분석하였으며, 이들 데이터를 바탕으로 운전자에게 예코여부를 제공하는 프로그램을 구현하였다. 제한적인 실험이었지만 연비를 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 향후 연구에서는 운전자의 운전습관과 자동적인 차량제어, 도로상황에 고려하는 ECO- Driving 시스템을 연구를 확장할 계획이다.

참고문헌

[1] Cleaves E. The sharpening: improving your drivers' knowledge and skills. Commercial Carrier J 2002(November):58 - 62.
 [2] Dueker RL. Assessing the adequacy of commercial motor vehicle driver training. Washington (DC): US DOT/Federal Highway Administration, Office of Motor Carriers; 1995
 [3] BOSCH, CAN Specification, Part A/B, 1991
 [4] Road vehicles, Interchange of digital information - Controller area network (CAN) for high-speed communication, ISO11898, 1993.
 [5] Road vehicles, Low-speed serial data communication - Part 2: Low-speed Controller area network (CAN), ISO11519-2, 1994.