

OBD-II 인터페이스를 이용한 자동차 CO2 배출량 추정

정 경 권*, 최 우 승**

Estimation of Vehicle's CO2 Emission using OBD-II Interface

Kyung Kwon Jung *, Woo-Seung Choi **

요 약

본 논문에서는 차량의 CO2 배출량을 추정하기 위한 방법들을 설명하였다. 전 세계적으로 에너지와 환경의 중요성이 부각되고 있으며 자동차 부문의 기술개발에서도 이 점이 크게 강조되고 있다. 특히 CO2는 지구 온난화에 영향을 미치는 온실가스로 배출 규제 대상이 되고 있다. 차량의 주행 거리에 따른 CO2 배출량 추정 방법, 기후 변화 위원회(IPCC))에서 제시한 CO2 배출량 추정 방법, MAF(Mass Air Flow)와 옥탄의 화학반응식을 이용한 CO2 배출량 추정 방법 등에 대해서 설명하고 각각의 방법들의 성능을 비교하였다. 각각의 CO2 추정 방법들에 대한 성능을 확인하기 위해 실차를 이용하여 약 5km의 도로를 주행하면서 OBD-II 포트로 차량의 진단 정보를 획득하고, 주행 거리, 연료 소모량을 구하였다. 정속 주행에서는 비슷한 CO2 배출량 결과를 얻었고, 급가속 주행에서는 IPCC 방식과 화학반응식 방식이 보다 현실적인 배출량 결과를 보임을 확인하였다.

▶ Keyword : CO2 배출, OBD-II, 차량 진단 정보, 흡기 공기량, 옥탄 연소반응식

Abstract

This paper described the estimation methods of CO2 emission of vehicles. The important of energy and environment has emerged in the world, and the field of vehicle's development as well. CO2 was particularly the object of emission-regulation that caused of global warming. There are performance comparison methods by driving mileage, International Panel on Climate Change (IPCC) and chemical equation for the combustion of Octane. We took the measurement by getting

• 제1저자 : 정경권 • 교신저자 : 최우승

• 투고일 : 2011. 10. 10, 심사일 : 2011. 11. 01, 게재확정일 : 2011. 11. 18.

* 전자부품연구원(Korea Electronics Technology Institute)

** 경원대학교 글로벌교양학부(College of Global General Education, Kyungwon University)

※ 이 논문은 2011년도 경원대학교 연구비 지원 과제(KWU-2011-R270)에 의한 결과임

data through OBD-II port from vehicle covered 5 km on road. We got the diagnosis information, specific mileage and fuel consumption in this experiment. We are able to expect similar CO₂ emission by the methods in the normal speed driving. Also, we can make more realistic approach of CO₂ emission by the method of estimation by IPCC and chemical equation for the combustion of Octane in rapid acceleration driving.

▶ Keyword : CO₂ emission, OBD-II, Vehicle Diagnosis Data, Mass Air Flow, combustion of Octane

I. 서 론

자동차와 관련된 에너지, 온난화가스, 유해배출가스 문제를 해결하기 위해서 국내외적으로 기존 내연 기관자동차의 고효율화 및 저배기화, 현행 연료유의 주류를 차지하는 휘발유, 경유, 액화석유가스의 품질 기준 강화, 환경 친화 대체연료의 적용 및 신 원동기의 개발 등을 활발히 추진하고 있다. 내연 기관 자동차에서 배출되는 유해 배기가스인 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 입자상물질은 연료 품질기준의 지속적인 강화, 자동차 배출가스 규제 강화에 따른 엔진 연소개선이나 후처리장치의 적용 등에 따라서 향후 10년에 걸쳐 대폭 개선 될 것으로 전망된다. 그러나 에너지와 온실가스 문제는 여전히 풀기 어려운 과제로 남을 가능성이 높기 때문에 금세기에 연비개선 신기술의 도입 또는 대체연료의 적용 등이 중요한 이슈가 될 것이다.

자동차 부문에서의 이산화탄소는 OECD 대부분 국가에서 총배출량중 약 20% 배출비율을 차지하고 있고 에너지 부문에서 배출증가 속도가 가장 빨라 배출감축 움직임이 전 세계적으로 가시화 되고 있다. 즉, 선진국에서는 자동차의 CO₂ 배출을 저감하기 위해 자동차 제조사는 물론 범국가적으로 막대한 연구비용과 시간을 투자하고 있는 실정이다. 국내에서도 자동차부문에서의 CO₂ 배출저감의 기본 정책방향을 설정하고 기술적 저감대책으로 연비개선 자동차 보급, 경차보급 확대, 대체연료 자동차 도입 등이 제시되고 있다. 차량의 배기가스 측정은 차시 다이내모미터(Chassis Dynamometer)에서 정해진 주행패턴으로 차량을 모의주행하면서 배기가스를 포집하여 성분을 확인한다. 이를 통해서 차량 제조사에서는 거리당 배출되는 CO₂ 정보를 제원으로 제공한다. 주행 거리를 이용하기 때문에 신호대기 등의 공회전 부분이 제외된다 [1-3].

본 논문은 차량의 CO₂ 배출량을 저감하기 위한 방편으로 차량 운전자에게 주행 중에 CO₂ 배출량 정보를 실시간으로 제공하는 방법을 비교하여 더욱 효율적인 계산 방법을 유도하고자 한다. 차량의 주행 거리에 따른 CO₂ 배출량 추정 방법,

기후변화위원회(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 제시한 CO₂ 배출량 추정 방법, MAF(Mass Air Flow)와 옥탄의 화학반응식을 이용한 CO₂ 배출량 추정 방법 등에 대해서 설명하고 각각의 방법들의 성능을 비교한다. 각각의 CO₂ 추정 방법들에 대한 성능을 확인하기 위해 실차를 이용하여 약 5km의 도로를 정속주행과 급가속 주행을 하면서 결과를 분석한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해서 설명하고, 3장에서는 화학반응식을 이용한 CO₂ 배출량 추정 방법을 제안한다. 4장에서는 실차 주행을 통해 각각의 추정 방법을 비교 검토하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

차량의 배기가스 배출량을 측정하기 위한 대표적인 방법으로는 미국의 EPA(Environmental Protection Agency)에서 만든 FTP-75(Federal Test Procedure)가 있다. 이것은 미국 LA 시가지를 달리는 상황을 가정하고 출발, 가속, 감속, 정지 등을 반복하는 시뮬레이션 방법이다. 그림 1과 같은 차시 다이내모미터에서 모의주행 코스(총 주행 거리 17.85km, 평균 주행속도 31.2km/h, 최고 속도 91.2km/h, 정지 횟수 23회, 총 시험시간 42.3분의 조건)를 모의 주행을 하면서 배기가스를 채집, 분석하는 테스트를 하게 된다[4-5].



그림 1. 차시 다이내모미터에서의 배기가스 테스트
Fig. 1. Emission gas test in the chassis dynamometer.

우리나라에서는 1975년 미국에서 만들어진 LA-4 모델을 약간 변형한 CVS-75를 연비 및 이산화탄소 배출량 측정 기준으로 사용하고 있다. 하지만 이 같은 방법은 실제 도로상에서 주행 중인 차량의 실시간의 CO2 배출량 정보를 다루고 있지 않는 모의주행이라는 일회성 테스트 결과이다. 따라서 개인이 운전하고 있는 실제 차량에 대한 실시간 CO2 배출량 정보를 제공하지는 못한다는 한계가 있다.

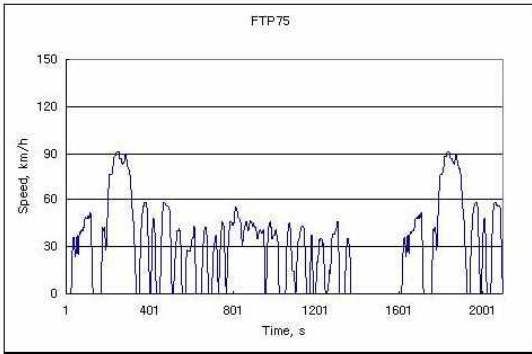


그림 2 FTP75 주행 패턴
Fig. 2. Driving pattern FTP75.

추가적으로 사시 다이내모미터에서의 배기가스 테스트 등은 막대한 시설비가 소요되어 일반인들이 1, 2년의 주기적인 차량 정비 검사 등을 통해 접해 볼 수 있는 방법으로 실생활에서 활용하기에는 한계가 있다.

주행 중인 차량의 CO2 배출량을 추정할 수 있는 방법으로는 차량의 주행 거리에 따른 CO2 배출량 추정 방법, IPCC에서 제안하는 연료 소모량에 따른 추정 방법이 실생활에서 활용 가능한 방법이라 할 수 있을 것이다.

먼저, 차량의 주행 거리에 따라 CO2 배출량을 추정하는 방법은 차량 제조사에서 차량 판매시 제원에 명기한 해당 차량의 거리당 CO2 배출량을 이용하여 주행 거리에 비례하여 CO2 배출량을 추정하는 방법이다.

$$E_{CO_2} = \text{주행거리} \times \text{차량의 } CO_2 \text{ 배출량} \dots\dots\dots (1)$$

본 논문에서의 시험 차량으로 사용한 제네시스 3.3(2009년식, 자동변속기)은 차량 제원에 CO2 배출량이 233g/km로 명기되어 CO2 추정에 이 값을 활용할 수 있다[6].

그러나 주행 거리에 따른 방법은 단순 거리환산으로 주행 중에 공회전과 같은 대기 상황에서 발생하는 부분은 확인할 수 없는 문제점이 있다.

두 번째, 차량의 CO2 배출량 추정 방법으로는 IPCC 방법을 예상할 수 있다. 즉 유엔 정부 간 기후변화위원회(IPCC

: Intergovernmental Panel on Climate Change)가 제안한 계산법을 이용하여 CO2 배출량을 추정할 수 있으며 식 (1)과 같이 표현된다[7].

$$E_{CO_2} = \text{연료사용량} \times \text{석유환산계수} \dots\dots\dots (2) \\ \times \text{탄소배출계수} \times \text{연소율} \times 3.75$$

여기서 석유환산계수는 “국내에너지이용합리화법” 개정안(2006년 7월)의 지침을 토대로 하고 탄소배출 계수는 IPCC 지침내용을 활용한다. 석유환산 계수의 경우 경유의 경우 0.837kg/l, 휘발유를 사용하는 자가용의 경우 0.783kg/l이다. 연소율은 완전연소로 가정하여 0.99로 한다.

이 방법은 주행 중에 차량의 연료 사용량을 확인해야 하는 단점이 있다.

이러한 문제점들을 개선하기 위해서 본 논문에서는 차량의 진단정보를 이용하여 연료 소모량을 추정하고, 가솔린 연료의 화학 반응식을 통해 계산할 수 있는 방법을 검토한다.

III. 차량 정보를 이용한 CO2 계산

본 논문에서는 차량으로부터 수집되는 진단정보와 연료에 포함된 옥탄의 화학반응식을 이용하여 차량의 CO2 배출량을 추정하는 방식을 검토한다.

이때 차량의 연료 사용량을 알아야 하는데, 차량의 연료 사용량은 휘발유 차량의 경우는 MAF(Mass Air Flow)를 통해 계산할 수 있다.

차량 진단 정보 중에서 MAF는 엔진의 연료 연소에서 연료 1g당 혼합되는 공기의 양으로 공기혼합비(Air/Fuel Ratio)라고도 하며, 단위는 g/s이다. 휘발유의 경우는 엔진 ECU에서 폐회로 제어(closed loop control)를 통해 혼합비를 14.7로 일정하게 유지하는 동작을 한다.

초당 연료의 질량 dF 는 다음과 같다.

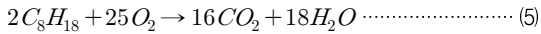
$$dF[g/s] = MAF \div 14.7 \dots\dots\dots (3)$$

운행 시간에 따른 총 연료 사용량 FC 는 다음과 같다.

$$FC = \sum_{i=0}^N dF_i \times \Delta t \dots\dots\dots (4)$$

여기서 Δt 는 측정시간이다.

MAF를 이용하여 얻어진 연료의 질량을 CO2의 질량으로 변환하기 위해서 옥탄(Octane, C8H18)의 화학반응식을 이용한다[8].



옥탄에서 탄소(C)의 무게의 비율 P 는 다음과 같다.

$$P = 8C \div (8C + 18H) = 0.841170 \dots\dots\dots (6)$$

여기서 $C=12.0107g/mol$, $H=1.00794g/mol$, $O=15.9994g/mol$ 의 원자량이다.

따라서 CO2 무게 m 은

$$m [g/s] = dF \times P \times \frac{M_{CO_2}}{M_C} \dots\dots\dots (7)$$

$$= MAF \times 0.20967$$

여기서 $M_{CO_2} = 44.0095g/mol$, $M_C = 12.0107g/mol$ 로 분자량이다.

운행 시간에 따른 CO2 총 배출량 E_{CO_2} 는 다음과 같다.

$$E_{CO_2} = \sum_{i=0}^N m_i \times \Delta t \dots\dots\dots (8)$$

여기서 총 운행 시간 $T = N \cdot \Delta t$ 이다.

IV. 실험 및 검토

차량 정보 측정을 위해 그림 3과 같이 OBD-II 인터페이스를 이용한다.

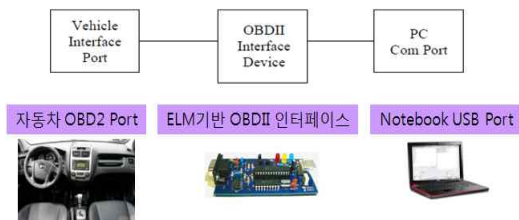


그림 3. 실험 구성
Fig. 3. Experiment set-up.

차량 OBD-II 정보는 Mode와 PID(Parameter ID)를 이용하여 접근이 가능하다. 물리적인 연결은 CAN 통신을 통해 접속을 하고, ELM 기반의 OBD-II 인터페이스는 비동기식 직렬 통신 방식으로 PC와 연결된다[9-10].

측정 결과를 각각의 PID에 맞는 수식을 통해 실제 값으로 변환된다. 본 논문에서 사용한 PID는 표 1과 같다.

표 1. OBD-II PID 예
Table 1. OBD-II PID examples.

Mode (hex)	PID (hex)	Return Bytes	Description	Units	Formula
01	06	1	Short term fuel % trim-Bank1	%	(A-128)*10 0/128
01	07	1	Long term fuel % trim-Bank1	%	(A-128)*10 0/128
01	08	1	Short term fuel % trim-Bank2	%	(A-128)*10 0/128
01	09	1	Long term fuel % trim-Bank2	%	(A-128)*10 0/128
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

측정프로그램은 그림 4와 같다. 통신포트와 통신 속도를 설정하고, 0.5초마다 Query를 보내고 차량 정보를 수신한다. 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 공식에 의해 환산된 실제 값(Real Data)을 나타내고 있다.

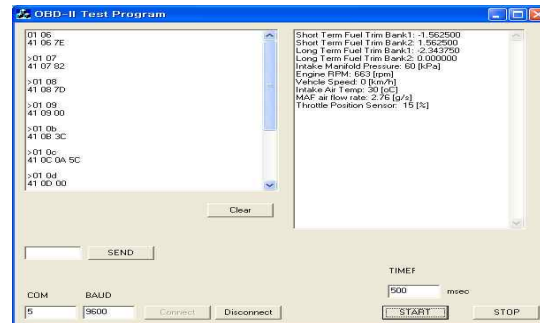


그림 4. 측정프로그램
Fig. 4. Measurement program.

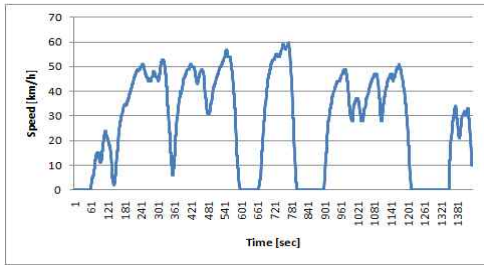
제네시스 3.3(2009년식, 자동변속기, 가솔린) 차량을 이용하여 그림 5와 같이 서울 상암동 주변 5km 경로를 여러 번 반복 주행하면서 OBD-II에서 차량 정보를 측정하고, CO2 배출량을 계산하였다. 1차 주행은 5km 구간을 정속주행하고, 2차 주행은 동일한 5km 구간을 급가속을 하여 계산 방법에 따른 CO2 배출량을 비교하였다.



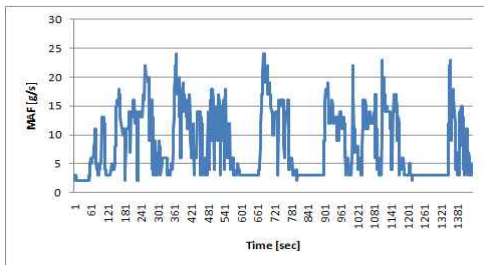
그림 5. 주행 경로
Fig. 5. Driving route.

4.1 정속주행

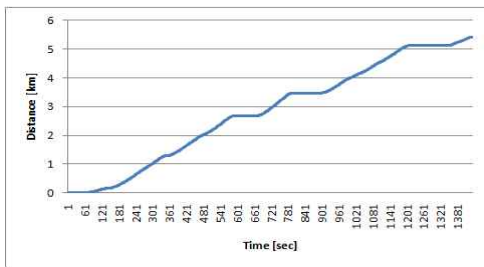
60km/h를 넘지 않게 주행하면서 실행한 OBD-II 측정 결과는 그림 6과 같다.



(a) 속도



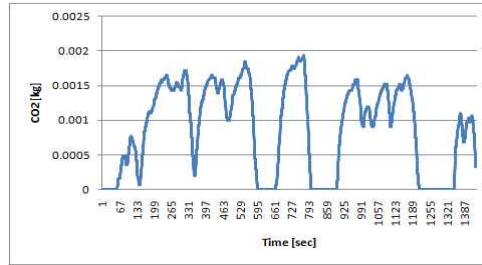
(b) MAF



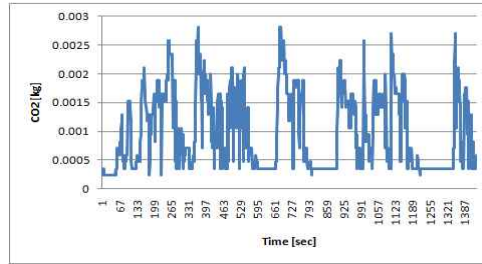
(c) 주행 거리

그림 6. 정속 주행 결과
Fig. 6. Results of normal speed driving.

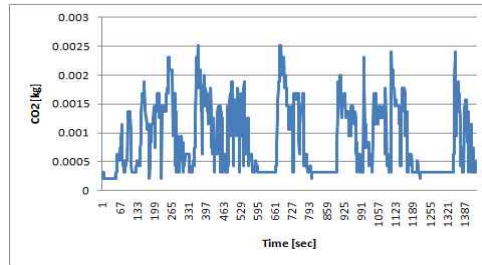
주행 거리, IPCC, 화학반응식으로 계산한 CO2 배출량은 그림 7과 같다.



(a) 주행 거리 방식



(b) IPCC 방식



(c) 화학반응식

그림 7. CO2 배출량
Fig. 7. CO2 emissions.

주행 시간동안 누적한 CO2 배출량은 그림 8과 같다.

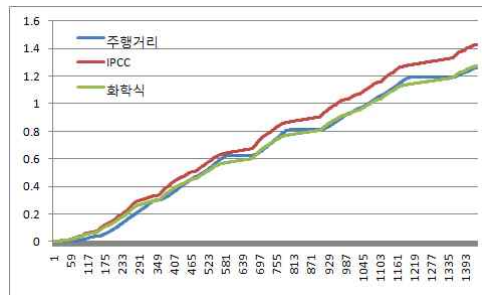
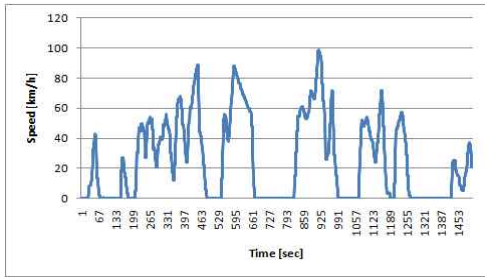


그림 8. CO2 배출량 비교
Fig. 8. Comparison of CO2 emissions.

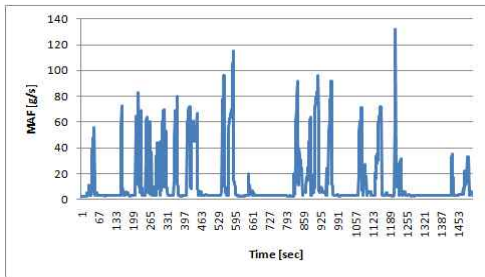
주행 거리 방식은 그림 7(a)에서 속도가 0km/h인 정지 구간에서는 주행 거리가 없기 때문에 CO2 배출량이 없는 것으로 계산되지만 이러한 정지 구간에서의 공회전 상황에서도 엔진은 동작하면서 연료를 소모하고 있기 때문에 CO2가 배출되고 있다. 주행거리 방식은 1.26kg, IPCC 방식은 1.43kg, 화학반응식 방식은 1.27kg의 결과를 얻었다.

4.2 급가속/급정차 주행

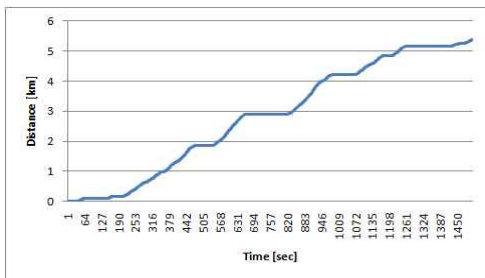
차량 주행 조건을 급가속을 반복하면서 주행한 결과는 그림 9와 같다.



(a) 속도



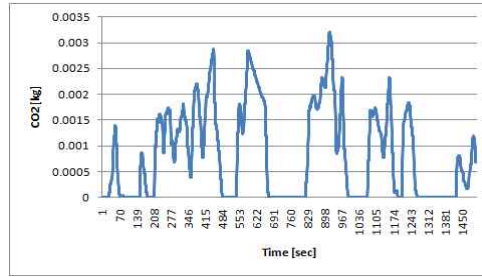
(b) MAF



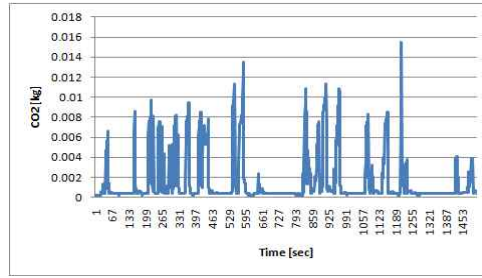
(c) 주행 거리

그림 9. 급가속 주행 결과
Fig. 9. Results of rapid acceleration driving.

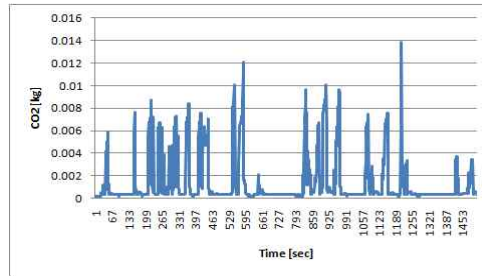
급가속 주행에서 주행 거리, IPCC, 화학반응식으로 계산한 CO2 배출량은 그림 10과 같다.



(a) 주행 거리 방식



(b) IPCC 방식



(c) 화학반응식

그림 10. CO2 배출량
Fig. 10. CO2 emissions.

주행 시간동안 누적한 CO2 배출량은 그림 11과 같다.

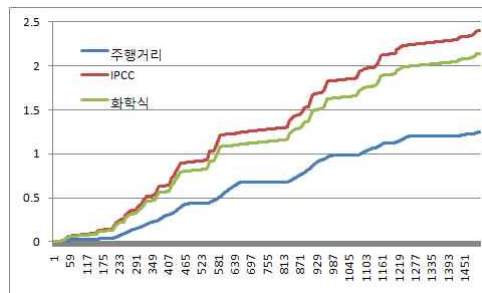


그림 11. CO2 배출량 비교
Fig. 11. Comparison of CO2 emissions.

그림 11에서 주행거리 방식은 1.25kg, IPCC 방식은 2.40kg, 화학반응식 방식은 2.14kg의 결과를 얻었다. 급가속 주행에서는 연료 소모량이 많아지기 때문에 주행 거리에 따른 단순 배출량 계산보다는 연료 소모량을 이용하는 IPCC 방법이나 화학반응식 방법이 효과적임을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 차량의 CO2 배출량을 추정하기 위한 방법들에 대해서 살펴보았다. 주행 거리에 따른 차량의 CO2 배출량 추정 방법, IPCC 계산법을 이용한 차량의 CO2 배출량 추정 방법, 차량 정보와 옥탄의 화학반응식을 이용한 차량의 CO2 배출량 추정 방법 등에 대해서 각각의 원리에 대해서 살펴보았고, 이 세 가지 방법들을 실제 도로 주행 구간(5Km)에 적용하여 각각의 방법으로 실제 차량(제네시스 3.3)의 CO2 배출 추정량을 비교 분석하였으며 동시에 차량정보를 이용한 CO2 추정방법이 정차 구간(0km/h)에 대한 고려를 반영할 수 있어 더욱 유용한 방법임을 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 OBD-II 인터페이스를 통해 제공받을 수 있는 MAF 값을 이용하여 주행 중인 CO2의 배출량의 예측이 가능함을 입증하는데 초점이 맞추어 연구가 수행되었다.

향후 주행 차량의 정확한 CO2 배출량을 추정하기 위해 센서를 적용한 방법들과 비교 분석하여 추정 값의 정밀도를 더욱 높이는 방안에 대한 연구가 진행되어야 한다.

참고문헌

- [1] Yongtae Kim, Hokil Lee, Jeongho Kang, Sung Bin Han, Yonjong Chung, "Relationship between CO₂ emission and fuel consumption rate according to used fuels at driving mode," *Journal of Energy Engineering*, Vol. 17, No. 4, pp. 227-232, 2008.
- [2] Jeong Bae Lee, Sung Soon An, "Automobile Industry and Information Technology," *Korean Society of Computer Information*, Vol. 16, No. 2, pp.21-26, 2008.
- [3] E.TZIRAKIS, K. PITSAS, F. ZANNIKOS, S. STOURNAS, "VEHICLE EMISSIONS AND DRIVING CYCLES: COMPARISON OF THE ATHENS DRIVING CYCLE (ADC) WITH ECE-15 AND EUROPEAN DRIVING CYCLE (EDC)," *Global NEST Journal*, Vol. 8, No. 3, pp 282-290, 2006.
- [4] Z.D. Ristovski, E.R. Jayaratne, L. Morawska, G.A. Ayoko, M. Lim, "Particle and carbon dioxide emissions from passenger vehicles operating on unleaded petrol and LPG fuel," *Science of The Total Environment*, Vol. 345, No. 1-3, pp. 93-98, 2005.
- [5] K. Kelly, L. Eudy, and T. Coburn, "Light-Duty Alternative Fuel Vehicles: Federal Test Procedure Emissions Results," *Technical Reports, National Renewable Energy Laboratory*, 1999.
- [6] Hyundai Motor Company, <http://www.hyundai.com/kr/>
- [7] IPCC, <http://www.ipcc.ch/>
- [8] Energy Education Programs, <http://www.energyeducation.tx.gov/>
- [9] OBD-II, http://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics/
- [10] ElmScan, <http://www.scantool.net/>

저자 소개



정 경 권

1998 : 동국대학교 전자공학과
공학사.

2000 : 동국대학교 전자공학과
공학석사.

2003 : 동국대학교 전자공학과
공학박사.

2010-현재 : 전자부품연구원 위
촉연구원

관심분야 : 신경회로망, 센서 네
트워크, 임베디드 시
스템

Email : kkjung@keti.re.kr



최 우 승

1977 : 동국대학교 전자공학과
공학사.

1981 : 동국대학교 전자공학과
공학석사.

1994 : 동국대학교 전자공학과
공학박사.

1998-2000 : 한국컴퓨터정보학회
학회장.

2000-현재 : 한국컴퓨터정보학회
고문.

1981-현재 : 경원대학교 글로벌
교양학부 교수.

관심분야 : 신경회로망, 센서네트
워크, 유비쿼터스, 임
베디드 시스템, 영상
처리

Email : wschoi@kyungwon.ac.kr