

고속도로에서 GPS데이터를 이용한 연비 향상 방안

최성철*, 이원호*, 문병구*, 김영일*, 한영민*

*아주자동차대학 자동차계열

csc@motor.ac.kr

A Fuel Economy Improvement Method using GPS data in Highway

Seong-Cheol Choi*, Won-Ho Lee, Byung-Koo Moon*, Young-Il Kim*,
Young-Min Han*

*Division of Automobile, Ajou Motor College

요 약

최근의 차량 연비는 엔진, 파워트레인 등 차량의 구성품들을 성능 개선하여 많이 향상 되었으나 연비 측정은 현재도 주어진 모드(LA-4, FTP-75 등)에서 컴퓨터 모의시험 및 다이내모에서 수행한다. 본 논문에서는 차량에 미리 장착된 지리정보데이터와 현재 주행하면서 수신되는 GPS 데이터를 이용하여 약 213Km 영동고속도로를 주행하면서 실제 도로의 연비 향상 방안을 도출한다. 지리정보데이터와 주행하면서 수신한 GPS 데이터 중에서 거리와 고도 데이터를 추출하여 각 구간의 경사도, 주행저항을 계산, 연비향상 알고리즘에 따른 속도 프로파일을 영동고속도로 전 구간에 대해서 완성하고 이 속도 프로파일로 컴퓨터를 이용한 AVL사의 CRUISE 프로그램으로 모의 주행하여 연비를 산출하고 연비 향상 방안을 제안한다.

1. 서론

차량의 화석 연료 사용에 따른 이산화탄소 발생은 지구 온난화에 매우 중요한 요인이다. 경기 회복과 맞물려 원유 값의 가파른 상승은 자동차 회사들에게 연비 향상은 당면 과제가 되었다. 도로의 경사를 고려한 운전 패턴 즉, 급출발, 급가속, 급정지, 과속, 저속 등은 역시 중요한 요인이다[1]. 연비 향상을 위한 연구는 많이 진행되었으나, [1]에서는 경사를 고려하고도 실제 도로가 아닌 특정 주행 모드에서, [2]에서는 경사를 고려하지 않은 주로 주행 속도에 관하여 연구하였고, [3]에서는 가솔린 차량의 요소별 연료 소모량을 계산하여 연비 향상 방안을 제시하였지만 주행에 관한 실험을 하지 않았다. [4]는 주행저항의 여러 요소가 연비에 미치는 영향을 연구하였으나 경사를 고려한 실제 도로에서의 연구는 찾아보기 어렵다.

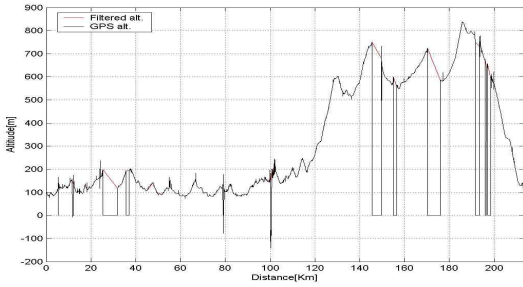
본 논문에서는 실제 고속도로인 경사가 심한 영동고속도로 주행 시 연비 향상방안을 제안하고자 한다. 이를 위해 GPS를 장착한 차량에 영동고속도로의 거리와 고도 데이터를 포함한 지리정보데이터를 차량의 ECU에 미리 저장한다. 이제 차량을 주행하면서 수신된 현재 위치의 거리, 고도 데이터와 ECU에 저장되어

있는 다음 지점의 거리, 고도 데이터를 이용하여 경사각, 차량의 속도, 이에 따른 주행저항을 계산, 예측하여 213Km의 영동고속도로의 속도 프로파일을 생성하고, 연비 향상을 위한 알고리즘으로 모의 주행하였다. 모의실험은 소나타NF 차량을 모델링하여 AVL사의 CRUISE 프로그램에 입력하여 실행하였다.

2. GPS 데이터 및 주행 저항

2.1 GPS 데이터 필터링

GPS를 통한 수신 데이터를 처리하여 0.2초의 간격의 거리와 고도 데이터를 추출한다. 이 추출된 고도 데이터에는 차량 정지로 인한 중복 데이터, 지역적인 수신 불량으로 인한 오류, 터널 통과로 인한 고도 오류, 터널 통과 전후의 수신 불량으로 인한 고도 채터링 등의 다양한 오류가 포함 되어있다. GPS 데이터 필터링은 중복 데이터는 삭제하고, 수신 불량 및 채터링 현상은 제거하였으며, 터널진입 등으로 고도가 '0'이 되는 경우는 안정된 고도를 찾아 처음과 끝을 이어주었다. 그림 1은 영동고속도로 약 213km 구간의 필터링 처리한 GPS 고도 데이터를 보여준다.



[그림 1] 영동고속도로 GPS 고도와 거리 데이터

2.2 주행 저항

차량의 주행 저항(F_r : road load)은 구름저항(F_R : Rolling resistance), 공기저항(F_{Aero} : Aerodynamic resistance), 등판저항(F_{Grad} : Gradient resistance), 가속저항(F_{Acc} : Acceleration resistance)의 합으로 계산된다. 즉,

$$F_r = F_R + F_{Aero} + F_{Grad} + F_{Acc} \quad (1)$$

이다.

본 논문에서는 연비 향상을 위한 주행 방안에 관한 것이므로 평지를 주행할 때 가능하면 정속을 유지하여 가속 저항을 가능하면 줄인다. 다만 하강 경사의 등판저항 절대 값이 구름저항과 공기저항의 합보다 큰 경우에는 가속도가 발생하므로 가속저항을 고려한다. 즉, 식(2)와 같은 조건을 만족할 때이다.

$$|F_{Grad}| \geq F_R + F_{Aero} \quad (2)$$

따라서 등판저항 F_{Grad} 는 영동고속도로가 포함하는 경사도가 그림 1과 같아서 차량 속도 프로파일 계산에 변수가 된다.

등판저항 계산에 필요한 n 번째 경사각 θ_n 은,

$$\theta_n = \arctan\left(\frac{alt_{n+1} - alt_n}{d_{n+1} - d_n}\right) \quad (3)$$

로 계산된다. 특히 식(2)의 등식이 성립하는 경사각을 θ_e 라 한다. 식(2)를 만족하는 경우 가속도 a_n 은,

$$a_n = \frac{|F_{Grade(n+1,n)}| - (F_{R,n} + F_{Aero,n})}{W + \Delta W} \quad (4)$$

로 계산된다. $W, \Delta W$ 는 차량의 중량과 회전부분의 상당질량이다. 이제 이 가속도에 의해 증가된 속도를 ΔV_{n+1} 계산하고 이를 V_n 에 더하면 V_{n+1} 번째 속도가 계산된다. 즉,

$$V_{n+1} = V_n + \Delta V_{n+1} \quad (5)$$

로 표현된다. 따라서 이 변경된 속도를 공기저항에 반영하고 주행저항을 계산하여야만 정확한 연료 소모를 측정할 수 있다.

3. 제어 알고리즘

3.1 속도 프로파일 생성

약 213Km의 영동 고속도로를 모의 주행 하기 위해서는 지리정보데이터의 거리와 고도 데이터와 추출된 GPS의 고도와 거리 데이터를 이용하여 속도 프로파일 생성은 필수적이다. 특히 경사도에 따른 등판저항의 변화는 차량의 속도에 영향을 주고 결국 주행저항으로 이어져 연료소모에 영향을 준다. 즉, 상승 경사일 경우는 등판저항이 항상 엔진에 부하를 가해 연료를 더 소모하게 하지만 하향 경사일 경우 식(2)를 만족할 때 연료를 소모하지 않고도 속도가 가속된다. 따라서 2.2절에서 설명한 주행저항 관계식과 지리정보데이터, GPS 데이터를 이용하여 속도프로파일을 생성할 수 있다.

3.2 제어 알고리즘

알고리즘에 사용될 용어를 정의하면, 경제속도는 100Km/h, 오차속도는 경제속도의 $\pm 5, \pm 10\%$ 속도, 최고속도와 최저속도는 “경제속도 \pm 오차속도”를 의미한다.

3.2.1 정속주행(FIXVEL) 알고리즘

이 알고리즘은 213Km 영동 고속도로를 항상 일정한 속도로 주행하는 방안이다. 그림 1에 보여주는 거리에 따른 경사도에 관계없이 항상 정속(경제속도 100Km/h)로 주행한다.

3.2.2 하한속도제어(LOWVEL) 알고리즘

제안하는 알고리즘은 경사각 θ 가 ① $\theta < -\theta_e$ 일 때 가속되어 최종적으로 최고속도까지 증가하고, ② $\theta \geq -\theta_e$ 일 때 점차 감속되어 최저속도까지 감소하여 주행한다.

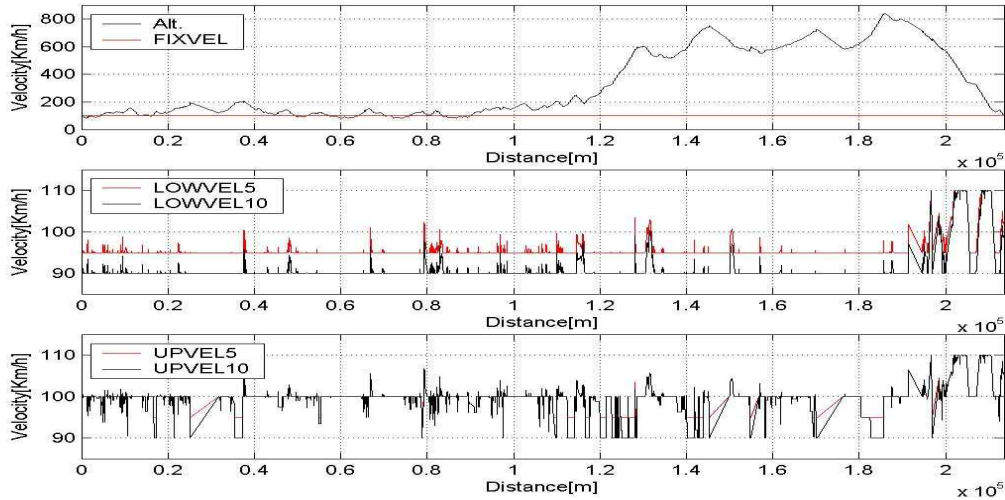
3.2.3 상한속도제어(UPVEL) 알고리즘

제안하는 알고리즘은 경사각 θ 가 ① $\theta < -\theta_e$ 일 때 가속되어 최종적으로 최고속도까지 증가하고, ② $-\theta_e \leq \theta < \theta_e$ 일 때 점차 가/감속되어 경제속도로 주행하며, ③ $\theta \geq \theta_e$ 일 때 점차 감속되어 최저속도로 주행한다.

4. 모의 실험 및 고찰

4.1 모의 실험

3장에서 설명한 방법으로 제안하는 알고리즘의 속



[그림 2] 알고리즘에 따른 속도 프로파일

[표 1] 연료 소모량 및 연비

알고리즘	평균 속도 (Km/h)	연료소모량 (L)	연비 (Km/L)	향상 (%)	주행시간 (시간:분:초)	
FIXVEL	100	16.880	12.646	0	2:08:00	
5%	LOWVEL	95.680	16.184	13.190	4.3	2:13:38
	UPVEL	99.708	16.252	13.135	3.9	2:08:40
10%	LOWVEL	90.944	15.835	13.481	6.6	2:20:36
	UPVEL	99.308	16.028	13.319	5.3	2:09:42

도 프로파일을 생성하여 그림 2에 보여준다. 또한 모의 실험하여 그 결과를 표 1에 정리 하였다. 모의실험에 사용된 차량은 소나타NF 2,359cc를 사용하였다.

선 효과를 보였다. 따라서 LOWVEL -10%인 경우 시간은 많이 걸리지만 연비 개선 효과가 6.6%로 우수하여 연비 향상 방안으로 제안한다.

4.2 고찰

그림 2의 속도 프로파일에서 UPVEL 알고리즘은 경제 속도를 기준으로 LOWVEL은 최저속도를 기준으로 속도 변화를 보여준다. LOWVEL 알고리즘은 하강경사에서 자연 가속을 잘 이용하는 반면 UPVEL은 그렇지 못하다. 또한, 상승 경사에서 LOWVEL은 최저속도로 주행하여 연료소모를 줄이나 UPVEL은 경사각에 따라 경제속도를 유지하기 위해 연료 소모를 축진한다.

그 결과로 표 1에서 평균속도는 UPVEL이 빠르지만 연비 향상을 보면 LOWVEL 알고리즘이 UPVEL 알고리즘 보다 연비가 우수하다.

5. 결론

LOWVEL 알고리즘이 UPVEL 알고리즘보다 우수한 연비 개선 성능을 보여준다. 특히, LOWVEL -10%의 경우가 평균시속 90.944Km/h, 주행시간 2시간 20분 36초로 UPVEL 대비 8.364Km/h 낮고, 10분52초 더 걸렸지만 연비개선에 있어서 UPVEL 대비 1.3%의 개

후 기

본 논문은 2011년 아주자동차대학(산학협력단)의 연구지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

[1] 박진호, 박영일, 이장무, “경사가 포함된 도로의 주행시 실제 주행연비 예측”, 한국자동차공학회논문집, 2000년3월, 제8권 제3호, pp. 65~76

[2] 박용성, 최선모, 권해봉, 김중수, 임성복, 조성우, “자동차 운전조건에 따른 연료소모 특성에 관한 실험적 연구”, 한국자동차공학회 2003년도 춘계학술대회논문집, pp. 3~8

[3] 유영철, 송해박, 이종화, 유재석, 박영무, 박경석, “가솔린 차량의 각 요소별 연료 소모량 분석을 위한 실험적 연구”, Transaction of KASE, Vol. 12, No. 1, pp.153~161, 2004.

[4] 정영재, 유영우, 류춘근, 장호준, 배구병, “Road Load 및 AT shift pattern에 의한 차량 연비 및 동특성 거동에 관한 고찰”, 2010 KASE 부문종합 학술대회, pp. 1~6