

수평 가속도계를 활용한 새로운 변속 알고리즘

박진호*

연지비

A New Shift Algorithm using a Longitudinal Accelerometer

Jinho Park*

NGVTEK, Room 2308, 136-1dong, San 56-1 Shinlim-dong, Kwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

(Received 30 October 2003 / Accepted 25 December 2003)

Abstract : A shift algorithm of an automatic transmission is decided by the compromise between the performance and the fuel economy of the vehicle. But because in the traditional shift algorithm, throttle opening and vehicle speed are used to decide the shift points, the actual load of the vehicle is not exactly considered. In this paper, to consider the actual load, that is, the road grade and the vehicle acceleration, the longitudinal accelerometer is used to decide the shift points. As the result, the performance and the fuel economy of the vehicle which adapts the new shift algorithm are shown better than the traditional one.

Key words : Shift algorithm(변속 알고리즘), Acceleration performance(가속성능), Fuel economy(연비), Longitudinal accelerometer(수평방향 가속도계), Road grade(도로 경사도), Vehicle acceleration(차량 가속도)

Nomenclature

- T : torque, Nm
- I : inertia, kg m²
- F : force, N
- a : acceleration, m/s²
- m : mass, kg
- r : radius of wheel, m
- g : gravity, 9.81m/s²
- θ : road grade, degree
- ω : wheel angular velocity, rad/s

Subscripts

- a, r, g : air, rolling, gravity resistance
- out, v : output shaft, vehicle

*To whom correspondence should be addressed.
pjinho@plaza.snu.ac.kr

1. 서론

일반적인 자동변속기 장착 차량의 변속 알고리즘의 경우 실용적으로는 동력성능을 기준으로 기준변속 선도를 결정한 뒤, 엔진의 작동영역 조건이나, 클러치, 유압 등의 제한 조건 등을 고려하여 수정한다. 이렇게 대략적으로 결정된 변속선도를 다이내모 상에서 실험을 통하여 연비와 배기가스의 제한 조건을 만족하면서 수정하여 최종적으로 변속선도를 완성하게 된다. 그러나, 이론적으로 연비절약 모드(Economy mode)의 경우는 스로틀-차량속도 방법이나, 차량속도-구동력선도의 두 가지 방법에서 연비가 최소로 되는 점을 변속선도로 결정한다.¹⁻⁵⁾ 대표적으로 많이 사용되고 있는 스로틀-차량속도 방법의 경우는 스로틀을 고정된 뒤 각 단 별로 엔진의 연료소비를 곡선을 그린 후 서로 교차되는 점을 변속시점으로 결정한다. 그러나, 이렇게 작성된 변속선

도의 경우 가감속 상태를 고려한 것이 아니기 때문에 실제 주행 시와는 차이를 보이게 된다. 또한 이론적으로는 교차점이 항상 생기는 것처럼 보이지만 실제로는 교차점이 엔진 특성상 일정하게 나타나지 않을 뿐만 아니라, 여러 개가 나오며, 교차점 근처에서의 연비값 차이가 미묘하게 작은 점이 여러 곳에 나타난다. 완전하게 이론적으로만 변속선도를 구할 경우에는 상당히 낮은 점에서 변속을 하게 된다.

일반적으로 이론상 변속 알고리즘은 엔진의 성능 곡선으로만 변속시점이 결정되기 때문에 가속 시나 언덕길 주행 시에 최적의 변속단을 결정하기가 난해하다. 이것은 스로틀과 차량속도만으로 차량의 상태를 결정할 수 없기 때문에 발생하는 문제로서 주행부하를 알 수 있다면 해결 가능할 것이다. 현재 고급 변속전략으로 많이 사용되고 있는 유운 제어 가변 변속 알고리즘이나 퍼지 제어, 뉴럴 네트워크 제어 변속 알고리즘은 기존의 많은 실험 데이터에 의존하여 저장되어 있는 패턴과 비슷한 입력(스로틀, 차량속도, 브레이크 등)이 들어오면 변속선도를 바꾸는 방식을 택하고 있다. 이 방법은 오르막길 주행 시 불필요한 변속 방지와 내리막길 주행시 엔진 브레이크 사용여부에 관심을 두고 있으나, 최적의 가속성능이나 그 때의 연료소비율의 최소화는 불확실하다. 따라서, 어떠한 도로 상황에서도 운전자의 의지를 반영하는 가속성능을 만족시키면서, 최대의 연비로 주행 가능한 변속 알고리즘이 필요하다. 이를 위해서는 기존의 스로틀이나 엔진속도, 차량속도, 브레이크 입력이외에 새로운 파라미터가 요구된다. 즉 차량의 가속도와 도로 경사도를 직접적으로 입력받아 변속 알고리즘에 사용한다면, 운전자가 요구하는 가속성능을 만족시키면서 최대의 연비로 주행 가능한 알고리즘이 개발 가능할 것이다.

2. 도로 경사도와 차량 가속도를 고려한 변속알고리즘

2.1 개념

위에서 서술한 바와 같이, 요구 차량 가속도와 도로 경사도(등판저항)가 변속 알고리즘에 직접적으로 사용되면, 연비와 가속 성능면에서 우수한 변속 알고리즘 개발이 가능할 것이다. 차량 가속도와 도

로 경사 부하(중력가속도)는 같은 물리량이기 때문에 차량 안에서 센싱하여 완벽하게 분리하는 것은 불가능하며 기존에 발표된 논문에 의하면 어느 정도 오차 범위에서는 분리가 가능하다.⁶⁾ 그리고, 변속 알고리즘을 구현하기 위해서는 두 물리량을 분리할 필요가 없게 되는데, 그 이유는 차량이 가속 시에 요구되는 토크와 등판 시 요구되는 토크는 차량의 측면에서 보면 같은종류의 토크량으로 인식하기 때문이다. 즉, 차량은 요구되는 토크가 구체적으로 가속에 사용될 것인지 등판에 사용될 것인지를 판별할 필요가 없는 것이다. 다만 현재 요구되는 토크량이 얼마인지를 항상 센싱할 수 있으면 그 때 연료 소비량이 최소가 되면서, 요구되는 가속성능을 낼 수 있는 최적의 변속단을 결정하면 되는 것이다. 따라서 차량가속도와 경사에 의한 중력가속도 값의 합을 새로운 파라미터(이하 H-파라미터로 칭함)로 정의하고 이것을 변속 알고리즘에 사용하기로 한다.

2.2 H-파라미터

일반적으로 차량의 요구 토크(출력축 토크)는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 요구 토크는 차량이 가속하는데 필요한 토크와 주행 저항을 이기는 데 필요한 토크로 나누어진다.

$$T_{OUT} = I\dot{\omega}_v + r(F_r + F_a + F_g) \quad (1)$$

차량의 등가관성과 차륜의 각가속도를 근사적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = m r^2 \quad (2)$$

$$\dot{\omega}_v = \frac{a}{r} \quad (3)$$

여기서 r 은 차륜의 등가 반지름으로서 일정 거리를 주행했을 때, 회전수를 측정하여 결정한 값이다. 슬립을 무시해야 식 (3)과 같은 결과를 얻지만, 일반 주행시에는 등가 반지름에 그 개념이 포함되어 있기 때문에 이 식을 사용할 수 있다. 다만, 급출발이나 급정거시에 식 (3)의 정확도는 떨어지지만, 급출발이나 급정거는 변속 알고리즘에 크게 영향을 미치지 않으므로 본 연구에서는 무시하기로 한다.

식 (1)에서 구름저항과 공기저항은 근사적으로

차량속도의 함수로 볼 수 있으며, 나머지 등관저항과 가속 토크는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I\dot{\omega}_V + rF_g = mra + rmgsin\theta \quad (4)$$

이것을 정리하면 다음과 같은 가속도량이 나오게 된다.

$$mra + rmgsin\theta = mr(a + gsin\theta) \quad (5)$$

이 물리량이 측정 가능하다면, 요구 토크는 근사적으로 이 물리량과 차량속도의 함수로 나타내게 된다.

$$T_{out} = r(F_r + F_d) + mr(a + gsin\theta) = \text{Function of } (v, a + gsin\theta) \quad (6)$$

이 물리량은 차량에 수평방향으로 직류 성분을 측정할 수 있는 가속도계를 장착함으로써 측정할 수 있는데, 이것을 변속전략 고려시 H-파라미터 (horizontal accelerometer parameter)로 정의한다.

$$H \equiv a + gsin\theta \quad (7)$$

위의 식은 곧 차량의 거동을 정의할 수 있음을 의미한다. 즉 차량 속도와 H-파라미터를 모두 측정함으로써 차량의 출력축 상태를 결정할 수 있다. 이 두 가지 파라미터를 사용하여 변속 알고리즘을 구현하기로 한다. 기존의 스로틀-차량속도(Throttle-Vehicle speed, T-V) 변속 알고리즘과 구별하기 위하여 이후부터는 H-파라미터 - 차량속도 (H-parameter-Vehicle speed) 변속 알고리즘이라 칭하고, 간략화하여 H-V 변속 알고리즘이란 명칭을 사용한다.

2.3 H-V 변속 알고리즘

차량의 출력축 상태(속도, 요구 토크)를 측정하면, 언덕길 및 가속 시에 연비가 최소가 되는 점을 변속시점으로 결정할 수 있다. 차량속도와 H-파라미터가 정해지면, 요구 토크가 결정되고, 결정된 요구 토크는 변속기의 효율과 토크 컨버터를 고려하여 엔진에서 필요한 토크가 계산된다. 변속단은 유단이므로 4단일 경우 4가지 경우가 존재한다. 이렇게 모든 속도와 H-파라미터에 대하여 각 단 별로 엔진의 상태를 얻어내면 엔진의 성능곡선으로부터 연료소비율을 얻어낼 수 있다. 이런 알고리즘을 사용하기 위해서는 연료소비율을 계산하는 알고리즘이

정확해야 하며, 따라서 기존에 실험으로 검증된 프로그램의 알고리즘을 사용하기로 한다.⁷⁾

Fig. 1은 H-V 변속 알고리즘 생성 방법에 대한 프로그램의 흐름도이다. 이것을 상세하게 설명하면 다음과 같다.

- 1) 엔진 데이터, 토크 컨버터 데이터, 각종 동력손실 계수, 기어비, 기어 효율, 차량 제원 데이터를 입력
- 2) 초기 차량속도, H-파라미터 값을 0으로 입력
- 3) 주어진 차량속도와 H-파라미터에 대하여 요구되는 출력축 토크와 속도를 계산
- 4) 기어비와 기어효율을 고려하여 토크 컨버터의 터빈속도, 토크까지 경우의 수대로 차례로 계산
- 5) 토크 컨버터의 토크비와 용량계수로부터 토크 컨버터의 임펠러 속도와 토크를 계산한 뒤, 손실을 고려하여 엔진의 속도와 토크를 계산
- 6) 계산된 엔진 속도와 토크로부터 스로틀 개도를 계산하고, 그 때의 연료소비율을 계산
- 7) 계산된 연료소비율 중에 최소값을 선택하여 그 때의 단수를 차량속도와 H-파라미터에 대하여 기록
- 8) 차량속도와 H-파라미터에 대하여 일정한 간격으로 값을 증가시켜 전 영역에서의 단수를 결정

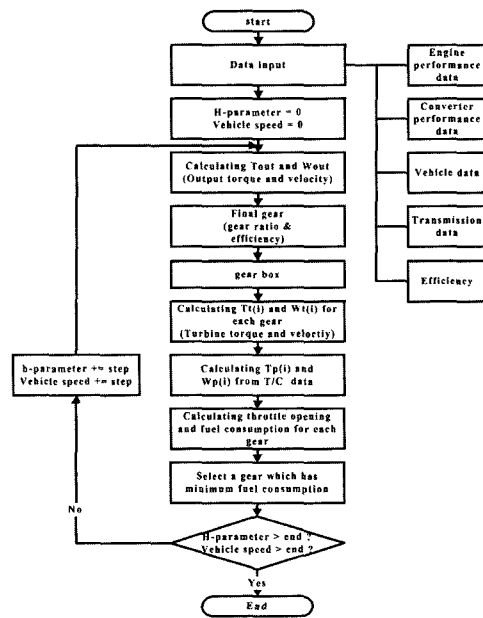


Fig. 1 Flowchart of constructing H-V shift algorithm

Fig. 2는 Fig. 1의 방법으로 도출된 변속 알고리즘이다. 항상 요구되는 가속도와 등판성능을 만족하면서 연비가 최소가 되도록 차량이 운행할 경우 차량의 궤적은 Fig. 2에 보여진 평면 위에서 움직이게 된다. 2축을 기준으로 스로틀이 나타나는데, 모든 스로틀에 대하여 나타나지 않는 이유는 평면이 최소 연비점만을 나타내고 있기 때문이다. 즉 차량이 주어진 속도와 가속도를 만족하면서 Fig. 2에 보여진 평면 위에서 움직이려면, 스로틀은 종속적으로 결정된다. 이것을 스로틀 평면으로 투영하게 되면, Fig. 3과 같이 나타나게 되는데, 스로틀이 10%~25% 사이에 변속선도가 겹치는 부분이 있음을 알 수 있다. 즉, 스로틀과 차량속도만으로는 차량 가속도나 도로 경사도의 영향을 고려하여 변속 알고리즘을 나타낼 수 없음을 의미한다. 부연 설명하면, T-V 변속 알고리즘의 변속선도는 차량 가속도와 도로 경사도에 정도에 따라 여러 개가 존재해야 한다. 그러나, H-V 변속 알고리즘은 하나의 변속선도로 주어질 수 있다. 한편 Fig. 4와 같이 한 주행모드의 궤적을 도시해보면, 대부분의 운행이 Fig. 3에서 겹치는 부분으로 나타난 곳에서 이루어지고 있음을 알 수 있다. 이것은 도심주행의 대부분이 스로틀 20% 근처에서 이루어지는데, 차량 가속도나 도로 경사도를 고려하지 않는 변속 알고리즘에서는 항상 같은 지점에서 변속이 수행됨을 알 수 있다. 따라서, 가속성능이나 등판성능을 만족하지 못하거나, 최대의 연비로 주행하지 못하는 경우가 발생하는 것이다. 본 알고리즘을 사용할 경우 이러한 문제점이 해결 가능할 것이다.

본 연구에서 도출된 변속 알고리즘은 스로틀, 차

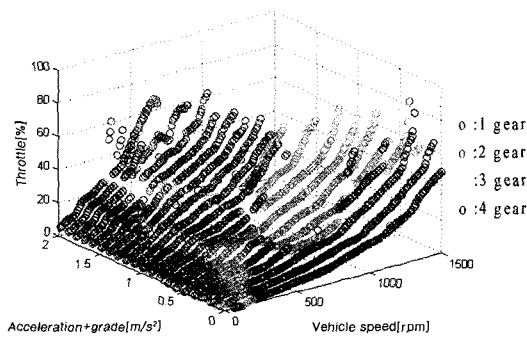


Fig. 2 3D plot of H-V shift algorithm

량속도, H-파라미터가 되어야 하지만, 스로틀은 나머지 두 변수에 종속이므로 고려하지 않아도 된다. Fig. 2에 보여진 것처럼 대부분의 구간에서 스로틀은 연속임을 알 수 있다. 실제 적용하기 위하여 이것을 H-V 변속선도로 나타내면, Fig. 5와 같다. 이 데이터를 이용하여 변속을 수행하면 최적의 가속성능과 연비를 얻을 수 있다.

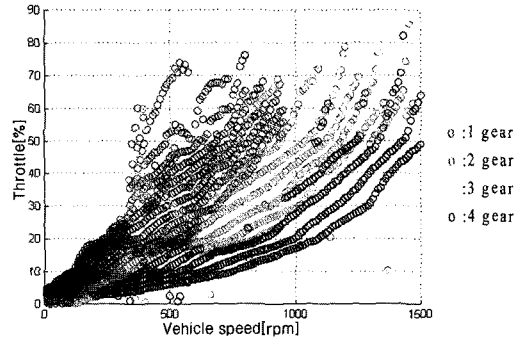


Fig. 3 Projection of shift algorithm to throttle-vehicle speed plane

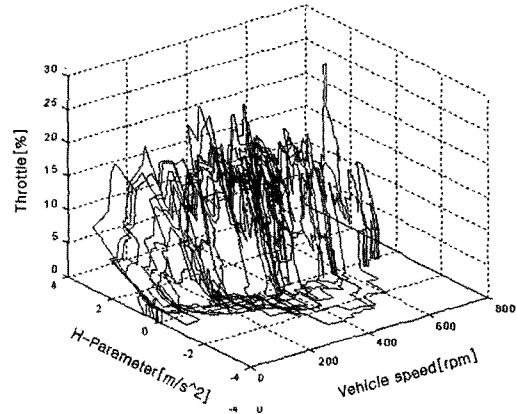


Fig. 4 H-parameter-vehicle speed trajectory of NAMBU mode

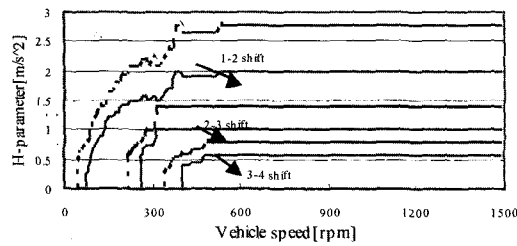


Fig. 5 H-parameter-vehicle speed shift algorithm

3. 연비 시뮬레이션 결과

3.1 연비 시뮬레이션

기존에 발표된 경사가 포함된 주행모드⁶⁾에 대하여 T-V 변속선도와 H-V 변속선도에 의한 연비를 비교하였다. 일반적인 주행모드는 시간에 따른 주행 속도만 있으나, 참고문헌에 있는 바와 같이 실험을 통하여 얻은 도로 경사도가 포함된 주행모드도 본 연구에 사용하였다.

기존 발표된 논문에서 이미 실차 실험 결과와 시뮬레이션의 결과를 비교/평가하여 일치함을 확인하였으므로, 본 절에서는 시뮬레이션에 의한 결과만을 비교하기로 한다.⁷⁾ 실제 H-파라미터가 측정된 SNU 모드(서울대학교 순환도로 주행 모드)와 NAM-BU 모드(양재-사당간 도로 주행 모드), 그리고 평지를 기준으로 한 FTP-75 모드, JAPAN 10-15 모드, NEDC 모드에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다.^{6,7)}

주행 모드들의 특성을 간략하게 설명하면, SNU 모드는 경사도가 높고, 순간 가속도가 높아 H-파라미터 값이 상당히 높은 편이고, NAMBU 모드는 SNU모드 보다는 낮지만 예술의 전당 앞과 사당 근처에서 경사도가 있어 높은 편에 속한다. 즉 도로 경사도에 의한 영향이 첨가되었기 때문에 다른 모드들과 평균 속도나 가속도가 비슷함에도 불구하고, H-파라미터는 높은 편이다. 반면 FTP-75 모드를 포함한 나머지 모드의 경우는 앞의 두가지 모드보다 낮은 편이다.

각 주행모드에 대한 연비 시뮬레이션 결과를 Table 1에 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 연비는 평균 약 1%의 향상을 보였다. FTP-75모드, NEDC 모드에 비하여 SNU 모드, NAMBU 모드, JAPAN 10-15 모드 등의 연비가 더 향상되었음을 알 수 있

다. 특히, SNU 모드와 같이 언덕길이 많은 모드의 경우에는 연비 향상이 더 두드러짐을 알 수 있다.

3.2 시뮬레이션 결과 분석

연비 향상의 이유를 분석하기 위해서는 각 상태 변수를 비교하여야 한다.

연비에 가장 결정적인 영향을 미치는 인자인 순시 연료소비율과 변속단의 변화, 그리고 스로틀 개도의 변화와 엔진 속도의 변화를 차량 속도와 H-파라미터, 그리고 추출한 도로 경사도와 함께 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 알 수 있듯이 H-파라미터가 높은 영역에서는 낮은 단수로 운행을 하며, H-파라미터가 낮은 영역에서는 높은 단수로 운행을 함을 알 수 있다. 변속단수의 변화에서 주목할 것은 기존의 변속선도에 의한 변속단은 355초와 360초 사이에 4단으로 운행을 하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 그 때의 스로틀 개도가 0%로 떨어짐으로 인한 상단 변속임을 알 수 있다. 그러나, 이 때의 도로 경사도를 보면 약 5도 정도를 유지하고 있는데, 이것은 오르막길에서의 장애물이나 커브로 인해 잠시 스로틀을 낮추었음을 나타낸다. 이 때 기존의 변속선도는 상단변속을 수행하여 4단으로 유지하게 되고, 잠시 후에 다시 가속을 위하여 스로틀을 높임으로써 3단으로 하단 변속을 수행하게 되는 것이다. 이것은 불필요한 변속으로서 차량의 승차감에 상당히 영향을 미치며, 지양되어야 한다. 퍼지 로직이나 뉴럴 네트워크 제어를 사용하여 이런 불필요한 변속을 방지하는 것이 대부분이나, 본 연구에서 제시된 변속 알고리즘은 이러한 불필요한 변속은 변속선도 안에 포함이 되어 자체적으로 방지하고 있다. Fig. 6에서도 나타나듯이 스로틀을 낮추어서 차량속도가 감소하고 있지만, H-파라미터의 경우는 도로 경사도로 인하여 더 이상 감소하지 않고, 따라서 스로틀을 운전자가 낮추었다고 할지라도 상단변속을 수행하지 않는다. 만약에 도로 경사도가 있지 않았다면, 새로운 변속 알고리즘도 상단 변속을 수행했을 것이다. 비록 상단 변속을 수행하지 않는 것과 수행하는 것과의 연비 차이가 거의 나지 않더라도, 불필요한 변속을 방지하고 있음을 알 수 있다. 한편, 365초와 370초 그리고 380초 이후에는 기존 변속선도에 비

Table 1 Comparison of fuel economy by 5 driving modes

Mode	FE by TV [km/l]	FE by EV [km/l]	Improvement (%)
FTP-75	12.8575	12.9141	0.44
SNU	7.4594	7.6352	2.36
NAMBU	9.6448	9.7409	1.00
JAPAN15	10.8355	10.9618	1.17
NEDC	12.4072	12.4295	0.18

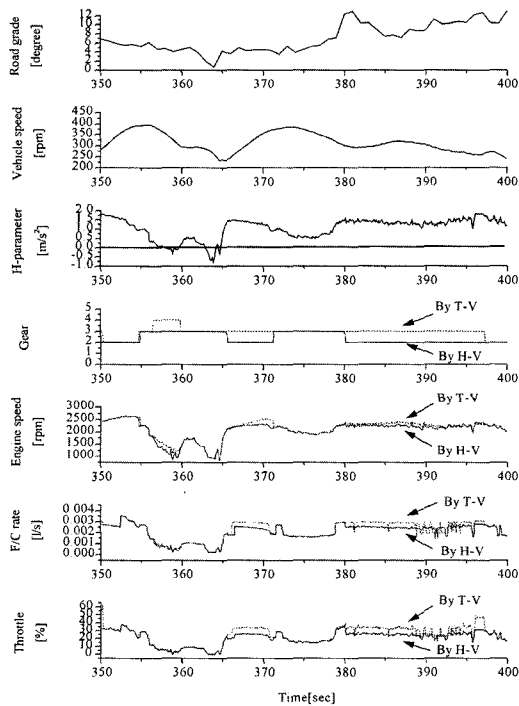


Fig. 6 Precise comparison between T-V and H-V

해 하단으로 주행함을 알 수 있는데, 이것은 H-과라 메터가 상당히 높은 부분으로서 하단 변속이 반드시 필요한 부분임을 그림을 통하여 알 수 있다. 또한 이로 인하여 엔진 속도도 낮은 영역에서 운행이 되고, 스톱도 낮게 유지가 되며, 따라서 순시 연료소비율도 낮아짐을 알 수 있다. 기존의 변속선도에 비해 변속을 더 자주 하는 것처럼 느껴지지만 그림에서 알 수 있듯이 이것은 불필요한 변속빈도가 높아지는 것이 아니라, 반드시 필요한 부분에서 변속을 수행하는 것이다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 변속선도는 자체적으로 불필요한 변속은 제거하고, 가속성능을 유지하면서 최소의 연비로 주행하는 단수를 결정함을 알 수 있다.

4. 가속성능 비교

T-V 변속선도와 H-V 변속선도에 대하여 차량의 가속성능을 비교하였다. 가속성능 시뮬레이션은 실험에 의하여 검증된 프로그램을 사용하였으며, 대상 차량을 강성과 감쇠를 무시한 간단한 수학적 모델링을 통하여 시뮬레이션을 수행하였다.⁸⁾

Table 2에 각 스톱별로 주행시 거리와 연료소비를 그리고, 계산된 연비가 나타나 있다. 시뮬레이션 조건은 40초간 주어진 스톱들로 주행한 후의 결과이다. 결과를 보면, 스톱 30%까지는 가속성능 및 연비가 많이 향상됨을 알 수 있다. 그러나, 40% 이상의 스톱에서는 가속성능이 향상되는 대신에 연비가 감소함을 알 수 있다. H-V 변속선도는 요구되는 차량 가속도와 등판부하에 대하여 최적의 연비로 주행을 하는 것이기 때문에 스톱별로 비교하는 것은 의미가 없다. 즉, 같은 시간 안에 얼마만큼의 도달속도 또는 주행거리가 중요한 가속성능에서 비교를 한다면, H-V 변속선도는 40% 스톱에 40초안에 1.0036 km 갈 수 있지만, T-V 변속선도는 70% 스톱에 40초가 걸려야 1.0834km에 도달할 수 있는 것이다. 이 때의 연비를 비교해 보면 H-V 변속선도로 40% 주행시는 6.3012 km/l인데 비해 T-V 변속선도로 70% 주행시는 5.1841km/h로 10%이상 차이가 나는 것을 알 수 있다. 요구되는 가속성능을 만족시키기 위해서는 본 연구에서 제시된 H-V 변속선도가 T-V 변속선도보다 연비가 월등히 좋다는 것을 알 수 있다.

이상과 같은 결과에서 새롭게 제시된 H-V 변속 알고리즘은 가속 시나 등판 시에 기존의 T-V 변속

Table 2 Comparison of fuel economy and acceleration performance

Throttle [%]	T-V shiftmap			H-V shiftmap			F/E Impr. [%]	A/P Impr. [%]
	Dist. [km]	Fuel used [l]	F/E [km/l]	Dist. [km]	Fuel used [l]	F/E [km/l]		
5	0.29	0.027	10.71	0.30	0.027	10.82	0.99	0.65
10	0.47	0.050	9.32	0.48	0.050	9.47	1.57	0.97
15	0.53	0.063	8.39	0.55	0.064	8.63	2.81	2.57
20	0.59	0.080	7.36	0.64	0.082	7.83	6.34	6.47
25	0.69	0.094	7.34	0.75	0.097	7.66	4.32	6.63
30	0.75	0.109	6.91	0.85	0.119	7.15	3.50	10.12
40	0.87	0.129	6.78	1.00	0.159	6.30	-7.03	16.58
50	0.96	0.153	6.29	1.16	0.222	5.22	-16.95	29.57
60	0.97	0.159	6.13	1.21	0.264	4.57	-25.40	35.14
70	1.08	0.209	5.18	1.25	0.303	4.11	-20.66	24.37
80	1.18	0.252	4.69	1.26	0.311	4.06	-13.28	12.37
90	1.26	0.306	4.15	1.27	0.313	4.06	-1.98	1.12

알고리즘보다 가속성능 및 연비 면에서 향상된 결과를 보여주었으며, 또한 언덕길에서의 불필요한 변속을 제거하고, 동력성능이 요구되는 곳에서 하단 변속을 원활히 수행함을 보였다.

5. 결론

도로의 경사도와 차량의 가속도를 반영하여 요구되는 가속성능 하에서 최적의 연비로 주행가능한 새로운 변속 알고리즘을 제시하였으며, 검증된 연비 예측 프로그램과 가속성능 예측 프로그램을 사용하여 기존의 변속 알고리즘에 비해 향상되었음을 보였다.

- 1) 기존의 스로틀과 차량속도로 표현되는 변속 알고리즘을 새로운 물리량인 H-파라미터와 차량속도로 표현되는 변속 알고리즘을 제안하였으며, 생성 알고리즘 및 프로그램을 개발하였다.
- 2) 기존 변속 알고리즘과 새로운 변속 알고리즘에 대하여 검증된 연비 예측 프로그램을 통해 연비를 비한 결과, 경사가 비교적 많고 가속도가 많이 요구되는 주행모드에 대해서는 약 1% 이상의 연비 향상을 보였으며, 평지 기준의 주행모드에 대해서는 연비 향상도 상대적으로 작음을 알 수 있었다.
- 3) 가속 성능은 새로운 변속 알고리즘이 향상되었음을 보였으며, 특히 요구되는 가속성능 하에서 최소한의 연비로 주행할 수 있음을 보여주었다.

References

- 1) T. Kondo, K. Iwatsuki, Y. Taga, T. Taniguchi, T. Taniguchi, "Toyota ECT-i a New Automatic Transmission with Intelligent Electronic Control System," SAE 900550, 1990.
- 2) H. Taniguchi, Y. Ando, "Analysis of a New Automatic Transmission Control System for LEXUS LS400," SAE 910639, 1991.
- 3) Y. Hojo, K. Iwatsuki, H. Oba, K. Ishikawa, "Toyota Five-Speed Automatic Transmission with Application of Modern Control Theory," SAE 920610, 1992.
- 4) B. Martin, C. J. Redinger, "42LE Electronic Four-Speed Automatic Transaxle," SAE 930671, 1993.
- 5) J. Petersmann, W. Seidel, W. Mollers, "Porsche Carrera 2 Tiptronic Transmission," SAE 901760, 1990.
- 6) J. H. Park, J. H. Kong, H. S. Jo, Y. I. Park, J. M. Lee, "Measurement of Road Gradients for the Development of Driving Modes Including Road Gradients," Proceedings of Institution of Mechanical Engineers Part D: Journal of Automobile Engineering, Vol.215, No.9, 2001.
- 7) J. H. Park, Y. I. Park, J. M. Lee, "Estimation of Real Driving Fuel Consumption Rate of a Vehicle When Driving on Road Including Grade", Transactions of KSAE, Vol.8, No.3, pp.65-76, 2000.
- 8) H. S. Jo, J. M. Lee, Y. I. Park, W. S. Lim, "A Performance Simulation of Vehicle Powertrain for Fuel Economy and Driveability Analysis," Transactions of KSAE, Vol.7, No.2, 1999.