

〈論 文〉

# 동력성능 향상을 위한 차량용 자동 변속기의 최적 변속비 및 변속 패턴 결정에 관한 연구

조선휘\* · 류길하\*\* · 김태용\*\*\*

(1990년 4월 26일 접수)

## A Study on the Determination of Gear Ratios and Shifting Pattern of Automatic Transmission for Increasing Vehicle Performance

S.W. Cho, G.H. Ryu and T.Y. Kim

**Key Words :** Acceleration Performance(가속 성능), Transmission(변속기), Gear Ratio(변속비), Shifting Pattern(변속 패턴), Performance Simulation(성능 시뮬레이션), Vehicle(차량)

### Abstract

Performance of vehicles depends mainly on engine performance, transmission gear ratios and shifting pattern. In this paper, determination method of gear ratios and shifting pattern for automatic transmission equipped vehicles has been proposed. Computer programs for gear ratio determination and shifting pattern decision using optimal design technique have been developed for the purpose of increasing vehicle acceleration performance. For preceding study, computer simulation of vehicle performance is carried out using numerical technique.

### 1. 서 론

자동차의 성능을 평가하는 방법은 여러 가지들 수 있으나 차량의 동력 성능은 차량의 성능 평가시 가장 중요한 비중을 차지하는 사항으로서 이는 엔진과 동력 전달계의 성능에 크게 의존한다<sup>(1-4)</sup>. 동력성능의 평가는 차량 설계, 제작 후의 필수적인 과정으로서 실차 주행 테스트를 통하여 평가할 수 있으나 차량 제작 후의 실차 주행 테스트에 앞서 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 동력성능을 평가할 수 있다면 경비와 시간의 절약도 도모할 수 있을 뿐 아니라 차량의 설계 단계에서 엔진특성, 동력전달계의 특성 등이 차량의 동력성능에 미치는

영향을 예측할 수 있게 되므로 보다 효율적인 설계를 도모할 수 있다<sup>(5-8)</sup>.

본 논문에서는 동력성능 평가를 위한 시뮬레이션을 통하여 엔진 특성과 동력전달장치의 주요 구성 요소인 변속 장치의 특성이 차량의 성능에 미치는 영향을 해석하고 그 결과로 차량의 초기설계시 변속기의 특성을 예측함으로써 기존의 경험적인 방법에 의한 변속비 결정 방식을 지양하고 보다 향상된 차량성능을 확보할 수 있는 변속기의 감속비 결정에 주안점을 두고 있다. 변속기의 설계는 변속단수와 각단에서의 감속비의 결정이 그 기본을 이루고 있다. 특히 엔진성능과 함께 변속기의 감속비 결정은 차량의 동력 성능을 크게 좌우하며 변속비의 결정시 차량의 제원, 정해진 엔진의 특성 및 자동 변속기의 경우 토크컨버터의 특성 등에 대한 전반적인 고려가 필요하다<sup>(9)</sup>. 자동변속기의 경우 변속패턴

\*정회원, 서울대학교 공과대학 기계설계학과

\*\*서울대학교 대학원

역시 차량의 동력성능에 지대한 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 변속비의 선정과 아울러 이를 바탕으로 하여 차량의 동력성능의 향상을 위한 자동 변속기의 변속패턴에 관한 연구를 수행하였다.

자동변속기의 변속패턴은 각 단계에서의 변속시점을 결정하는 것으로서 이는 변속시의 차량속도와 조작조건에 의하여 결정되어진다. 이 조작조건은 엔진 드로틀량으로 반영 되며 엔진 드로틀이 큰 경우 큰 가속력이 요구되는 경우이므로 변속시점은 차량의 가속력의 향상에 중점을 두고 결정된다<sup>(10)</sup>.

한편 자동차는 그 사용 용도 및 주행 여건에 따라서 서로 다른 성능이 요구될 수 있으므로 차량의 요구 성능에 대한 고려가 또한 변속기 설계시 커다란 비중을 차지하게 되며, 이는 최적 감속비 선정시의 설계 조건으로 고려하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 차량의 가속성능, 일정시간 후 도달거리, 추월 가속성능 등의 동력성능 향상과 차량 요구성능을 고려한 최적 감속비의 결정을 고찰하였다. 변속비 결정의 선행 연구로서 정해진 차량 제원, 엔진 성능과 정해진 변속기에 대하여 차량의 동력성능을 예측, 평가하는 연구의 수행이 요구된다. 이를 위하여 본 논문에서는 기존의 차량에 대하여 동력 성능을 평가하는 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 실차의 제작과 시험에 앞서 그 동력 성능을 예측, 평가하고 또한 이를 바탕으로 최적 설계기법에 의하여 엔진 특성을 고려한 변속기의 최적 감속비 및 변속패턴을 결정하는데 초점을 두었다.

## 2. 기초 이론

차량의 동력성능은 구동력과 주행저항에 크게 의존한다. 차량의 가속시 구동력과 주행저항의 차이가 여유 구동력으로서 차량을 가속하는데 사용되므로 동력성능의 향상을 위해서는 구동력과 주행저항에 대한 고찰이 선행되어야 한다.

자동차가 노면상을 주행할 때 진행 방향과 반대 방향으로 작용하는 여러가지 힘들이 주행 저항이며 이는 구름저항, 공기저항, 가속저항 및 구배 저항 등이 포함된다<sup>(11)</sup>.

한편, 차량의 구동력은 엔진회전 속도와 변속단수에 따라 변화하며 자동변속기의 경우에는 토크컨버터의 토크비를 고려하여 구동력은 다음과 같이

표시된다<sup>(7)</sup>.

$$F_t = \frac{C_{TR} R_g E_g R_a E_a T_e}{r_i} \quad (1)$$

- $C_{TR}$  : 토크컨버터 토크비
- $R_g$  : 변속기의 기어비
- $E_g$  : 변속기 동력전달 효율
- $R_a$  : 최종감속비
- $E_a$  : 최종감속기 동력전달 효율
- $r_i$  : 타이어 구동유효반경
- $T_e$  : 엔진 출력 토크

차량주행시 구동력과 주행저항의 차이가 여유구동력으로서 차량의 가속에 기여한다. 구동력  $F_t(\nu)$ 와 주행저항  $F_r(\nu)$ 에 대하여 다음과 같이 표시된다<sup>(7)</sup>.

$$F_t(\nu) - F_r(\nu) = M_{eff} \frac{d\nu}{dt} = \frac{(1+\phi)}{g} W \frac{d\nu}{dt} \quad (2)$$

- $M_{eff}$  : 회전 상당 중량
- $\phi$  : 회전 상당 중량비
- $g$  : 중력 가속도
- $W$  : 차량 총중량

식 (2)에서 차량의 구동력과 주행저항은 차량속도의 함수이며 임의 시간  $t$ 에서의 차속은 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$\nu_t = \nu_{t0} + \sum_{t0}^t \frac{F_t(\nu_t) - F_r(\nu_t)}{W(1+\phi)} g \Delta t \quad (3)$$

한편 자동변속기 장착 차량의 경우는 엔진과 변속기를 연결하는 토크 컨버터의 특성이 차량의 동력성능에 크게 영향을 미친다. 토크 컨버터의 특성은 성능곡선으로 나타나며 이는 속도비에 대한 토크비와 입력부하계수(input capacity factor: C-factor)로 표시된다. 속도비는 토크컨버터의 입력 회전 속도와 출력 회전 속도비로서 이는 엔진 회전수와 구동륜의 회전수의 비를 결정한다.

한편, 입력부하계수는 입력 회전수와 입력 토크에 대하여 다음과 관계를 갖는다<sup>(5,6)</sup>.

$$C = \frac{T_e}{(N_e/1000)^2} \quad (4)$$

- $C$  : 입력부하계수 ( $10^{-6}$ kgfm/rpm<sup>2</sup>)
- $T_e$  : 엔진 토크(kgfm)
- $N_e$  : 엔진 rpm

한편, 입력부하계수는 속도비  $SR$ 의 함수이며 이는 특성곡선에서 구할 수 있다. 속도비  $SR$ 은

$$SR = N_{co} / N_e \quad (5)$$

$N_{co}$  : 토크 컨버터 출력회전수로 표시된다. 또한 토크비  $TR$ 은 다음과 같다<sup>(5,6)</sup>.

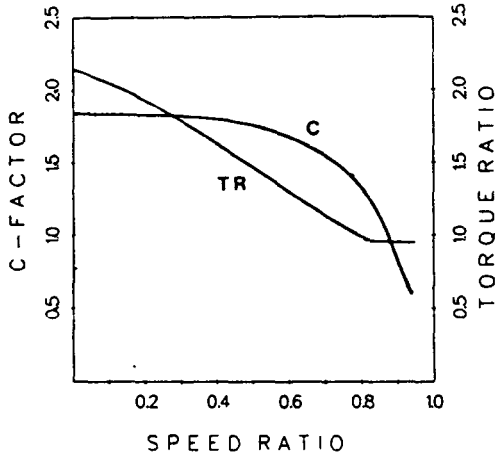


Fig. 1 Torque converter performance curve

$$TR = T_{co} / T_{ci} \quad (6)$$

TR : 토크 비

$T_{co}$  : 토크 컨버터 출력 토크

$T_{ci}$  : 토크 컨버터 입력 토크

한편, 토크비 TR과 속도비 SR의 관계는 특성곡선에서 구할 수 있으며 Fig. 1은 토크컨버터의 특성곡선의 한 예이다.

### 3. 동력성능의 향상을 위한 변속기 설계

본 논문에서는 이상의 기초이론을 바탕으로 하여 동력성능 평가를 위한 시뮬레이션을 수행하고 이에 최적설계기법을 도입함으로써 차량의 동력성능 향

상을 기할 수 있는 최적 변속비의 선정 및 변속 패턴의 결정에 연구의 초점을 두었다.

선행 연구로서 동력성능 평가 시뮬레이션 프로그램을 개발하고 최적설계 (optimal design) 기법을 이용하여 적정 변속비를 결정하며 자동변속기의 경우는 선정된 변속비에 대하여 변속패턴의 결정을 다룬다. 다음의 Fig. 2는 전체 작업의 흐름도이다.

#### 3.1 동력 성능평가 시뮬레이션

엔진성능에 부합하는 최적기어비 결정의 선행 작업으로서 정해진 엔진, 차량제원, 변속기에 대하여 임의 시간경과후의 차량 주행속도와 주행거리를 파악하여 동력성능을 평가하는 프로그램의 개발이 요구된다.

차량의 주행속도는 엔진의 드로틀량과 직접적인 관계가 있으며 또한 변속 시점과도 밀접한 관계가 있다. 본 시뮬레이션 과정 중 광개구 드로틀(wide open throttle ; WOT)에 대하여 시뮬레이션을 수행하여 이를 최적 변속비 설정의 최적설계 프로그램에 사용하였다. 이 경우 엔진특성 곡선은 WOT에서의 엔진회전수와 출력-토크 관계를 3차 스플라인(cubic spline)으로 사용하였다. 한편, 부분 드로틀(part throttle)의 경우 엔진 특성이 WOT의 경우와는 그 양상이 다르므로 부분 드로틀(part throttle) 상태에서의 시뮬레이션 수행을 위해서는 이에 해당하는 엔진 특성 곡선이 필요하다. 부분 드로틀의 경우에 대한 시뮬레이션은 변속비 결정후의 변속패턴 결정 과정에서 수행하였다.

자동변속기의 경우 엔진출력축과 변속기를 연결하여 주는 토크 컨버터의 특성이 차량의 동력성능에 영향을 미친다. 차량이 공회전 속도(idle rpm)에서 가속될 경우 토크 컨버터의 작동 특성상 차량 구동시의 초기 엔진 회전수는 엔진 드로틀량에 따라 서로 다른 값을 가지며 이는 컨버터 실속 속도(stalled converter speed)로 구해진다. 즉 차량의 공회전 속도 상태에서 구동 개시까지는 어느 정도의 시간이 소요되며 이는 엔진 드로틀에 따라 결정된다. 차량 구동전의 상태에서는 엔진 토크와 토크 컨버터의 입력 토크의 차는 엔진과 토크 컨버터 임펠러를 가속하며, 차량은 정지상태에 머문다. 엔진의 회전수가 일정한 실속 회전수(stalled converter speed)에 도달하게 되면 차량은 차속을 가지게 되며 이 경우 엔진과 토크 컨버터 임펠러를 포함한 회전부분의 회전 관성은 회전 상당 중량비로 고려

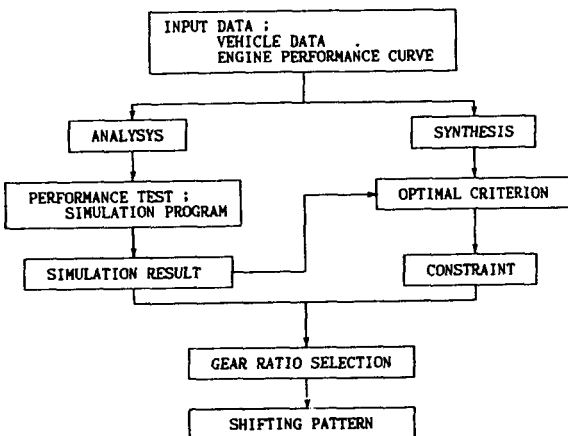


Fig. 2 Overall flow diagram

할 수 있다<sup>6)</sup>.

컨버터 실속 속도(stalled converter speed)는 엔진과 토크컨버터의 특성에 의존하는 값으로서 이는 실험적으로 구하여 질 수도 있으나 엔진특성 곡선과 토크컨버터 특성곡선에서 구할 수 있다. 엔진특성 곡선에서 엔진 토크는 엔진 회전수의 함수로 나타난다.

$$T_e = f_e(N_e) \quad (7)$$

이때 식 (4)에 의하여

$$T_e = C(N_e/1000)^2 \quad (8)$$

로 표시된다. 따라서 식 (7), (8)에서

$$f_e(N_e) = C(N_e/1000)^2$$

를 만족하는 엔진회전수인 실속 회전수(stalled converter speed)를 구할 수 있다. 엔진 토크를  $T_e$ 라 할때 차량 구동전의 엔진의 가속도  $A_e$ 는

$$A_e = \frac{T_e - T_{ci}}{I_e} \quad (9)$$

$T_e$ : 엔진 출력 토크

$T_{ci}$ : 토크 컨버터 입력 토크

$I_e$ : 엔진, 토크 컨버터 임펄서의 관성 모멘트

과 같다. 이때 공회전 상태에서의 토크 컨버터 입력 토크는 식 (4)에서

$$T_{ci, idle} = C_{sr=0} \left( \frac{N_{e, idle}}{1000} \right)^2$$

$N_{e, idle}$ : 엔진 공회전수 토크

$T_{ci, idle}$ : 공회전수 토크 컨버터 입력 토크

와 같이된다. 따라서 공회전 상태에서의 초기 엔진 가속도  $A_{e, idle}$ 는

$$A_{e, idle} = \frac{T_{e, idle} - T_{ci, idle}}{I_e}$$

이며 미소 시간  $\Delta t$  후의 엔진 회전수는

$$N_{e, dt} = N_{e, idle} + A_{e, idle} \Delta t \cdot 30/\pi \quad (10)$$

과 같다.

이때 엔진 토크  $N_{e, dt}$ 는 엔진 특성곡선에서 구할 수 있고 엔진 회전수가 실속 속도(stalled speed)에 도달하기 전의 임의의 시간  $t$ 에서의 엔진 회전수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} N_e &= N_{e, idle} + \sum A_e \Delta t \\ &= N_{e, idle} + \sum \frac{T_e - T_{ci}}{I_e} \Delta t \end{aligned}$$

따라서 엔진회전수가 실속 속도(stalled speed)와 같아질 때 구동하게 되므로 초기 구동에 소요되는 시간을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 시뮬레이션을 수행함에 있어 자동

변속기의 경우 엔진회전수가 공회전(idle rpm)에 도달한 상태를 초기시간으로 설정하였다.

한편 차량이 차속을 가지고 구동하게 된 후에는 엔진 출력 토크는 토크컨버터의 입력 토크와 같은 값을 가지며 이때 엔진과 토크컨버터의 회전관성은 회전상당 중량비로 표시된다. 이 상태에서는 엔진의 회전수는 차량의 속도로부터 토크 컨버터의 속도비  $SR$ 와 변속기의 변속비에 의하여 정해진다. 구동 개시의 엔진 회전수는 실속 속도(stalled speed)이므로 엔진곡선에서 구동개시 엔진 토크를 얻을 수 있다. 이때 구동시의 토크 컨버터 입력 토크  $T_{ci, st}$ 는

$$T_{ci, st} = T_{e, st} \quad (12)$$

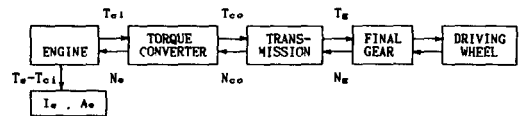


Fig. 3 Power flow diagram of automatic transmission

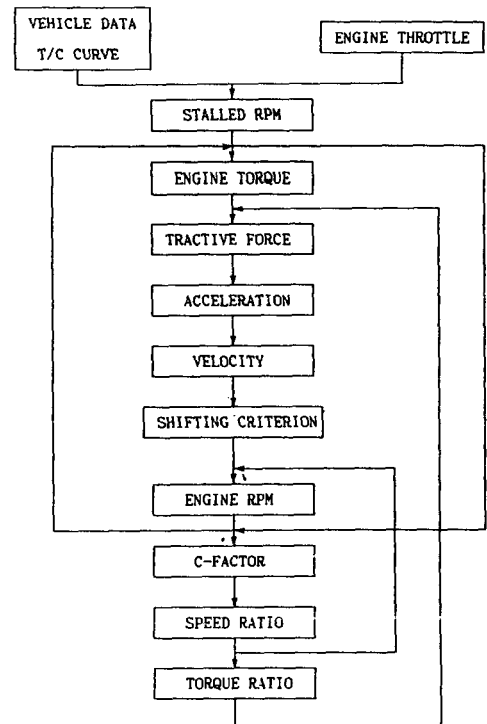


Fig. 4 Simulation flow diagram of automatic Transmission

이다. 이때

$$C_{st} = C_{sr=0}$$

$$TR_{st} = TR_{sr=0}$$

이며

$$T_{co,st} = TR_{st} T_{ci,st}$$

로 표시 된다. 또한 차량의 초기 가속도  $A_{v,st}$ 는

$$A_{v,st} = \frac{\left( \frac{T_{co,st} R_g E_g R_a E_a}{r_t} \right) - F_{r,st}}{(1 + \phi) W} \quad (13)$$

$F_{r,st}$  : 정지 상태 주행저항

와 같다. 따라서 미소시간 후의 차속  $V$ 를 구할 수 있다. 또한 토크컨버터 성능곡선과 엔진 곡선에서 식 (4), (5)에 의하여 이때의 엔진회전수를 구할 수 있다. 다음의 Fig. 3은 자동변속기 차량의 동력 전달 과정을 나타내고 있으며 Fig. 4은 시뮬레이션 프로그램의 흐름도이다.

### 3.2 최적 기어비의 선정

차량의 동력성능 평가 시뮬레이션과 최적 설계기법을 이용하여 엔진 특성에 부합하는 기어비를 선정하였다. 최적 설계시의 목적함수  $f$ 는 동력성능 평가를 위한 시뮬레이션에 의하여 구하여지며 이는 변속기의 기어비와 변속시점에 크게 관계한다.

$$f = f(x_i, E, W, S) \quad (14)$$

- $x_i$  : 각 단의 기어비
- $E$  : 엔진성능곡선 자료
- $W$  : 차량제원
- $S$  : 변속 시점

즉, 최적설계시 설계 변수로 설정된 각 단의 기어비 변화에 따른 10개 목적함수 값은 동력 성능 평가 시뮬레이션에 의하여 얻어진 후 최적 설계 프로그램에서 이 목적함수 값들을 최소 또는 최대로 하는 각 단의 기어비를 결정한다. 동력성능 평가를 위한 목적함수 값(objective value)은 다음과 같다.

- (1) 0~100 km/h 도달 시간
- (2) 40~100 km/h 도달 시간
- (3) 80~100 km/h 도달 시간
- (4) 80~130 km/h 도달 시간
- (5) 0~4 sec 주행 거리
- (6) 0~10 sec 주행거리
- (7) 400 m 돌파 속도
- (8) 0~400 m 주행 시간
- (9) 80~110 km/h 주행 거리
- (10) 80~110 km/h 도달 시간

본 논문에서는 최적화 기법(optimization method)으로서 Fletcher-Powell의 기울기 탐색법(Fletcher-Powell gradient method)<sup>(15)</sup>과 설계 변수 설정 범위의 축약을 이용한 임의 탐색법(random search with shrinkage)을 사용하였다<sup>(15)</sup>.

한편, 최저단기어의 경우 차량의 목표 등판 능력을 만족하는 조건에서 변속비를 구할 수 있다. 이 경우 차량의 최고 구동력  $F_{max}$ 는

$$F_{max} \geq W \sin \phi_{max} + \mu_r W \cos \phi_{max} \quad (15)$$

- $W$  : 차량 중량
- $\phi_{max}$  : 목표 최고 등판각
- $\mu_r$  : 구름 저항 계수

의 조건을 만족하여야 한다<sup>(11)</sup>.

### 3.3 변속 패턴(Shifting Pattern)의 결정

자동변속기의 경우 각 단에서의 변속이 자동적으로 이루어지므로 자동변속기의 설계시는 각 단에서의 변속비 결정과 아울러 변속시점을 결정하는 연구가 요구된다. 일반적으로 자동변속기의 변속시점 시 고려되는 사항은 차속과 엔진 드로틀량(engine throttle)으로서 엔진의 드로틀량은 엑셀레이터 페달의 각도와 직접적인 관련이 있으며 페달을 깊게 밟을 경우 보다 큰 가속력을 요구하는 것으로 간주하여 큰 가속력을 발휘하는 변속시점에서 변속이 이루어진다<sup>(10)</sup>. 본 논문에서는 최적설계 기법에 의하여 선정한 변속비에 대하여 각 단에서의 변속시

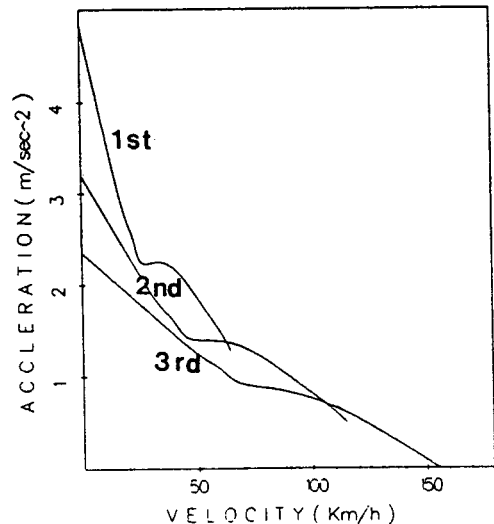


Fig. 5 Velocity-acceleration curve for wide open throttle

점을 결정하기로 한다. 변속패턴의 결정은 엔진 드로틀이 차속과 함께 상당히 중요한 요소로 작용하므로 각 엔진 드로틀에서의 동력성능 시뮬레이션을 기초로 한다. 엔진 드로틀은 100(%) 드로틀의 경우에서 10(%) 드로틀의 경우까지 각 10(%)마다 시뮬레이션을 수행하기로 한다.

Fig. 5와 6은 광개구 드로틀(wide open throttle; WOT) 경우와 30% 드로틀시의 차량의 속도-가속도 선도이다. Fig. 5와 6에서 보는 바와 같이 차량의 가속도는 차속의 증가와 더불어 감소하게 되므로 동력성능의 향상을 위해서는 차량의 가속도를 최대한으로 높이 유지시키는 것이 필요하다. 따라서 Fig. 5의 WOT의 경우 각 단에서의 가속도 선도가 교차하는 점에서 변속이 이루어질 때 차량은 최고 동력성능을 발휘하게 된다. 그러나 Fig. 6에서 보는 바와 같이 일반적으로 낮은 엔진 드로틀에서는 각 단에서의 가속도 선도가 엔진 회전수의 한계치 이하에서는 교차하지 않는 경우가 많다. 이 경우 차량의 가속도를 떨어뜨리는 지점을 결정하여야 하는데 동력성능의 극대화를 위해서는 해당하는 엔진 드로틀 량에서 가능한 최고 엔진 회전수에서 변속이 이루어져야 한다. 물론 엔진의 특성으로 인해 WOT 상태에서도 가속도 선도의 교차점이 가능한 엔진 회전수 영역안에 있지 않다면 가속도를 떨어뜨리는 점은 부분 드로틀의 경우와 마찬가지로 결정 되어져야 한다. 일반적으로 변속 패턴의 결정시 차량의 연료 소비율, 변속시의 승차감 등을 고려 한다면 가속도 선도가 교차하는 점까지 엔진 회전수를 올리지 않고 보다 낮은 엔진회전수에서 변속을 시키는 것이 바람직하다. 연료 소비율을 고려 한다면 엔진의 연료 소비율을 나타내는 엔진 맵(engine map)에서 연료 소비율이 낮은 엔진 회전수의 영역안에서 운전되도록 변속 시점을 결정한다<sup>(12~14)</sup>. 한편 상당 변속(up-shifting)의 경우 변속 후 엔진 회전수가 갑자기 떨어지므로 변속시점의 결정시 엔진 회전수가 적게 떨어지는 점에서 변속하는 것이 연료 소비율면에서 유리하며 가속도가 적게 떨어지는 점에서 변속이 이루어진다면 변속시의 승차감 면에서 보다 효율적일 것이다. 그러나, 본 논문에서는 차량의 가속도를 높이 유지시키기 위한 변속 패턴을 결정하여 동력성능을 극대화하는데 초점을 두었다.

Fig. 7은 변속패턴 선도의 한 예이다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 상당 변속(up-shifting)의 경우

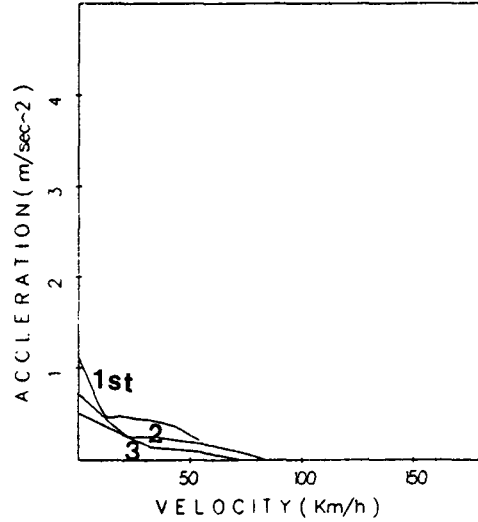


Fig. 6 Velocity-acceleration curve for 30% engine throttle

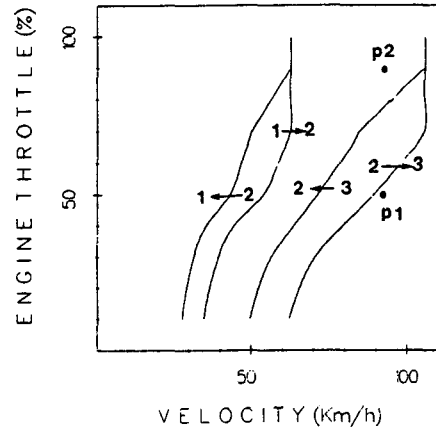


Fig. 7 Shifting pattern curve

와 하단 변속(down-shifting)의 경우가 변속시점에서 서로 다른 양상을 보이고 있다. 만약 상당 변속과 하단 변속이 같은 시점에서 이루어질 경우 차량이 변속시점 부근의 속도로 주행할 때 생기는 잦은 상당 변속과 하단 변속의 반복 현상을 피하기 어렵게 된다. 일반적으로 차량의 동력성능에 직접적인 영향을 미치는 것은 상당 변속시의 변속시점이며 하단변속시점의 결정에는 차량의 연료 소비율과 변속시의 승차감등이 고려하여 결정하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 상당 변속(up-shifting)의 경우에 대한 변속패턴 결정에 초점을 맞추고 하단 변속

(down-shifting)의 경우에는 변속패턴의 킥다운 영역(kick down range)을 고려하며 그 이외의 영역에서는 상단 변속 경우의 엔진 드로틀의 변화에 따른 변속시점 변화의 양상을 따르기로 하였다.

Fig. 7에서 하단 변속선(down-shifting line)의 경우 높은 엔진 드로틀 부분에서 직선으로 보이는 부분이 킥다운 영역(kick down range)으로서 이는 고속 기어상태에서 낮은 엔진 드로틀로 주행하다가 갑자기 큰 가속력을 필요로 할 때를 고려한 것이다. 만약 차량이 3속에서 50%의 엔진 드로틀로서 90km/h로 주행중 운전자가 엑셀레이터 페달을 갑자기 깊게 밟아 90%의 엔진 드로틀 상태가 된다면 Fig. 7의 점 1에서 점 2로 이동하게 되어 변속의 3속에서 2속으로 하단 변속이 이루어지며 가속도가 증가하게 된다.

4. 결과 및 고찰

3단 수동변속기의 경우 최적 설계조건을 3.2 절의 동력성능 평가조건 중 (1), (2), (4), (6), (8)의 5가지 조건을 고려한 경우와 10가지 조건을 모두 고려한 경우에 대하여 Table 1의 차량 제원과 Fig. 8의 엔진에 대한 최적 변속비를 결정하였다. 한편 자동변속기의 변속패턴은 5가지의 조건만을 고려하여 선정된 변속비에 대하여 결정하였다.

Fig. 9에서는 기존의 변속비와 최적화된 변속비에 대하여 시간-속도, 시간-거리를 나타내고 있으며 이 경우 기존의 변속비에 대한 경우보다 최적화된 변속비의 경우가 약간 우수한 동력성능을 나타내고 있으나 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이로써 기존의 경험적인 방법에 의하여 결정된 변속비가 어느정도 최적치에 근사함을 알 수 있다.

Fig. 10은 기존의 변속비에 대한 기존 변속패턴

으로 변속시의 시간-가속도 시간-엔진속도 선도이며 Fig. 11의 경우는 본 논문에서 제시한 최적 변속비와 변속패턴에 대한 선도이다. 이 경우 각 단계에서의 변속시 엔진속도의 하강을 확인할 수 있다. Fig. 10의 경우 변속시 차량 가속도의 급격한 하락

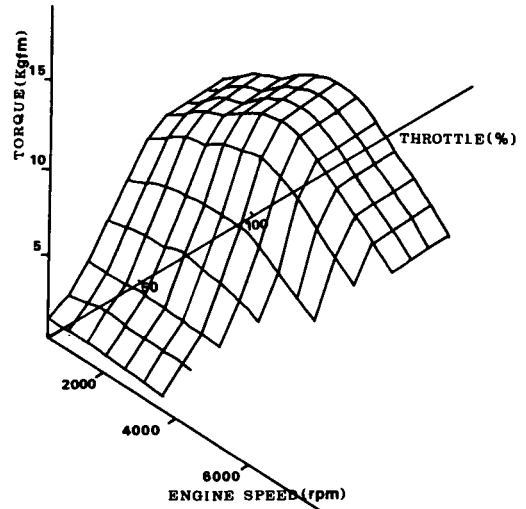


Fig. 8 Engine performance curve

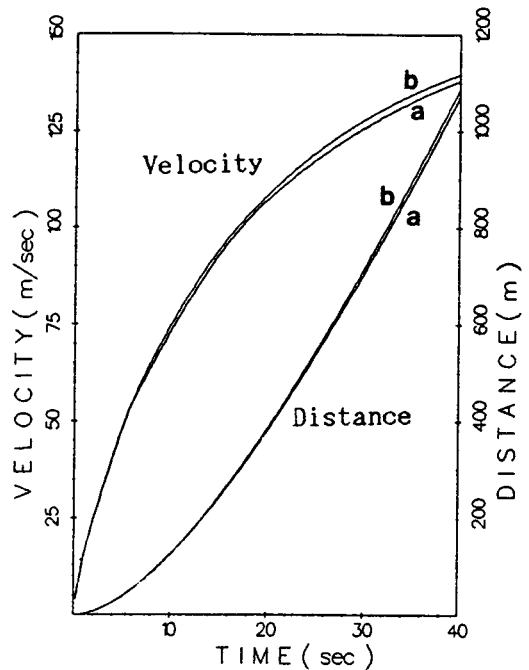


Fig. 9 Time-velocity, time-distance curve for given and optimized gear ratio

Table 1 Vehicle data

Front area	(m <sup>2</sup> )	1.85	
Vehicle mass	(kg)	1150	
Aero. coeff.		0.0021	
Rolling coeff.		0.01	
Axle ratio		3.20	
Tire effective radius	(m)	0.206	
Gear ratio		2.840	1.540 1.00
Gear efficiency		0.85	0.87 0.92

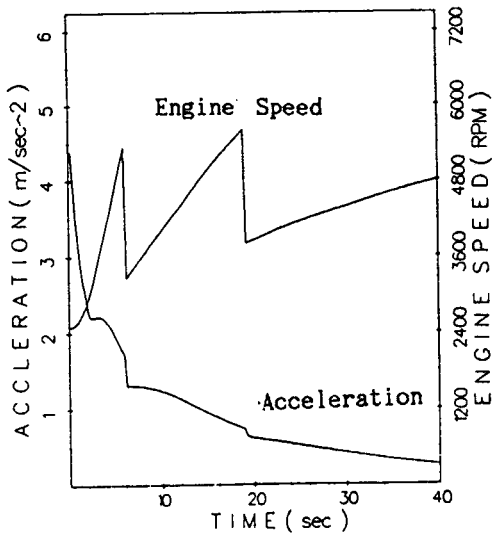


Fig. 10 Time-acceleration, time-engine speed curve for given gear ratio

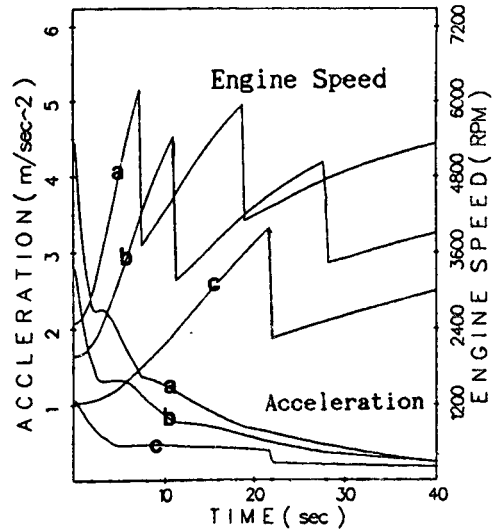


Fig. 11 Time-acceleration, time-engine speed curve for various engine throttle and shifting points of optimized gear ratio

Table 2 Performance simulation result

Criterion	Given ratio			5 Criterion			10 Criterion		
	2.84	1.54	1.00	2.906	1.626	1.096	3.065	1.499	1.094
0~100km/h time(sec)	18.2058			17.9031			18.1769		
40~100km/h time	14.1660			13.8886			14.2395		
80~100km/h time	6.1110			6.1099			5.7947		
80~130km/h time	22.6195			20.6429			20.3558		
0~4 sec dist. (m)	25.2560			25.4044			25.7483		
0~10 sec dist.	120.2917			121.2144			119.9429		
400 m Vel. (km/h)	106.5035			107.4513			107.2712		
0~400 m time	21.0265			20.9012			21.1022		
80~110km/h dist	285.2724			274.6524			266.4396		
80~110km/h time	10.5817			10.2262			9.9171		

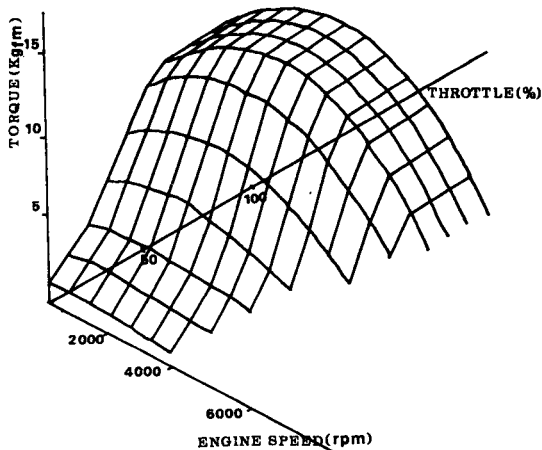


Fig. 12 Engine performance curve

Table 3 Vehicle data

Front area	(m <sup>2</sup> )	1.843
Vehicle mass	(kg)	1275
Aero. coeff.		0.002
Rolling coeff.		0.015
Axle ratio		4.105
Tire effective radius	(m)	0.286

현상을 보여주고 있는 반면 Fig. 11의 경우는 가속도의 급락 현상은 보이지 않고 있으며 30% 엔진 드로틀의 경우 가속도를 떨어뜨리는 지점을 확인할 수 있다. 최적 변속비에 대한 변속패턴 선도는



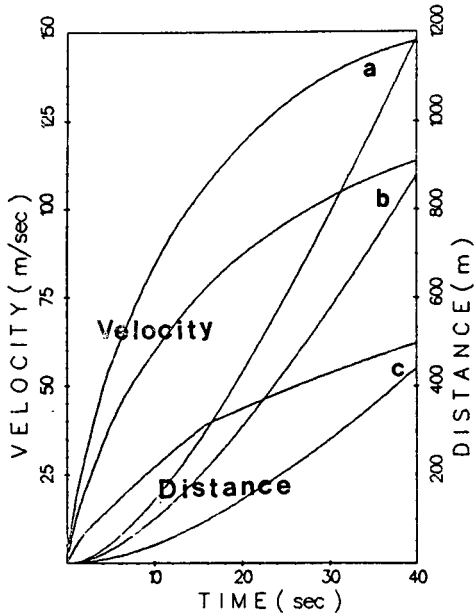


Fig. 13 Time-velocity, time-distance curve for various engine throttle

Fig. 7에 나타내고 있으며, Table 2는 기존의 변속비와 본 논문에서 결정한 변속비에 대하여 동력 성능을 비교한 것이다.

다음으로 Fig. 12의 엔진 성능 곡선과 Table 3의 차량제원에 대하여 최적 변속비와 변속패턴을 결정하였다. Fig. 13은 각 엔진 드로틀에 따른 동력 성능을 보여주고 있으며 Fig. 14는 결정한 변속패턴 선도이다. Table 4에서는 5가지 설계조건을 고려

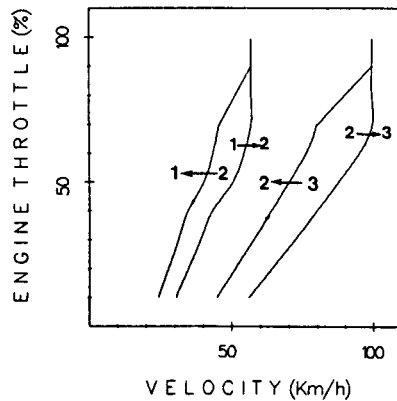


Fig. 14 Shifting pattern curve

할 때와 10가지 설계조건을 고려할 때에 결정된 변속비에 있어서의 동력성능을 나타낸 것이다.

#### 4. 결론

동력성능을 차량의 설계 단계에서 예측, 평가 할 수 있게 하기 위한 시뮬레이션과 최적 변속비의 결정 및 변속패턴에 관한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 동력성능 평가를 위한 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 차량의 설계 단계에서 동력성능 예측을 가능하게 하였다.

(2) 변속비의 결정 및 변속패턴의 결정에 있어서 제시된 시뮬레이션은 변속비의 최적화 기법으로서

Table 4 Performance Simulation result

Criterion	5 Criterion			10 Criterion		
	2.842	1.542	1.093	3.050	1.527	1.091
0~100km/h time(sec)	13.9159			13.9717		
40~100km/h time	10.7972			10.9311		
80~100km/h time	4.6109			4.5897		
80~130km/h time	15.8630			15.8526		
0~4 sec dist. (m)	30.8882			31.3806		
0~10 sec dist.	142.7034			142.7427		
400 m Vel. (km/h)	115.9207			115.7819		
0~400 m timn	19.1369			19.1542		
80~110km/h dist.	208.7834			208.5104		
80~110km/h time	7.7836			7.7720		

적절하였고 이것은 차체의 제원과 엔진특성이 이미 결정된 차량에 대해서는 동력 성능을 향상 시킬 수 있는 방안이 될 수 있다.

(3) 경험적 방식에 의한 변속비 결정 방법은 결과의 적절성을 떠나 동력 성능의 향상을 위해서는 차량제원과 엔진특성에 부합하는 변속비의 최적화 기법의 도입이 필수적이다.

(4) 한편, 자동 변속기의 경우 변속시점이 차량의 동력성능에 많은 영향을 미치게 되므로 차량의 초기 설계시 동력성능의 향상을 위하여 변속패턴의 결정 방법을 제시하였고 이는 차량의 엔진과 제원이 정해진 후에는 가속성능 향상의 입장에서 최적 변속패턴을 결정할 수 있는 기법이다.

이상의 연구결과는 차량의 초기 설계시 변속비의 결정 및 변속패턴의 결정에 대한 기초 자료로서의 활용이 가능할 것이다.

## 후 기

본 연구는 한국과학재단의 목적기초 연구과제로 수행되었으며 관계자 여러분에게 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Thring, R.H., 1982, "Engine Transmission Matching", SAE Paper 810446.
- (2) Masatoshi, S. and Syoshi, K., 1986, "Optimum Control Logic for Manual Transmission", SAE Paper 820297.
- (3) Leo, A.M. and van Dongen, 1982, "Efficiency Characteristics of Manual and Automatic Passenger Car Transaxles", SAE Paper 820741.
- (4) Fisher, W. 1973, "Performance Effects of Vehicle Variables", SAE Paper, 730002.
- (5) Mencik, Z. Tobler, W.E. and Blumberg, P.N. 1978, "Simulation of Wide-Open Throttle Vehicle Performance", SAE Paper 780289.
- (6) Blumberg, P.N. 1976, "Power Train Simulation : A Tool for the Design and Evaluation of Engine Control Strategies in Vehicles", SAE Paper 760158.
- (7) Setz, H.L. 1961, "Computer Predicts Car Acceleration", SAE Transactions, Vol. 69.
- (8) Soveren, G. Bohn, M.S. 1982, "Formula for the Tractive-Energy Requirements of Vehicles Driving the EPA Schedule", SAE Paper 810184.
- (9) Kotwicki, A.J. 1983, "Dynamic Models for Torque Converter Equipped Vehicles", SAE Paper 820393.
- (10) Pannier, G., 1982, "Microprocessors Applied to Automobile Transmission Control", Society of Automotive Engineering.
- (11) 장병주, 1985 "자동차 공학", 동명사.
- (12) Yoshiharu, H., Mizuho, F. and Yoichi, K., 1987, "Computer Simulation of Vehicle Fuel Economy and Performance", SAE Paper 860364.
- (13) Orshansky, E., Huntely, P. and Weseloh, W.E., 1974, "Automobile Fuel Economy with Hydromechanical Transmission by Simulation Studies", SAE Paper 740308.
- (14) Chana, H.E., Fedewa, W.L. and Mahoney, J.E., 1978, "An Analytical Study of Transmission Modification as Related to Vehicle Performance and Economy", SAE Paper 770418.
- (15) Siddall, J.N. 1972, Analytical Decision-Making in Engineering Design, Prentice-Hall.