

논문 2004-41CI-6-6

지능형 변속 시스템을 위한 변속선도 보정기법

(Shift Map Calibration Method for Intelligent Transmission System)

김 종 수*, 김 성 주**, 최 우 경*, 전 홍 태*

(Jong-Soo Kim, Seong-Joo Kim, Woo-Kyoung Choi, and Hong-Tae Jeon)

요 약

결정된 변속선도에 의한 자동변속 패턴은 운전자에게 편리한 변속을 제공한다. 하지만, 운전자의 운전 성향이 개인마다 다양함으로 고정된 변속선도를 여러 운전자에게 동일하게 제공하는 것은 불만의 요소로 인식되고 있다. 이에, 본 논문에서는 운전자의 성향을 결정할 수 있는 입력을 이용한 학습 모듈을 설계하여 운전 성향을 판단하고자 한다. 판단된 운전 성향을 이용하여 변속선도를 조정함으로써 운전자의 의지에 부합되는 변속패턴을 제공하고자 한다. 실제 주행 시 얻은 데이터를 이용하여 제안된 모듈의 성능의 우수함을 보인다.

Abstract

Most vehicles having automatic transmission system use fixed standard shift map to provide automatic transmission for driver. In this case, driver who operates vehicle may be complaint with the fixed transmission pattern being different from the driver's intention. In this paper, therefore, to infer the driver's intention module for learning the driver's intention with related input variables using soft computing method is proposed. After inference, the standard shift map will be shifted according to a certain parameter decided from the proposed module for providing proper shift pattern. The efficiency of the proposed module is evaluated by the data acquired from real time driving.

Keywords : Automatic Transmission System, Shift Map, Inference, Module Structure, Soft Computing

I. 서 론

클러치 조작이나 기어 조작의 부담이 없어 보다 편안하고 안락한 드라이빙(Driving)을 즐길 수 있기 때문에 도심의 정체 상황에서 운전자는 자동변속기 차량에 많은 매력을 느끼고 있다. 하지만, 자동 변속기의 경우 고정된 변속선도를 이용하기 때문에 사용자로 하여금 불만을 유발할 수 있다. 이에, 본 논문에서는 자동 변속기의 특징을 최대한 살리면서 운전자 조작에 대한 만족스

런 반응을 낼 수 있는 지능형 자동 변속 제어 시스템^[1]을 개발하기 위해 운전자의 조작에 대한 만족도를 평가하는 보정 방식을 제안하고자 한다.

자동 변속기를 장착한 자동차는 D영역에서 자동으로 상향 변속(up shift)과 하향 변속(down shift)이 된다. 변속은 자동차 속도와 스로틀(Throttle) 밸브 개도에 따라 주행 상황에 맞추어 이미 정해 놓은 쉬프트 맵(Shift Map)을 따르며 이러한 쉬프트 맵을 표준 변속선도(standard shift map)라고 한다. 표준 변속 선도의 적용 원리를 설명하면 다음과 같다^[2].

자동차의 주행 중에 발생하는 구름 저항, 공기 저항, 가속 저항, 경사 저항을 전체 주행 저항이라고 정의할 때, 동일 차속에서 스로틀 밸브를 많이 열었다 함은 주행 저항이 큰 상태임을 나타내는 것이므로 엔진 토크를 증대하여 전달하는 저단기어 주행 상태를 오래 지속시

* 정회원, ** 정회원(교신저자),
중앙대학교 전자전기공학부
(School of Electrical and Electronic Engineering,
Chung-Ang University)

※ 본 논문은 과학기술부 주관 뇌신경 정보학 연구사업에 의해 지원받았습니다.

접수일자: 2004년1월16일, 수정완료일: 2004년11월6일

켜야 한다. 자동 변속기에서 발생할 수 있는 변속선도는 상향 변속과 하향 변속뿐만 아니라 킥 다운(kick down) 현상이 있다. 스로틀 밸브의 개도가 적게 열린 상태에서 일정 차속으로 주행하다가 스로틀 밸브의 개도를 갑자기 증가시키면(85% 이상) 하향 변속되어 구동륜에서 큰 토크를 얻을 수 있다. 또한 킥 다운시켜 큰 구동력을 얻은 후 스로틀 밸브의 개도를 계속 유지하면 차속이 증가되어 상향 변속을 수행하는 킥 업(kick up)의 현상을 일으킨다. 스로틀 밸브의 개도를 많이 열어 놓은 상태에서 갑자기 스로틀 밸브의 개도를 줄이면 상향 변속선도를 지나 고단기어로 변속하는 리프트 풋 업(lift foot up)현상이 일어난다^[3].

위의 분석 예에서 설명된 킥 다운, 킥 업, 리프트 풋 업 등의 현상이 어느 운전자에게나, 어떤 주행 상황에서나 일괄적으로 적용되고 있기에 불만스러움을 느끼는 운전자가 있을 수 있다.

운전자의 불만을 해소할 수 있는 지능형 변속 시스템을 구현하기 위해서는 우선 운전자의 성향을 결정하는 기능이 마련되어야 하고 결정된 운전 성향을 고려한 변속을 제공하였을 때, 운전자의 만족 정도를 고려하여 이후 변속에 반영하도록 하여야 한다. 본 논문에서는 만족도를 직접 보정할 수 있도록 운전자의 성향을 결정하는 근거로 사용되는 신호들과 병렬형 구조를 구성하여 운전 성향과 동시에 만족 정도를 고려하여 변속 시점을 결정할 수 있도록 하였다.

이에 본 논문에서는 고정된 변속선도를 운전자의 조작 정도와 차량의 상태를 종합적으로 고려하여 변속선도를 수정, 적용할 수 있도록 학습시키는 지능형 변속 시스템을 구현하기 위해 뛰어난 학습 능력을 지니고 있고 판단 및 추론이 요구되는 지능형 시스템의 학습 도구로 다양하게 적용되고 있는 소프트 컴퓨팅(Soft Computing) 기법을 이용하였다^{[4][5][6][7]}.

II. 본 론

1. 자동 변속 시스템

전체적인 지능형 변속 시스템의 설계 의도 및 목적은 다양한 운전 성향을 학습함으로써 다양한 운전자의 주행 중 조작에 대해서 적절하고 만족스러운 변속을 가능하게 함으로써 다이내믹 주행(Dynamic Driving), 안전 주행(Safety Driving), 일반 주행(Normal Driving) 등으로 구분하여 사전 학습된 패턴에 의한 변속을 제공하는 것이다. 이로써 운전자는 자동 변속기의 편안함과 함께

다이내믹한 수동 변속기의 효과를 함께 느낄 수 있게 될 것이다. 지능형 자동 변속기의 학습은 크게 세 가지의 성향을 학습하도록 고려되었다.

첫째, 주행 중인 차량 상황을 고려하였다. 현재 차량의 전체 여유 구동력과 가속 또는 감속 상황을 종합적으로 고려하여 운전자의 조작에 반응할 수 있는 상황을 얻을 수 있다.

둘째, 스로틀의 조작 속도, 현재의 차속, 현재 변속단의 위치, 브레이크 조작 정도를 고려하여 현재 운전자의 조작 의지를 판단하여 운전자에게 만족스런 주행 상황을 제공할 수 있도록 운전자의 의지를 학습했다.

셋째, 경사 주행 상황을 고려하여 차속의 변화와 운전자의 스로틀 조작상태, 조작 정도, 브레이크에 의한 감속 정도 등을 종합적으로 학습하여 제동력 확보가 필요한 경사 주행 상황이라는 판단이 설 경우, 변속패턴을 이동하여 엔진 브레이크의 효과를 내줄 수 있는 변속패턴 이동 방법을 제안하고자 한다.

가. 운전자 운전 성향 결정 모듈(Module 1)

차량 상태와 운전자의 운전 성향의 결정은 여러 세부 모듈의 결합으로 가능한데, 세부 모듈들로 이루어진 전체 운전 성향 결정 모듈은 다음 <그림 1>과 같다.

그림 1과 같이 구성된 운전자 운전성향 결정 모듈은 운전자의 조작의지와 차량상태를 고려하여 운전자 운전 성향을 결정하도록 설계하였다. 차량 상태는 주행 중인 차량의 부하량을 고려함으로써 판단할 수 있도록 설정하였으며, 추가 고려 사항인 차량의 주행 상태 즉, 가속 중인지 감속 중인지를 판단할 수 있는 모듈을 별도로 구성하였다. 운전자의 조작은 운전자의 성향을 나타내는 변수로 작용하고 있으며 본 모듈에서는 가속 의지를 구분할 수 있는 가속 의지 정도 모듈을 마련하여 운전자의 성향을 가속 의지 측면에서 고려할 수 있도록 구

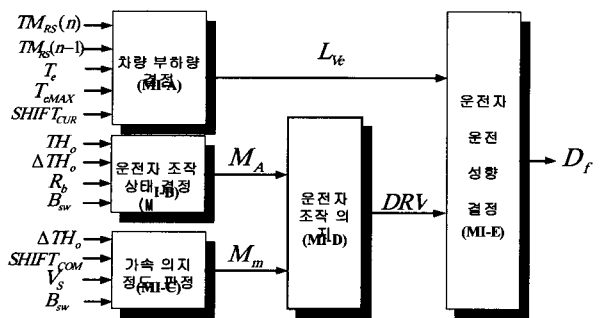


그림 1. 운전자 운전성향 결정 모듈
Fig. 1. Decision module for driver's intention.

성하였다. 종합적으로 차량의 부하 상태와 주행 상태 그리고 운전자의 의지들을 바탕으로 운전자 운전 성향을 결정할 수 있는 복합 모듈을 구성하고자 했다.

위의 기본개념을 바탕으로 본 모듈에서는 운전자의 종합적인 운전 성향을 현재 주행 상황, 차량의 상황을 동시에 복합적으로 고려함으로써 운전자의 의지에 적극적이면서도 능동적이고, 동시에 합리적으로 반응하도록 변속선도를 결정한다.

예를 들어 운전자가 현재 구동력(가속을 위한)을 확보하고자 하는 운전 성향을 보인다면 학습된 차량 부하량, 운전자의 가속 의지 및 운전자 운전 성향 결정 모듈을 동시에 고려하여 최종 다이내믹 변수 D_r 를 D_n (별도의 정의에 따름)으로 결정함으로써, 변속선도를 다이내믹 모드로 변경하여 운전자의 의지에 적극적인 반응을 보이도록 조절한다.

본 모듈을 구성하기 위한 신경망 구조는 그림 2와 같다^[8]. 차량 부하량(L_{ve})과 운전자 조작 의지(DRV)를 입력으로 하여 예시한 상황과 같이 다양한 상황을 설정하여 판단 상황을 학습하도록 하고, 최종적으로 운전 성향 결정 변수를 결정하도록 학습한다. 이 때, 학습의 정확성 및 완성도를 높이기 위해서 현실적으로는 불가능한 무한대에 가까운 성향을 보이는 주행 차량의 실측 데이터가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 시스템 특성에 따라 정해진 표준 데이터를 통해 학습을 진행하였다.

본 모듈에서 사용하는 기본 입력들은 <그림 1>에서 소개하였으며, 표 1에서는 기본 모듈의 처리 결과를 입력으로 사용하여 운전자의 운전성향을 표시하는 다이내믹 변수를 출력으로 함을 보이고 있다.

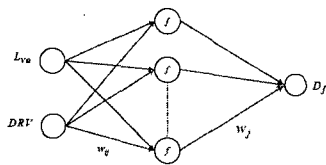


그림 2. 운전자 운전 성향 결정을 위한 신경망 구조
Fig. 2. Neural network for driving intention decision.

표 1. 운전성향 결정을 위한 입출력 정의
Table 1. Input/output definition for decision.

입력변수		출력변수	
$r_{..}$	차량 부하량 변수	n_r	다이내믹 변수
---	가속 의지 정도치		

나. 도로 주행상태 및 운전자 운전의지 판정 모듈 (Module 2)

본 모듈은 도로주행 상태와 운전자의 가감속의지를 고려하여 Engine Brake가 동작하도록 변속패턴을 이동하기 위한 모듈이다. 전체 구성도는 그림 3과 같다.

(1) 도로 주행상태 및 운전자 운전의지 판정(MII-E)

본 모듈은 도로 주행 상태 판정 결과와 운전자의 운전 의지 판정 결과를 바탕으로 변속단과 브레이크 작동 여부를 고려하여 현재 주행 하고 있는 상황에서 판정할 수 있는 도로의 경사 정도에 운전 의지를 결합시켜 최종적으로 운전자의 의지를 반영할 수 있는 변속선도 이동 계수를 결정한다.

실제 주행 상태의 도로 주행 상태를 크게 평탄로, 완경사, 급경사로 구분하여 판정하고, 운전자 운전 의지는 감속 의지 대(大), 감속 의지 소(小), 감속 의지 무(無)의 세 가지 경우로 판정하고 있다. 또한 변속단과 브레이크 조작 여부를 동시에 고려하여 최종적인 상황을 판정하고 대응되는 변속선도 조정 정도를 결정한다. 이와 관련된 변수로서 도로 상태구분 변수(D_M)는 경사 정도에 따라 0 또는 1의 값(경사 판정)을 갖는다. 또한, 운전자가 판단하고 의지하는 정도에 따라 경사 정도를 별도로 결정하며 완만한 경사와 급한 경사에 해당하는 운전

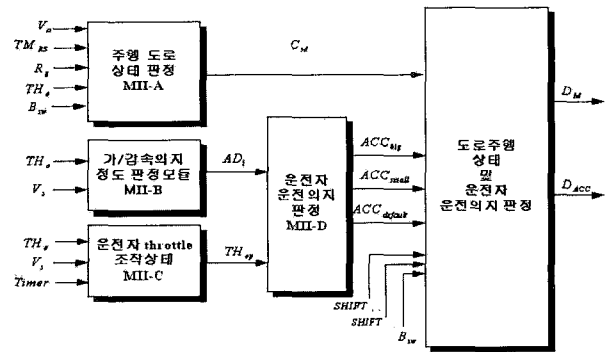


그림 3. 도로주행 상태 및 운전자 운전 의지 판정 블록도
Fig. 3. Block diagram for decision of the slope of road and driver's intention.

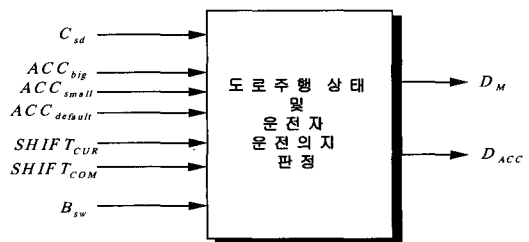


그림 4. 도로주행 상태 및 운전의지 판정 모듈
Fig. 4. Decision module for the slope of road and driver's intention.

표 2. 도로주행 상태 및 운전의지 판정 모듈의 입출력 변수 정의
Table 2. Definition of input/output variables used for decision.

입력변수		출력변수
C_{sd}	도로주행상태	D_M D_{ACC}
ACC_{big}	감속大	
ACC_{small}	감속小	
$ACC_{default}$	無감속	
$SHIFT_{CUR}$	현재 변속단	
$SHIFT_{COM}$	지령 변속단	
B_{sw}	브레이크	

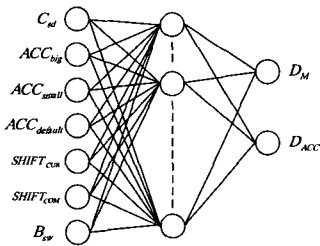


그림 5. 도로주행 상태 및 운전의지 판정 모듈 신경망
Fig. 5. Neural network for decision module.

자 체감 경사 변수 (D_{ACC})를 각각 적절하게 정한다.

본 논문은 운전자의 운전 성향을 변속선도 조정시 반영하는 문제에 주안점을 두고 설계된 모듈이기 때문에 전체 모듈을 동시에 고려할 경우, 각 모듈별 역할을 기반으로 변속선도를 조정하게 됨으로써 본 모듈에서는 주로 경사가 존재하는 경우, 운전 의지가 감속 의지인 경우를 주로 고려하였다. 전체 모듈에서 최종 변속선도 조정 양을 결정하게 될 경우에는 본 모듈에서 일부 제외된 운전 의지가 가속 의지인 경우는 운전자 운전성향을 판정하는 모듈의 출력에 의한 변속선도 조정이 이루어지도록 설계되었다.

<그림 4>에서 사용된 입출력 변수에 대한 정의는 <표 2>와 같다. <표 2>와 같이 정의된 입출력 변수(시스템에 따라 결정된 기준치를 통해 0 또는 1)를 학습하기 위한 신경회로망 모델은 <그림 5>에 보인다^{[9][10]}.

신경회로망은 일반적인 전방향 신경회로망을 사용하였으며, 학습 방법은 역전파 학습 알고리즘을 사용하였다.

2. 변속 선도(Shift Map) 조정

가. 경사도로 주행시 운전자 의지 반영에 대한 만족도 판정 모듈

앞 절에서 설명한 모듈 1, 2에서 운전 성향과 도로 주행 상태를 고려하여 취한 조치에 대해서 운전자의 만

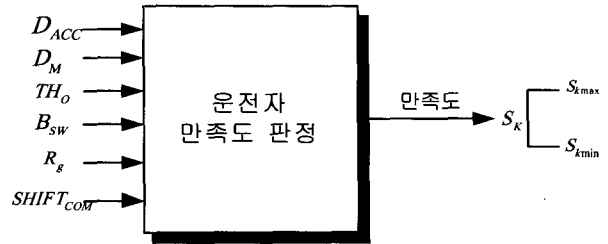


그림 6. 운전자 만족도 판정 모듈
Fig. 6. Decision module of driver's satisfaction.

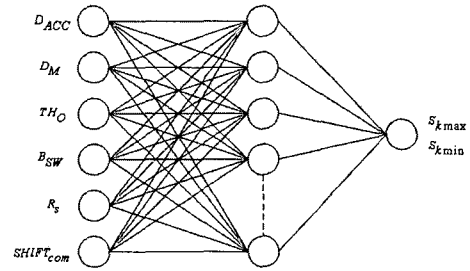


그림 7. 운전자 만족도 판정 모듈 신경망
Fig. 7. Neural network for driver's satisfaction rate decision module.

족도를 판정하여 세부 보정을 하고자 설계한 모듈이다.

본 모듈의 입출력 관계는 <그림 6>과 같이 설계된다. 운전자 만족도 판정 모듈에 사용되는 입력은 이전 모듈의 출력과 운전자의 조작 상태를 파악할 수 있는 스톱틀 개도, 브레이크 조작 여부, 가속 저항 등이다.

특정 판정 및 조정에 대하여 운전자의 만족도가 높은 경우에는 추후 동일한 상황이 발생할 때, 이전의 판정과 조정에 대한 신뢰도를 부여할 수 있도록 한다. 반면, 운전자의 만족도가 낮은 경우에는 추후 동일한 상황이 발생할 때, 이전의 판정과 조정을 기준으로 미세 조정을 수행하여 신뢰도를 높일 수 있도록 설계하였다.

최상의 만족도를 S_d , 현재의 만족도를 S_k 라고 하면, 다음과 같은 보정식

$$\delta = S_d - S_k \tag{1}$$

에 의하여 미세 조정 값을 산출하여 이후 최종 변속선도 조정 시에 반영한다.

본 모듈은 도로 상황과 경사 저항 정도를 고려한 상황에서 감속 의지와 스톱틀 조작 그리고 브레이크 조작을 통해 운전자의 만족도를 판정하고 보정할 수 있는 계수를 구하고자하는 모듈로써 <그림 7>에서 사용되는 입력변수(이전 모듈의 출력으로 0 또는 1)를 정리하면 다음 <표 3>과 같다.

모듈의 출력인 S_{kmax} , S_{kmin} 을 결정하여 이후 세부

표 3. 변수와 의미
Table 3. Variables and meanings.

변수	의미
D_ACC	감속의지 정도
D_M	도로 상황
TH_O	스로틀 조작
B_sw	브레이크 스위치
R_g	경사 저항
Shift_com	지령 변속단

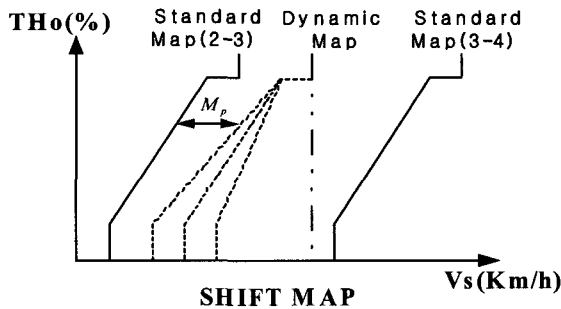


그림 8. 동적 변속선도 이동도
Fig. 8. Tuned dynamic shift map.

변속선도 결정식의 변수로 사용한다.

가. 운전자 운전 성향 및 도로 주행 환경을 고려한 변속선도 조정 계수 결정

본 모듈에서는 이전 단계에서 설계된 세부 모듈의 출력을 이용하여 최종적으로 변속선도 조정 계수를 결정하도록 학습된 모듈이다.

최적의 변속선도 조정을 위해서는 어느 한 모듈의 결과를 선택적으로 적용하는 방법보다는 종합적이면서도 상호 보완적인 조정계수를 선택하는 것이 바람직하다. 이에 다음과 같은 수식으로 표현되는 최종 조정 계수를 이용하여 변속선도를 최적의 주행 성능을 제공할 수 있도록 조정할 수 있다.

$$M_p = (D_{ACC} + \delta) D_M + D_f(1 - D_M) \quad (2)$$

여기서 $\delta = s_d - s_k$ 이고 D_{ACC} 는 내리막 주행 시 운전자의 가속의지를 확인하기 위한 변수이다.

<그림 8>의 변속선도 이동도에서 점선으로 표시한 부분은 동적 맵의 변화를 표시한 것이다. <식 2>에서 최종 출력인 M_p 에 의해 표준 변속선도를 이동시키는 것이다.

III. 모 의 실험

본 논문에서는 모의실험을 위해 표준 데이터를 통해

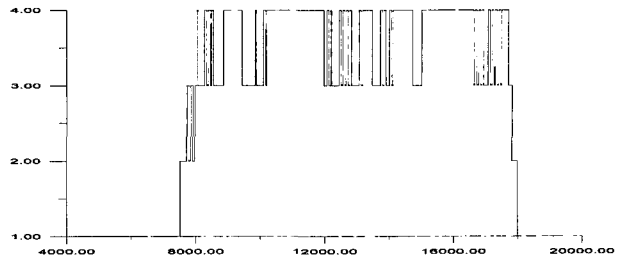


그림 9. 실차 주행 시 TCU (Transmission Control Unit) 에서 얻은 변속 패턴

Fig. 9. Shift pattern determined from TCU real time drive.

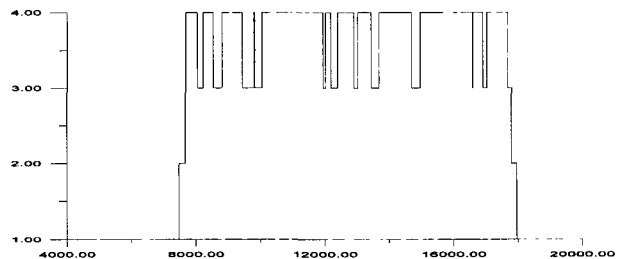


그림 10. PC환경에서의 실차 주행 데이터를 표준 변속선도에 의해 구현한 결과

Fig. 10. Result of shift pattern with standard shift map in the PC.

학습을 진행한 후에 다양하게 운전하는 실제 차량을 주행한 후에 얻은 데이터를 이용하여 검증하였다.

<그림 9>는 실차 주행 시 얻은 데이터로써 센서부로부터 실시간으로 들어오는 값은 변화가 심하다는 것을 알 수 있다. 변속 패턴과 시기를 정확하게 파악하기 위해 컴퓨터에서 구현하면 <그림 10>과 같이 실제 데이터보다 변화 정도가 다소 안정된 상태의 결과를 얻을 수 있다. <그림 9-11>에서 가로축 방향은 시간을 표시하고 있으며 이는 변속 제어 장치(TCU)의 클럭을 사용하여 변환된 수치로 표시하였다. 즉, 1회당 0.016초를 표시하는 것으로 분석하면 된다. 또한, 실제 데이터는 변속 제어 장치와 컴퓨터 간의 시리얼 통신을 통해 획득하였다. <그림 10>에서 알 수 있듯이 시간축 약 7000에서 10000영역에서 3단과 4단 사이에서 잦은 변속이 발생하는 것을 알 수 있으며 불만을 초래할 수 있는 요소로 파악된다. 본 논문에서 제안한 운전자 성향을 고려한 변속 패턴 조정 기법을 사용하면 이러한 현상을 줄일 수 있음을 <그림 11>의 결과로 설명할 수 있다. <그림 11>에서 변속이 잦은 시간대의 데이터의 경우, 완만한 변속 과정을 보인다. 시험 운전자는 차량을 급격히 가속시키거나 감속시키는 과정을 반복하였기에, 운전자의 가속 의지를 반영하게 되는 경우에는 변속을 자제하고 현 변속단을 유지하여 가속의지를 반영하는

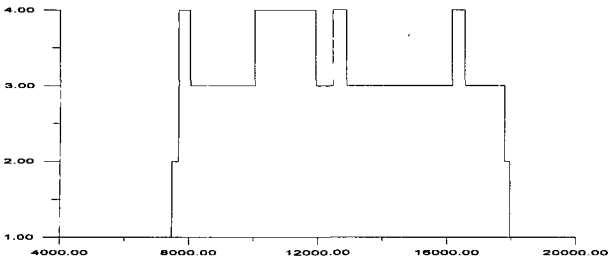


그림 11. 운전성향을 판단하여 조정한 변속선도에 의한 쉬프트 패턴

Fig. 11. Shift pattern by calibrated shift map considering driver's intention.

변속을 제공하는 것이 올바르다.

IV. 결 론

본 연구에서는 AT변속 시스템의 장점인 자동 변속, 편안함, 편리함을 최대한 살리며 Soft Computing 기법을 사용하여 인간 중심의 지능적인 변속을 구현하였다.

운전자의 성향을 고려하여 다양한 운전 성향에 적응적으로 반응할 수 있고 이를 위해 변속선도를 수정하는 방식을 채택함으로써 기존 시스템의 획일적이고 고정적인 변속에 대한 운전자의 불만 요소를 해소하였다. 또한 이를 학습함으로써 운전자의 운전 성향에 따른 변속을 제공할 수 있는 만족도 보정 기법을 제안하였다.

이로써, 기존의 AT변속 시스템을 더욱 발전시킨 새로운 방식의 지능형 변속 시스템을 구현하였다.

향후 다양한 학습 요소의 마련을 통해 경사로 주행 시나 운전자의 변속 결과에 대한 만족도 등을 평가하여 최상의 변속을 제공하는 지능형 AT변속 시스템의 개발이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] I. Sakai, S. Sakaguchi, T. Haga, Shift Scheduling Method of Automatic Transmission Vehicles with Application of Fuzzy Logic, *23rd FISITA Congress*, Vol. 1, pp. 304-347, 1990.
- [2] 지창헌, 방중철, 오영택, 홍명석, *자동차공학개론*, 오토테크, 2003.
- [3] R. K. Jurgen, *Automotive Electronics Handbook*, McGraw-Hill, 1997.
- [4] A. Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing*, CRC Press, 2000.
- [5] G. W. Irwin, K. Warwick, K., and K. J. Hunt, *Neural Network Applications in Control*, The Institution of Electrical Engineers, 1995.
- [6] H. Miyamoto, M. Kawato, T. Setoyama, and R. Suzuki, Feedback error-learning neural network for trajectory control of a robotic manipulator, *Neural Networks*, Vol. 1, no. 3, 1988.
- [7] S. G. Tzafestas, *Advances in Intelligent Autonomous Systems*, Kluwer Academic publishers, 1999.
- [8] D. Psaltis, A. Sideris, and A.A. Yamamura, A multilayered neural network controller, *IEEE Contr. Syst. Mag.*, vol 8, pp. 17-21, Apr. 1988.
- [9] S. R. Chi, R. Shouresshi, and M. Tenorio, Neural networks for system identification, *IEEE Contr. Syst. Mag.*, Vol. 10, pp. 31-34, 1990.
- [10] S.Chen, S.A. Billings, and P.M. Grant, Nonlinear system identification using neural networks, *Int. Jr. Contr.*, Vol. 51, no. 6, pp. 1191-1214, 1990.

저 자 소 개



김 종 수(정회원)
1990년 중앙대학교 전자공학사
1992년 동 대학교 전자공학 석사
2002년 동 대학교 전자공학과 박사수료
<주관심분야: 멀티미디어, 신호처리, 신경망>



김 성 주(정회원)
1999년 중앙대학교 전자공학사
2001년 동 대학교 전자공학 석사
2004년 동 대학교 전자공학 박사
<주관심분야: 뇌공학, 인공두뇌, 인공지능>



최 우 경(학생회원)
2000년 전남대학교 전기공학사
2003년 중앙대학교 전자공학 석사
2004년~현재 중앙대학교 전자전기공학 박사과정
<주관심분야: 퍼지, 신경망, 모바일 제어>



전 홍 태(정회원)
중앙대학교 교수
2002년 39권 제11호 참조