

모듈 형태의 신경망을 이용한 경사 도로 주행시 운전성향 판단 알고리즘

The Decision Algorithm for Driving inclination at incline load Using Moduled Neural Network

김성주, 강준영, 김용택*, 서재용**, 전홍태

중앙대학교 전자전기공학부,

*한국전력기술주식회사

**한국기술교육대학교 정보기술공학부

Seong-Joo Kim, Joon-Young Kang, Yong-Taek Kim*, Jae Yong Seo**, Hong-Tae Jeon
School of Electrical and Electronics Eng., Chung-Ang Univ.

*Power Engineering Research Institute at Korea Power Engineering Company, Kyung-gi do, KOREA

**School of Information and Technology. Korea university of Technology and Education

E-mail : bodysoul@orgio.net

ABSTRACT

Recently, most vehicles has the Automatic transmission system as their transmission system. The automatic transmission system operates with fixed shift patterns. In the opposite of manual operation, it is easy and convenient for driving. Though these merit, the system can not evaluate the driver's intension because of usage of fixed shift pattern. Especially, when the load has declination the AT system must operate for engine break effect. Namely, if the vehicle drives on the load of decrease, the acceleration of the vehicle goes to high then. At that time, the shift goes to down position the vehicle has some negative acceleration with the resistance of engine. To consider driver's intension in this case, we must consider both the driving intensity of driver and the status of load.

In this paper, we developed flexible automatic transmission system by using the proposed moduled neural networks which can learn the status of the load and driver's intensity.

As a result, we compare the transmission system using fixed shift pattern and the proposed transmission system and show the good performance in the change of shift position.

Keyword : Neural network, Modular, Decision algorithm, Automatic transmission system, Back-Propagation

1. 서론

최근 차량의 경우 미리 설정된 쉬프트 패턴에 의해 변속되도록 고안된 자동변속기가 장착되어 있다. 자동변속기는 기존에 운전자가 수동으로 조작하는 방식과 달리, 자동으로 변속되므로 편안하고 편리하지만, 고정된 패턴을 이용해 변속

하기 때문에 일괄적인 변속이 이루어진다. 즉 변속을 하는데 필요한 변수, 스로틀과 차속의 상황에 의해서만 일괄적으로 변속이 이루어지 때문에 운전자의 의지 또는 도로의 상황을 반영하지는 못한다. 특히 경사가 있는 도로인 경우에는 이런 일괄적인 변속은 바람직하지 않기 때문에 경사정

도와 운전자의 조작상태를 복합적으로 판단하고, 그 결과를 반영하여 변속단을 결정하고자 한다.

본 논문에서는 모듈화된 신경망을 이용하여 경사시에 운전자의 운전의지를 고려한 알고리즘을 자동차의 자동변속기에 적용하여, 상황에 유동적으로 변속단을 결정하는 방식이 일괄적, 고정적인 패턴에 의한 변속 방식보다 우수함을 보이고자 한다.

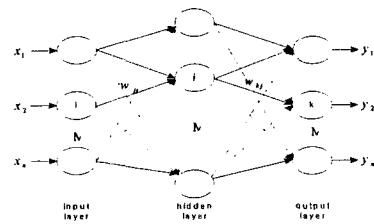


그림 1. 다층 신경망의 구조

2. 본론

2.1 개요

자동변속기는 차속과 스톱의 상태를 보고 변속을 결정한다. 항상 일정한 이 변속 방식이 항상 옳바르다고는 할 수 없고, 또 운전자가 만족한다고 볼 수 없다. 즉, 운전자와 상황을 전혀 고려하지 못한 채 일괄적으로 적용되고 있는 것이다.

본 논문에서는 운전자의 운전성향을 고려한 변속이 이루어지도록 구성하였다. 운전성향을 반영하기 위한 입력으로는 우선 운전자의 직접적인 조작이라고 할 수 있는 스톱 조작과 브레이크 조작 그리고 도로 상황을 바탕으로한 변수를 바탕으로 특정상황을 판단할 수 있는 신경망을 모듈화 시켜 구성하였다.

그 상황에 따른 입력데이터와 출력데이터에 의해 Off-Line으로 학습하였다. 전 방향 모델링 방식으로 학습이 끝난 후에는 적당한 추론을 할 수 있다.

2.2 신경망 이론

1940년대 초에 뉴런(neuron)을 모델로 공학적으로 응용을 한 이후 학습 이론 및 신경 회로망 이론이 활성화하기 시작하였다. 신경망은 수많은 인공 뉴런들로 이루어져 있고, 각 뉴런들 사이는 연결 강도에 의해 상호 연결되어 있으며 구조상 정적, 동적, 단층(single layer) 또는 다층(multilayer)분류된다. 신경망은 기존의 방식과는 달리 분산 저장 방식을 갖고, 뛰어난 학습 능력, 일반성, 오류 허용(fault-tolerance)과 같은 특성을 갖는다. 신경망에 대한 중요한 성질을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 비선형 시스템 제어 (nonlinear system control) 능력
- (2) 병렬 분산 처리 (parallel distributed processing) 방식
- (3) 학습과 적응성 (learning and adaptation)
- (4) 다변수 시스템 (multi-variable system)

2.2.1 전방향 네트워크

가장 널리 쓰이는 다층신경망 구조는 그림 1에 보이는 바와 같다. 이 전 방향 네트워크의 뉴런의 출력은 식(1)과 같이 표시할 수 있다.

$$v_k(n) = \sum_{j=0} w_{kj}(n) y_j(n) \quad (1)$$

$$y_k(n) = f(v_k(n)) \quad (2)$$

여기서 $v_k(n)$ 은 j번째 뉴런에 출력에 연결강도가 곱해서 모두 더한 값이다. 이 값이 활성화함수의 입력으로 들어간다. $y_k(n)$ 은 k번째 뉴런의 출력이다

2.2.2 오차 역전파 알고리즘

역전파 학습 방법은 가장 널리 이용되는 감독 학습(supervised learning)으로 동일한 입력 $x_i(n)$ 에 대해서 현재 연결강도에 의한 신경망 출력 $\hat{y}_k(n)$ 이 비선형 함수 출력 $y_k(n)$ 을 근사화하도록 한다. 이것은 에러 $e_k(n)$ 가 신경망에 대해 역전파되어 연결강도에 따른 에러 기울기가 계산되고 신경망의 연결강도가 조정된다

그림 1의 다층 신경망의 학습은 오차 역전파 학습알고리즘에 의해 진행되며 출력 단에서 전체 오차는 각 출력층 뉴런의 출력과 목표치와의 차이들의 합으로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E = \frac{1}{2} \cdot \sum_k (d_k - y_k)^2 \quad (3)$$

여기서, d_k 는 출력단 k번째 뉴런의 목표 값이며, y_k 는 출력단 k번째 뉴런의 실제 출력 값을 나타낸다.

연결강도들의 변화량은 Gradient descent 방법에 의해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta w_{kj} &= -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{kj}} \\ &= -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial v_k} \cdot y_j \\ &= \eta \cdot \delta_k \cdot y_j \end{aligned} \quad (4)$$

$$\delta_k = (d_k - y_k) \cdot f'(v_k) \quad (5)$$

여기에서,

$$f'(v_k) = \frac{\partial f(v_k)}{\partial v_k} \quad (6)$$

이다.

또한 η 는 학습률을 나타내고 δ_k 는 역방향으로부터 전달되어 오는 오차이다. 위 식에 의한 출력 단에서의 연결강도 변화와는 달리 중간층에서의 연결강도 변화량 ΔW_{ji} 는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$\Delta w_{ji} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ji}} \quad (7)$$

$$= \eta \cdot \delta_j \cdot y_i$$

$$\delta_j = f'(v_k) \cdot \sum_k (\delta_k \cdot w_{kj}) \quad (8)$$

각 층에서의 새로운 연결강도들은 최종적으로 다음 식에 의해 조정된다.

$$w_{kj}(t+1) = w_{kj}(t) + \Delta w_{kj} \quad (9)$$

$$w_{ji}(t+1) = w_{ji}(t) + \Delta w_{ji} \quad (10)$$

여기서, 위의 식을 출력 단에서 입력 단까지 계속적으로 반복하면 각 뉴런의 출력 오차가 감소하도록 연결강도가 변하게 되며, 마지막에는 오차가 없게 되어 학습이 완료된다.

3. 경사 판정과 운전성향 판단 알고리즘

본 모듈은 주행 도로 상태와 운전자의 가속도의지를 고려하여 Engine Brake가 동작하도록 변속패턴을 이동하기 위한 모듈이다. 전체 구성도는 그림 2과 같다

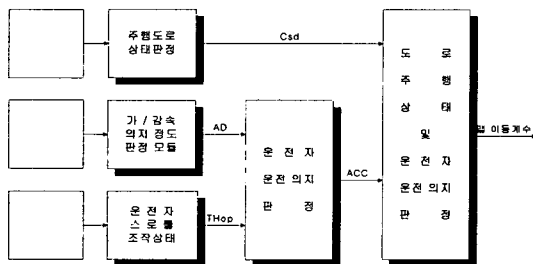


그림 2. 도로주행 상태 및 운전자 운전 의지 판정 블록도

3.1 주행 도로 상태 판정 모듈

차량의 실제 주행 상태는 도로의 형태에 따라서 많은 차이가 생기게 된다. 또한 경사로와 굽은 도로가 많은 국내 도로와 같은 경우 차량의 주행 상태는 운전자의 의지에 적합한 변속 결정에 있어 매우 중요한 변수로 작용한다.

경사정도는 아래의 식을 이용하여 판정한다.

$$RS = FE - RA - RL - RR \quad (11)$$

여기서, FE는 엔진구동력, RA는 가속저항, RL은 공기저항, RR은 구름저항을 나타낸다.

엔진구동력은 각 저항값들의 합으로 나타낼 수 있는데 이를 이용하여 경사정도를 판정한다.

단, 브레이크를 밟는 경우 경사 저항값은 이전의 판단값을 사용한다.

3.2 가/감속 의지 정도 판정 모듈

주행 상황에서 가/감속 의지 정도는 실제 차량의 성능을 평가하는 데 일반적으로 많은 부분을 차지한다. 특히, 수동 변속기 차량의 경우 운전자는 차량의 변속기 조작으로 순간적인 킥다운을 이용하여 구동력을 증가시킬 수 있는 반면, 자동

변속기 차량의 경우에는 정해진 쉬프트맵을 기준으로 변속단을 결정하기 때문에 가속의지가 있음에도 불구하고 즉각적인 반응을 얻기가 어려웠다. 이러한 불만 사항을 고려하여 본 모듈에서는 일반적인 차량의 주행 상황 변수를 파악하여 판정할 때 발생할 수 있는 불만 요소를 제거하고자 가/감속 의지 정도를 판정하여 순간적인 가/감속 의지가 존재하는 경우에 효과적인 조치를 하도록 설계하였다. 이러한 관점에서 주행 중 운전자의 스로틀 조작량과 차량의 속도를 고려해서 퍼지-뉴로 신경망을 이용 학습을 수행하고, 학습이 완료된 신경망은 가/감속 의지 정도를 판정할 수 있다.

3.3 운전자 스로틀 조작 상태 모듈

본 모듈에서는 위에서 운전자 순간 가/감속 의지 판정 모듈의 결과와는 달리 일정 시간 운전자의 스로틀 조작, 차속 변화를 주시하여 운전자의 가속 의지 지속 여부를 판정함으로써 경사로 주행 시, 주행 도로 상태 판정에 의한 경사로 주행의 조치를 해소하는 근거로 사용한다. 만약 지속적인 스로틀 조작이 발생하거나 차속이 기준치보다 큰 경우 가속 의지로 간주할 수 있다. 이 경우 운전자는 경사에 상관없이 마치 평탄로를 운전하고자 하는 상황으로 판정할 수 있다.

3.4 운전자 운전의지 판정 모듈

본 모듈은 위에서 언급한 운전자 순간 가속 의지 판정 모듈, 운전자 스로틀 조작 상태 모듈의 출력을 종합적으로 학습하여 운전자의 운전 의지를 판정하는 통합 모듈이다. 각각의 상황 변수에 의해 판정된 각 모듈의 출력을 근거로 세부 모듈 출력 간의 상관 관계를 학습하여 판정하는 기능을 수행한다. 이는 특정 상황 변수에 의해 사전 학습된 세부 모듈의 출력을 이용하여 최적의 운전 의지를 판정하고자 하는 의도이며, 운전의지를 일괄적인 학습이 아닌 두 개로 나누어서 학습하고, 다시 한번 판단하는 구조로 구성함에 따라 더욱 안전하고 정확한 판정을 위한 구조라고 할 수 있다.

3.3 도로주행상태 및 운전자 운전의지 판정

자동 변속기 차량의 경우 오르막 또는 내리막의 경사가 존재하는 도로 주행시 정해진 쉬프트맵에 의한 성능으로 인해 불만 사항이 존재하기 때문에 본 과제에서는 특별히 오르막에서의 구동력 확보와 내리막에서의 제동력 확보를 고려한 설계에 주안점을 두었다.

이는 내리막 상황에서 발생할 수 있는 자동 변속기 차량의 잦은 브레이크 조작에 의한 사고의 위험을 줄이고 운전자가 편안한 상태에서 운전할 수 있도록 해 준다. 또한 기존의 정해진 쉬프트맵의 경우에서 발생할 수 있는 일정한 쉬프트맵에 의한 업쉬프트와 다운쉬프트를 운전자의 운전 의지를 고려하여 능동적으로 반응할 수 있도록

고려하여, 최종적으로 운전자의 의지를 반영할 수 있는 SHIFT LINE 이동 계수를 결정한다.

도로 주행 상태 판정 결과와 운전자의 운전 의지를 종합적으로 판정하기 때문에 주행 만족도를 한층 높일 수 있다.

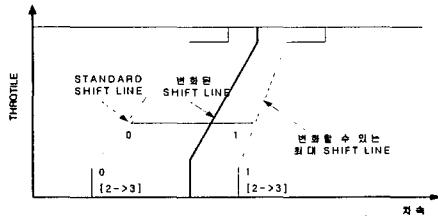
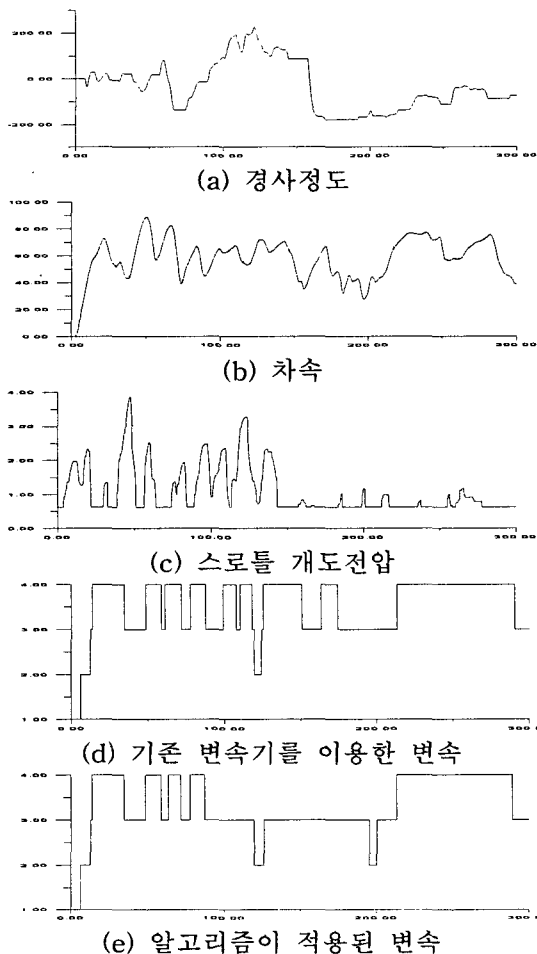


그림 3. 그래프 해석을 통한 변속패턴 수정방식

그림3은 2->3단 UP SHIFT LINE을 나타낸 것이다. 맵 이동 계수 값은 스탠다드 SHIFT LINE을 0으로 하고, 최대이동 가능 SHIFT LINE을 1로 하여 그 사이에서 이동되게 된다.

4. 차량에 적용 결과

그림 4는 모듈화된 신경망을 이용하여 경사와 그에 그 상황에서의 운전자의 운전의지가 반영된 결과이다.



(e) 알고리즘이 적용된 변속
그림 4. 시뮬레이션 결과

위 결과는 경사정도가 심한 구간에서 운전한 데이터를 바탕으로 비교해 본 것이다.

(d)의 그림은 일반 자동변속기로 적용했을 때의 변속상태를 나타낸 것이고, (e)는 운전자의 운전성향을 반영하여 나타낸 것이다. 특히 경사정도가 심한 부분에서 변속을 맵 이동계수를 변화시켜 줌으로서 구동력 확보 및 불필요한 변속을 방지했음을 알 수 있다. 또한 내리막 경사에서도 변속을 늦춤으로서 엔진브레이크 효과를 보이고 있다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 경사정도와 운전자의 운전의지에 따라서 적절하게 변속할 수 있는 모듈화된 구조의 변속시스템을 제안하였다.

최적의 변속단 결정을 위해서는 여러 가지 정보를 복합적으로 판단하여 변속을 결정해야 하는데, 이를 단순 신경망으로 구성한다면, 망 크기도 방대해지고, 그에 따라 학습하기도 어렵게 된다. 본 논문에서 제안한 구조는 이러한 판단 상황들을 여러 개의 모듈로 구성하여 전체적인 시스템 구조를 단순화하였고 학습시간에 있어서 효율성을 보여준다고 할 수 있다.

본 논문의 운전의지 판단 시스템은 운전자의 운전 성향과 차량의 상태 판단 결과에 따라 자동 변속선도의 변속선도를 연속적으로 변화시키는 계수를 결정하고 있다. 이것은 기존의 한정된 변속 패턴에 의한 변속단 결정에 비해서 모든 운전자의 운전성향 따른 무한대의 변속 패턴을 형성할 수 있다.

모의실험 결과 경사정도와 경사의 변화가 심한 상황에서 엔진구동력 확보 및 엔진브레이크 효과를 보이는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 전체적으로 불필요한 변속을 줄이는 것을 알 수 있었다.

향후 과제는 실제 차량을 통해 테스트하고, 만족도를 평가하여 더 우수하게 변속하는 자동변속기를 설계가 필요하다.

감사의 글 : 본 연구는 '과학기술부 뇌신경 정보학 연구사업'에 의해 지원 받았습니다.

5. 참고문헌

- 1[] Simon Haykin, *Neural Networks - A Comprehensive Foundation*, Macmillian College Publishing Company Inc., 1994.
- 2[] R. K. Elsley, "A learning architecture for control based on Back-Propagation neural network", *Proc. of the IEEE Conf. on Neural Networks*, vol. 2 .pp 587-594. 1988
- 3[] S. R. Chi, R. Shouresshi, and M. Tenorio, "Neural Networks for system identification ", *IEEE Contr. syst. Mag.*, vol. 10, pp. 31-34, 1990.