

# 지능형 자동 변속 시스템에서의 만족도 보정 기법

## The Algorithm for Calibration of Satisfaction in the Intelligent AT System

김성주, 김종수, \*김용민, \*\*최영길, 전홍태

중앙대학교 전자전기공학부

\*충청대학 컴퓨터학부

\*\*부천대학 컴퓨터제어과

Seong Joo Kim, Jong Soo Kim, \*Yong Min Kim, \*\*Young Gil Choi, Hong Tae Jeon

School of Electrical and Electronics Eng., Chung-Ang Univ.

\*School of Computer, Chung-Chung College

\*\*Dept. of Computer Control, Pu-Chun College

(ksj1212@ms.cau.ac.kr)

### ABSTRACT

자동 변속기 차량은 여러 가지의 장점을 지니고 있으며, 쉬프트 맵의 특징이 수동 변속기 차량과는 달리 이미 규정된 패턴을 따른다. 하지만 킥 다운, 킥 업, 리프트 풋 업 등의 현상이 어느 운전자에게나, 어떤 주행 상황에서도 일괄 적용되고 있기에 불만스러움을 느끼는 운전자가 있을 수 있다.

이에 본 논문에서는 지능형 자동 변속 시스템의 변속 결과에 따른 운전자의 불만 정도를 고려하고 다음 변속에 반영하도록 고안한 만족도 보정 기법을 제안하고자 한다. 만족도 평가는 변속 이후 운전자의 조작을 관찰하며, 불만족 정도에 따라 최종 쉬프트 선도의 조정을 결정하도록 고안하였으며, 변속 시스템의 변속 결정과 운전자의 스톱 및 브레이크 조작을 입력으로 한 신경 회로망을 구성하여 학습하였다.

**Keywords** : Neural Network, Automatic Transmission System, Decision Algorithm

### 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 변속하기 때문에 운전자의 의지를 반영하지 못한다. 운전자의 의지를 반영하기 위해서는 운전자의 성향뿐만 아니라, 차량의 상태도 같이 고려해야한다.

이에, 차량의 상태와 운전자의 조작상태를

모델화시켜 학습하여 종합적인 운전성향을 판단하고 반영하여 변속을 결정하고자 한다.

본 논문에서는 경사가 존재하는 도로 주행시 차량 상태 및 운전자의 운전 성향을 고려하여 변속 패턴을 조정하는 시스템에서 결정된 변속 패턴 조정에 따른 운전자의 만족도를 평가하고 이를 반영함으로써 운전자에 의해 인지되는 도로 상황에 대한 판단을 진행하고자 한다. 운전자가 실제 경사로를 주행하는 경우, 운전자가 느끼는 체감 경사는 경사가 아닌 상황으로 판단할 수도 있다. 예를 들면, 경사로 주

행상황이 고속도로와 같이 시야가 확보된 상태의 경사 주행과 국도와 같이 구불구불하여 시야가 확보될 수 없는 상황에서의 주행시는 운전자가 느끼는 체감 경사 정도는 다르다. 본 논문에서는 이러한 체감 경사 정도를 운전자의 만족도를 평가함으로써 판정하고 이를 변속 시스템에 반영하고자 한다.

## II. 본 론

기본적으로 자동변속기에서 변속을 결정하는 중요 변수로는 차속과 스피드를 들 수 있다. 이 차속과 스피드의 값에 따라 변속여부를 결정하게 되는 데, 이 쉬프트 맵은 고정되어 있다. 즉, 운전자와 상황을 전혀 고려하지 못한 채 일괄적으로 적용되고 있는 것이다.

본 논문에서는 운전자의 운전성향을 고려한 변속을 행한 후에 운전자의 반응을 평가하여 만족도를 평가한다. 평가된 내용을 근거로 최종 운전자의 성향을 반영하도록 쉬프트맵을 이동시켜 변속의 시기를 조절하도록 하는 만족도 평가 기법을 제안한다. 특히, 평지 주행시보다는 경사로를 고려하여 실제 도로 상황과 운전자가 느끼는 도로 상황을 감안하여 운전자의 의지에 알맞은 변속을 제공함으로써 보다 만족스런 변속 패턴을 보여줄 수 있도록 변속 시스템을 구성하였다.

운전자가 느끼는 상황과 차량 상태를 고려한 경사 정도를 학습하여 변속에 필요한 쉬프트맵 이동 계수를 결정하는 데 이 과정을 신경 회로망을 사용하여 학습하였다.

### 2.1 신경망 이론

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 능력
- (2) 병렬 분산 처리 방식
- (3) 학습과 적응성
- (4) 다변수 시스템

### 2.1 전 방향 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  $j$ 번째 뉴런에 출력에 연결강도가 곱해서 모두 더한 값이다. 이 값이 활성화함

수의 입력으로 들어간다.  $y_k(n)$ 은  $k$ 번째 뉴런의 출력이다.

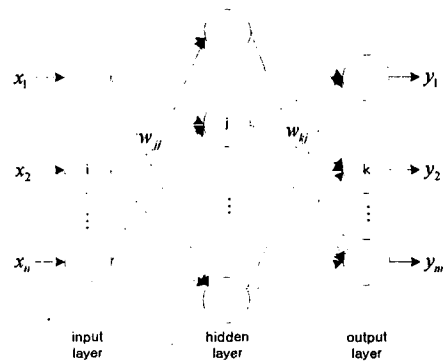


그림 1. 다층 신경망의 구조

### 2.2 오차역전파 알고리즘

역전파 학습 방법은 가장 널리 이용되는 감독학습(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  $k$ 번째 뉴런의 목표 값이며,  $y_k$ 는 출력단  $k$ 번째 뉴런의 실제 출력 값을 나타낸다.

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

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

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

여기에서,

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

이다.

또한  $\eta$ 는 학습률을 나타내고  $\delta_k$ 는 역방향으로부터 전달되어 오는 오차이다. 위 식에 의한 출력 단에서의 연결강도 변화와는 달리 중

간층에서의 연결강도 변화량  $\Delta W_{ji}$ 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.

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

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

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

### 3. 운전자 만족도 판단 알고리즘

운전자의 만족도를 경사로 주행상황에서 실제 도로의 경사 정도와 운전자가 느끼는 체감 경사 정도 사이에서 나타나는 차이를 보상하는 개념으로 정의하기로 한다.

#### 3.1 경사로 주행 상황 판정

일반적으로 차량이 경사로를 주행하는 경우 차량의 구동력과 기타 저항(가속저항, 구름저항, 공기저항, 경사저항)은 일치한다고 할 수 있다.

이 때, 구동력과 기타 저항은 다음의 수식으로 표현할 수 있다.

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

여기서 RS는 경사저항, FE는 구동력, RA는 가속저항, RL은 공기저항, RR은 구름저항을 나타낸다.

식 11에서 현재 주행중인 도로의 경사 정도를 계산할 수 있다.

#### 3.2 운전자 가속의지 판정

운전자의 가속의지는 직접 조작할 수 있는 엑셀과 브레이크에 의해 표현된다. 엑셀을 밟는 정도에 따라 스톱 밸브의 개도전압이 다르게 나타나며, 브레이크 조작 여부에 따라 브레이크 스위치가 On/Off된다. 이로써 스톱 밸브의 개도전압과 개도전압의 변화량을 살핌으로서 가속의지의 정도를 알 수 있으며, 브레이크 조작 정도에 따라서 감속의지를 알 수 있다.

#### 3.3 경사로에서이 조작의지 판정과 만족도 평

가

경사로 상황에서는 앞선 3.1절과 3.2절의 방법으로 도로의 상황을 판정하고 운전자의 가속의지를 평가한다. 실제 운전 중인 운전자의 가속의지는 경사로 상황과 주변 차량 상황 그리고 운전자의 운전 성향에 따라 다르게 나타난다. 경사로 주행시 시야가 확보되고 가속의지가 있다면, 경사로 판정 시에도 운전자는 엑셀을 조작할 것이다. 이 경우, 도로의 경사 정도에 의해 이미 처리되는 과정이 경사(특히, 내리막)가 존재할 때, 엔진 브레이크 효과를 얻기 위해 쉬프트맵을 조정하는 조치를 자동변속기는 취하게 된다. 그렇지만, 앞서 설명한 경우에는 운전자는 경사가 존재하는 도로를 주행하고 있지만 가속의지를 표현하고 있다. 그렇다면, 앞서 엔진 브레이크 효과를 위해 조치한 쉬프트맵의 조정에 대한 보정을 해 주어야 한다.

이에 다음과 같은 수식으로 표현되는 최종 조정 계수를 이용하여 쉬프트맵을 최적의 주행 성능을 제공할 수 있도록 조정할 수 있다. 식 12는 만족도 평가식이며, 식 13은 쉬프트맵 조정계수 결정식이다.

$$\delta = S_d - S_k \quad (12)$$

$$M_P = (D_{ACC} + \delta)D_M + D_f(1 - D_M), \quad (13)$$

여기서,  $\delta$ 는 보정계수,  $S_d$ 는 만족,  $S_k$ 는 불만족정도,  $M_P$ 는 쉬프트맵 이동계수,  $D_{ACC}$ 는 경사 주행시 운전성향계수,  $D_M$ 은 경사존재여부,  $D_f$ 는 평지 주행시 운전성향계수이다.

#### 3.4 운전자 만족도 학습

3.3절에서 설명한 운전자의 만족도를 학습하는 신경망의 구조는 그림 2와 같다.

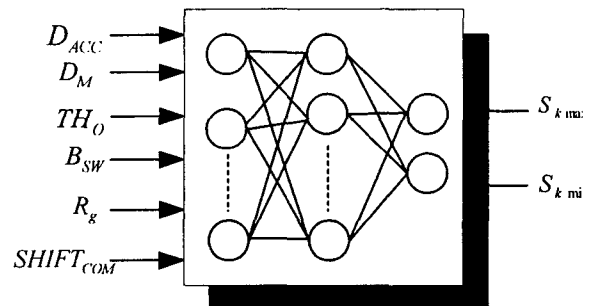


그림 2 운전자 만족도 학습 신경망 구조

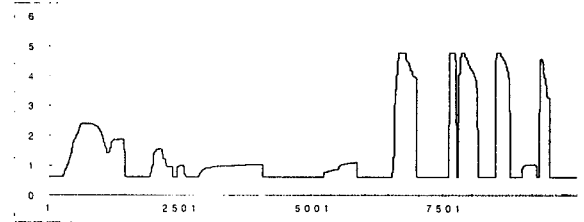
입력으로는 경사 주행시 운전성향 계수 ( $D_{ACC}$ ), 경사존재여부 ( $D_M$ ), 스톱 밸브개도전압

( $TH_0$ ), 브레이크 스위치 ( $B_{SW}$ ), 경사저항( $R_g$ ) 그리고 현변속단( $SHIFT_{COM}$ )이다. 출력으로는 운전자의 만족도 정도의 최대, 최소값이다.

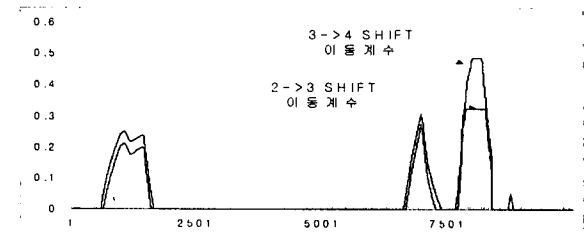
이로써 신경망 학습을 통해 운전자의 만족도 정도를 평가한다.

#### 4. 차량에 적용 결과

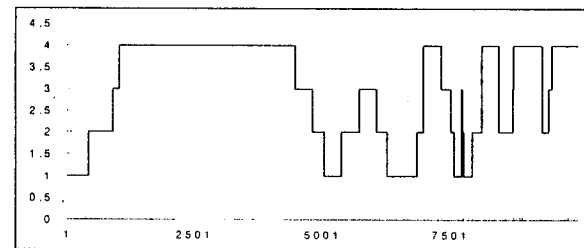
그림 3은 모듈화된 신경망을 이용하여 만족도를 평가하고 운전자의 운전의지를 반영한 결과를 보인 것이다.



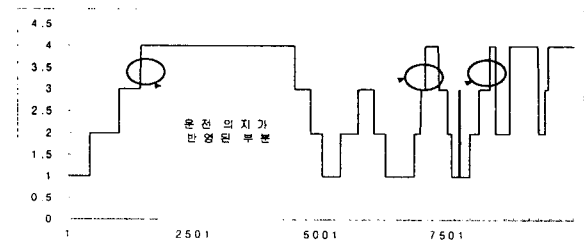
(a) 스로틀 개도전압



(b) 맵 이동계수



(c) 기존의 자동변속기를 이용한 변속결과



(d) 운전의지 반영한 변속결과

그림 3. 시뮬레이션 결과

(c)의 그림은 일반 자동변속기로 적용했을 때의 변속상태를 나타낸 것이고, (d)는 제안한 방법에 의해 운전자의 만족도를 평가하고 운전성향을 반영하여 나타낸 것이다. 스로틀 변화에 따른 차속의 증가, 이를 위해 변속을 늦춤으로써 구동력 확보를 하는 부분을 볼 수 있다.

스로틀의 변화가 급격한 경우, 특히 스로틀을

급격히 댄 후, 스로틀을 급격히 밟은 경우에 맵 이동 계수가 발생하여 변속이 늦게 이루어졌음을 알 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 운전자의 성향과 경사 도로 상태에 적절하게 변속할 수 있는 변속시스템을 제안하였다.

본 논문의 경사도로 주행시 운전자의 만족도 평가는 운전자의 운전 성향과 도로의 상태 판단 결과에 따라 만족도 계수를 결정하고 이를 전체 쉬프트맵 조정 계수 결정과정에 반영함으로써 쉬프트맵을 연속적으로 변화시키는 계수를 결정하여 자동변속 시스템을 제안한다. 이것은 기존의 한정된 변속 패턴에 의한 변속단 결정에 비해서 모든 운전자의 운전성향 따른 무한대의 변속 패턴을 형성할 수 있다.

모의실험 결과 경사가 존재하는 도로 상황에서 급격한 스로틀 조작(감속을 위해 엑셀을 댄 상황) 상황에서 변속을 늦추어 엔진 브레이크 효과를 보여주는 것을 확인할 수 있다.

향후 과제는 더 많은 실측데이터와 시뮬레이션을 바탕으로 안정성 검증과 실제 차량에 적용하여 발생할 수 있는 문제점을 보완하고자 한다.

감사의 글 : 본 연구는 과학기술부의 뇌신경정보학연구사업에 의해 지원받았습니다.

### IV. 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] J. A. Freeman, D. M. Skapura, *Neural Networks : Algorithms, Applications, and Programming Techniques*, Addison-Wesley Publishing Company, 1991.