

지능형 자동변속 알고리즘 개발 및 성능 분석과 최적화를 위한 시뮬레이터 개발

The Intelligent Shift Algorithm for Automatic Transmissions and The Development of Simulators for Its Optimization and Analysis

강효석* · 현창호*** · 박민용**

Hyo-Seok Kang, Chang-Ho Hyun and Mignon Park

*연세대학교 전기전자공학과

**국립공주대학교 전기전자제어공학부

요 약

본 논문에서는 퍼지 이론을 이용한 차량용 지능형 자동 변속 알고리즘을 제안하고, 알고리즘 성능 및 최적화 분석이 가능한 시뮬레이터를 개발한다. 제안된 지능형 자동변속 알고리즘은 목표 속도 도달 시간 및 구간 가속의 성능 저하 없이 엔진 회전수 변화를 적게 하여 승차감을 개선하고, 구간 시간 내의 구동력 사용량을 줄임으로써 에너지 효율을 향상 시킨다. 또한, 모의 실험이 가능한 시뮬레이터를 개발하여 다양한 조건에서의 알고리즘 성능을 분석하고, 알고리즘 최적화 및 실용화 개발 비용 절감에 기여한다. 시뮬레이터를 이용한 모의실험을 통하여 일반 자동변속기와 제안된 자동변속기의 성능을 검증하고 시뮬레이터를 이용한 최적화 작업의 간단한 예를 보인다.

키워드 : 지능형, 변속 알고리즘, 자동변속기, 구동력, 시뮬레이터

Abstract

This paper proposes the intelligent shift algorithm for automatic transmissions and develops the simulator for the its optimization and analysis. It provides the comfortable ride to drivers and improves the driving force efficiency without any loss of the performance. In addition, the developed simulator not only cuts the commercialization cost but provides diverse test conditions. The analysis and optimization of the proposed scheme are verified by the developed simulator. As a simple example, the developed simulator verifies the proposed algorithm and shows the comparative result with the existed automatic transmission shift algorithm.

Key Words : intelligent, shift algorithm, automatic transmission, driving force, simulators

1. 서 론

최근 차량의 편의장비 및 성능 개선을 위한 지능형 시스템 개발 및 실용화에 대한 관심이 커져가고 있다. 그 중에서도 자동변속기 개발은 변속을 위한 일련의 과정을 자동화함으로써 운전으로 인한 피로도를 감소 시켜주었을 뿐만 아니라, 운전 미숙으로 인한 사고 유발도 감소시켰다[1-4]. 그러나 이와 같은 자동변속기의 장점에도 불구하고 수동 변속기에 대한 수요는 사라지지 않았고 여전히 지속되고 있다. 아직까지도 자동변속기가 완벽히 선호되지 않고 있는 이유 중 하나는, 바로 자동변속기의 에너지 효율이 적고 수동변속기에 비해 구입에 있어 추가 비용이 발생하기 때문이다.

최근 이를 극복하기 위한 방안으로 지능형 알고리즘을 적용한 자동변속기에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.[2,3,4,9]

기존의 연구에서는 퍼지 이론을 이용한 자동적으로 파라미터들을 제어하는 방법과 부드러운 기어 변속에 대한 방법 등을 제시하면서 환경에 강인하고 기어 변속 충격을 완화하여 주행 성능을 향상시키는데 연구를 집중하였다. 그러나, 이러한 연구결과는 주행 성능에만 연구를 집중하였고 에너지 효율화에 대해서는 고려하지 않았다. 최근의 모든 기술은 성능 향상 뿐 만 아니라 에너지 사용을 고 효율화 한 연구 및 개발에 집중하고 있다.

본 논문에서는 기어변속 충격을 완화하는 알고리즘 구현을 통한 주행 성능 향상 뿐 만 아니라, 목표 속도 도달까지의 에너지 소모를 최소화 하는 지능형 자동변속기를 제안한다. 제안된 알고리즘은 퍼지 이론을 기반으로 하며, 상태변수로 엔진 회전수(rpm)과 차량 속도를 사용한다. 또한, 제안된 알고리즘의 성능을 비교 분석하고 실용화 비용을 절감할 수 있도록 알고리즘 최적화 모의 실험을 할 수 있는 시뮬레이터를 개발한다. 제안된 알고리즘과 시뮬레이터는 성

접수일자 : 2010년 4월 23일

완료일자 : 2010년 8월 27일

+교신저자

감사의 글 : 이 논문은 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임 (지역거점연구단육성사업/에너지자립형 그린빌리지 핵심기술사업단)

능의 저하없이 rpm변화를 최소화하여 기어 변속 충격을 완화함으로써 승차감을 향상하고, 구동력 사용량을 줄임으로써 에너지 효율을 향상시키는 장점을 가지고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 변속기의 구성 및 모델링에 대해서 알아보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 지능형 자동변속 알고리즘에 대해서 소개한다. 시뮬레이터 개발에 대한 내용과 모의실험을 통한 제안된 알고리즘 및 시뮬레이터의 효과를 각각 4장과 5장에서 알아본다. 마지막으로 6장에서 본 논문의 결론을 서술한다.

2. 변속기 구성 및 모델링

2장에서는 변속기의 구동원리 및 모델링에 대하여 설명한다. 자동변속기를 구현하기 위해 구동력과 토크와의 연관성을 알아보고 속도와 rpm, 토크와 rpm 간의 관계를 정의함으로써 차량의 변속기를 모델링한다. 차량의 구동에 있어 필요한 실제 구동력은 식(1), (2)와 같이 나타난다.

$$P_{real} = F - R_{all} \quad (1)$$

$$R_{all} = R_r + R_a + R_i \quad (2)$$

여기서, F 는 구동력, R_{all} 은 전체 저항이며, 각각 R_r 는 회전저항, R_a 는 공기저항, R_i 는 경사면에 대한 저항이다.

구동력 F 및, 각 저항값 R_r , R_a , R_i 은 다음과 같은 관계식을 통하여 얻을 수 있다.

$$F = \frac{T_E \times G_c \times G_f}{R_T} \quad (3)$$

$$R_r = \mu_r \times W \quad (4)$$

$$R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times C_D \times V_{real}^2 \times A \quad (5)$$

$$R_i = \frac{W \times i}{100} \quad (6)$$

각 파라미터는 표 1에 정의되어 있다.

표 1. 파라미터 정의

Table 1. The definition of parameters

파라미터	정의	파라미터	정의
T_E	엔진토크	ρ	공기 밀도
G_c	선택된 기어의 감속비	C_D	공기저항계수
R_T	구동륜 유효 반경	V	차량 속도
G_f	중감속비	A	차량전면면적
μ_r	회전 저항계수	i	구배도
W	차량의 총 무게		

차량의 실제 속도는 식 (7), (8)과 같이 나타난다.

$$R_i = \frac{W \times i}{100} \quad (7)$$

$$V = \frac{2\pi \times R_T \times 60 \times RPM}{1000 \times G_c \times G_f} \quad (8)$$

엔진 토크는 식(9)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} Torque(kg \cdot m) = & 0.252 + 64.94 \times \left(\frac{RPM}{1000}\right) \\ & + \left\{-23.23 \times \left(\frac{RPM}{1000}\right)^2\right\} + \left\{3.9 \times \left(\frac{RPM}{1000}\right)^3\right\} \\ & + \left\{-0.57 \times \left(\frac{RPM}{1000}\right)^4\right\} + \left\{0.094 \times \left(\frac{RPM}{1000}\right)^5\right\} \\ & + \left\{-0.0077 \times \left(\frac{RPM}{1000}\right)^6\right\} \end{aligned} \quad (9)$$

차량의 기본적인 변속 방법은 변속비와 변속변화비의 관계를 사용하여 기어 변속을 한다.[9] 차량의 자동변속을 위해 식(10)과 같이 실제 구동력이 가장 크고 rpm이 가장 작은 시기에 기어 변속을 한다.

$$If P_{G_i} < P_{G_{i+1}} \text{ Then } G_c \text{ is } G_{i+1} \quad (10)$$

여기서, G_i 는 현재 사용되고 있는 기어의 감속비이고 G_{i+1} 는 다음 기어의 감속비이다.

본 논문에서는 속도와 rpm과의 관계를 이용하여 출력인 구동력을 구하고 일반 자동변속기와의 성능 및 에너지 효율을 비교한다.

3. 지능형 자동변속기 설계

승차감과 에너지 효율 향상을 고려한 퍼지이론 기반의 지능형 자동변속 알고리즘을 소개한다. 기어 변속의 충격을 완화시킴으로써 승차감을 향상 시키고, 구동력 사용량을 줄임으로써 에너지 효율을 향상 시키는 것을 목표로 설계한다.

3.1 퍼지 시스템

퍼지 시스템은 퍼지화기, 비퍼지화기, 퍼지 규칙, 퍼지 추론의 네 부분으로 크게 나눌 수 있다.[8] 퍼지화기는 수치로 표현하는 것이 아닌 집합으로 표현하여 그 가중치를 부여한다. 비퍼지화기는 퍼지 집합으로 구현된 것을 실제 수치로 변환하는 것이다. 퍼지 추론은 퍼지화기로 표현된 것을 퍼지 규칙을 기반으로 원하는 출력 값을 추론한다. 퍼지 추론의 핵심인 퍼지 규칙은 IF-THEN 형식으로 시스템의 특성을 묘사하는 역할을 하며 식 (11)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} Rule \ i: \text{ If } x_1 \text{ is } A_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_{in} \\ \text{ Then } y \text{ is } B_i \end{aligned} \quad (11)$$

본 논문에서는 식 (12), (13), (14)가 보여주고 있는 싱글톤 퍼지화기(Singleton Fuzzifier)와 평균중심 비퍼지화기(Center Average Defuzzifier), 곱 추론엔진(Product Inference Engine)을 사용하여 시스템을 나타낸다. 또한, 퍼지 규칙에서는 x_n 에 해당하는 변수로는 차량의 속도와 rpm을 고려하고, 출력 y 는 기어 단수를 표시한다.

퍼지화기

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x = x^* \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (12)$$

비퍼지화기

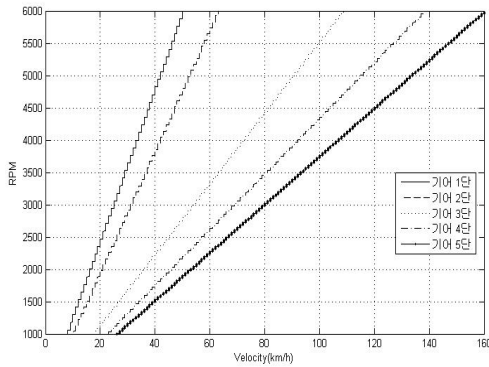
$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^M y_i^* w_i}{\sum_{i=1}^M w_i} \quad (13)$$

퍼지추론

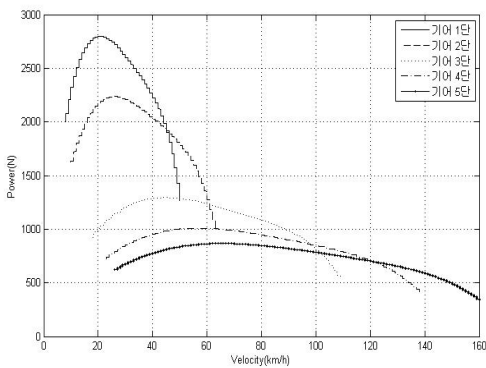
$$\mu_B(y) = \max \left[\sup_{x \in U} \left(\mu_A(x) \prod_i \mu_{A_i}(x_i) \mu_B(y) \right) \right] \quad (14)$$

3.2 지능형 자동 변속 알고리즘

본 논문에서 제안하고 있는 지능형 자동변속 알고리즘은 퍼지시스템을 기반으로 하여 rpm과 차량의 속도 (V)를 입력으로 하고, 출력으로는 변속기의 기어 단수를 선택하여 구동력을 결정하도록 구현한다. 기존 자동변속기처럼 구동력에 따른 기어변화가 아닌 차량 속도와 rpm에 따른 퍼지 규칙을 Look-Up Table로 구성하여 그에 따른 기어 변속이 이루어지게 한다. 퍼지 Look-Up Table을 구성하기 위해서는 먼저 각 기어에서의 속도와 rpm과의 관계, 속도와 구동력과의 관계에 대한 정보가 필요하다. 그 정보를 가지고 숙달된 운전자의 경험을 바탕으로 Look-Up Table을 작성하게 된다.



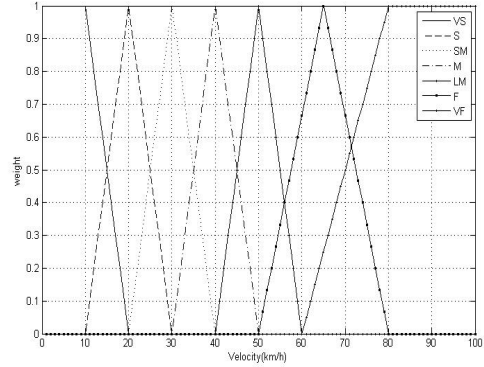
(a) 속도와 rpm



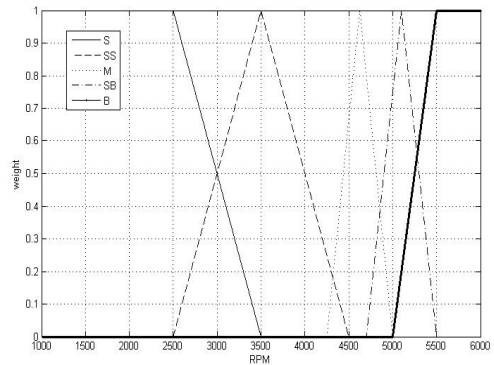
(b) 속도와 구동력

그림 1. 각 기어에서의 속도에 대한 rpm, 구동력 관계
Fig. 1. rpm and the driving force via velocity for each gear; (a) velocity vs. rpm (b) velocity vs. the driving force

그림 1은 선행 실험을 통해서 알아본 속도와 rpm, 속도와 구동력과의 관계를 나타낸 그래프이다. 이는 퍼지 Look-Up Table 및 시뮬레이터 구현을 하는데 있어서 중요하게 사용된다. 그림 1을 통해서 rpm과 구동력과의 관계 또한 유도할 수 있고, 이러한 결과를 종합하여 입력인 속도와 rpm에 따른 소속함수를 그림 2과 같이 구성한다. 소속함수는 속도와 rpm 관련하여 각각 7개와 5개로 총 35개의 규칙으로 나타내어진다.



(a) 속도의 소속함수



(b) rpm의 소속함수

그림 2. 입력에 대한 소속함수

Fig. 2. Membership functions for inputs; (a) The membership function for the velocity (b) The membership function for rpm

그림 1과 2의 결과를 가지고 운전자의 경험을 기반으로 한 퍼지 Look-Up Table을 표 2와 같이 정의할 수 있다. 각 규칙에 대한 출력은 기어 단수이다.

표 2. 퍼지 Look-Up 테이블
Table 2. The fuzzy Look-Up Table

속도 \ RPM	VS	S	SM	M	LM	F	VF
S	1	1	2	2	3	4	4
SS	1	1	2	2	3	4	5
M	1	2	2	3	3	4	5
SB	2	2	3	3	4	5	5
B	2	3	3	4	4	5	5

4. 시뮬레이터 구현

4장에서는 제안된 알고리즘의 성능을 확인하고 실용화를 위한 최적화 작업을 할 수 있는 시뮬레이터를 구현한다. 2장에서 언급한 변속기 모델을 기반으로 속도와 rpm, 기구 동력을 관찰할 수 있는 시뮬레이터를 구현한다. 본 논문에서의 시뮬레이터는 Visual C++ 기반으로 구현되었으며 속도 증감 조절이 자유롭고 측정 데이터의 저장 및 그래프 표현을 가능하게 하여 분석에 용이하도록 하였다.

그림 3에서 보여주고 있는 것이 개발된 시뮬레이터이다. 시뮬레이터에서 나타나고 있는 그래프는 위에서부터 차례로 시간 변화에 따른 rpm, 속도, 구동력에 대한 그래프를 표시한다. 또한 좌측에는 2장의 모델을 기반으로 한 차량의 파라미터들을 표시하고 조절할 수 있도록 개발되었다. 마지막으로, 알고리즘 선택을 할 수 있도록 하여 Look-Up Table 조절 및 다른 알고리즘과의 성능 비교가 가능하도록 구성하였다.

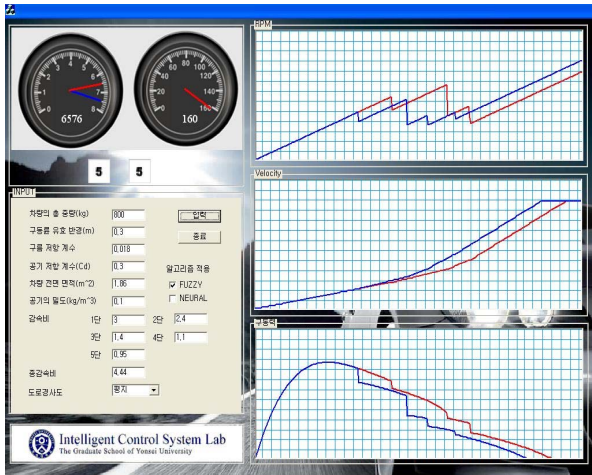


그림 3. 개발된 시뮬레이터
Fig. 3. The developed simulator

개발된 시뮬레이터는 사용자 환경에서 차량의 파라미터를 조절할 수 있도록 하여 여러 종류의 차량에 대한 변속 성능을 쉽게 알아볼 수 있다. 뿐만 아니라, 시뮬레이터를 통해 얻어진 데이터는 저장되어 Matlab과 같은 다른 소프트웨어에서도 사용 가능하다.

5. 모의실험

본 장에서는 구현된 시뮬레이터를 사용하여 다음과 같이 3가지 모의실험을 수행한다. 첫 번째로, 차량별 파라미터 변화에 대한 자동변속기의 성능을 분석하고, 두 번째 실험에서는 실험에서는 일반 자동변속기와 지능형 자동변속기의 성능을 비교한다. 마지막으로 퍼지 Look-Up Table 변화에 따른 지능형 자동변속기의 성능 비교 분석한다. 여기서, 공통적으로 각 기어의 감속비는 1단은 3, 2단은 2.4, 3단은 1.4, 4단은 1.1, 5단은 0.95를 사용하였다.

5.1 파라미터 변화에 따른 시뮬레이터 분석

본 실험은 차량의 중량 및 전면 면적을 사용자 환경에서 달리하여 실험 가능한 시뮬레이터 성능을 보여준다. 실험에

사용된 각 차량별 파라미터는 표 3과 같이 구성하였다. 그림 4와 그림 5는 각 차량별 가속 페달을 끝까지 밟았을 때의 rpm, 속도, 구동력의 변화를 보여준다.

표 3. 차량별 파라미터 정의

Table 3. The definition of the parameter for each vehicle

파라미터	차량1	차량2
차량 중량(kg)	800	5000
차량 전면면적(m ²)	1.86	4
구동륜 유효 반경(m)	0.3	0.3
회전 저항계수(μr)	0.018	0.018
공기밀도(kg / m ³)	0.1	0.1
중감속비	4.44	4.44
구배도(%)	0	0
공기저항계수	0.3	0.3

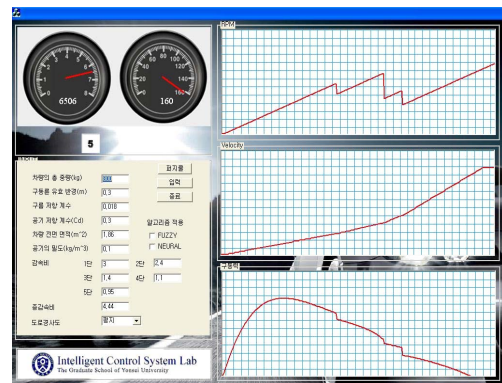


그림 4. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 차량1의 시뮬레이터 결과

Fig. 4. The simulation result of an vehicle 1 under the full acceleration

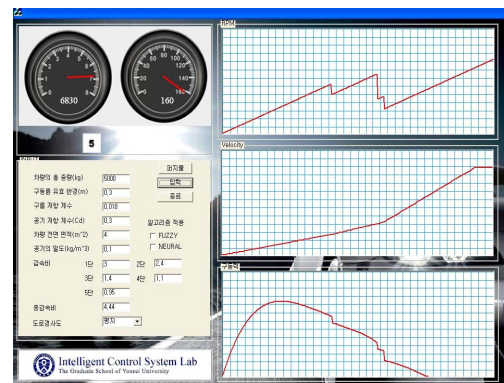


그림 5. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 차량2의 시뮬레이터 결과

Fig. 5. The simulation result of an vehicle 2 under the full acceleration

그림 6은 개발된 시뮬레이터를 통해 얻은 데이터를 이용하여 Matlab에서 두 차량의 실제 구동력을 나타낸 것이다. 이와 같이 구동력에 대한 결과를 나타냄으로써 그 면적의 크기로 에너지 효율성을 도식적으로 분석할 수 있다. 임의 시점에서의 속도와 그 시간 내의 사용한 에너지를 종합하여 고려하면 사용된 자동 변속 알고리즘의 에너지 효율성을 알아볼 수 있다. 다음 실험은 일반 자동변속기와 제안하는 지능형 자동변속기의 주행 성능과 에너지 효율성을 비교 실험하고 있다.

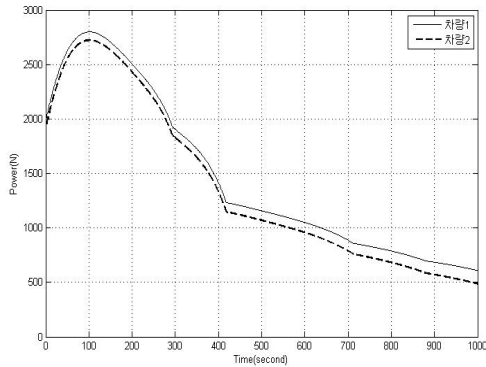


그림 6. 차량1과 차량2의 구동력의 차이
Fig. 6. The driving force difference between an vehicle 1 and an vehicle 2

5.2 일반 자동변속기와 지능형 자동변속기의 성능 비교

그림 7은 가속 페달을 끝까지 밟았을 때, 지능형 자동변속기와 일반 자동변속기의 rpm 변화 및 기어변속을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 지능형 자동변속기가 일반 자동변속기에 비해 낮은 rpm으로 운행하면서 기어를 변속하고 있음을 알 수 있다. 30초까지의 구간에서 지능형 자동변속기가 기어 변속을 빠르게 변속하고 있다.

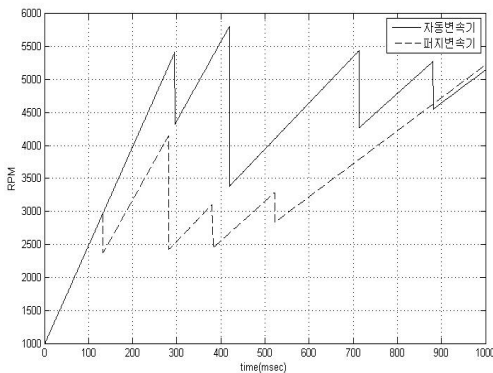


그림 7. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 엔진회전수 변화
Fig. 7. The rpm change under full acceleration

다음은 에너지 효율에 대해서 알아보기 위해 구동력과 속도변화를 그림 8과 9와 같이 살펴보았다. 그림 8과 9는 가속페달을 끝까지 밟았을 때 각각 구동력 변화와 최고 속도에 도달하는 시간을 보여주는 그래프이다. 그림 7과 그림 8만을 가지고 분석해 보면, rpm 변화로 인해 구동력을 떨어뜨려 원하는 속도에 도달하는 시간이 오래 걸릴 수 있고,

이로 인해 사용되는 에너지 또한 커질 수 있다고 판단할 수 있다. 그러나 그림 9의 결과를 추가적으로 종합하여 분석해 보면, 제안된 지능형 자동변속기가 일반 변속기에 비해 최고 속도에 먼저 도달하고 있음을 알 수 있다.

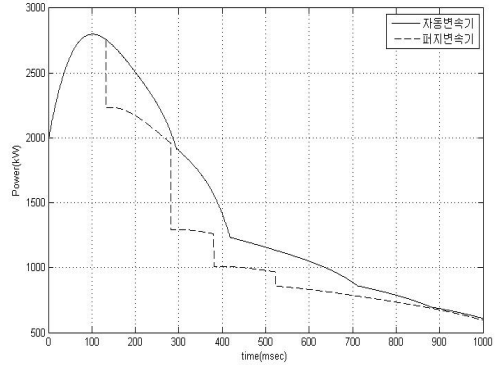


그림 8. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 구동력 변화
Fig. 8. The driving force change under full acceleration

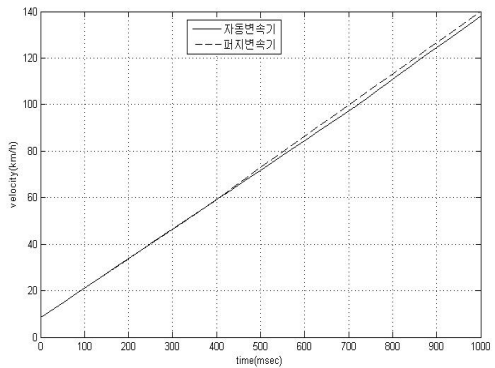


그림 9. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 속도 변화
Fig. 9. The velocity change under full acceleration

두 번째 실험을 통한 종합적인 결론은, 제안된 지능형 자동 변속기는 rpm 변화를 최소화 하면서 구동력을 유지할 수 있는 지점에서 빠르게 변속함으로써 변속 충격도 줄이고 가속 성능도 유지하는 것을 나타낸다. 뿐만 아니라, 구동력 면적 비교를 통해서 제안된 지능형 변속기의 에너지 효율성이 일반 자동 변속기에 비해 뛰어남을 보이고 있다.

5.3 퍼지 규칙별 지능형 자동변속기의 성능 비교

이번 실험에서는 두 가지의 퍼지 Look-Up Table을 이용하여 비교를 통한 최적화 분석을 하는 예를 보인다. 표 2과 표 4에 나타난 퍼지 Look-up Table 기반으로 비교 실험한다. 표 4는 표 2보다 낮은 속도와 rpm에서 저단으로 동작하도록 설계하였다. 여기서, 각 그림에서 표 2의 결과는 퍼지 규칙 1로 표시하였고 표 4를 적용한 결과는 퍼지 규칙 2로 표시하였다. (퍼지 규칙 1이 저단에서 변속이 빠르게 일어나는 상황이다.)

그림 10과 그림 11은 가속페달을 끝까지 밟았을 때 퍼지 규칙1과 퍼지 규칙2를 시뮬레이터를 통해 일반 자동변속기와 비교한 결과이다. 일반 자동변속기와의 비교에서는 퍼지 규칙1과 2 모두 우수한 성능을 보이고 있다.

표 4. 퍼지 Look-Up 테이블

Table 4. The fuzzy look-up table

RPM \ 속도	VS	S	SM	M	LM	F	VF
S	1	1	2	2	2	3	3
SS	1	2	2	2	2	3	4
M	2	2	2	3	3	4	4
SB	2	2	3	3	3	4	4
B	2	3	3	3	4	4	5

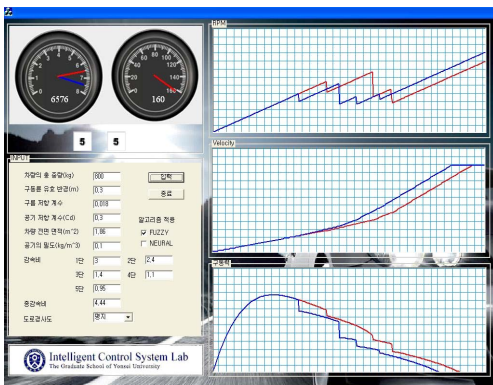


그림 10. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 퍼지 규칙1에 대한 시뮬레이터 결과

Fig. 10. The simulation result using the fuzzy rule 1 under full acceleration

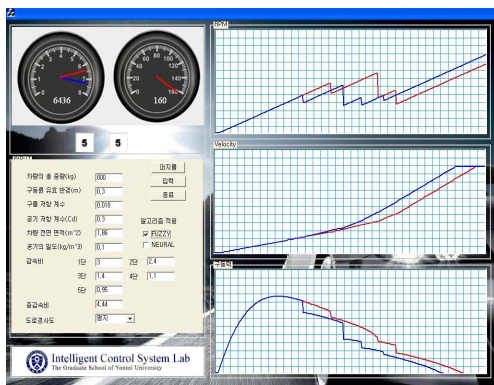


그림 11. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 퍼지 규칙2에 대한 시뮬레이터 결과

Fig. 11. The simulation result using the fuzzy rule 2 under full acceleration

두 개의 알고리즘을 보다 자세히 분석한 것은 그림 12, 그림 13, 그림 14에서 보여주고 있다. 여기서, 퍼지 규칙 2는 퍼지 규칙 1보다 낮은 기어에서 빠르게 높은 기어로 올라가고 있다. 퍼지 규칙 1이 보다 적은 구동력을 사용하고, 속도 성능은 유지하고 있음을 그림 13과 14에서 보이고 있다.

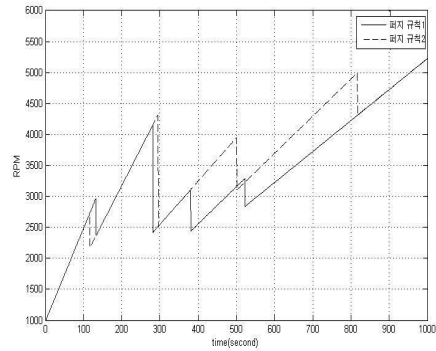


그림 12. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 퍼지 규칙1과 퍼지 규칙2의 차량 엔진회전수 비교

Fig. 12. The comparison of vehicle's rpm in case of fuzzy rule 1 and fuzzy rule 2 under full acceleration

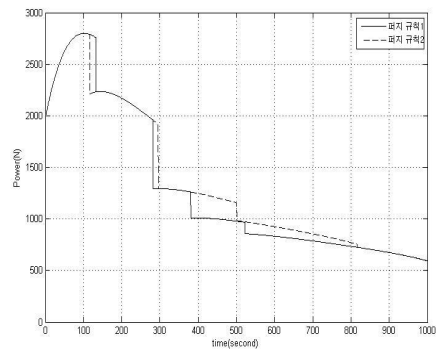


그림 13. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 퍼지 규칙1과 퍼지 규칙2의 차량 실제 구동력 비교

Fig. 13. The comparison of vehicle's driving force in case of fuzzy rule 1 and fuzzy rule 2 under full acceleration

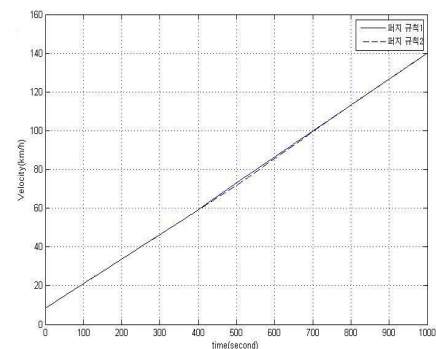


그림 14. 가속 페달을 끝까지 밟았을 때 퍼지 규칙1과 퍼지 규칙2의 차량 속도 비교

Fig. 14. The comparison of vehicle's velocity in case of fuzzy rule 1 and fuzzy rule 2 under full acceleration

6. 결론 및 고찰

본 논문은 지능형 자동변속기 개발 및 시뮬레이터를 구

현하여 일반 자동변속기의 성능을 향상시키고 실제 차량에 적용하는 실용화에 있어서 시뮬레이터를 사용함으로써 비용을 줄이는데 목적을 두었다. 제안된 지능형 자동변속기는 퍼지제어 이론을 기반으로 개발되었으며, 모의실험을 통하여 일반 자동변속기에 비해 에너지 효율을 높였으며, 반응 속도 또한 향상 시켰다. 뿐만 아니라, 구현된 시뮬레이터는 여러 종류의 차량에도 사용 가능 하도록 파라미터를 조절 가능하게 만들고 엔진회전수, 목표속도 도달시간, 구동력을 한 눈에 볼 수 있도록 함으로써 빠른 성능 분석이 가능하도록 하였다. 그래서 실용화 전에 개발된 알고리즘을 분석하는데 효과적임을 모의실험에서 알 수 있었다. 또한 지능형 자동변속기의 퍼지 규칙을 자유롭게 바꿀 수 있게 설계되어 최적의 퍼지 규칙을 찾아낼 수 있다. 이로 인해 각 차량별 최적의 퍼지 규칙을 찾음으로써 효과적인 적용이 가능하다. 추후 연구로써 각 지역의 기후나 지면의 상태 등을 고려하는 부분을 사용자 환경에 추가하여 이를 고려한 지능형 자동변속기에 대한 연구가 진행된다면 보다 좋은 지능형 자동변속기가 개발될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] Gong Jie, Zhao Dingxuan., "Study on Shift Schedule and Auto Controlling Simulation of automatic Transmission" *Journal of Xi'AnJiaoTong University*, vol. 9, pp. 930-934, 2001
- [2] Lu H S, Wu S J, Wang J M., "Multi-parameter fuzzy shift schedule of tracked vehicle", *Construction Machinery*, vol. 9, pp. 21-25, 2006
- [3] Yamaguchi H, Narita Y, "Automatic transmission shift schedule control using fuzzy logic", *Society of Automotive Engineers Paper*, pp. 1077-1088, 1993
- [4] Kim D H, Yang K J, "Smooth shift control of automatic transmissions using a robust adaptive scheme with intelligent supervision", *Int. J. of vehicle design*, vol. 32, pp. 250-272, 2003
- [5] Albert Y, Pramod K., "Design of Computer Experiments for Open-loop Control and Robustness Analysis of Clutch-to-Clutch Shifts in Automatic Transmissions", *Proc. of the American Control Conf. Albuquerque*, pp. 336, 1997
- [6] D.A. White, D.A. Sofge (eds.), "Handbook of Intelligent Control Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches", *Van Nostrand Reinhold*, 1992.
- [7] P. J. Antsaklis, J. A. Stiver and M. D. Lemmon, "Hybrid System Modeling and Autonomous Control Systems", *Hybrid Systems. Springer-Verlag*, LNCS 736, 366-392, 1993
- [8] Li-Xin Wang, "A Course in Fuzzy Systems and Control", *Prentice Hall*, 1997, pp1-117
- [9] Yamaguchi iH, Narita Y, "Automatic transmission shift schedule control using fuzzy logic". SAE 930674:1077-1088.
- [10] Zhou Xuejian, Fu Zhumu, Zhang Wenchun, Zhou Zhili, "Research and Development of Shift Schedule of Vehicle Automatic Transmission",

Journal of Agriculture Mechanical, Vol.34, No.3, 2003, pp139-141

- [11] Ge Anlin & Others, "Optimized Shift Schedule Controlled by Dynamic 3-Parameters", *Car Engineering*, Vol.14, No.2, 1992, pp239-247

저 자 소 개



강효석 (Hyo-Seok Kang)

2005년 : 선문대학교 전자공학과 공학사
2005년~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 석박사 통합과정

관심분야 : 지능제어, 비선형제어
E-mail : khs3538@yonsei.ac.kr



현창호 (Chang-Ho Hyun)

1999년 : 광운대학교 제어계측공학과 공학사
2002년 : 연세대학교 전기전자공학과 공학 석사
2008년 : 연세대학교 전기전자공학과 공학 박사
2008년 : 3월~2009년 8월 삼성전자 책임 연구원

2009년~현재 : 국립공주대학교 전기전자제어공학부 교수

관심분야 : 지능제어, 비선형제어, 지능로봇, 지능형자동차
E-mail : hyunch@kongju.ac.kr



박민용 (Mignon Park)

1973년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
1977년 : 연세대학교 전자공학과 공학석사
1982년 : 일본 동경대학교 공학박사
1982년~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 정교수

관심분야 : 퍼지제어, 로봇틱스, 의용전자
E-mail : mignpark@yonsei.ac.kr