

# MATLAB을 이용한 자동차 정속주행 시뮬레이션

## Simulation of Intelligent Cruise Control System Using MATLAB

임영도\*, 이준탁\*, 장종승\*, 김승철\*, 김재우\*\*

\* 동아대학교 전기·전자·컴퓨터공학부

\*\* 삼성자동차 연구소

### 요약

본 논문에서는 직선주요상에서 차량의 정속 주행을 위한 제어를 설계하였다. 전형적으로 차량이라는 것은 동특성과 특유한 비선형성에 기인하는 속도로 기술된다. 가장 효율적인 제어방식인 1차 퍼지 제어를 바탕으로 한 선형 가속 제어를 주 제어로 사용하고 승차감에 대한 언어적인 기술을 기반으로 2차 퍼지 제어를 사용하여 1차 퍼지 제어기의 상위단계에 적용하였다. 그리고 설계된 제어를 가상차량 모델에 적용하였다.

그리고 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션 하였다.

### 1. 서론

현재의 도로와 고속도로 시스템이 매우 훌륭한 교통수단으로 사용되지만, 미래에 증가하는 교통수요를 만족하기 위해서는 시스템 성능개선에 많은 비용이 필요하게 될 것이다.

교통량이 증가하여 정체가 심해짐에 따라 현존하는 교통시스템의 확장은 실용적이지 못하고 바람직하지도 않을 것이다. 다른 방안으로 대중교통시설의 증가와

카풀의 확대를 들 수 있겠다.

하지만 이러한 방법들은 단지 공동의 출발지, 목적지와 주행시간을 갖는 대다수의 사용자들이 있는 상황에서만이 유효할 뿐이다.

따라서 개별화된 움직임에 대한 이점은 유지하면서 현존하는 설비에 대한 효과와 수용능력을 증가시키기 위해 자동화 기법을 차량과 도로에 적용하는 것이다.

이것이 IVHS(Intelligent Vehicle Highway System)에서 매우 중요한 부분인 ICC(Intelligent Cruise Control)의 개념이다.

일반적인 ICC의 기능은 다음의 세가지로 요약가능하다.

도로상에서 운전자에 의해 설정된 속도를 유지하며 속도에 적응하고 앞차와 안전거리를 유지한다. 그리고 추돌의 위험이 발생하면 운전자에게 경고를 함으로써 미연에 사고를 방지하는 기능도 갖고있다.

ICC가 개발되기 이전에는 교통흐름에 따라 자동으로 속도를 제어하고 속도 조화의 결과 도로의 수송 능력을 증가시켜 안정성, 승차감과 효율성을 증가시킬 수 있는 다른 시스템은 없다.

하지만 차량개발에 따르는 개발 비용보

여건의 향상에 더 많은 비용이 소요되며, 폭발적으로 증가하는 차량으로 인한 정체로 인해, 현재 승용차에 적용하기 위해 개발된 정속제어시스템(CC : Cruise Control)은 사전에 선택된 속도로 주행하는 것이 불가능하다. 미국, 일본과 유럽 등 선진국에서는 1970년대부터 이러한 연구에 많은 인력과 시간을 투자하여 현재 CC 뿐만이 아니라 지능을 첨가시킨 지능형 정속주행시스템 (ICC : Intelligent Cruise Control), 앞선 차량뿐만 아니라 옆,뒤 차량간의 거리, 상대속도를 검출하여 스스로 차선을 변경하는, 소위 자율 지능형 정속제어(AICC)라 하는 진보된 시스템은 현재 연구, 개발하여 실차테스트를 거친 상태이다.

국내에서도 차량의 증가로 인한 교통정체 해소 및 지능형 차량의 개발과 관련된 많은 연구가 진행되고 있다..

현존하는 정속제어시스템의 연장으로서의 ICC는 고정하는 속도를 유지하는 것이 아니라 적절한 거리를 유지하기 위해 앞 차량의 속도에 제어차량의 속도를 적응시킬 것이다.

이러한 배경을 바탕으로 본 논문에서는 ICC의 개발의 전단계로 Fuzzy 제어를 사용한 정속 주행 ICC 시스템을 개발하려 한다.

## II. MATLAB을 이용한 ICC의 설계

### 1. 차량모델

본 논문에서 기술하고자 하는 차량의 모델은 완벽한 실제 차량의 모델을 바탕으로 하여 아래에 나타나있는 식과 같은 플랜트를 설정하여 MATALB을 이용하여 시뮬레이션 하였다.

$$m_i a_i = m_i \zeta_i - K_d v_i^2 - d_m - m_i g \sin \beta_i \quad (1)$$

$$\zeta_i = \frac{\zeta_i}{\tau_i(v_i)} + \frac{u_i}{m_i \tau_i(v_i)} \quad (2)$$

$m_i \zeta_i$  : 차량의 도로 주행요소

$K_d v_i^2$  : 공기저항 요소

$d_m$  : 기계적 저항요소 (관성저항)

$m_i$  : 차량의 총 중량  $v_i$  : 속도

$\tau_i$  : 엔진의 지연성분  $a_i$  : 가속도

$m_i g \sin \beta_i$  : 등판저항요소



그림 1. Car Model

(1)식은 뉴턴의 제 2법칙인  $F = ma$ 로 부터 나온 것이다.

### 2. ICC(Intelligent Cruise Control)

ICC Unit은 연속적으로 변화하는 Desired Velocity(input)에 대응하여 실제 출력으로 나오는 속도를 제어하기 위한 것으로, 본 과제에서는 ICC System중 거리측정 센서부를 제외하고 Throttle Valve 제어부에 중점을 두어 개발하는 것을 주요 목적으로 삼는다.

즉, 완전한 의미의 ICC System의 경우에 Collision Warning Unit(혹은 거리측정 Sensor부)이 전달하도록 되어 있는 Desired Velocity를 운전자가 설정하여 ICC Control Unit에게 전달하고, ICC Control Unit이 Throttle Valve를 직접 조정해 원하는 가/감속을 얻을 수 있도록 하자는 것이다.

ICC System의 경우 실차에서 가속페달에 설치된 Potentiometer의 변화가 직접 금속 케이블을 통해 Throttle Valve로 전달되지 않는다. 대신 가속페달에 설치된 Potentiometer를 이용한 ETC (Electronic Throttle Control)의 개념이 적용된다. 즉, 가속페달의 조작에 따른 가속 Potentiometer의 전압 변화를 입력으로하여 Throttle의 개폐를 제어하는 기능이 ICC Control Unit내에 도입된다.

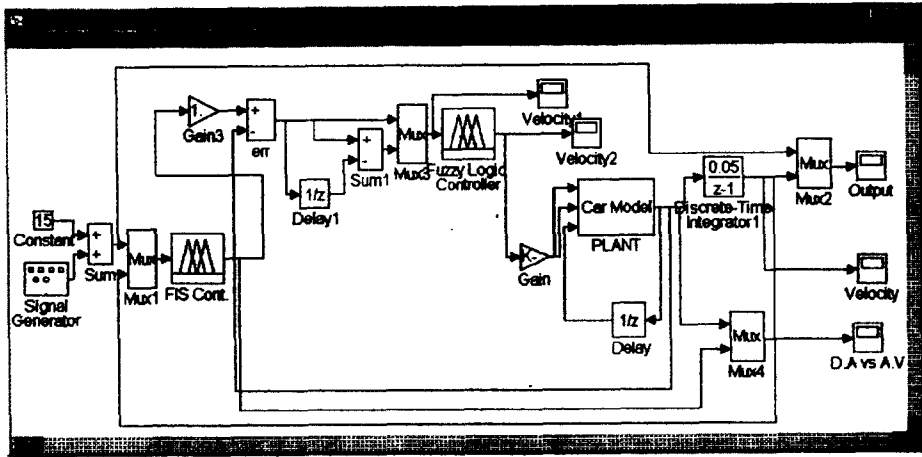


그림 2. 시스템의 전체 구성도

또한 ICC Control Unit은 현재의 Vehicle의 상황에 맞게 Throttle Valve를 조정한다.

또, 운전자마다 운전유형(예를들어 Sporty, Comfortability style 등)을 학습하여 운전자가 원하는 느낌으로 가/감속이 일어나게 한다(감성공학의 적용)든지, Engine의 현재 상태를 고려, Throttle Valve의 개폐속도를 조절하는 것도 가능하겠나.

### 3. ICC의 설계

ICC 시스템 개발을 위한 개략적인 구성도를 그림 1에서 나타내고 있다. 두 번째 사용된 퍼지 제어기는 선형 가속 제어로 사용되어 감속과 가속을 해주는 역할을 한다. 그리고 상위의 보상기 역할을 하는 첫 번째 퍼지 제어기는 승차감을 개선하기 위한 제어로 사용된다. 그리고 본 논문에서 사용된 전체 구성도는 그림 1에 나타내고 있다.

#### 퍼지 제어기 1

퍼지 제어기의 전체 구성형태는 그림 2와 같다. 퍼지제어기의 입력으로는 원하는 속도와 실제속도이며, 출력으로는 원하는 출력의 형태로 구성되어있다.

퍼지 제어기는 두개의 입력을 통해 가장

적절한 가속도(Desired Acceleration)를 산출해 내게 된다. 이렇게 함으로써 갑작스런 다양한 상황(도로, 기후상태 등)에 적절한 형태로 적응하게 되고 승차감 또한 퍼지제어기의 규칙으로써 편안함을 제공해 준다. 이러한 승차감을 고려하기 위하여 본 논문에서는 표 1. 과 같은 퍼지규칙, 퍼지화를 위한 삼각퍼지함수를 사용하고 추론방법으로 MAX-MIN법, 그리고 비퍼지화 연산을 무게중심법 형태로 전개하였다. 그리고 이러한 퍼지제어기를 사용하여 시뮬레이션을 전개하고자 한다.

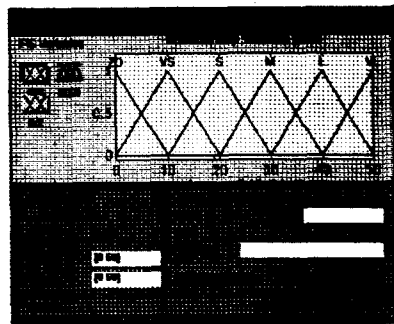


그림 3. Desired Velocity MF (Inputt 1)

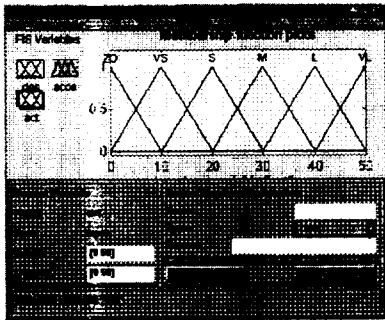


그림 4. Actual Velocity MF (Input 2)

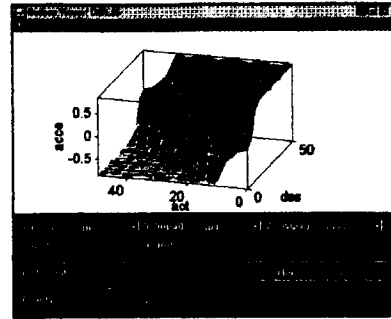


그림 6. Look-Up Table

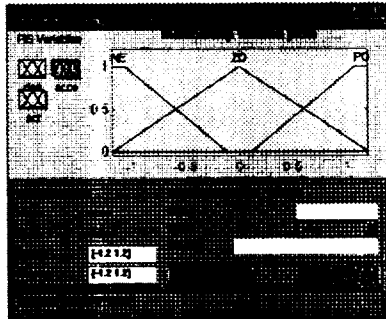


그림 5. Actual Acceleration MF (Output)

### 퍼지 제어기 2

다음으로는 선형 가속 제어기로 사용된 퍼지 제어기를 통해 가속과 감속의 여부를 확인하여 가상 플랜트인 차량의 모델을 직접 구동하여 최대한 현재 설정된 속도에 차속이 접근하도록 하는 것이다. 이 때 설정되는 두 번째 퍼지 제어기의 구성 형태와 규칙표는 아래와 같다. 그리고 각각의 소속함수 형태와 Look-Up Table은 다음과 같다. 여기서 사용된 퍼지 제어기의 목적은 차의 출력에 있어서 효율을 높이는 요소가 된다.

표 1의 퍼지규칙표에 의하여 각 입력되는 설정속도와 현재차량속도에 대한 퍼지추론과 비퍼지화 연산에 의해 생성되는 결과를 그림 6과 7에서 추론결과와 look-up 표로 나타내었다.

표 2. 퍼지 규칙표

acc	NE	ZO	PO
NE	NE	NE	ZO
ZO	NE	ZO	PO
PO	ZOZ	PO	PO

표 1. 퍼지 규칙표

d.v acc	0	10	20	30	40	50
0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
10	-1.2	0	1.2	1.2	1.2	1.2
20	-1.2	-1.2	0	1.2	1.2	1.2
30	-1.2	-1.2	-1.2	0	1.2	1.2
40	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	0	1.2
50	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	0

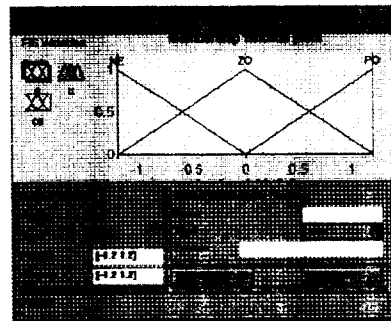


그림 7. Error MF (Input 1)

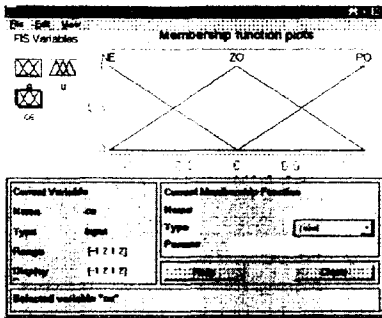


그림 8. Change error MF (Input2)

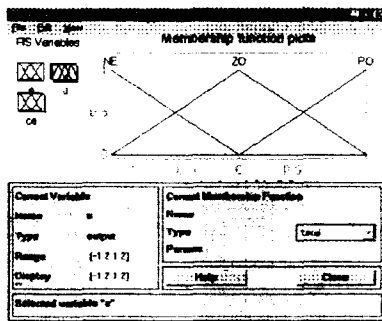


그림 9. Output

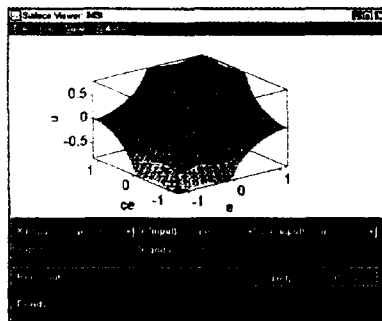


그림 10. Surface Viewer

- 원하는 차속 : 30 m/s → 108 km/h
- Sampling Time : 40 초



그림 11. Controller Output

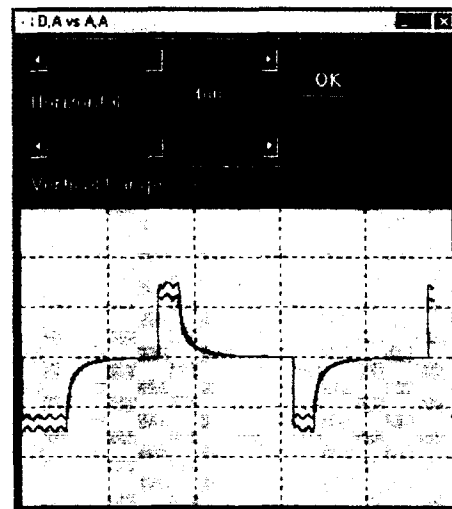


그림 12. 원하는 가속도 vs 실제 가속도

### III. 모의실험 및 결과 고찰

지금까지 언급되었던 ICC중 ICC에 대한 부분을 검정해 보기 위하여 간단한 형태의 차모델을 선정하고 시뮬레이션 해 보았다.

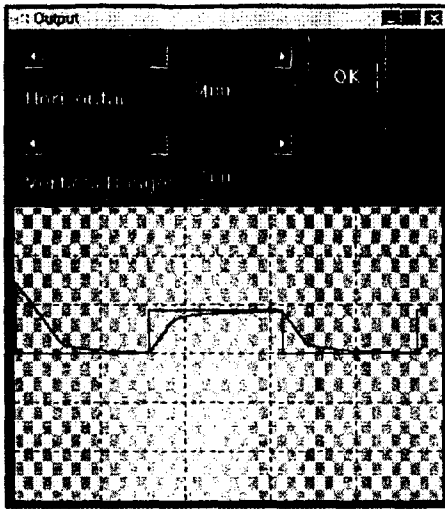


그림 13 원하는 속도에 따른 실제 속도

pp. 3091- 3095

- [2] Rolf Muller and Gerhard Nocker, "Intelligent Cruise Control With Fuzzy Logic"
- [3] St. Germann and R. Isermann, "Nonlinear distance and cruise control for Passenger cars", *Proceeding of the American Conference, Seattle, Washington, June, 1995*, pp. 3081-3085
- [4] Ronard Jurgen, "Automotive Electronics handbook", *McGraw-Hill, 1995*.
- [5] H, J Zimmermann, "Fuzzy sets and systems", *IFSA, Volume 84, 1996*, pp 209 ~ 234

#### IV. 결 론

본 논문에서는 자율 주행 차량 설계의 선행 과제로써 정속주행시스템 개발에 대한 알고리즘 검정과 알고리즘에 대한 시뮬레이션 결과를 분석하였다.

시뮬레이션에서 사용된 차량모델을 기초하여 기술한 것이며, 시뮬레이션에서 나타난 결과로써 차량에 대한 특성을 새롭게 분석할 필요가 있다는 것이 요구되었다.

앞으로의 계획은 정속주행장치에서 사용되는 제어기들에서 최적화 된 파라미터들을 설계하는 것이다, 또한 MATLAB에서 작성된 프로그램을 바탕으로 이것을 실제 차량에 적용 해볼 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] C.C.Chin, Y.Zang, and C.Y.Cheng., "Autonomous Intelligent Cruise Control using both Front and Back Information for Tight Vehicle Following Maneuvers", *Proceedings of the American Conference, Seattle, Washington, June, 1995*,