

모델차량의 자동운전을 위한 퍼지제어규칙의 설계

전정우, 정경재, 이달해, 이석규, 이해영

*영남대학교 전기공학과

Designing of Fuzzy Control Rules for Automatic Driving of A Model Car

J.W. Jeon, K.C. Jeong, D.H. Lee, S.G. Lee, H.Y. Lee

*Yeungnam University, Dept. of Electrical Engineering

Abstract

This paper presents fuzzy control rules for automatically driving a model car. The model car has a two sensors. This sensors measure a road outline and get a distance between a model car and a road outline. A Fuzzy Logic Controller(FLC) bases on a knowledge of the human experience. A FLC designed successfully controls the model car. Simulations results verifies the validity of proposed algorithm.

1. 서론

최근 인간 운전자 없이 컴퓨터에의해 자동차를 자동으로 운전하기 위한 연구가 관심을 많이 받고 있다[1]-[2]. 자동차의 자동운전을 위한 제어방식은 크게 두가지로 생각할 수 있는데, 하나는 지정된 도로에 중앙선을 두고 차의 중심이 도로의 중앙선을 따라가게 하는 방식이며, 다른 한가지 방식은 실제 도로주행 상황을 모사하는 것으로서 도로의 외곽선에 대한 정보를 가지고 인간 운전자가 자동차를 운전하는 것과 동일한 방식으로 자동운전을 할 수 있도록 하는 것이다. 본 논문에서는 도로에 대한 정보를 미리 제시하는 방식이 아닌 실시간으로 주위환경을 관측하여 얻은 도로정보를 이용하여 차량이 주어진 도로를 적절하게 통과할 수 있도록 하는 퍼지 제어 규칙을 설계하는 것을 목표로 하였다.

2. 대상 도로와 차량 모델의 선정

2.1 대상 차량의 모델

본 논문에 사용된 차량 모델은 계산의 복잡성을 피하고, 모의 실험의 편의를 위해 바퀴의 방향을 대상 차량의 방향으로 가정한 사각 형태로 정하였고, 대상 차량의 중심점과 방향을 각각 $G(x_0, y_0)$ 와 θ_0 로 하였다. 관측센서의 위치는 인간 운전자의 운전 경험과 비슷하게 하기 위해 대상 차량의 앞측 좌·우로 위치하였으며, 또한 관측방향은 대상 차량의 방향을 중심으로 하여 앞측 좌·우를 각각 θ_{-M} , θ_{+M} 로 하였다. 여기서 관측방향의 결정은 출력 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 관측 거리는 관측센서의 실제 동작과 흡사하도록 제한을 두었으며, 좌·우의

거리를 D_L 과 D_R 로 하였다. 대상 차량의 모델을 그림 2.1 에 보인다.

2.2 연구 대상 도로의 설계

근사적으로 제시된 대상 차량이 모의 실험적으로 주행할 대상 도로로는 실제도로 구조를 대표하는 것중 Z형[9]과 S형을 선정 하였으며, 그림 2.2 의 (a), (b), (c) 로 각각 표시하였다.

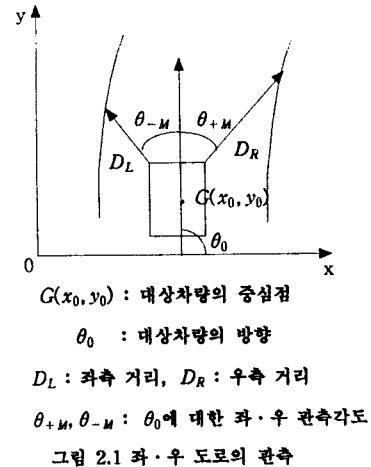


Fig. 2.1 Measurement of the left·right target road

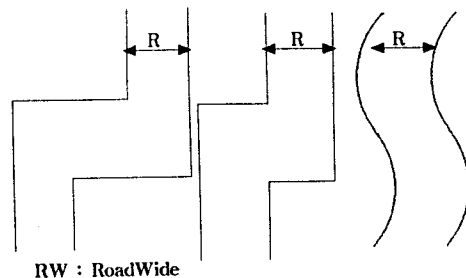


그림 2.2 대상 도로의 형태

Fig. 2.2 Type of the target road

3. 도로주행을 위한 퍼지제어의 설계

3.1 관측변수의 설계

숙련운전자의 경험적 지식에 가깝도록 퍼지 규칙을 설계하기 위해서는, 관측변수는 차량의 앞쪽 좌측과 우측에서 측정된 도로와의 거리로 설정할 수 있다. 따라서 관측변수는 D_L 과 D_R 의 차이로 e 라 하여 식 (3-1)과 같이 정의하고, 퍼지 규칙의 조건부 변수로 정하였다.

$$e = D_L - D_R \quad (-100 \leq e \leq 100) \quad (3-1)$$

하지만 위의 경우는 직선구간에 대해서만 적용가능하고 곡선 구간에서는 측정센서의 수를 가능한 한 줄이는 방향으로 하기 위해 좌·우관측거리의 비 (r_R, r_L)를 곡선구간에서의 관측변수로 정하였다.

$$\text{우측곡선주행} : r_R = D_R/D_L \quad (1 \leq r_R \leq 100) \quad (3-2)$$

$$\text{좌측곡선주행} : r_L = D_L/D_R \quad (1 \leq r_L \leq 100) \quad (3-3)$$

본 논문에서는 Z형 도로를 통과시 발생되어지는 회전부분을 인간 운전자의 운전 경험과 비슷하도록 하기 위해 2개의 구간으로 나누었다. 이때 미리 좌측으로 회전하는 구간을 제1구간으로 그리고 확보된 회전반경을 이용하여 우측으로 회전하는 것을 제2구간으로 정하였다. 좌측 곡선주행에 대해서도 같은 방법으로 2개의 구간으로 나눌 수 있으며, 또한 Z-narrow형과 S형 도로에 대해서도 마찬가지로 방법을 적용하였다. 각 관측변수의 term set은 각각 (NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB)의 7개 요소로 정하였으며, 여기서 NB는 Negative Big, NM은 Negative Middle, NS는 Negative Small, ZE는 Zero, PS은 Positive Big, PM은 Positive Middle, PB는 Positive Big의 약자이다. 소속도 함수의 모양으로는 삼각형 형태를 선정하였다. 직선구간과 우측곡선구간에서의 관측변수 e 와 관측변수 r_R 에 대한 소속도 함수를 그림 3.1, 그림 3.2 그리고 그림 3.3에 각각 보인다.

3.2 조절변수의 설계

조절변수는 자동차의 각도로 가정하였으며, $\Delta\theta$ 로 표시하였다. 여기서 x축을 중심으로 시계방향울 음의 방향으로 반시계방향울 양의 방향으로 각각 정하을 때 $\Delta\theta$ 의 term set은 (CCWB, CCWM, CCWS, ZR, CWS, CWM, CWB)으로 정하였으며, 여기서 CCWB는 Counter Clock Wise Big, CCWM은 Counter Clock Wise Middle, CCWS는 Counter Clock Wise Small, ZR은 Zero, CWS는 Clock Wise Small, CWM은 Clock Wise Middle, CWB은 Clock Wise Big의 약자이다. 그림 3.4에 조절변수 $\Delta\theta$ 의 소속도 함수를 보였다.

3.3 퍼지 제어 규칙 설계

3.3.1 직선구간에서의 퍼지제어규칙

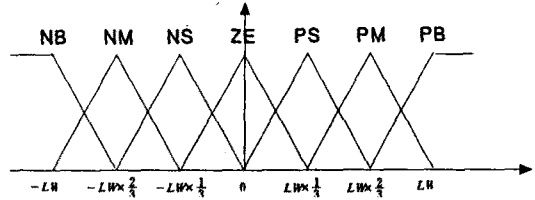


그림 3.1 관측변수 e 에 대한 소속도 함수

Fig. 3.1 Membership function for e

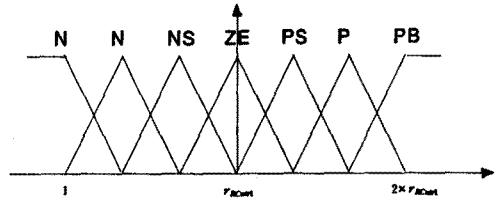


그림 3.2 우측곡선주행 제1구간에 대한 관측변수 r_R 의

소속도 함수

Fig. 3.2 Membership function for r_R

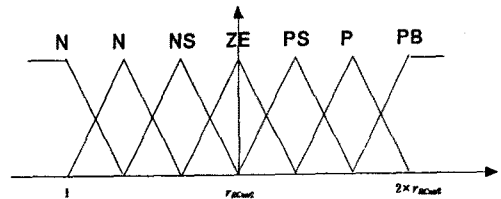


그림 3.3 우측곡선주행 제2구간에 대한 관측변수 r_L 의

소속도 함수

Fig. 3.3 Membership function for r_L

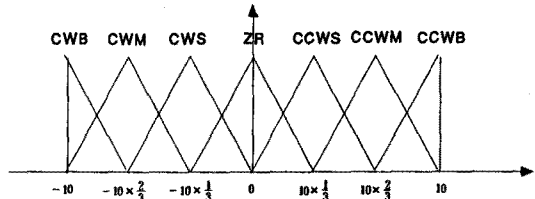


그림 3.4 조절변수 $\Delta\theta$ 에 대한 소속도 함수

Fig. 3.4 Membership functions for $\Delta\theta$

식 (3-1)에서 구한 관측변수 e 에 대하여 좌·우관측거리의 상대가 $D_L < D_R$ 인 경우 이것은 대상 차량의 현위치가 도로의 중심에서 좌측으로 치우쳐져 있거나, 대상 차량의 방향이 도로의 중심방향에 대해서 좌측으로 향하고 있음을 의미한다. 그러므로 대상 차량의 방향은 우측으로 회전되어야 하며, $\Delta\theta$ 는 시계방향의 값을 출력하게 된다.

if $e = NB$ then $\Delta\theta = CWB$

if $e = NM$ then $\Delta\theta = CWM$

if $e = NS$ then $\Delta\theta = CWS$

if $e = ZE$ then $\Delta\theta = ZR$

if $e = PS$ then $\Delta\theta = CCWS$

if $e = PM$ then $\Delta\theta = CCWM$

if $e = PB$ then $\Delta\theta = CCWB$

3.3.2 우측곡선주행 제1구간에서의 피지제어규칙

관측변수 r_{R1} 의 값은 식 (3-2)를 통해 구할 수 있는데, r_{R1} 의 값이 음의 값을 가진다는 것은 대상차량의 위치가 대상 도로의 좌측 외곽선에 가깝게 위치하는 것을 나타낸다. 그러므로 대상 차량의 방향은 시계방향인 우측으로 회전해야만 한다. 우측곡선주행시 제1구간의 피지제어규칙은 회전반경을 크게 하여 회전구간을 통과하려는 인간 운전자의 운전경험과 같은 동작을 보여주고 있다.

if $r_{R1} = NB$ then $\Delta\theta = CWB$ if $r_{R1} = PS$ then $\Delta\theta = CCWS$
 if $r_{R1} = NM$ then $\Delta\theta = CWM$ if $r_{R1} = PB$ then $\Delta\theta = CCWM$
 if $r_{R1} = NS$ then $\Delta\theta = CWS$ if $r_{R1} = PB$ then $\Delta\theta = CCWB$
 if $r_{R1} = ZE$ then $\Delta\theta = ZR$

3.3.3 우측곡선주행 제2구간에서의 피지제어규칙

관측변수 r_{R2} 는 식 (3-2)에서 구할 수 있다. r_{R2} 의 값이 음의 값을 가진다는 것은 대상 차량의 위치가 좌측 외곽선에 가깝게 위치하는 것을 나타낸다. 따라서 대상 차량의 방향은 시계방향인 우측으로 회전해야만 한다.

if $r_{R2} = NB$ then $\Delta\theta = CCWB$ if $r_{R2} = PS$ then $\Delta\theta = CWS$
 if $r_{R2} = NM$ then $\Delta\theta = CCWM$ if $r_{R2} = PM$ then $\Delta\theta = CWM$
 if $r_{R2} = NS$ then $\Delta\theta = CCWS$ if $r_{R2} = PB$ then $\Delta\theta = CWB$
 if $r_{R2} = ZE$ then $\Delta\theta = ZR$

좌측곡선주행 제1구간과 제2구간에서의 피지제어규칙은 우측곡선주행에서의 피지제어규칙과 같은 방식으로 설계하였다.

4. 모의 실험 및 결과

$r_{Cnr2} = 7.6, r_{Cnr2} = 8.0, r_{Cnr2} = 10.7$ 등 여러 가지 경우에 대해서 모의실험을 한 결과 8.0인 경우가 가장 특성이 우수하였다. 그림 4.1에 $r_{Cnr2} = 8.0$ 인 경우의 모의 실험 결과물 보인다. 또한 S형 도로에 대해서도 같은 값으로 한 모의 실험 결과물 그림 4.2에 보인다.

본 논문에서 설계된 알고리즘은 관측각도가 주어지고 제시된 도로형태에 따른 관측변수와 그 범위를 적절히 결정함으로써 다양한 결과를 보여주고 있다. 또한 측정센서의 개수가 2개일 때, 본 논문에서 설계된 알고리즘을 이용하여 제시된 Z형과 S형 도로에 대해서 양호하게 통과할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 차량의 자동운전을 위한 피지 제어 규칙의 설계 문제를 다루었다. 피지 제어 규칙의 설계 방식과 측정센서의 센싱방법은 기본적으로 인간 운전자의 운전경험을 활용하였다.

대상 도로로서는 Z형과 S형 도로로 하였으며 대상 차량은 직사각형으로 모델링하였다. 여기서는 측정센서의 개수를 다수에서 2개로 줄임에도 불구하고 인간 운전자의 운전경험을 활용

θ : 관측각도, r_{Cnr1}, r_{Cnr2} : 곡선주행 제1·2구간에서의 term set ZE의 중앙값

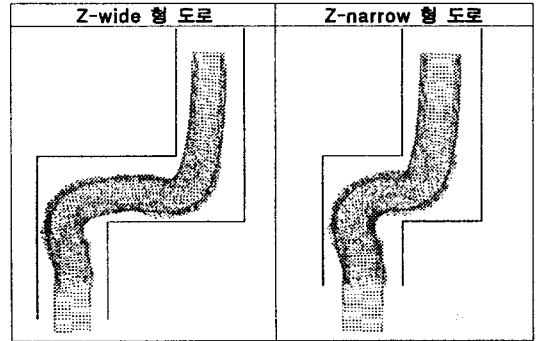


그림 4.1 $\theta = \pm 35^\circ, r_{Cnr1} = 6, r_{Cnr2} = 8.0$ 인 경우 r_{Cnr2} 에 따른 모의실험 결과

Fig. 4.1 Simulation results for r_{Cnr2} in case of $\theta = \pm 35^\circ, r_{Cnr1} = 6, r_{Cnr2} = 8.0$

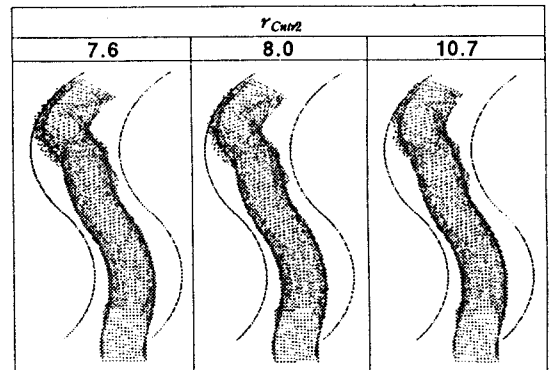


그림 4.2 $\theta = \pm 35^\circ, r_{Cnr1} = 6$ 인 경우 r_{Cnr2} 에 대한 모의실험 결과

Fig. 4.2 Simulation results for r_{Cnr2} in case of $\theta = \pm 35^\circ, r_{Cnr1} = 6$

한 피지 제어 규칙으로 연구대상으로 제시된 도로에 대해서 대체로 양호한 주행 결과를 얻을 수 있음을 보였다. 또한 여러 가지 상황에서 도로의 유형별에 대한 관측변수의 term set ZE의 적절한 소속도 함수를 선정하는 길잡이를 제시하였다.

[참고문헌]

- [1] C.J.Harris, C.G.Moore & M.Brown, "Intelligent Control-Aspects of Fuzzy Logic and Neural Nets", World Scientific, pp.254-281, 1993.
- [2] C.J.Harris, C.G.Moore & M.Brown, "Intelligent Control-Aspects of Fuzzy Logic and Neural Nets", World Scientific, pp.135-169, 1993.