

퍼지제어 알고리즘을 이용한 차량의 충돌방지 시스템 설계

추연규*, 김승철**

*진주산업대학교, **경남테크노파크

A Design on Collision Avoidance System of Vehicle using Fuzzy Control Algorithms

Yeon-Gyu Choo*, Seung-Cheo Kim**

*Jinju National University, **Gyeongnam Technopark

Abstract

In this paper, we introduce fuzzy algorithm similar to human's way of thinking and designed collision detection system of vehicles. First, before the model vehicles design, we did simulation collision detection using PID and Fuzzy Controller. As a result, P.O that is Percent Overshoot when make use of PID controller happened from smallest 32% to 45%. But, In case of using fuzzy controller they produced about 10% in 7% in case use 25 rule.

We designed model vehicles that introduce Auto Guided Vehicle(AGV) with confirmed result in simulation. We set Polaroid 6500 sensor on the front of model automobile because distinguish existence automobile to the head. And we composed motor drive part to run vehicles and 80C196KC processor for control movement of vehicles influenced on distance data of the front vehicles that receive from supersonic waves sensor.

In case of using Fuzzy controller, last value percent error happened about maximum 15% in smallest 5%, and we confirmed that distance with front vehicles kept when state hold time is about maximum 16 seconds in smallest 10 seconds.

키워드

PID controller, Fuzzy Controller, Collision Avoidance System, Auto Guided Vehicle

I. 서론

전 세계적으로 수만 건의 충돌사고가 발생함에 따라 많은 사람들이 생명을 잃고 있다. 이러한 사고의 주원인은 운전자의 피로나 실수로 인한 것으로, 이를 해결하기 위한 미래지향적인 방법은 장시간 고속도로에서 차량을 운전하는 사람에게 필요한 정보를 제공하거나 운전자 없이도 스스로 주행하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 시스템이라 할 수 있다.

따라서 본 논문은 이러한 연구의 일환으로 앞 차량과 후방 차량과의 일정 거리를 유지하는 충돌방지 차량을 설계하는데 그 목적이 있다.

전체 시스템의 구조는 PID 제어기와 퍼지 제어를 이용하여 앞 차량과의 상대거리와 원하는 거리의 오차를 통해 적절한 거리를 유지하게끔 속도를 가속 또는 감속하는 형태이다. 이를 본 논문에서 사용한 PID, 퍼지 제어를 이용하여 시뮬레이션을 통해 충돌방지 시스템의 성능을 확인한다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 하여 본 논문에서는 소형 차량을 설계하였다. 그리고 앞 차량과의 거리를 감지하기 위하여 Polaroid 6000-7000 계열중 하나인 Polaroid 6500 초음파 센서를 이용하여 초음파 센서에서 나온 값에 따른 거리 데이터의 상관관계를 확인하였다. 그리고 이를 이용하

여 PID, 퍼지 제어를 설계하고, 실험을 통해 그 성능을 확인하였다.

II. 제어기 설계

본 논문은 그림 1과 같은 구조를 통해 차량의 충돌방지 시스템을 설계하고자 한다. 여기서 사용되는 PID, Fuzzy 제어기는 레퍼런스 거리와 실제 앞 차량과 AGV간의 상대거리에 대한 오차를 입력으로 한다. 그리고 출력은 이 두 입력의 오차와 오차변화분을 통해 적절한 속도를 내기 위해 AGV의 속도를 조절하게 된다. 표 1은 그림 1에서 사용한 변수들을 나타낸 것이다.

Table. 1. Detail of Parameters

L_{init}	앞차량과의 초기 거리
V_{fwd}	앞 차량의 속도
L_{fwd}	앞 차량의 실제 거리
L_{agv}	AGV의 거리
L_{act}	차량간의 실제 거리
L_{const}	레퍼런스 거리

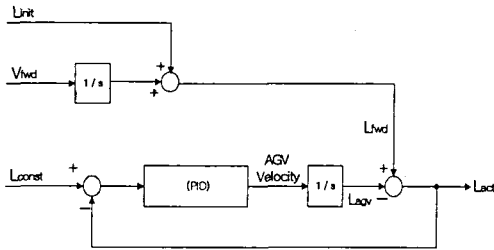


Fig. 1. A Block Diagram of Collision Avoidance System

본 논문에서 사용한 PID 제어기는 Ziegler-Nichols 방법을 사용하였다. PID 제어기의 각 계수값은 다음과 같다.

$$K_p = 0.4, K_I = 13.2, K_D = 0.2$$

시뮬레이션은 설정거리를 60, 80, 100m 간격으로 조절하면서 수행하였다. 본 논문에서 제안한 제어의 주 목적은 일정거리를 유지하는 것이다. 따라서 PID 제어를 사용한 경우의 거리과형을 보면 앞 차량의 속도가 증가함에 따라서 거리가 설정거리에 대해 AGV의 거리가 점점 멀어짐을 확인하였다.

그림 2에 퍼지 제어기의 구성도를 나타내었다. 퍼지 제어기의 입력은 폐환되는 출력과 기준입력과의 오차(e : error)와 오차의 변화량(ce : change in error)으로 나타낸다.

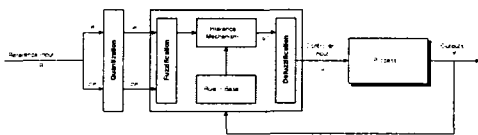


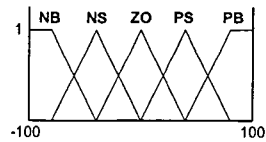
Fig. 2. A Design of Fuzzy Controller

$$e = R - Y \quad (1)$$

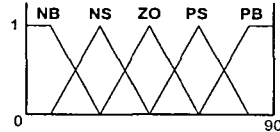
$$ce = e(n) - e(n-1) \quad (2)$$

여기서, Y : 프로세서 출력, R : 기준 입력, e : 현재의 오차, ce : 오차의 변화량, u : 출력의 변화량

본 논문에서 설계한 퍼지 제어기의 규칙표와 멤버십 함수를 그림 3과 표 1에 나타내었다. 퍼지 제어기의 추론은 Mamdani의 MAX-MIN을 사용하였고, 비 퍼지화하는 무게 중심법을 사용하였다.



(a) MF of e, ce



(c) MF of out

Fig. 3. MF for Rule 25

Table 2. Rule table

e \ ce	NB	NM	ZO	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NS	ZO
NM	NB	NS	NS	ZO	PS
ZO	NB	NS	ZO	PS	PB
PM	NS	ZO	PS	PS	PB
PB	ZO	PB	PB	PB	PB

그림 3과 표 2을 이용하여 아래와 같은 시뮬레이션 결과를 얻었다. 그림 5는 설정거리를 100m로 한 경우 제어기 출력신호, 앞 차량의 속도변화에 따른 AGV의 속도 변화, 그리고 설정거리에 대한 AGV의 거리 추종과형을 나타낸 것이다. 또한 본 논문에서 제안한 제어의 주목적인 일정거리 유지의 경우, 앞 차량의 속도가 증가함에 따라서 거리가 설정거리에 대해 AGV의 거리가 점점 줄어듬을 확인하였다.

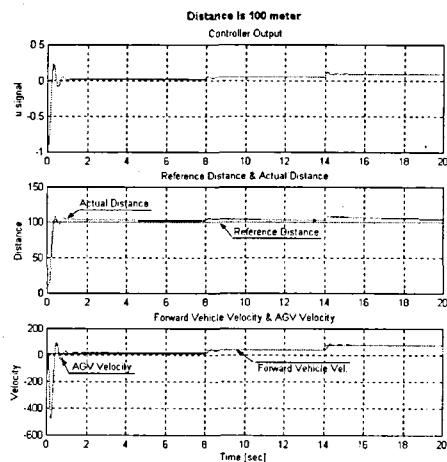


Fig. 4. Output Waveform using Fuzzy Controller with 25 Rules when distance is 100 meter

III. 소형 차량을 이용한 자율주행 차량 시스템

본 논문에서는 차량의 충돌방지 실험을 위하여 그림 5와 같은 AGV 모형차량을 사용하였다. 이 모형차량은 초음파 센서를 장착하였고, 센서 드라이브, 80C196KC 제어기와 모터 구동부로 구성되어 있다. 그림 10은 차량의 정면도를 나타낸 것이다.

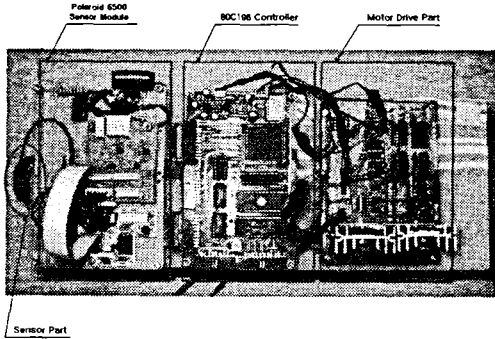


Fig. 5. A Hardware system of Auto Guided Vehicle

AGV의 센서부를 먼저 테스트하기 위해 차량을 정지시켜 놓고 임의의 물체를 이용하여 수동으로 거리를 조절함으로써 80C196 타이머 값과 거리와의 관계 데이터를 추출하였다. 표 2에 나타낸 것이 거리에 따른 196 타이머 값이다. 196 타이머는 16비트 타이머이므로 2바이트의 정보를 가지고 있다. 여기서 하위 바이트 값이 거리가 변화함에 따라 그 값의 변화가 매우 심함을 확인하였다. 따라서 본 논문에서는 하위 바이트의 값을 무시하고 상위 바이트 값만을 사용하였다. 또한 표 3에서는 타이머의 2바이트 정보를 1바이트로 바꾸어 센서 입력 값으로 사용하는데 거리에 따른 16진 코드값을 나타내었다. 여기서 x는 임의의 값을 나타내는데 상위 바이트와 거리의 관계를 보면 그림 6과 같이 나타난다. x축은 실제 거리를 나타내며 y축은 센서의 10진 변환값이다. 60cm, 120cm, 180cm부근에서 기울기가 조금 틀리지만 센서의 동작이 선형적이라는 것을 알 수 있다.

Table 3. A Data of Polaroid 6500 sensor on distance

Distance	Hexa Code	Distance	Hexa Code
40 cm	0C7X	130 cm	25CX ~ 25DX
50 cm	0F7X ~ 0F8X	140 cm	28AX
60 cm	124X ~ 125X	150 cm	2B6X ~ 2B7X
70 cm	14FX	160 cm	2E4X ~ 2E5X
80 cm	17CX	170 cm	310X ~ 311X
90 cm	1AAX	180 cm	33BX
100 cm	1D5X	190 cm	36XX
110 cm	204X	200 cm	39XX
120 cm	231X	210 cm	42xx ~ 44xx

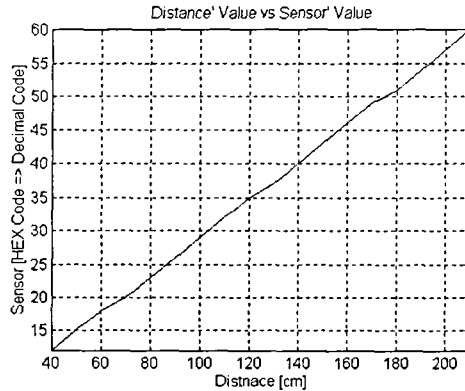


Fig. 6. A Distance Value on Sensor Value

IV. 실험 결과

본 논문에서는 충돌방지 시스템에 대한 시뮬레이션을 PID 제어기, 퍼지 제어기를 이용하여 확인된 결과를 바탕으로 실험을 하였다. 실험을 위해 사용된 AGV 시스템은 차량의 속도, 앞선 차량과의 거리 등 비선형 요소를 가지고 있다. 따라서 AGV 시스템은 이런 비선형 요소들을 극복하고 앞선 차량과의 뛰어난 추종이 필요하다. 3장에서 확인된 기본적인 센서 입력, 모터 구동 및 데이터 테이블에 따라 제어기 출력을 맞추고 실제 실험을 해 보았다.

본 논문에서는 실험을 위하여 앞차량과 AGV간의 원하는 거리를 70cm로 설정하고, 초기 거리를 90cm, 120cm, 150cm, 180cm, 210cm로 정한 후, 각 제어기를 사용한 경우의 출력결과를 살펴보았다. 각각 거리에 따른 오차, 제어신호(u)에 대한 파형을 80C196KC 프로세서에서 RS232 통신을 이용하여 컴퓨터 화면에 실시간으로 데이터를 디스플레이 하였다.

퍼지 제어기의 규칙과 멤버십 함수의 결정은 앞장에서 시뮬레이션을 통해 확인된 결과를 바탕으로 하여 멤버십 함수 오차 e, 오차변화분 ce, 제어 출력신호 u에 대해 5개의 삼각형 형태를 사용하였다. 또한 규칙 역시 25개를 사용하였다. 그림 7은 퍼지 제어기의 오차 e, 오차변화분 ce, 제어 출력신호 u에 대한 멤버십함수를 나타낸 것이다. 표 4는 퍼지제어 규칙을 나타낸 것이다.

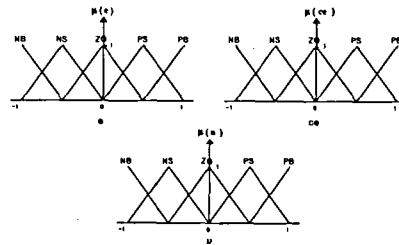


Fig. 7. A Schematic of e, ce, u membership functions

Table 4. A Rule table of Fuzzy controller

e					
ce	NB	NS	ZO	PS	PB
NB	PB	PB	PB	PS	ZO
NS	PB	PS	PS	ZO	NS
ZO	PB	PS	ZO	NS	NB
PS	PS	ZO	NS	NS	NB
PB	ZO	NS	NB	NB	NB

그림 8, 9, 10은 초기 거리 90, 150, 210cm에 대한 출력파형이다. 그림 8에서 2초와 5초 구간에서 매우 큰 오차가 발생하였다. 이는 앞 차량이 가속을 한 구간으로서 그 이후 10초 이후에는 일정한 거리유지가 됨을 확인하였다.

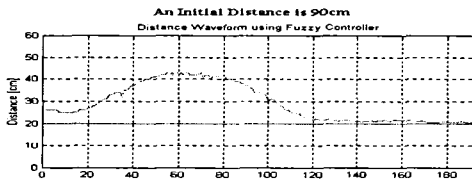


Fig. 8. Output waveform using Fuzzy Controller when initial distance is 90cm

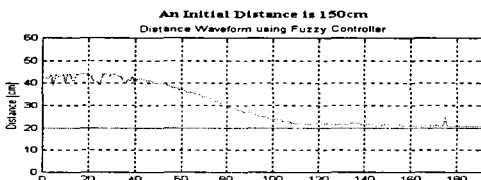


Fig. 9. Output waveform using Fuzzy Controller when initial distance is 150cm

그림 10의 초기거리 210cm인 경우PID 제어기와 비교하여 퍼지 제어기를 사용한 경우 초기에 다소 많은 오차가 발생하였으나, 10초 이후에 원하는 거리가 유지됨을 확인하였다.

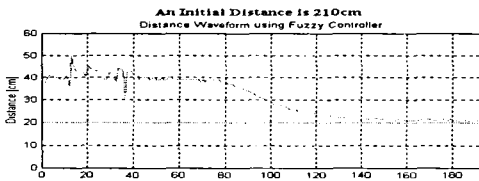


Fig. 10. Output waveform using Fuzzy Controller when initial distance is 210cm

그림 11은 초기거리가 210cm이고, 앞 차량이 10초 이후에 가속을 한 경우의 출력파형이다. 그림을 통해서 알 수 있듯이 가속된 구간에서 다소

큰 오차를 발생하였다. 그러나 그 이후 빠른 시간 내에 일정거리를 유지함을 확인하였다.

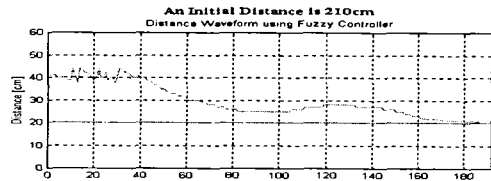


Fig. 11. Output waveform using Fuzzy Controller when initial distance is 210cm and a front vehicle is accelerate

V. 결론

본 논문에서는 앞 차량과의 충돌방지를 위하여 일정거리를 유지하는 AGV 시스템을 설계하였다. 설계된 AGV 시스템은 Polaroid 6500 초음파센서를 사용하여 앞 차량의 속도 변화에 따른 거리를 측정하고, 이를 80C196KC 프로세서를 사용하여 PID 제어기, 퍼지 제어기를 설계하여 원하는 거리를 유지시켰다. 시뮬레이션 및 실험결과 퍼지 제어기를 사용한 경우 PID 제어기에 비해 그 성능이 우수함을 확인하였다. 특히 그림 30에서 초기거리 210cm인 경우 측정된 센서 데이터의 2바이트 값의 가변에도 불구하고, 초기에 다소 많은 오차가 발생하였으나 10초 이후 앞 차량과의 거리 유지가 이루어짐을 확인하였다. 그러나 본 논문에서 소형차량을 이용하여 AGV 시스템을 설계함에 있어, 차량을 구동시키기 위해 사용된 모터의 특성이 선형적이지 못하였다. 이는 사용된 모터가 AGV 시스템의 구조상 대형 모터를 사용하지 못하고 시중에 시판되는 RC차량에 사용되는 모터를 사용하였기 때문이다. 또한 이들 모터는 토크가 낮고, 매우빠른 속도를 내며 속도의 가변이 제대로 이루어지지 않았다. 그리고 AGV 시스템을 실험하기 위하여 시용된 거리가 5~6m에 불과하기 때문에 좀 더 긴 거리에서 실험이 이루어지지 못하였다. 그리고 직선주요만을 생각하여 충돌방지 실험을 하였다. 따라서 향후 연구과제에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 AGV 시스템을 설계할시 있어 좌우 측방차량과 후방차량을 감지하기 위하여 좌우 측방센서와 후방센서를 설치하고 곡선주요, 오르막 차선, 내리막 차선에 대해 충돌방지가 이루어지는 AGV 시스템을 설계할 것이다. 이를 바탕으로 실제 차량에 적용하여 AGV 시스템을 설계할 것이다. 또한 완벽한 충돌방지 시스템을 설계하기 위해서는 앞 차량뿐만 아니라 뒷선차량, 옆차량, 그리고 도로 상황을 정확히 파악하여 충돌뿐만 아니라 자율주행이 이루어지기 위한 연구가 이루어져야 하겠다.

참고문헌

- [1] 임영철, 류재영, "자율주행 차량의 연구동향", Procceedings of KIEE, Vol. 45, No. 5, Maty.

- 1996
- [2] Georg Otto Geduld, "127 Collision Avoidance, Adaptive Cruise Control : Two Similar Applications With Different Kinds Of Philosophy and Safety Impact", AVEC' 98. pp. 707-709
 - [3] MATLAB User's Guide & Reference Guide, The Math Works Inc. 1997.
 - [4] MATLAB Simulink, The Math Works Inc. 1997.
 - [5] 이석우, "퍼지 제어를 이용한 충돌방지 시스템 설계", 1999. pp. 20-21.
 - [6] 정 슄, "제어 시스템의 분석과 MATLAB의 활용", 청문각, 1999.
 - [7] 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 American Conference, Seattle, Washington, June, 1995, pp. 3091- 3095
 - [8] 이종락, "초음파와 그 사용법", 세화, 1997. pp. 11-31, 55-67
 - [9] Keiji Osugi, Kunihiro Miyauchi(DENSO CORPORATION), "132 Development of the Scanning Laser Radar for ACC System", AVEC' 98. pp. 735-740