

퍼지 제어 알고리즘을 이용한 차량 후측방 충돌 경고 시스템

김병기*(영남대 대학원 기계공학과), 이화조(영남대 기계공학부)

A Study on Side and Rear-Side Collision Warning System of Vehicle using Fuzzy Control Algorithms

B. K. Kim(Mecha. Eng. Dept. YNU), H. C. Yi(Mechanical Eng. School, YNU)

ABSTRACT

The side and rear-side collision warning system using fuzzy control algorithms is discussed in this paper. Common rear-side warning system has many problems. For example if target vehicle comes into the warning area, it must unconditionally warn. Drivers could be interrupted by it. To solve the problem, I divided measuring area into two sections. One section is blind area of vehicle and the other rear-side area. For blind area, obtained data was filtered inefficient warning signal by using relative velocity method. For rear-side area, a fuzzy logic algorithm is used to recognition of obstacles. According to our experiment relative velocity method and fuzzy logic algorithms were very efficient.

Key Words : 퍼지 제어(Fuzzy control), 후측방(rear and rear side), 차량 충돌 경고(collision warning for vehicle)

1. 서론

최근 소비자의 주행 중 안전에 대한 요구가 증가됨에 따라, 차량 안전에 대한 메이커 측의 투자의 확산과 더불어 고도 안전 차량(ASV: Advanced Safety Vehicle)에 대한 관심이 고조되고 있다.¹

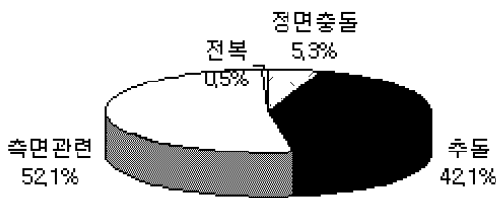


Fig. 1 2002 traffic accident cases (%)²

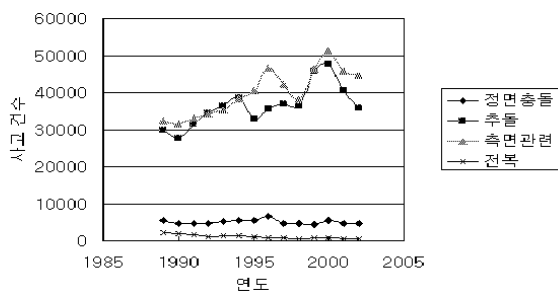


Fig. 2 The number of accidents traffic accident change²

2000 년 교통사고 유형별 백분율(Fig. 1)을 보면 가장 많은 사고 비율(52.1%)을 보이는 것이 차량의 측방과 관련(전측면, 회전 시, 진로 변경 시, 교행 시, 좌회전 시, 우회전시)된 사고이다.²

1989-2002 년까지 자동차 교통사고 유형의 사고 건수(Fig. 2)의 경우에는 정면충돌과 전복의 경우는 사고건수가 연도와 관계없이 일정수준 인데 반해서 추돌과 측면과 관련된 사고의 경우 증가 추세에 있음을 알 수 있다.

그렇다면 후방과 측방과 관련된 교통사고의 비율이 높은 이유는 무엇일까? 그것은 자동차의 사각지대로 인해서 차선 변경 시에 시야 확보가 곤란하기 때문이다.^{3,4}

따라서 본 연구에서는 이러한 후측방 사고를 막기 위해서 ASV(Active Safety Vehicle)에 속하는 기술 중에 하나인 후측방 충돌 경고 시스템을 개발하였다. 또한 일정영역에 들어오면 무조건 경보하는 기존 시스템의 단점을 보완하고자 상대속도를 이용한 경보의 필터링과 더불어 퍼지 제어 알고리즘으로 적절한 위험도를 산출하여 경보 하도록 하여 보다 지능적인 시스템을 구축하려고 한다.

2. 후측방 충돌경보시스템 분석

2.1 기존의 차량 후측방 충돌경보시스템의 개요

기존의 후측방 충돌 경보 시스템은 Fig. 3 와 같이 차량의 좌우 펜더 아래에 부착된 레이더 또는 CCD 카메라를 통해서 후측면을 따라오는 차량을 감지한다. 이 때 조향각 센서를 통해 운전자가 좌우로 차선 변경을 하려고 하는 순간, 후측방 경고 지역에 차량이 주행하고 있으면 경고를 하게 된다.

차량 주변의 상황을 계기판에 표시하여 주변의 교통상황을 한눈에 파악할 수 있도록 해주며 이 시스템은 운전자가 부주의한 차선변경으로부터 위험한 상황에 처하는 것을 사전에 방지해 준다.⁵

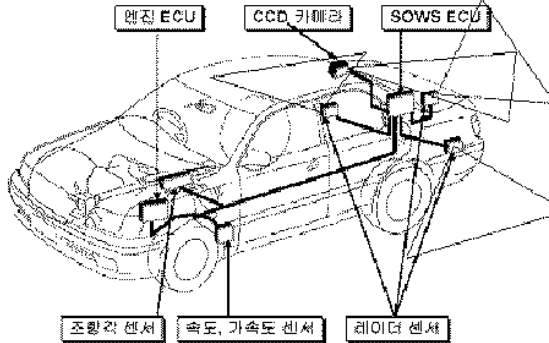


Fig. 3 Rear-Side Collision Warning System⁵

2.3 기존 시스템의 문제점 분석과 개선 방안

기존 시스템은 탐지영역에 물체가 감지되면 무조건 경보를 하게 되므로 탐지영역에 탐지 대상 이외의 물체 또는 시설물(중앙분리대, 가로수, 신호등 등등)에 대한 잦은 경보로 운전자와의 간섭이 생긴다. 또한 CCD 센서나 레이더 센서 같은 고가의 센서 사용에도 불구하고 소수의 센서를 사용하므로 모든 사각의 영역을 파악하기는 어렵다.

이러한 문제점을 개선하고자 상대 속도 필터링법(0km/h 부근영역만 경보)을 사용하여 무효한 경보를 억제하는 방법을 사용할 것이다. 또한 퍼지 이론을 적용하므로써 상대방차량의 상대 속도와 차간거리 값을 고려하여 적절한 위험도 산출이 가능하게 되므로 좀더 지능화된 시스템을 구성할 수 있다. 또한 과다 경보를 줄일수 있어 운전자와의 간섭을 줄일 수 있다. 그리고 기존의 고가의 센서를 대체하고자 차량의 설치 위치 또한 다양한 위치에 다수의 저가 초음파 센서를 설치하는 방법으로 운전자의 사각지대를 보완하도록 할 것이다.

3. 퍼지 제어 알고리즘을 이용한 차량의 후측방 경고 시스템 개발

앞에서 살펴 본 기존 문제점 분석과 개선안을 구현하고자 본 연구에서는 차량의 후방과 측방 영역을 Fig. 4 와 같이 사각영역과 후측방 영역으로 나누고 각각 상대 속도를 이용하여 무효 경보를 필터링하는 방법과 퍼지추론을 통해 적절한 경보를 하는 알고리즘을 적용하였다.

3.1 사각 영역

사각 영역은 Fig. 4 에서 차량의 측면에 점선으로 표시된 부분으로 상대속도 필터링 방법을 사용하여 무효한 경보를 줄이게 된다.

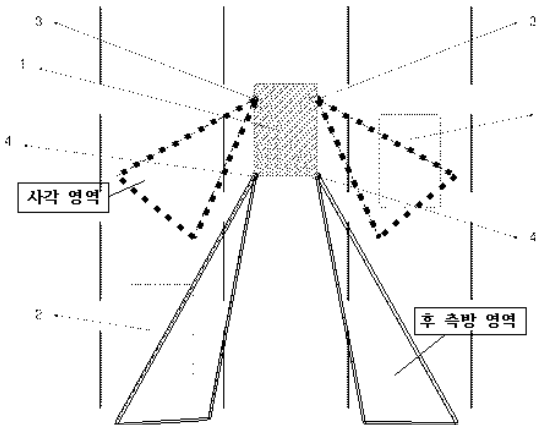


Fig. 4 Rear and Rear side Warning System sensible area (1: Test Vehicle 2: Target Vehicle 3,4: Ultrasonic sensor)

3.1.1 시스템 구성

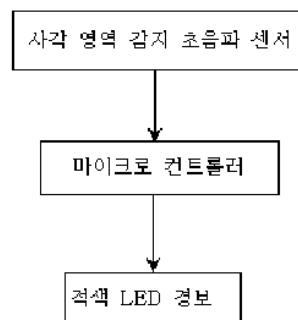


Fig. 5 Blind -Area System

사각 영역의 측정 및 경보시스템 구성은 Fig. 5 와 같이 사각영역 감지 초음파센서의 신호를 마이크로 컨트롤러가 처리하여 거리 값을 토대로 상대속도를 계산하여 필터링하여 LED 경보를 내게 된다. 초음파센서(SE-600)⁶ 는 50kHz 대의 초음파를 발생시키며, 측정가능 거리는 0.15 ~ 10.7m 이며, 분해능은 3m 측정거리에서 +/-3mm, 측정가능 전체거리에서 +/- 1%이고 사용가능 온도는 섭씨 -30 ~ 70 도이다. 마이크로 컨트롤러는 AT89c2051 을 사용하고 있다.

3.1.2 상대 속도 필터링 알고리즘

기존의 후측방 경보는 경보영역에 들어오면 무조건 경보하느라 무효한 경보가 많았다. 따라서 사각 영역 안의 장애물과 도로 주변의 가로수나 기타 교통을 시설 등을 구분 할 수 있도록 경보영역에 들어 오는 물체의 상대속도를 계산하여 0m/s 의 부근의 -2m/s 에서 2m/s 사이의 값을 가지고 600ms 이상의 지속성을 가지는 물체만 경보 하도록 하였다. 또한 중앙분리대와 같이 상대속도가 일정하게 나오는 구간은 설정 상대속도가 4 초 이상 지속될 경우 경보를 끄도록 하였다.

상대속도의 오차를 줄이기 위해 지금 거리 값과 바로 이전의 거리 값으로 계산하지 않고 지금 거리 값과 얼마 이전의 거리 값을 가지고 상대속도를 계산해야 정확한 상대속도를 얻을 수 있다.⁷

3.1.3 실험 및 결과

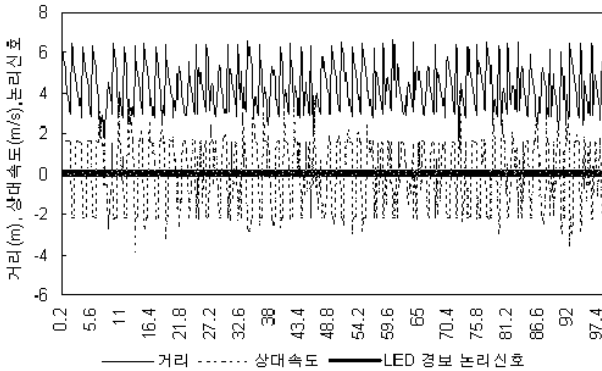


Fig. 6 Warning signal of tree-bordered road

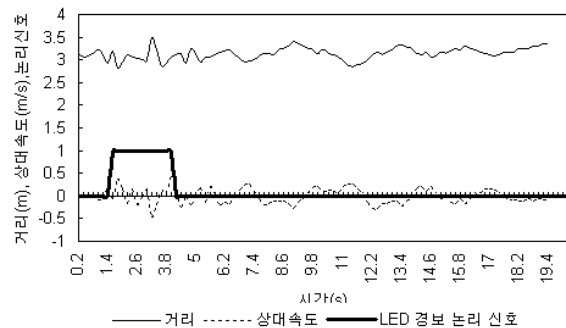


Fig. 7 Warning signal of median strip

Fig. 6 은 차량이 갓길을 주행(20-30km/h)하고 가로수가 지속적으로 있는 도로에서 측정한 거리 값과 상대속도의 값이다. 가로수가 차량의 뒤에서 계속 나타났다가 가로수 사이의 공간이 거리가 좁히고 다시 가로수가 나타나게 되어 지그재그 형태의 그래프를 나타내고 있으며 지속성이 600ms 이상 지속구간이 없으므로 경보는 작동하지 않았다.

Fig. 7 은 차량이 1 차선 도로를 주행하고 있고 중

양 분리대구간을 지날 때를 나타낸 것으로 상대속도가 비교적 일정하게 나타남을 알 수 있으며, 경보 후 약 4 초 경과 후 경보가 중지 됨을 알 수 있다.

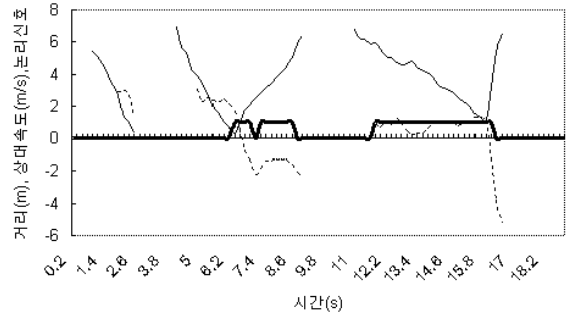


Fig. 8 Warning signal of various circumstances

Fig. 8 은 일반 도로에서 상대 차량의 움직임에 따른 경보를 나타낸 것으로, 1-3 초 구간의 경우 실험차의 옆 차선에 위치한 목표차량이 차선 변경 후 빠르게 가속하여 사각지역을 이탈해서 경보가 이뤄지지 않았고, 5-10 초 구간은 목표차량이 접근 후 다시 뒤로 물러나는 경우인데 상대속도의 범위에 부합하는 구간에는 경보가 울림을 알 수 있다. 12-18 초 구간에는 서서히 목표차량이 접근 후에 갑자기 속도를 줄였을 때를 나타내고 있으며, 접근 구간에 경보가 작동하였다.

3.2 후측방 영역

후측방 영역은 Fig. 4 에서 차량의 후측면에 이중선으로 표시된 부분이다.

3.2.1 시스템 구성

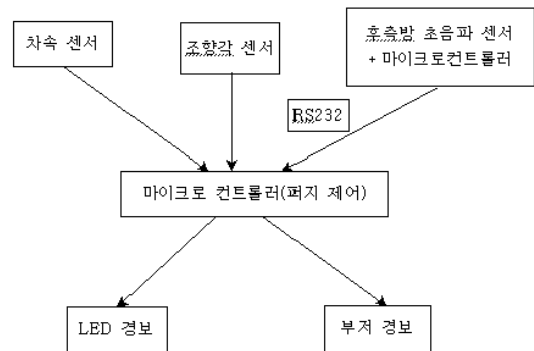


Fig. 9 Rear and Rear side Area Warning System

후측방 영역의 측정 및 경보시스템(Fig. 9) 구성은 차속센서, 조향각센서, 초음파센서와 메인 마이크로 컨트롤러 그리고 경보부로 나뉜다. 차량의 속도를 파악하는 차속 센서와 차선 변경 유무를 파악하는 조향각 센서의 값과 초음파 센서의 거리 정보(상대

속도)를 RS232 통신으로 메인 마이크로 컨트롤러(AT89c55)로 제공하면 퍼지 제어 알고리즘을 적용하여 적절한 경보 정도를 찾아 LED 와 Buzzer 경보를 하게 된다.

3.2.2 퍼지 제어 알고리즘

퍼지 이론은 현상의 불확실한 상태를 그대로 표현해주는 방법이다. 그리고 퍼지제어는 퍼지논리(Fuzzy Logic)에 기초를 두고 있으며, 이 퍼지논리는 기존 논리 체계보다 인간의 사고나 자연어의 특성과 많은 유사성을 가지고 있어서 실세계의 근사적이고 불확실한 현상을 기술하는데 효과적으로 이용될 수가 있다.⁸

(가)퍼지화 도입부(Fuzzification)

제어기 입력변수의 값을 측정한다. 입력 변수 값의 영역(range)을 이에 대응되는 전체집합으로 사상(mapping)시킨다. 본 시스템에서의 퍼지 입력 값은 차간거리와 상대속도로 하고 퍼지 출력 값은 위험의 정도로 하였다. 그 다음 입력 값의 퍼지화를 수행한다. 그리고 멤버십 함수의 형태를 결정한다. 여기서 멤버십 함수는 연속 또는 이산적인 언어적인 값과 모양에 따라 여러 가지 형태가 있다. 본 논문에서 삼각형과 사다리꼴을 사용하였다.⁹

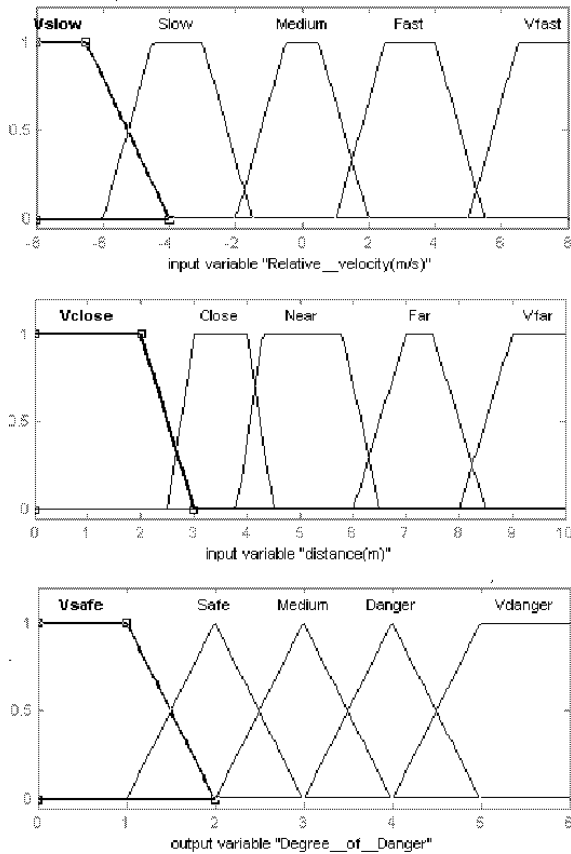


Fig. 10 Membership function of inputs and output

(나) 지식베이스(Knowledge Base)

퍼지 제어기의 지식 베이스는 “ If ~ Then ” 형식의 언어적 규칙으로 표현되며 또한 복수개의 규칙들이 모여서 제어규칙 집합을 이루고 각각의 규칙들 사이에는 서로 ” also “ 라는 연관성을 가진다.(Table 1 참조)

차간거리 상대속도	Very Far	Far	Near	Close	Very Close
Very Slow	Very Safe	Very Safe	Safe	Medium	Medium
Slow	Very Safe	Safe	Safe	Medium	Danger
Medium	Safe	Safe	Medium	Danger	Danger
Fast	Safe	Medium	Danger	Danger	Very Danger
Very Fast	Medium	Medium	Danger	Very Danger	Very Danger

Table 1 Rule base for fuzzy controller

(다) 추론(Inference)

FLC 에서 언어적인 형태로 기술된 퍼지 제어규칙을 적용하기 위해서는 논리적인 실행과정이 필요하다. 이를 퍼지 추론과정이라 하며, 퍼지 논리와 근사추론(Approximating Reasoning)이 바탕이 된다. 퍼지 논리 제어기에서의 추론은 제어규칙의 데이터로부터의 일반화된 연역추론이 된다. 퍼지화 추론 방법은 Mamdani 의 Max-Min 방법과 Max-Product 방법이 많이 사용된다. 본 논문에서는 Mamdani 의 Max-Min 방법을 사용하였다.

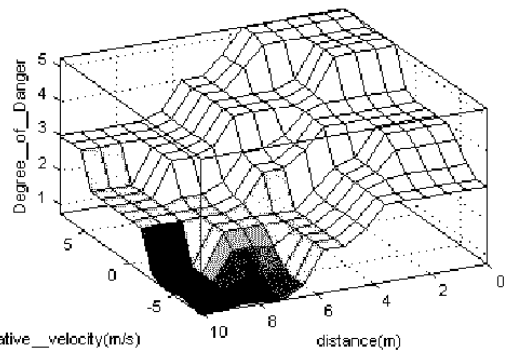


Fig. 11 Fuzzy logic decision map

(라) 비 퍼지화(Defuzzification)

퍼지제어의 퍼지 추론결과는 제어입력 전체집합에 정의된 퍼지집합으로 출력된다. 제어에서는 퍼지 집합을 플랜트의 조작량으로서 출력하는 플랜트를 움직일 수 없다. 따라서 추론된 출력 값은 프로세서의 입력 값으로 하기 위해서는 결정론적(Deterministic)인 값으로 바뀌어져야만 한다. 이처럼 퍼지 값을 비 퍼지화 값으로 바꾸는 과정이 필요로

한다. 비 퍼지화 방법에는 최대값 방법(Mean of Maxima), 최대 평균법(Average of Maxima) 무게 중심 법(Center of Gravity)이 있다. 본 논문에서는 무게 중심법을 사용하였다. 이와 같이 모든 과정을 거쳐 크리슈 값을 도출한 것을 3D 그래프로 나타낸 것이 Fig. 11 이다.

3.2.3 실험 및 결과

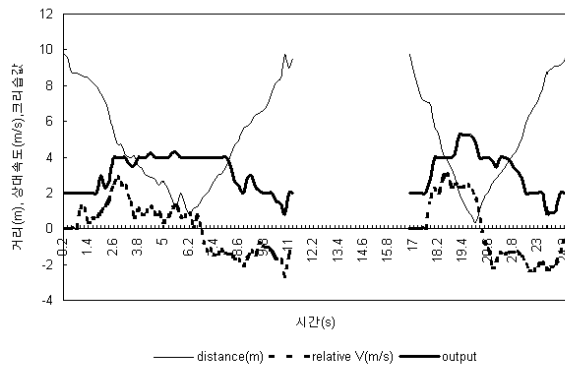


Fig. 12 Fuzzy output of various circumstances

Fig. 12 와 같이 차차는 30km/h 의 일정한 속도로 이동하고 상대차량이 접근 했다가 다시 멀어지는 것을 2 번 하게 된다. 거리와 상대속도에 따른 퍼지 추론을 통해 위험도를 산출한 것이 output 의 굵은 실선이다. 퍼지 출력값 도출 이후 3 색의 LED 로 경보 수준을 나누기 위해 1 이상 2 미만은 매우 안전이고 2 이상 3 미만은 안전이고 3 이상 4 미만은 운전자 판단 내지 보통으로 4 이상 5 미만은 위험으로 5 이상은 매우 위험으로 나타낸다. 1 이상 3 미만은 초록색 LED 로 3 이상 4 미만은 파란색 LED 로 4 이상은 빨간색 LED 로 디스플레이 하고 부저로 경보하였다. 따라서 운전자는 사이드 미러의 정보와 더불어 3 가지 LED 색과 부저의 정보를 참고하여 차량의 차선 변경을 결정하면 된다.

4. 결론

실험은 사각영역은 일반도로와 중앙분리대가 있는 도로와 갓 길에 가로수가 있는 도로에서 적절한 경보의 정도를 테스트하였으며, 후측방 영역은 곡선 도로의 빈도가 적은 도로에서 모의로 상대 차량을 접근시켜 실제 운전자가 느끼는 차선변경시의 위험도와 일치하는지 테스트하였다. 사각 영역의 테스트에서 중앙분리대나 가로수 등의 장애물이 사각영역에 있음에도 적절히 필터링하여 실제 사각영역의 위험 차량만을 경보해주는 결과를 보여 주었다. 또한 후측방 영역의 경우에도 임의의 운전자들

의 도로테스트를 통해 차선 변경 시에 경보 정도 역시 높은 만족도를 보여 주었다.

다만 초음파의 산란으로 인해 움직이는 차량의 경우 상대속도가 30km/h 이하의 저속에서만 측정이 가능하였다. 따라서 레이더 센서나 레이저 스캐너 같은 센서와의 퓨전을 통해 보다 넓은 속도 범위에서 적용이 가능한 시스템이 필요하다. 또한 향후 다른 ASV 시스템과 연계하여 보다 효율적인 차량 안전 시스템을 구축 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [GLOBAL] 일본, 지능형 자동차 개발 봄 [한경비즈니스 2004-05-24 장인영 객원기자] http://news.naver.com/news/read.php?mode=LSD&office_id=050&article_id=0000001184§ion_id=001&menu_id=001
- 교통안전관리공단;교통사고통계 http://www.rtsa.or.kr/08_information4/infor2_07.jsp
- [뉴스 8] 후진 때 사고 많다 ; KBS TV 04-02-26 http://news.naver.com/news/read.php?mode=LSD&office_id=056&article_id=0000017989§ion_id=001&menu_id=001.
- 경향신문 [안전은 경쟁력] 대형차는 달리는 ‘안전 사각지대’ 2001-02-13 박성휴 기자 <http://khan1.khan.co.kr/news/view.khn?artid=200102131859311&code=890104>.
- 이수영, “자동차, 전자 기술의 총아” 자동차부품연구원 전자기술개발본부 sylee@katech.re.kr pp.28, 2002
- 초음파센서매뉴얼 http://www.robot.or.kr/senscomp/pdf/600_instrument_spec.pdf
- 조재찬, “자율주행차량을 위한 지능형 속도제어 시스템에 대한 연구” 고려대학교 대학원 산업공학과 석사학위 논문 pp.32-33, 1998
- 김승철, “퍼지제어 알고리즘을 이용한 차량의 충돌방지 시스템 설계에 관한 연구” 동아대학교 전자공학과 석사학위논문 pp.28-47, 2002
- Sibigtroth, J.M.; "Fuzzy logic for small microcontrollers" WESCON'93. Conference Record, , 28-30 pp.532-535, Sept. 1993