

퍼지 제어 알고리즘을 이용한 차량 후측방 충돌 경고 시스템

김병기*, 이화조#, 한승철**

A Study on Rear Lateral Collision Warning System of Vehicle using Fuzzy Control Algorithms

Byung Ki Kim*, Hwa Cho Yi# and Seung Chul Han**

ABSTRACT

The rear lateral collision warning system using fuzzy control algorithms is discussed in this paper. Common rear lateral 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 lateral area. For blind area, obtained data was filtered inefficient warning signal by using relative velocity method. For rear lateral 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 : Fuzzy control(퍼지 제어), Collision warning for vehicle(차량 충돌 경고), Rear lateral(후측방), ASV(Advanced Safety Vehicle : 선진 안전 차량)

1. 서론

1.1 문제점 분석

도로 교통안전관리공단이 집계한 2002년 교통사고의 총 사회적 비용은 무려 8조3894억원. 호남선 고속철도를 지을 수 있는 돈이다. 2002년 우리나라 교통사고는 23만953건. 이 사고로 7090명이 세상을 떠났으며, 34만8184명이 부상을 입었다. 1분29초마다 1명꼴로 사상자가 발생한 셈이다.¹

좀더 자세히 교통사고를 분석해 보면, Fig. 1의 2003년 교통사고 유형분석에 따르면 가장 많은 사고 비율(53%)을 보이는 것이 차량의 측방과 관련(전측면, 회전 시, 진로 변경 시, 교행 시, 좌회전 시, 우회전시)된 사고라는 것을 알 수 있다.²

또한 이러한 측면 관련 사고의 구조적 원인을 살펴보면 Fig. 2와 같이 자동차의 사각 지대로 인해서 차선 변경 시에 시야 확보가 곤란하다는 것을 알 수 있다.

접수일: 2005년 12월 23일; 게재승인일: 2006년 12월 14일

* SL(주) 신행기술개발팀

교신저자: 영남대학교 기계공학부

E-mail hcyi@yu.ac.kr Tel. (053)810-2579

** 상주대학교 자동차공학과

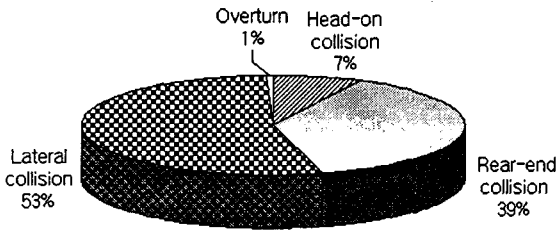


Fig. 1 Types of traffic accident in Korea (2003')

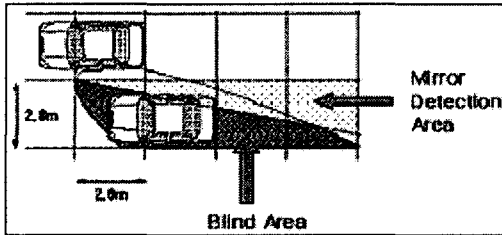


Fig. 2 Dead zone of a Vehicle

1.2 차량 후측방 충돌경보시스템의 개요

후측방 충돌 경보 시스템은 차량의 좌우 펜더 아래에 부착된 레이더 또는 CCD카메라를 통해서 후측 면을 따라오는 차량을 감지한다. 이 때 조향 각 센서를 통해 운전자가 좌우로 차선 변경을 하려고 하는 순간 후측방 경고 지역에 차량이 주행하고 있으면 경고를 하게 된다.

1.3 기존 연구현황

국내외의 연구를 살펴보면 양산하여 적용한 차량은 아직까지 없으며, 차량 부착 실험과 같은 검증 단계를 수행하고 있다. 국내연구를 살펴보면, 2001년 고등기술연구소(IAE)의 연구에서는 적외선(Infrared) 센서를 사용하여 자동차 사각지대내의 물체를 감지하는 장치를 차량에 부착하여 감지된 물체가 차량인 경우 시침각장치를 이용해 위험경보를 하게 된다.³

외국의 연구를 살펴보면 프랑스 회사인 Valeo의 RTES(Radar Traffic Environment Sensing) 시스템은 좌우 측면에 부착된 센서로부터 신호를 받아 작동한다. 센서는 뒷바퀴와 범퍼 사이에 설치된다. RTES 시스템은 후방 약 5m, 측면 3.5m 내에 근접한 물체에 대해서만 운전자에게 신호를 보내준다.⁴

현재 이러한 후측방 경보기의 핵심 기술은 후측방 영역의 사물이 차량인지 판단하는 알고리즘과 거리 측정 센서기술인데, 모두 양산이 임박하여 공

개된 자료가 희박하다. 따라서 기본 모델은 앞에서 설명한 후측방 경보 시스템의 기본 개념으로 정하고, Table 1과 같이 관련 경보 시스템과의 장단점 분석을 통해서 문제점을 도출하였다.^{5,6}

Table 1 Comparison of Collision Warning Systems

	Conventional System	GPS	Vision
Advantage	<ul style="list-style-type: none"> - Simple System - Stand alone 	<ul style="list-style-type: none"> - Relatively accurate system - Various additional service 	<ul style="list-style-type: none"> - Efficient recognition (Obstacle, lane and traffic sign)
Disadvantage	<ul style="list-style-type: none"> - Inefficiency warning - Difficult recognition 	<ul style="list-style-type: none"> - Initial cost is high - Communication delay - System has need of additional RF device 	<ul style="list-style-type: none"> - Expensive - High system performance - External influence (eg. whether, sunlight)

2. 개선전략 및 기본시스템

2.1 개선 방안

본 논문에서는 기존 후측방 경보시스템의 무효 경보의 문제점 개선과 후측방 영역의 차량의 접근에 따른 위험도 산출을 비교적 저가의 시스템으로 제작하는 것을 목적으로 개선안을 도출하였다.

기존 시스템은 탐지영역에 물체가 감지되면 경보를 하게 되므로 탐지영역에 탐지 대상 이외의 물체 또는 시설물(중앙분리대, 가로수, 신호등 등등)에 대한 잦은 경보로 운전자와의 간섭이 생긴다. 또한 CCD센서나 레이더 센서 같은 고가의 센서 사용에도 불구하고 소수의 센서를 사용하므로 모든 사각의 영역을 파악하기는 어렵다. 이러한 문제점을 개선하고자 저속에서 근거리의 비교적 넓은 영역을 커버가 가능한 초음파 센서를 다수 사용하고 자동차의 영역을 사각영역과 후측방 영역으로 나누고 사각영역의 경우, 상대 속도 필터링(상대속도 0km/h부근영역만 경보)을 사용하여 무효한 경보를 억제하는 방법을 사용할 것이다. 또한 후측방 영역

은 퍼지 이론을 적용하므로써, 상대방차량의 상대 속도와 차간 거리 값을 고려하여 적절한 위험도 산출이 가능하게 되므로 좀더 지능화된 시스템을 구성 할 수 있다. 또한 이러한 알고리즘은 과다 경보를 줄 일수 있어 운전자와의 간섭을 줄일 수 있다.

2.2 설계 제한 사항

차량의 후측방 경고 장치의 주요 용도는 도심의 저속 및 중속(15-60km/h)에서 적용하도록 제한하며, 사각영역과 후측방 영역에 대한 제한 범위는 초음파 센서의 측정거리와 샘플링 주기에 영향을 받는다. 또한 초음파 센서의 거리 계산에서 대기의 온도는 상온20℃로 고정시키고 온도 보정은 실시하지 않는다.

우선, 측방 부분을 살펴보면 Fig. 2에서와 같이 정도의 차이는 차량에는 사각(Blind Area)이 존재하며, 차선 변경 시에 항상 주의하여 살펴야 할 부분이다. 이러한 사각을 최소화하기 위해서는 우선 사각 영역을 설정해야 한다. 사각영역의 설정은 운전자의 시계를 바탕으로 정하였다. 그러한 맥락으로 Fig. 3의 점선으로 된 삼각형의 영역을 사각 영역으로 정하고 이 영역을 탐지하기 위해 10m이내의 거리 측정이 가능한 초음파 센서를 적용하여 일정 영역을 경고 영역으로 제한하는 방법을 사용한다. 따라서 이 영역에 상대속도 필터링 알고리즘을 적용하여 도로변의 장애물과 실제 위험 요인인 차량과의 필터링을 하여 경보를 하게 될 것이다.

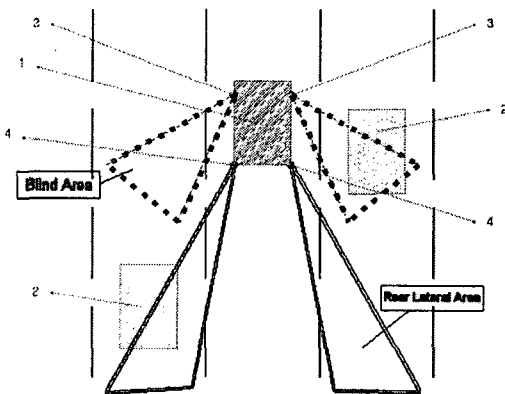


Fig. 3 The Sensing range of Rear lateral sensor
(1. The Experiment Vehicle, 2. The Target Vehicles, 3. The Blind Area Sensor, 4. The Rear lateral Sensor)

또한 Fig. 3의 이중선으로 표기 된 삼각형 영역은 후측방 영역으로 설정하였다. 차량 측면의 영역이 주로 사각의 물체를 감지하는 역할을 한다면, 후측방 영역의 경우에는 운전자가 차선 변경 시에 퍼지 이론을 이용하여 타깃 차량과의 상대 속도와 차간 거리를 바탕으로 차선 변경시의 차량의 안전도를 평가하게 되는 영역이다. 본 논문에서는 10m 내외의 후측방 영역을 설정하고 그에 상응하는 초음파 센서를 장착할 것이다. 이 영역은 비교적 넓은 범위의 측정이 가능하므로 후측방에 접근하는 차량의 거리를 단계적으로 파악할 수 있으므로, 그 때의 거리와 상대속도를 바탕으로 퍼지 이론을 적용한 위험도 산출이 가능할 것이다.

Table 2 The distance measurement experiment according to the angle of reflection of a Ultra-sonic sensor

Angle classific.	0°	15°	30°	45°	60°
Experiment					
Actual Distance	1m	1.05m	1.15m	1.42m	2m
Ultrasonic Sensor	0.94m	0.986m	1.22m	1.44m	2.48m

Table 3 Reflection of the ultrasonic waves on various objects

Classifier	Experiment Method		Intensity of reflected wave
1			
2			
3			
4			
5			
6			

초음파 센서는 반사 과정에서 파의 강도가 떨어져서 수신이 되지 않는 경우, 또는 최대 감지거리를 넘어서는 경우, 여러 번의 반사를 거치면서 거

리 값의 오차가 발생하는 경우가 있을 수 있다. 이러한 현상은 물체의 표면이 매끄러운 경우에 거울 반사(Specular reflection)가 일어나며, 이때 초음파가 물체에 입사되는 각도가 커지면 반사파의 진행 경로 내에 수신부가 위치하지 못하기 때문이다. 이와 같이 거울반사에 의해 센서가 잘못된 거리 정보를 주는 현상을 거울 효과(Specular effect)라고 한다.⁷

Table 4 The improvement of a Ultrasonic sensor location setting up (slant line: blind area / cross stripes : rear lateral area)

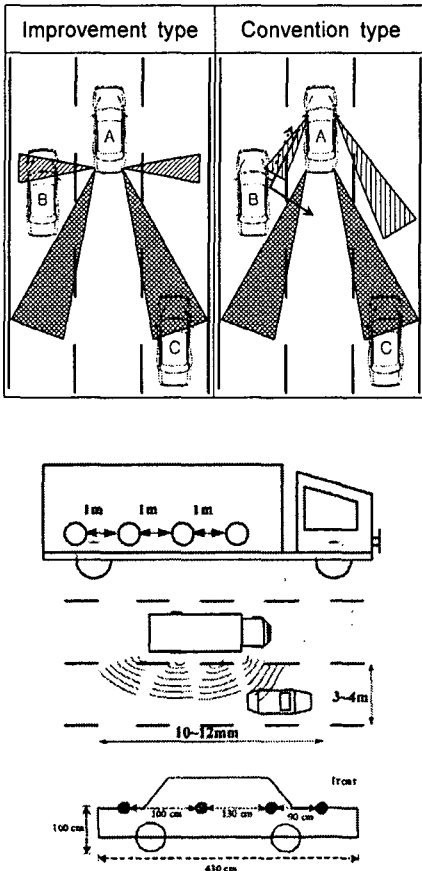


Fig. 4 Example of sensor deployment on the vehicle for lateral area

따라서 초음파 센서의 반사와 굴절 그리고 반사체의 형상에 대한 고려가 이뤄져야 올바른 데이터를 받을 수 있으므로 Table 2와 Table 3을 고려하여 적절한 위치를 설정하여야 한다. 고려 사항은 Table

2에서와 같이 입사각이 45° 이상 되지 않도록 하며, 초음파가 반사되는 물체의 자름이 10cm 이하이거나 초음파를 미끄러지게 하는 형상은 주의를 해야 한다. 이러한 사각 영역의 각도 설정은 목표 차량의 펜더 및 범퍼 하단부를 반사 타깃으로 설정하였다. 실험에 사용한 초음파 센서의 경우 탐지 영역(35°) 정도로 위의 반사 타깃 근방의 영역을 커버함으로써 거울 효과를 줄일 수 있다.

따라서 개선안에서는 Table 4와 같이 반사파와 형상의 문제에 대응하기 위해 사각영역의 수직에서 약간 후퇴하는 방향으로 장착한다.

참고로 Fig.4와 같이 차량의 Lateral area를 측정하기 위해서 초음파 센서를 배치하기도 한다. 본 논문에서도 Fig.4와 마찬가지로 Lateral 방향으로 센서를 배치하였다.⁸

3. 시스템 설계 및 신호처리

3.1 후측방 경고 장치의 구성

3.1.1 사각영역에서의 장치의 구성

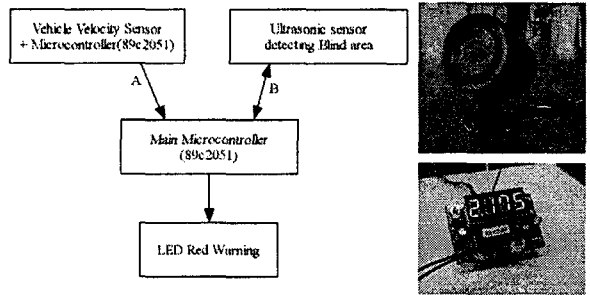


Fig. 5 Experimental setup of the sensor system for the dead zone

사각 영역의 시스템 구성은 Fig 5와 같이 차속 센서를 통해 차량의 속도에 비례해서 발생하는 펄스 파를 연산하여 계산하는 부분과 이 정보(10km/h 이상에서 1을 출력 그 미만은 0을 출력한다.)를 메인 마이크로 컨트롤러의 포트에 전송하는 부분과 송수신겸용, 초음파 구동회로 일체형의 초음파센서에 메인 마이크로 컨트롤러에서 초음파 발신 신호를 주고 반사파를 송신한 정보를 받는 부분이 있으며, 이를 바탕으로 메인 마이크로 컨트롤러에서 거리와 상대속도를 연산하고 알고리즘을 적용하여 LED 적색경보를 출력하게 된다.

차속 센서^{10,11}는 차량이 공전 상태인지 또는 주행 상태인지(차량의 속도)를 감지하여 ECU 및 계기판에 알려주는 역할을 한다. 실험 차량은 홀센서 방식으로 센서 내부에는 4개의 돌기를 가진 로터가 회전하면서 홀효과를 유발하여 디지털 펄스를 출력시킨다. 즉 바퀴가 회전함에 따라 같이 회전하는 회전체가 센서부를 지나칠 때마다, ON이 되었다가 OFF되는 원리로서 차속을 알게 되는 것이다.

차량의 속도가 빨라지면 출력펄스의 주기가 빨라지고 느려지면 주기가 느려진다. 따라서 단위시간 당 펄스의 수를 세어 매뉴얼 데이터 식에 대입하면 차속을 구할 수 있다.

초음파 센서란 음향 에너지 중에서 비교적 높은 영역을 검출하기 위한 센서의 총칭이고, 그 범위는 20[KHz] 전후에서 수백[MHz] 이상에 이른다. 또 이것을 좀더 단적으로 표현하면 "초음파 센서란 20[KHz] 전후 이상의 음향 에너지의 검출 소자"라는 것이 된다.

초음파의 전파 속도는 매질과 그 온도에 의존하지만 이것은 공중용 거리계 이므로 이 속도 V 는

$$V[m/s] = 331.5 + 0.6t \quad (1)$$

으로 주어진다. 단, t 는 전파 매질의 온도를 표시하고 있다. 따라서 피 검출 물체에서의 거리 L 은

$$L[m] = V \times S/2 \quad (2)$$

으로 주어진다. 단, S 는 반사파의 도달 시간[sec]이다.⁹ 이렇게 초음파 거리는 이 관계를 전기 회로로 실현하고 있는 것이지만 이 방식에서는 몇 센티미터 이하의 가까운 거리나 반대로 수 십 미터의 장거리 검출은 곤란하다. 따라서 일반적으로는 몇 센티미터 이상에서 10m 내외의 거리 계측이 바람직하다.

실험에 사용하는 초음파센서(SE-600-I)¹²는 50kHz 주파수를 가지며, 측정가능 거리는 0.15m ~ 10.7m이다. 그리고 분해능은 3m 측정거리에서 +/-3mm이며, 측정오차는 측정 가능 전체거리에서 +/- 1%이다. 또한 사용가능 온도는 -30 ~ 70 °C이고 지향 각은 -3dB에서 15dB이다. 10m내외의 거리를 측정할 수 있으므로, 사각영역과 후측방 영역의 경보영역을 커버하기에 충분하다.

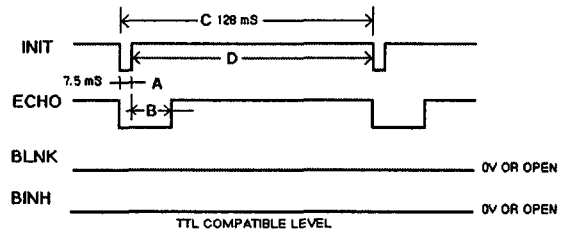


Fig. 6 Signal processing of the Ultrasonic sensor

거리측정은 초음파가 물체에 반사되어 돌아오는 시간을 측정하여 연산하게 된다. Fig.6의 신호처리 부분을 살펴보면 우선 메인 마이크로 컨트롤러에서 INIT부에 A에 해당하는 출력을 주면 초음파가 송신되고 이 때 마이크로 컨트롤러는 1ms마다 ECHO에서 물체에 반사되어 초음파 신호가 들어올 때 까지 확인하다가 초음파가 수신되면 인터럽트를 걸고 그 때의 시간(B구간의 시간s)을 구하게 된다. 이 시간(S)는 (2)식에 대입한다. 하지만 우선 (1)식에서 음파의 속도를 구하게 되는데, 실험에서 온도 보정은 실시하지 않으므로 20°C로 고정하여 대기 중의 음파의 속도(V)를 구해서 (2)에 대입한다. (1)식에서 초음파 리턴시간(S)를 2로 나누는데 이것은 왕복시간을 뜻하기 때문에 거리를 구하기 위해서는 편의의 시간이 필요하기 때문이다.

제어를 위하여 89c2051 마이크로 컨트롤러를 사용하였다. 89C2051 원칩(One-chip) 마이크로 컨트롤러는 내부에 프로그램메모리를 내장하고 있어 다른 주변회로 없이도 간단한 컨트롤러회로를 구현할 수가 있다.

3.1.2 후측방 영역에서의 장치 구성

후측방 영역의 장치 구성(Fig. 7)은 사각영역 시스템과 달리, 조향각 센서를 장착하였다.

조향각 센서는 자차의 차선 변경을 알아내기 위한 신호로 사용하며, 전자제어 헨가장치가 있는 차량의 경우 직진위치를 기준으로 하여 조향 휠의 회전각, 조향 휠의 회전각속도에 관한 정보를 ECU에 공급한다.¹⁰

차속센서와 조향각 센서 신호와 초음파 센서의 거리 값과 상대 속도 값은 마이크로 컨트롤러(89C55)가 연산하여 퍼지 알고리즘을 실행하고, 각 상황에 맞는 경보를 하게 된다.

현재 퍼지 제어 알고리즘이 9kbyte 이상을 차지

하고 있어 대용량의 내부 플래쉬 메모리를 갖는 8051계열의 원칩 마이크로 컨트롤러를 선택하게 되었다.

경보 장치로는 부저와 3색(적, 황, 녹) LED를 병용으로 사용하되, 안전, 보통, 위험의 단계 중 위험 단계에만 부저와 적색 LED로 동시에 경보하고 나머지 단계에는 각각 안전에는 녹색, 보통은 황색 LED로 표시할 수 있도록 하였다.

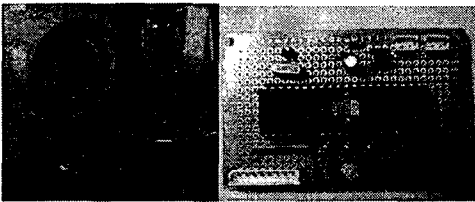
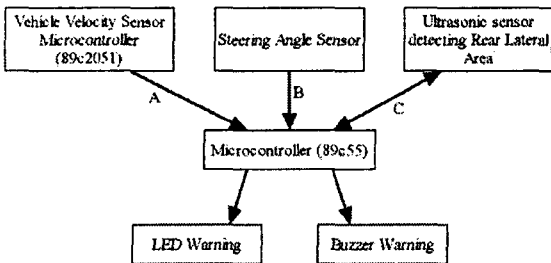


Fig. 7 Experimental setup of the sensor system for the rear alteral area

3.2 사각영역 / 후측방 영역의 차량과의 상대 속도의 연산

사각영역의 상대속도 연산은 현재 측정한 데이터와 바로 전의 데이터를 빼고 이를 Sampling rate(0.2s)로 나눠서 구할 수 있다. 이 방법을 사용하면 계산량이 적으므로 신속히 상대속도를 구할 수 있는 반면에 위치 특성상 급격한 거리 변화에 따른 오차가 많이 발생한다.

$$relative_velocity = \frac{distance - distance[0]}{0.2} \quad (3)$$

relative_velocity: 상대속도(m/s)

distance: 현재 초음파 센서에서 읽어온 거리 값

distance[0]: 바로 전의 거리 값을 저장하는 배열

따라서 이러한 오차를 줄이기 위해서는 현재 거리 값과 몇 m/s 이전의 거리 값을 가지고 상대속도를 계산해야 정확한 상대속도를 계산할 수 있다.

이러한 계산을 하기 위해서 초음파 센서에 올라오는 거리 값을 배열에 저장해 놓는다. 현재 거리 값에서 일정한 시간 전에 배열에 저장한 값을 가지고 상대속도를 계산한다. 다음 수식(3)은 상대속도를 계산하는 식이다.¹³

if ($j \geq i$)

$$relative_velocity = \frac{distance - distance[j - i]}{t \times i}$$

else

$$relative_velocity = \frac{distance - distance[j - i + N]}{t \times i} \quad (4)$$

relative_velocity: 상대 속도

distance: 현재 초음파 센서에서 읽어온 거리 값

distance[]: 초음파 센서에서 올라온 거리 값을 저장하는 배열

i: 현재부터 i번째 뒤에 있는 거리 값의 배열을 본다.

j: 초음파 센서에서 올라온 거리 값의 순서

t: 거리가 올라오는 단위시간 0.2초

N: 배열의 크기. 배열에 따라 거리 값을 다 채우면, 다시 처음부터 채운다.

이 방법을 사용해서 거리 값을 계산하면 어느 정도 안정된 거리 값을 구할 수 있으므로, 상대속도가 크게 변하는 것을 막을 수 있다. 본 논문에서는 1초 앞의 데이터를 사용하였다.

4. 사각 및 후측방 영역 경보 제어 알고리즘

4.1 사각영역의 경보 알고리즘과 경보 발생상황의 설정 및 제어

경보의 1차 조건은 Fig. 8와 같이 자차 속도가 10km/h를 초과하고, 사각영역 2m이하에서 포착되는 물체 중에서 상대속도가 -1~1m/s사이인 것을 대상으로 한다. 그리고 경보의 2차 조건은 1차 조건의 상태로 0.6ms초과하여 지속될 때를 말한다. 1차 경보 조건과 2차 경보 조건을 모두 만족해야만 경보가 작동한다. 그러나 상기 조건 중 하나라도 만족하지 못하면, 경보는 해제되며, 조건을 만족하더라도 5초 이상 경보조건이 계속 유지된다면 이는 중앙분리대와 같은 지속적으로 나타나는 물체로 보고 경보를 해제한다.

상대속도 필터링 경보 알고리즘은 차속이 10km/h 일 때 초음파센서를 작동시켜 거리를 측정하고 이를 토대로 상대속도를 연산하여 상대속도가 -1~1m/s사이인 상태가 0.6ms 초과하여 지속될 때

경보를 하고 그 조건을 만족하면 적색 LED 경보를 하고 그렇지 않으면 경보를 하지 않는다. 다만 경보조건을 만족하고 경보시간이 5초 이상이 되면 적색 LED를 OFF하여 위험 상태를 나타내지 않는다. 이러한 과정은 무한 반복되어 계속 시행한다.

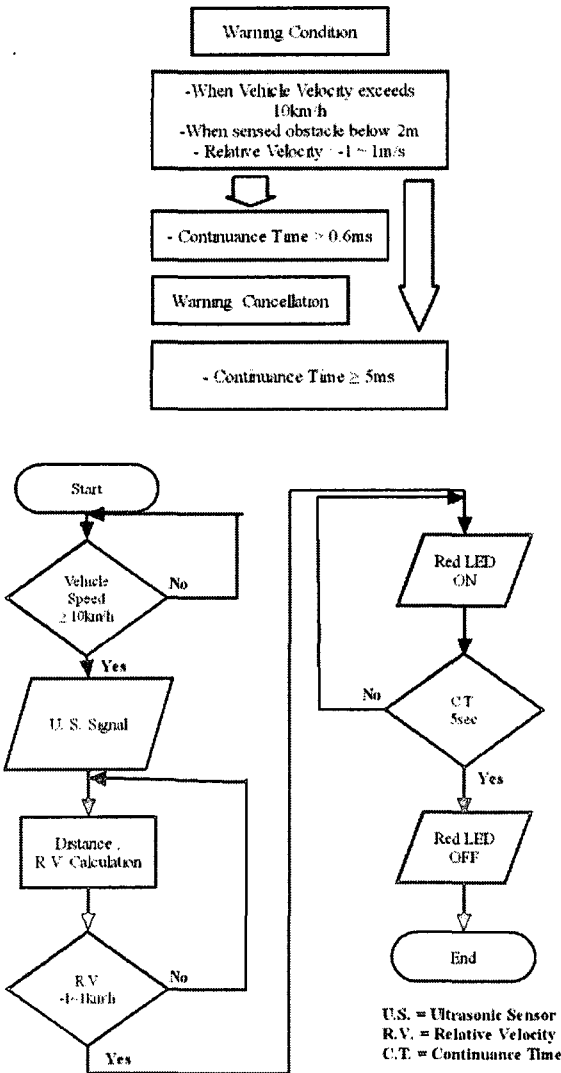


Fig. 8 Warning conditions and flow chart of the warning

4.2 후측방 영역의 경보 알고리즘

Fig. 9와 같이 조향각 센서를 통해 조향 방향을

감지하고 차속이 10km/h이상이면 좌우 방향의 후측방 영역의 초음파 센서를 작동 시킨다. 초음파 센서로부터 거리 값과 상대속도를 연산하여 퍼지 제어기에 입력시킨다. 그리고 위험도에 따른 출력 값을 도출한다.

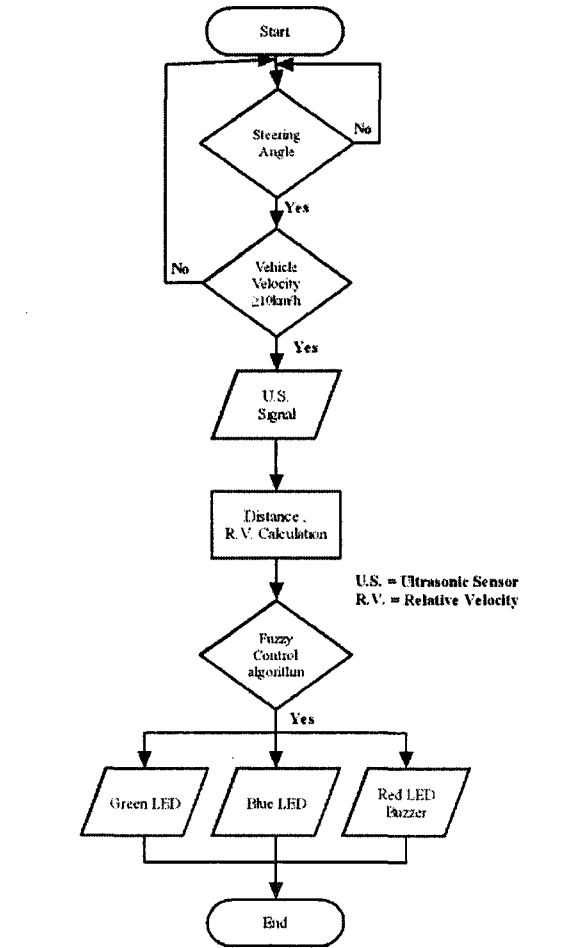


Fig. 9 Flow chart of warning for the rear lateral area

4.2.1 퍼지 도입부(Fuzzification)

제어기 입력변수의 값을 측정한다. 입력 변수 값의 영역(range)을 이에 대응되는 전체집합으로 사상(mapping) 시킨다. 입력값의 퍼지화를 수행한다. 그리고 멤버쉽함수의 형태를 결정한다. 본 논문에서 멤버쉽의 영역설정은 일반인이 보통 생각하는 값을 으로 정하였다. 멤버쉽 함수 형태 중 삼각형과 사다리꼴을 적절히 섞어 사용하였다.(Fig.10)

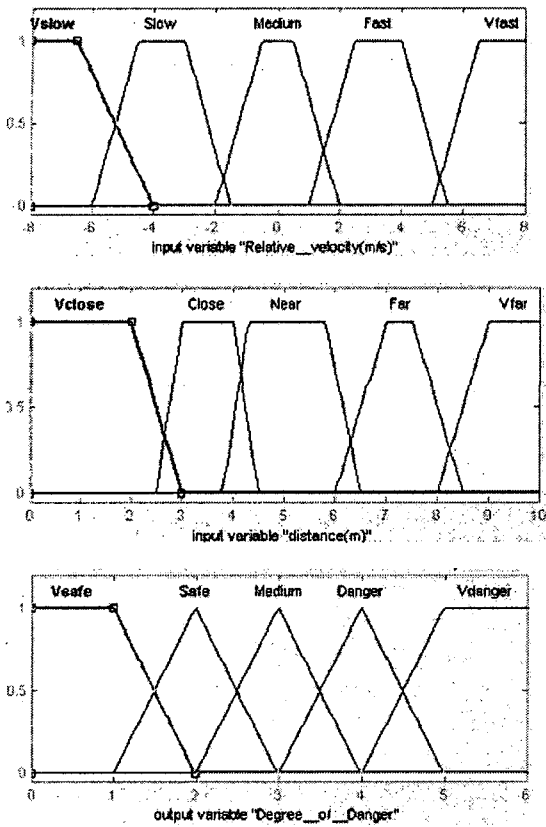


Fig. 10 Membership functions for the fuzzy inference

Table 5 Rule base for the fuzzy inference

Distance between cars \ Relative Velocity	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

삼각형과 사다리꼴을 혼용해서 사용했는데 다른 형에 비해서 계산량이 적기 때문입니다. 삼각형 보다는 사다리꼴형이 멤버쉽을 나타내는 범위를 좀 더 유연성 있게 나타낼 수 있다. 또한 메모리 공간 사이의 타협이 가능한데, 4byte로 표현되기 때문에 8bit 마이크로 컨트롤러에서 메모리의 낭비를 줄이기 쉽다.¹⁴ 또한 프로그래밍 시에 퍼지 입력력 값에 해당하는 부분들을 모두 상수로 등록해서 실제로 연산 시는 이들 사이의 입력 값을 알면 별도의 계산 없이 바로 출력 값을 도출할 수 있도록 프로그래밍 하여야 시스템 부하를 줄일 수 있다.

4.2.2 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.

4.2.3 퍼지 추론(Fuzzy Inference)

퍼지 제어기에서 언어적인 형태로 기술된 퍼지 제어규칙을 적용하기 위해서는 논리적인 실행과정이 필요하다. 이를 퍼지 추론 과정이라 하며, 퍼지 논리와 근사추론(Approximating Reasoning)이 바탕이 된다. 퍼지 논리 제어기에서의 추론은 제어규칙의 데이터로부터의 일반화된 연역추론이 된다. 퍼지화 추론방법은 Mamdani의 Max-Min 방법과 Max-Product 방법이 많이 사용된다. 본 논문에서는 Mamdani의 Max-Min 방법을 사용하였다. 이 방법은 일반적으로 많이 사용하며 퍼지 제어 규칙 추론 적용이 용이하다.

4.2.4 비퍼지화(Defuzzification)

퍼지제어의 퍼지 추론결과는 제어입력 전체 집합에 정의된 퍼지집합으로 출력된다. 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 중심법(Center of Gravity)이 있다. 본 논문에서는 무게 중심법을 사용하고 이 방법은 직관적으로 가장 합리적이고, 타당해 보이는 방법이다.¹⁵

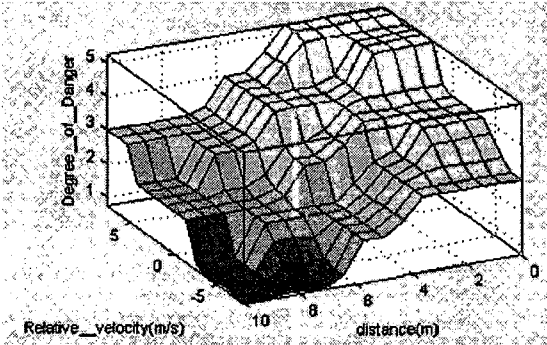


Fig.11 Fuzzy logic decision map

4.2.5 경보의 제어

퍼지의 비퍼지화를 통해 구해진 크리슈 값은 제어기에 사용되는 제어 값이므로 LED에 바로 적용은 불가능하므로 Table 6와 같이 영역을 나눠서 안전은 초록색으로 보통은 노란색으로 위험은 빨간색 LED로 나타내고 Buzzer를 사용한다.

Table 6 Classification of the degree of danger

classification Deg. of Danger	LED color	Buzzer
$0.x \leq D \leq 2$	Green(Safety)	X
$2 < D < 3$	Yellow(Normal)	X
$4 \leq D$	Red(Danger)	O

5. 후측방 경보 장치의 성능 평가

5.1 센서의 장착 위치와 방향

초음파 센서는 Fig 12과 같이 초음파 센서 각도의 세팅은 타깃 차량의 펜더 및 범퍼 하단부를 반사면으로 보고 사각 영역의 초음파 센서는 수직에서 5° 후퇴시킨 상태로 장착하고 후측방 초음파 센서는 수평에서 20°가 되도록 장착하였다.

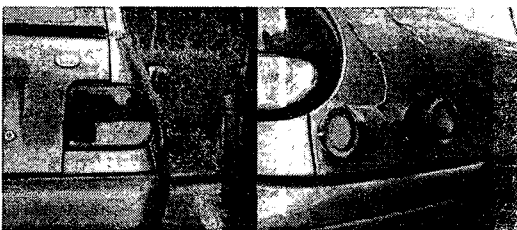


Fig.12 Position and direction of the sensors

5.2 실험 영역 및 방법

5.2.1 사각 영역의 실험

실험은 일반 경보장치와 상대속도 필터링이 적용된 경보 장치를 비교하여 서로의 실험 결과를 비교하였다. 첫 번째 장소는 가로수가 있는 도로의 마지막 차선에서 가로수에 대한 필터링 여부를 테스트 하였고, 두 번째 장소는 중앙분리대와 중앙 분리봉이 있는 도로의 1차선을 주행하였고, 세 번째 장소는 반대편 차선에 지나가는 차량이나 교통 시설에 대한 필터링 테스트를 실시하고 마지막에는 일반 편도 3차선 도로에서 일반 주행하면서 경보 여부를 테스트하였다. 비교 모델은 상대속도 알고리즘을 적용한 모델과 단순히 2m의 경보 영역에 들어오면 무조건 경보하는 모델로 정하였다. 또한, 실험 당일 날씨는 흐리고 비가 와서 초음파 센서의 수신 성능에 대한 평가도 병행 할 수 있었다.

5.2.2 후측방 영역의 실험

후측방 영역의 실험은 일반 도로 주행시에는 실험에서 의도하는 다양한 거리 변화를 얻을 수 없었다. 따라서 후방에 타깃 차량을 이용하여 의도적으로 타깃 차량을 자차에 처음에 빠르게 접근했다가 멀어지게 하거나 혹은 천천히 접근했다가 빨리 멀어지게 움직이도록 하여 다양한 거리 변화와 상대속도 변화를 주어 실험하였다. 또한 임의의 주행 실험을 통해서 실제 차량 주행시에 후방 차량과의 상대속도와 거리에 따른 지능적 위험도 산출하게 된다.

5.3 실험 결과

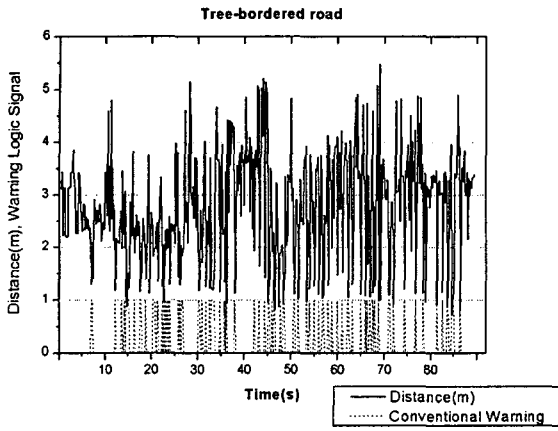
5.3.1 사각 영역

① 가로수가 있는 3차선 도로

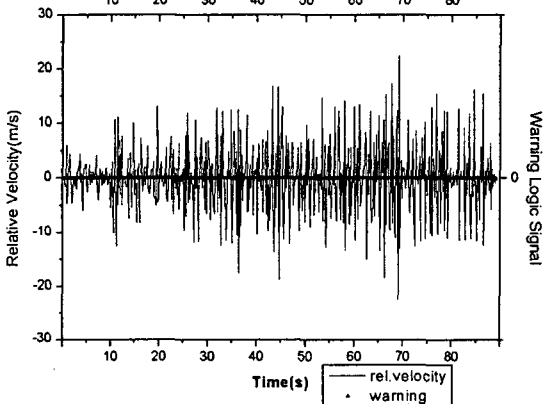
① 내리막 도로

가로수가 있는 도로의 마지막 차선에서 내리막길의 가로수의 필터링 여부를 테스트하였다. Fig 13의 (a)와 같이 상대속도 필터링을 하지 않고 2m의 경보영역에 들어오면 무조건 경보하는 장치의 경우 가로수에 의한 무효한 경보가 많이 발생함을 알 수 있다. 반면에 (b)의 상대속도 필터링 알고리즘을 적용한 시스템의 경우 모든 가로수에 대해서 필터링된 결과를 보여 주었다.

Fig.13의 Warning signal은 로직상 1일때 경보가 ON 되는 것이고 0일때는 OFF된다.(이하 동일)



(a)

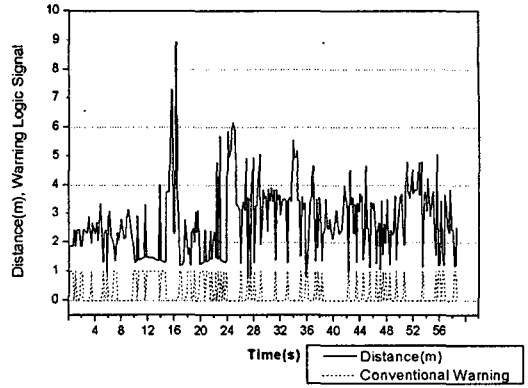


(b)

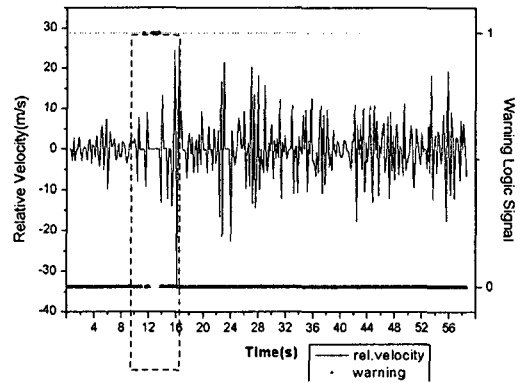


(c)

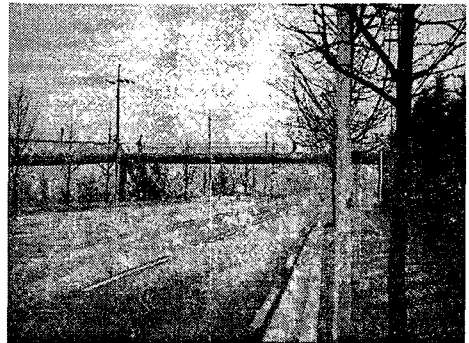
Fig.13 Signals on a downhill road with street tree
 (a) Conventional warning device
 (b) Device with relative velocity filtering
 (c) Tree-bordered road



(a)



(b)



(c)

Fig.14 Signals on a uphill road with street tree
 (a) Conventional warning device
 (b) Device with relative velocity filtering
 (c) The road which is the pedestrian bridge

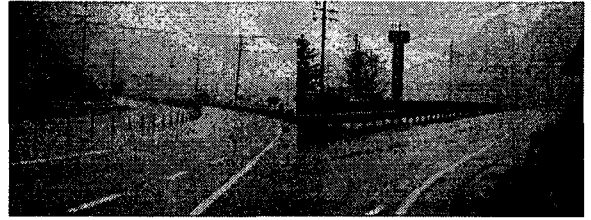
㉠ 오르막 도로

Fig 14의 (a)의 경우 10초와 14초 구간에는 육교가 존재하여 비교적 경보시간이 길게 나왔고 전반

적으로 가로수에 대한 무효 경보가 많았다. 반면에 상대속도 필터링이 적용된 (b)의 경우 가로수 부분은 모두 필터링 하였다. 하지만 육교시설에 대해서는 필터링 되지 않고 경보가 되었다. (c)의 육교가 계단형식이 아닌 경사도로 형태로 연결돼 있어서 경보영역에 탐지되는 시간이 길어진 것이 원인이었다. 교통시설에 따라서 모든 시설을 인지하고 필터링 하는 일은 매우 어려운 일이며, 단지 위와 같은 특수 시설의 경우 그 빈도가 크지 않으므로 시스템의 성능에는 큰 장애가 되지 않는다.

② 중앙분리대 설치도로

Fig 15의 (c)와 같이 처음 중앙 분리대가 시작되다가 나중에 중앙 분리봉이 설치된 도로이다. Fig 15 (a)는 계속적으로 경보를 울리고 있으며, 중앙 분리봉 영역에서 거리차가 발생하여 경보가 간헐적으로 끊기는 모습을 볼 수 있다. 반면에 (b)의 경우에는 중앙분리대는 경보의 대상으로 인식하여 초기 5초간 경보하다가 다음 경보 조건이 나올 때 까지



(c)

Fig. 15 Signals on a road with a median strip

(a) Conventional warning device

(b) Device with relative velocity filtering

(c) The road which is a median strip

해지 상태로 대기하였다. 또한 중앙 분리봉 영역에서는 완벽히 필터링되는 모습을 알 수 있었다.

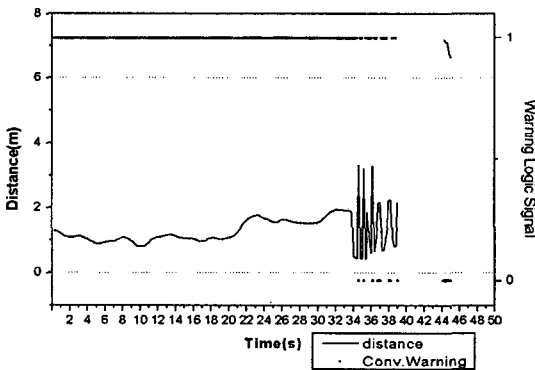
③ 반대 차선의 장애물과 차량

Fig 16의 (a)는 반대편 1차로를 달리는 차량에 대해서 간헐적으로 경보가 울린다. 반면에 (b)는 반대편 차선에 대해서 완벽한 필터링을 보여주었다.

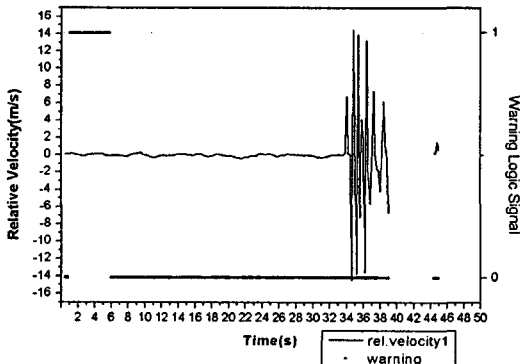
만약, 양방향 교통 정체가 되어 반대편 차로에 차량이 있더라도 자차 속도가 10km/h이하이면 알고리즘에 따라 경보가 작동하지 않는다.

④ 일반 주행시

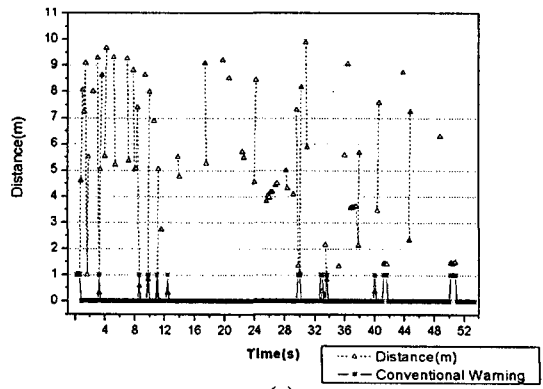
Fig 17은 일반 주행 시의 두 모델을 비교한 것으로 상대 속도 필터링 알고리즘을 적용한 쪽이 좀 더 유효한 경보(사각 영역에 비교적 오랫동안 머무는 물체)를 보여 주었다. 즉, 운전자가 파악하기 힘든 위험 지역에 있는 물체를 보다 실질적으로 위험한 상태에 있다는 것을 알려주게 된다.



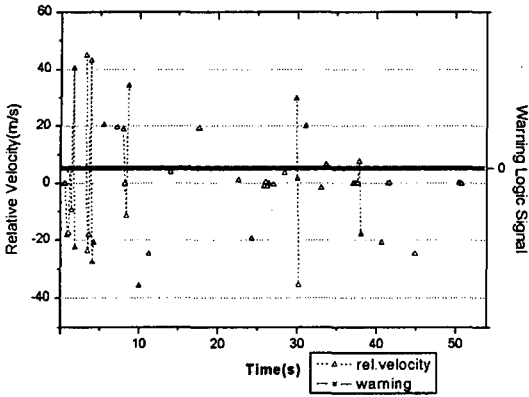
(a)



(b)



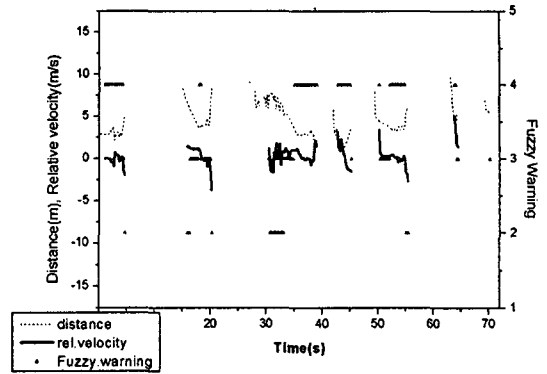
(a)



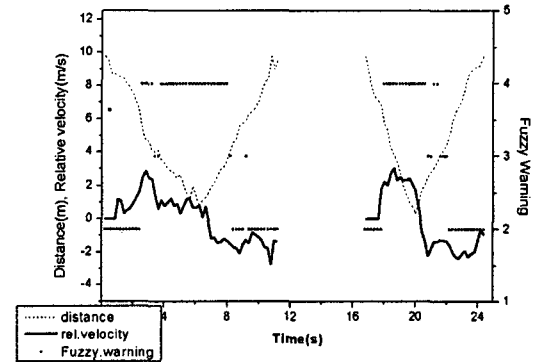
(b)

Fig.16 Signals with obstacles in opposite direction
 (a) Conventional warning device
 (b) Device with relative velocity filtering

5.3.2 후측방 영역

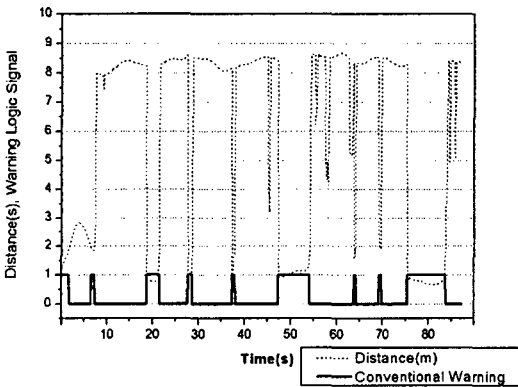


(a)

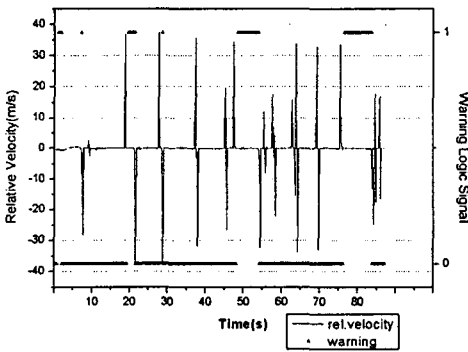


(b)

Fig.18 Experiment with
 (a) Artificially closing target vehicle
 (b) Random navigation



(a)



(b)

Fig.17 Signals by common navigation
 (a) Conventional warning device
 (b) Device with relative velocity filtering

타깃 차량을 이용한 실험(a)과 임의 주행 실험 (b)은 Fig 18에서 보는 바와 같이 (a)의 경우에 자차는 30km/h의 일정한 속도로 이동하고 타깃 차량이 접근했다가 다시 멀어지는 것을 2번 하게 된다. 3초대의 영역은 거리는 멀지만 상대속도가 빨라서 위험 경보(위험도 4이상)가 생겼고, 6초 근방에서는 상대속도가 자차와 비슷하게 나왔지만 거리가 너무 가까워서 위험경보를 하게 된다. 8~12초 구간은 차간거리가 점점 멀어져서 상대속도도 감소하므로, 안전 신호(위험도 0~2)가 나타났다. (b)는 35초에서 40초 구간은 거리가 가까우면서 상대속도는 약간 증가하는 상태라서 위험경보를 보내고 있다. 따라서 차량이 접근한 후 지나쳐가는 것을 알 수 있다. 위 실험을 통해 후측방 영역에서 후방 차량의 차간거리와 상대속도에 따른 위험도를 산출할 수 있었

다. 따라서 차선 변경시의 차량의 접근에 따른 위험도에 따라 운전자에게 경보를 해주어 차선 변경시 안전한 주행이 가능하도록 해준다.

6. 결론 및 고찰

다수의 초음파 센서를 초음파의 특성에 맞춰 장착하고 차량의 후측방 영역을 사각영역과 후측방 영역으로 나눠 각기 상대속도 필터링과 퍼지 알고리즘을 적용하여 무효한 경보를 필터링하고 적절한 위험도 산출로 지능적인 경보를 할 수 있음을 실차 실험을 통해 검증할 수 있었다. 초음파센서의 특성으로 인해 상대속도 30Km/h이상에 대해서는 제대로 데이터를 받을 수 없지만 대부분의 영역에서 이러한 조건은 필터링 조건에 해당하므로 큰 문제는 되지 않는다. 또한 도로의 정확한 상황 파악은 할 수 없고, 모든 도로의 영역에 적용하기는 어렵다는 문제가 있지만 제한 조건과 같이 중 저속의 시내 도로에서는 적용하는데 무리가 없을 것이다.

향후, 다른 여러 센서와의 퓨전(fusion)을 꾀한다면 보다 다양한 상황과 조건에서도 정확한 경보가 가능할 것이다. 또한 다른 ASV(Advanced Safety Vehicle)시스템과 연계하여 보다 효율적인 차량 안전 시스템을 구축 할 수 있을 것이다.

후기

이 논문은 2004학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임

참고문헌

1. "Car Accident loss 8,389 billion won in 2002," Mail Business Newspaper, 2004-05-02.
<http://news.empas.com/>
2. "Car Accident statistics," Road Traffic Authority,
<http://www.rtsa.or.kr/>
3. "Developing device to detect vehicle blind area,"
http://www.iae.re.kr/news/nfi007/n2a_7_2.htm
4. "Radar Traffic Environment Sensing(RTES)," Valeo, <http://www.mando.co.kr/>
5. Nieto, A. and Dagdelen, K., "Development and Testing of a Vehicle Collision Avoidance System Based on GPS and Wireless Networks for Open-Pit

- Mines," Colorado school of Mines
<http://www.mines.edu/>
6. Gavril, M. D., Kunert, M. and Lages, U., "A multi-sensor approach for the protection of vulnerable traffic participants," IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Budapest, 2001.
7. Jo, D. W., "A Study on the Shape Reconstruction of an Object Using Ultrasonic Sensors," Postech Department of Mechanical Engineering, pp. 12, 1994.
8. Song, K. T. and Chen, C. H., "Design and experimental study of an ultrasonic sensor system for lateral collision avoidance at low speeds," IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 647 - 652, 2004.
9. Ryu, S. H., "Development of a Collision Detection System," Mando Corporation, pp.32-33, 1994.
<http://www.yeskisti.net/>
10. "ECS," Mando Quality Assurance Team,
<http://www.mando.com/>
11. "Wave-form of Vehicle Velocity Sensor,"
<http://masters.nex-tek.com/>
12. "SE-600-I : Industrial Ultrasonic sensor Module,"
<http://www.robot.or.kr>
13. Jo, J. C., "Development of adaptive intelligent cruise control system," Korea University, pp.32-33, 1998.
14. Sibigtroth, J. M., "Fuzzy logic for small microcontrollers," WESCON/93. Conference Record, pp. 532-535, 1993.
15. Kim, S. C., "A Study on Collision Avoidance system of Vehicle using Fuzzy Control Algorithms," Dong-a University, pp. 28-47, 2002.