

퍼지 논리에 기반한 차량 충돌 경보 알고리즘 New Vehicle Collision Warning Algorithm Based On Fuzzy Logic

김 선 호*, 오 세 영*
Sun-Ho Kim, Se-Young Oh

ABSTRACT

Traffic accidents are normally caused by late or faulty judgements due to the driver's inaccurate estimation of the distance, velocity, and acceleration from the surrounding vehicles as well as his carelessness or inattention. Thus, the development of collision avoidance systems is motivated by their great potential for increased vehicle safety. A typical collision avoidance system consists of the forward-looking sensor, the criteria for activation of collision warning and avoidance, the collision avoidance maneuvers, and the user interface. This thesis is concerned with the development of a collision warning algorithm in which the driver is warned of approaching collision with the visual and/or the audible signals. The warning algorithm based on fuzzy logic is presented here based on new warning criteria. It has been newly derived from the conventional warning equation by adding a new input variable of the required deceleration to avoid collision. The algorithm is also able to adapt to the individual driver's taste along with the different road conditions by externally controlling the warning intensity. Finally, the proposed algorithm has been validated using computer simulation.

주요기술용어 : Vehicle Safety(차량안전), Collision Warning(충돌경보), Warning Distance(경보 거리), Warning Intensity(경보세기), Time-to-Collision(충돌예상시간), Fuzzy Logic(퍼지논리)

1. 서 론

현대 산업사회의 발달과 인구의 증가는 교통 자원에 대한 수요를 증가 시키고 있으며, 이에 대한 대처 방안으로 지능형 교통 시스템 (ITS) 에

대한 연구가 미국, 유럽, 일본을 중심으로 선진 국에서 활발히 진행되고 있다. ITS의 세부 과제 중 능동형 안전 시스템의 개발 분야는 가까운 장 래에 널리 상용화될 것으로 기대되어 활발히 연 구되고 있다. 특히 본 논문의 연구 주제인 충돌 위험 경보 시스템을 차량에 부착하여 기대할 수 있는 효과에 대하여 Michigan대학[1]은 실제 차 량 충돌 사고에 대한 데이터를 이용하여 Monte

* 정회원, 포항공대 전자전기공학과

-Carlo 시뮬레이션 실험을 했다. 그 결과 충돌 경보 시스템을 장착했을 때 충돌하는 횟수가 감소하고 충돌 후의 피해도 감소하며 급감속하는 경우가 줄어들어 운전이 편안하게 된다는 시뮬레이션 결과를 발표하였다. 위 실험은 단순히 충돌 경보를 운전자에게 발생하여 운전자가 위험상황에서 조금 일찍 반응하게 되었을 때 나타나는 효과이다. 그들은 60%의 후방 충돌 사고는 운전자가 0.5초 일찍 반응했다면 발생하지 않았을 것이라는 분석을 내리고 있다.

이미 선진국에서 운전자의 감지 능력을 향상시켜 사고가 발생하기 이전에 대비하도록 하거나 운전자의 능력으로 충돌을 회피하기 힘든 경우에 자동 감속하거나 차선 변경하여 충돌을 회피하는 연구가 진행되고 있으며 이미 제품으로 개발되어 차량에 장착되어 이용되기도 했다. 간략히 그 연구 현황을 살펴보자.

기존의 차량 충돌 회피에 대한 연구를 간략히 살펴본다. CMU[2]에서는 RALPH시스템과 MMW 레이더를 결합하여 전방의 장애물을 감지하고 이를 회피하는 연구를 수행했다. 비전 시스템을 이용하여 도로의 기하학적인 정보를 얻고 레이더로 전방 장애물의 거리와 속도를 획득한 후 주변 상황에 대해 위험 판단 후 장애물 회피를 위한 제어 명령을 컴퓨터가 발생한다. Eaton-VORAD[3]는 트럭이나 그레이하운드 버스 등에 장착하여 사용할 수 있는 충돌 경보용 레이더 제품을 개발했다. Gyro를 이용하여 차량의 진행방향을 결정한 후 레이더 감지영역을 차량의 주행경로로 제한하여 위험 장애물을 감지한 후 상황판단 알고리즘을 적용하여 충돌 위험을 경보한다. 유럽은 PROMETHEUS[4]라는 프로젝트를 수행하여 차량 안전을 위한 광범위한 이론 연구 및 실제 실험 등이 수행되었다. 안전거리와 충돌시간을 이용한 충돌 경보 알고리즘과 운전자의 시각 또는 청각, 촉각 등을 자극하는 경보 방법과의 조합 중 가장 성능이 좋은 조합을 찾는 연구도 컴퓨터 모의 실험을 통하여 연구되었다.

차량 충돌 경보 시스템은 후방 충돌이 발생할 가능성이 있는 위험상황을 센서 정보를 이용하여 판단하고 운전자에게 경보한다. 운전자는 충돌 방지 대처를 할 시간적 여유를 확보하여 위험을 회피하는 행동을 조기에 취할 수 있다. 본 논문은 차량충돌 위험경보 시스템의 중요한 구성요소인 경보 발생 알고리즘에 대한 연구이다. 기존의 충돌 위험 판단 기준은 두 차량간의 물리적인 정보만을 이용한다. 선행 차량과 후행 차량의 상대속도가 감소하는 상황에서 운전자가 충돌회피를 위하여 확보되어야 하는 안전 거리를 계산한 후 이를 센서로 실측된 거리와 비교하여 경보 여부를 결정한다. 즉 하나의 기준이 모든 운전자와 모든 외부 환경 변화에 적용되는 것이다. [5]에서 경보 발생 알고리즘에 운전자와 도로타이어 사이의 마찰력을 고려한 경보 알고리즘을 소개하였다. [5]와는 달리 본 논문의 Fuzzy Logic을 이용한 새로운 경보 알고리즘은 운전자와 외부 환경 변화에 따라 경보 발생을 조절할 수 있도록 설계되었다. 기존의 위험 판단 기준 중 안전거리 기준과 충돌 회피를 위해 요구되는 감속세기를 결합하여 하나의 위험 판단 기준을 구성하였다.

2장에서 차량 후방 충돌 사고의 발생과 원인, 차량 충돌 경보 시스템의 구성 요소와 각각에 대해 간략히 설명을 하고 3장에서는 기존의 충돌 경보 알고리즘에 대해 기술하고 Fuzzy Logic을 이용한 새로운 충돌 경보 알고리즘에 대하여 설명한다. 4장은 컴퓨터를 이용하여 소개된 Fuzzy Logic 경보 알고리즘에 대한 몇 가지 실험 결과를 설명하며 5장에서 결론을 기술한다.

2. 차량 충돌경보 시스템의 필요성과 구성요소

이장에서는 교통 사고 유형과 이중 본 논문에서 관심을 갖는 후방 충돌 사고의 통계적인 분석과 원인에 대하여 살펴본 후 충돌 회피 및 경보 시스템의 구성요소에 대하여 간략히 설명한다

2.1 사고 유형

주행 차량의 근접 장애물과의 충돌에 의한 교통 사고의 유형은 여러 가지가 있다. 아래 그림1은 사고의 대표적인 경우를 설명하고 있다.

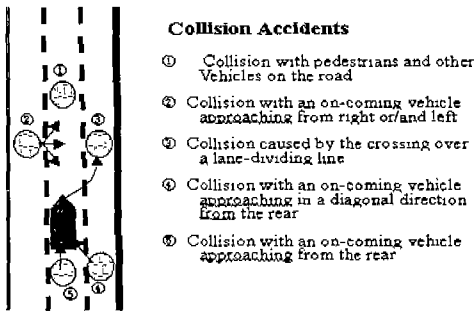


Fig.1 Type of Collision Accidents

①은 전방 장애물과의 충돌사고를 나타낸다. 운전자가 부주의하거나 혹은 앞차가 돌발적인 상황 발생으로 급감속하는 상황에서 일어날 수 있다. 본 연구는 이와 같은 경우를 대비하여 충돌 발생 전에 운전자의 주의를 환기시키기 위하여 운전자의 시각 또는 청각을 자극하는 경보시스템의 연구이다. ②는 끼어들기 상황에서 발생하는 사고를 설명한다. 이런 사고는 주행 차량보다 고속으로, 동일 속도로, 또는 저속으로 진입하는 경우에 운전자의 부주의나 판단 착오로 발생할 수 있다. ③은 운전자가 차선을 변경하는 경우로 의 경우와 반대되는 경우이다. ④와 ⑤는 차량의 대각선 방향과 후방에서 주행하는 차량에 의한 사고 유형이다.

앞에서 설명한 교통사고는 차량 근접에 위치한 장애물과의 충돌 사고 유형을 설명한 것으로 360도 전방향에서 충돌 위험이 있음을 알 수 있다. 하지만 교통 사고의 통계적 분석에 의하면 위의 모든 상황에서 사고의 발생율이 다르다. 다음 절에서 본 연구가 관심을 갖는 사고 유형이면서 교통 사고의 상당 부분을 차지하는 ①과 같은 Rear-End 충돌사고에 대하여 좀더 알아 보기로

한다.

2.2 후방(Rear-End) 차량 충돌사고의 발생과 원인

[6]의 Rear-End 충돌 사고의 통계적 분석과 원인을 인용하면 다음과 같다. Rear-End 충돌 사고의 통계적 분석에 따르면 동일 주행선상의 주행 차량이 선행 차량에 충돌하는 경우 주행 차량의 93%는 일정한 속도로 주행하고 있었으며 7%는 가속이나 감속을 하고 있었다. 이때 선행 차량은 44%가 충돌 전에 급감속하고 25%가 정지하고 있었으며 나머지 경우는 가속하거나 일정 속도로 주행하고 있었다. 위 분석에 따라 이 보고서는 크게 선행 차량이 급감속하는 경우와 정지해 있는 상황에 대하여 그 원인을 더 자세하게 분석하고 있다. 표1은 도로 표면 상태에 따른 앞의 두 가지 중요한 사고 상황이 차지하는 비율을 보여준다. 표면 상태에 따라 사고 발생 비율이 크게 변하고 있다. 즉 표1에서 도로 표면 상태가 Rear-End 충돌에서 중요한 변수임을 알 수 있다.

Table1 Percent Distribution of Roadway Surface Conditions

Roadway Surface Condition	Lead Vehicle Deceleration (LVD)	Lead Vehicle Not Moving (LVNM)
Dry	71.4	74.6
Wet/Snow/Ice	28.6	25.4

위와 같은 사고의 발생원인을 표2에서 통계적으로 분석하고 있다. 표2에 나타난 사고의 원인 중 본 연구에서 관심을 갖는 충돌 경보 시스템의 사고 방지 효과를 발휘할 항목들은 술이나 약물에 의한 원인을 제외하면 93.5% 정도이다. 운전자의 부주의나 방심이 사고의 주된 요인임을 알 수 있다. 위 결과는 실제 도로상의 교통 사고를 통계적으로 분류, 분석한 것이다.

Table 2 Percent Distribution of Crash Causal Factors

Causal Factor	LVD	LVNM
Inattention	45.5	64.3
Inattention/Following too Closely	16.2	2.5
External Distraction	9.8	12.4
Poor Judgement	9.3	8.0
Drivers Vision Obscured	6.7	1.2
Alcohol/Drug Involvement	4.3	2.3
Too Fast for Conditions	3.1	0.0
Internal Distractions	1.9	4.1
Disability	1.4	0.0
Inattention/Too Fast for Conditons	1.0	0.0
Encroachment	0.8	5.2

앞의 결과에 근거하여 충돌 경고 시스템이 갖는 사고 방지 효과에 대한 컴퓨터 모의 실험[6]을 하였다. 이에 이용된 충돌 경고 알고리즘은 안전 거리를 계산한 후 현재 거리와 비교해서 경고 발생 여부를 판단하여 총 사고의 47.7%가 방지되는 효과를 나타냈다고 한다. 물론 이러한 결과는 경보의 발생이 운전자가 느끼기에 적당하였는가에 대한 고려가 들어가지 않은 실험이었다.

[7]에서 비슷한 컴퓨터 모의 실험을 하였다. 마찬가지로 후방 (Rear-End) 충돌에 대한 충돌 방지 시스템의 효과를 설명하고 있다. 마찬가지로 차량 충돌 경고 시스템에 이용된 알고리즘은 운전자의 특성과는 상관없이 [6]의 방법과 비슷한 판단 기준을 이용하였다. [6][7]의 경우는 운동학적인 거리나 시간으로서 경보를 발생하였으나 운전자나 도로의 상태가 고려되지 않고 있다. 반대로 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 위와 같은 외부 환경 변화와 운전자의 특성을 고려하여 설계하였다.

앞에서 후방 충돌 사고의 통계적 분석과 원인, 그리고 컴퓨터 모의 실험을 통한 충돌 경고 시스템의 효과에 대하여 참고 문헌을 인용 설명하였다. 정리하면 사고 발생의 중요한 상황은 선행 차량이 정지한 경우 (LVNM) 와 선행 차량이 급

감속하는 경우 (LVD) 로 구분된다. 그리고 도로 표면 상태의 변화로 각각의 사고 발생률이 크게 영향을 받는다. 사고의 발생 원인 중 대부분은 충돌 위험 경보의 발생으로 방지할 수 있다는 컴퓨터 모의 실험 결과가 발표되었다.

충돌사고 발생의 원인은 운전자의 주의력 분산, 전방 차량에 대한 부정확한 거리, 속도 및 가속도에 근거한 잘못된 판단, 비나 안개에 의한 시계 불량 등을 들 수 있다. 앞의 원인에 의하여 위험상황을 인지하지 못하거나 위험을 뒤늦게 인지하였을 경우에 대비하여 센서 및 컴퓨터 기술을 이용하여 사전에 충돌 위험을 판단한 후 운전자에게 경보를 발생한다. 충돌 경고 시스템은 충돌 예방뿐만 아니라 가속과 감속의 정도가 작아져 편안하게 운전을 할 수 있도록 한다[7].

2.3 차량 충돌 위험 회피 시스템의 구성요소

이 절에서 일반적으로 생각할 수 있는 후방 충돌 위험 회피 시스템의 구성 요소를 살펴본다. 이 시스템은 크게 센서신호 처리, 충돌 위험 판단 알고리즘, 회피 제어, 운전자 인터페이스 등으로 구성된다. 표3은 각각의 구성요소에 대하여 간략히 설명하고 있다. 3장에서 설계되는 충돌 경고 알고리즘은 운전자의 특성에 따라 경보세기가 변화된다. 이것은 운전자와 경고 시스템 사이의 인터페이스를 고려했기 때문이다. 표3의 구성 요소 중 운전자 인터페이스 부분과 본 논문의 주제인 충돌 위험 판단 기준의 접근 방법들을 좀더 자세히 살펴본다.

먼저 충돌 경고 시스템은 운전 중에 운전자의 운전 조작에 방해가 되지 않도록 경보를 발생해야 한다. 즉, 성격이 다른 여러 운전자의 특성이 고려되어야 한다. 만약 위험 판단 기준을 보수적으로 설정하여 높은 빈도의 경보를 발생하게 되면 운전자의 경보에 대한 민감성이 저하되고 차후에는 경고 시스템을 이용하지 않거나 경보를 무시하게 된다. 즉 운전자는 경보가 운전에 방해가 된다고 느끼면 더 이상 시스템을 이용하지 않

게 된다. 반대로 경보 발생의 빈도가 낮으면 운전자는 위험상황 시 경보 시스템의 경보에 올바르게 대처할 수 있도록 경보음이나 경보표시등에 익숙하지 않게 되어 올바른 대처를 하지 못할 것이다. 또, 운전자마다 반응 시간이 다르다. 차량 충돌 경보 시스템의 관점에서 운전자의 운전 위험에 대한 반응시간은 중요한 요소이다. 즉 전방의 위험 물체를 인식하고 가속페달에서 발을 브레이크로 이동하여 급감속하는데 요구되는 시간은 운전자의 운동신경, 나이 등에 따라 다를 것이다. 반응시간이 느린 운전자를 기준으로 설계된 경보 알고리즘은 반응 시간이 빠른 사람한테 필요이상으로 경보를 발생할 수 있다.

Table3 Components of Rear-End Collision Avoidance

구 분	내 용
센 서	- MMW Radar/ Laser/ CCD
충돌 위험 판단 기준	- TTC(Time-To-Collision) - Worst-Case - 기타.
회피 제어	- ICC (Intelligent Cruise Control) - Hazard Warning - Automatic Vehicle Control - Brake/ Steering Control
운전자 인터페이스	- Visual Head-Up Displays - Audio/ Video Signals - Haptic Devices

차량 충돌 경보 발생에 이용되는 판단 기준들에 대하여 간단히 살펴보자. 아래에 사용되는 방법들을 분류하여 기술하였다.

- (1) 주변 물체들에 대한 거리와 상대 속도에 근거
 - TTC(Time To Collision)
 - Worst Case(동일 주행 차선의 차가 급정지)를 고려한 판단
- (2) 주변 차량의 거리, 상대 속도 및 운전자 모

델을 고려

(3) 주변 상황을 미리 정의한 Rule에 근거하여 위험 판단.

(1)항의 방법은 차량간의 상대 운동에 근거한다. 센서로부터 얻어지는 물체에 대한 거리와 상대속도를 이용하여 선행 차량까지의 거리나 충돌 시간에 임계값을 정해서 위험여부를 판단하는 것이다. 두 가지의 예를 들었는데 이의 간략한 정의를 내리면 다음과 같다.

- TTC(Time To Collision)
동일 주행 차선 상에서 측정된 거리에 위치한 장애물을 현재의 상대 속도로 주행시 예상되는 충돌까지의 시간을 측정하여 기준 시간보다 작으면 위험한 상황으로 판단한다.
- Worst Case를 고려한 판단
동일 주행 차선상의 전방 차량이 갑자기 최대 감속하여 정지하는 상황시 운전자의 반응 시간과 브레이크 작동에 필요한 시간을 고려하여 충돌이 발생하기 전까지의 거리를 기준으로 측정된 거리를 비교하여 위험 상황을 판단한다.

위 두 가지 방법 중 후자의 경우를 4장에서 새로 제안하는 Fuzzy Logic을 이용한 충돌 경보 알고리즘의 설명 시 좀더 자세히 설명하겠다. (2)항의 경우는 (1)항에 운전자 모델을 첨가하여 판단의 기준을 운전자에 따라 달리 설정하는 것을 뜻한다. 즉 정상적인 상태에서 운전자의 운전 습관에 대한 모델을 정하고 이를 근거로 운전자의 피로나 부주의로 발생하는 상황을 감지해서 위험에 대비한다는 것이다. [8]의 연구 논문에서는 실제로 운전자의 정상적 운전 습관을 accelerator의 시간적인 변화에 근거하여 모델한 후에 운전자의 평소와 다른 운전 행동을 감지하는 연구를 하였다. (3)항의 주변상황을 미리 정의한 룰에 근거하여 판단하는 방법은 [9]의 논문에서 시

도되었다. 도로 상황에 대한 모델을 만들고 그 상황에서 일어날 수 있는 모든 경우에 대하여 미리 위험여부를 판단하여 필요한 회피제어까지 포함하여 룰로 저장한다. 센서 정보를 이용하여 현재 상황이 저장된 위험 판단 룰들 중 가장 근접하게 매치되는 것을 검색하여 찾은 후 그 룰에 따른 Action을 하게 된다.

3. Fuzzy System을 이용한 충돌 경보 알고리즘의 설계

그림2는 충돌 위험 경보 알고리즘을 설계하는데 고려한 점을 나타내고 있다. 그림2의 오경보는 운전자와의 관계에 의해서 정해진다. 충돌 경보 알고리즘이 매우 보수적으로 설계되어 일반적인 운전 환경 중에 빈번한 경보를 발생한다면 운전을 방해하고 운전자가 외면하는 상황이 발생할 수 있다. 경보 발생의 순간을 외부환경의 변화에 의존하여 조절하게 한 것은 표1의 충돌 사고 분석 결과에 근거한다. 즉 도로와 타이어 사이의 마찰력 변화를 충돌 경보 순간의 조절에 이용자는 것이 주된 아이디어이다. 현재는 실질적으로 그 마찰력을 측정할 수 있는 센서가 없기 때문에 외부에서 운전자가 조절하게 하도록 설계한다. 또한 운전자의 특성에 따라 경보 순간을 변하게 함으로써 운전자가 실질적으로 느끼는 오경보 발생률을 최소화할 수 있도록 한다. 운전습관이 적극적인 운전자와 소극적인 운전자에 따라 외부에서 운전자가 조절하게 하는 것이다. 마지막으로 운전자에게 주어지는 경보 방법에 대한 설계는 경보 알고리즘과 매우 밀접한 관계가 있다. 경보 알고리즘이 위험 판단을 한 후 효과적으로 운전자를 자극해야 한다. 위와 같은 설계 기준에 근거하여 앞으로 Fuzzy-Logic에 근거한 충돌 경보 알고리즘을 설계한 방법에 대하여 자세히 살펴본다.

3.1 기존 충돌 알고리즘의 분석

두 차량간의 상대 거리와 상대 속도 및 주행차

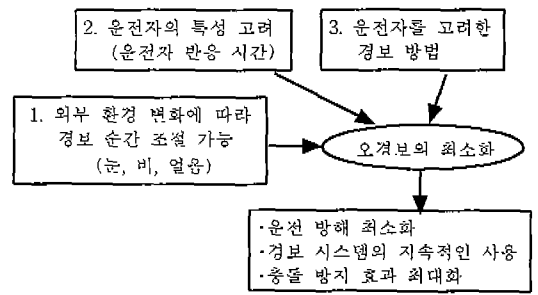


Fig.2 Design Criteria of Collision Warning Algorithm

량의 속도 등에 근거한 위험 판단 기준은 현재 두 차량간의 상태에서 객관적인 판단 기준이 될 것이다. 기존의 충돌 판단 기준은 형태는 약간씩 다르지만 상대 거리와 선행 차량의 속도, 주행 차량의 속도의 관계에 의해 계산된 안전거리를 실제 거리와 비교하여 충돌 여부를 판단한다.

[10]에서는 거리 패턴을 관측하여 두 가지 Mode로 구분한 후 각각의 경우 판단 기준을 달리하였다. 선행차량과 같은 속도로 주행하거나 선행 차량이 정지한 경우는 경보 거리를 식1에 의해 계산한다.

$$D_w = \frac{1}{2} \left(\frac{v_f^2}{a_f} - \frac{v_p^2}{a_p} \right) + v_f \cdot T_d + (v_p - v_f) \cdot T_r \quad (1)$$

만약, 선행 차량이 감속하는 것이 거리 패턴에서 관측되면 현 속도에서 전방에 장애물이 있는 경우 운전자가 브레이크를 밟기 시작하는 거리 (D_w)를 경보 거리로 계산한다. 여기서 T_d 은 주행 차량이 감속하는 시간이며 T_r 는 운전자가 위험을 인식하고 발을 브레이크로 이동하여 일정 감속까지 걸린 시간이다. v_f , a_f 는 주행차량의 속도와 감속도이며 v_p , a_p 는 선행차량의 속도와 감속도이다. D_w 는 안전 거리이다. 즉 실측된 실제거리가 D_w 보다 작으면 경보하는 것이다.

또한 [11]에서는 컴퓨터 모의 실험에서 식2와 3에서처럼 조금 다른 형태의 D_w 식을 사용하였다.

$$D_w = \frac{v_f^2 - v_p^2}{2 \cdot 0.35 \cdot 9.8} + v_f \cdot T_r + 6.6 \quad (2)$$

$$D_w = \frac{1}{2} \left(\frac{v_f^2}{a_f} - \frac{v_p^2}{a_p} \right) + v_f \cdot T_r \quad (3)$$

즉 선행 차량이 가정된 감속도(a_p) 이상으로 감속하는 경우 운전자가 반응시간 (T_r) 동안 차량의 감속도를 a_f 까지 올려 사고를 방지하는 상황을 설명하고 있다. 이때 선행 차량의 감속으로 인한 거리를 배제한다. 운전자의 반응 시간은 운전자가 상황을 인식하고 브레이크 페달에 발을 옮겨 놓고 감속을 시작하여 최대 감속에 이르게 될 때까지 걸리는 시간이다.

식1, 2, 3 에 공통적으로 운전자의 반응 시간이 나타난다. 앞서 설명한 것처럼 차량 충돌 회피를 위해 주행 차량이 가능한 최대 감속하기까지 운전자의 행동과 차량의 감속시 지연되는 시간을 고려한 시간을 말한다. 운전자의 반응 시간은 Log-normal의 확률 분포를 갖는다[11]. 운전자의 반응 시간을 단계별로 구분하고 계산한 충돌 위험 정도에 따라 운전자의 시각을 자극하는 경보에서 청각을 자극하도록 단계적으로 경보를 발생하여 운전자로 하여금 충돌 경보 시스템으로부터 오는 경보 위험에 적응토록 하는 방법도 연구되었다[5][6].

다음으로 [5]의 논문에서 소개된 차량 충돌 회피 및 경보 알고리즘에 대하여 살펴보자. 이 논문은 차량충돌 위험의 경보뿐만 아니라 충돌회피에 대한 알고리즘을 제안하고 있다. 주목해야 할 점은 경보 및 회피의 기준이 운전자 및 노면 상태에 따라 변화되어야 한다는 점이다. 본 논문은 운전자에게 충돌위험 경보만을 발생하여 충돌을 방지하는 단계에 필요한 알고리즘을 제안한다. 따라서, [5]의 논문에서 제안한 알고리즘과는 적용 대상이 다르지만 운전자 및 노면 상태의 변화에 대처하는 알고리즘을 제안하는 점에서는 공통점이 있다.

식4, 식5는 각각 warning distance (D_w) 와 brake distance (D_{br})를 계산한다.

$$D_w = \frac{1}{2} \left(\frac{v^2}{\alpha} - \frac{v_p^2}{\alpha} \right) + v \cdot \tau + d_o \quad (4)$$

$$D_{br} = (v - v_p) \times (\tau_{sys} + \tau_{hum}) + 0.5 \times a_2 (\tau_{sys} + \tau_{hum})^2 \quad (5)$$

D_w 는 경보를 발생하기 시작하는 거리이며 D_{br} 은 운전자의 운전조작으로는 더 이상 회피가 불가능한 경우 자동으로 브레이크를 제동하여 충돌을 회피하기 위한 기준이 되는 거리이다. 식4, 5 에서 α 는 선행 차량과 주행차량의 최대 감속도, τ ($= \tau_{sys} + \tau_{hum}$) 는 운전자와 시스템에 의한 지연, d_o 는 headway offset 이다.

위와 같이 계산된 두 값을 이용하여 식6과 같은 경보 수준을 계산하여 W의 값에 따라 경보발생 및 자동충돌회피를 위한 급브레이크 조작을 하게된다.

$$W = \frac{D - D_{br}}{D_w - D_{br}} \quad (6)$$

여기서 그들은 아래 식7과 같은 식으로 외부에서 운전자의 조절에 따라, 도로와 차량의 타이어 사이에서 추정된 마찰력에 따라 D_w , D_{br} 을 조절함으로써 경보의 순간과 세기를 조절한다.

$$\begin{cases} D_{w, scaled} = D_w \cdot f(\mu) \cdot g(driver) \\ D_{br, scaled} = D_{br} \cdot f(\mu) \cdot g(driver) \end{cases} \quad (7)$$

식7 에서 μ 는 tire-road friction이고, g 는 운전자가 선택할 수 있는 파라미터이다. 이들은 μ 의 값을 측정할 수 있는 센서를 직접 이용한다는 것을 가정하고 있다. 그러므로 외부에서 운전자가 조절하는 변수는 하나이다. 위 식에서 f , g 는 최소값과 최대값 사이에서 f 는 센서에 의해 추정된 마찰계수에 의해, g 는 운전자의 특성에 따라 운전자에 의해 조절되는 함수이다.

위에서 설명한 것과 같이 경보의 발생이 운전자에 따라, 외부 환경의 변화에 따라 다르게 계산되는 점은 이 논문에서 새롭게 제안하는 경보 알고리즘과 같다. 식6에서 계산된 W 값은 어떤 물리량이 아닌 단위가 없는 경보 세기를 나타낸다. 이 변수의 값을 운전자에게 적절한 경보를 발생하도록 운전자 인터페이스를 설계한다.

본 논문은 Fuzzy Logic을 이용한 차량 충돌

경보 알고리즘을 제안한다. 앞의 논문[5]에서 차량의 충돌경보 및 회피를 위하여 식4에서 경보 발생을 위한 거리와 식5에서 회피를 해야하는 거리를 별도로 계산하여 식6과 같이 경보세기를 계산한다. 즉 충돌 위험 경보뿐만 아니라 운전자의 조작없이 자동으로 충돌을 회피하는 것을 응용 대상으로 하고 있다. 본 논문에서는 이와는 달리 안전거리를 위험 판단으로 삼았던 기존의 충돌 경보 알고리즘을 아래에서 소개되는 충돌 방지를 위한 감속세기라는 기준을 이용하여 충돌까지의 남아있는 시간을 충돌 경보 알고리즘에 Fuzzy Logic을 이용하여 포함하였다. [5]의 논문과 본 논문은 노면의 상태와 운전자에 따라 경보세기를 달리한다는 점에서는 공통점이 있다. 그러나 본 논문은 퍼지 논리를 사용한다는 점을 이용하여 마찰력계수를 직접 센서를 통하여 계산하지 않고 노면 상태에 대한 퍼지 변수를 설정하고 이를 매우 미끄럽다, 미끄럽다, 정상이다 등으로 운전자가 날씨를 보고 경보세기를 조절할 수 있다는 점에서 차이가 있다.

3.2 위험 판단 기준으로 이용될 수 있는 감속 세기

본 절에서는 앞 절에 소개된 안전거리를 이용한 위험 판단 기준이 아닌 다른 형태의 기준을 소개한다[12]. 식8은 현재 동일 주행선로 상의 선행차량과 주행차량의 각각의 속도에 대한 방정식이다.

$$\begin{cases} V = V_o + A \cdot t_e \\ V_p = V_{p_o} + A_p \cdot t_e \end{cases} \quad (8)$$

위 식에서 V는 주행차량의 속도이며 V_o는 초기속도이고 A는 주행차량의 가속 또는 감속을 나타낸다. V_p는 선행차량의 속도이며 V_{p_o}는 초기 속도이고 A_p는 선행차량의 가속 또는 감속을 나타낸다. t_e는 초기 상태 V_o, V_{p_o}에서 V, V_p상태로 소비된 시간을 뜻한다. 두 차량간의 상대속도를 이용하여 식8에서 식9를 유도할 수 있다.

$$\dot{R} = \dot{R}_o - (A_p - A) \cdot t_e \quad (9)$$

\dot{R} 은 두 차량간의 상대속도로 V_p-V 로 계산되며 \dot{R}_o 는 초기 상대속도이다. 위 식9를 시간에 대하여 적분하고 다음에 식9로부터 t_e를 구한 후 위 식에 대입한다.

$$R - R_o = \frac{\dot{R}^2}{2(A_p - A)} - \frac{\dot{R}_o^2}{2(A_p - A)} \quad (10)$$

여기서 충돌 위험 상황에 대하여 다음과 같이 가정한다. 즉 $\dot{R}_o < 0$, A_p = 0 이고 주행차량은 일정한 감속도로 감속하고 있는 상황, -A = D 인 경우에 식10으로부터 식11과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$R = R_{amn} + \frac{\dot{R}^2}{2 \cdot D} \quad (11)$$

식11에서 R_{amn}은 두 차량간의 상대속도가 zero가 되었을 때 식11에 의한 \dot{R} -R 평면의 Trajectory의 최소값을 뜻한다.

그림3은 D의 변화에 따른 식11의 그래프이다. D₀와 D₁은 충돌이 발생하는 경우로 식11의 R_{amn} 값이 0 이하의 값을 가지는 경우이다. 그리고 D₂는 거리가 0되는 감속 세기인 경우에 해당한다. D₃인 경우는 충돌이 발생하지 않도록 충분히 감속하였을 경우이다.

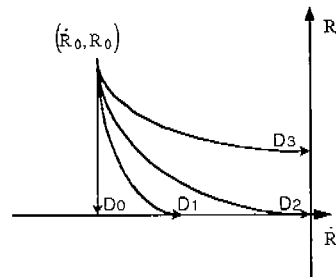


Fig.3 State Transition as Deceleration changes

따라서 현 상태의 \dot{R} -R 값에서 충돌을 회피하기 위하여 요구되는 감속력의 세기를 계산하여

충돌 회피의 기준으로 삼을 수 있을 것이다. 식11에서 Ramn을 0으로 하여 충돌 회피를 위한 감속 세기를 식12에서와 같이 계산할 수 있다.

$$DR = \frac{\dot{R}_o^2}{2 \cdot R} = \frac{-\dot{R}_o}{2 \cdot tti_o} \quad (12)$$

식11은 (R_o, \dot{R}_o) 평면의 임의의 위치에서 (0,0)로 가기 위해 필요한 일정한 감속도 DR을 뜻한다. 식12에서 tti_o(time-to-impact)는 감속없이 현재 상태의 속도로 진행했을 충돌하는 데까지 소비되는 시간이다. 이 값은 식13과 같이 계산된다.

$$tti_o = \frac{-\dot{R}}{\dot{R}_o} \quad \text{for } \dot{R}_o < 0 \quad (13)$$

초기의 상대속도로 가까워지면 계속해서 tti_o가 작아진다. 그만큼 위험하게 되는 것이다. 그림4는 식12와 식13을 tti_o를 가로축으로 하여 함께 그린 그림이다. 그래프 (1) 은 상대거리가 tti_o가 작아지면서 감소하는 것을 나타내며 그래프 (2)는 이때 충돌을 회피하기 위하여 요구되는 감속도 세기를 나타낸다.

식12와 같은 크기의 감속세기가 현 두 차량간의 상대적인 상태에서 요구될 때 이를 기준으로 충돌 경보를 발생시킬 수 있다. 이는 기존의 충돌 판단식이 안전거리에 의존하는 것과 다르다. 또한 감속세기는 도로의 표면 상태에 따라 일정한 값이라도 위험정도를 다르게 평가할 수 있다. 즉 현 상태가 0.2G (G=gravitational constant)의 감속세기가 요구되는 경우 건조한 도로 표면의 경우보다 비, 눈, 얼음에 의한 감속력이 작은 상태의 도로에서는 더 큰 충돌 위험을 갖는다고 생각할 수 있다. 이와 같은 점에 착안하여 두 차량간의 현재 상태에서 감속세기를 계산하고 도로 표면 상태에 따라 이의 위험 정도를 변화시킬 수 있도록 하기 위하여 퍼지 시스템의 멤버쉽 함수를 변화시키는 방법을 생각했다. 기존의 안전 거리를 이용한 충돌 판단 기준도 같이 고려하여 퍼지 시스템을 구성했다.

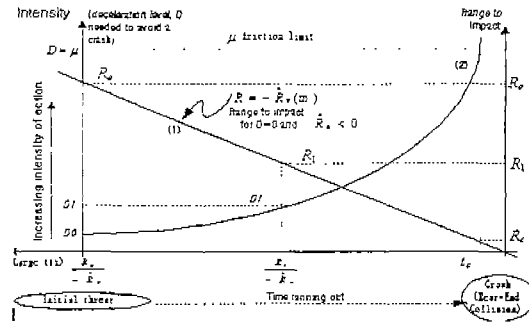


Fig. 4 Increasing of Deceleration according to Decreasing of tti

3.3 Fuzzy Logic 충돌 경보 알고리즘

앞의 두 절에서 설명한 충돌 위험 판단 기준, 즉 안전 거리와 현 상태에서 요구되는 감속세기를 입력으로 하고 출력은 경보세기인 Fuzzy-Logic 설계에 대하여 설명한다. 두개의 Sugeno Type Fuzzy Logic 시스템이 구성된다. 하나의 시스템은 앞의 설명과 같은 입력 변수를 이용하여 실제로 경보세기를 계산하는데 이용되며 다른 시스템은 앞의 시스템의 Consequent를 운전자의 반응시간과 도로표면 상태에 따라 변화시키는 역할을 담당한다. 먼저 간단하게 이용된 Fuzzy System에 대해서 살펴본다.

3.3.1 Sugeno-Type Fuzzy Logic

본 절에서는 간략하게 Fuzzy Logic System에 대하여 설명하고 본 논문에서 이용된 Sugeno Type에 대하여 간략하게 설명한다. Fuzzy System이 갖는 지식은 룰의 집합으로 나타내어진다. 식14는 k번째 퍼지룰을 보여주고 있다. 여기서 입력 변수는 n개이고 출력은 1개이다. A_i^k 는 x_i 멤버쉽함수이다. 본 논문에서는 Gaussian 함수와 Sigmoid 함수를 멤버쉽함수로 이용하였다. m개의 룰이 있다고 가정한다. (즉k=1,...,m)

$$\begin{aligned} \text{FR}^{(k)} : \text{IF } x_1 \text{ IS } A_1^k \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ IS } A_n^k \\ \text{THEN } y \text{ IS } B^k \end{aligned} \quad (14)$$

입력 변수들은 식14와 같은 모습의 룰에 매칭

정도를 계산하기 위해 퍼지화가 선행된다. 본 논문은 Singleton 퍼지화 방법을 적용하였다. 이 방법은 전체 퍼지 시스템을 매우 간단하게 만든다. 룰과 입력 변수사이의 매칭 정도가 계산된 후 이 정보를 이용하여 출력을 계산한다. 이 과정은 Fuzzy Inference와 Defuzzifier를 거쳐 이루어진다. 식15는 Fuzzifier, Fuzzy Inference, Defuzzifier 과정을 거친 후 출력을 계산하는 과정을 나타낸다.

$$\mu_{B^*}(y) = \sup_{\bar{x} \in U} [\mu_{A_1^* \times \dots \times A_n^* \rightarrow B^*}(\bar{x}, y) \cdot \mu_{A'}(\bar{x})]$$

where $U = U_1 \times \dots \times U_n$, $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, A' is fuzzy set in U (15)

식15에서 Sup- \cdot Composition 을 적용한 결과이다. 식15는 일반적으로 많이 이용되는 방법들에 적용하여 간략하게 할 수 있다. Implicit Relation과 AND 퍼지 연산자를 Product를 적용하고 입력 변수들을 Singleton Fuzzifier를 적용하면 식15는 식16과 같이 간단하게 만들 수 있다.

$$\mu_{B^*}(y) = \sup_{\bar{x} \in U} [\mu_{B^*}(y) \mu_{A'}(\bar{x}) z^k] \quad (16)$$

여기서 z^k 는 $\prod \mu_{A_j^*}(x_j)$ 이며 $\mu_{A'}(\bar{x}) = 1$ 이다. 식16과 같이 출력의 Linguistic 변수들 m개를 퍼지OR 연산을 한 후 이로부터 출력을 구하기 위하여 Defuzzifier 과정을 거친다. 그 방법은 여러 가지가 있다. 본 논문에서 이용된 Sugeno Type중 Zero order인 시스템은 식14의 룰의 결론 부분을 상수로 한다. 앞에서 언급한 Fuzzifier, Inference Defuzzifier를 이용하면 식17과 같은 꼴의 함수가 된다.

$$f(\bar{x}) = \frac{\sum_{k=1}^m b^k z^k}{\sum_{k=1}^m z^k} \quad (17)$$

식17에서 b^k 는 k번째 룰의 결론부에 해당한다.

3.3.2 Sugeno-Type Fuzzy Logic 충돌 경보 알고리즘

Sugeno-Type Fuzzy Logic 시스템 중에 Consequent가 상수인 시스템을 이용한다. 입력은 상대거리 (R), 상대속도 (R'), 주행차량의 속도 (v) 이다. 이들 세 변수의 값으로부터 Fuzzy Logic의 입력이 되는 ΔD 와 DR 이 계산된다. ΔD 는 $D_w - R$ 으로 계산된다. D_w 는 식2 에 의해 계산되는 안전 거리이다. ΔD 가 커지면 충돌 위험도 커진다. 안전거리보다 실제 거리가 작기 때문이다. ΔD 의 범위를 -20m ~ 20m로 가정하고 N, Z, P 등 3개의 Membership Function을 설정했다. DR 은 식12에 의해 계산되며 0.2 G ~ 0.6G의 범위에서 3개의 Membership Function인 SP, MP, BP를 설정하였다. 여기서 DR이 커질수록 위험정도가 높아진다.

Fuzzy Logic의 Consequent 는 상수로 충돌 위험 경보 세기를 뜻하며 각각 Z, L, LM, M, H 의 5개의 상수를 설정한다. 여기서 Z는 0이며 L 은 운전자의 반응시간 (DRT: Driver Response Time) 과 외부 환경의 변화를 나타내는 도로와 차량 타이어 사이의 마찰력 (FRI: Friction) 을 입력으로 하는 또 다른 Sugeno -Type Fuzzy Logic 을 이용하여 계산된다. LM 은 L+a, M 은 L+b, H는 L+c 에 의해 계산된다. 여기서 a, b, c 는 $a < b < c$ 인 상수이다. 앞의 설명된 변수를 이용하여 아래 표와 같은 Fuzzy Rule을 구성한다. 표4에서 볼 수 있듯이 D가 커지고 DR이 커짐에 따라 경보 세기도 커지도록 룰을 설정하였다.

앞에서 L의 값이 DRT와 FRI를 입력으로 하는 다른 Sugeno-Type Fuzzy Logic에 의하여 계산된다고 설명하였다. 좀 더 구체적으로 설명하자. 예를 들어 운전자가 빠르게 위험에 대처할 수 있는 능력이 있다면 이를 경보 알고리즘에 포함시켜 오경보의 남용으로 초래될 수 있는 운전 방해를 최소화하는 데 이용할 수 있다. 운전자의 반응시간에 대한 통계적인 분석의 결과를 통해서 Log-normal 분포를 갖는다는 것이 연구되었다 [11]. DRT에 대한 Membership Function을 정

의하는데 이용된 범위는 앞의 분포의 대부분을 차지하는 0.9~1.6 로 선택하여 ST, BT를 정의하고 FRI는 앞 절의 DR값을 계산하는 것과 같은 범위를 이용하여 SF, BF의 두개의 Membership Function을 정의하였다. 출력은 L을 대표하는 값으로 각각 LW(= 0.2), MW(=0.3), BW (=0.4) 의 세 상수를 이용하였다. 표4는 L을 정하는데 이용한 룰이다.

Table4 Fuzzy Rules for Calculation of Warning Intensity

		DR			
		SP	MP	BP	
ΔD	N	Z	L	LM	
	Z	L	LM	M	
	P	LM	M	H	

Table5 Fuzzy Rule for the Calculation of the Membership Function of the Intensity of Warning

		FRI	
		SF	BF
DRT	ST	MW	LW
	BT	EW	MW

Warning

표5의 룰에서 볼 수 있듯이 운전자의 반응시간이 크고 마찰력이 작을수록 L의 값은 커진다. 그러나 실제로 FRI의 값을 추정하는 방법이 개발되어 있지 않으므로 FRI의 값을 비나 눈 등이 오면 운전자가 조절하는 것으로 가정한다. 또한 운전자의 반응시간도 운전자가 스스로 조절하여 차량 충돌 경보시스템의 경보 순간과 경보 세기를 조정하게 할 수 있다. 그림5는 위에서 설명한 두 Sugeno Type 퍼지시스템을 통합하여 그린 블록 다이어그램이다.

그림5에서 T는 t-norm을 뜻한다. 본 논문에서는 Product 를 이용하였지만 파라미터화된 t-norm 을 이용하여 더 넓은 영역의 충돌 경보 알고리즘을 설계할 수도 있다. Fuzzifier는 Singleton Fuzzifier 를 사용하고 Defuzzifier는 Weighted Average 방법을 적용하였다. 각 변수의 Membership Function은 컴퓨터 모의 실험

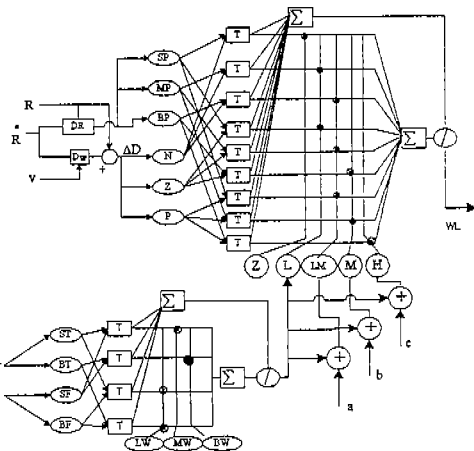


Fig. 5 Block Diagram of Fuzzy Logic Collision Warning Algorithm

에서와 같이 Gaussian , Sigmoid 함수를 이용하였다. 그리고 a, b, c 의 값들은 경보 세기의 크기를 조절하는데 이용할 수 있다. 즉, 운전자의 인터페이스 설계 시 적당히 조절하여 운전자에게 주어지는 시각적, 청각적 경보 효과를 변화시킬 수 있다. 본 논문에서는 a 는 0.2, b 는 0.4 , c 는 0.7을 사용하였다.

4. 컴퓨터 모의 실험

앞 3장에서 운전자의 반응 시간과 외부 환경 변수를 입력으로 받아 경보 세기를 적당하게 조절 가능하고 안전거리와 충돌 회피를 위해 현 상태에서 요구되는 감속 세기를 입력으로 갖는 Fuzzy Logic 시스템을 소개하였다. 새롭게 제안한 알고리즘을 컴퓨터 상에서 모의 실험을 통하여 그 특징들을 관찰하였다.

실험을 위하여 표6과 같은 FRI와 DRT의 값을 이용하여 각각의 경우에 대하여 D 와 DR의 값을 변화시켜 그 결과를 관찰하였다.

표6의 값들 중 원안의 번호는 경보세기의 크기에 따라 순서를 부여한 것이며 원이 없는 번호는 FRI와 DRT 각각의 경우를 나타낸다. 즉 DRT가 1.6이고 FRI가 가장 작을 때 같은 상대거리와

기가 출력된다.

Table 6 Values of FRI and DRT for Observing the Change of the Warning Intensity

DRT \ FRI	1	1.3	1.6
0.3G	1③	2②	3①
0.5G	4⑧	5⑥	6④
0.7G	7⑨	8⑦	9⑤

표 1에서 후방 충돌 사고의 통계적 분석에 의한 결과를 제시하였다. 즉 후방 충돌 상황 발생시 선행 차량이 정지하고 있을 때와 급제동시의 사고율을 분석하고 있다. 다음은 두 가지 경우에 대하여 새롭게 소개한 충돌 경보 알고리즘을 간단한 컴퓨터 모의 실험한 결과를 소개한다. 이 실험에서 운전자가 직접 참가하여 경보 발생을 인식하고 충돌 회피 노력을 하지는 않는다. 다만 DRT 값과 FRI의 값이 변화함에 따라 경보 세기의 변화를 관찰한다. 선행차량이 정지하고 있는 경우에 후방 150m에서 80km/h의 속도로 접근하고 있는 상황과 선행 차량이 80km/h로 주행하고 있고 주행차량은 100km/h로 접근하고 있는 상황에서 각각의 경보 세기를 계산하였다.

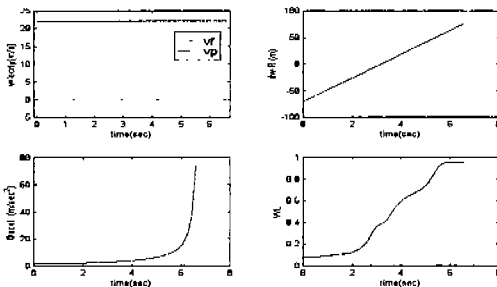
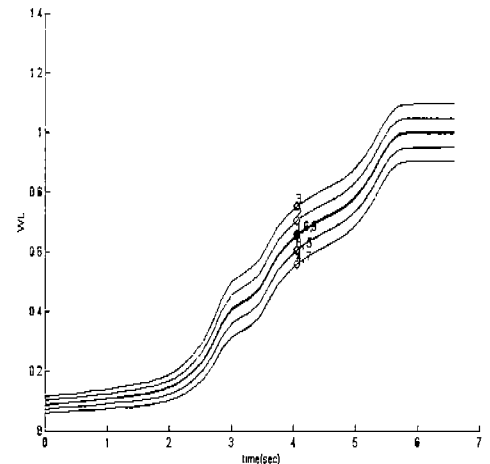


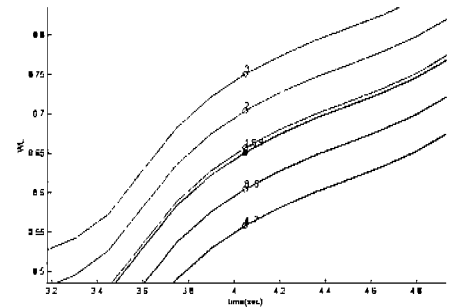
Fig.6 Case of Stationary Leading Vehicle

그림 6은 DRT 와 FRI 가 각각 1.3 , 0.5G 인 경우 선행 차량이 정지하고 있는 상황에서 두 차량의 속도, D, DR, 경보 세기를 나타낸다. 그림7은 운전자 반응시간과 외부 환경 변수를 표6의 9 가지에 대해서 경보 세기를 계산한 결과 그래프

이다. 그림7의 (b)는 (a)의 일부분을 확대한 그림이다. (b)의 각 곡선에 붙여진 번호는 표6의 DRT와 FRI 각각의 경우를 나타내는 번호를 뜻한다. 1, 6, 9인 경우, 8, 5인 경우, 4, 7인 경우는 DRT와 FRI의 값에 상관없이 거의 비슷한 값을 출력한다. 위 곡선의 경보 세기 중 모든 영역이 유효한 것은 아니다. 그림 6을 보면 D나 DR의 값이 타당한 영역 밖에서 값을 갖고 있으며 이때 경보세기를 계산한 결과는 그림7에 나타나고 있기 때문이다. 따라서 적당한 영역의 경보세기에 그 값의 한계를 주어서 합리적인 경보를 운전자에게 발생해야 한다. 이것은 운전자와 인터페이스 영역에서 잘 설계되어야 할 것이다. 위 그



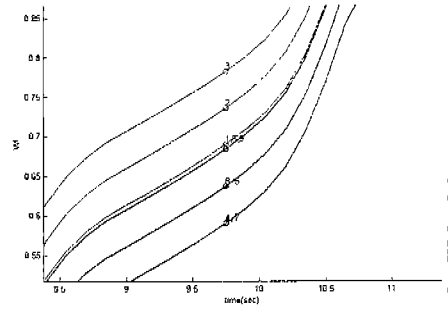
(a)



(b)

Fig.7 The Warning Intensity in LVNM

림에서 경보세기의 일정한 값을 시간축으로 그어 생각한다면 똑같은 상대거리와 상대속도, 주행차량의 속도에 대해 경보 순간이 달라지고 있음을 알 수 있다. 즉 DRT가 크고 FRI가 작을수록 동일한 경보세기에 더 빨리 도달하게 된다. 또한 일정한 시간에 대하여 그래프에 선을 그어 생각하면 경보 세기가 더 세게 할 수도 있고 작게 할 수도 있다.



(b)

Fig. 9 The Warning Intensity Computed for the Case in Fig 8

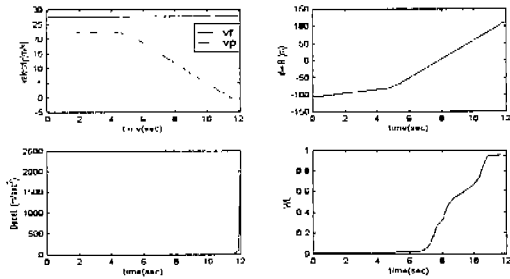
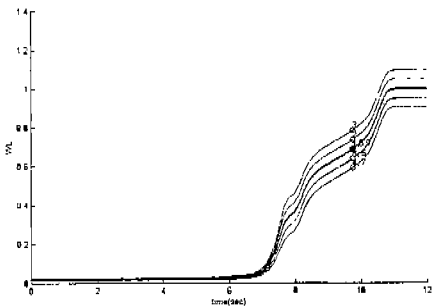


Fig. 8 Case of Leading Vehicle Going through Abrupt Deceleration

그림8과 그림9는 선행 차량이 감속하는 경우에 대한 각 변수들의 변화 그래프이다. 그림9의 (b)는 (a)의 일부분을 확대한 그림이다. 앞의 경우와 마찬가지로 곡선의 경보 세기 중 모든 영역이 유효한 것은 아니다. 그림8을 보면 ΔD 나 DR의 값이 앞의 경우처럼 타당한 영역 밖에서 값을 갖고 있으며 이때에 경보세기를 계산한 결과는 그림9에 나타나고 있기 때문이다.



(a)

5. 결 론

도로상의 운전중 충돌의 원인은 다양하다. 특히 운전자의 부주의나 앞 차량에 대한 거리와 접근속도의 판단 착오 및 시계 불량으로 발생할 수 있는 후방 충돌 사고를 줄이기 위한 차량충돌 경보시스템의 구성요소를 간략히 설명하였다. 그리고 기존의 충돌 경보 알고리즘에 대한 소개를 하였다. 주로 안전거리를 두 차량간의 상태에서 계산하고 측정된 거리와 이를 비교하여 그 대소로 위험 여부를 판단하는 알고리즘들이었다. 그 다음에 기존 충돌 알고리즘과는 다른 충돌 판단에 이용될 수 있는 기준을 소개하고 설명하였다. 즉 두 차량이 서로 가까워지고 있는 상황에서 충돌을 회피하기 위해 요구되는 감속도의 세기를 충돌 판단 기준으로 사용할 수 있는 것이다. 기존의 안전거리에 근거한 위험 판단 기준과 현재 요구되는 감속세기의 판단 기준이 갖는 장점을 결합하기 위하여 Fuzzy Logic 기술을 이용하였다.

안전 거리에 의한 판단 기준은 매우 보수적인 기준이다. 즉 현 상태에서 선행차량의 급정지를 가정하고 계산된 거리는 실제 운전자에 의해 유지되는 거리보다 크기 때문이다. 감속세기의 판단 기준은 도로 상태에 따라 충돌 위험 판단이 달라 져야 한다는 점을 실제 차량 충돌 판단 알

고리듬에 병합할 수 있는 방법을 제시한다. 앞에서 제안한 차량 충돌 경보세기는 운전자 및 노면의 상태에 따라 기준이 변하도록 설계되었지만 운전자의 특성에 대한 여러 고려 사항 중 단지 반응 속도만을 이용하고 주변상황에 대한 매우 간단한 모델을 기반으로 전개되어 운전방해를 최소화하거나 충돌 방지 효과를 최대화할 수 있다고 기대하기는 어렵다. 위와 같은 두 기준을 적절하게 결합하여 새로운 충돌 경보 알고리즘을 제시하였다.

[5]에서 차량충돌회피를 위해 계산된 경보세기와 본 논문에서 차량충돌경보를 위하여 퍼지논리를 이용한 방법은 적용한 응용대상이 차이가 있다. 즉 [5]의 알고리즘은 충돌위험을 단순히 경보만을 발생하여 운전자로 하여금 위험에 대처하도록 할 수 있는 거리와 운전자의 조작으로는 위험을 회피할 수 없는 거리를 계산하여 이 두 거리를 본 논문에서 소개되어진 방법과 같이 그 위험정도를 계산하여 직접적으로 차량충돌 경보 회피를 대상으로 한다. 본 논문에서는 이와는 달리 충돌 경보 알고리즘을 기존의 충돌 거리만을 이용하지 않고 충돌회피를 위해 요구되는 감속세기 및 운전자 및 노면 상태에 따라 그 판단 기준을 변경하도록 하는 것이 주제이다. 따라서 [5]의 알고리즘과 본 논문에서 다루고 있는 퍼지 논리를 이용한 차량충돌 경보 알고리즘과의 직접적인 비교는 힘들며 실제적으로 [5]의 경보세기 계산식에서 차량충돌 경보발생을 시작해야 하는 거리를 계산하는 방법은 본 논문에서 이용된 방법과 유사한 식을 사용하고 있다. [5]의 논문에서 마찰력 계수와 운전자의 특성을 반영하는 함수를 도입하여 고정된 경보 및 회피세기를 사용한 것이 아니라 이를 운전자와 노면에 따라 다르게 적용한다는 점은 비록 적용된 상황에 차이가 있지만 본 논문과 같이 장점이라고 할 수 있다. [5]의 방법은 마찰력 계수를 측정한다는 가정이 전제되어 있다. 본 논문의 방법도 역시 마찰력을 입력으로 사용하고 있지만 퍼지논리를 사용한다는 점을 이용하여 마찰력계수를 이용하지 않고 노면상태에

대한 퍼지 변수를 설정하고 이를 매우 미끄럽다, 미끄럽다, 정상이다 등으로 운전자가 날씨를 보고 선택하도록 하는 방법을 적용할 수 있다는 점에서 더 유용하다.

앞의 제안된 차량 충돌 경보세기는 운전자 및 노면의 상태에 따라 기준이 변하도록 설계되었지만 운전자의 특성에 대한 여러 고려 사항 중 단지 반응 속도만을 이용하고 주변상황에 대한 매우 간단한 모델을 기반으로 전개되어 운전방해를 최소화하거나 충돌방지 효과를 최대화할 수 있다고 기대하기는 어렵다. 실제 충돌 상황에 대한 입출력 정보를 이용하여 각 변수의 Membership Function을 조정할 수 있으며 Fuzzy Logic의 추론에 이용되는 t-norm을 파라미터화하여 Membership Function의 조절만으로는 불가능할 수 있는 상황에 따른 경보 발생을 그 파라미터를 조절하여 적절한 경보 발생이 가능하도록 하는 구조를 갖고 있다. 또한 현재는 외부에서 운전자의 반응 시간과 도로-타이어 마찰력에 해당하는 값을 운전자가 직접 조정하게 되어 있지만 운전자 눈꺼플의 움직임을 관찰하여 운전자의 상태를 추정하거나 실제의 마찰력을 센서를 이용하여 추정할 수 있는 시스템이 개발된다면 이들 정보를 이용하여 자동으로 경보 세기를 조정할 수 있는 시스템을 구성할 수 있다. 본 논문에서는 새로 제시한 알고리즘을 구현하여 간단한 실험을 통해 그 특성을 살펴보았다. 운전자의 반응 시간과 외부 환경 변수에 의해 경보 세기가 변하고 경보 순간도 조절 될 수 있다는 것을 관찰하였다.

후 기

본 논문은 현대전자와 서울대학교 제어 계측 신기술 연구 센터의 연구 기금에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

1. Harry J. Asher "Collision Warning Using

- Neighboring Vehicle Information", The Great Lakes Center for Truck and Transit Research, 1995.
2. Dirk Langer and Todd Jochem Fusing Radar and Vision for Detecting, Classifying and Avoiding Roadway Obstacles Intelligent Vehicles 96, pp. 333-338.
 3. Jerry D. Woll, VORAD Collision Warning Radar IEEE International Radar Conference, pp. 369-372, 1995.
 4. Andrew M. Parkes. Stig Franzen, Driving Future Vehicles 1993.
 5. Peter Seiler, Bongsob Song, J. Karl Hedrik, Development of a Collision Avoidance System, Proc. Society of Automotive Engineers, Inc 1998.
 6. Wassim G. Najm, Mark S. Mironer, and Peter KW. Yap Preliminary Safety Benefits of a Rear-End Crash Warning System PATH Report 1996.
 7. Farber, E.I., Using the REAMACS model to compare the effectiveness of alternate rear end collision warning algorithms. Proc. Third Annual Meeting of the IVHS Society of America, April 1994.
 8. P. E. An, C.J. Harris, An intelligent driver warning system for vehicle collision avoidance, IEEE transactions on systems, man and cybernetics, vol 26, no. 2.
 9. Takahiro Hanyu, Shigeki Abe, Michitaka and Tatsuo Higuchi, Rule-Based Highly-Safe Intelligent Vehicle Using a New Content Addressable Memory pp. 467-472, 1994.
 10. Ayumu Doi Yasunori Yamamoto, Tetsuro Butsuen, Development of Collision Warning System And ITS Collision Avoidance Effect 4th World congress on ITS 1997.
 11. Surender K. Kenue Selection of Range and Azimuth Angle Parameters For A Forward Looking Collision Warning Radar Sensor Intelligent Vehicles 95 pp 494-499.
 12. P.Fancher and Z.Bareket, Evaluating Headway Control Using Range Versus Range-Rate Relationships, Vehicle System Dynamics, 23, pp.575-596, 1994.