

도심환경에서 퍼지 기반 차량간 충돌 예방 시스템[†]

(The Collision Prevention System between Vehicles based on Fuzzy on a urban environment)

정 이 나¹⁾, 이 병 관²⁾, 안 희 학³⁾

(Yi-Na Jeong, Byung-Kwan Lee, and Heui-Hak Ahn)

요 약 본 논문은 도심환경에서 차량과 보행자가 위치하고 있는 도로 정보에 따라 위험도를 추론하고, 이 정보를 이용하여 차량 간의 충돌사고와 차량과 보행자간의 충돌사고를 예방하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템을 제안한다. 제안하는 퍼지기반 차량 충돌 예방 시스템은 첫째, 보행자의 스마트 기기로부터 보행자의 위치를 파악하고, 차량은 차량에 장착된 GPS로 차량 위치를 파악하여, 보행자와 차량의 자신의 정보를 이웃들에게 전달한다. 둘째, 보행자와 차량은 이동방향과 속도, 도로 정보를 고려하여 위험도를 추론한다. 셋째, 추론한 정보를 보행자와 차량에게 전달하여 경로 우회 또는 속도 감속과 같은 정보를 보행자와 차량에게 제공한다. 그 결과, 퍼지기반 차량 충돌예방 시스템은 보행자와 차량에게 발생할 수 있는 위험성을 미리 추론하고 예방함으로써 충돌사고를 미연에 방지할 수 있을 뿐만 아니라 사고와 교통체증을 방지함으로써 다양한 자원 손실을 줄일 수 있다.

핵심주제어 : 퍼지기반 충돌 예방 시스템, 퍼지규칙, 위험도, 퍼지 추론, VANET

Abstract This paper proposes the Collision Prevention System based on Fuzzy which reasons a risk with the location information of vehicles and pedestrians and prevents collision between vehicles, and between a vehicle and a pedestrian with the reasoned risk. The proposed system provides three functions. First, it identifies a pedestrian's location with his smart phone and a vehicle's location with the GPS equipped in the vehicle, and transfers the identified information to their neighbors. Second, it makes a vehicle and a pedestrian reason a risk by considering a moving direction, a moving speed and road information. Third, it provides a vehicle and a pedestrian with the reasoned information such as route detour, speed reduction, etc. Therefore, the proposed collision prevention system based on Fuzzy not only prevents collision accidents beforehand by reasoning a risk, but also reduces a variety of losses by protecting traffic accident and congestion.

Key Words : Collision Prevention, Fuzzy Rules, Risk, Fuzzy Reasoning, VANET

[†] 이 논문은 2013년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 기초 연구사업 지원을 받아 수행된 것임(NRF-2013R1A1A206 2415)

1) 가톨릭 관동대학교 컴퓨터학과, 제1저자
2) 가톨릭 관동대학교 컴퓨터학과, 교신저자
3) 가톨릭 관동대학교 컴퓨터학과, 공동저자

1. 서론

현재 스마트폰, 스마트워치, 웨어러블 기기와 같은 무선통신 기기들은 다양한 기능들을 제공할 뿐만 아니라 사용자의 편의성을 위해 점차적으로 소형화 되고 있는 추세이다[1]. 특히 스마트 폰은 대다수의 사람들이 소지하고 있으므로 이러한 무선통신 기기들을 이용하여 다양한 무선 서비스를 제공하기 위한 다양한 네트워크 구조가 등장하고 있다[2].

특히, MANETs(Mobile Ad hoc Networks)은 인프라 없이 다수의 무선 단말 장치를 이용하여 필요에 따라 동적으로 네트워크를 구성하여 단거리 무선 통신이 가능하고, 멀티 홉 네트워크 기술을 사용하여 통신 반경보다 더 멀리 떨어진 단말기와 통신함으로써 다양한 서비스를 제공할 수가 있다[3].

2004년 Blum[4-5]이 MANET의 장점을 살려 차량 간 통신에 응용한 것이 VANET(Vehicular Ad hoc Networks) 연구의 계기가 되었고, VANET에 대한 연구가 널리 퍼지게 되었다[1][6]. VANET의 응용분야는 매우 다양하지만 최근에 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System) 과 같이 원활한 교통 환경제공과 도로 안전의 이슈에 맞춰 스마트 도시와 Living labs와 같은 새로운 개념이 연구되고 있는 추세이다.

특히, 다양한 차량의 정보를 주고받을 수 있는 환경인 스마트 도시에서는 최고의 안전성을 향상시킬 수 있는 것은 운전자와 도시의 보행자들의 위험에 대한 판단력을 향상시키는 것이다. 즉, 운전자와 보행자가 충돌을 미연에 감지하고 이에 대한 적절한 대응을 할 수 있다면 운전자와 보행자의 안전성을 향상시킬 수 있다. 그리고 이로 인해 사고 발생률이 줄일 수 있다면, 교통사고로 인해 발생하는 교통체증, 2차사고, 비용 등의 문제를 줄일 수 있을 것이다[7].

본 논문에서는 도심환경에서 도로의 안전성 향상과 비용 및 시간절약을 위하여 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템을 제안한다. 제안하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템은 실시간으로 전송되는 차량 및 보행자들의 무선통신 기기들의 정보를 이용하여 도로에 진입하려는 차량 및 기기 사용자에게 현재 자신의 정보와 주변 차량 및 기기들의 정보에 따른 충돌 위험도를 추론한다. 그리고 퍼지기반 차량 충돌 예방 시스템은 추론된 결과에 따라 차량과 보행자에게 위험을 알

리고, 차량과 보행자의 이동방향에 맞는 도로환경에 따라 감속 정보를 제공한다. 또한, 퍼지기반 차량 충돌 예방 시스템은 사고 발생시 이웃들에게 사고를 공지함으로써 혼잡으로 인한 접촉사고와 같은 2차적인 사고, 교통 체증을 미연에 방지하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련연구인 ITS를 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 퍼지기반 차량 충돌 예방 시스템을 설계하고, 4장에서 퍼지기반 차량 충돌 예방 시스템의 평가 결과를 분석한다. 그리고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 ITS(Intelligent Transportation System)

최근 교통은 차량의 증가에 따라 교통 체증 및 안정성에 심각한 문제를 초래하고 있는 현황이다. 이를 위해 교통 환경을 사회적, 경제적으로 효율적인 관리를 위하여 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System)이 제안되었다. 이는 도로 및 교통 환경을 관리하며 교통 정보, 대중교통 및 화물 차량의 운영 등 여러 문제에 대한 비용절감 및 안정성에 효율적인 영향을 끼치고 있다. ITS는 사전적 의미로 교통혼잡을 효율적으로 조정하고 안정성을 획기적으로 증진시키기 위하여 도로, 차량, 신호시스템 등 기존 교통체계의 구성 요소에 전자·제어·통신 등 첨단기술을 접속시켜 구성요소들이 상호 유기적으로 작동도록 하는 차세대 교통체계 및 시스템이다[5].

ITS에서 수집하는 교통 정보는 목적에 따라 다양하지만 일반적으로 실시간으로 차량의 이동을 파악하여 수집하게 된다. 이를 위하여 차량검지기(VDS: Vehicle Detection System), 차량번호인식장치(AVI: Automatic Vehicle Identification), 폐쇄회로 텔레비전(CCTV: Closed Circuit Television) 등과 같은 장치를 사용한다[8]. 이는 일정 지점을 지나가는 순간 정보를 취하는 지점검지방식과 시작과 끝 지점을 설정하여 두 지점 이상 구간의 정보를 수집하는 구간 검지방식이 있다. 이를 이용하여 해당 구간의 차량의 밀집도를 산출할 수 있으며 밀집도를 산출하는 수집 장치에 따라 다양하지만 VDS를 이용한 밀집도 식은 다음과 같다.

$$= 1^{occ} * 100 \quad (1)$$

여기서 N은 시간(T)구간에서 검지된 차량의 수를 의미하며 tocc는 차량검지 센서가 켜져 있는 시간, T는 측정하고자 하는 구간 시간을 의미한다[9-11].

2.2 Fuzzy 이론

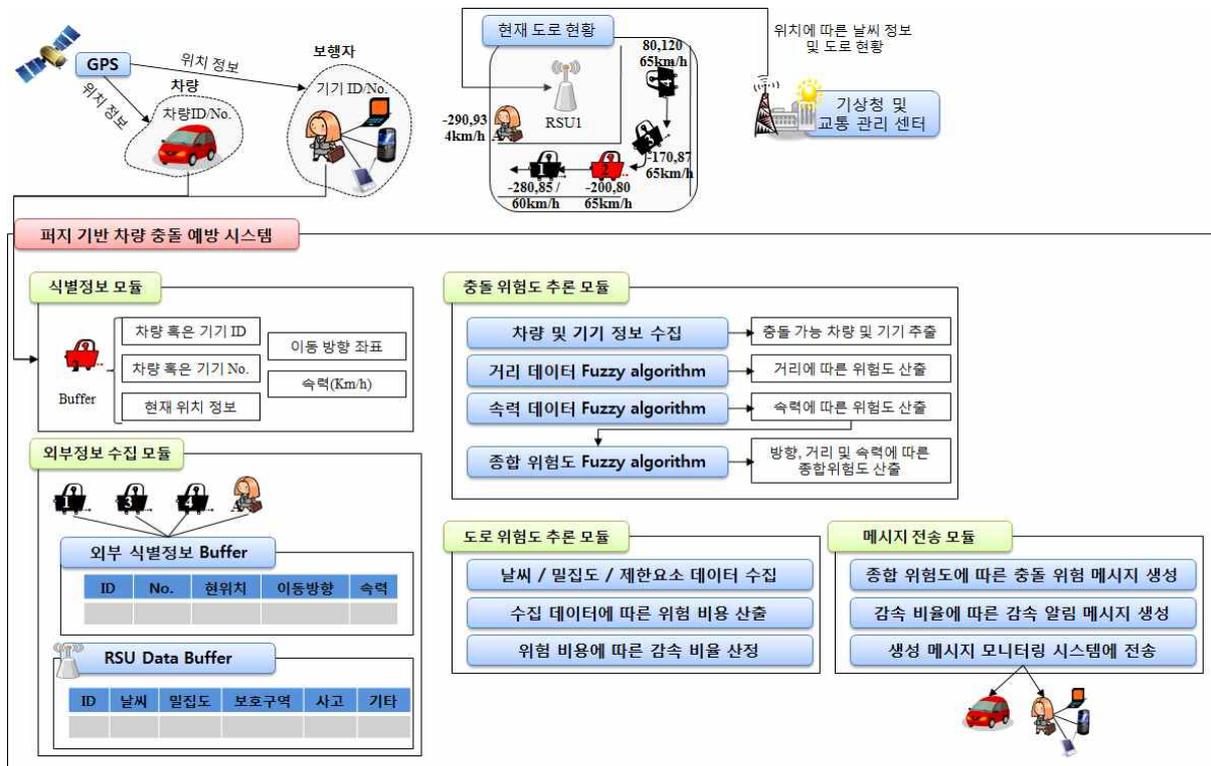
퍼지 이론은 불분명한 상황에서 여러 문제들을 판단 및 결정하는 과정에 대해 수학적으로 접근하는 이론으로서, Zadeh에 의해 1965년 소개 되고난 이후로 지금까지 많은 발전되고 있다. 일반적으로 시스템이 잘못 정의되었거나 너무 복잡한 수학적 모델일 경우 퍼지 제어가 효과적인 방법을 제공한다[12-13]. 퍼지 이론은 다양한 분야에 적용할 수 있는데 교통 분야에 적용된 퍼지를 살펴 보면 퍼지 논리 제어기(FLC: Fuzzy Logic Controller)를 통해 인간 조작자에 의해 만들어진 멤버십 함수와 제어규칙들을 이용하여 차량

및 보행자의 신호등을 교통 상황에 맞게 제어하는 분야, 빠르게 이동하는 과속 차량을 영상처리 기술과 퍼지 이론을 통해 보다 확실한 차량 번호판 추출기 등이 있다[14-15].

이렇게 퍼지 이론은 지능적 교통 시스템에 적용되어 사람의 개입 없이 스스로 현재 교통 상황을 판단하고 빠르게 서비스를 제공하여야 하며, 신호 혹은 과속 단속과 같이 에코 드라이빙에 적용되는 사례뿐만 아니라, 교통에 관련되어 가장 큰 문제점인 사고 예방, 회피에도 적용이 시급하다.

본 논문에서는 지능형 교통 시스템에 퍼지 이론을 적용하여 현재 교통 환경에서 보행자와 차량이 갖는 충돌 및 도로의 위험도를 추론하고, 추론된 결과에 따라 위험한 요소를 사용자에게 알려줌으로서 보행자와 운전자가 겪을 수 있는 충돌 사고를 미연에 예방할 수 있는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템을 제안한다.

3. 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템



<Fig. 1> The total component of Collision Prevention System between Vehicles based on Fuzzy

본 논문에서 제안하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템은 복잡한 도심환경에서 발생하는 모든 충돌사고를 미연에 방지하고, 도로 환경에 맞는 우회경로 정보를 차량과 보행자에게 제공하고자 한다.

<Fig. 1>은 본 논문에서 제안하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템의 전체 구성요소를 설명한 것이고 각 구성요소의 특징은 다음과 같다.

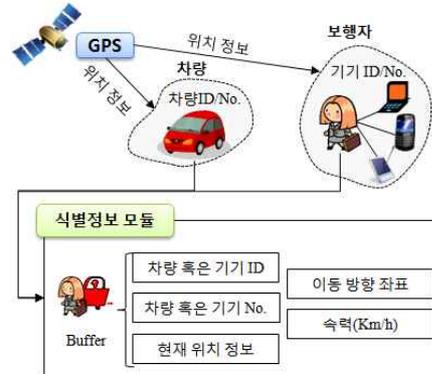
- 식별정보 모듈 : 차량 내부의 무선통신 장치, 보행자의 스마트폰 혹은 노트북, 스마트와치와 같이 무선통신이 가능한 모든 장치가 실시간으로 자신의 식별 정보와 이동방향, 속도, 현재 위치를 동일한 RSU 범위 내의 기기들에게 실시간으로 전송.
- 외부정보 수집모듈 : 이웃 기기들과 자신이 속해 있는 RSU에게 전달받은 정보를 수집하고 저장.
- 충돌 위험도 추론 모듈 : 수집된 정보를 기반으로 자신의 정보와 함께 Fuzzy 기법을 이용하여 이웃 차량 혹은 보행자의 방향성과 거리 및 속도에 따른 위험도를 산출.
- 도로 위험도 추론 모듈 : RSU로부터 전달받은 날씨, 도로 환경정보를 이용하여 현재 속도에 대한 위험도를 추론.
- 메시지 전송 모듈 : 각 추론된 정보를 운전자 혹은 보행자에게 알림.

3.1 식별정보 모듈

본 논문에서 제안하는 식별정보 모듈은 운전자, 보행자 등이 지니고 있는 무선통신이 가능한 차량 혹은 전자 기기들이 현재 자신의 위치정보, 이동방향, 속도, 기기 고유 식별정보를 기록하고, 이를 이웃한 차량 혹은 보행자에게 전달하는 역할을 수행한다.

<Fig. 2>는 식별정보 모듈의 전체 구성요소를 설명한 것이고, 식별 정보 모듈의 동작은 다음과 같다.

첫째, 차량 혹은 무선통신 기기들은 GPS로부터 전달받은 자신의 현재 위치와 이전에 전달받은 위치를 비교하여 자신의 이동방향을 판단한다. 이때, 이동방향은 X,Y축의 변화에 따라 변동된다. 예를 들어 차량이 왼쪽으로 이동하는 경우 X축은 감소되고 Y축은 크게 변하지 않기 때문에 -X,Y값의 이동성을 가지게 되며 이는 buffer의 이동방향 정보 필드에 -1,0로 기록된다.



<Fig. 2> The component of identity information module

둘째, 기기를 나타내는 ID, 차량인 경우 차량 번호, 현재 자신의 Km/h단위의 속도 정보를 각각 buffer에 해당하는 필드에 저장한다.

셋째, 자신의 식별 정보를 저장하는 buffer를 모두 기록하였다면, 통신 반경에 있는 모든 기기 및 차량을 대상으로 식별 정보 데이터를 자신을 관리하는 RSU ID와 함께 전송한다.

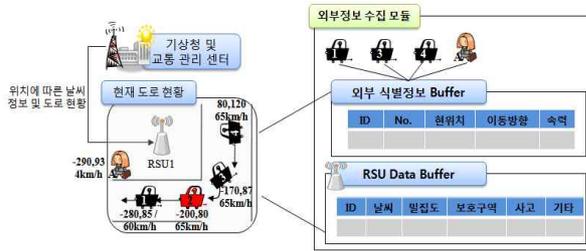
3.2 외부정보 수집모듈

본 논문에서 제안하는 외부정보 수집모듈은 무선통신 기기 혹은 차량들이 전달한 식별정보를 전달받고 해당 식별정보 가운데 필요한 데이터를 외부 식별정보 buffer에 임시 저장하는 역할을 수행한다. <Fig. 3>은 외부 정보 수집 모듈의 구성요소를 설명한 것이고, 외부 정보 수집모듈의 동작 방식은 다음과 같다.

첫째, 이웃한 식별 정보 데이터를 전달받은 차량 혹은 기기는, 전달받은 정보의 RSU ID와 자신을 관리하는 RSU ID가 동일한지 확인한다.

둘째, 동일한 RSU ID를 갖는다면, 이동방향에 영향을 주는 이웃으로 간주하여 대상의 정보를 buffer에 저장하며 저장된 이웃을 대상으로 실시간 전달되는 식별정보로 데이터를 업데이트 한다.

셋째, 만약 동일한 RSU ID를 갖지 않는다면 이동방향에 전혀 영향을 주지 않는다 간주하여 전달받은 식별정보를 삭제 한다.



<Fig. 3> the component of external information collection module

넷째, 자신을 관리하는 RSU로부터 현재 자신이 위치하는 도로의 날씨 현황 및 공사, 행사, 사고와 같은 도로 현황에 대한 정보와 밀집도에 대한 정보를 전달받아 RSU Data buffer에 저장한다.

3.3 충돌 위험도 추론 모듈

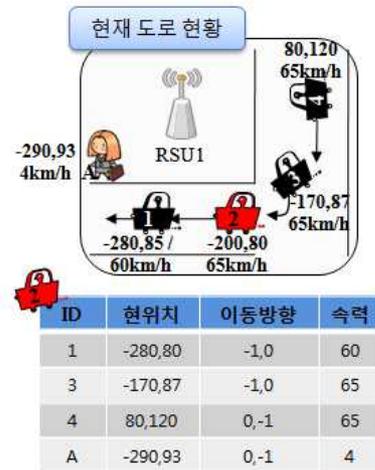
제안하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템의 충돌 위험도 추론 모듈은 외부정보 수집 모듈에 저장된 외부 식별정보 buffer의 내용을 전달받아, 이웃한 기기 및 차량들이 자신과의 거리, 이동방향, 속도 측면에서 충돌할 위험도를 Fuzzy 기법을 이용하여 추론하는 역할을 한다. <Fig. 4>는 도심교차로에 위치하고 있는 차량과 보행자들의 정보를 설명하고 있다. 이러한 정보를 이용하여 충돌 위험도를 추론하는 충돌 위험도 추론 모듈의 동작 방식은 다음과 같다.

첫째, 먼저 자신의 식별정보 모듈을 확인하여 자신의 현재 위치와 이동방향 및 속도 정보를 추출한다.

둘째, 추출한 자신의 식별정보 데이터와 이웃 기기 혹은 차량으로부터 전달받은 외부 정보 데이터를 이용하여 Fuzzy 시스템에 적용할 데이터인 거리 데이터와 속도 데이터를 생성한다.

셋째, 거리 데이터는 X,Y 좌표 가운데 이동방향에 영향을 주는 데이터의 절대값 차로서, 예를 들어 <Fig. 4>의 2번 차량을 기준으로 1번 차량과의 거리를 산출한다고 가정하면 각 차량의 이동방향에 영향을 주는 X좌표만을 추출하고 1번 차량의 -280과 2번 차량의 -200의 각각의 절대값인 280, 200의 차를 구하여 다시 절대값을 적용해 준다.

결과적으로 1번 차량과 2번 차량의 거리는 X좌표 80이란 값이 생성되고 이렇게 나온 데이터를 Fuzzy



<Fig. 4> the road status of equipment and vehicles

시스템에 적용하기 위해 식(2)를 적용해 최종 거리 데이터를 생성한다.

$$distance\ data = 10 - \left(\frac{distance\ x\ or\ y}{10} \right) \quad (2)$$

넷째, 속도 데이터는 자신의 기기 혹은 차량과 이웃 기기 혹은 차량의 속도의 평균값으로 생성된다. 1번 차량과 2번 차량의 현재 주행 속도가 각각 60Km/h, 65Km/h 라고 할 때, 평균 63Km/h라는 값이 생성된다.

다섯째, 생성된 거리 및 속도 데이터를 Fuzzy 시스템에 적용한다.

① 거리 데이터에 대한 Fuzzy 시스템

거리 데이터를 Fuzzy 시스템에 적용하기 위한 소속 함수는 다음과 같다.

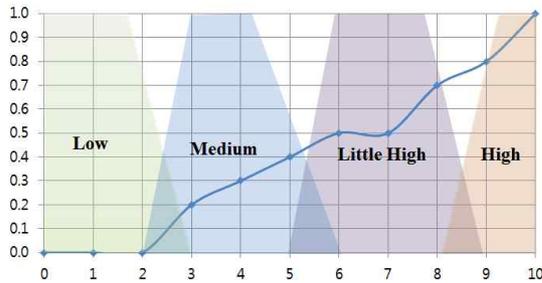
$$\mu_{dis}(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x < 2 \\ -\frac{(x-2)}{1} + 1 & 2 \leq x < 3 \\ \frac{(x-5)}{2} + 1 & 3 \leq x < 5 \\ -\frac{(x-5)}{1} + 1 & 5 \leq x < 6 \\ \frac{(x-8)}{2} + 1 & 6 \leq x < 8 \\ -\frac{(x-8)}{1} + 1 & 8 \leq x < 9 \\ 1 & 9 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

<Fig. 5> The Fuzzy member function of distance data

<Fig. 5>의 소속 함수를 기준으로 <Fig. 6>과 같은 거리 Fuzzy 규칙이 생성되며 이를 적용할 <Fig. 7> 같은 거리 Fuzzy 집합 그래프가 생성된다.

$$\mu_{dis(x)} = \begin{cases} \text{if } (dis \leq 2) \text{ then Low} \\ \text{if } (dis \geq 2 \text{ and } dis < 3) \text{ then Low and Medium} \\ \text{if } (dis \geq 3 \text{ and } dis < 5) \text{ then Medium} \\ \text{if } (dis \geq 5 \text{ and } dis < 6) \text{ then Medium and Little High} \\ \text{if } (dis \geq 6 \text{ and } dis < 8) \text{ then Little High} \\ \text{if } (dis \geq 8 \text{ and } dis < 9) \text{ then Little High and High} \\ \text{if } (dis \geq 9 \text{ and } dis \leq 10) \text{ then High} \end{cases}$$

<Fig. 6> The Fuzzy rule of distance data



<Fig. 7> The Fuzzy set graph of distance data

생성된 Fuzzy 규칙과 집합 그래프를 기준으로 <Fig. 4>의 2번 차량과 1번 차량에서 산출한 거리 데이터인 0-(80/10)의 결과값 2를 적용하면, Fuzzy 시스템의 x값은 2가 된다. 따라서 if (dis(2) ≤ 2) then ow 규칙에 따라 x값 2에 해당하는 위치는 0.0이 되고, 규칙에 의거하여 추론 결과는 “Low”가 된다.

② 속도 데이터에 대한 Fuzzy 시스템

속도 데이터는 이동하는 자신의 차량 혹은 기기의 속도 데이터와 이웃의 속도 데이터의 평균값을 10으로 나눈 값을 기준으로 Fuzzy 시스템에 적용한다.

차량 1과 2의 평균 속도 데이터는 63Km/h이므로, Fuzzy 시스템에 적용되는 속도 데이터는 6.3이 된다. 속도 데이터를 적용하기 위한 소속 함수는 <Fig. 10>과 같으며 이를 통해 추출한 Fuzzy 규칙은 <Fig. 9>와 같다.

Fuzzy에 적용되는 x값은 차량 1과 2의 속도 데이터인 6.3이 되고,

$$\text{if } (6 \leq spd(6.3)) \text{ then Little Danger and Danger}$$

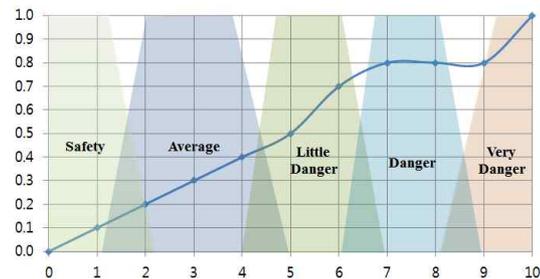
$$\mu_{sp(x)} = \begin{cases} 1 & 0 \leq x < 1 \\ -\frac{(x-1)}{1} + 1 & 1 \leq x < 2 \\ \frac{(x-4)}{2} + 1 & 2 \leq x < 4 \\ -\frac{(x-4)}{1} + 1 & 4 \leq x < 5 \\ \frac{(x-6)}{1} + 1 & 5 \leq x < 6 \\ -\frac{(x-6)}{1} + 1 & 6 \leq x < 7 \\ \frac{(x-8)}{1} + 1 & 7 \leq x < 8 \\ -\frac{(x-8)}{1} + 1 & 8 \leq x < 9 \\ 1 & 9 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

<Fig. 8> The Fuzzy member function of speed data

$$\mu_{dis(x)} = \begin{cases} \text{if } (sp \leq 1) \text{ then Safty} \\ \text{if } (sp \geq 1 \text{ and } sp < 2) \text{ then Safty and Average} \\ \text{if } (sp \geq 2 \text{ and } sp < 4) \text{ then Average} \\ \text{if } (sp \geq 4 \text{ and } sp < 5) \text{ then Average and Little Danger} \\ \text{if } (sp \geq 5 \text{ and } sp < 6) \text{ then Little Danger} \\ \text{if } (sp \geq 6 \text{ and } sp < 7) \text{ then Little Dnager and Danger} \\ \text{if } (sp \geq 7 \text{ and } sp < 8) \text{ then Danger} \\ \text{if } (sp \geq 8 \text{ and } sp < 9) \text{ then Dnager and Very Danger} \\ \text{if } (sp \geq 9 \text{ and } sp \leq 10) \text{ then Very Danger} \end{cases}$$

<Fig. 9> The Fuzzy rule of speed data

속도 데이터의 Fuzzy 규칙을 이용하여 집합 그래프를 생성하면 <Fig. 10>과 같은 그래프가 생성되며, 이를 <Fig. 4>의 차량 1과 2에 적용하면 다음과 같은 결과가 생성된다.



<Fig. 10> The Fuzzy set graph of speed data

규칙이 생성되어 x값 6.3에 해당하는 위치는 0.7의 Little Danger에 해당하는 구간과 0.4의 Danger에 해당하는 구간에 속한다.

산출된 거리 및 속도에 대한 위험도를 이용하여 현재 이웃 차량 및 기기들과의 거리, 속도 측면에서의 위험도를 종합적으로 추론하기 위해 산출된 위험도를 다시 Fuzzy 시스템에 적용하여 종합 위험도를 산출한다.

③ 종합 위험도 산출 Fuzzy 시스템

종합 위험도를 추출하기 위해서는 앞서 산출된 거리와 속도 데이터에 대한 위험도 결과를 다시 Fuzzy 시스템에 적용한다. 거리와 속도의 경우를 모두 종합하여 보면 20개의 Fuzzy 추론 규칙이 생성되며, 각각의 추론 규칙에서 생성될 수 있는 최소 위험도와 최대 위험도를 가지고 평균값을 산출하여 Fuzzy 규칙 테이블을 생성한다. <Table 1>은 샘플링된 종합 위험도 Fuzzy 규칙 테이블을 보여준다.

<Table 1> The Fuzzy rule table of total risk

거리	속도	위험도 범위
Low	Safety	0 ~ 4
Low	Very Danger	8 ~ 12
Medium	Safety	2 ~ 8
Medium	Danger	8 ~ 15
Little High	Safety	5 ~ 11
Little High	Little Danger	9 ~ 16
High	Safety	8 ~ 12
High	Very Danger	16 ~ 20

<Table 1>에서와 같이 각 위험도의 최소값 합계와 최대값 합계를 통해 각각의 이웃 기기 혹은 이웃 차량과의 거리 및 속도 데이터를 20개의 추론 규칙에 적용하면, 최종적으로 <Fig. 11>과 같은 종합 위험도 Fuzzy 그래프가 산출된다.

본 논문에서 제안하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템은 종합 위험도 Fuzzy 규칙과, Fuzzy 집합 그래프를 통해 최종 산출된 위험도를 기반으로 이웃 기기 혹은 차량과의 충돌 위험을 감지하고, 충돌 위험이 큰 차량의 정보를 메시지 모듈을 통해 사용자에게 알려 충돌 사고를 미연에 예방할 수 있도록 한다.



<Fig. 11> The Fuzzy set graph of total risk

3.4 도로 위험도 추론 모듈

본 논문에서 제안하는 도로 위험도 추론 모듈은 기상청 및 도로관리공단으로부터 자신이 관리하는 도로에 대한 정보를 수집한 RSU로부터, 수집된 정보를 전달받아 이동 속도를 현재 도로에 대한 상세 정보와 함께 자신이 이동하는 속도의 감속 비율을 판단해주는 역할을 수행한다. 도로 위험도 추론에서 고려하는 정보는 날씨, 밀집도, 그리고 주변 환경에 대한 제한요소로 구성된 <Table 2>의 위험도 측정기준을 이용하여 위험도를 측정하고, 그 결과에 따라 <Table 3>에서 제시하는 속도 감속 비율을 찾아서 메시지 전송 모듈을 통해 사용자에게 도로정보 및 감속비율과 적정 속도를 알려준다.

<Table 2> The risk critical for deceleration

날씨	
눈(Ice, I)	100
안개(Fog, F)	90
폭풍/비(Rain, R)	70
맑음(Sun, S)	40
밀집도	
Very congest(V)	50
Semi congest(S)	40
Free(F)	10
제한요소 (지역행사, 도로공사, 사고 등..)	
유(O)	30
무(X)	0

<Table 2>의 날씨에 대한 위험도 측정 기준은 눈이 오거나 안개가 낀 경우에는 위험도를 각각 100, 90으로 설정하고, 비가 오는 경우에는 위험도를 70으로 설정하고, 햇살이 좋은 맑은 날이라도 위험도는 40으로 설정한다. 도로의 밀집도에 따른 위험도 측정 기준은 매우 혼잡한 경우에는 위험도를 50으로 설정하고, 덜 혼잡한 경우에는 위험도를 40으로 설정하였고, 제한요소에 따른 위험도 측정 기준은 해당도로에 행사 또는 도로 공사가 있는 경우에는 위험도를 30으로 설정하였다.

<Table 3>은 <Table 2>의 위험도 측정 기준에 따라 위험도를 계산하고, 그 결과에 맞는 감소기준을 설명한 것이다. 예를 들어, 날씨 맑음(S)이고 밀집도가

없음(F)이고, 도로의 제한요소가 없음(X)일 경우 위험도는 $40+10+0=50$ 으로 감속 비율이 10%가 된다.

<Table 3> The deceleration rate according to risk

종류	위험도	감속 비율
S-F-X	50 이하	10%
R-F-X		
S-S-X	90이하	20%
S-F-O		
S-V-X		
F-F-X		
R-S-X		
S-S-O	110이하	30%
R-F-O		
I-F-X		
S-V-O		
R-V-X	130이하	40%
F-S-X		
F-F-O		
R-S-O		
I-S-X	140이하	50%
F-V-X		
I-F-O		
R-V-O	150이하	60%
I-V-X		
F-S-O	160이하	70%
I-S-O	170이하	80%
F-V-O		
I-V-O	180이하	95%

3.5 메시지 전송 모듈

본 논문에서 제안하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템의 메시지 전송 모듈은 충돌 위험도 추론 모듈의 결과 데이터인 종합 위험도와, 도로 위험 추론 모듈의 결과 데이터인 감속 비율을 전달받아 위험을 감지하고 운전자 혹은 보행자의 내비게이션 혹은 무선 통신 기기에 메시지를 출력하는 역할을 한다.

<Fig. 12>는 제안하는 메시지 전송 모듈의 메시지 구성을 설명한 것이다.

먼저 충돌 위험도 추론 모듈에서 전달받은 종합 위험도 수치가 Average를 초과하여 Little Danger~Very Danger사이의 수치이면 사용자에게 충돌 위험 알림 메시지를 표시하며, 현재 화면에 충돌 위험 차량 혹은 기기의 위치를 표시하여 준다.

도로 위험 추론 모듈의 결과 데이터는 현재 운전자



<Fig. 12> The component of message transmission module

혹은 보행자가 모니터링 할 수 있는 화면에 공사, 사고지역과 같은 도로 제한구역 위치를 표시하고, 날씨와 도로 제한구역에 따라 산출된 감속 비율이 30% 이상인 경우 도로의 평균 속도에 비율을 적용하여 적정 속도로 이동할 수 있는 서비스를 제공한다.

4. 성능분석

본 논문에서 제안한 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템은 차량의 충돌사고를 미연에 예방하고 에코드라이빙을 위해 도로 위험도를 추론하여 연료 절감과 같은 비용 및 시간 자원을 절약할 수 있도록 제안되었다.

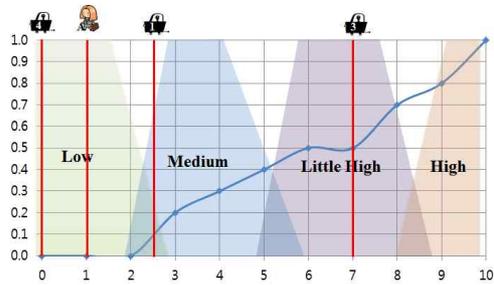
특히 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템의 충돌 위험도 추론 모듈의 경우 현재 도로 현황에 따라 차량 혹은 보행자가 지닌 무선통신 기기를 통해 정보를 수집하고 Fuzzy 시스템을 이용한 위험도 추론으로 도심에서 자주 발생할 수 있는 충돌 사고를 미리 감지하고 알려줌으로서 사고 위험성을 줄일 수 있다.

본 논문에서 제안한 충돌 위험도 추론 모듈의 성능 분석을 위해 <Fig. 4>의 도로 현황을 이용하였으며, 실제 좌표값을 이용하는 경우 가까운 거리는 0.0001도 정도의 차이밖에 나지 않기 때문에 수치변경이 자릿수 이동과 같은 수치 변경이 필요하다. <Fig. 4>의 2번 차량을 기준으로 모든 이웃노드의 위치, 속도, 이동 방향의 정보를 살펴보았을 때, 각각의 차량 및 기기 데이터를 적용하여 실험하기 위한 거리 및 수치 데이터는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> The distance and speed data of neighboring vehicle and wireless communication equipment

ID	dis_data	spd_data
1	2.5	6.3
3	7	6.5
4	0	6.5
A	1	3.4

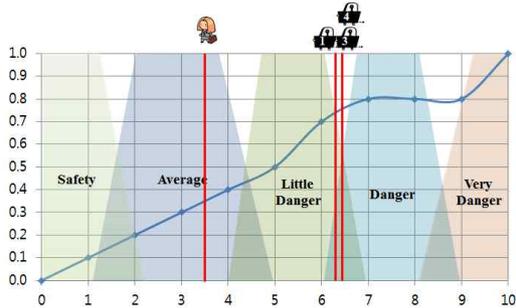
충돌 위험도 추론 모듈의 거리 및 속도 데이터 산출 공식에 의해 작성된 <Table 4>를 이용하여 거리 데이터 Fuzzy 시스템에 적용하면 다음과 같은 집합 그래프 결과가 산출된다.



<Fig. 13> The distance risk set graph of each vehicles

<Fig. 13>에서 나타나는 것과 같이, 차량 4와 보행자 A는 차량 2와의 거리가 0.0의 Low로 위험도가 낮게 나왔으며 차량 1의 경우 x값이 2.5로 0.1의 Low구간과 0.2의 Medium구간에 속하는 것으로 나타났다.

차량 3의 경우 x값인 거리 데이터가 7로서 0.5의 Little High 구간에 속하여 거리상으로 가장 위험한 위치에 존재 하는 것을 알 수 있다. 속도 데이터를 적용한 집합 그래프 결과는 <Fig 14>와 같다.



<Fig. 14> The speed risk set graph of each vehicles

보행자의 경우 이동속도가 느리기 때문에 차량이 제어가 가능한 속도라면 충분히 회피할 수 있기 때문에 속도 데이터를 적용한 결과 또한 0.3, Average구간으로 측정되었으며 1은 0.7, Little Danger과 0.3 Danger구간에 차량 3과 4는 0.7 Little Danger과 0.5 Danger 구간에 속하였다. 거리와 속도를 종합하여 보면 다음과 같은 결과가 나온다.

<Table 5> The risk analysis result of each vehicles

ID	거리 데이터	속도 데이터
1	0.1 Low	0.7 :L_Danger
	0.2 Medium	0.3 :Danger
3	0.5 L_High	0.7 :L_Danger
		0.5 :Danger
4	0.0 Low	0.7 :L_Danger
		0.5 :Danger
A	0.0 Low	0.3 Average

종합 위험도를 판단을 위해 종합 위험도 Fuzzy 규칙에 적용하고, Fuzzy 시스템의 공식인

$$\frac{\sum \mu_c(z) \times z}{\mu_c(z)}$$

에 적용하면 다음과 같은 결과가 종합 위험도가 산출된다.

ID	Z*	종합 위험도
1	6.5*0.1+8.35*0.1+9.5*0.2+11.5*0.2/0.1+0.1+0.2+0.3	8.14
3	12.5*0.5+14.5*0.5/0.5+0.5	13.5
4	6.5*0.1+8.5*0.1/0.1+0.1	7.5
A	4*0.1/0.1	4

<Fig. 15> Total risk of each vehicles

결과적으로 차량 2와 가장 충돌 위험성이 높은 차량 혹은 기기는 3번 차량으로 산출되었으며 종합 위험도는 13.5로 전체적으로 0.8, Little Danger이라는 종합 위험도 구간에 해당하는 것을 알 수 있다. 차량 1 또한 차량 2와 충돌 위험성이 존재하며 그 위험도를 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템을 통해 분석한 결과 Safety와 Average구간으로 매우 안전한 간격으로 주행하고 있지 않다는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서 제안하는 퍼지 기반 차량 충돌 예방 시스템은 복잡한 도심환경에서 발생하는 차량 과 차량 혹은 보행자나 이륜차와의 충돌사고를 미연에 예방하고, 도로 환경에 따라 경로우회 혹은 속도 절감의 필요성을 알려줄 수 있도록 제안한다. 본 논문에서 제안하는 시스템의 효율성은 다음과 같다.

첫째, 차량의 거리 및 속도를 이용한 충돌 위험도 산출 모듈은 도심환경 뿐만 아니라 고속도로와 비포장 도로에서도 무선통신이 있는 곳이라면 어디서든 활용할 수 있다.

둘째, 충돌 사고를 미연에 예방함으로써 교통사고로 인한 사망률 감소 효과와, 비용 절감 및 사고로 인해 발생하는 다양한 자원 손실을 줄일 수 있다.

셋째, 도로 환경에 따라 사용자에게 경로의 정보를 제공하기 때문에 보다 쾌적한 운행을 할 수 있으며 시간 및 연료절감 효과로 에코드라이빙 효과를 나타낸다.

References

- [1] S.I. Kim, H.K. Kahng, and S.W. Cheung, "Robust Route Establishment and Management for Vehicular Ad hoc Networks," *Journal of KIISE*, Vol.40, No.1, pp.44-51, 2013.
- [2] V. Jacobson, D.K. Smetters, J.D. Thornton, M.F. Plass, N.H. Briggs, and R.L. Braynard, "Networking named content," in *Proc. of ACM CoNEXT '09*. Rome, Italy, 1-4 December 2009, pp.1-12.
- [3] Unai Aguilera and Diego Lopez-de-Ípina, "An architecture for automatic service composition in MANET using a distributed service graph," *Future Generation Computer Systems* Vol.34, pp.176-189, 2014.
- [4] J.J. Blum, A. Eskandarian, and L.J. Hoffman, "Challenges of inter vehicle ad hoc networks," *Intelligent IEEE Transactions on Transportation Systems*, Vol.5, No.4, pp. 347-351, 2004.
- [5] Wenjia Li and Anupam Joshi, "Security Issues in Mobile Ad Hoc Networks-A Survey," http://www.csee.umbc.edu/~wenjial/699_report.pdf
- [6] YoungHo Park, JinHan Na, and SangJae Moon, "Authentication protocol for Inter-Vehicle Communication in Vehicular Ad Hoc Network," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research* Vol. 14, No. 2, pp.81-83, 2009.
- [7] C.T. Barba, M.A. Mateos, P.R. Soto, A.M. Mezher, and M.A. Igartua, "Smart city for VANETs using warning messages, traffic statistics and intelligent traffic lights," *Intelligent Vehicles Symposium(IV)*, 2012 IEEE, Alcalá de Henares, Spain, 3-7 June 2012, pp.902-907.
- [8] Lee Jung Bin, "Vehicle-to-Vehicle Communication based Event-driven Road Traffic Management," *Korea university master's thesis*, December 2013, pp.5-7
- [9] M.S. Corson, J.P. Maker, and J.H. Cernicione, "Internet-based Mobile Ad Hoc Networking," *IEEE Internet Computing*, July-August 1999, pp.63-70.
- [10] Stephen Ezell, "Explaining International IT Application Leadership: Intelligent Transportation Systems," *ITIF*, January 2010. http://www.itif.org/files/2010-1-27-ITS_Leadership.pdf
- [11] Kashif Naseer Qureshi, and Abdul Hanan Abdullah, "A Survey on Intelligent Transportation Systems," *Middle-East Journal of Scientific Research*, Vol.15, No.5, pp.629-642, 2013.
- [12] Kwang-Hyun Park, Hye-Kung Kim, and Dae-Sik Lee, "Design of an Adaptive Fuzzy Sliding Mode Position Controller," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research* Vol.7, No.4, pp.69-71, 2002.
- [13] Yang-Ho Kim, "A pedestrian collision warning system using a fuzzy logic," *Control and Instrumentation Engineering Graduate School Hanbat National University*, February 2014, pp.24-32.

[14] Su-Yeon Kim, and Hyaun-Seok Hwan, "A Framework for Evaluating Ubiquitous Services using Fuzzy AHP," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research Vol.13, No.5, pp.163-165, 2008,

[15] Jong-Ho Kim, Sang-Kyoon Kim, Goo-Seum Hang, Sang-Ho Ahn and Boung-Doo Kang, "An Object Detection and Tracking System using Fuzzy C-means and CONDENSAT," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research Vol.16, No.4, pp.91-95, 2011.



정회원

• 관심분야 : 인공지능, 오토마타, 프로그래밍언어

- 정회원
- 숭실대학교 전자계산학과 공학학사
- 숭실대학교 전자계산학과 공학석사
- 숭실대학교 전자계산학과(시스템 소프트웨어) 공학박사
- 가톨릭 관동대학교 공과대학 컴

논문접수일 : 2014년 08월 27일
 1차수정완료일 : 2014년 10월 01일
 게재확정일 : 2014년 10월 02일



정 이 나 (Yi-Na Jung)

- 학생회원
- 가톨릭 관동대학교 컴퓨터학과 공학사
- 가톨릭 관동대학교 컴퓨터공학과 석·박사과정 재학 중
- 관심분야 : 네트워크 보안, 빅 데이터



이 병 관 (Byung-Kwan Lee)

- 정회원
- 부산대학교 기계공학과 공학학사
- 중앙대학교 전자계산공학과 공학석사
- 중앙대학교 전자계산공학과 공학박사
- 가톨릭 관동대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수
- 관심분야 : 네트워크 보안, IoT, 빅 데이터, 센서 네트워크

안 회 학 (Heui-Hak Ahn)