

퍼지 규칙을 이용한 교통사고 연구

홍유식*, 김태달**, 김금열***

*상지대학교 컴퓨터정보공학부

**청운대학교 컴퓨터공학과

***국가재난연구소

e-mail:yshong@sangji.ac.kr

A Study on Traffic Accident using Fuzzy Rules

You-Sik Hong*, Tai-Dal Kim**, Gem-Yeol Lee***

*Dept of Computer Science, Sang-Ji University

**Dept of Computer Science, Chung-Woon University

***Korea Emergency Management Alliance

요 약

자동차사고는 소득증대와 차량증가와 함께 도로확충 및 정비가 필수임에도 불구하고 자동차 사고는 갈수록 대형화되고 있다. 그러나 교통사고 발생시 누가 가해자이고 피해자인지를 정확하게 구별하기는 매우 어려운 일이다. 특히 교통사고 발생시 목격자가 없을 경우에는 교통사고원인을 규명하기가 더욱 어려워진다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기위해서 뺑소니 교통사고 발생시에 퍼지 및 지능형 알고리즘을 시용해서 스키드마크 길이를 입력하면 도로의 종류, 타이어의 종류, 자동차 종류, 날씨 조건을 고려하여 최적의 자동차 속도를 산출하였으며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 기존의 방법보다 20- 30% 정확하게 예측하였다.

1. 서론

OECD에 가입한 30개국을 상대로 차량 만 대당 사망자수가 몇 명인가를 조사해본 결과 스위스, 스웨덴, 노르웨이가 1.1명 / 영국, 일본, 네덜란드가 1.2명 / 독일이 1.3명 / 호주, 아이슬랜드가 1.4명 등으로 나타났고 헝가리가 4.8명으로 가장 많은 것으로 나타났습니다. 우리나라는 4.6명으로 30개국 중 29번째로 나타났다.

보통 교통사고는 야간에 전체교통사고의 49%, 주간에 51%이고 사망사고는 그 반대로 야간에 51%, 주간에 49%의 비율로 발생한다. 참고로 교통사고와 관련하여 작년 2003년 한 해 동안 24만 여건의 교통사고가 났고 그 중 사망사고가 6,761건, 총 사망자수는 7,212명이라는 통계가 있었다[1-3].

이처럼 우리나라에서 교통사고가 빈번한 이유는 교통여건이나 여러 환경이 선진국에 비해 상당부분 열악함으로 인한 것으로 시급한 대책이 필요함을 알

수 있다. 우리나라 국토의 특성상 전국의 70%가 산악지대로 도로형성 시 오르막과 내리막이 많고 산의 경사로 인해 커브구간이 많은데 커브구간은 사고가 많이 발생하는 지역으로 교통사고를 줄이는데 가장 큰 걸림돌이 되고 있다[4-5].

1980년대 중반까지 차량증가와 더불어 교통사고가 지속적으로 증가하였으나 1980년대 후반부터 조금씩 둔화되기 시작하여 2002년도에 국가에서 안전벨트 착용의 의무화, 파파라치 제도, 무인단속 카메라의 설치확대 등 사고예방정책을 집중적으로 실시하여 교통사고가 대폭 감소하였다. 그 이후 큰 폭은 아니지만 2003년에도 조금씩 감소하여 2002년도에 비해 2003년도의 교통사고 건수는 4% 증가하였으나 오히려 사망자수는 0.1% 감소하여 10명가량 사망자수가 줄어들었다[6-7]. 이와 같이 사고가 주는 것은 교통에 대한 사회적 관심 정부적인 관심이 증대되고 있기 때문이다. 그 결과 교통안전에 필요한 여러 가지 사회적인 투자를 하기 때문일 것이다.

지금처럼 교통사고가 주는 것은 매우 바람직한 현상이지만 아직까지 교통사고 발생건수, 인명사고, 물적 피해 등을 감안하면 아직도 교통 후진국이라고 말할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 차량사고 후에 미세한 잔해가 도로 혹은 잔디에 흩어져있기 때문에 이를 추출해서 현미경으로 관찰하여 어떤 종류의 부품인지를 추정한 후 부품데이터베이스에 조회하여 범인을 추정하는 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스키드 마크를 이용한 속도추정을 알아보고, 3장에서는 자동차 순간 제동 시간을 분석하며, 4장에서는 컴퓨터 시뮬레이션 과정을 설명하고 5장에서는 결론을 토론 한다.

2. 스키드마크로부터 속도 추정

통상적으로 주행중인 차량을 멈추게 하고자 할 때는 가볍게 브레이크를 완제동 상태로 밟아 슬립율이 약 20~30% 정도 범위에서 노면에 타이어 흔적을 남기지 않고 정지한다. 그러나 갑자기 강하게 브레이크를 밟으면 잠겨진(locked)타이어에 의한 마찰열로 인해 노면에 타이어의 흔적이 발생하며 이를 스키드마크(skid mark)라 한다. 스키드마크는 차량이 진행하는 종방향으로 발생하는 전형적인 형상이며, 도로 경사, 타이어 마모 정도, 브레이크슈와 드럼사이의 압력정도 등에 따라 발생정도를 달리한 흔적이 발생하기도 한다. 그러나 노면상태가 평편한 상태에서는 차륜 폭만큼 발생한다. 정상 주행 중인 차량이 급제동하면 차량 무게 중심이 후륜에서 전륜으로 갑작스럽게 이동하며 차체 앞쪽이 앞으로 숙여지며 이때 노면 마찰은 전륜 및 후륜이 노면과 접지 하는 지점에서 차량의 뒤 방향으로 힘을 가하고, 질량의 중심은 관성에 의해 차량 전진 방향으로 움직임을 계속하려고 하며 이러한 현상은 그림 1에서 보여주고 있다.

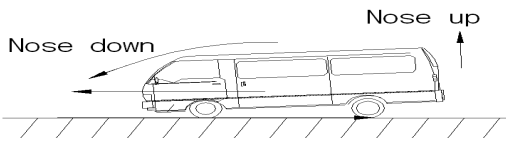


그림 1 스키드마크 발생 원리

열에너지는 제동하는데 필요한 열에 비해 충분히 무시해도 되는 아주 작은 양이므로 운동에너지는 자동차를 제동하여 정지시키는 일로 전환된 것으로 가정하고 속도 산출시 가속도는 $a = -\mu g$ 초기속도 v_1 으로 정리 하면 다음 수식으로 표현된다.

$$v_1 = \sqrt{2\mu g d}$$

여기서, v_1 : 제동전 차량의 속도 (m/sec)
 a : 가속도 (m/sec²)
 μ : 마찰계수
 g : 중력가속도 (m/sec²)
 d : 스키드마크거리

3. 자동차 순간제동시간

본 연구에서는 표 1과 같은 사양을 가진 시험 차와 가속도계를 이용하였고 순시제동시간을 측정에 H회사 승합차내에 가속도계(Vericom VC2000PC)(그림 5)를 장착하여 제동감속 특성을 측정하였다. 생성된 스키드마크는 육안으로 확인된 노면흔적을 측정도구를 이용하여 실측하였다.

표 1. Starax specifications.

Manufacturer	Hyundai	
Model	Starex RV	
Transmission type	5-speed Manual	
Overall length(mm)	5,035	
Overall width(mm)	1,820	
Overall height(mm)	1,980	
Track(mm)	front	1,570
	rear	1,545
Wheelbase(mm)	3,080	
Brake distance with 50km/h (m)	14	
Weight(kg)	2,485	
Parking brake	Manual	
Fuel	Diesel	
Gross vehicle traveled distance (km/h)	2,300	
Tire	205-60R15,99S	
	Steel belted radial tubeless(new)	
Brake (hydraulic)	front	disk
	rear	drum

실험차량에 마찰계수 측정 가속도계를 장착하여 제동순간 시간이 노면 조건과 속도에 의한 스키드마크의 생성직전에 생성되는 시간을 실측하기 위한 조건은 표 2와 같다.

표 2. Various test conditions.

Test place	Kyonggi Youngin																		
Road surface condition	Dry										Wet								
Road surface sort	Excess tar new asphalt					Traffic polished asphalt					Earth (packed)		Gravel (packed)		Excess tar new asphalt				
	20	30	40	50	60	20	30	50	60	70	20	30	40	50	20	30	50	60	70
Test speed (km/h)																			

표 2의 실험 조건을 가지고 실험차량에 마찰계수 가속도계를 장착하고 조수석에 1명을 탑승시켜 4 단계로 실험하였다. 1단계는 가속도계(vericom 2000) 메뉴 모드에서 braking 버튼을 선택 후 다시 자동 출발 모드를 선택후 차량 출발하고, 2단계는 운전자가 실험속도 20, 30, 40, 50, 60, 70 km/h로 주행하고, 조수석 탑승자가 정해진 속도계가 실험속도에 도달시 신호에 따라 운전자가 급제동을 실시. 3단계는 정지한 차량 가속도계 화면에 출력된 각 제동거리, 평균속도, 평균마찰계수, 총소요시간 등을 기록하였다. 4단계는 실제 발생된 스키드마크의 길이를 측정하였다.

실험은 동일한 실험장소에서 습윤(wet)노면, 건조(dry)노면 및 실험속도 20, 30, 40, 50, 60, 70km/h로 노면 조건에

따라 1~5회 반복 실험을 실시하였다.

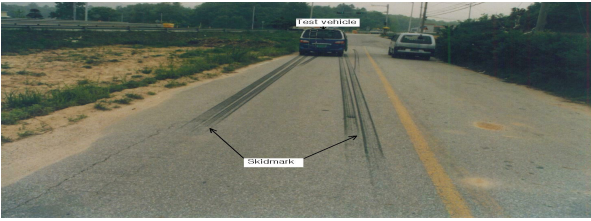


그림 2. 스키드마크를 이용한 차량속도 환산

4. 컴퓨터 시뮬레이션

본 논문에서는 뺑소니 사건을 과학적으로 수사하기 위해서 도로에 존재하는 스키드마크를 증거자료로 이용하여 선진과학 조사를 한다. 앞에서 설명한 것과 같이 마찰계수가 도로 조건 및 날씨조건에 따라서 스키드 마크 길이가 틀려진다.

그래서 이러한 문제점을 개선하기 위해서 사용한 퍼지규칙은 다음과 같다.

IF PA is Low
and PS is MED
and WT is High
then
Op is HIGH
Os is Low

where:

PA is Degree of skid mark
PS is degree of road condition
WT is degree of collision
OP is Expecting vehicle speed

(Rule 1)

$[0.3/4, 0.5/5, 1/6] \mid \wedge [0.7/-3, 0.6/-2, 0.8/-1, 0.4/0, 0.1/1]$
 $\mid \wedge [0.3/4, 0.5/5, 1/6]$
 $= 0.3 \wedge 0.7 \wedge [0.3/4, 0.5/5, 1/6]$
 $= [0.3/4, 0.5/5, 1/6]$

```
SKID MARK /td>
name="select1"onchange="calculatePay()" class="textarea">
<option value="0.8" selected>
select one of them
<option value="0.8">
0.8
<option value="0.7">
0.7
<option value="0.6">
0.6
<option value="0.5">
0.5
<option value="0.4">
0.4
<option value="0.3">
0.3
<option value="0.2">
0.2
function calculatePay()
{
var p1 = eval(document.mypay.select1.options.value);
var p2 = eval(document.mypay.select2.options.value);
var p3 = eval(document.mypay.select3.options.value);
var p4 = eval(document.mypay.select4.value);
document.mypay.pay.value = Math.sqrt(254*p4*(p1*p3+p2));
0.2
}
```

표 3. 스키드마크 궤적 데이터 및 신뢰도

	최고속도(KPH)			종방향 이동거리(m)			횡방향 이동거리(m)		
	TM	재현	오차(%)	실측	재현	오차(%)	실측	재현	오차(%)
직선 주행									
정속 가속 정지	57.4	55.8	2.79	200.0	203.4	1.7	0.7	0.0	0
	51.8	51.9	0.2	200.0	208.4	4.2	0.7	0.5	0
급 가속 정지	64.4	66.7	20.2	186.0	193.7	4.14	0.7	0.0	0
	68.6	67.9	1.02	205.2	212.8	3.70	0.7	0.0	0

표 3은 주행 실험 결과를 정리한 것이다. 지그재그 주행의 경우 진행방향 거리를 측정하지 않아 오차 계산이 되지 못하였으나 직선 주행결과로 미루어 이외의 평균 오차범위를 크게 벗어나지 않을 것이라고 추정된다.

4-1. 속도와 제동순시간과의 관계

교통량이 적은 건조한 아스팔트 노면에서 속도 변화에 대한 제동순시간의 변화이며 제동순시간의 변화가 0.1초~0.16초를 초과하지 않은 평균 0.43~0.45초로 볼 때, 제동순시간은 차량의 초기 운행 속도와 약간의 영향이 발생한다.

4-2. 건조한 아스팔트와 습기가 있는 아스팔트

노면에서의 제동 순시간

습윤상태의 노면마찰계수가 건조 노면의 마찰계수 보다 적기 때문에 습윤 및 건조한 아스팔트노면에서 제동순시간은 습윤상태의 노면에서 약간 늦어지고 그림 3에서는 컴퓨터로 시뮬레이션 한 결과를 보여준다..

4-3. 포장노면과 비포장 노면에서의 제동 순 시간

포장도로(새로운 아스팔트노면)와 비포장노면(자갈길과 흙길)에서의 순시 제동시간을 비교하였고, 비포장 노면의 순시 제동시간이 아스팔트 노면에서 비하여 짧은 것은 비포장 노면의 마찰계수가 크기 때문이다.

교통선진 과학화

스키드 마크 ..교통..과학.

[2006-상지대학교 교통 시뮬레이션]

브라우저가 작동되어 변수가 구르지 않는 상태에서 미끄러질 때 도로면에 나타나는 타이어 자국

사고직전 속도(V) = $\sqrt{254 \times \text{스키드마크}(S) \times (\text{마찰계수}(F) \times \text{차중}(W))}$

스키드마크: 30

마찰계수: 0.7 (기본: 0.8)

차중: 중형차 (대형차는 승용차 마찰계수의 75~85%)

도로경사: 0

위와 같은 조건에서 제동시점에서의 속도는? 결과보기 다시계산

시속 약 77.58 km/h 내외 입니다.

노면	건조	습도	비토,습윤	빙결
아스팔트포장	0.8	0.7	0.6	0.3
콘크리트포장	0.8	0.6	0.4	0.3
연회포장	0.7	0.4	0.3	0.2
자연도로	0.5	0.4	0.3	0.2

그림 3. 퍼지 규칙을 이용한 스키드마크 시뮬레이션

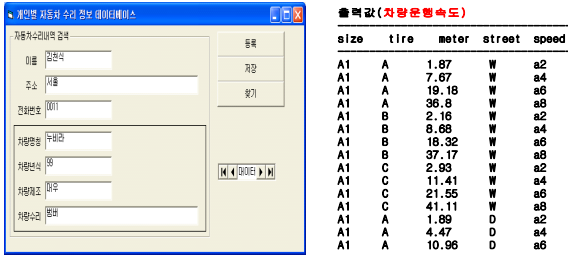


그림 4 스키드마크를 이용한 뺑소니 운전자 검색

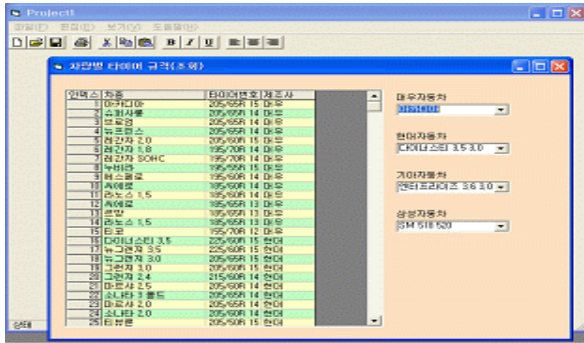


그림 5 타이어조건을 이용한 뺑소니 운전자 검색

만약, 인적이 드문 새벽 충북지역 한적한 국도에서 뺑소니차가 사람을 치고 도망쳤다고 가정하자. 목격자가 없는 부품으로 차량번호를 추적할 수 있는 유일한 단서인 깨진 전조등 조각도 뺑소니운전자가 챙겨서 도망쳤다면, 증거라고는 가해자가 급정차를 하면서 도로표면에 남긴 타이어흔적(스키드마크)과 피해자 옷에 도로에 남은 타이어자국 뿐이다. 본 논문에서는, 이러한 문제점을 해결하기위해서, 자동검색자동차 부품업체, 타이어 정보를 이용하여 차량의 속도를 추정하여 가해차량과 피해차량의 정보를 정확하게 계산하고자 시뮬레이션 프로그램을 개발하였으며, 그림 4는 스키드마크를 이용한 범인 검색 시뮬레이션 프로그램 결과이고 그림 5는 도로에 남은 타이어 종류별 범인 검색 시뮬레이션 프로그램 결과를 보여주고 있다. 표 4는 스키드마크를 입력하면 예상 속도를 재현하는 프로그램 결과를 보여주고 있다.

표 4 마찰계수 및 기후조건을 고려한 예상 속도

스키드마크 (meter)	도로 조건	자동차 종류	도로 경사도	날씨 조건	예상 자동차 속도(Km/h)
12	포장	소형	평지	34	35
45	비포장	소형	평지	66	89
51	포장	대형	평지	12	91
33	포장	소형	내리막길	37	75
17	비포장	소형	평지	46	36
26	포장	대형	오르막길	85	66

5. 결 론

스키드마크 길이를 이용한 차량의 제동 전 속도를 산출하여 제동 순 시간에 대한 결과는 다음과 같다. 습윤 상태의 노면마찰계수가 건조한 노면보다 길며, 비포장 노면과 다져진 자갈 노면 중에서 비포장 노면의 경우가 제동

순시간이 적다. 콘크리트 노면이 아스팔트노면에 비해 마찰계수가 약간 높게 측정되었으며, 기존의 방법보다 25 % 이상 개선 될 수 있었다.

스키드 마크를 이용한 자동차 속도 추정은 본 논문에서 사용된 도로조건과 날씨 조건 외에 풍속, 풍향, 도로 종단구배, 트레드 패턴 및 면적, 재질, 타이어 공기압, 브레이크 라이닝 마모상태, 브레이크 라이닝 간격불량, 노면상태(젖은 노면, 모래가루가 많은 노면 등)에 따라 마찰계수가 달라지므로 체계적이고 세분화된 연구가 반드시 필요할 것으로 생각된다.

뿐만 아니라, 비록 교통사고가 감소하고 있지만 뺑소니 교통사고에 대한 건수는 줄고 있지 않고 있다. 특히 이와 같은 사건은 누가 언제 어떤 형태의 사고를 발생했는지 알 수 없고, 그 결과 범인을 검거하기 위한 과학적인 수사체계가 절실히 필요한 분야이다. 그러므로, 본 논문에서는 데이터베이스 설계를 통해서 교통사고 현장에서의 충돌 및 사고 후에 생기는 잔여부품을 현미경과 같은 도구로 알아낸 후 본 논문에서 정의한 데이터베이스에서 부품정보를 검색하여 범인을 검거하는 과정을 XML을 이용해서 모의 실험하였으며, 전국의 자동차 수리점을 DB화 하면, 뺑소니 운전자 검거율은 60 %이상 개선되리라고 확신한다.

[참 고 문 헌]

- [1]한문철 변호사의 (www.susulaw.com)
- [2]황성채, “뺑소니 사건의 예방 및 대책에 관한 고찰”, 한국경찰학회보, 2004
- [3]임승현, 조기성, “교통사고현황관리 및 DB 구축을 위한 GIS에 관한 연구”, 대한토목학회논문집 D, 2004
- [4]김병철, 박기현, 한민홍, “사고 인식에 의한 교차로 교통사고 감지”, 한국경영학회/대한 산업공학회 춘계공동학술대회, 2001.
- [5]권영만, ASP 프로그래밍, 2001.
- [6]김남일(교통안전공단 교수), 뺑소니 교통사고(법률용어 해석), 한국손해사정인회, <http://www.kicaa.or.kr>,
- [7]T. Nishimoto, "Vehicle Crash Analysis Based on Own Data Recording," Int. J. Vehicle Design, Vol.32, No.1/2, pp.130-141, 2003.
- [8]J. M. Lawrence, C. C. Wilkinson, B. E. Heinrichs, G. P. Siegmund, "The Accuracy of Pre-Crash Speed Captured by Event Data Recorders," SAE 2003-01-0889, 2003.