

차량선틱으로 인한 차량추종모델의 파라미터 변화분석

Parameter Variation of Car-Following Models Due to Vehicle Tinting

이 청 원* 김 혜 원**
(Chung-Won Lee) (Hye-Won Kim)

요 약

현재 사회적으로 선틱에 대한 규제가 논란이 되고 있으나 이를 뒷받침할 만한 공학적인 근거가 부족한 실정이다. 선틱 연구에 따르면 과도한 선틱차량이 추종차량의 가감속등에 영향을 미쳐 용량저해 요인으로 작용할 수도 있다는 가설을 확인하였으나, 자료의 한계로 추종모델과 연결된 분석은 이루어지지 못하였기 때문에 추가연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 RTK-GPS를 이용하여 자료를 수집하였으며, 선두차량의 차량선틱 암도에 따라 후방차량에 미치는 영향을 차량추종 모델의 파라미터 변화를 통해 분석하였다. 본 논문에서는 가시광선 투과율에 따른 차두거리, 가속소음, 민감도, 반응시간을 분석하였다. 추종모델의 기본식인 GM 1모델 뿐만 아니라, 차량의 차두거리까지 고려된 GM 3모델에 적용시켜 민감도를 분석하였다. GM의 3모델 역시 1모델과 동일한 패턴의 결과로 도출되었으며, 선두차량의 선틱정도가 클수록 후방차량에 미치는 영향이 더 커지며, 선두차량의 선틱으로 인한 위험도는 2번째 차량보다 3번째 차량이 더 큰 것을 확인하였다. 차량의 선틱정도에 따라 교통류 안정성에 미치는 영향 분석에 관한 연구는 향후 과제로 남긴다.

Abstract

Regulation of Visible Light Transmission Percentage (VLT%) has been argued because it was known that the degree of darkness of tinted vehicle can affect to driving maneuver. Previously, it was proven that low level of VLT affects capacity reduction. But, due to lack of field data they could not analyze the effect of Car-Following model parameters. This study focuses on the effect of a tinted vehicle on following traffic flow. RTK GPS receiving data through field experiment analyzed based on headway distance, acceleration noise, sensitivity, and reaction time. As a result of analysis through GM 1st Model and 3rd Model, influence of following vehicle vary inversely with VLT and risk according as tinting of lead vehicle is third vehicle bigger than second vehicle. Also the results patterns of GM 3rd model include distance-headway are same with GM 1st Model.

In the further need to research for influence analysis of traffic flow stability by the level of VLT.

Key words: Car-following model, Tinting, RTK-GPS, Sensitivity, Reaction-time

† 이 논문은 2008년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었음.

* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수(교신저자)

** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 석사과정

† 논문접수일 : 2009년 10월 1일

† 논문심사일 : 2009년 10월 22일

† 게재확정일 : 2009년 10월 23일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

1999년 2월 자동차관리법 개정당시 규제완화차원에서 가시광선투과율이 자동차 정기검사 항목에서 제외되자 경찰은 선틱단속을 중단했었다. 2000년 11월 경찰청의 선틱규제조항 폐지 의견 제출, 2001년 단속기준 규정의견 규제개혁위원회에 제출후 기준을 명확히 하라는 권고를 받았다. 그 후로도 지속적으로 규제에 대한 의견이 많았으며, 2008년 12월 도로교통법 개정에 따라 자동차 뒷창유리는 규제항목에서 제외되었다. 그러나, 아직까지도 선틱규제 철폐에 대한 논란은 계속되고 있으나 규제기준을 뒷받침할 만한 공학적인 근거가 부족한 실정이다.

본 연구는 현장실험 데이터를 이용하여 선두차량의 선틱압도에 따라 후방차량에 미치는 영향을 차량추종모델의 파라미터 변화를 통해 분석하였다.

2. 연구의 범위 및 수행방법

주행중인 차량의 위치를 정확히 추정하기 위하여 RTK GPS(Real Time Kinematic GPS)를 활용한 실험계획을 설정하였다 또한, 다양한 운전자 조합으로 실험하고, 자료를 분석하였다.

수집된 자료를 활용하여 선틱정도에 따라 가시광선 투과율(70%, 30%, 0%)별로 차두거리, 가속소음을 분석하였다. 또한, GM의 추종모델을 이용하여 선두차량의 선틱정도에 따라 파라미터인 민감도와 반응시간을 비교 분석한다.

II. 기존연구 및 관련문헌 고찰

1. 국내외 선틱관련 규제현황

1) 국외현황

외국의 경우 많은 국가가 운전자의 시야 확보를 위해서 자동차 안전기준에 자동차 창유리의 가시광선 투과율에 대하여 규정하고 있다.

미국의 대도시를 포함하는 주(New York, California, Washington)는 가시광선 투과율 70%, 캐나다는 주별로 45%~70%를 규제기준으로 설정해 놓고 있다. 또한, 영국은 운전석 좌우측 유리의 가시광선 투과율 40%, 호주에서는 주별로 35%~70%로 규제기준이 크게 양분되어 있으며, 뉴질랜드는 35%를 규제기준으로 정하는 등의 가시광선 투과율에 대한 최저기준은 각국의 규정에 따라 다르다.

2) 국내현황

우리나라 도로교통법 시행령 제28조[1]에 의한 운전이 금지되는 자동차 창유리의 가시광선 투과율은 앞유리 70%미만, 운전석 좌우 옆면 창유리 40%미만으로 규정하고 있다.

2. 차량선틱관련 연구

장일준[2]은 차량 시뮬레이터를 활용한 실험분석결과, 가시광선 투과율이 40% 이하로 낮아지면 운전자의 조작반응성이 현저히 낮아지며, 여론조사에서는 운전자들이 생각하는 적정 선틱 압도 규제기준은 가시광선 투과율 40% 수준으로 나타났다.

강희섭[3]등은 선틱이 교통안전 관점에서 야간 운전자의 후방시각에 어떠한 영향을 주는지를 검토하고 정량화를 위해 차광필름의 농도에 따른 운전자의 후방물체 식별능력을 로지스틱 회귀분석방법을 이용하였다. 분석결과, 야간환경에서의 선틱은 운전자의 후방물체 식별능력을 유의하게 저하시켜 신호대기, 주차상황에서의 사고위험을 증가시킨다고 하였다.

이청원[4]은 선틱정도로 교통류의 변화가 올 수 있다는 개연성을 가속소음 분석 등을 통해 확인하였으며, 강중호, 이청원[5]는 과도한 선틱차량이 후미차량에 영향을 미쳐 용량감소로 나타난다는 가설을 세워 현장실험을 통해 분석하였다. 차두거리, 가속소음등의 분석을 통하여 선두차량의 선틱정도가 높아질수록 교통류의 불안정성이 높아지는 것을 확인하였다.

3. 차량추종모델 관련 연구

Pipes[6, 7]는 안전거리로 앞차를 추종하는 차량의 움직임은 10mph당 앞차와의 거리는 차량 한 대 길이 정도를 두는 것이 바람직하다는 규칙에 따라 교통류 내 차량움직임의 특성을 규정하였다. 이 모형에서는 속도가 증가할수록 최소안전 차두거리는 증가하며, 최소안전 차두거리의 감소는 교통량의 증가를 의미한다고 하였다.

Forbes[8, 7]는 추종차량이 감속을 위한 반응시간을 차량추종의 행태로 접근했다. 차간시간은 반응시간보다 크거나 같으며, 최소차두시간은 반응시간과 앞차가 차량의 길이만큼 주행하는 시간의 합이라 하였다.

GM 연구진[9, 7]은 광범위한 현장실험을 병행하였으며, 미시적교통류 이론과 거시적교통류 이론을 수학적으로 연결하였다. 추종이론은 반응은 민감도와 자극에 의하며, 이 형태를 이용하여 총 5개의 추종모델을 개발하였다.

이영인, 최승석[10]은 Gazis(1961) 모형(GM5세대 모형)을 기반으로 가감속과 출발, 정지 상황에 대한 차량추종모형의 파라메터를 추정하였다. 모형추정결과 자극(상대속도)의 멱지수 n 이 1인 경우(선형)가 통계적 신뢰성이 있는 것으로 분석되었다.

Gurusinghee et al.[11]에서는 RTK-GPS를 이용하여 차량추종행태를 실험하였으며, 전통적인 방법으로 수집한 자료와 비교하였다. GPS로 수집된 data의 정밀도는 전통적인 방법으로 인한 자료보다 우위에 있으며, 운전하는 동안의 상대속도와 가속소음과의 상관성으로 반응시간 보여준다고 하였다, 운전자 개개의 반응시간은 차량군을 따라 변화하며, 반응시간 분석결과, 0~3.0초의 범위를 가지며, 평균값은 1.5초로 제시하였다.

Ranjitkar et al.[12]은 RTK-GPS를 이용한 현장자료 수집을 통해 차량군의 안정성을 분석하고자 하였으며, 차량추종 실험은 10대의 자가용을 이용하여 테스트 트랙에서 시행하였다. 민감도의 추정치와 반응시간에 대한 상관성은 높으며, 평균 반응시간은 1.27~1.55초, 평균 민감도값은 0.42~0.69로 제시하였다.

Tanaka et al.[13]은 GM 차량추종의 안정성이론은 차량군이 불안정상태라면 속도와 차두거리는 후미 차량으로의 진동폭은 증가한다고 하였다 또한, 차량군에서의 속도와 차두거리의 변화폭 증가로 인해 앞에 있는 차량보다 후미의 차량은 위험에 노출된다고 하였다.

III. RTK-GPS 수신장치 이용 자료수집

1. 조사장비의 구성

RTK GPS는 일반 GPS측량에 무선통신을 이용하여 보정을 통해 두 점간의 거리, 방위, 고도차를 실시간



GPS수신기 (Trimble R8) 이동국(Rover) 안테나

자료: 강종호, 이창원, “승용차 선티링이 조급한 성향의 후미차량에 미치는 영향에 대한 실험적 분석”, 대한토목학회논문집, pp363-371, 2009.

<그림 1> 이동국(Rover) 장비의 구성
<Fig. 1> Components of Rover



GPS수신기 GPS안테나



라디오모뎀 라디오모뎀 안테나

자료: 강종호, 이창원, “승용차 선티링이 조급한 성향의 후미차량에 미치는 영향에 대한 실험적 분석”, 대한토목학회논문집, pp363-371, 2009.

<그림 2> 기준국(Base station) 장비의 구성
<Fig. 2> Components of base station

으로 측량할 수 있는 측량 방식이다. 같은 시간대의 차량간 거리 및 속도차를 정확히 측정할 수 있기 때문에 기존의 방법보다 정확한 값을 산출할 수 있다.

RTK GPS 장비는 GPS수신기, GPS안테나, 라디오모뎀과 라디오모뎀 안테나로 구성된 기준국과 GPS수신기와 라디오 안테나로 구성된 이동국으로 구성된다.

2. 자료수집을 위한 실험개요

실험대상 구간은 자유로 이산포IC~문발IC 구간으로 총 150회의 가감속을 시행하며 조사를 수행하였으며, GPS의 자료수집 간격은 0.1초로 설정하였다.

동일한 교통류에서는 선두차량의 자극에 의해 추종차량은 영향을 받으며, 자극은 순차적으로 추종차량들에게 전달된다. 본 연구에서는 연속해서 주행하는 선두차량과 추종차량간의 측위관계를 정확히 알아내어 선틱정도를 달리해가며 선두차량에서 가감속을 시행할 경우 후미차량에 미치는 영향을 차량추종모델을 이용하여 파라미터들의 변화를 분석하기 위해 RTK GPS 수신장치를 활용하였다.

현장실험은 선두차량의 선틱압도에 따른 영향을 파악하기 위해 기본적으로 세가지(가시광선 투과율 70%, 30%, 0%) 경우로 구분하여 수행하였으며, 선두



<그림 3> 선틱지부착 및 실험차량
<Fig. 3> Attachment of tinting films and experimental vehicle

차량 1대, 추종차량 2대의 차량에 RTK GPS 수신기를 장착하여 자료를 수집하였다. 또한, 선두차량에서 가감속을 수차례 시행하여 후미차량들이 영향을 받도록 하였다.

주행실험은 3가지 가시광선 투과율별로 가감속을 각 150회씩 시행하였으며, 운전자의 주행행태에 대한 영향을 고려하기 위하여 추종차량 2대의 운전자를 바꾸어가며 실험을 시행하였다. 또한 운전자에게는 실험목적은 알리지 않아 의도적인 결과가 나오지 않도록 하였다.

IV. 수집자료를 활용한 차량추종모델의 파라미터 분석

1. 분석개요

연속류상에서 운전자는 일반적으로 시간-거리의 경제성보다는 안전성을 추구하며 운전을 수행한다. 앞차와의 거리가 좁아지면 안전을 위해 속도를 줄이게 되며, 반대로 거리가 멀어지면 가속을 하게되는 등의 운전행태를 나타내게 된다. 이러한 앞차의 변화에 따라 운전행태를 따라가게 된다는 이론이 차량추종이론이다.

다음의 형태를 기본으로 5개의 GM의 모형들이 개발되었다 [14].

$$\text{반응} = f(\text{민감도}, \text{자극}) = \text{민감도}(\lambda) \times \text{자극}$$

다양한 추종이론 중 파라미터 분석을 위해 본 논문에서는 GM 모형중 첫 번째와 세 번째 모형을 적용하여 분석하였으며, 두 번째 모형은 두차량의 상

<표 1> 현장조사 개요

<Table 1> Summary of the experiment

항목	내용	비고
조사기간	2009.4.18~19	· 오전7시~오후5시(일출후~일몰전)
조사장소	경기도 일산시 자유로 (이산포IC~문발IC)	· 연속류(5차로) · Stable Flow · 3대의 차량이 전체 교통류의 흐름을 대변 할 수 있어야 함
기상조건	맑음	· 노면상태 양호, 전방시야 양호
조사대상 장비	Trimble사의 R7, R8	· RTK-GPS(자료수집단위 0.1초)
조사차량	NF 소나타 3대	
조사인원	-	· 운전자3, 탑승자3명(data수집) · 기준국 관리자1명

대적 거리에 따라 민감도가 산출되는 식으로 α_1 or α_2 를 선정하는데 어려움이 있으므로 본 연구의 분석에서는 제외하였다.

1) GM 첫 번째 모형

GM의 첫 번째 모형의 민감도는 α 를 의미하며, 반응시간과 두차량의 속도차이에 의해 산출되어 진다.

$$x_{n+1}''(t + \Delta t) = \alpha[x_n'(t) - x_{n+1}'(t)]$$

여기서, x_{n+1}'' : 후미차량의 가속도
 α : 민감도
 $x_n'(t)$: t시간에서의 선두차량의 속도
 $x_{n+1}'(t)$: t시간에서의 후미차량의 속도

2) GM 세번째 모형

GM의 세번째 모형의 민감도는 α_0 를 의미하며, 반응시간과 두차량의 속도차이 및 차두거리에 의해 산출되어진다.

$$x_{n+1}''(t + \Delta t) = \frac{\alpha_0}{x_n(t) - x_{n+1}(t)} [x_n'(t) - x_{n+1}'(t)]$$

여기서, x_{n+1}'' : 후미차량의 가속도
 α_0 : 민감도
 $x_n'(t)$: t시간에서의 선두차량의 속도
 $x_{n+1}'(t)$: t시간에서의 후미차량의 속도
 $x_n(t) - x_{n+1}(t)$: t시간에서의 차두거리

2. 수집된 자료의 속도, 차두거리, 가속소음분석

1) 차량속도의 변화

실험별 세 차량의 추종상태를 확인하기 위해 차량의 평균통행속도에 대해 분석하였다. 실험별로 평균통행속도의 차이는 약 1.2~1.7km/h로 추종차량은 선두차량을 성실하게 추종했음을 나타낸다.

2) 차두거리의 변화

가시광선 투과율에 따른 차두거리 분석결과, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각의 평균 반응

<표 2> 통행속도 분석
 <Table 2> Analysis of travel speed

투과율	차량1	차량2	차량3
70%	69.3km/h	69.3km/h	69.2km/h
30%	68.2km/h	68.2km/h	68.1km/h
0%	67.0km/h	67.2km/h	67.1km/h

<표 3> 차두거리 분석
 <Table 3> Analysis of distance headway

구 분	1번째~2번째 차량			2번째~3번째 차량		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	13.9	23.8	19.1	15.1	26.5	21.7
30%	16.4	26.8	20.4	19.3	28.9	22.9
0%	17.8	28.2	21.5	20.1	31.2	24.3

시간은 가시광선 투과율 70%일 19.1m, 21.7m, 30%일 때 20.4m, 22.9m, 0%일 때 21.5m, 24.3m로 분석되었다.

3) 가속소음의 변화

가시광선 투과율에 따른 평균 가속소음 분석결과, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각 가시광선 투과율 70%일 0.083m/sec2, 0.092m/sec2, 30%일 때 0.124m/sec2, 0.146m/sec2, 0%일 때 0.161m/sec2, 0.195m/sec2로 분석되었다.

기존연구에서 Chendler[9]는 실험을 중심으로 추종차량간의 가속소음은 0~0.15의 분포를 가진다고 하였다. 또한, Herman[15]은 local stability 이론을 설명하기 위해 속도를 달리하여 2가지 case로 실험을 하였으며 case별 가속소음의 평균값을 0.3~0.5로 제시하였다. 또한, 이청원[16]은 GPS를 이용한 실험을 통해 가속소음 값을 0.58~0.82로 제시하였다.

본 연구에서는 가시광선 투과율 70%, 30%, 0% 각

<표 4> 가속소음 분석
 <Table 4> Analysis of acceleration noise

구 분	1번째~2번째 차량			2번째~3번째 차량		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	0.002	0.315	0.083	0.004	0.384	0.092
30%	0.008	0.369	0.124	0.010	0.425	0.146
0%	0.010	0.633	0.161	0.012	0.717	0.195

각 0.083~0.092, 0.124~0.146, 0.161~0.195로 기존연구결과
 과의 범위인 0~0.5에 포함되는 것으로 나타났다.

3. 추종모델 적용 분석

1) 반응시간의 변화

가시광선 투과율에 따른 반응시간 분석결과, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각의 평균 반응
 시간은 가시광선 투과율 70%일 1.7초, 1.7초, 30%일
 때 1.4초, 1.6초, 0%일 때 1.3초, 1.5초로 측정되었다

기존연구에서 Herman[15]은 2대의 차량간의 반응시
 간은 1.5초로 제시하였으며, Gurusinghe[11]에서는
 RTK-GPS를 이용하여 실험하였으며, 반응시간은 0~3.0
 초, 평균값은 1.5초로 제시하였다. 또한, Ranjitkar[12]은
 RTK-GPS를 이용한 현장자료 수집을 통해 분석하고자
 하였으며, 반응시간의 평균값은 1.27~1.55의 범위를 가
 지는 것으로 제시하였다.

본 연구에서는 가시광선 투과율 70%, 30%, 0% 각
 각 1.7초 1.4~1.6초, 1.3~1.5초로 기존연구결과와 범위
 인 0~3.0초에 포함되는 것으로 나타났다.

또한, 통계적 검증을 위하여 일원분류 분산분석
 (ANOVA; Analysis of variance)을 실시하였다.

2번째 차량에 대한 각 실험별(70%, 30%, 0%) 모
 집단 반응시간을 μ_1, μ_2, μ_3 를 이라고 할 때, 검정
 하고자 하는 가설은 다음과 같다.

$$H_0 : \mu_{70\%} = \mu_{30\%} = \mu_{0\%}$$

$$H_1 : \text{not } H_0$$

여기서, $\mu_{70\%}$: 가시광선 투과율 70%의 반응시간
 $\mu_{30\%}$: 가시광선 투과율 30%의 반응시간
 $\mu_{0\%}$: 가시광선 투과율 0%의 반응시간

<표 5> 반응시간 분석

<Table 5> Analysis of reaction time

구 분	1번째~2번째 차량			2번째~3번째 차량		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	0.8	3.0	1.7	0.8	3.1	1.7
30%	0.6	2.8	1.4	0.7	2.9	1.6
0%	0.5	2.4	1.3	0.7	2.6	1.5

<표 6> 반응시간의 ANOVA 결과

<Table 6> Result of ANOVA test for reaction time

구분	변동 요인	재조합	자유도	제곱 평균	F비	p-값	F 기각치
2번째 차량	처리	6.73	2	3.36	15.06	0.00	3.03
	잔차	66.37	297	0.22			
	계	73.10	299				
3번째 차량	처리	2.31	2	1.15	6315	0.00	3.03
	잔차	55.74	297	0.19			
	계	58.05	299				

반응시간의 ANOVA 분석결과, 검정통계량 값 F는
 2번째 차량은 15.06, 3번째 차량은 63.15로 분석되었다.

2) 민감도 분석

GM 1세대 추종모델을 적용하여 가시광선 투과율
 에 따른 민감도 분석결과, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째
 차량 각각의 민감도는 가시광선 투과율
 70%일 0.41sec-1, 0.43sec-1, 30%일 때 0.55sec-
 0.60sec-1, 0%일 때 0.85sec-1, 0.86sec-1로 산출되었다.

차두거리까지 고려된 GM 3세대 추종모델을 적용
 하여 가시광선 투과율에 따른 민감도 분석결과, 1번째~2번째
 차량, 2번째~3번째 차량 각각의 민감도는
 가시광선 투과율 70%일 7.59, 8.68, 30%일 때 11.66,
 12.76, 0%일 때 15.52, 17.39로 산출되었다.

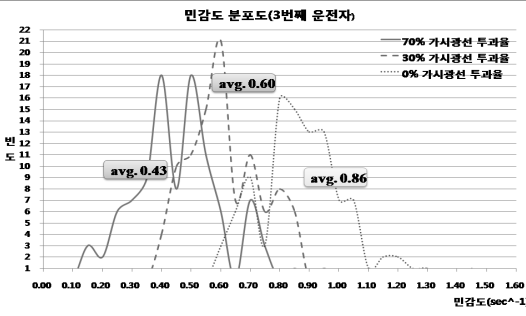
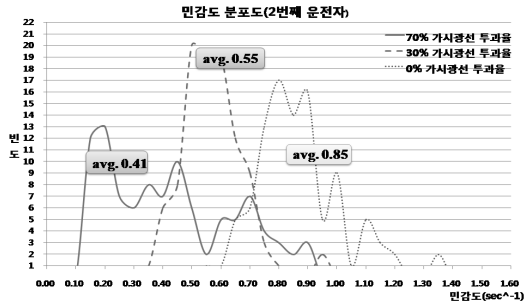
기존연구에서 GM의 1세대 모델을 적용하여 민감
 도를 분석하였으며, Herman[9]은 2대의 추종차량간
 운전행태에 따라 선형 차량추종모형을 적용하였으
 며, 민감도는 0.8로 제시하였다. Gazis[17]가 제시한 민
 감도 값은 GM test track은 27.4mph, Holland Tunnel은
 18.2mph, Lincoln Tunnel은 20.3mph 이다. 또한
 Ranjitkar et al. [12]은 RTK-GPS를 이용하여 현장자료
 수집하였으며, C의 평균값은 0.42~0.69로 제시하였다.

본 연구에서 GM 1세대 모델을 적용한 가시광선
 투과율 70%, 30%, 0% 각각 0.41~0.43sec-1, 0.55~
 0.60sec-1, 0.85~0.86sec-1 로 기존연구결과와 범위인
 0.42~0.80에 포함되는 것으로 나타났다.

또한, 통계적 검증을 위하여 일원분류 분산분석
 (ANOVA; Analysis of variance)을 실시하였다.

<표 7> GM 1세대 모델의 민감도 분석
<Table 7> Analysis of GM first-family model sensitivity

구 분	1번째~2번째 차량			2번째~3번째 차량		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	0.11	0.88	0.41	0.13	0.95	0.43
30%	0.34	0.92	0.55	0.29	1.10	0.60
0%	0.52	1.32	0.85	0.56	1.42	0.86



2번째 차량에 대한 각 실험별(70%, 30%, 0%) 모집단의 민감도를 μ_1, μ_2, μ_3 를 이라고 할 때, 검정하고자 하는 가설은 다음과 같다.

$$H_0 : \mu_{70\%} = \mu_{30\%} = \mu_{0\%}$$

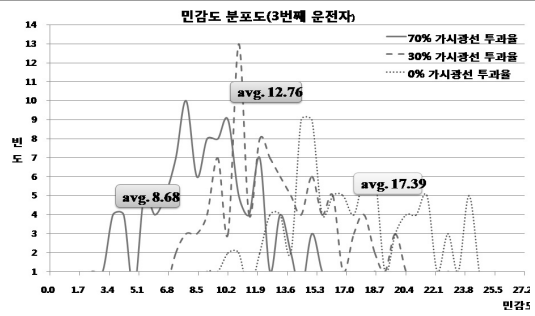
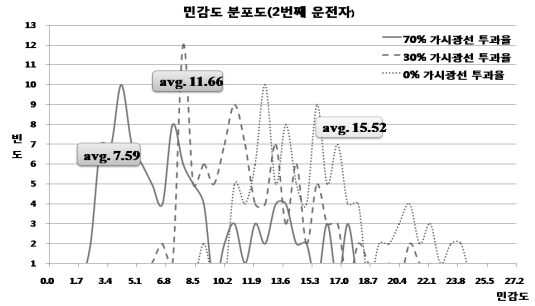
$$H_1 : \text{not } H_0$$

<표 9> GM 1세대 모델 민감도의 ANOVA 결과
<Table 9> Result of ANOVA test for GM first-family model sensitivity

구분	변동 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F비	p-값	F 기각치
2번 차량	처리	13.4	2	6.7	59.48	0.00	3.03
	잔차	33.5	297	0.1			
	계	46.9	299				
3번 차량	처리	15.3	2	7.6	64.75	0.00	3.03
	잔차	35.1	297	0.1			
	계	50.4	299				

<표 8> GM 3세대 모델의 민감도 분석
<Table 8> Analysis of GM third-family model sensitivity

구 분	1번째~2번째 차량			2번째~3번째 차량		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	2.12	17.36	7.59	2.21	18.28	8.68
30%	5.65	21.62	11.66	6.62	22.61	12.76
0%	8.47	26.60	15.52	8.93	29.52	17.39



여기서, $\mu_{70\%}$: 가시광선 투과율 70%의 민감도
 $\mu_{30\%}$: 가시광선 투과율 30%의 민감도
 $\mu_{0\%}$: 가시광선 투과율 0%의 민감도

GM 1세대 모델에 따른 민감도값의 ANOVA 분석

<표 10> GM 3세대 모델 민감도의 ANOVA 결과
<Table 10> Result of ANOVA test for GM third-family model sensitivity

구분	변동 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F비	p-값	F 기각치
2번 차량	처리	3,144.4	2	1,572.2	104.68	0.00	3.03
	잔차	4,460.6	297	15.0			
	계	7,605.6	299				
3번 차량	처리	3,800.7	2	1,900.3	141.96	0.00	3.03
	잔차	3,975.8	297	13.3			
	계	7,776.6	299				

검정통계량 값 F는 2번째 차량은 59.48, 3번째 차량은 64.75로 분석되었다.

GM 3세대 모델에 따른 민감도값의 ANOVA 분석의 검정통계량 값 F는 2번째 차량은 104.68, 3번째 차량은 141.96으로 분석되었다.

3) 분석결과

차량추종모델의 첫 번째 parameter인 반응시간 산출결과, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각의 평균 반응시간은 가시광선 투과율 70%일 1.7초, 1.7초, 30%일 때 1.4초, 1.6초, 0%일 때 1.3초, 1.5초로 측정되었다

또한, 두 번째 parameter인 민감도 값은 GM 1세대 모델 적용의 경우, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각의 민감도는 가시광선 투과율 70%일 0.41sec-1, 0.43sec-1, 30%일 때 0.55sec-1, 0.60sec-1, 0%일 때 0.85sec-1, 0.86sec-1로 산출되었다. 또한, GM 3세대 모델 적용의 경우, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각의 민감도는 가시광선 투과율 70%일 7.59, 8.68, 30%일 때 11.66, 12.76, 0%일 때 15.52, 17.39로 산출되었다.

즉, 선두차량의 선틱정도가 클수록 후방차량에 미치는 영향이 더 커지는 것을 알 수 있으며, 선두차량의 선틱으로 인한 위험도는 2번째 차량보다 3번째 차량이 더 크다는 것으로 분석할 수 있다.

또한, 2가지 추종모델을 이용하여 분석된 반응시간 및 민감도의 통계적 검증결과, F비와 P-값에 따라 귀무가설은 기각된다. 즉, 5% 유의수준하에서 3가지 실험별 민감도의 평균은 동일하다고 볼 수 없다. 따라서 선두차량의 선틱이 후방차량의 민감도에 미치는 영향이 있음을 보여주는 결과로 해석된다.

V. 결론 및 향후과제

RTK GPS를 이용한 차량의 선틱정도에 따른 차량 추종모델의 파라메터 분석결과, 가시광선 투과율이 70%인 조건과 비교하여 30%와 0% 일때의 차두거리, 가속소음은 모두 높게 분석되었으며, 민감도와 반비

례관계인 반응시간은 작아지는 것으로 관측되었다.

또한, 반응시간 및 차량추종모델을 이용한 민감도 분석결과 선두차량의 선틱정도가 클수록 후방차량에 미치는 영향이 더 커지는 것을 알 수 있으며, 선두차량의 선틱으로 인한 위험도는 2번째 차량보다 3번째 차량이 더 크다는 것으로 분석할 수 있다. 이는 차량의 차두거리까지 고려된 GM 3모델의 민감도 값은 1모델로 도출된 결과값 패턴과 동일한 패턴으로 분석된 것을 알 수 있다.

본 연구는 3대의 차량을 주행시켜 실험환경을 만들어 추종모형 적용을 통해 교통류에 미치는 영향에 통계적 유의성이 있음을 밝혔다는데 의의가 있다.

향후에는 차량의 선틱정도에 따른 부정적인 영향을 정량화하여 정확히 측정할 수 있다면, 도로운영 및 관리에 과학적인 기준으로 활용할 수 있다. 또한, 선틱이 교통류의 안정성에 어떤 영향을 주는지를 분석하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 법제처, 도로교통법·시행령·시행규칙.
- [2] 장일준, 자동차 선틱 암도에 따른 사고위험도 평가 연구, 삼성교통안전문화연구소, 2004. 12.
- [3] 강희섭, 김성원, 윤영수, 김인수, 박성하, "자동차 Window Tinting의 농도가 야간 운전자의 후방시각에 미치는 영향 연구," *대한인간공학회 추계학술대회논문집*, pp. 415-419, 2006. 10.
- [4] 이청원, "RTK GPS를 활용한 선틱이 후방차량에 미치는 교통특성 분석," *대한토목학회논문집*, 제27권, 제3호, pp. 263-267, 2007. 5.
- [5] 강중호, 이청원, "승용차 틴팅이 조급한 성향의 후미차량에 미치는 영향에 대한 실험적 분석," *대한토목학회논문집*, 제29권, 제3D호, pp. 363-371, 2009. 5.
- [6] L. A. Pipes, "An operational analysis of traffic dynamics," *J. Applied Physics*, vol. 24, no. 3, pp. 274-287, March 1953.
- [7] TRB, *Traffic Flow Theory(Special Report 165)*, pp. 4-1-42, 1997.

- [8] T. Fobers, M. J. Zaorski, E. L. Holshouser, and W. A. Deterline, "Measurement of driver reaction to tunnel conditions," *Proc. Highway Research Board*, vol. 37, pp. 345-357, 1958.
- [9] R. E. Chandler, R. Herman, and E. W. Montroll, "Traffic dynamics: Studies in car following," *Operation Research*, vol. 6, no. 2, pp. 165-184, Mar. 1958.
- [10] 이영인, 최승석, "미시적 시뮬레이션 모형을 위한 차량추종모형의 정립 (GM모형을 기반으로)," *대한교통학회지*, 제18권, 제6호, pp. 47-61, 2000. 12.
- [11] P. S. Gurusinge, T. Nakatsuji, Y. Azuta, P. Ranjitkar, and Y. Tanaboriboon, "Multiple car following data using real time kinematic global positioning system," *Transportation Research Board*, pp. 166-180, 2002.
- [12] P. Ranjitkar, T. Nakatsuji, Y. Azuta, and G. Gurusinge, "Stability analysis based on instantaneous driving behavior using car-following data," *Transportation Research Record* 1852, no. 03-3576, 2003.
- [13] M. Tanaka, P. Ranjitkar, and T. Natsuji, "Asymptotic stability and vehicle safety in dynamic car-following platoon," *J. Transportation Research Record*, vol. 2088, pp. 198-207, 2008.
- [14] A. D. May, *Traffic Flow Fundamentals*, Sec. 6.2 Car-following Theories, pp. 162-173, 1990.
- [15] R. Herman, E. W. Montroll, R. B. Potts, and R. W. Rothery, "Traffic dynamics: Analysis of stability in car following," *Operation Research*, vol. 7, no. 1, pp. 86-106, Jan. 1958.
- [16] 이청원, "교통류분석을 위한 GPS자료의 활용," *대한토목학회논문집*, 제25권, 제2D호, pp. 241-246, 2005. 3.
- [17] D. C. Gazis, R. Herman, and R. B. Potts, "Car-following theory of steady state traffic flow," *Operation Research*, vol. 7, no. 4, pp. 499-505, July 1959.

저자소개



이 청 원 (Lee, Chung Won)

1988년 : 서울대 토목과 교통공학 석사
 1998년 : University of Texas at Austin, 토목공학과 (교통공학박사)
 1999년 ~ 2004년 : 서울시정개발연구원 연구위원
 2004년 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 교수
 1986년 : 서울대 토목과 공학사



김 혜 원 (Kim, Hye Won)

2003년 2월 : 목원대학교 도시공학과 공학사
 2008년 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 석사과정