

CA 모델을 활용한 단속류에서의 차량주행 특성

Vehicle Running Characteristics for Interrupted Traffic Flow by Using Cellular Automata

정 광 수*
(Jung, Kwangsu)

도 명 식**
(Do, Myungsik)

이 종 달***
(Lee, Jongdal)

이 용 두****
(Lee, Yongdo)

요 약

본 연구에서는 기존 기종점 트립 기반 교통시뮬레이션이 가지는 한계를 극복하고 대규모 지역이나 도시를 대상으로 개별 통행주체의 활동기반(activity-based) 모형의 적용가능성을 검증하기 위한 기초 연구로 단속류 가로구간을 대상으로 차량주종모형의 근간이 되는 가·감속 및 차로변경 등의 제어변수를 우리 실정에 맞게 보정(calibration)하는 방안을 제시하였다. 특히, 기존 한 cell의 크기인 7.5m보다는 1.0m가 단속류의 교통특성을 보다 잘 구현함을 확인하였으며 각 차량들에 ID를 부여하여 차량의 거동 특성을 추적하는 기법을 제시하였다. 나아가 차종을 세분화하고 대상구간의 차종비율을 적용시켜 실제 단속류에서의 차량의 주행특성을 분석하였다. 제안한 모델의 검증을 위해 대구시 수성구의 달구벌대로 일부 가로구간을 대상으로 시뮬레이션 한 결과 실제 단속류의 교통특성 구현이 가능함을 확인하였다.

Abstract

This study aims to suggest a methodology of localizing and calibrating parameters, such as acceleration, deceleration, and lane changing which are the basis of car following model in interrupted traffic flow to overcome the limitation of origin and destination based transportation simulation and to verify the application of activity-based model for use in Korean roadway condition in a large scale area or a city.

Especially, we figured out that a proper cell size reflecting Korean traffic conditions is 1.0m rather than 7.5m which is default size and a methodology of tracking vehicle behavior characteristics through tracking vehicle ID is suggested on this study. In addition, vehicle running characteristics in real interrupted traffic flow is analyzed through subdividing vehicle types and updating vehicle type ratio. For verification of suggested model, some portion of Dalgubyul-ro in the Daegu city is tested, and the possibility of realization of interrupted traffic flow in simulation is studied.

Key words : Cellular Automata, Cell size, Extracting vehicle ID, TRANSIMS, Traffic flow in interrupted environment

† 본 논문은 대한교통학회 제67회 학술발표회에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

* 주저자 : 대구광역시 북구 교통전문직(gojks@korea.kr)

** 교신저자 : 한밭대학교 도시공학과 교수(msdo@hanbat.ac.kr)

*** 공저자 : 영남대학교 토목공학과 교수(jdlee@yu.ac.kr)

**** 공저자 : 코넬대학교 토목공학과 박사과정

† 논문접수일 : 2012년 10월 9일

† 논문심사일 : 2012년 12월 11일

† 게재확정일 : 2012년 12월 14일

I. 서 론

오늘날 교통관련 분석프로그램은 컴퓨터 기술의 발전에 발맞춰 진보해 왔고 실무에도 사용되어 교통계획 수립에 이용될 정도로 발전된 모습을 보이고 있다.

기존의 프로그램 Emme/3, TransCAD의 경우 출발지 존에서 도착지 존으로 이동하는 형태의 통행 기반 모형을(trip-based model)을 취함에 따라 교통량을 구성하는 차량 하나하나의 특성을 구할 수 없는 문제가 있어 4단계 모델을 바탕으로 수요에 즉응을 필요로 하는 미시적 현상의 분석은 VISSIM 등과 같은 별도의 프로그램이 이용되어져 왔다.

이를 보완하기 위해 TRansportation ANalysis and SIMulation System(TRANSIMS)라는 프로그램이 Los Alamos 연구소에서 개발되었다. 이는 전체 교통을 구성하는 개개인의 활동특성을 반영하기 위해 활동기반모형(activity-based model)을 취하는 동시에, Cellular Automata(CA) 이론을 적용함에 따라 거대한 네트워크를 미시적으로 분석할 수 있게 되었다.

현재까지 검증된 가장 큰 네트워크는 3,000만 명의 인구가 10만개로 이루어진 링크 상에서 24시간 동안의 움직임을 1초 단위로 구현된 것이다. 즉, 네트워크의 크기에 제한이 없기 때문에 TRANSIMS는 잠재가능성이 매우 크며, Open Source로 누구나 경제적 부담 없이 이용 할 수 있다는 장점이 있다. 반면, 조작의 어려움으로 인해 쉽게 접근 할 수 없고 미국 실정에 맞게 개발되어졌기 때문에 기존에 설정되어 있는 교통 환경설정 수치들을 그대로 사용할 경우 우리의 교통특성을 반영할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 시뮬레이션이 가지는 한계를 극복하고 대규모 지역이나 도시를 대상으로 개별 통행주체의 활동기반(activity-based) 모형의 국내 적용가능성을 검증하기 위한 기초 연구로 단속류 가로구간을 대상으로 차량추종모형의 근간이 되는 가·감속 및 차로변경 등의 제어변수를 우리 실정에 맞게 보정(calibration)하는 방안을 제시하고자 한다.

특히, 기존 한 개의 cell의 크기가 7.5m로 설정되어 있으므로 인한 문제점을 살펴보고 각 차량들의 ID를 추적함으로써 차량의 주행 특성을 추적하는 기법을 제시하여 단속류에서의 주행특성을 검증(validation)하는 방안 제시도 연구의 목적으로 한다.

II. 관련 연구 고찰

CA 모형에 기반을 둔 미시적모형인 NaSch 모형이 1992년 Nagel and Schreckenberg에 의해 처음 개발되었으며[1], 그 이후 현재까지 활발한 연구가 진행되고 있다. NaSch 모형에서 차량추종모형은 기본적으로 CA(Cellular Automata) 모형에서 기본개념을 도입하였으며 특히, 교통분야에서 대규모 지역을 대상으로 한 시뮬레이션에 접목하기 위해 수정되고 개발되어져 왔다.

CA 모형은 가로망을 승용차 한 대가 점유할 수 있는 크기의 cell 단위로 나누고 cell 내부의 차량 점유 여부에 따라 수학적 모형, 즉 차량추종모형과 차로변경모형을 적용하여 개별 차량들의 위치와 속도를 연속적으로 갱신하면서 차량의 흐름을 분석하는 특성을 가지고 있어 분석 대상지역 및 가로의 특성에 맞게 다양한 시뮬레이션을 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 특히 미국에서는 CA 모형을 기반으로 하여 TRANSIMS라는 시뮬레이션을 개발하여 실용화를 시도하고 있다.

국내 연구사례로는 CA 모형을 이용하여 보행시설 설치 실험에 관한 연구[2]와 고속도로를 대상으로 NaSch 모형의 감속과 차로변경 규칙의 개선을 시도한 연구[3] 및 TRANSIMS를 이용하여 국내의 활동 기반형 모형 구축의 가능성을 시도한 연구[4]가 있다.

국외의 연구사례로는 도심지 가로를 대상으로 실험설계법(experimental design approach)을 이용하여 TRANSIMS의 변수 조정과 검증방안을 제시한 연구[5]와 신호 연동과 초기 시드(seed)값이 시뮬레이션에 미치는 영향[6], 배출가스 산정방안에 대한 연구[7] 등이 있다.

Ⅲ. TRANSIMS에서 사용하는 차량추종 모형

1. NaSch 차량추종 연산 규칙

TRANSIMS의 차량추종 모형에서는 cell 크기가 7.5m로 제시되어 있고 하나의 cell에 한 대의 차량이 점유할 수 있도록 하여 NaSch모형의 4가지 차량추종 연산을 기본으로 하고 있다.

즉, 차량은 기본적으로 차량이 가질 수 있는 최고 속도까지 가속하기를 원하며, 전방 차량과의 차간거리(gap)와 감속확률에 따라 속도가 결정된다. 차량은 차량의 최고속도 또는 전방 차량과의 차간거리 중 작은 값으로 진행을 하며, 전방 차량과의 거리가 상호 영향을 미칠 수 있는 범위 안에 존재하게 되면 전방 차량과의 간격만큼 자신의 속도를 감속한다. 저속차량의 흐름 발생은 차량이 감속확률 값(p_{noise})을 가질 때 자신의 속도를 1만큼 감속한다. NaSch모형의 차량추종 규칙을 간단히 요약하면 아래와 같다[4].

1) 1단계 : 가속

$$if(v_t < g_n) \\ v_{t+1} = \min[v_t + 1, v_{max}]$$

2) 2단계 : 감속

$$if(v_t \geq g_n) \\ v_{t+1} = \min[v_t, g_n]$$

3) 3단계 : 불규칙적 감속

$$if(p_{noise} \geq p_{random}) \\ v_{t+1} = \max[v_{t+1} - 1, 0]$$

4) 4단계 : 이동 규칙

$$x_{n+1} = x_n + v_{t+1}$$

여기서, v_t : 시각(t)에서 차량의 속도(cells/s)

g_n : 추종 차량 간의 비점유된 cell 개수

x_n : 시각(t)에서 차량의 위치

p_{noise} : 차량의 불규칙적인 감속확률 값(0~1)

p_{random} : 불규칙적인 감속을 위한 무작위 확률 값(0~1)

이러한 속도의 제어 과정이 끝나면 차량은 v 의 속도를 가지면서 전방으로 주행하게 된다.

TRANSIMS는 위의 기본 주행규칙에 추가로 제어변수(control variables)로써 차량의 형태별 최고속도, 최대 가·감속도 등을 입력할 수 있으며, 차로변경과 교차로 통행 규칙 등도 대상구간의 특성에 맞게 보정(calibration)할 수 있다.

2. Cell 크기에 따른 차량주행 특성

TRANSIMS는 CA 이론에 기반을 두고 개발된 프로그램으로, CA 모형은 도로를 차량 한 대 점유 기준의 cell 단위로 나눈 다음 각 cell의 점유상태를 (0, 1) 단위로 표현한 뒤, 속도 및 가속도와 같은 차량의 특성은 cell을 점유한 차량에 부여하는 방식을 취하기 때문에 차량은 cell 단위로 움직이게 된다.

다시 말해 CA 이론에서 차량의 속도는 일정시간 사이에 변화한 cell의 수량으로 정의할 수 있는데, 예를 들어 cell의 길이가 7.5m로 설정된 네트워크에서는 초당 3개의 cell을 이동하는 특성이 차량에 부여되어 진다면 이 차량은 초당 22.5m/s, 즉 81km/h의 속도로 이동하는 특성을 가지게 된다. 하지만 이 설정에서는 초당 10m/s의 이동거리를 갖는 특성은 반영할 수 없게 된다. 뿐만 아니라 정지 상태에서 가속 및 감속이 비현실적이 된다는 문제점 역시 내재하게 된다.

미국의 Alexandria 와 Chicago의 사례연구의 경우 cell의 길이를 6.0m 또는 7.5m로 설정하였는데 이 길이로는 수시로 정체가 발생하는 국내의 주요 도시의 교통혼잡 지역의 복잡한 교통상황을 충분히 반영할 수 없기 때문에 국내에서 네트워크를 구축할 경우에는 다양한 cell 길이에 대한 검토가 필요하다[8]. 따라서 본 연구에서는 TRANSIMS에서 기본 값(default)으로 설정된 cell의 길이인 7.5m에 변화를 주어 길이 설정에 따른 차량 주행태

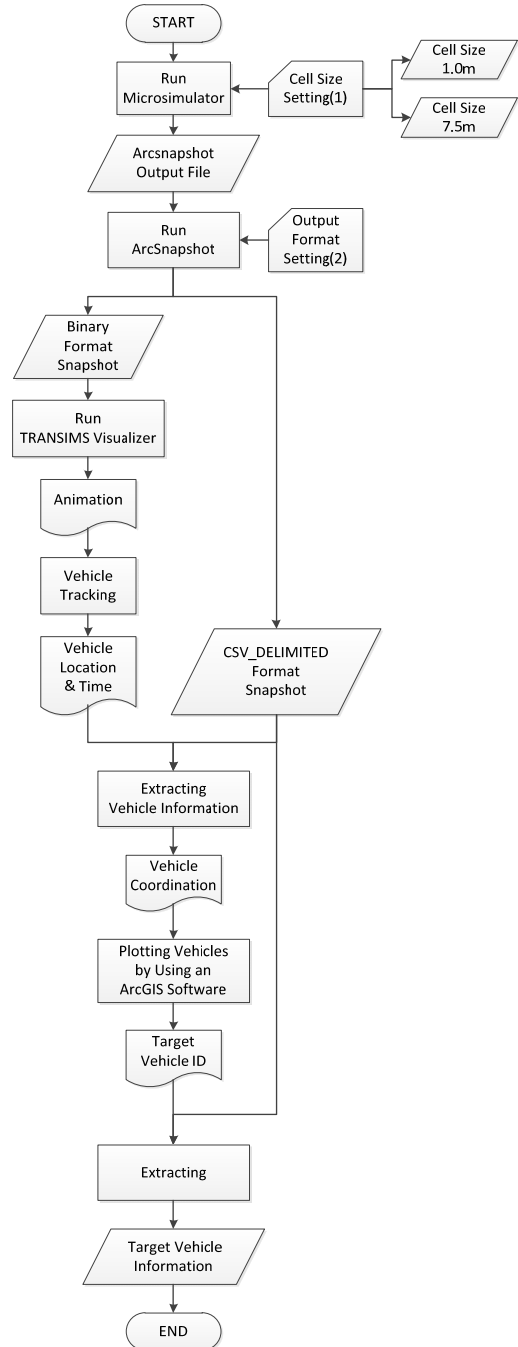
의 변화를 확인해 보았다.

<그림 1>에는 단속류의 특성을 반영하는 cell의 크기를 먼저 결정하고 시뮬레이션을 통해 차량의 ID를 추적하여 차종별 주행특성을 분석하는 연구의 흐름도를 나타내고 있다. 본 연구의 대상지역은 대구시 수성구의 달구벌대로이며, <표 1>에는 특정 대상구간을 대상으로 cell의 크기를 기존 7.5m와 4.0m, 1.0m인 경우의 시간의 경과(30초)에 따른 속도, 가속도 그리고 이동거리를 나타내고 있다. <표 1>에는 입력 자료를 이용하여 cell의 크기만을 변경하면서 시뮬레이션 한 결과 같은 시각, 같은 방향 그리고 같은 장소에 위치한 표본차량을 각각 한 대씩 추출하여 30초간의 차량 주행특성을 살펴 보았다.

즉, cell의 길이가 7.5m 인 경우 차량의 속도 변화량이 일정한 모습을 보이며, 완전 정지 상태에서 가속을 할 경우 1초 만에 시속 27km/h에 이르는 모습을 볼 수 있다. 반면 cell의 길이가 1.0m인 경우에는 차량의 감속이 상대적으로 부드러운 움직임을 보이는 것을 알 수 있다. 또한 차량의 초당 이동거리를 통한 움직임을 살펴보면 7.5m cell의 경우 저속이동을 구현하지 못하고 차량이 이동과 정지를 반복하는 반면, 1.0m cell의 경우 부드러운 저속 주행이 가능함을 보여주고 있다. 반면 4.0m의 경우에는 중간 정도의 특성을 보이고 있다.

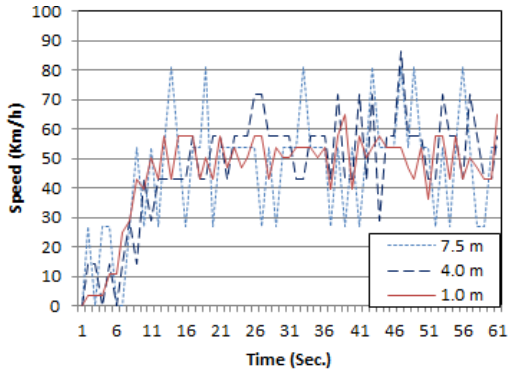
<그림 2>와 <그림 3>에는 cell의 크기에 따른 차량의 주행속도와 가속도의 차이를 나타낸 것으로 여기서 cell의 크기가 기존의 7.5m로 가정한 경우는 진행방향 전방에 위치한 cell에 차량이 점유하고 있지 않은 경우, 과도한 속도로 주행하고 있음을 확인할 수 있다. 반면에 cell의 크기를 1.0m로 가정한 경우에는 단속류에서의 주행특성에 부합하는 속도로 주행함을 확인할 수 있다.

특히 <그림 2>에서 교차로에서 출발한 초기(0~약 30초 동안)에는 단속류의 특성상 앞 차의 주행특성에 영향을 받는 경우에는 큰 차이가 없지만 가속을 할 수 있는 상황에는 cell의 크기가 7.5m의 경우에는 단속류의 주행특성과는 큰 차이가 있음을 확인할 수 있다.

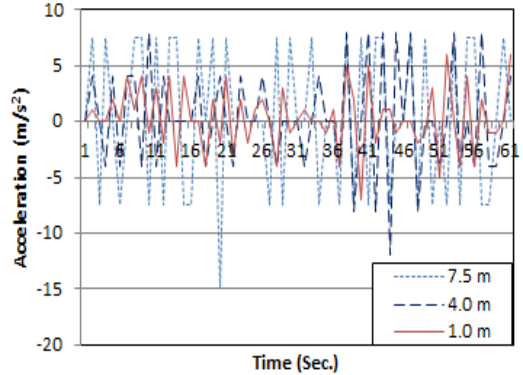


<그림 1> 연구 흐름도
(Fig. 1) Outline of the study

<그림 3>의 가속도의 변화에서도 알 수 있는 바와 같이 cell의 크기가 7.5m에 비해 1.0m일 때의 감속 특성이 급속한 가속과 감속 없이 훨씬 자



〈그림 2〉 cell 크기에 따른 차량 주행속도 차이
 〈Fig. 2〉 Speed difference between cell sizes



〈그림 3〉 cell 크기에 따른 차량 가속도 변화
 〈Fig. 3〉 Acceleration difference between cell sizes

〈표 1〉 cell 크기에 따른 차량 주행 특성
 〈Table 1〉 Vehicle traveling characteristics by cell sizes

시간	Cell Size 1.0 m			Cell Size 4.0 m			Cell Size 7.5 m		
	가속도 (km/h/s)	속도 (km/h)	이동거리 (m)	가속도 (km/h/s)	속도 (km/h)	이동거리 (m)	가속도 (km/h/s)	속도 (km/h)	이동거리 (m)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3.6	3.6	1.0	14.4	14.4	4.0	27.0	27.0	7.5
2	0.0	3.6	1.0	0.0	14.4	4.0	-27.0	0.0	0.0
3	0.0	3.6	1.0	-14.4	0.0	0.0	27.0	27.0	7.5
4	7.2	10.8	3.0	14.4	14.4	4.0	0.0	27.0	7.5
5	0.0	10.8	3.0	-14.4	0.0	0.0	-27.0	0.0	0.0
6	14.4	25.2	7.0	14.4	14.4	4.0	0.0	0.0	0.0
7	3.6	28.8	8.0	14.4	28.8	8.0	27.0	27.0	7.5
8	14.4	43.2	12.0	-14.4	14.4	4.0	27.0	54.0	15.0
9	-3.6	39.6	11.0	28.8	43.2	12.0	-27.0	27.0	7.5
10	10.8	50.4	14.0	-14.4	28.8	8.0	27.0	54.0	15.0
11	-7.2	43.2	12.0	14.4	43.2	12.0	-27.0	27.0	7.5
12	14.4	57.6	16.0	0.0	43.2	12.0	27.0	54.0	15.0
13	-14.4	43.2	12.0	0.0	43.2	12.0	27.0	81.0	22.5
14	14.4	57.6	16.0	0.0	43.2	12.0	-27.0	54.0	15.0
15	0.0	57.6	16.0	0.0	43.2	12.0	-27.0	27.0	7.5
16	0.0	57.6	16.0	14.4	57.6	16.0	27.0	54.0	15.0
17	-14.4	43.2	12.0	-14.4	43.2	12.0	0.0	54.0	15.0
18	7.2	50.4	14.0	0.0	43.2	12.0	27.0	81.0	22.5
19	-7.2	43.2	12.0	14.4	57.6	16.0	-54.0	27.0	7.5
20	14.4	57.6	16.0	0.0	57.6	16.0	27.0	54.0	15.0
21	-10.8	46.8	13.0	-14.4	43.2	12.0	0.0	54.0	15.0
22	7.2	54.0	15.0	14.4	57.6	16.0	0.0	54.0	15.0
23	-7.2	46.8	13.0	0.0	57.6	16.0	0.0	54.0	15.0
24	3.6	50.4	14.0	0.0	57.6	16.0	0.0	54.0	15.0
25	7.2	57.6	16.0	14.4	72.0	20.0	0.0	54.0	15.0
26	0.0	57.6	16.0	0.0	72.0	20.0	-27.0	27.0	7.5
27	-14.4	43.2	12.0	-14.4	57.6	16.0	27.0	54.0	15.0
28	10.8	54.0	15.0	0.0	57.6	16.0	-27.0	27.0	7.5
29	-3.6	50.4	14.0	0.0	57.6	16.0	27.0	54.0	15.0
30	0.0	50.4	14.0	0.0	57.6	16.0	0.0	54.0	15.0

연스럽게 구현됨을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 TRANSIMS에서 디폴트로 정해져 있는 cell의 크기 7.5m를 그대로 사용하기 보다는 자연스러운 차량의 주행특성을 나타내는 cell의 크기인 1.0m로 정해 시뮬레이션을 수행하였다.

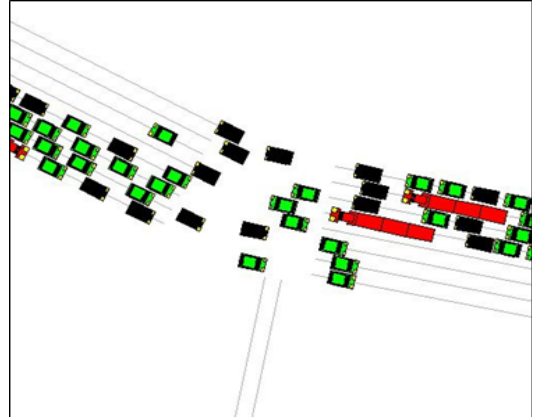
3. 차량 ID 추적을 통한 주행특성 분석

TRANSIMS는 활동모형기반으로 구축된 교통 분석프로그램으로 대상 네트워크에 구성되어진 개개인의 운전자 또는 대중교통 이용자의 시간대별 움직임 모두 구현할 수 있다는 장점을 가진다. 모든 이용자 각각의 24시간 동안의 이동이 0시부터 24시까지 1초 단위로 구현 가능하고 모든 이용자의 움직임이 1초 단위로 동시에 연산되어 전체 교통의 움직임을 구현해 준다.

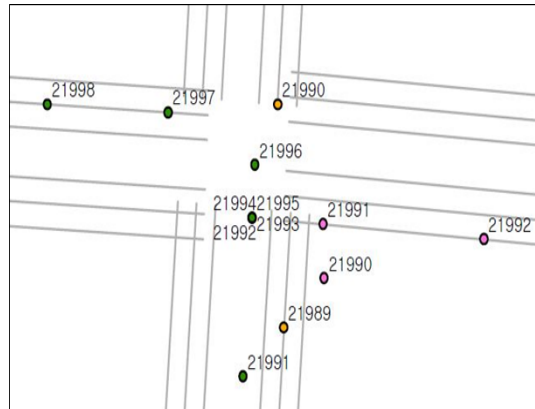
이러한 TRANSIMS의 장점은 시뮬레이션을 통한 결과 값 산출 이후 피드백 과정에서도 찾아볼 수 있다. Microsimulator에서 생성된 Snapshots 파일은 차량의 시간대별 위치좌표를 포함하고 있기 때문에 TRANSIMS Visualizer를 이용하여 애니메이션을 생성할 수 있다. 애니메이션을 생성함에 따라 실제 설정 값 또는 네트워크 변화에 따른 교통량과 흐름의 변화가 단순히 숫자로써의 전달이 아닌 현상을 그 자체로 전달하기 때문에 문제의 파악 및 해결에 큰 도움을 준다.

반면, 애니메이션의 경우 <그림 4>에서 차종과 같은 시각적인 정보와 시간 정보 이외의 차량 ID 또는 속도, 가속도, 현재의 위치 좌표 등과 같은 물리적 형태의 정보는 포함하고 있지 않기 때문에 차량추종행태를 수치화하여 분석하기에는 무리가 따른다.

따라서 본 연구에서는 <그림 5>에서 보는 바와 같이 cell의 크기를 1.0m로 설정하고 이를 기반으로 Visualizer를 통하여 추종행태 파악을 위한 표본 차량을 선정한 뒤, Snapshot 데이터를 추출하여 ArcGIS에 표시해주는 방법으로 차량의 위치 좌표를 추적하여 개별 차량의 시간의 흐름에 따른 동행특성(속도, 가속도, 위치 등)을 파악할 수 있는 방안을 개발하였다.



<그림 4> TRANSIMS Visualizer를 통한 애니메이션
(Fig. 4) Animation using TRANSIMS Visualizer



<그림 5> ArcGIS 로 표시한 차량 ID 추적
(Fig. 5) Vehicle ID tracking using ArcGIS

<그림 5>에는 교차로에서 교통신호 대기 중인 3대의 차종(승용차, 택시, 트레일러)이 21,989초(오전 6시 16분 29초)부터 21,998초까지 각각 교차로에서 정지 후 좌회전, 직진, 우회전하는 모습을 ArcGIS 프로그램을 이용하여 1초 간격으로 표시한 그림이며, 점으로 표시된 차량 위에 나타난 숫자는 차량이 위치한 지점의 시간을 의미한다.

이와 같이 본 연구에서는 TRANSIMS를 이용하여 차량의 미시적 움직임을 구체적으로 표현할 수 있을 뿐만 아니라 원하는 대상 차량의 이동을 추적하여 차량주행행태를 파악할 수 있도록 구현함으로써 개별 주체기반(agent-based) 교통 시뮬레이션이 가능하게 하였다.

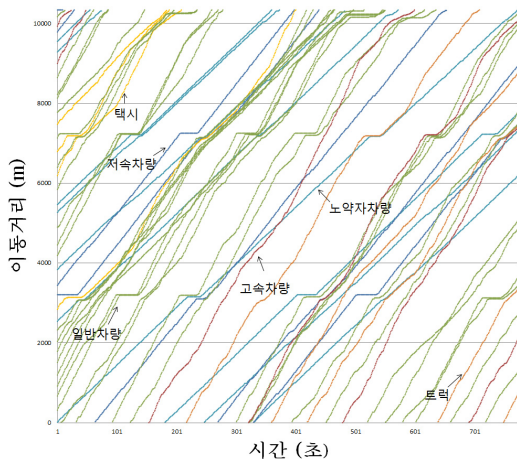
4. 차종별 특성을 고려한 주행 특성

TRANSIMS의 미국 사례연구들에서 기본적으로 설정되어진 차종 특성을 국내에 그대로 사용할 경우 시뮬레이션 상에서 우리의 현실을 반영하지 못하는 차량 주행특성이 나타난다. 반면에 Source code 가 공개되어 있기 때문에 네트워크나 통행 특성의 차이를 반영하여 차종을 보다 세분화 하는 것이 가능하다.

따라서, 본 연구에서는 cell의 크기를 1.0m로 하고 개별 차량의 움직임을 추적하는 방법을 이용하여 차종의 세분화 및 비율의 변화가 차량흐름에 미치는 영향을 파악하여 그 결과를 분석하고 국내 교통상황에 적용가능성을 모색하였다.

나아가 TRANSIMS에서는 같은 차종의 차량 중에서도 무작위하게 속도 특성을 다르게 부여하여 현실의 차량추종형태를 구현할 수 있지만 노약자 차량과 같은 저속으로 이동하는 운전자 그룹 또는 과속차량들의 움직임까지 자동적으로 구현하지는 못하기 때문에 본 연구에서는 Source Code에서 위와 같은 특징을 가지는 차종을 추가하여 차종들의 개별 특징과 차량 주행행태를 시뮬레이션에서 구현하는 방법을 시도하였다.

또한 기존에 설정되어 있던 차량의 크기, 주행 특성 또한 국내 현실과 유사하게 보정(calibration)



〈그림 6〉 차종별 차량계적 특성

〈Fig. 6〉 Space-time lines (trajectories) for cars

하여 시뮬레이션을 수행하였다.

<그림 6>에는 대상 네트워크 상에서 차량의 주행행태를 시간에 따른 이동거리의 변화량으로 표시한 결과로 기존의 시뮬레이션에서 볼 수 있는 시공도와는 다르게 차종의 특성에 따라 움직임이 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다.

과속차량의 전반적인 기울기가 다른 차종에 비해 크게 나타나며 신호구간에서 정지하는 구간에선 보다 급격한 가속 및 감속으로 시간에 따른 기울기의 변화가 크게 나타나는 동시에 앞서 출발하는 차량을 추월하는 모습도 보여주고 있다.

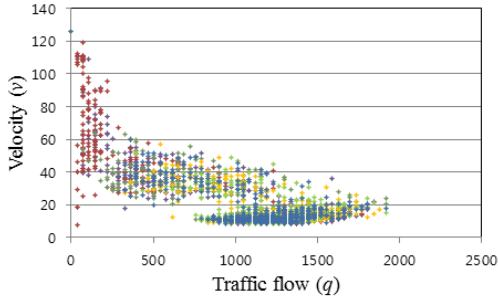
반대로 노약자 차량의 경우 전반적으로 완만한 기울기와 가속 및 감속형태를 보여주고 있다. 또 하나 주목해야할 부분은 같은 차종일지라도 기울기가 다를 수 있으며 주행 중에도 수시로 가속과 감속이 일어나 속도가 직선인 주행행태가 아닌 꺾적인 모습을 보여주고 있으며, 이는 실제 단속류에서의 운행행태를 잘 묘사하고 있음을 나타내고 있다고 할 수 있다.

IV. 시뮬레이션을 통한 주행특성 분석

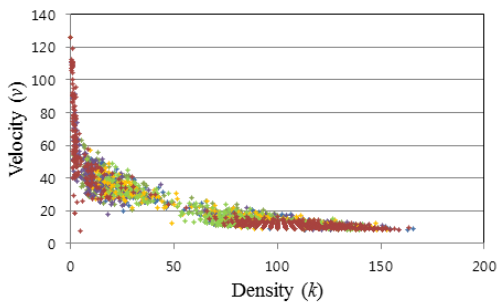
시뮬레이션 대상 단속류 구간은 대구시 수성구의 달구벌대로의 만촌 4거리에서 대륜교 3거리이며 차종별 차량의 크기와 가로의 기하구조, 신호 특성 등은 기존의 자료를 활용하였으며, 실제 교통 특성 자료는 2012.10.05일에 NC 장비와 Video 촬영을 통해 획득하였다.

그리고 cell의 크기는 1.0m, 유입교통량은 차로당·시간당 최저 500대와 최대 2,200대 범위 내에서 배분하여 발생시켰다.

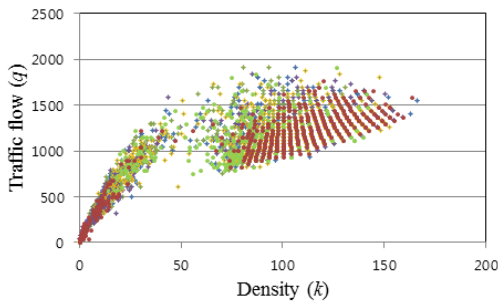
한편 Calibration은 주요 파라미터인 셀의 크기뿐만 아니라 Maximum 및 Minimum waiting time, Permission probability, slow down probability 등의 파라미터의 보정을 통해 이루어졌으며, 지면상 다음 기회에 상세하게 언급하기로 한다.



〈그림 7. 1〉 교통량 - 속도 그래프
(Fig. 7. 1) Traffic flow vs. velocity



〈그림 7. 2〉 속도 - 밀도 그래프
(Fig. 7. 2) Velocity vs. density



〈그림 7. 3〉 교통량 - 밀도 그래프
(Fig. 7. 3) Traffic flow vs. density

〈그림 7〉은 해당 단속류 구간을 대상으로 교통량 - 속도 - 밀도의 특성 그래프의 한 사례를 나타내고 있으며, 교통량 - 밀도 관계 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 최대교통량에 도달하기 전까지 밀도의 증가와 함께 교통량이 증가하며, 교통량의 증가로 인한 속도 감소와 밀도의 증가로 인한 속도 감소 추세도 확인할 수 있어 단속류의 특성을 잘

표현하고 있음을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 TRANSIMS의 핵심인 CA 모형을 이용하여 cell의 크기, 다양한 차종별 특성과 차량의 ID를 추적하는 방법 등을 통하여 단속류 구간을 대상으로 차량의 통행행태를 살펴보고 적용가능성을 검증해 보았다.

국내 실정에 맞는 차량추종모형 정립을 위해 cell의 크기를 1.0m로 조정하고, 차종별 특성을 보정하였으며, 동일한 차종이라도 개인의 운전 성향과 차종별 가·감속의 특성을 반영할 수 있도록 시뮬레이션을 구현하였다. 차량의 ID 추적을 통해 단속류의 교통특성을 구현할 수 있는지 검증한 결과 활용 가능성이 있음을 확인하였다.

향후 단일 직선구간이 아닌 일정 구역 네트워크 지역에 대해 추월, 연도 토지이용 특성, 주행 특성 등을 반영한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] K. Nagel and M. Schreckenberg, "A cellular automaton model for freeway traffic," *Journal of Physics I, France* 2, pp.2221-2229, 1992.
- [2] 이신해, 이승재, "행위자기반(agent-based) 보행 시뮬레이션 모델을 이용한 보행시설 설치 실험에 관한 연구," *한국ITS학회논문지*, 제8권 제3호, pp.131-138, 2009.
- [3] 윤병조, "Cellular Automata 기반 2차로 고속도로 차로변경모형 개발," *대한토목학회논문집* 제29권 제3D, pp.329-334, 2009.
- [4] 정광수, 이종달, 강창모, 심초범, 최은미, "TRANSIMS Microsimulation을 이용한 고속도로에서의 차량추종 모형에 관한 연구," *한국도로학회 학술대회 논문집*, pp.297-302, 2009.
- [5] B.B. Park and J. Kwak, "Calibration and validation of TRANSIMS microsimulation for an urban arterial network," *KSCE J. of Civil*

- Engineering, Vol.15, No.6, pp.1091-1100, 2011.
- [6] S. Lawe, J. Lobb, A.W. Sadek, and S. Huang, "TRANSIMS implementation in Chittenden county, Vermont: development, calibration and preliminary sensitivity analysis," Transportation Research Board 88th annual meeting, Washington, D.C., 2009.
- [7] M. Jeihani, K. Ahn, A.G. Hobeika, H.D. Sherali and H.A. Rakha, "Comparison of TRANSIMS' light duty vehicle emissions with on-road emission measurements," Journal of Transportation Research Forum, Vol.45, No.1, pp.87-99, 2006.
- [8] H. Ley, Introduction to the Methodologies and Implementation of TRANSIMS, TANSIMS Training Course, 2009.

저자소개



정 광 수 (Jung, Kwangsu)

1995년 : 영남대학교 토목공학과 토질 및 도로공학 전공 졸업(석사)
 1998년 : 영남대학교 토목공학과 토질 및 도로공학 전공 박사수료
 1995년 ~ 현 재 : 대구광역시 북구청 근무
 2004년 ~ 현 재 : 대구과학대학 측지정보과 겸임교수
 2009년 ~ 현 재 : (사)대한교통학회대구경북지회 상임이사



도 명 식 (Do, Myungsik)

1994년 : 영남대학교 토목공학과 토질 및 도로공학 전공 졸업(석사)
 2000년 : 교토(Kyoto)대학교 토목공학과 교통계획 전공 졸업(박사)
 2000년 ~ 2002년 : 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원 근무
 2009년 ~ 2010년 : Univ. of Iowa(visiting scholar)
 2002년 ~ 현 재 : 한밭대학교 도시공학과 부교수



이 중 달 (Lee, Jongdal)

1982년 : 영남대학교 토목공학과 도시 및 교통공학 전공 졸업(석사)
 1989년 : 영남대학교 토목공학과 도시 및 교통공학 전공 졸업(박사)
 1989년 ~ 현 재 : 영남대학교 건설시스템공학과 교수
 2000년 ~ 2002년 : (사)대한교통학회 이사
 2008년 ~ 2009년 : Univ. of Florida(visiting scholar)



이 용 두 (Lee, Yongdoo)

2011년 : 일리노이 공과대학교 토목공학과 교통공학 전공 졸업(석사)
 2011년 ~ 현 재 : 코넬대학교 토목공학과 교통공학 전공 재학(박사과정)