

미시적 교통 시뮬레이션을 위한 에이전트 기반 도로 통제 모델 구축 연구

Agent Based Road Control Model for Micro-Level Traffic Simulation

나유경* · 최진무**

Yu-gyung Na · Jinmu Choi

요약 본 연구는 개별 운전자의 행태가 교통 시스템 전체에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 도로 통제 정보의 전파 정도가 교통 혼잡에 미치는 영향 정도를 파악하고자 하였다. 이를 위해 에이전트 기반 교통 모델을 구축하였고 GIS 데이터를 교통 모델에 직접 활용할 수 있는 방안과 모의실험 결과의 처리과정을 제시하였다. 도로 통제 정보 제공이 교통 흐름에 미치는 영향을 분석한 결과, 전체 운전자의 30~70%에 해당하는 운전자에게 정보를 제공할 때 평균속도가 저하되지 않는 것으로 나타났다. 이에 반해 20% 이하 또는 80% 이상의 운전자에게 정보가 전달되면 전체 운전자의 평균속도가 저하되었다. 연구 결과를 종합해 볼 때, 도로 통제 정보의 제공은 교통의 흐름에 영향을 미치며 우회차량으로 인해 국지적 정체 발생 가능성이 있음을 알 수 있었다. 이 결과는 향후 도로 교통 정책의 방향 설정을 위한 기초자료로 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : 도로 통제 모델, 에이전트 모델, 교통 시뮬레이션, GIS, 교통 흐름, 교통 정보

Abstract This study investigated how much the spread of traffic control information affect the traffic congestion in order to identify the behavior of the individual drivers that impacts on the entire transport system. For this purpose, agent-based transportation model was constructed. GIS data were directly used for the transportation model and the processing steps of the simulation results are presented. The results showed that the average speed was not lowered when the traffic information was provided to 30 to 70% of total drivers. In contrast, the driver's average speed is reduced when he traffic information was provided to less than 20% or 80% or more. In summary, the provision of traffic information to drivers has an influence on the traffic flow and bypassing vehicles can generate local congestion. This results can be used as a basis for the future direction of road transport policy.

Keywords : Road traffic model, Agent model, Traffic simulation, GIS, Traffic flow, Traffic information

1. 서 론

1.1 연구배경

최근 정보통신의 발달로 운전자들이 도로의 통행속도, 정체구간, 통제 정보 등을 실시간으로 쉽게 접할 수 있게 되었다[6]. 운전자가 이미 알고 있는 경로로 이동했던 과거와 달리 다양한 기기를 통해 공간정보를 제공받아 새로운 경로로 이동할 수 있다는 점을 감안할 때, 이전에 비해 쉽게 변화하는 운전자의 행태를 고려한 연구가 필요한 실정이다.

운전자의 행태, 즉 출발 시간과 이동 경로 등의 선택은 개인의 이동속도를 변경시키는데 그치지 않고 전반적인 교통 시스템에 영향을 준다. 교통상황에 대한

공간정보를 이용하여 이동 경로를 재설정된 많은 운전자가 특정 경로에 집중하여 새로운 정체구간이 발생하기도 하고 효과적으로 분산되어 탁월한 교통 흐름을 보일 수도 있다.

특히 도로를 통제하는 상황에서 공간정보의 역할은 더욱 클 것으로 보인다. 최근 도로 유지관리가 중요하게 부각되면서 도로의 보수 및 확장이나 교통시설물 등의 공사 빈도가 증가하고 있으며[10], 여름철에는 국지적인 폭우로 인한 침수지역 통제도 빈번히 나타난다. 도로가 통제되면 교통처리 용량이 저하되므로 교통 혼잡이 야기될 수 있으며, 감속 및 우회하는 차량들로 인해 피해 지역이 확산될 수 있다[14,15,10]. 따라서 통제도로에 대한 정보를 전달하여 피해를 감축

† This work was based on master's thesis of Kyung Hee University graduate school

* Yu-gyung Na, Master's Student, Dept. of Geography, Kyung Hee University, yгна@khu.ac.kr

** Jinmu Choi, associate professor, Dept. of Geography, Kyung Hee University, cjm89@khu.ac.kr (Corresponding author)

시키는 것은 매우 중요하다.

1.2 연구목적

본 연구의 주된 목적은 운전자의 행태가 교통시스템 전체에 미치는 영향을 살펴볼 수 있는 도로통제모형을 구축하는 것이다. 특히 통제도로에 대한 정보를 제공할 때 운전자의 경로 재설정에 따른 2차적 피해는 없는지 살펴보기 위해 통행속도를 비교함으로써 공간정보의 전파가 도로통제로 인한 피해를 감축시키는데 도움이 되는지 확인하고자 한다.

연구목적을 세부적으로 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 개별 운전자의 행태가 교통 시스템 전체에 미치는 영향을 살펴보기 위한 방법으로 에이전트 기반 모델을 구축한다. GIS 데이터를 활용하여 도로 네트워크를 구축하는 방안을 제시하고자 한다. 도로와 운전자, 도로 통제 정보 등이 상호작용하도록 설계하고 구현할 것이다. 둘째, 공간정보전파와 관련하여 도로통제로 인한 피해를 최소화할 수 있는 실시간 공간정보의 전파 정도를 밝히고자 한다. 사례연구를 통해 연구지역을 통과하는 운전자 중 일부에게 도로 통제 정보를 제공하고 우회하도록 설정한 후에 연구지역 전체의 평균속력을 살펴본다.

2. 연구범위 및 연구방법

본 연구는 도로통제 상황을 모의할 수 있는 에이전트 기반 모델을 구축하기 위해 다음의 절차로 진행한다. 첫째, 운전자의 행태와 관련된 선행연구를 고찰하고 도로 상황과 상호작용하는 규칙을 설정한다. 둘째, 현실과 유사한 도로네트워크를 구축하기 위해 GIS 데이터를 직접 활용할 수 있는 모델을 구축한다. GIS 데이터의 속성정보를 활용하여 도로네트워크를 구축하고 속성정보에 대한 질의가 가능하도록 구축한다. 셋째, 구현된 모델을 검증하기 위해 강수가 없는 환경에서 반복 모의하여 평균한 값과 서울시 차량통행속도 데이터를 비교한다. 넷째, 강남구를 사례지역으로 모의실험하여 가장 효과적으로 피해를 감축시킬 수 있는 공간정보 전파 정도를 도출한다. 에이전트의 수는 평일 평균통행량, 오전점두 시 통행량, 오후점두 시 통행량에 기초하여 설정한다. 공간정보가 제공되지 않는 상황부터 모두에게 제공되는 상황까지 10% 간격으로 조정하여 각 상황을 반복 모의하여 평균 통행속도를 분석하였다. 연구의 흐름을 요약하면 Figure 1과 같다.

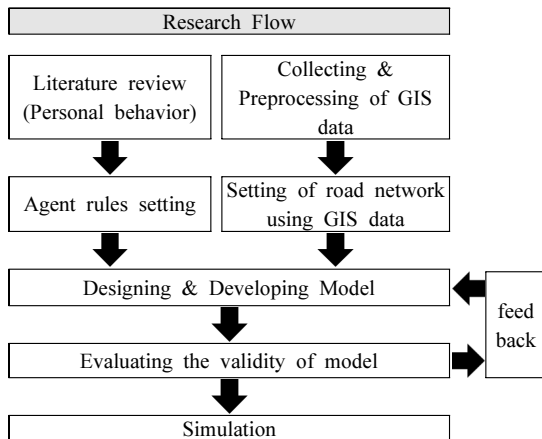


Figure 1. Research Flow

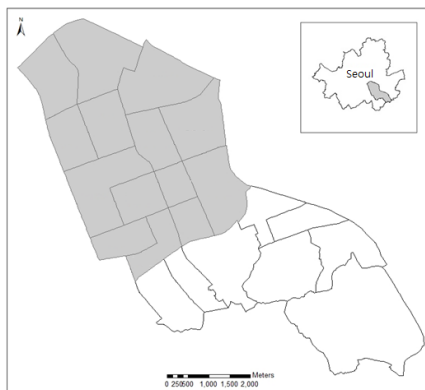


Figure 2. Study Area

도로가 통제되는 상황은 다양한데, 침수로 인한 도로 통제는 교통사고 및 도로공사 등의 원인과 달리 해마다 유사한 지역에서 반복적으로 나타난다. 따라서 최근 침수가 발생한 지역, 교통 혼잡이 빈번하게 일어나는 지역, 많은 인구·격자형 도로·많은 건물 등 도시의 특성을 대변할 수 있는 강남구 북부 14개동을 사례연구지역으로 선정하여 모의하는 것이 적합할 것이라고 판단하였다(Figure 2). 강남구 북부지역은 100m 이하의 저지대로, 매년 차로와 인도의 통행이 통제되는 구간이 발생한다.

3. 에이전트 기반 모델 구축

3.1 의사결정 관련 문헌 고찰

본 연구는 연구지역을 통과하는 자가용운전자를 에이전트로 정의하였다. 목적지향적이고 자율적 객체인

에이전트가 실제 운전자의 의사결정과 유사한 행동을 하도록 설정하기 위해 사람들의 행동에 대한 기존 연구를 바탕으로 규칙을 적용하였다.

돌발적으로 도로가 통제될 때 개인의 의사결정 과정에 영향을 미치는 요인에 대한 기존연구는 다음과 같다. 불확실한 상황에서 개인은 환경에 대한 인식 및 기존의 학습 내용을 토대로 의사결정을 내리고 행동한다고 한다[9, 5]. 침수 대피 시 피난 행동 양식에 대한 기존 연구에서는 대피 시 사람들의 인식과 정보가 중요한 요인이 될 수 있다고 하였다[4]. 이 연구는 피난을 위한 행동 판단 시 피난에 대한 인식이 매우 중요하게 작용한다고 주장하였다. 과거의 행동이 미래의 행동과 관계가 있다는 주장도 제기되었다[1]. 한편 극단적인 경우 시 나이, 성별, 연령과 같은 인구학적 특성과 통행 패턴은 상관성이 없다는 연구결과가 있었다[7].

이상의 연구들에서 공통적으로 과거의 체득 또는 학습된 행동이 미래 행동에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서도 운전자가 침수 정보를 접하게 되면 과거에 도로통제로 인해 운전자가 겪었던 교통체증의 경험을 바탕으로 무조건 다른 경로를 탐색하는 것으로 가정하였다.

기존 연구에서 행동과 관련이 있다고 주장하였으나 본 연구에 적용되지 않은 내용도 있다. 수치 데이터와 영상 정보가 행동에 영향을 미칠 수 있으나[4] 홍수 흔적도 및 재해 위험지도와 같은 복잡한 정보가 운전자에게 전달되기 어려울 수 있다고 판단하여 배제하였다. 개인의 행동은 태도, 책임감 등의 개인 성향 및 다양한 지식에 영향을 받지만[3] 태도 및 책임감과 같은 개인 성향에 대한 데이터가 존재하지 않으며 불필요한 가정이라 판단되어 적용하지 않았다.

3.2 에이전트 규칙 설정

모의실험에 앞서 GIS 데이터를 불러와 도로 네트워크를 구축한 후 에이전트를 생성하는 과정(setting)을 거친다. 에이전트는 다음과 같이 출발지와 목적지가 무작위로 부여되며, Table 1과 같은 단계를 거쳐 초기 이동 경로를 설정한다. 모의실험에서 침수 정보를 제공받은 에이전트 중 침수지역 진입을 계획했던 에이전트는 반드시 경로를 재탐색해야 한다는 가정 하에, 경로를 재탐색하도록 하였다.

기존문헌의 연구 내용을 바탕으로 에이전트에 적용한 행동규칙은 크게 정보 제공, 침수지점 인지, 경로변경, 이동속도, 차선변경을 위한 규칙으로 나눌 수 있다. 첫째, 침수 정보를 제공받은 에이전트 중 침수지역

Table 1. Setting Origin, Destination, Initial Path for Agent

- ① Agents were created according to user setting.
- ② Agents' origin and destination are randomly set
- ③ Agents determine moving direction by reading road data
- ④ Agents get limited speed data and set the route
- ⑤ The system provides some agents with Information about blocked roads at the rate the user set.
- ⑥ Agents who received the information search detour route to avoid blocked road

1	to for-speed
2	let cars-ahead cars-at dx dy
3	ifelse any? cars-ahead
4	[ifelse any? (cars-ahead with [cars != [cars] of myself)
5	[set speed mspeed]
6	[set speed [speed] of one-of cars-ahead
7	slow-down]
8]
9	[speed-up]
10	end

Figure 3. Netlogo Code for maintaining Distance between Cars(Na, 2014)

으로 진입하려던 에이전트는 침수지역을 제외한 다른 경로를 재탐색해야 한다. 침수정보는 특정 도로에 침수가 발생한 사실을 알려주며 우회경로는 제공하지 않는다. 둘째, 침수지점에 대한 정보를 제공받지 못한 에이전트 중 침수지점으로 진입한 에이전트는 지점에 도달하여야 침수 사실을 인지하고 우회경로를 탐색하여 이동한다. 셋째, 도로가 통제된 경우 목적지에 도달하기 위해 에이전트의 메모리에서 침수지역의 링크정보를 제외한 후 최적의 경로를 탐색한다. 넷째, 에이전트는 자신이 위치한 도로의 제한속도를 인식하고 제한속도 이하의 속도로 이동할 수 있다. 앞차와의 거리를 유지해야 하며 반드시 앞차의 속도보다 낮거나 같은 속도로 이동해야 한다. 다섯째, 차선변경은 차선이 줄어드는 경우와 좌회전 또는 우회전을 하는 경우 반드시 변경해야 하며 운전자의 앞에는 차량이 있고 옆 차선에는 차량이 없는 경우도 변경이 가능하다. Figure 3은 차량속도에 관한 규칙의 일부이다.

3.2 도로네트워크 구축

도로정보를 효율적으로 구축하는 것은 GIS에서 가

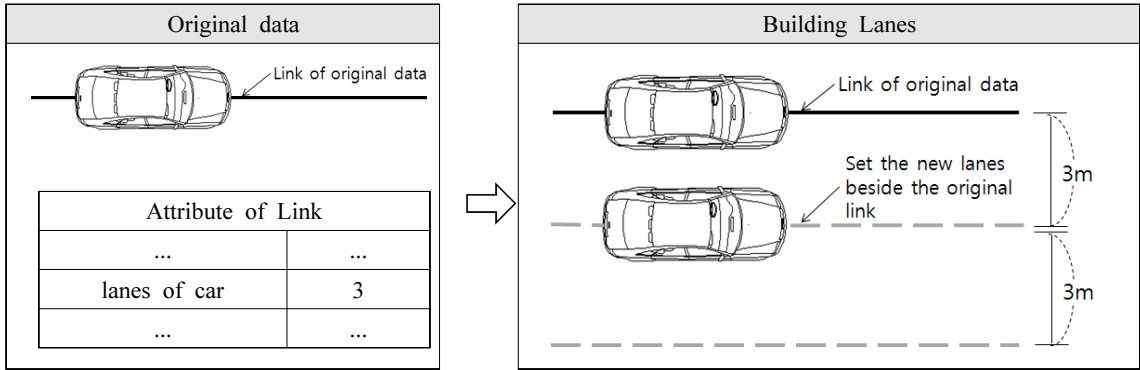


Figure 4. Building Lanes for Link Data

장 중요한 주제 중 하나이므로(최경호 외, 2002) GIS 데이터의 전처리과정을 최소화하였다. 본 연구에서 사용한 도로네트워크 데이터는 국가교통정보센터¹⁾에서 제공받은 2013년 8월 갱신된 데이터이다. 연구지역의 2차선 이상인 도로에 대해 상하행선으로 구분되어 있으며 링크번호, 시작점에 해당하는 노드번호, 완료점에 해당하는 노드번호, 도로명, 차선 수, 제한속도 등의 속성정보를 포함한다.

선사상으로 나타나며 각 도로의 차선 수는 속성정보로 제공된다. 에이전트가 자유롭게 차선을 변경할 수 있는 모델을 구현하기 위해 차선 수와 동일한 개수의 선사상이 필요하므로 원 데이터의 속성정보를 모델 내 메모리에 입력하여 차선 수를 변경하였다. 원 데이터의 링크를 1차선으로 사용하고, 3m씩 오른쪽으로 이동시켜 차선을 구축하였다(Figure 4). 실제 도로의 폭은 3~3.5m인데 도로의 폭은 본 연구의 분석 결과에 영향을 미치지 않을 것으로 보여 3m로 단순화하여 적용하였다. 통제도로의 위치는 최근 강남구 북부 14개동의 침수구역도²⁾에서 완전히 침수되었던 도로를 추출하여 사용하였다.

3.3 도로통제모델 구현

연구모델은 Figure 5와 같이 GIS데이터를 입력하여 도로 환경을 구축하고, 에이전트의 행동을 모의하여 전체 에이전트의 평균 통행속도를 출력하도록 설계되었다.

GIS데이터의 입력이 용이하도록 설계하여 모델의 지속가능성을 확보하여 타 지역에도 재사용할 수 있

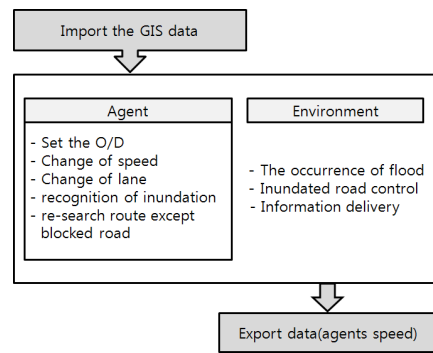


Figure 5. Study Model(Na, 2014)

는 모델을 구축하고자 하였다. 또한 데이터의 출력이 용이한 모델을 구축하기 위해 모델 내 시간개념인 'tick'을 '분'단위로 환산하여 출력하도록 설정하였다. tick이란 모의 시 에이전트에게 규칙이 적용되는 1회 순환 사이클인데, 본 연구 모델의 에이전트가 이동하는 거리를 측정된 결과 대략 7 tick과 1분의 시간개념이 유사하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 1tick은 1/7 초 즉, 약 8.6초로 보고 1분에 해당하는 7 tick에 한 번씩 평균속도 데이터가 출력되도록 설정하였다.

분석도구로는 사용자 인터페이스 구축이 자유로운 NetLogo를 활용하였고, 프로그램에서 제공하는 GIS 도구(extension)을 활용하여 데이터를 삽입하고 저장하였다. 구현된 모델 인터페이스는 Figure 6과 같다.

4. 교통 모델 검증

모델의 결과를 신뢰할 수 있는지 검증하기 위해 모의실험결과를 서울시 차량통행속도 자료와 비교하였다. 서울시 평균통행속도 자료³⁾는 하루 16시간, 365일 조사하여 취합한 구간 통행속도를 평균하여 제공한

1) 웹사이트 주소는 <http://nodelink.its.go.kr/>
 2) 서울특별시 수해예방정보 홈페이지(<http://hongsu.seoul.go.kr>)에서 2010년, 2011년, 2012년 침수구역도를 사용하였음.



Figure 6. Travel Simulation Model Interface

Table 2. Average Travel Speed in Seoul and Gangnam-gu (unit: km/h)

	Morning	Afternoon	Evening	Full time
Gangnamgu	22.7	21.1	16.5	20.3

Table 3. Simulation under Normal Weather Condition (Na, 2013)

Speed (km/h)	min	max	mean	real data
	18.7287	24.5815	21.7930	20.3

다. 강남구의 전일 평균통행속도는 20.3km/h이다 (Table 2).

365일 조사한 평균통행속도와 비교하기 위해서 강우가 없고 도로를 통제하지 않는 상황에서 30회 반복적으로 모의실험하여 도출된 속도를 평균하였다. 서울시 전체의 전일 에이전트의 수를 승용차 전일통행량과 동일하게 설정하여 통행속도를 측정하였다. Table 3은 모의실험 결과를 요약한 것이다. 최소값은 약 18.73, 최대값은 약 24.58이다.

두 집단의 평균 차이를 객관적으로 검증하기 위해 t-검정을 실시하였다. 모집단의 평균은 21.80, 분산은 2.81이며 모집단과 평균, 분산이 유사한 표본을 임의로 추출하여 검증하였다. 30회의 모의실험결과 중 10분 단위로 1개의 평균속도를 추출한 표본의 평균은 21.79, 분산은 2.79이다. 강남구의 평균속도 데이터는

Table 4. t-test Result

	Simulation value	Seoul-si data
Mean	21.79371	20.1
Variance	2.791399	10.36
The number of samples	9	3
t-value	0.87306	
P(T<=t) one-tailed tests	0.237346	
t 기각치 one-tailed tests	2.919986	

오전, 낮, 오후의 속도 데이터가 존재하며 이 데이터의 평균은 20.1, 분산은 6.67이다.

t-검정 결과는 Table 4와 같다. 검정 결과 t-검정통계량은 0.87로 기각치보다 작은 값이므로 모의실험값과 강남구 평균통행속도는 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없다. 따라서 본 모델을 활용하여 실제 통행속도와 유사한 결과를 도출할 수 있는 모의실험이 가능할 것으로 보인다.

5. 도로 침수 통제 모의

도로가 침수되어 통제되는 상황을 모의하여 에이전트의 평균속도를 분석하였다. 정보의 전파가 평균속도에 미치는 영향을 살펴보기 위해 모든 운전자 중 정보를 전달받는 운전자의 비율을 10% 간격으로 나누었다. 0~100%까지 총 11개 케이스에 대해 각 30회의 모의실험을 하였다. 통행량에 따라 다른 결과가 도출될 수 있으므로 전일통행량을 기준으로 에이전트 수를 달리 설정하여 실험하였다. 침수 시 연구지역을

3) 2011년 이후의 자료는 시군구별 통행속도 자료가 존재하지 않음. 본 연구는 2010년 시군구별 평균통행속도 자료를 활용함.

지나는 운전자(에이전트)를 대상으로 2시간동안의 평균속도 변화를 살펴보았다.

5.1 평일평균통행 분석

교통량은 2010년 평일 OD(Origin and Destination 데이터4)를 바탕으로, 2001년과 2005년 서울시 조사지점 통행량 데이터를 참고하여 산정하였다(KTI, 2013). 도로가 통제되는 상황에서 2시간 동안의 운전자의 평균속도를 모의하여 정보의 전파가 통행속도에 미치는 영향을 분석하였다.

강우가 없는 환경에서 모의하면 평균 21m/h인데 반해 도로가 통제되는 침수 상황에서 평균속도는 약 13km/h 내외로 감소하였다. 정보의 전파 정도에 따른 차이는 모의실험 시작 후 10분 동안 큰 차이를 보이지 않았지만 시간이 흐르면서 속도의 차이가 발생하였다. 120분 기준으로 정보를 전달받은 운전자의 비율이 20%이하인 경우와 80% 이상인 경우 연구지역 전체 운전자의 평균통행속도가 저하되었다. 모의실험 초기 통행속도가 13km/h 내외였지만, 2시간이 지나자 에이전트의 평균속도가 4~8km/h로 감소하였다(Figure 7). 이에 반해 30~70%의 운전자에게 정보를 전달하는 경우에는 모든 에이전트의 평균속도는 실험 초기와 같이 약 13km/h를 유지하였다. 30~70%의 정보를 제공한 경우에 비해 20%이하 또는 80%이상의 정보가 제공된 경우 속력이 절반 이하로 감소한 것을 알 수 있었다.

2시간 동안의 속도 데이터를 평균한 평균속력은

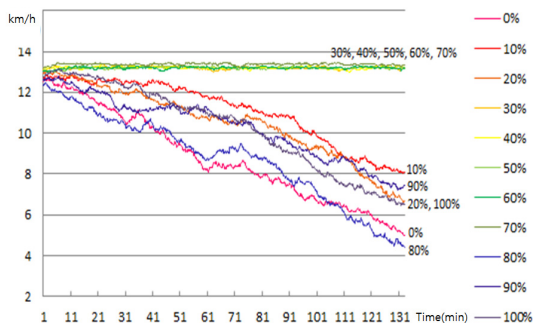


Figure 7. Speed Change for 2 Hours based on the Amount of Given Information(Na, 2014)

4) 여객통행실태기중점통행량)조사에서 기점(Origin)과 종점(Destination)에 대한 통행량을 조사한다. 수단별 통행량이나 통행목적별 통행량을 알 수 있다. (자세한 설명과 데이터 다운로드는 www.ktdb.go.kr에서 가능)

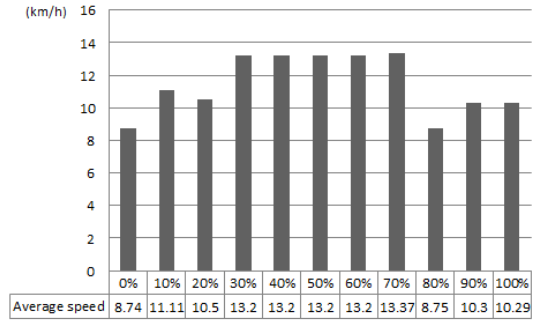


Figure 8. Weekday Average Speed based on the Amount of Given Information (unit: km/h)

Figure 8과 같다. 모든 운전자에게 정보를 전달하지 않은 경우 속력이 가장 낮고, 20%이하 또는 80% 이상의 운전자에게 정보를 전달하는 경우 속력은 8~11km/h 내외로 나타났다. 30~70%의 운전자에게 정보가 전달되는 경우에는 속도의 변화가 없어 평균속력이 거의 동일하게 나타나며 평균속력은 약 13.2km이다. 이를 통해 도로통제정보를 제공하지 않으면 가장 큰 혼란이 야기될 수 있으며, 이와 반대로 많은 운전자의 경로 변경으로 인해 교통 네트워크의 부분적 집중이 유발되고 그에 따른 일시적인 정체구간이 발생할 수 있음을 알 수 있었다.

5.2 오전첨두시 분석

교통량은 2010년 오전 첨두시(07시~09시) OD 데이터를 바탕으로 산정하였다. 교통량을 제외한 모든 변수의 설정은 평일평균통행 분석과 동일하다. 도로 통제 시 연구지역을 지나는 운전자(에이전트)를 대상으로 2시간동안의 평균속도 변화를 살펴보았다.

오전 첨두시 도로가 통제되는 침수 상황에서 평균속도는 약 9~12km/h로 나타났으며 평일평균통행에 비해 통행량이 증가하여 평균속도가 낮게 나타난 것으로 보인다. 정보의 전파 정도에 따른 차이는 시간이 흐르면서 속도가 감소하지 않는 경우와 속도가 감소하는 경우로 나뉘었다. 정보가 적절하게 제공되어 30~70%의 운전자가 우회할 경우 평균속도를 유지한다(Figure 9). 정보 전달이 미비하여 20% 이하의 운전자에게만 침수 정보가 전달될 경우 연구지역 전체 운전자의 평균 속도는 6~8km/h 내외로 나타났다. 이는 통제된 도로로 진입을 시도하던 차량들이 우회하면서 혼잡이 야기된 것으로 보인다. 또한 80% 이상의 운전자에게 정보가 전파되면 우회로에 새로운 혼잡이 야기되는 것으로 생각된다.

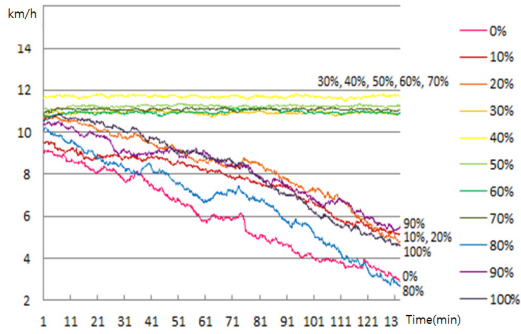


Figure 9. Speed Change for the Morning Peak 2 Hours based on the Amount of Given Information(Na, 2014)

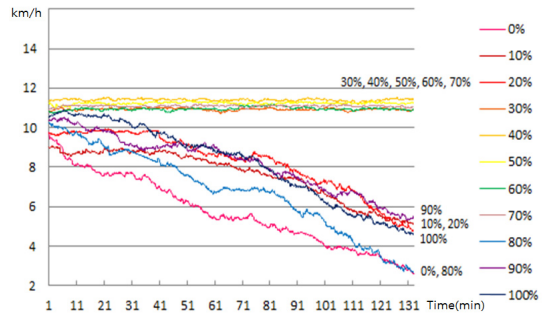


Figure 11. Speed Change for the Afternoon Peak 2 Hours based on the Amount of Given Information(Na, 2014)

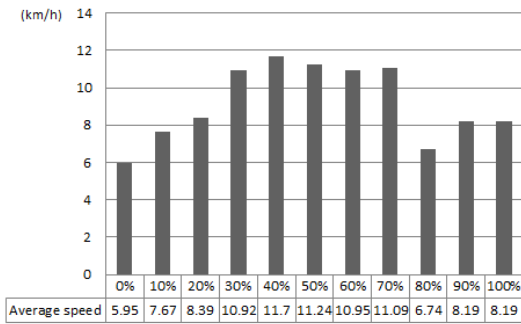


Figure 10. Average Speed for the Morning Peak Travel Time based on the Amount of Given Information(unit: km/h)

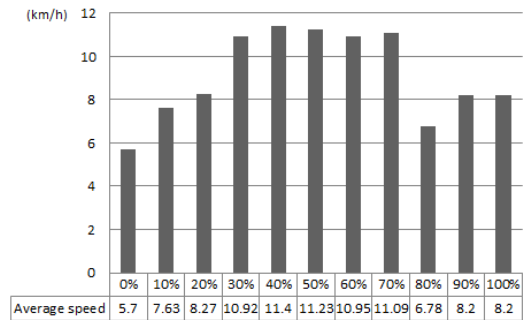


Figure 12. Average Speed for the Afternoon Peak Travel Time based on the Amount of Given Information(unit: km/h)

2시간 동안의 속도 데이터를 평균하여 평균속력을 비교하면 Figure 10과 같다. 모든 운전자에게 정보를 전달하지 않는 경우 속력이 가장 낮다. 20% 이하 또는 80% 이상의 운전자에게 정보를 전달하는 경우 속력은 5~8km/h 내외로 나타났다. 30~70%의 운전자에게 정보가 전달되는 경우에는 속도의 변화가 미비하여 평균속도는 약 11km/h 내외로 나타났다.

5.3 오후첨두시 분석

교통량은 2010년 오후 첨두시(18시~20시) OD 데이터를 바탕으로 산정하였고, 교통량을 제외한 모든 변수의 설정은 평일평균통행 분석과 동일하다. 도로 통제 시 연구지역을 지나는 전체 운전자의 평균속도 변화를 살펴보았다.

오전 첨두시 분석결과와 매우 유사한 패턴을 보인다. 모든 운전자에게 정보를 전달하지 않는 경우 속력이 가장 낮다. 20% 이하 또는 80% 이상의 운전자에게 정보를 전달하는 경우 속력은 저하되며 30~70%의 운

전자에게 정보가 전달되는 경우에는 속도의 변화는 거의 나타나지 않았다(Figure 11).

2시간 동안의 속도 데이터를 평균하여 평균속력을 비교하면 Figure 12와 같다. 정보를 전혀 제공하지 않은 경우 평균속도가 가장 낮게 나타났다. 20%이하 또는 80% 이상의 운전자에게 정보를 전달할 경우 속도가 8.2km/h 이하로 저하되었다. 30~70%의 운전자에게 정보가 전달되는 경우는 모든 에이전트의 평균속도는 도로가 통제된 상황임에도 저하되지 않고 약 11km/h을 유지한다.

6. 결론 및 향후연구

본 연구는 개별 운전자의 행태가 교통 시스템 전체에 미치는 영향을 살펴보기 위해 도로통제로 인한 교통 혼잡을 최소화할 수 있는 실시간 통제정보의 전파 정도를 파악하고자 하였다. 에이전트 기반 모델을 구축하는 과정에서 GIS 데이터를 직접 활용할 수 있는

방안과 모의실험 결과의 처리과정을 제시하였다.

구현된 모델을 이용하여 통제도로에 대한 정보 제공이 교통흐름에 미치는 영향을 분석한 결과, 전체 운전자의 30~70%에 해당하는 운전자에게 정보를 제공할 때 평균속도가 저하되지 않는 것으로 나타났다. 이에 반해 20% 이하 또는 80% 이상의 운전자에게 정보가 전달되면 전체 운전자의 평균속도가 저하되었으며, 모든 운전자가 정보를 알 수 없을 때 가장 속도가 낮았다. 연구 결과를 종합해 볼 때, 도로 통제정보의 제공은 교통의 흐름에 영향을 미치며 우회차량으로 인해 국지적 정체가 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 향후 교통정책에 있어서 교통 혼잡을 최소화하기 위해서는 교통정보의 내용과 전파 시기 등을 고려한 대피 방안이 필요할 것이다. 더불어 우회도로의 확충, 도로 차선의 확대, 우수관로 정비 등 다양한 방법의 접근이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 미시적인 도로 통제 모의실험을 위한 에이전트 기반 모델의 활용성을 제시하였고, GIS 데이터를 바탕으로 다양한 연구지역에 활용이 가능한 교통 모델을 구축하였으며, 통행 시 정보의 전달이 미치는 영향을 분석하였다는 의의가 있다. 검증에 필요한 통행속도 실측 원시자료가 구축되어 있지 않아 어려움이 있었으며 향후 시군구별 시간별 평균통행속도 데이터가 구축된다면 더 정확한 검증이 가능할 것이다.

향후 연구에서는 도로 네트워크를 더 세밀하게 적용할 것이며, 통행속도와 관련 있는 변수인 신호체계를 고려할 것이다. 사례지역보다 연구지역을 넓혀 분석한다면 통제모델의 유효성을 더욱 잘 살펴볼 수 있을 것이다. 또한 에이전트는 항상 제한속도 이하의 속력으로 이동한다고 정의하였지만 현실적인 연구 결과를 위해 합리적인 근거나 참고자료를 바탕으로 에이전트의 행동패턴을 구체화할 것이다. 마지막으로, 본 모델은 GIS데이터의 사용이 용이하도록 설계되었으므로 타 지역을 적용한 연구를 통해 연구지역에 따른 모의실험 결과에 차이는 없는지 살펴볼 수 있을 것이다.

References

- [1] Bamberg S; Ajzen I; Schmidt P. 2003, Choice of Travel Mode in the Theory of Planned Behavior: The Roles of Past Behavior, Habit, and Reasoned Action, *Basic and Applied Social Psychology*, 25(3):175-187.
- [2] Choi, K. H; Lee, J. H; Hwang, T. H; Yoo, J. J; Joo, I, H. 2002, Automatic Generation Method of Road Data based on Spatial Information, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 4(2): 55-64.
- [3] Hines, J; Hungerford, H; Tomera, A. 1987, Analysis and Synthesis of Research on Responsible Environmental Behavior: A Meta-Analysis, *The Journal of Environmental Education*, 18(2):1-8.
- [4] Lee, Y; Kim, T. S.; Ha, T. W.; Kang, S. H.; Lee, S. H. 2003, Study on the Assessment of Refuge Behavior and the Derivation of Critical Inundation Depth, *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, 17(4):92-97.
- [5] Lee, H. G; Han, J. C; Jung, C. S; Oh, K. J; Han, G. H. 2009, *Understanding Human Behavior*, Bobmunsa.
- [6] Lee, J. H; Jang, Y. H; Kwon, Y. J. 2013, An Efficient Location Based Service based on Mobile Augmented Reality applying Street Data extracted from Digital map, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 21(4): 63-70.
- [7] Na, Y; Lee, S; Joh, C. H. 2012, An Analysis of Decision-Making in Extreme Weather using an ABM Approach Application of Mode Choice in Heavy Rain & Heavy Snow, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 15(2): 304-313.
- [8] Na, Y. 2014, Analyzing the Effect of Inundation Information for the Traffic Flow Using the Agent-based Model, *Kyung Hee University*.
- [9] O'Connor, R. E; Bord R. J; Fisher A. 1999, Risk Perceptions, General Environmental Beliefs, and Willingness to Address Climate Change, *Risk Analysis*, 19(3):461-471.
- [10] Park, J. H. 2011, Characteristics of Traffic Flow and Delay Model Development using Work Zone Data, *Hanbat National University*.
- [11] Seoul, 2013, Flood Map of Seoul-si, Accessed on July 10. <http://hongsu.seoul.go.kr>.
- [12] Seoul City Transportation Headquarters, 2009, Average Driving Speed in Seoul, Seoul, Korea.
- [13] Seoul City Transportation Headquarters, 2010, Average Driving Speed in Seoul, Seoul, Korea.
- [14] Shin, S. I.; Cho, Y. C. 2006, Improving Transportation Disaster System in Seoul, Seoul

Development Institute.

- [15] Shin, S. I.; Cho. Y. C; Lee, C. J. 2007, Strategies for Providing Detour Route Information and Traffic Flow Management for Flood Disasters, Journal of Korean Society of Transportation, 25(6):33-42.
- [16] The Korea Transport Institute. 2013, Traffic volume data, Accessed on October 31. <http://ktdb.go.kr>.

논문접수 : 2014.03.11

수정일 : 2014.04.28

심사완료 : 2014.04.30