활동기반 모형을 이용한 상습 침수 지역의 대피경로 분석

A Study on the Evacuation Route of Areas Prone to Floods Using Disaggregate Behavioral Model

김주영* · 유연승** · 이승재***

Kim, Jooyoung · Yu, Yeonseung · Lee, Seungjae

Abstract

Recently, a research on development of evacuation route system is being carried out to handle the natural disaster occurring due to increasing weather abnormality. This paper deals with a methodology for searching evacuation route and effective traffic operation when roads areas are prone to floods. The methodology is that we made activity based model by using household travel survey data and then modeling it by applying a flooding scenario in traffic demand analysis program, MATSim in Ssinwol-dong, Kangseo-Gu, Seoul. Therefore, analysis of the result shows that travel pattern can be known in worst scenario cases. And it will be used effectively in decision making for evacuation route or efficient urban road operation when road area is prone to flood, or flooded.

Key words : Disaggregate Behavioral Model, Area Prone to Floods, Analysis Evacuation Route, MATSim

요 지

최근 기상이변으로 인한 자연재해 피해가 증가하면서 세계적으로 이를 대처하기 위해 대피 시스템 개발, 최적 대피 경로 설정 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 상습침수지역의 도로 침수로 인해 도로 기능을 상실하였을 때, 도로 이용자들이 신속하게 대피하고 효율적인 도로교통 운영을 위해 대피경로분석의 방법론을 제시하였다. 분석의 방법은 가구통행실태조사 데이터를 통해 활동자료를 구축하고 이를 인간활동기반 교통수요분석 프로그램인 MATSim(Multi Agent Transportation Simulation)을 활용하여 상습침수지역인 신원지하차도를 분석지역으로 선정하였다. 수도권 가구통행실태조사 데이터 기반의 활동기반모형을 구축하여 침수지역의 통행패턴을 토대로 도로 침수를 가정한 시나리오를 적용하여 도로 침수시 우회교통패턴 및 대피경로 분석을 통해 도시부 도로 대피 경로 설정을 위한 기초연구를 수행하였다.

핵심용어 : 개별행태모형, 상습 침수 지역, 대피경로분석, MATSim

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성

세계적으로 매년 기상이변으로 인한 홍수와 같은 재해를 겪고 있으며 이러한 재해는 사회 전체적으로 인명피해, 재산 손실 및 시설물의 피해가 발생하여 사람들의 활동에 영향을 주고 있다. 또한 이러한 피해는 사회경제적인 손실을 유발시키고 있다.

국내에서는 최근 여름마다 큰 비가 내리면서 서울 광화문과 강남역 같은 도심에 도로가 침수가 되어 도로의 기능을 상실하는 등의 피해가 발생되었다. 이에 따라 2012년 우면산

산사태 등의 홍수로 인한 대책으로 주요 상습 침수 지역에 대한 종합대책을 내놓는 등의 자연 재해의 피해를 효과적으로 대처하는 연구들이 진행되고 있으며, 서울연구원은 서울시 내 상습침수지역을 34곳으로 선정하고 상업업무지 비율이 높은 지역을 강남역 · 광화문 일대로(강남 · 종로1), 하천변 또는 저지대에 자리한 지역을 사당역 신대방 부근(동작1 · 영등포), 단독주택이 비율이 높은 지역을 마포 합정 · 망원동과 구로 개봉동 일대로 분류하였다.(서울시 상습침수지역 종합대책, 2010, 서울연구원) 이를 통해 서울시는 상습침수지역에 대해서 조사하고 원인을 분석하여 하수와 포장도로 등의 기하학적 측면에서 개선대책을 제안하였다.

*교신저자. 정회원. 서울시립대학교 교통공학과 박사과정(Tel: +82-2-2210-5661, Fax: +82-2-2210-2819, E-mail: trafficplan@naver.com)
Corresponding Author. Member. Ph.D Candidate, Department of Transportation Engineering, University of Seoul

**서울시립대학교 교통공학과 석사과정
Master Student, Department of Transportation Engineering, University of Seoul

***서울시립대학교 교통공학과 교수
Professor, Department of Transportation Engineering, University of Seoul

그러나 사전 개선대책에 비해 불가피한 침수지역에 대해서 침수가 발생하였을 때 사후대책은 미비한 실정이다. 특히 도로 침수시 도로상 이용자들의 대피경로 및 도로 네트워크 효율적인 운영방안에 대한 연구는 미비하였다. 불가피한 침수는 도로기능을 잃게 되고 도로 이용자의 경우 의도치 않는 경로 변경을 수반하게 된다. 즉 침수피해는 단순히 인명피해 및 기반시설 피해뿐만 아니라 통행자의 혼란에 빠지게 되고 주변도로의 혼잡이 증가되는 등의 사회적 비용이 발생하여 추가적인 불편이 발생하게 된다.

따라서 본 연구를 통해 상습침수지역의 침수가 발생하였을 때 도로 상에 있는 차량들을 안전하게 대피할 수 있는 경로 정보 제공방안에 대한 연구를 진행하고 나아가 도로 네트워크의 효율적인 운영을 통해 인명 및 기반시설 파괴를 최소화하여 사회적 비용을 최소화하는 방안에 대해서 연구를 수행하고자 한다.

1.2 선행연구 고찰

자연재해를 대처하기 위한 선행연구로는 일본 대지진, 칠레의 지진해일로 수많은 인명피해를 받아 우리나라에서 지진해일 발생할 경우를 대처하기 위해 구체적인 지진해일 대응 시스템 구축 연구가 진행되었다. 홍성진 등(2010)은 재난의 발생 시 대피로의 프로그램을 활용하여 중 지진해일위험지역 분석 및 피해 예측을 통해 대피계획 수립을 지원하고 재난 발생 시 신속한 정보전달을 통해 지진해일 대응역량을 강화시키기 위한 연구를 수행하였고, 김진일 등(2012)은 지진해일 발생 시 인명피해를 최소화하기 위하여 모바일 증강현실을 이용한 대피경로 안내 시스템을 제안하였다.

또한, 오은호 등(2012)은 공간정보 및 센서정보를 기반으로 실시간으로 시설물에서 재난 관리 시스템을 구축하는 연구를 진행하였고, 또한 유전자 알고리즘을 이용하여 재난 및 사고 발생으로 인한 실내 보행자의 최적 대피모형에 관한 연구(곽수영, 2012) 등 주로 건물 내에서 이뤄지는 재난과 사고에 대한 대피경로 연구가 진행되었다.

최적 대표 경로에 대한 연구로는 현대 IT기술의 발전으로 사고·재난 상황시 최적 대피경로를 정보제공을 하기 위한 모바일 어플리케이션 설계의 관한 연구도 진행되고 있으며(주기돈 외 1명, 2012). 최기돈 외 1명(2010)은 하천 범람에 따른 침수취약지역 추정 및 네트워크상에서 할당 모델(allocation model)을 이용하여 대피경로를 분석을 통한 인명 및 재산피해의 최소화 방안을 제시하였다. 이와 같은 선행 연구들은 자연재해에 의한 재산피해 및 인명피해를 최소화하고자 하기 위해 주로 물리적, 구조적 방안들을 제시하고 있으나 자연재해 시 인간의 활동기반을 고려한 대피경로분석에 관한 연구는 상대적으로 미비한 실정이다.

1.3 연구의 목적 및 방법론

본 연구의 목적은 인간의 활동을 기반으로 통행패턴을 분석하여 자연 재해 발생 시 도로 네트워크상에 최적 대피경로를 분석하고, 도시 교통체계에 있어 전체적으로 효율적인 운영을 위한 정책판단의 근거를 마련하기 위함이다.

본 연구를 수행하는데 있어 교통수요예측 분야의 접근을 하였다. 기존의 국내 교통 수요 분석을 위해 사용되고 있는 모형은 전통적인 4단계 모형 이는 거시적인 모형으로 구축된 네트워크의 간선도로 급의 도로 중심으로 통행을 집계하여 하루 통행을 중심으로 분석을 수행할 수 있다. 하지만 이는 본 연구의 목적인 자연 재해 등의 유고 발생 시 시간대별로 상황에 맞는 분석이 불가능하다는 단점을 가지고 있다.

최근 몇 년 동안 컴퓨터 기술의 빠른 성장에 힘입어 활동 기반 모형을 이용한 수요 추정 방법이 교통계획에 새로운 패러다임으로 떠오르고 있으며, 동적인 개인의 의사결정 과정과 상호작용을 모델링하기 위해 미시 시뮬레이션 접근법에 대한 연구가 진행되고 있다. 그 중 본 연구에서는 MATSim (Multi-Agent Transport Simulation)(김태중, 2011)을 활용하고자 한다. 자연 재해의 경우 초 단위, 분 단위, 시간 단위의 분석을 통해 대처해야함으로 대규모 네트워크 분석이 가능하고 미시적인 분석을 수행 할 수 있는 MATSim은 연구에 적합한 시뮬레이션 tool이라고 판단된다.

2. 활동기반 시뮬레이션

2.1 MATSim

본 연구를 위한 시뮬레이션 Tool은 MATSim으로 동적 확률적 모델기반, 활동 기반 통행 시뮬레이션이며, 결과 분석시 개별 차량의 움직임과 교통패턴의 변화를 시각적으로 쉽게 볼 수 있다. 무엇보다 MATSim에 쓰이는 모든 Module의 설명 및 명령어가 Open Source이기 때문에 사용자가의 분석의 의도에 적합하도록 유연하게 변경하여 다양한 결과를 분석 할 수 있다는 장점이 있다.

MATSim의 Input file에는 agent들의 통행시간, 경로 등의 개인의 통행정보가 입력 되어있는 Plan File, 도로 및 대중교통(버스, 철도)가 노드와 링크로 표현되어 있는 Network File, Input & output file를 관리하며 시뮬레이션의 모듈 선택과 scoring을 설정하는 등의 Configuration File은 Input 과정에서 반드시 필요하다(김태중, 2012).

통행은 개별 행위의 결과이다. 개별 행위가 통행발생의 근

Table 1. Input & Output Data(MATSim)

Input	category	contents
Required data	Plans file (population and demand)	id, age, act type, leg mode, start end time
	Configuration file (Parameters organized in modules)	inputoutput, scoring, parameter
	Network file (transport infrastructure)	node&link id, xy coordinate, freespeed, capacity, lanes
Output	Category	Contents
Events	Plot and Text files	Score Statistics
Log file		Travel Distances
Visualizer		Stop Watch
Counts		Leg Histogram
		Trip Duration

Fig. 1. Concept of Trip Schedule

본적인 이유이기 때문에, 모든 단일 통행의 특징들 즉, 통행 수단, 출발시간, 목적지, 경로 등은 개별행위자가 특정 시간 대에 행한 행위와 밀접한 관련이 있다. 따라서 통행 사슬에 대한 이해에 기초한 통행 행태 분석이 필요하다.

2.1 MATSim Basic Structure

MATSim-EXEC은 Celtin et al.(2003)에 설명되어 있는 확률적, 대기행렬-기초의 행위자 통행자 시뮬레이션(mobsim)을 실행하며 정해진 시간 간격내의 행위자들 간의 상호작용을 모방한다. MATSim-SCORES는 행위자에 따른 plan 데이터를 효용함수를 이용하여 최적화된 경로로 배정하는 과정이다. scoring을 통해 plan의 적합성을 검증하며, MATSim-STRATEGY는 출발 시간, 경로 또는 수단선택 등, 행위자의 Plan에 있는 항목을 수정하여 행위자의 새로운 Plan의 통행 경로를 도출한다.

MATSim은 Fig. 2와 같은 과정을 통해 통행배정을 시행한다. 먼저, 주어진 개별 행위자의 초기 행동 plan에 따라 plan에 기술된 출발시간, 행동 지속시간, 경로정보에 기초해 모든 행위자에게 Mobsim simulator를 부여한다. 두 번째로 시뮬레이션 결과에 따라 효용함수에 기초해 plan의 score를 계산한다. 세 번째로 Plan score를 Agent memory 내의 Plan score와 비교하고 좋지 못한 score의 Plan은 삭제한다. 네 번째로 partial agent들은 path re-planning 모듈과 time re-planning 모듈을 이용해 경로 또는 출발시각을 수정하고 plan을 점진적으로 변화시킨다. 그리고 다음 iteration에서 새로운 plan을 평가하고 실행한다. plan score를 실행해서 각

Fig. 2. MATSim basic structure

행위자들의 효용이 시간에 따라 변하지 않으면 시스템의 평균 plan score가 시스템 최고 점수에 근접한 시스템 평형 상태에 이르는 것이다.

실행된 plan의 효용(score)을 계산하기 위한 효용함수는 다음과 같이 표현된다(Balmer 2007).

$$U_{plan} = \sum_{i=1}^n U_{perf,i} + \sum_{i=1}^n U_{travel,i} + \sum_{i=1}^n U_{late,i} \quad (a)$$

여기서, n : number of activities, $U_{perf,i}$: 활동 i 를 할 때 positive utility의 대수적 형태, $U_{travel,i}$: 활동에 소비된 negative utility의 선형 형태, $U_{late,i}$: 늦게 도착한 시간의 negative utility의 선형 형태

3. 데이터 구축

3.1 시나리오 설정

자연 재해의 시나리오를 구성하기 위해 실제 상습 침수 지역을 분석 대상 지역으로 설정하였다. 폭우로 인한 도로의 침수 현상이 발생하였을 때 도로 이용자들의 통행패턴 및 우회경로를 분석하여 대피경로를 설정하는 것을 시나리오로 설정하였다.

서울연구원에서 발표한 주요 상습침수지역 34곳 중 최근 2년간 6회의 침수가 진행되어 남부순환도로의 혼잡을 증대시켜 도로 네트워크의 상습적으로 혼잡을 야기하는 서울시 양천구 신월동에 위치한 신월지하차도로 분석지역으로 설정하였다.

분석지역의 주변에는 남부순환도로와 지양로가 남북교통류를 처리하고 있으며, 동서방향으로 신월로, 경인로, 경인고속국도 등이 교통량을 처리하고 있다. 분석지역인 신월지하차도는 상습 침수 지역으로 최근 2년 동안 총 6건의 침수가 발생되었다.

Fig. 3. Analysis object region

Table 2. Present flooding condition(for 2 years)

Data and time	Rain condition
2010.08.13. 02:15~02:45	38mm/20min
2010.09.21. 15:05~19:00	208mm/0h~19h
2011.07.09. 14:55~15:20	113mm/9h~19h
2011.07.26. 16:10~17:00	171mm/day
2011.07.27. 09:10~10:30	302mm/day
2012.07.13. 03:20~06:00	73mm/day

Fig. 4. Areas prone to floods(Ssinwol Underpass)

Table 3. Scenario setting

Scenario			
Scenario 1	Half	Peak Hour	Free speed : 30km/h Capacity : 500pcph
		Non Peak Hour	Free speed : 30km/h Capacity : 500pcph
Scenario 2	Forbidden	Peak Hour	Free speed : 0km/h Capacity : 0pcph
		Non Peak Hour	Free speed : 0km/h Capacity : 0pcph

Present condition : Free speed-60km/h, Capacity-1011pcph

최근 2년간 신월지하차도의 집중호우로 인해지하차도 및 신월로가 침수되어 차량이 진입이 불가피 되었으며, 포장보수 및 내부청소 비용이 발생되었다. 또한 신월지하차도의 통행자들은 주변도로로 우회하여 주변 도로 혼잡이 발생하여 사회적 불편이 발생하는 결과를 초래하였다.

본 연구는 앞서 신월지하차도의 강수량의 따른 침수피해 정도는 다를 수 있으므로 강수량과 특정 시간대를 고려하여 분석에 임하였다. 혼잡이 가장 심한 오전 침두시간(07:00~09:00)과 오후 비 침두시간(13:00~15:00)을 고려하며, 강수량에 따라 신월 지하차도의 침수정도를 달리하여 각 시나리오에 따른 용량 및 속도를 제한하는 방식으로 분석을 수행하였다. 이와같이 시나리오를 설정한 이유는 통행특성과 침수특성을 고려하기 위함이다.

3.2 영향권 설정

본 연구의 분석지역은 신월지하차도 주변으로 직접영향권인 서울시 강서구 신월1동~10동과 간접영향권인 서울시 강서구 일대를 설정하였다.

3.3 가구통행실태조사 데이터 활용한 Agent plan 생성

본 연구는 활동기반의 개인통행을 반영하기 위해 2006 수

Fig. 5. Building agent plan use household travel survey data

Table 4. Characteristic of Household Travel Survey Data

Division	# of Samples	Mean (sec)	Variance	S.D
Departure time	8,298	13:08	0.048	0.219
Arrival time	8,264	13:28	0.050	0.223
Ave. Travel Distance	7,660	4.475	158.2	12.579
Trip Duration	10,564	42.514	6481.4	80.507

Fig. 6. Departure time distribution

Fig. 7. Arrival time distribution

도권교통본부 가구통행실태조사 데이터를 원 자료를 활용하였다.

자료 분석 결과 분석 영향권인 신월1~10동의 통행 수는 304,965통행으로 나타났으며, 신월동의 가구원당 평균 연계통행 수는 2.31으로 나타났다. 따라서 이를 기반으로 Agent Plan설정하였다.

분석을 위해 분석 영향권인 서울시 강서구 신월동 일대의 가구통행실태조사 데이터를 분석한 결과는 다음과 같다.

각각의 Agent들의 통행시간 분포 설정의 경우 원데이터 분석을 통해 통행시간 분포를 추정하였다. 이를 위해 신월1~10동에서 발생한 통행의 통행시간 분포분석을 수행하여 Agent plan의 출발·도착시간을 설정하였다.

설정된 Agent의 활동시간의 경우 앞서 설명한 것과 같이 기존 데이터의 특성에 따라 설정되지만 시뮬레이션 기법을 적용하는 과정에서 가구통행실태 조사데이터의 출발·도착시간의 설정값과 함께 시뮬레이션 도구인 MATSim의 “TimeAllocationMutator” 모듈을 이용하여 활동시간을 전체 네트워크의 User Equilibrium을 만족하도록 활동시간을 변경하여 전체적인 네트워크와 Agent 이동 및 경로 배정간의 오차를 줄이는 것이 가능하다.

다음 단계로 통행거리 및 통행지속시간에 대한 설정을 하기 위해 원데이터에서 신월1~10동의 평균 통행이동거리와 통행지속시간의 분포를 구축하여 Agent의 이동거리 및 이동시간의 데이터를 구축하였다.

Fig. 8. Ave. Travel distance

Fig. 9. Trip duration

Fig. 10. Mapping activity locations to links

수도권 가구통행실태조사자료는 출발지, 경유지, 도착지 등의 위치가 읍·면·동 단위로 설정되어 있다. 이는 공간적으로 집계된 자료의 특성으로 본 분석에서 필요로 하는 세부적이고 미시적인 분석을 수행하기에는 부적절한 특성이 있다. 따라서 본 연구에서는 설정된 출발·도착시간을 기반으로 Agent의 활동좌표부여하기 위해 수도권 EMME 네트워크의 존 센트로이드(zone centroid)의 좌표를 중심으로 반경 500m 내의 활동좌표를 랜덤하게 추출하여 Agent에게 부여하였다. 활동좌표를 배분하는 과정을 통하여 집계자료의 한계점을 극복하고 미시적인 분석이 수행가능하였다. 다음 그림은 Agent에 활동좌표를 부과하는 일련의 과정을 나타낸 그림이다.

3.3 Network 설정

분석 네트워크의 경우 공신력 있는 자료를 사용하기 위해

활동기반 모형을 이용한 상습 침수 지역의 대피경로 분석

수도권교통본부에서 배포한 EMME Tool 형식의 공로 및 대중교통 네트워크를 MATSim 네트워크로 변환하여 시뮬레이션에 적용하였다.

4. Simulation 분석 및 결과

4.2 현황분석

가구통행실태조사 데이터를 통해 구축된 Agent Plan Data를 MATSim에 적용하여 시뮬레이션을 구동하였다. 다음 그림으로 분석대상지역의 통행패턴을 알아보기 위한 분석지점을 나타내었다.

시나리오를 적용하기 전 신월지하차도의 남북방향 도로인 남부순환도로의 경우 침수시 양방향 1시간 교통량은 7,443대(1↔A), 7,643대(2↔B)로 나타났으며, 동서방향의 통행은 신월지하차도를 통해 통행이 이뤄져 1,642대(←A→)의 교통량을 나타내었다.

많은 Agent들은 남부순환도로를 이용하여 고속국도를 이용하는 통행패턴을 알 수 있었으며, 신월지하차도의 경우 신월동의 동서방향의 통행을 원활히 유지하는 역할을 하는 것을 알 수 있었다.

4.2 시뮬레이션 결과

앞서 설계한 시나리오를 MATSim에 적용하여 통행패턴에 대해서 분석해 보았다. 네트워크에서 침수로 인한 신월지하차도의 기능을 제한하였으며 통행이 제한되었을 때, 주변의 통

Fig. 11. Calculation Spot

Table 5. Before Scenario

Division		Length (km)	Lane (N)	Volume (veh/h)	Avg. speed (km/h)	V/C
1↔A	Peak Hour	0.47	6	7,443	26.71	E
	Non Peak Hour			6,917	28.58	E
2↔A	Peak Hour	0.93	6	7,643	28.03	E
	Non Peak Hour			6,854	36.25	E
3↔A	Peak Hour	0.58	2	1,098	25.62	D
	Non Peak Hour			758	29.44	C
4↔A	Peak Hour	0.54	6	2,804	27.06	C
	Non Peak Hour			1,967	32.45	C
A ←A→	Peak Hour	0.19	2	1,642	24.80	E
	Non Peak Hour			1,066	29.34	C

행패턴을 살펴보았다.

Table 6과 Table 7은 신월지하차도의 침수 시나리오별 주변 교통량을 나타낸 표이다. 시나리오 분석결과 시나리오 1, 2 모두 남부순환로의 통행량이 늘어났으며, 시나리오 2의 경우 주변 네트워크 V/C 서비스 수준은 F를 나타내는 것으로 나타났다. 또한 시나리오 1, 2의 침수시 비침수시의 차이는 비교적 변화량이 적었다. 그 결과 Agent의 통행패턴은 신월지하차도 교차로를 사용하지 않고 출발을 과학수연구소 쪽이나 서부트럭터미널 교차로 방향으로 경로선택 변화를 눈에 띄게 확인 할 수 있었다.

Agent의 통행패턴을 분석하기 위해 MATSim의 시각화 프로그램인 Via 통행 경로 변화를 확인하였다. 다음 그림은 Agent ID 7번의 통행경로를 나타낸 그림으로 신월지하차도를 이용하여 통행하던 agent의 통행경로는 신월지하차도의 침수로 인한 남부순환로 북측방향으로 통행경로 변경을 확인 할

수 있었다.

이와 같이 시뮬레이션 결과 신월지하차도가 침수로 인해 도로의 기능을 상실하는 일이 발생되었을 때는 신월동의 동서횡단기능을 상실하여 남북 교통량을 처리하는 남부순환도로로의 통행경로가 전환이 되는 것을 알 수 있었다. 그러나 남부순환로의 경우 교통량 집중현상으로 인해 과혼잡현상을 보이는 것으로 나타났다. 또한 신월 지하차도를 제외한 동서축의 교통량의 변화는 감소하였지만 강수량으로 인한 도로의 용량저하는 링크 통행속도를 낮추는 현상이 나타났다. 도로 침수시 신속한 대피와 효율적인 도로 운영을 위해서는 남부순환도로의 집중되는 교통량을 분산시키기 위해 자양로 방향의 경로선택을 유도해야한다는 것을 알 수 있었다. 그러나 대피 및 복구경로인 자양로의 경우 남부순환도로에 비해 도로 용량이 부족하기 때문에 향후 상습침수지역의 대피경로로써 자양로에 대한 도로 개선 검토가 필요할 것으로 판단된다.

Table 6. After Scenario 1

Division		Length (km)	Lane (N)	Volume (veh/h)	Avg. speed (km/h)	V/C
1↔A	Peak Hour	0.47	6	7,732	19.34	F
	Non Peak Hour			7,118	20.32	F
2↔A	Peak Hour	0.93	6	7,830	22.03	F
	Non Peak Hour			6,983	28.24	F
3↔A	Peak Hour	0.58	2	747	17.58	E
	Non Peak Hour			558	20.96	D
4↔A	Peak Hour	0.54	6	2,551	20.19	E
	Non Peak Hour			1,819	24.69	D
A	Peak Hour	0.19	2	752	8.88	F
	Non Peak Hour			466	9.89	F

Table 7. After Scenario 2

Division		Length (km)	Lane (N)	Volume (veh/h)	Avg. speed (km/h)	V/C
1↔A	Peak Hour	0.46	6	7,919	14.00	F
	Non Peak Hour			7,247	14.45	F
2↔A	Peak Hour	0.46	6	8,182	17.32	F
	Non Peak Hour			7,183	22.00	F
3↔A	Peak Hour	0.93	2	494	12.06	E
	Non Peak Hour			409	14.92	E
4↔A	Peak Hour	0.93	6	1,661	15.06	E
	Non Peak Hour			1,219	18.79	D

Fig. 12. Agent route choice

5. 결 론

국지성 집중호우와 같이 단시간에 발생하는 강우의 경우 예측의 정확성과 시간 제약성 등으로 엄청난 규모의 피해를 발생시킨다. 피해를 최소화하기 위해 재난관리의 단계별(예방→대비→대응→복구) 대응전략을 마련해야 하며 재난발생시 신속하게 이용자들이 대피하고 침수지역을 복구하기 위한 최적 방재경로 선정에 관한 문제는 인명 또는 네트워크의 원활한 운영을 위해 선진국에서는 이미 오래전부터 연구와 투자가 활발히 진행되어왔다.

본 연구는 상습적인 침수지역의 국지성 집중호우로 인한 피해를 최소화하기 위해 대피 및 복구 경로를 선정하여 신속한 이용자의 대피 및 복구차량 투입을 통한 사회적 손실을 최소화하기 위한 연구를 수행하였다. 구체적으로 수도권교통본부에서 제공한 수도권 가구통행실태조사 데이터를 활용하여 활동기반 모형 시뮬레이션 프로그램인 MATSim을 활용하여 수도권지역의 통행자들의 통행패턴을 파악 하였다. 또한 신월지하차도의 침수로 인해 도로의 기능을 상실하였을 때 통행자들의 통행경로 패턴변화를 알아보는 시나리오 분석을 통해 상습 침수 지역의 침수 현상으로 인한 통행패턴의 변화 분석을 수행하였다. 분석결과 신월동 지역의 동서를 횡단하던 통행자들이 남북방향의 남부순환도로로 경로 변경하여 남부순환도로의 통행량이 급증하는 통행패턴의 변화를 알 수 있었으며 이에 대한 대책으로 자양로로의 경로 선택 유도과 침수시 복구차량의 신속한 투입을 위해 자양로의 도로 개선이 필요하며, 상습침수지역인 신월지하차도의 대피 및 복구 경로로 사용될 수 있는 대안이 될 수 있다고 판단하였다.

본 연구 결과는 상습 침수 지역에 대해 효과적인 통행 경로를 제공 할 수 있었으며 향후 자연 재해로 인해 도시 내 기능을 상실 하였을 경우 네트워크의 효과적인 운영 또는 신속하게 대피 할 수 있는 교통운영정책에 정량적인 의사결정 근거자료로 활용할 수 있다. 또한 도로의 침수를 대비하여 지속적으로 대피경로를 선정하고 모니터링을 한다면 도로 이용자들의 안전을 보장하고 사회전반적인 손실을 저감하는데

기여할 수 있을 것으로 판단하였다.

본 연구에서 살펴본 결과 향후 필요한 연구과제는 지속적인 상습침수지역의 관리이다. 국지성 집중호우 발생에 대비하여 지속적인 데이터 관리와 영향권 단위의 모니터링을 통해 대피 및 방재 경로의 선정 및 관리가 필요하다. 또한 대피경로 설정을 위한 개별행태모형을 구축하는데 있어 긴급 상황에서의 통행패턴을 예측할 수 있는 데이터를 토대로 긴급 상황에서의 개인의 활동을 통해 통행특성을 모형화하여 우회 및 대피경로를 설정한다면 신뢰성 높은 연구결과들을 도출할 수 있을 것이라고 예상되어진다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발 연개발사업의 연구비 지원(탄소저감을 위한 도시공간-교통연계 탄소배출량 관리 시스템 개발)에 의해 수행되었고, 이에 감사드립니다.

References

- Balmer, M. (2007) Travel demand modeling for multi-agent transport simulations: Algorithms and systems. *Ph.D. thesis*, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zürich, Switzerland.
- Balmer, M., Axhausen, K., and Nagel, K. (2006) Agent-based demand modeling framework for large scale micro-simulations. *Transportation Research Record*, 1985, 125-134.
- Bang, C. (2008) A Study of route choice of the intelligent guidance system, MyongJi University, Graduate paper.
- Chu, S. (2008) Exploring Characteristics on Trip Chaining: the Case of Seoul, *Journal of Korean society of Transportation*, Vol. 26, No. 4, pp. 87-97.
- Ham, Eun Gu, Roh and Sam Kew (2010) A Study on the Design of Evacuation Route at Subway Station Using Simulation Analysis, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 10, No. 5, pp. 1-7.
- Han, J. and Jun, K. (2008) Search for an Optimal-Path Considering Various Attributes, *Journal of Korean Society Transportation*.
- Hong, S., Park, H., and Kim, D. (2011) Introduction of Tsunami Disaster Response System, Special Issue - Tsunami and Prevention of disasters, Vol. 4, No. 44, pp. 31-35.
- Jeong, H.J., Jeong, G.S., and Ahn, Y.C. (2010) *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 10, No. 6, pp. 1-7.
- Kang, S.H. (2003) The Improvement Plan for Flood Control by Local Government Caused by Typhoon RUSA in 2002 and MAEMI in 2003, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 3, No. 4, pp. 111-118.
- Kim, T. (2012) Application of Activity-Based Transport Simulation Model to the Gangnam-gu Area, University of Seoul, Graduate paper.
- Kwak, S. (2011) Modeling pedestrian behavior for optimal evacuation in indoor spaces using the genetic algorithm, University of Seoul, Graduate paper.
- Lee, S. (2006) A Study on Trip Generation Model considering Trip-chaining by Behavioral Homogeneous Person Group, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 26, No. 5, pp. 709-716.
- Oh, E., Lee, S., Shin, E.-Y., Kang, T.-K., and Lee, Y.-S. (2012) A Framework of Realtime Infrastructure Disaster Management System based on the Integration of the Building Information Model and the Sensor Information Model, *Journal of KOSHAM*, Vol. 6, No. 12, pp. 7-14.
- Park, D., Chung, S., and Oh, J. (2011) An Algorithm for Searching Pareto Optimal Paths of HAZMAT Transportation: Efficient Vector Labeling Approach, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 11, No. 3, pp. 49-56.

© Received April 4, 2013

© Revised April 5, 2013

© Accepted April 25, 2013