

ATIS 기반 침수지역 우회기법 연구

A Transportation Detour Method Based on Advanced Traffic Information System in the Flooded Area

조용찬 (서울시정개발연구원, 연구원) 이창주 (서울대학교, 석사과정) 신성일 (서울시정개발연구원, 연구위원)

Key Words : 수해재난, 우회교통정보, 교통류 관리, 신호제어

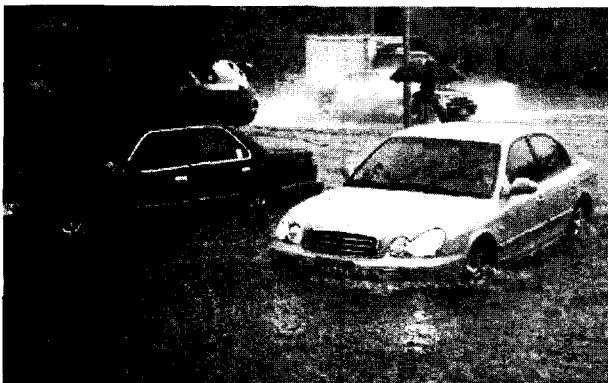
목 차

- I. 서론
 - II. 교통방재
 - III. 폭우/침수에 따른 피해 사례
 - IV. 교통류 관리방안 및 사례연구
 - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고 문헌
부록

I. 서론

우리나라는 몬순지대의 대륙성 기후권에 속하는 이유로 하절기에 다량의 집중호우와 태풍 등이 발생하고 있으며, 최근 도시화와 토지이용이 고도화에 따른 지구온난화, 엘니뇨 등의 기상이변은 단시간 동안 특정지역에 집중되는 국지성 호우를 빈번히 야기하고 있다.

2006년 여름 중부지방에 내린 집중호우로 인해 주택의 침수와 도로의 유실로 많은 피해가 발생하였으며, 이로 인한 도로 통제 등으로 서울시 곳곳에서 극심한 교통체증이 발생하였다. 또한, 일부 지역에서는 초기통제 미흡으로 침수사실을 알지 못하는 운전자들이 침수지역으로 진입하여 차량이 침수되거나 고립되는 상황이 발생하기도 하였다.



<그림 1> 차량 침수

따라서 본 연구에서는 하절기 집중호우 등으로 인한 침수로 도로망이 유실될 경우 침수지역으로 진입하려는 차량을 통제/우회시켜 차량고립 등의 인명피해를 감소시키는 한편, 주변지역의 교통 혼잡을 완화시켜 침수로 인한 1차적 피해

(도로유실 등)가 2차 피해(차량 고립, 인명피해, 교통 혼잡)로 확산되는 것을 막기 위해 최근 이슈가 되고 있는 교통방재에 근거한 교통류 관리전략을 제안하는데 그 목적이 있겠다.

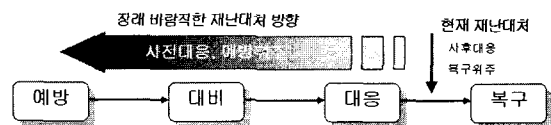
II. 교통방재

1. 방재의 발전 방향

방재는 예방, 대비, 대응, 복구의 4단계로 이루어지고 각 단계는 시간의 흐름에 따라 순차적으로 진행된다. 그러나 현재 우리나라의 방재는 주로 대응과 복구 위주로 이루어지고 있기 때문에 소규모 예방 투자로 인한 복구비 지출이 과다하게 발생하고 있다.

우리나라의 경우 수해관련 부문을 살펴보면 치수사업비가 복구비의 1/4 수준에 불과하며, 소규모 예방투자로 인해 상대적으로 홍수피해 및 복구비가 증가하고 있다. 이웃의 일본의 경우 치수사업비가 복구비의 4배 수준인 것과 비교하여 예방/대비에 소홀한 것이 사실이다. (건설교통부, 2006)

이러한 문제점을 보완하기 위해서는 예방과 대비 위주의 사전 관리 기능을 중심으로 하는 재난관리체계가 요구되며 구체적으로는 ITS와 Ubiquitous기술을 활용한 사전예측 콘텐츠가 개발되어야 하겠고, 더 나아가 종합사전예측관리 시스템이 구축되어야 하겠다.



<그림 2> 장래 바람직한 재난대처 방향

2. 교통방재

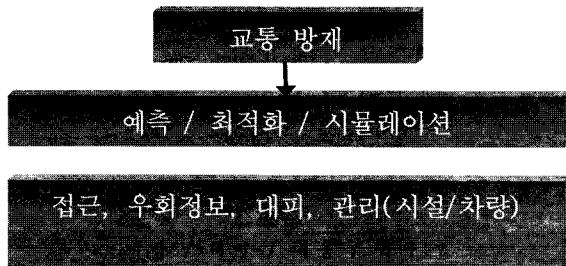
도시에서의 재난은 대부분 교통망의 한 지점(Point)이나 하나의 축(Line)에서 발생하지만, 사고처리가 늦어지거나 적절한 대처를 하지 못할 경우 교통망 전체(Area)로 그 피해가 확산되는 특징을 가지고 있다.

교통방재는 Point 및 Line에서 발생하는 재난의 결과로 인해 발생하는 1차적인 재난의 피해를 감소시키고 피해의 확산을 방지하는데 기여하여 그 영향이 Area로 확산되어 2차 재난으로 확대되는 것을 막는 재난 방지 활동으로 정의된다.(서울시정개발연구원¹⁾, 2006)

<표 1> 1, 2차 재난 범위

구분	재난발생 범위
1차적 재난	차량, 철도, 도로시설물, 물질 등
2차적 재난	교통망 마비, 인명피해 확대 등

이런 교통방재를 구성하는 요소에는 사전예측, 교통네트워크 효율의 최적화 그리고 가상 시나리오의 시뮬레이션을 통한 접근로 및 우회정보 안내, 대피 그리고 시설 및 차량의 관리를 들 수 있다.



<그림 3> 교통방재 개념 및 구성요소

III. 폭우/침수에 따른 피해 사례

1. 풍수해 피해 현황

최근 5년간 서울시 재난 유형별 발생 현황을 살펴보면 총 발생건수 및 총 피해액은 264,528건, 133,670백만 원으로 조사되었다. 그 중 교통사고 건수가 총 발생건수의 82%를 차지하고 있으며, 풍수해는 19회, 67일로 연 평균 3.8회 13.4일간 발생한 것으로 나타났다.

특이한 점은 풍수해에 의한 피해 금액이 35,184백만원으로 건당 1,852백만 원의 피해가 발생한 것으로 타 재난과 비교하여, 화재 2.2백만원/건당, 교통사고 0.5백만원/건당, 철도사고 2.6백만원/건당과 비교하여 월등히 높다는 것이다. 즉, 풍수해는 한번 발생하면 대형 재난으로 이어진다고 볼 수 있다.

(부록, <표 9> 서울시 재난 유형별 발생 현황 참고)

2. 도로 침수 및 차량 피해 사례

매년 하절기인 6~9월 사이 다량의 집중강우와 태풍 등으로 인하여 도심 곳곳이 침수되어 많은 피해를 유발한다.

- 서울지역 주택·도로 침수 잇따라 (YTN 2007-07-02)
“도로 침하와 침수 사고도 이어져...”
“포이동과 논현동에서도 도로 1m가량이 침하돼 인근 도로가 출근길 정체...”
- 서울 주요도로 9곳 침수 (한국일보 2006-07-18)
“출근길 교통혼란 예고...”
- 잠기고 떠내려가고 (대전일보 2006-07-18)
“침수된 도로에서 승용차가 고립돼 인근을 순찰 중이던 경찰관에 의해 구조되기도...”
- ‘호우경보’ 제주 낙뢰동반 폭우 (노컷뉴스 2006-06-30)
“휴당물과 함께 돌이 한꺼번에 도로로 쓸려 나오면서 위험한 장면을 연출하기도...”
- 서울·경기 상습침수도로 교통통제 (YTN 2005-07-01)
“상습침수 도로도 침수피해가 우려돼 운전자들의 주의가 요구된다...”
- 서울, 도로 침수로 곳곳 교통통제 (YTN 2004-07-16)

3. 시사점

우리나라의 지형 및 기후 특성상 매년 발생하는 집중호우 및 태풍으로 인한 피해규모는 여타 재난과 비교하여 상대적으로 많은 피해가 발생하게 된다. 특히 도심에서의 폭우/침수는 도로침하 등의 1차적인 재산피해를 유발하게 된다. 그러나 이러한 피해는 시간의 경과함에 따라 침수 도로에서의 차량 고립으로 재산피해를 증가시키고 운전자를 고립시킴에 따라 인명피해로 까지 확대된다. 또한, 출퇴근 시간대와 맞물릴 경우 도시의 교통 혼잡이라는 2차 피해로 확산되게 된다.

교통 혼잡은 단순히 사람의 통행시간 증가 뿐만 아니라, 만일의 긴급차량 현장접근을 지연시켜 인명피해를 증가시키고, 화물차량 이동지연에 따른 물류마비로 확산되어 자연재해가 인적재난이나 사회적 재난으로까지 확대 될 가능성이 있다.

따라서, 본 연구에서는 1차적으로 도시의 도로구간 침수에 따른 차량의 안전 확보를 위해 Route Guidance 알고리즘을 통한 위험지역의 차량우회 전략을 제안하고, 또한 전체 네트워크의 혼잡 완화를 위한 대안을 마련하여 사례 연구를 통하여 효과를 분석하고자 한다.

IV. 교통류 관리방안 및 사례연구

1. 우회경로 정보제공을 통한 교통류 관리방안

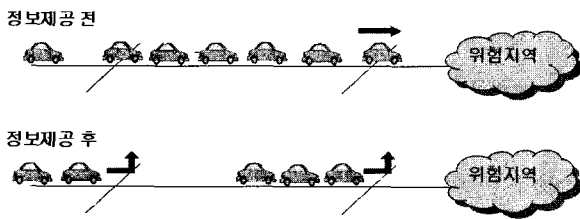
교통방재는 재난으로 인한 1차적인 피해를 신속하고 적절한 대처를 통해 2차 피해가 발생하는 것을 막는데 그 목적이 있다.

도로 침수되었을 때 운전자가 전방의 침수사실을 인지하지 못한 채 재난현장으로 진입했을 경우, 도로침수라는 1차적인

피해는 차량 침수의 재산피해 뿐만 아니라 운전자의 고립이라는 인명피해까지 유발시킬 가능성이 있다. 이때 가장 필요한 것은 운전자로 하여금 전방의 재난사실을 인지하고 외곽으로 우회하여 재난으로부터 멀어지도록 유도하는 것이다.

기존의 VMS, 라디오 교통정보뿐만 아니라, 점차 이용인구가 증가하고 있는 Ubiquitous기반 텔레매틱스의 발전은 향후 교통상황 뿐만 아니라 사건/사고와 같은 다양한 정보를 운전자가 제공받을 수 있는 환경이 구축될 것으로 판단된다.

따라서 관리자는 이러한 기술을 기반으로 재난이 발생했을 경우 효과적으로 차량을 재난으로부터 멀어지게 할 수 있도록 네트워크상의 신호운영 체제와 경로선택모형을 이용하여 최적경로를 산정하고 이러한 정보를 운전자에게 효과적으로 전달하는데 활용하여야 하겠다.



<그림 4> 우회정보 제공 전/후

또한, 정보제공을 통하여 운전자를 위험으로부터 우회시키게 되면 주변 네트워크에는 침수지역에서 우회하는 차량들로 인한 영향을 받게 된다. 이러한 문제는 주변 네트워크의 신호시간 최적화나 연동신호 운영, 회전규제를 제거하는 방법 등으로 개선 가능할 것이다.

끝으로, 재난의 종류에는 여러 가지가 있을 수 있다. 그 중 위험물 유출, 화재, 침수는 한 지점에서 발생하여 주변으로 확산되는 특징을 갖는다. 본 연구에서는 침수를 중심으로 재난에 따른 사전대비 전략을 구상하였으나, 이렇듯 재난의 유사한 특성 때문에 비슷한 유형의 재난에도 수해시 정보제공을 통한 교통류 관리전략을 확대·적용이 가능할 것이다.

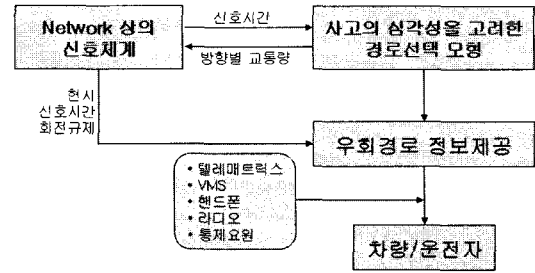
<표 2> 폭우/ 침수시 교통류 관리방안 제안 요약

문제점	제안	재난관리 단계
• 재난사실을 모르는 운전자의 위험지역 진입	• 경로 선택 알고리즘 개발 및 우회정보 제공	예방/대응
• 도로 단절에 따른 교통망 전체의 혼잡유발	• 혼잡 완화를 위한 비상신호체계 구축	대비

2. 수해시 우회경로 정보제공을 통한 교통류 관리사례

네트워크의 신호체계와 사고 심각성을 고려한 경로선택 모형을 기반으로 하는 Route Guidance 알고리즘에 의해 선정된 우회경로는 텔레매틱스, VMS, 핸드폰, 라디오 등을 통해 운전자에게 제공된다. 신호시간규제가 존재하는 교통망에서 수해지역을 우회하는 정보 제공을 통한 경로안내 전략은 <그림

5>와 같이 요약될 수 있다.



<그림 5> 정보제공을 통한 교통류 관리전략

<그림 5>는 신호시스템과 운전자 경로행태를 고려하여 교통시스템의 기능을 증진시키는 체계를 설명한 것으로 경로선택 모형은 링크/노드의 진입교통량에 영향을 미치고, 신호시스템은 교통량의 변화를 고려하여 최적의 신호설계를 구축한다는 내용을 함축하고 있으며, 교통망의 이상상황과 안전을 고려하여 우회경로 정보제공방안 및 수단까지 포괄하고 있다.(Allsop, 1974; Chen & Hsueh, 1997; Shin, 2001)

본 분석에서는 편의상 신호시간 요소는 고정되어 있고 경로선택 모형을 통하여 경로를 우회한다는 개념을 포함하여, 경로선택의 일반화 통행배정 모형으로 적용되고 있는 변동부등식을 활용하였으며, 식(1)과 같다.

$$\sum_a \sum_b [C_a(X^*)(X - X^*) + D_{ab}(V^*)(V - V^*)] \geq 0 \quad (식1)$$

$$\sum_k f_k^{rs} = q_{rs}, \quad \forall k, r, s$$

$$f_k^{rs} \geq 0, \quad \forall k, r, s$$

$$V_{ab} = \sum_r \sum_s \sum_k f_k^{rs} \cdot f_{abk}^{rs}, \quad \forall k, r, s, ab$$

$$X_a = \sum_r \sum_s \sum_k f_k^{rs} \cdot f_{k,a}^{rs}, \quad \forall k, r, s, ab$$

이 경우,

a : 링크집합

X : 링크교통량 벡터 $(x_{a1}, x_{a2}, \dots, x_{an})$

x_a : 링크 a 의 교통량

X^* : 최적해

$C_a(X)$: 링크 a 를 주행하는데 소요되는 통행시간

ab : 방향별 회전집합

$V : (V_{ab1}, V_{ab2}, \dots, V_{abn})$

V^* : 최적해

V_{ab} : 링크 a 에서 b 로의 회전교통량

$D_{ab}(V)$: 링크 a 에서 b 로의 회전하는 통행지체

식(1)에는 일반적인 대각화기법(Diagonalization)을 변형한 방법(Lee, 2004)로 해를 얻을 수 있다. 모형에서 요구되는 두 지체함수 $C_a(X)$ 와 $D_{ab}(V)$ 가 함수로 표현되었으며, 편의

상 연속이며 단조증가 함수로 알려진 BPR 함수식과 HCM에서 제시하고 있는 신호회전지체를 모형의 요구조건에 변형하여 적용하였다.

$$C_a(X) = C_a(X_a) = T_a^0(1 + 0.15(\frac{X_a}{Q_a})^4)$$

T_a^0 : 링크 a의 자유통행시간 (분)

Q_a : 링크 a의 용량

$$D_{ab}(V) = T_{ab}^0(1 + \alpha(\frac{V}{Q_{ab}})^j)$$

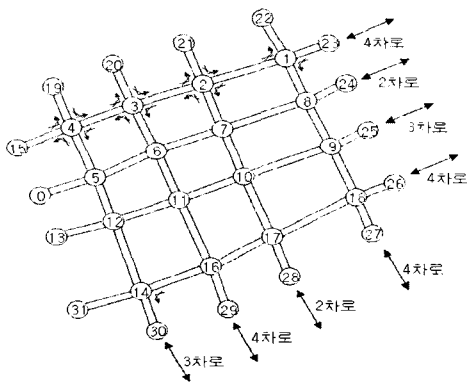
D_{ab} : 링크 a에서 b로 회전하는 자유통행시간

Q_{ab} : 회전교통류(a에서 b의) 용량 (공용/전용) 차로군으로 구분함

α, β : 파라미터



분석 범위는 강남구 대치동 일대의 격자형의 도로를 대상으로 하였으며, 모든 교차로는 신호교차로로 운영되고 있고 ⑮↔④↔③↔②↔①↔⑭ 구간(테헤란로)은 좌회전 금지로 운영 중에 있다.



<그림 7> 분석 네트워크

침수로 인한 교통류의 영향을 다음의 3가지 시나리오로 비교·분석하였다.

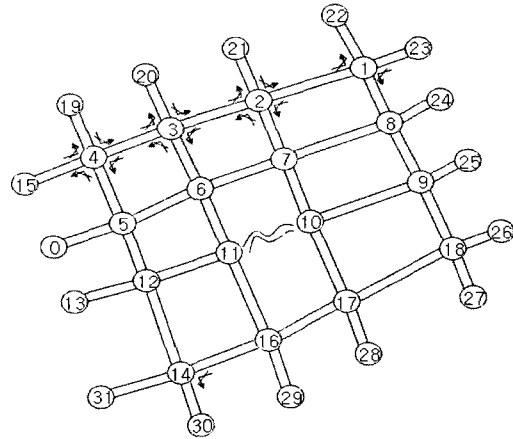
시나리오 1은 폭우로 인하여 ⑪ ↔ ⑩구간에 도로침수가 발생하였으나 운전자는 이를 인지하지 못하고 해당 구간으로 진입하게 되어 차량 침수 및 고립으로 위험에 노출된다.

<표 3> 링크 속성 및 신호운영 정보

Node _j	Node _k	Link Length	# Lane	Link Speed	Node _k	Node _l	Node _m	Pocket _Left	Length	Pocket _Right	Length	Cycle	green _Th	green _Lt	green _Rt
5	6	1811	2	37	7	3	11	0	0	0	0	140	33	33	33
10	11	198	3	37	12	16	6	1	328	1	328	150	45	21	45
18	17	2617	4	37	16	28	10	1	328	0	0	150	59	20	59

1) 미시적 교통통제 시스템으로 도심가라와 고속도로의 차량과 운전자 행동특성모형으로 사용되며, 다양한 효과척도(속도, 교통량, 밀도, 지체, Spill-Back, 대기길이 등)를 제공

시나리오 2는 시나리오 1과 동일한 상황이나 Route Guidance 알고리즘에 의한 우회경로를 운전자에게 제공하여 위험지역을 우회하도록 하였다.



<그림 8> 시나리오 1, 2

시나리오 3은 우회정보 제공으로 운전자가 다른 경로를 선택하여 진행하였을 때 테헤란로의 좌회전 규제를 해제하는 방법으로 전체 네트워크의 소통상황 개선을 시도하였다.

<표 4> 교통류 관리 시나리오

시나리오	상황
현황	-
시나리오 1	침수로 도로 저지대인 ⑪ ↔ ⑩구간이 침수되었으며, 운전자는 침수사실을 인지하지 못한 채 침수지역으로 접근함.
시나리오 2	⑪ ↔ ⑩구간 침수시 운전자에게 침수사실을 알리고 Route Guidance 알고리즘에 의해 우회시킴.
시나리오 3	시나리오 2. + 테헤란로 축의 좌회전 규제를 해제하여 운전자로 하여금 경로선택의 폭을 확대함.

각 시나리오별 MOE는 1980년대 미국 연방도로국의 지원으로 개발된 Corridor Simulation(Corsim)모형을 이용하여 다.

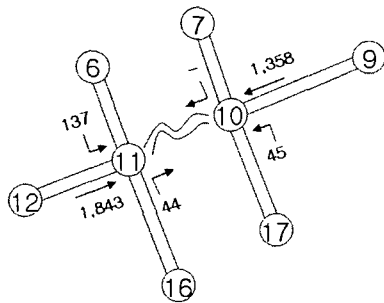
1) 현황과 도로침수 후의 차량/운전자 위험노출 비교

분석결과 현황에서 ⑪ ↔ ⑩구간을 통과하는 O/D 통행량은 총 3,451대로 나타났다. 이러한 상황에서 해당구간에 폭우로 인해 도로가 침수될 경우 3,451대의 차량들은 이러한 사실

을 알지 못한 채 침수지역으로 진입하려고 시도할 것이며, 이들은 위험에 노출될 수밖에 없을 것이다.

<표 5> ⑪ ↔ ⑩ O/D 통행량

O \ d	0	13	15	19	20	21	22	24	25	26	27	28	30	31
0	-	0	1	0	0	4	10	0	14	19	9	3	0	0
13	0	-	1	0	0	9	10	6	1699	26	7	3	0	0
15	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
19	0	0	0	-	0	1	1	16	72	14	15	24	0	0
20	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	8	1216	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	16	10
26	32	21	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	0
27	31	22	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	0
28	6	10	0	10	19	0	0	0	0	0	0	-	0	0
30	0	0	1	0	0	9	4	6	8	0	0	0	-	0
31	0	0	1	0	0	4	16	5	8	0	0	0	0	-



<그림 9> 위험에 노출되는 차량

2) 도로 침수시 정보제공 전/후의 위험노출 비교

침수가 발생하면 관리자는 Route Guidance 알고리즘에 의해 침수구간을 제외한 우회경로를 운전자에게 제공하고 정보를 받은 운전자는 재난지역을 우회하게 된다.

분석결과 시나리오 1에 비해 시나리오 2는 총 지체 및 주행거리가 증가하고 네트워크 평균통행속도가 감소하였으나 위험에 노출된 3,451대의 차량은 위험으로부터 안전할 수 있는 것으로 나타났다.

<표 6> 우회로 인한 네트워크 소통상태 비교

구분	시나리오 1	시나리오 2
위험노출(대)	3,451	0
총 지체(s/veh)	8.36	11.31
총 주행거리(mile/veh)	1.81	1.93
평균통행속도(mile/h)	12.6	9.7

3) 우회정보 제공시 네트워크 소통상태 비교분석

우회정보 제공으로 침수지역으로 진입하려는 차량이 우회함으로써 차량/운전자가 위험에 노출되지 않게 되었으나 ⑪ ↔ ⑩구간을 통과하려는 차량이 네트워크 상의 다른 경로를

선택하여 운행함으로써 네트워크 전체의 소통상태는 악화될 수 있다.

침수구간이 최단경로의 Link이던 운전자들은 우회정보를 제공받아 다른 경로를 이용하게 되면서 네트워크 전체의 지체 및 총 주행거리가 증가하고 평균 통행속도가 감소하는 것으로 분석되었다.

분석 네트워크의 테헤란로는 현재 좌회전 금지로 운영되고 있는 실정으로 침수 등 재난상황이 발생하였을 경우 전 방향 진행 가능한 비상 신호Mode로 전환/운영하여 전체네트워크의 소통상황이 악화되는 것을 완화시키는 것으로 나타났다.

<표 7> 회전규제를 해제한 경우 소통상태 비교

구분	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
총 지체(s/veh)	8.36	11.31	11.58
총 주행거리(mile/veh)	1.81	1.93	1.85
평균통행속도(mile/h)	12.6	9.7	10.1

이러한 결과는 테헤란로에서 좌회전을 할 수 있게 됨으로써 운전자로 하여금 경로선택의 폭을 넓히게 되어 네트워크의 소통상태가 완화된 것으로 판단된다.

우회경로 제공을 통한 교통류 관리전략의 최우선 목적은 재난발생시 실시간으로 운전자에게 재난발생 정보와 우회정보를 제공하여 위험지역으로 진입하는 것을 방지하여 인명피해를 줄이는데 있다. 그리고, 이밖에 신호시간 최적화, 실시간 신호제어 등 비상 신호 Mode를 통한 네트워크 교통상황의 개선 여지가 있다.

평상시 Network을 이해하고 재난에 대비해야 하겠으며 상습적으로 발생할 수 있는 재난에 대해서는 매일급 화하여 신속한 대응이 이루어질 수 있도록 하여야 하겠다.

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

우리나라는 하절기 기후 특성으로 인해 매년 집중호우와 태풍으로 수해를 경험하고 있다. 자연재해인 수해는 많은 재산피해와 인명피해를 유발시킬 수 있기 때문에 이에 대한 관리대책이 요구된다.

현재 우리나라 방재체계는 대응/복구 중심의 재난관리체제로 사후관리에 중점을 두고 있어 매년 언론 등에서는 ‘사후약방문’이라는 말이 종종 등장한다.

따라서, 본 연구에서는 재난관리 시점을 예방/대비에 중점을 둔 예측/최적화/시뮬레이션을 이용한 교통방재 개념을 제안하였다.

연구의 결론으로는 도시부 도로에서 일부구간 침수시 Route Guidance를 통해 차량/운전자를 위험상황으로부터 안전하게 보호하고(시나리오 1, 2), 또한 우회차량들로 인해 네트워크 전체의 소통악화를 비상 신호Mode(좌회전 규제 해제) 등을 통해 개선할 여지(시나리오 3)를 보여주었다.

<표 8> 시나리오별 비교·분석

구분	현황	시나리오 1 (도로침수)	시나리오 2 (우회정보제공)	시나리오 3 (회전규제해제)
위험노출(대)	0	3,451	0	0
총 주행거리 (mile/veh)	1.80	1.81	1.93	1.85
평균통행속도 (mile/h)	16.1	12.6	9.7	10.1

2. 향후 연구과제

본 연구의 한계점으로는, 분석에 사용된 네트워크가 서울시 강남구 일부 지역을 대상으로 한 소규모 지역이기 때문에 교통량 및 차로 수 변화에 그 결과 값이 민감하게 나타났다.

침수시 우회정보제공을 통해 위험지역으로 진입하려는 차량을 우회시키는 과정에서 나타날 수 있는 네트워크상의 소통악화를 해소하기 위한 기법으로 본 연구에서는 좌회전 금지를 해제하는 방안만을 고려하여 효과분석을 수행하였다. 향후 신호현시 최적화나 연동신호운영 등을 고려하여 연구를 진행한다면 상당부분 해소가 가능하다고 판단된다.

2005년 소방방재청에서는 홍수재해지도 입법예고안을 발표하고 2006년 초부터 홍수재해지도 작성에 들어갔다. 홍수재해지도가 완성되면 상습침수지역을 사전에 파악할 수 있게 되고, 향후 분석에 있어 실제 침수지역을 대상으로 한 사전 우회대책 수립이 가능할 것이다.

또한, 네트워크 상에서 위험물 차량 등의 사고로 인한 위험물 유출시 구간 침수와 유사한 전략 수행으로 차량이 위험물 질 유출 지역으로의 진입을 막고 우회시킬 수 있는 전략으로도 활용 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 서울특별시(2003), 신신호시스템 검증·평가, pp193~196, 서울시정개발연구원
- 서울특별시(2004), 극한강우시 침수예상지역 대피계획 수립, 서울시정개발연구원
- 서울특별시(2004), 서울시방재관리계획, 서울시정개발연구원
- 건설교통부(2006), '07년 수해대비 추진계획, pp3
- 서울시정개발연구원1)(2006), 서울시 교통방재체계 구축방안 연구, pp99~102
- 서울시정개발연구원2)(2006), U-서울 도래와 서울시 교통대응전략-ITS사업을 중심으로-, pp97~98
- Review of Policies and Practices for Hurricane Evacuation.II: Traffic Operations, Management, and Control, Brian Wolshon, Elba Urbina Hamilton, Marc Levitan, and Chester Wilmot
- Traffic Simulation for Effective Emergency Evacuation, Edmond Chin-Ping Chang, Ph.D.,P.E.

- Allsop, R.E. (1974) 'Some Probabilities for Using Traffic Control to Influence Trip Distribution and Route Choice, Paper Presented at the Sixth International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Sydney, Australia, and Printed in the Proceedings, p345-374, Published by Elsevier, New York
- Chen, H.-K. and Hsueh, C.-F. (1997) Combining Signal Timing Plan and Dynamic Traffic Assignment. In Paper Presented at the 76th Annual Transportation Research Board Meeting, Washington, D.C
- Shin Seong-Il (2001), Analytical Dynamic Traffic Assignment Approches for Modelling Integrated Real-Time Traffic Control Systems, Ph.D. Dissertation, University of Wisconsin at Madison
- Lee, Mee-Young, (2004) Transportation Network Modals and Algorithms Considering Directional Delay and Prohibition for International Movement, Ph.D. Dissertation, University of Wisconsin at Madison

부 록

<표 9> 서울시 재난유형별 발생현황

사고 유형	발생 연도	발생 건수	인명피해			피해액 백만원	사고 유형	발생 연도	발생 건수	인명피해			피해액 백만원
			계	사망	부상					계	사망	부상	
총계	2000	61,097	75,761	888	74,893	20,296	지하 취 사 고	2000	43	43	20	23	-
	2001	32,882	65,130	736	64,424	63,737		2001	48	48	31	17	-
	2002	54,538	36,988	644	36,324	23,343		2002	48	48	31	17	-
	2003	51,553	30,768	624	30,144	14,533		2003	85	85	32	33	-
	2004	44,888	57,903	640	57,263	11,731		2004	39	39	34	25	-
홍수 해 *	2000	430	5	-	5	938	산 불	2000	35	-	-	-	5
	2001	266	145	42	104	24,678		2001	57	-	-	-	1
	2002	212	0	0	0	7,513		2002	38	0	0	0	0
	2003	619	1	1	-	1,814		2003	27	4	4	-	-
	2004	510	1	1	-	40		2004	13	-	-	-	-
교통 사고	2000	33,399	75,147	738	74,399	25,188	전 기 사 고	2000	5	7	2	5	1,700
	2001	45,255	64,242	507	63,735	22,388		2001	5	5	1	4	-
	2002	39,412	36,410	319	35,991	-		2002	6	10	2	8	-
	2003	40,255	39,136	479	38,657	-		2003	4	6	2	4	-
	2004	38,634	57,307	468	56,836	-		2004	2	3	1	2	-
화재	2000	7,058	432	100	332	17,338	대 형 공 사 장 사 고	2000	-	-	-	-	-
	2001	7,379	449	98	351	16,162		2001	3	12	7	5	-
	2002	6,017	351	61	290	14,400		2002	2	3	3	0	-
	2003	5,308	388	60	328	11,768		2003	1	-	-	-	-
	2004	5,421	295	36	259	10,646		2004	-	-	-	-	-
천도 사고	2000	91	90	22	68	151	지 하 철 도 사 상 사 고	2000	2	2	2	-	-
	2001	92	86	24	62	105		2001	1	1	1	-	-
	2002	86	86	38	38	29		2002	0	0	0	0	-
	2003	75	82	22	60	64		2003	-	-	-	-	-
	2004	184	205	72	133	1,029		2004	-	-	-	-	-
가스 사고	2000	32	35	4	31	108	기 타 사 고	2000	15	-	-	-	-
	2001	37	86	11	75	192		2001	3	73	4	71	-
	2002	33	51	8	43	801		2002	6	9	2	7	600
	2003	20	40	3	37	947		2003	5	1	1	-	-
	2004	22	33	8	25	16		2004	-	-	-	-	-

주 * : 홍수해 발생건수는 피해기간횟수로 정리함, ()는 피해일수임
 자료 : 서울시 재난사례집 2001-2005