

소방차전용출동경로의 계획기법 및 적합성 검토에 관한 연구 - 대구광역시 북구를 대상으로 -

Consideration about the Fire Lane Plan and the Conformability - A Case Study on Daegu Metropolitan City Buk-gu -

정군식* · 김한수**

Jeong, Gun Sik · Kim, Han Su

Abstract

The purpose of this study is to establish the standard of fire lane design to improve the performance of disaster prevention in local area. To accomplish it, we have focused on three research methods as below: first, we have expected disaster occurrence based on emergency tendency in local area; second, we have verified fire lane routes design through fire lane modeling and network analysis; third, we have quantitatively examined a possibility of danger of fire lanes through current road network modeling and analysis. The result of this study could be helpful to effective fire lane designs and quantitative analyses.

Key words : Fire lane, Performance evaluation of disaster prevention, Network analysis, Network Model, Quantitative evaluation

요 지

본 연구는 지역의 방재성능향상을 위해 소방차 출동경로의 계획기법 및 기준마련을 위한 기초연구이다. 지역의 방재적 특성과 악을 통하여 발생예상재난을 규정지었으며, 현행 소방차의 출동경로선택모델의 작성 및 네트워크해석을 통하여, 도시규모 대형재난의 발생 시에 다양한 출동경로계획의 유효성을 입증하였다. 그리고 실제(實在) 도로망을 바탕으로 네트워크모델을 작성하고 해석을 통하여, 출동경로상의 장애의 위험성에 대하여 정량적인 검토를 행하였으며, 소방차출동전용도로계획에 대한 형태학적 분석을 행하였다. 본 연구의 성과는 합리적이고 효과적인 소방차출동전용도로(Fire Lane)의 형태학적 계획과 정량적인 분석을 위한 기초자료로서의 활용이 기대된다.

핵심용어 : 소방차출동전용도로, 방재성능평가, 네트워크해석, 네트워크모델, 정량적 평가

1. 서 론

1.1 연구의 목적 및 배경

현대의 도시가 겪는 재난은 예측이 곤란한 기상이변에 의한 자연재해를 비롯하여 반사회집단에 의한 테러의 위협까지 다양하며, 그 피해는 가치 치명적으로 까지 전개될 수 있어, 작게는 도시민 개개인의 안위를 위협하고 크게는 도시전체의 존폐까지 위협할 수 있는 실정이다. 도시규모의 대형재난자체에 대한 완벽한 예방이 불가능 하다면, 효과적인 방재대책의 확립으로 피해의 최소화를 위한 지역의 방재성능 향상이 가장 우선시되는 방재행위라고 할 수 있다.

이러한 지역의 방재성능향상을 위해서는 지역 내의 자연재해 및 대형화재 등과 같은 인재의 발생가능성에 대한 고찰이 필요하고, 예상되는 재난에 대비한 지역의 방재인프라(소방서,

관공서, 경찰서, 병원, 호텔, 학교, 체육관, 공원 등)의 적합한 구축 및 정비가 필요하며, 방재인프라의 효율적인 운용을 위한 통제시스템의 구축이 필요하다.

본 연구에서는 지역의 방재성능 향상을 위해, 방재인프라의 구축과 효율적인 운용 시스템의 구축에 대한 기준 마련을 궁극적인 목적으로, 신속하고 안전한 소방차의 출동환경 조성으로 더욱 효과적이고 신속한 구난(救難)활동이 가능하도록, 소방차출동경로상의 장애요소(도로폭, 교통정체, 불법주정차, 불법점거물 등)와 도로망의 연결 형태를 고려한 정확한 소방차출동전용도로의 계획을 위한 형태학적 검토 및 정량적 평가를 통한 근거제시를 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법

지역의 방재성능향상을 위해서는 지역의 재난발생특성에 대

*정회원 · 부산대학교 건축공학과 BK21연수연구원(E-mail : gunsik72@hanmail.net)

**계명대학교 도시계획과 교수(교신저자)

한 고찰을 바탕으로, 이에 적합한 방재인프라의 구축과 효율적인 운용시스템의 구축이 동반되어야 한다.

본 연구에서는 대구/경북지역을 대상으로 지역별 방재인프라의 현황과약을 통하여, 합리적인 소방차출동전용도로의 계획을 위한 형태학적 기준의 제시를 위해 재난발생예상지역과 방재인프라간의 물리적인 위치관계를 네트워크해석법에 적용하여 정량적 고찰을 행한다. 단, 본 논문에서는 연구의 범위를 대구광역시권역으로 제한하여 연구를 진행하고, 차후 대구/경북지역 전역을 대상으로 연구의 범위를 확대하고자 한다.

대구광역시의 방재적특성 파악의 일환으로 소방방재청의 방재연감과 대구소방안전본부 119종합상황실의 '119화재종합상황' 일지 등의 문헌 검토를 통하여, 대구광역시의 실제 발생 화재 건수 및 피해규모를 정리하고, 정리된 자료를 바탕으로 대구광역시에서 가장 많은 화재발생지역 및 가장 피해규모가 큰 화재발생지역을 고찰한다.

또한 대구소방안전본부 실무요원을 대상으로 한 인터뷰조사를 통하여 현행 소방차의 출동경로선택에 관한 특성을 파악하여 재난발생지점과 119안전센터와의 연결성을 모델화 하고, 네트워크해석법을 이용한 정량적 분석을 통해 모델의 성능평가 및 개선점을 제시한다.

그리고 대구광역시의 특정지역을 대상으로 도로망을 대상으로 실제 출동경로를 대표하는 네트워크모델을 작성하여, 소방차출동전용도로망의 형태와 재난의 규모 및 발생형태에 따라 달라지는 도달 및 구난확률에 대한 정량적인 평가를 실시하여, 재난발생지역과 방재인프라간의 가장 효율적인 형태학적 계획법에 대한 검토를 실시하였다.

2. 선행연구의 고찰 및 문헌조사

2.1 소방차출동경로 및 공간해석에 관련된 선행연구

재난발생지역과 방재인프라간의 공간적 연결성 및 지역의 방재성능향상에 관련된 국내연구로는 김영·류태창(2006)의 연구와 재난을 대비한 도시설계 및 도로계획의 모델의 제세와 적용성에 관하여 논한 김경석(2008)의 연구를 대표적으로 들 수 있으며, 국외의 소방차의 출동 및 구난(救難)가능확률에 관한 연구로는 파코레이션이론을 이용하여 한정된 지역 내의 도로의 연결 상황과 도로의 통행가능확률을 고려한 도로망의 방재성능평가에 관한 구가이(久具壽之, 2001, 2005)의 일련의 연구를 들 수 있다.

또한 도로망의 연결성이나 피난경로의 연결성에 대한 평가가 가능한 공간의 연결성에 대한 정량적인 평가수법 개발에 대한 연구로는, 네트워크해석법을 이용하여 거리와 장애의 정도를 고려하여 정량적인 평가법의 개발을 목표로 한 선행연구(2007, 2008, 2009)를 비롯하여, 네트워크 분석에 관한 지수를 가정하고, 이를 지하공간의 분석에 적용 가능성을 검토한 타카키의 연구(高木幹朗, 1991) 및 뉴럴네트워크(Neural Network)모델을 이용하여 네트워크의 절대치(Value of Weight)의 자동수정을 제안한 연구(青木義次, 2001)를 들 수 있다.

2.2 대구/경북지역의 방재적 특성 분석

2.2.1 대구/경북지역 재난발생 현황에 관한 조사

대구/경북지역에서 발생된 재난의 종류와 발생 빈도 및 피해규모 등을 소방방재청 2007 재난연감과 2009 재난연감에 기록된 자료를 바탕으로 검토하였다.

자료에 의하면 대구광역시 시/도별 재난 발생현황에서 2007년 16,038건(5.9%), 2008년 16,142건(5.8%) 발생으로 2007년과 2008년 모두 전국에서 5번째로 재난발생빈도가 높았으며, 인명피해는 2007년 20,548명(상망 228명, 부상 20,320명, 전국대비 5.8%), 2008년 20,167명(사망 235명, 부상 19,932명, 전국대비 5.7%) 이며, 재산피해는 2007년 12,061.7(전국대비 1.7%, 단위 : 백만 원), 2008년 7,243.7(전국대비 1.53%)를 차지하고 있다.

한편 재난의 유형별로는 도로교통에 의한 재난을 제외한 화재에 의한 재난이 대구광역시 2007년 2,371건(전체대비 14.8%), 2008년 2,479건(전체대비 15.36%)을 차지하고 있으며, 산불과 붕괴, 폭발의 순으로 이어지고 있다.

이에 본 논문에서는 특정 지역의 발생재난으로 대구광역시 권내에서의 발생 빈도가 가장 높고, 많은 인명피해를 초래하는 화재가 대형 지진을 동반하였을 경우까지 상정하여 연구를 진행한다.

2.2.2 대구소방안전본부 119종합상황 정리

대구광역시 대구소방안전본부 119종합상황실에서 작성되는 119화재종합상황의 구성은, 주요상황요약에서 소방 활동과 기상정보로 나누어 화재건수 및 구조·구급, 위치조회 및 날씨 등의 정보를 정리하고, 소방 활동 상황에서 화재출동·구조활동·구급활동으로 분류하여 각 건수 및 피해규모를 액수로 정리하고 있다. 또한 전년대비통계표를 통하여 각 항목에 대한 전년대비 증감율을 나타내고 있다. 주요 화재의 경우는 주요 화재발생 상황으로 따로 분류하여 화재발생위치와 원인 및 피해규모를 금액으로 정리하고 있다.

2010년 1월부터 3월까지의 119화재종합상황의 내용 중 주요화재발생 상황을 살펴보면 1월에 발생한 주요화재발생 건수는 49건이며, 복구가 14건(전체건수 대비 29%)으로 가장 많은 주요화재가 발생하였으며, 2월은 33건이며, 복구와 서구가 각 8건(전체건수 대비 24%)으로 가장 많은 주요화재가 발생하였다. 이어 3월은 26건으로, 달서구 6건(전체건수 대비 23%), 복구와 동구 각 4건(전체건수 대비 15%)의 분포를 보이고 있다.

따라서 본 논문에서는 연구의 대상범위를 대구광역시권역 중에서 화재의 발생건수 및 피해규모가 비교적 큰 지역인 복구를 대상으로 한정지어 연구를 진행한다.

2.2.3 대구광역시 대형화재취약대상 현황

대형화재취약대상은 대형건축물, 가연성 물질을 대량으로 저장·취급하거나 다수의 인원이 출입·사용하는 대상으로서 화재가 발생할 경우 많은 인명 및 재산피해의 발생우려가 높아 특별한 관리가 필요한 소방대상물로 대형화재취약대상대응매뉴얼¹⁾에서 정의하고 있으며, 선정기준을 명시하고 있다.

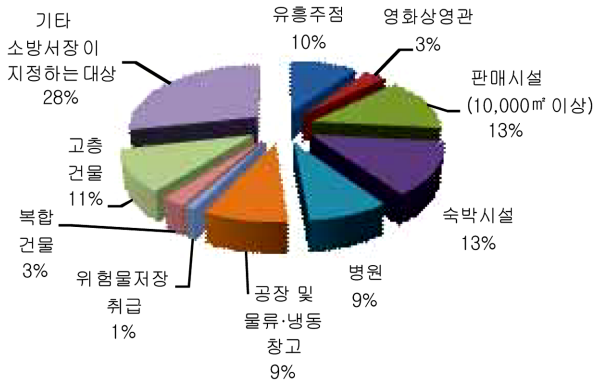


그림 1. 대구광역시 2010년도 대형화재취약대상현황

대구광역시의 2010년도 대형화재취약대상현황을 살펴보면, 282개소의 건물 및 시설을 지정하고 있으며 용도별 분포는 그림 1과 같다.

가장 높은 비율을 나타내는 기타 소방서장이 지정하는 대상(28%)에는 고시원, 기타다중이용시설, 노유자시설, 장애인 수용시설, 지하상가 등의 항목이 있다. 소방서장이 지정하는 대상을 제외하면, 판매시설과 숙박시설이(각 13%) 가장 많고 고층건물, 유홍주점, 병원의 순으로 분포를 보이고 있다.

3. 출동경로 모델의 작성 및 정량적 검토

3.1 출동경로의 모델화

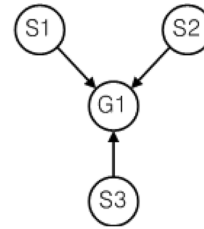
화재 등의 재난 발생시 119안전센터 및 구조대의 출동경로는 재난의 규모와 파급의 위험성 및 재난발생당시 상황 등에 따라 달라진다.

대구소방안전본부의 관련 요원과의 인터뷰조사에 의하면, 평상시 비교적 규모가 크지 않다고 판단되는 화재의 경우는 관할지역에 관계없이 화재발생지에서 가장 가까운 곳에 위치한 3곳의 119안전센터에서 동시에 출동한다. 출동경로는 각 119안전센터에서 재난발생지점까지 가장 가까운 거리의 최단 경로를 이용한다. 그러나 실제 출동시의 실시간 도로교통상황(도로정체, 불법주정차, 경로상의 장애물 등)의 고려가 불가능하여, 출동요원의 일상적인 경로학습 및 감각에 의존하는 경우도 적지 않다.

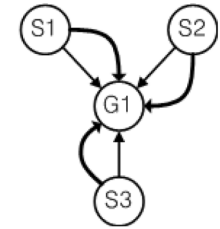
또한 앞서 언급한 대형화재취약대상에 대한 119안전센터 및 구조대의 출동경로는 '대형화재취약대상대응매뉴얼'에 따라 이루어진다.

소방차의 출동경로를 모델화하기 위해서는 재난발생예상지역까지의 거리, 출동경로 상의 장애요소, 도로망 형태 등을 고려하여야 하지만, 본 논문에서는 도로망의 형태만을 고려하여, 119소방안전센터와 재난발생지역과의 출동경로를 평상시와 도시규모의 대형재난 발생 시로 나누어, 공간의 연결성에 대한 정량적인 평가가 가능한 네트워크해석법에 적용하여 결과에 대한 분석을 행한다.

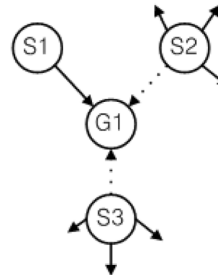
평상시의 출동경로는 그림 2의 Model 1과 같이 표현 할 수 있다. 이는 관할구역이 아니더라도 재난발생정점에서 가장



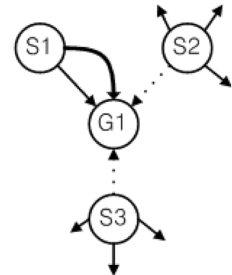
Model 1 : 평상시 출동 및 구난예상모델



Model 2 : Model 1의 보완모델



Model 3 : 도시형 대형 재난 발생 시 출동 및 구난예상모델



Model 4 : Model 2의 보완모델

그림 2. 대구광역시 북구 119안전센터의 출동경로 선택모델

가까운 세 곳의 출동정점에서 재난발생정점으로의 출동경로를 나타내고 있다. 그러나 이 모델의 경우는 실제로 도로교통상황의 적용이 배제되어 있으며 재난발생지점까지의 최단경로를 차량용 내비게이션(GPS) 및 운전요원의 감에 의존하고 있으므로, 선택된 출동경로의 이용이 불가능 하거나 예상된 소요시간 보다 지연될 경우, 도중에 다른 출동경로를 검색 및 선택하여 진행해야하는 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 현행 출동경로의 선택방법에 사전조사 및 검토를 통한 대체 출동경로를 확보하였을 경우를 가정하여 그림 2의 Model 2를 제시하였다.

Model 3은 도시규모의 대형 재난이 발생한 경우 각 출동정점에서 재난발생정점으로의 출동경로를 모델화 하였다. 이는 동시다발적인 도시형 대형 재난의 특성상 재난의 발생 및 영향범위가 광대하여 특정 재난 발생지역 만으로의 출동 집중이 불가능 하고, 건물이나 구조물의 붕괴 및 차량의 정체 등과 같이 평소 이용해 오던 출동경로 상에 장애가 발생하여, 각 출동정점에서 재난발생정점으로의 경로가 하나 뿐인 상황을 나타낸 것이다. 그러나 이러한 경우, 앞서 언급한 바와 같이 사전에 특정 지역으로의 출동경로의 다양화가 전제되어 있지 않음으로 인한 출동시간의 지연이 우려되고, 최악의 경우는 출동불가에 의한 재난발생지역까지의 도달 및 구난 불가가 예상되기도 한다. 이에 대한 대비로 평소 출동경로의 다양화가 확립된 경우를 Model 4로 나타내었다.

3.2 네트워크해석법의 적용 및 결과 검토

3.2.1 네트워크해석법의 신뢰도 개념

선행연구(정근식, 2006, 2007, 2008)에서는 피난시작정점에서 피난완료정점까지의 이동에 의한 피난가능확률을 신뢰도로 정의하고 공간 사이의 거리와 장애에 의해 변화하는 신뢰

¹⁾방문 시 열람 가능 비공개자료

도함수를 식 (1)로 제시하였다.

$$r(d) = r_0^{d/d_0} \cdot \prod h_k \quad (1)$$

$r(d)$: 거리 d 에 대한 변의 신뢰도
 h_k : 피난경로상의 k 번째 문의 통과신뢰도($0 \leq h_k \leq 1$)
 r_0 : 기준거리 d_0 에 대한 변의 신뢰도, 기준변의 신뢰도
 d_0 : 기준거리

식 (1)은 거리가 d 인 경우의 신뢰도를 경로 상에 존재하는 장애 h_k 의 통과에 의한 신뢰도의 저하를 나타내는 함수이다.

따라서 본 연구에서는 선행연구의 신뢰도개념을 근간으로 119소방안전센터에서 재난발생지역까지의 공간적 연결성을 고려한 도달 및 구난(救難)가능성을 신뢰도로 정의하고, 두 공간간의 연결성을 모델화하여 정량적인 공간해석을 행한다. 선행연구의 피난경로에서의 도달확률과 본 연구에서의 재난발생지역까지의 도달 및 구난 확률은 이론적으로 동등한 메커니즘이므로 평가수법예외의 적용에 이론적 모순은 없다고 판단된다. 네트워크해석 방법은 선행연구에서 상세히 기술하고 있다.

3.2.2 네트워크해석의 결과 및 고찰

네트워크해석의 결과는 각 변의 길이를 모두 동등하다는 가정 하에, 각 변의 신뢰도를 종합적으로 고려하여 계산된 값(네트워크신뢰도)을 기준으로 한다.

그림 3은 그림 2의 Model 1과 Model 2, Model 3과 Model 4에 대한 네트워크해석을 통하여 얻어진 네트워크신뢰도의 변화를 정량적으로 나타내고 있다. 각 변의 신뢰도를 0.1에서 0.9까지 0.1씩 변화시켜 네트워크신뢰도를 계산하여, 각 모델의 형태 및 각 변의 신뢰도 변화의 차이에 의한 각 모델의 도달 및 구난 가능성을 확인 할 수 있다.

각 모델별 네트워크신뢰도의 계산 결과를 살펴보면, Model 2가 가장 높은 네트워크신뢰도의 분포를 보이고 있다. 이는 평상시, 출동경로의 다양화에 대한 확립이 재난발생지로의 도달 및 구난에 매우 유효함을 시사한다고 볼 수 있다. 한편

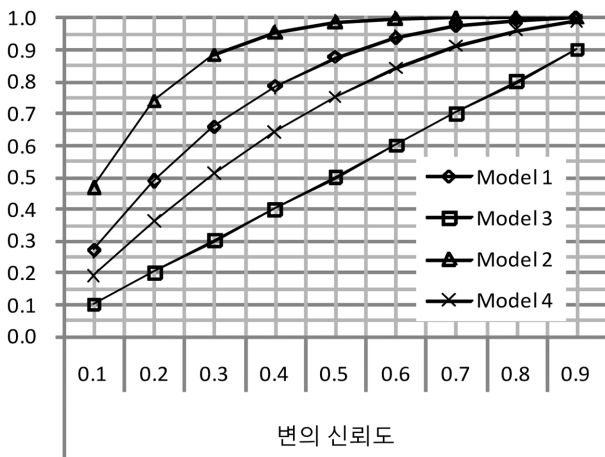


그림 3. 네트워크신뢰도 계산 결과

Model 3은 가장 낮은 신뢰도의 분포를 보이고 있는데, 현행의 출동경로 선택방법 아래, 도시규모의 대형 재난이 동시다발적으로 발생하였을 경우, 재난발생지로의 도달 및 구난의 어려움을 상대적으로 확인 할 수 있다.

각 변의 신뢰도가 높으면 높을수록 네트워크신뢰도가 편측 정규분포형태로 증가함을 알 수 있다. Model 2의 경우는 한 변의 신뢰도가 0.5이상이면 더 이상 변의 신뢰도의 증가에 큰 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 출동경로의 거리가 짧고 장애가 적으며, 사전에 출동경로의 다양화가 확립될수록 경로자체가 가진 문제점(도로폭, 도로상의 장애물 등)에 대한 극복가능성을 정량적으로 나타내고 있다.

따라서 본 계산의 결과는 현행 출동경로의 선정에 대한 문제점의 제기과 해결책의 도출을 위한 고려 기준으로의 활용과 효과를 기대 할 수 있다고 판단된다.

4. 실제도로망의 네트워크모델화 및 계산

4.1 재난발생예상지 출동경로 모델화

대구광역시 북구는 북구소방서산하 총7개의 119안전센터와 1개의 구조대가 운용되고 있으며, 서구소방서소속 3개의 119안전센터의 지원을 받고 있다.

본 논문에서는 대구광역시의 권역 내에 가장 주요화재 발생건수가 많은 북구를 대상으로 모델화작업을 실시하였다.

그림 4는 북구의 노원119안전센터(정점S)와 제3공단의 특정위치(정점G)간의 출동예상 경로를 나타내고 있다. 그림의 화살표와 번호는 소방차의 출동예상경로와 경로번호를 나타낸다.

표 1은 실제 도로상황에 대한 현장조사 결과(차선 수)와 그림4에 표시한 출동경로의 내용을 나타내고 있다. 경로1~경로4는 도로의 폭과 관계없이 최단출동예상경로를 나타내며, 경로5와 경로6은 도로의 폭이 4차선(왕복2차선에 양쪽 도로변 주차 포함) 이상의 우회출동예상경로를 나타낸다.

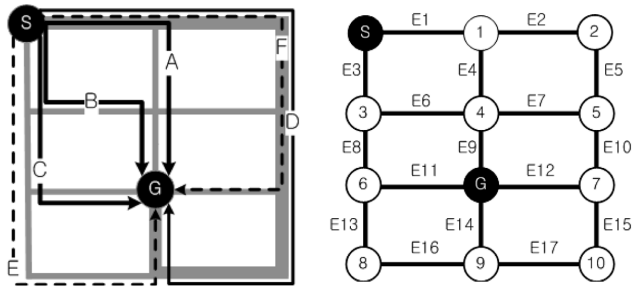
그림 5는 그림 4의 실제도로망의 내용을 바탕으로 시가지의 도로망을 가상으로 나타낸 네트워크모델이다. 그림 5의

표 1. 출동별 현장조사 내용

경로	구 간	내 용
경로1	정점S~정점(마)	왕복2차선
	정점(마)~정점G	왕복2차선 도로변 주차
경로2	정점S~정점G	왕복2차선 이하
경로3	정점S~정점G	왕복2차선 이하
경로4	정점S~정점(가)	왕복8차선
	정점(가)~정점G	왕복2차선
경로5	정점S~정점(나)	왕복8차선
	정점(나)~정점(다)	왕복2차선 도로변 주차
	정점(다)~정점G	왕복2차선 도로변 주차
경로6	정점S~정점(라)	왕복8차선
	정점(라)~정점G	왕복2차선 도로변 주차



그림 4. 119안전센터의 출동예상 경로



(가) 시가지 도로망 모델

(나) 시가지 도로망 네트워크모델

그림 5. 시가지 도로망의 모델화와 출동경로의 관계

(가)는 출동정점S와 재난발생정점G사이의 연결성을 나타내는 도로망 모델이다. 선의 두께는 도로의 폭과 장애의 정도를 시작적으로 확인이 용이하도록 표현한 것으로, 두꺼운 선일수록 도로의 폭이 넓고 도로상의 장애(정체, 불법주정차 등)가 적은 것을 의미한다. 즉, 본 연구에서 사용된 모델에서 두꺼운 선은 계산상에서 소방차출동전용차로의 지정 및 정비도로를 의미한다.

평상시 출동경로는 출동정점S에서 재난발생정점G까지의 최단경로를 이용하며, 그림 5(가)의 경로A, 경로B, 경로C중 하나를 택하여 출동을 한다고 가정한다.

그러나 도시형 대형 재난의 발생 시에는 상대적으로 폭이 좁고 도로상의 장애가 많은 경로는 출동시간의 지연을 초래하거나, 심지어 치명적인 장애로 인하여 출동경로로서의 기능을 상실할 수도 있다. 이러한 경우는 최단경로의 선택이 무의미해지므로, 평소 출동경로로 고려되지 않았으나 도로 폭이

넓고 상대적으로 장애의 발생률이 낮은 경로 D를 이용한 경우가 가장 유효성이 높을 것으로 예상할 수 있다.

선행연구(정근식, 2008, 2009)에서는 네트워크해석에서 고려되었던 공간의 근접성에 관한 요소가 장애의 발생이라는 요소를 고려하게 되면, 다소 우회경로를 이용하게 되더라도 장애의 발생에 영향을 덜 받게 되는 경우가 더욱 유리할 수 있다는 내용을 검증한 바가 있다.

또한, 경로 E는 재난발생예상구역을 둘러싸는 형태로 소방차출동전용도로를 지정 및 정비하였을 경우를 가정한 우회경로를 나타내고, 경로F는 소방차출동전용도로와 현 소방도로를 병용한 경우를 나타낸다(이 경우는 경로C와 함께 계산).

그림 5의 (나)는 거리를 우선한 경로의 선택(평상시)과 장애의 발생을 고려한 경로의 선택(도시규모 대형 재난발생시)에 따른 재난발생지역까지의 도달 및 구난 성공도에 대한 관계를 정량적으로 확인하기 위하여 그림 (가)의 시가지 도로망 모델을 네트워크모델화 한 것이다.

4.2 네트워크신뢰도의 계산

그림 5(가)의 경로A, 경로B, 경로C, 경로D, 경로E, 경로F는 그림 5(나)의 네트워크모델을 바탕으로 표 2와 같이 경로 매트릭스를 나타낼 수 있다.

네트워크신뢰도계산의 종류는 평상시와 도시형 동시다발적 대형재난의 발생 시를 나누어, 평상시에는 최단경로로 선택된 출동경로상의 장애가 재난발생지의 도달 및 구난 신뢰도에 미치는 영향을 확인하기 위해 최단출동경로(경로A, 경로B, 경로C)상에 장애가 없는 경우(계산1)와 장애가 있는 경우(계산2)로 나누어 계산을 행한다.

도시형 대형재난의 발생을 고려한 계산은 장애가 있는 경로의 사용유무와 소방차출동전용도로의 지정 및 정비형태별로 분류하여 계산을 행한다.

장애가 있는 경로의 사용유무에 따른 재난발생지의 도달 및 구난 신뢰도에 미치는 영향을 확인하기 위해 소방차출동전용차로로 미 지정된 장애가 있는 경로의 사용이 가능한 경우(계산3)와 불가능한 경우(계산4)로 나누어서 행한다.

소방차출동전용차로의 지정 및 정비형태와 규모의 차이가 있는 경우 재난발생지의 도달 및 구난 신뢰도의 변화를 확인하기 위하여, 소방차출동전용도로의 지정 및 정비 범위를 증설하여, 특정 대상지역을 둘러싸는 형태로 하였을 경우를 가정(계산5, 계산6)하고, 그렇지 않은 경우(계산3과 계산4)와의 계산결과를 비교한다.

표 2. 각 경로 매트릭스

LINK Path	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17
Path A	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Path B	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Path C	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Path D	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1
Path E	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Path F	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

표 3. 계산의 종류와 계산에 고려된 경로

종류	시기	소방차출동전용도로	고려된 경로	비고
계산1	평상시	미정비	PathA~PathC	경로에 장애 없으므로 가정
계산2		정비	PathA~PathC	경로에 장애 발생으로 가정
계산3	도시형 대형 재난 발생시	미정비	PathA~PathD	장애발생 경로 사용 가능
계산4			PathD	장애발생 경로 사용 불가
계산5		정비	PathD, PathE	장애발생 경로 사용 가능
계산6			PathA~PathF	장애발생 경로 사용 불가

표 4. 계산별 변의 신뢰도치

LINK	변의 신뢰도치																	비고
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	
계산1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	기준치
계산2	0.9	0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.9	0.9	0.1~ 0.9	0.9	0.1씩 변화
계산3	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.5	0.5	0.1~ 0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1~ 0.9	0.5	0.5	0.5	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.5	0.1~ 0.9	
계산4	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0	0	0.1~ 0.9	0	0	0	0	0.1~ 0.9	0	0	0	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0	0.1~ 0.9	
계산5	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0	0.1~ 0.9	0	0	0.1~ 0.9	0	0.1~ 0.9	0	0	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	
계산6	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.5	0.1~ 0.9	0.5	0.5	0.1~ 0.9	0.5	0.1~ 0.9	0.5	0.5	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	0.1~ 0.9	

위에서 열거한 계산의 종류와 고려조건을 표 3에 정리하였다.

계산에 사용되는 네트워크 변의 신뢰도는 도로의 폭에 따른 장애의 발생정도를 고려하여 폭이 넓고 소방차출동전용도로로 지정 및 정비된 변의 신뢰도는 0.9, 이외의 변의 신뢰도는 0.8로 가정하고, 계산의 조건에 따라 변의 신뢰도를 0.1~0.9까지 0.1씩 변화시켜 변의 신뢰도 변화에 따른 네트워크신뢰도의 변화 패러다임을 확인하여, 변의 신뢰도의 특정 수차나 특정 범위 내에서의 네트워크신뢰도의 변화양상을 파악하고자 한다. 각 계산의 종류별 네트워크 변의 신뢰도는 표 4와 같다.

평상시의 출동경로는 Path A, Path B, Path C만 고려하여 계산1에 적용한다.

계산2에서는 장애의 정도에 따른 네트워크신뢰도의 변화를 확인하기 위하여 E1, E2, E5, E10, E14, E15, E17을 제외한 모든 변에서 장애가 발생한다고 가정하고, 네트워크 변의 신뢰도를 0.1~0.9까지 0.1씩 변화시켜 계산에 적용하고, 경로는 계산1과 같은 조건으로 계산을 행한다.

계산3에서는 도시형 대형재난이 발생하더라도 장애가 있는 변이 최소한의 기능을 발휘한다고 가정하기 위하여 변의 신뢰도를 0.5로 고정하고, 장애가 발생하지 않는 변의 경우도 재난의 발생 위력에 따라 상상을 초월할 수 있으므로 변의 신뢰도를 0.1에서 0.9까지 0.1씩 변화시켜 재난의 발생 범위와 장애의 정도에 따른 네트워크신뢰도의 차이를 확인한다. 경로는 Path A~Path D까지 모두 고려한다.

계산4에서는 도시형 대형 재난에 의해 장애가 있는 변은 통행이 불가능하다고 가정하고, 소방차출동전용도로는 변의

신뢰도를 0.1에서 0.9까지 0.1씩 변화시켜 재난의 발생 범위 및 장애의 정도에 따른 네트워크신뢰도의 차이를 확인한다. 경로는 Path D만 고려한다.

계산5에서는 계산4와의 비교를 위해 소방차출동전용도로의 지정 및 정비 확대를 가정하여 소방차출동전용도로를 그림 5(나)의 E1, E2, E5, E10, E14, E15, E17 이외에 E3, E8, E13, E16을 추가하여, 네트워크 변의 신뢰도를 0.1에서 0.9까지 0.1씩 변화시켜 계산에 적용한다. 경로는 Path D와 Path E를 고려한다.

계산6에서는 계산3과의 비교를 위해 소방차출동전용도로 이외의 변이 최소한의 기능을 발휘한다고 가정하기 위하여 0.5로 고정하고, E1, E2, E5, E10, E14, E15, E17, E3, E8, E13, E16의 네트워크변의 신뢰도를 0.1에서 0.9까지 0.1씩 변화시켜 계산에 적용한다. 경로는 Path A~Path F까지 모두 고려한다.

4.3 계산결과고찰

그림 6은 계산1~계산6의 결과를 나타낸 그래프이다.

그림 6의 계산1을 기준으로 하였을 때, 계산2의 변의 신뢰도치 0.9는 도로의 폭을 넓히고 장애의 발생요인을 억제하여 소방차출동전용도로를 갖추었을 경우를 가정한 값으로 당연히 네트워크신뢰도의 값이 상대적으로 높은치를 나타낸다. 그러나 장애의 발생을 나타내는 변의 신뢰도 0.8~0.5사이의 구간은 거의 직선형으로 감쇠하여 0.4이하는 0의 값에 수렴되어가는 상황을 확인 할 수 있다. 이 결과로 평상시 사용되는 출동경로상의 장애발생으로 인한 재난발생지까지의 도달 및 구난 안전성의 변화형상을 알 수 있으며, 비록 가정치를

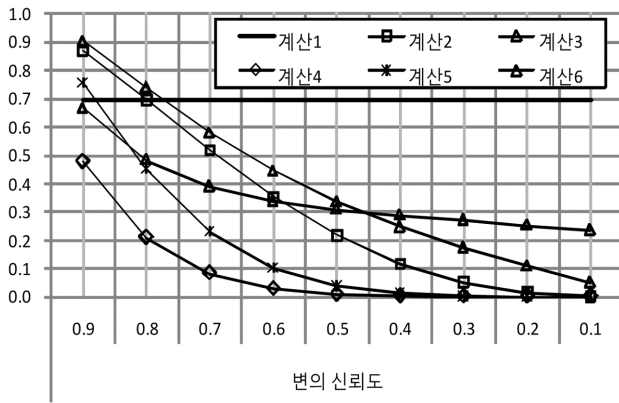


그림 6. 네트워크신뢰도 계산 결과

고려한 계산결과이지만, 출동경로상의 장애가 일정 수준 이상 일 경우, 출동경로로써의 기능을 기대하기 어려운 상황에 대한 정량적인 판단이 가능하다고 생각된다.

한편, 계산3과 계산4의 결과를 확인해 보면, 도시형 대형 재난의 발생 시에도 평상시 사용하던 출동경로의 사용가능 여부에 따라, 네트워크신뢰도가 큰 차이를 나타냄을 알 수 있다.

또한 계산 4의 결과에 의하면 평상시 사용하던 출동경로를 이용할 수 없고, 도로의 폭이 넓고 장애물에 대한 염려가 비교적 적은 소방차출동전용도로만을 이용한 경우, 매우 열악한 출동조건이 될 수 있음을 알 수 있는데, 이는 예상외의 돌발 상황으로 변의 신뢰도치가 일정이하로 낮아질 경우 출동경로로써의 기능을 기대하기 어려운 상황으로의 전개를 의미한다. 따라서 본 계산의 결과는 도시규모 대형 재난이 동시다발적으로 발생 하는것과 같은 최악의 상황을 고려하여, 평상시 출동경로에 대한 정비 및 관리의 중요성을 정량적으로 시사한다고 볼 수 있다.

계산5의 결과에 의하면, 특정지구를 둘러싼 형태로 소방차 전용출동도로를 증설하였을 경우, 재난발생지로의 출동경로가 증가하여 전체적인 네트워크신뢰도가 증가함을 알 수 있다. 그러나 출동경로상의 변의 신뢰도가 저하될 수록 네트워크신뢰도도 급격히 낮아져서 변의 신뢰도가 0.5이하로 되면 계산4의 결과와 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

계산6과 계산3의 비교에 의하면, 계산5의 결과와 같이 소방차전용출동도로의 증설과 일반도로의 통행이 가능하여 소방차의 출동경로가 증가하게 되어 변의 신뢰도가 0.5이상일 경우에는 높은 네트워크신뢰도를 나타낸다. 그러나 변의 신뢰도가 0.4이하로 떨어지게 되면, 계산3에 비하여 낮아지는 경향을 보이는데, 이는 계산3의 경우는 변 E3, E8, E13, E16의 신뢰도를 0.5로 고정하였고, 계산6의 경우는 신뢰도의 변화 범위를 0.5이하로 까지 지정하였기 때문이다.

5. 결 론

본 연구는 대구/경북지역을 대상으로, 소방차출동경로의 형태 및 운용시스템이 지역의 방재성능향상에 미치는 영향에 대한 정량적인 평가법의 제안과 효율적이고 합리적인 소방차

출동전용도로의 계획법에 관한 것으로, 지역의 방재적 특성과 악을 통하여 실제 방재인프라의 현황을 파악하고 예상되는 재난의 발생상황을 가정하여, 지역의 실정에 합당한 방재인프라의 구축 및 운용시스템의 구축을 위해, 공간의 정량적인 해석이 가능한 네트워크해석법에 적용하여 결과에 대한 분석과 고찰을 행하였다.

본 연구의 성과로는 다음과 같은 내용을 들 수 있다.

- 1) 평상시의 소방차출동경로와 화재와 지진을 동반한 도시규모의 대형재난발생을 가정한 경우에 대한 소방차출동 경로선택의 단순네트워크모델 작성 및 네트워크해석을 통하여, 평상시 출동경로에 대한 일상적인 정비의 중요성과 도시규모의 대형재난이 동시다발적으로 발생할 경우를 대비한 출동경로에 대한 계획의 중요성에 대하여 정량적인 검토가 이루어졌다. 또한, 재난발생지역으로의 도달 및 구난확률 향상을 위해서는 출동거리의 단축과 경로상의 예상 장애에 대한 제거뿐만 아니라, 다양한 출동경로에 대한 형태학적 계획 수립이 중요한 요소임을 확인 하였다.
- 2) 실제 119안전센터와 관할구역 내의 특정지역간의 도로망을 고려하여 네트워크모델을 작성하고 다양한 발생상황을 고려한 해석을 통하여, 출동경로상의 장애가 일정 수준이상으로 발생할 경우의 위험성에 대하여 정량적인 검토가 이루어 졌으며, 도시규모의 대형재난의 발생상황에서는 소방차출동전용도로를 형태학적으로 일정규모의 단위지역을 대상으로 둘러싸는 형태의 계획이 소방차출동전용도로의 지정 및 정비 시에 유효함을 확인할 수 있었다.

본 연구의 이 후 과제로는 소방차의 출동경로 뿐 만 아니라, 인명피해의 발생상황을 고려하여 재난발생지에서 거점병원까지의 호송경로에 대한 형태학적 분석과 계획에 대한 평가 및 결과분석이 필요하다. 또한 효과적이고 합리적인 소방차출동전용도로의 계획을 위해 보다 넓은 범위를 대상으로 한 조사 및 검토가 필요하며, 소방차의 출동경로 상에 존재하는 모든 장애발생가능 요소에 대한 조사 및 고찰을 통한 자료의 수집과 소방차출동에 관련된 운용시스템에 대한 세밀한 검토가 필요하다.

본 연구의 결과는 지역의 방재적 특성을 고려하여 합리적이고 효과적인 소방차출동전용도로(Fire Lane)의 지정 및 정비에 있어서, 요구되는 성능을 만족시키는 형태에 대한 이론적 고찰을 통한 형태학적 계획과 정량적인 분석에 대한 활용이 기대된다. 즉, 지역의 방재성능 향상을 위한 새로운 도로의 신설이나 기존 도로의 폭 확장, 119소방안전센터의 이전 및 신설 등의 기본계획단계에서, 출동지점과 재난발생예상지점 사이의 가장 효율적인 도로망의 연결 형태에 대한 분석이 가능하며, 현 도로상황의 개선(상습 정체구간에 대한 개선, 불법주차에 의한 진로방해 등)에 따른 방재성능의 향상정도를 신속히 분석 가능할 것으로 기대된다. 이러한 분석방법과 과정을 U-방재시스템상에서 구동될 수 있도록 적용하는 것으로, 더욱 강력한 U-방재시스템의 구축에 기여할 수 있을 것이라 생각한다.

감사의 글

본 연구를 진행함에 바쁘신 와중에도 기꺼이 인터뷰에 응하여 귀중한 조언을 주신 대구소방안전본부의 여러분들께 지면을 빌어 감사의 인사를 올립니다. (본 연구는 2010년 대구경북연구원의 학술연구 지원을 받아 수행되었음).

참고문헌

- 김영, 류태창 (2006) 방재시설의 지역적 불균형 해소를 위한 유비쿼터스 시스템개발에 관한 연구/경상남도를 중심으로. **대한 국토도시계획학회지**, Vol.41, No.2, pp. 211-225.
- 김경석 (2008) 재난·재해 대응형 도로 네트워크 및 도시시설 배치 모델에 관한 연구. **한국방재학회논문집**, 제8권 3호, pp. 59-65
- 久貝 壽之, 加藤 孝明, 小出 治(2001) パーコレーション理論に基づいた地区レベル道路網の防災性能評価に関する基礎研究, 日本建築学会計画系論文集. Vol. 549, pp. 231-237.
- 久貝 壽之, 加藤 孝明 (2005) 通行可能確率分布を考慮した道路網の防災性能評価手法の構築, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 593, pp. 139-144.

- 鄭軍植,吉村英祐 (2007) 避難経路の信頼度の距離減衰を考慮した避難安全性の定量的評価について. 日本建築学会計画系論文集, 第616号, pp. 71-76.
- 鄭軍植,吉村英祐 (2008) 避難障害による避難経路の信頼度の低下を考慮した避難安全性の定量的評価について. 日本建築学会計画系論文集, 第625号, pp. 551-557.
- 정근식 (2009) 피난거리와 장애에 의한 피난시간 연장의 정량화를 통한 피난안전성의 정량적인 평가수법개발. **한국방재학회논문집**, 제9권 5호, pp. 1-7.
- 高木幹朗,谷口汎邦,金鍾石 (1991) グラフ・ネットワーク指数の検討とその適用による地下街街路構成の分析. 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会, 第422号, pp. 37-44.
- 青木義次,藤井晴行,木下芳郎 (2001) 防災計画についてのエキスパートジャッジのモデル化. 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会, 第546号, pp. 149-154.
- 2007 재난연감 (2008) **소방방재청**.
- 2008 재난연감 (2009) **소방방재청**.
- 鄭軍植,吉村英祐 (2008) 避難障害による避難経路の信頼度の低下を考慮した避難安全性の定量的評価について. 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会, 第625号, pp. 551-557.

- ◎ 논문접수일 : 10년 07월 08일
◎ 심사의뢰일 : 10년 07월 12일
◎ 심사완료일 : 10년 08월 25일