

## 출동현황자료 분석을 통한 재난대비 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입지역 선정방안 연구

### A Selection Method of Implementation Area for Emergency Vehicle Preemption System Using Dispatch Data Analysis

성 중 기\*  
(Joong Gi Sung)  
(Seoul Metropolitan Council)

하 동 익\*\*  
(Dongik Ha)  
(Seoul Nat'l University)

#### 요 약

긴급차량 우선신호제어 시스템은 긴급차량의 출동여건을 개선할 수 있는 운영방안으로 아직까지 도입 기초단계이다. 따라서 국내 도입을 위해서는 단계적 계획과 이를 시행하기 위한 우선 도입지역 선정이 필요하다. 특히, 서울을 비롯한 광역지자체 단위의 사업 시행 시 모든 지역을 분석하기에는 시간과 비용 제약이 존재하며, 정량적이고 효율적인 도입지역 선정방안이 요구된다. 본 연구의 목적은 긴급차량 출동현황자료 분석을 통한 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입지역 선정절차를 제시하는 것이다. 본 연구에서는 서울시 긴급차량 출동현황자료를 분석하여 우선 도입지역을 도출하였으며, 시뮬레이션 분석을 통해 도입에 따른 효과분석을 수행하였다.

핵심어 : 긴급차량, 긴급차량 우선신호제어, 골든타임, 긴급차량 출동현황 자료

#### ABSTRACT

Emergency Vehicle Preemption(EVP) is an operation method which helps to improve response condition of Emergency Vehicle(EV) and it has not yet been introduced in Korea. In order to implement the system, it requires step-by-step plan and selecting a priority area for trial operation. Since a municipal government such as Seoul is too large so it is limited in time and cost to analyze the whole area. Therefore, quantitative and effective selection method for priority area is critical. The aim of this study is to propose a selection method of implementation area for EVP system using the dispatch data analysis. This study also determined the priority area for EVP implementation by analyzing the dispatch data in Seoul and conducted a simulation to evaluate the effects of implementing EVP

**Key words** : Emergency Vehicle(EV), Emergency Vehicle Preemption(EVP), Golden time, Dispatch data

† 본 논문은 2015년 서울특별시의회 의원회의 지원을 받아 수행된 연구임 (계약번호: 20150721533-00)

\* 주저자 : 서울특별시의회 의원

\*\* 공저자 및 교신저자 : 서울대학교 건설환경종합연구소 연구교수

† Corresponding author : Dongik Ha(Seoul Nat'l University), E-mail dihha@naver.com

† Received 18 January 2016; reviewed 17 February 2016; Accepted 11 April 2016

## I. 서 론

일반적으로 재난은 위협의 의미를 내포하고, 위협의 개념은 손실을 입을 가능성을 의미한다. 재난 및 안전관리기본법<sup>1)</sup> 제3조(정의)에 의하면 “재난”이라 함은 국민의 생명, 신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로 정의한다. 모든 재난은 대한민국 국민의 생명·신체 및 재산에 피해를 주거나 줄 수 있는 재난으로 정부차원에서 대처할 필요가 있는 재난을 말한다. 이런 손실을 제공하는 재난관리란 재난이 예방·대비·대응 및 복구를 위하여 하는 모든 활동을 말한다.

서울시 통계를 바탕으로 인적재난 발생현황을 살펴보면, 서울에서 발생하는 인적재난으로 58,333명(2011년 기준)이 피해를 입었으며, 약 532억 원의 재산피해가 발생하였다. 서울시 전체 인구가 약 천만 명임을 감안할 때 1000명 중 5~6명은 1년에 한번 정도 재난상황을 겪는 것으로 볼 수 있다. 또한 인적 및 재산피해가 꾸준히 발생하고 있기 때문에 재난상황 발생 시 이를 신속하고 안전하게 해결하기 위한 방안 마련이 필수적이다. 또한 안전에 대한 관심이 높아지고 있으며, 재난상황 발생 시 구조인력의 발 빠른 대응은 재난에 따른 인명과 재산 보호에 직결되는 사안이다.

그러나 기존의 교통신호체계에서는 효율적인 골든타임 확보가 어려운 상황이며, 긴급차량 길 터주기 캠페인, 긴급차량 진로를 방해하는 차량에 과태료 부과 등의 도로교통법 개정안 등을 추진 중이지만 이러한 제도적 방안으로 한계가 있다[1]. 따라서 이를 개선하기 위한 전략으로 긴급차량 우선신호제어 시스템 구축은 중요한 의미를 가진다. 그러나 현재까지 국내에 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입은 초기단계이다. 서울시를 비롯한 일부 지자체에서 소방관서 앞 소방출동 신호제어시스템을 추진하

고 있으나, 소방서 앞 좌회전 시에만 제한적으로 우선신호를 받을 수 있기 때문에 한계가 있다. 또한 일부 지자체에서 시범사업을 진행 중에 있다.

효율적인 긴급차량 우선신호제어 시스템 구축을 위해서는 단계적 도입방안이 필요하다. 단계적 도입을 위해서는 우선 도입지역과 향후 도입지역에 대한 선정 및 분류가 선행되어야 한다. 그러나 서울을 비롯한 광역지자체 단위의 사업 시행 시 많은 후보지역을 모두 상세분석하기에는 비용과 시간적 제약이 존재하며, 정량적인 분석과정이 없는 도입지역 선정은 비효율적 예산 사용을 초래할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입방안 중 도입지역 선정 연구를 수행하였다.

일부 지자체에서 추진 중인 소방관서 앞 소방출동 신호제어시스템 구축사업의 경우 우선신호제어가 가능한 2010년형 교통신호제어기<sup>2)</sup>가 시설된 119안전센터를 대상으로 추진되었다. 그러나 긴급차량 우선신호제어 시스템은 단순히 기술적 조건뿐 아니라 소방서별 출동현황 분석을 통해 긴급차량 출동이 상습적으로 지연되는 지역에 우선적으로 설치할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 출동현황자료를 활용한 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입지역 선정절차를 제시하는 것이다. 또한 우선도입 지역에 긴급차량 우선신호제어 시스템을 구축할 경우 얻게 되는 효과를 교통류 시뮬레이션 도구를 활용하여 분석하였다.

## II. 기존 연구 고찰

### 1. 재난발생시 골든타임 확보의 중요성

일반적으로 골든타임은 재난대응 목표시간 관리를 위한 개념으로 의료 및 소방에서 응급조치를 하기 위한 초기 집중대응시간으로 정의할 수 있다. 소방분야에서는 소방차량의 차고지 출동부터 현장 도착까지의 시간을 의미하며, 심정지 환자 및 화재 등

1) 재난 및 안전관리 기본법」은 각종 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위하여 국가와 지방자치단체의 재난 및 안전관리체제를 확립하고, 재난의 예방·대비·대응·복구와 안전문화 활동, 그밖에 재난 및 안전관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 하고 있음

2) 서울시에는 2004년형과 2010년형 교통신호제어기가 있으며 우선신호제어를 하기 위해서는 2010년형 교통신호제어기가 설치되어야 함

응급상황에서 피해를 최소화하고 생존율을 높일 수 있는 초기 재난대응 목표시간은 통상적으로 5분으로 설정된다.

화재진압을 비롯한 인명구조 시 사고 초기대응에 가장 중요한 시간을 의미한다. 특히 화재의 경우, 발생 후 5분이 경과하면 연소 확산 속도와 피해면적이 급격히 증가하는 속성이 있다. 따라서 화재를 초기에 진압하지 못하면 화재 피해 규모가 급격하게 커지므로 화재 피해를 최소화하기 위해서는 소방차가 화재 발생 후 5분 이내에 현장에 도착하여 소화 작업을 시작하도록 해야 한다. 화재 발생 후 5분 내지 8분이 지나면 플래시오버(Flashover)현상, 즉 건물 전체가 불길에 휩싸이면서 급격히 연소가 확대되는 현상이 발생하기 때문에 5분 이내에 화재를 진압해야 한다는 논리다. 이는 우리나라뿐 아니라 미국, 영국, 호주 등 많은 나라에서 소방력 산출 기준의 기초 이론으로 활용하고 있다[1].

## 2. 국내외 선행연구 검토

국외의 경우 미국 OPTICOM, 일본 현장급행지원 시스템(Fast Emergency Vehicle Preemption Systems: FAST) 등 성공적으로 운영된 사례들이 존재한다.

미국에서는 1960년대 긴급차량 우선신호제어 시스템이 개발되어 현장에서 활용되었으며, 미국의 78개 대도시에서 있는 신호교차로 중 약 20%에 해당하는 교차로에서 긴급차량 우선신호제어 시스템이 운영 중에 있다[2]. 그러나 긴급차량 우선신호제어 시스템을 점진적으로 설치해가는 과정은 경험에 근거한 설계과정으로 구체적인 근거를 찾기 어려웠다. 버지니아 공대 교통연구소(Virginia Tech Transportation Institute)에서는 긴급차량 우선신호제어 시스템 설계시, 제도적 이슈(institutional issue), 지역여건(local need), 시스템의 목적을 고려한 추상적인 방향만을 제시하고 있으며, 선정된 지역의 효과평가에 초점을 두고 있다[3].

동경에서는 FAST라는 긴급차량 우선신호제어 시스템을 도입 및 운영하고 있다. 긴급차량 우선신호제어 적용대상은 우선적으로 경찰의 출동차량과

응급차량으로 한정되었으며, 상황발생 시 발생지점까지의 도착시간을 감소하기 위해 본 시스템이 도입되었다. 또한 긴급차량의 출동 중 발생하는 사고를 줄이고자 하는 목적도 있었다. 본 시스템은 초기에 동경 내 137개의 교차로만을 대상으로 시행되었으며 NPD(Metropolitan Police Department)는 이를 확대 실시할 계획을 가지고 있다[4].

국내의 경우 주로 시스템 및 알고리즘 개발, 시뮬레이션 효과평가 등의 연구들이 진행되어 왔다. Choi et al.(2006)의 연구에서는 DSRC와 일반도로 신호체계를 연계한 긴급차량 신속 이동 시스템을 제안하였으며, Yang et al.(2008)의 연구에서는 국내외 긴급차량 우선신호제어 전략에 대해 검토하고, 시뮬레이션 분석을 통해 국내 교통상황에 따른 긴급차량 우선신호제어 시스템의 효과를 분석하였다. 분석결과 긴급차량 우선신호제어가 긴급차량의 운영에 긍정적인 영향을 주나 v/c가 증가할수록 이와 같은 효과는 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 일반차량의 경우는 우선신호제어로 인하여 지체가 증가하고 통행속도가 감소하였으나 네트워크 전체적으로는 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다[5, 6].

Hong et al.(2012)과 Park et al.(2012)은 중앙교통정보센터(Urban Traffic Information System, UTIS)를 활용한 긴급차량 우선신호제어 전략 및 시스템을 제시하고 있으며, 시뮬레이션 분석을 통해 효과평가를 수행하였다[7, 8]. 또한 Lee and Seok(2013)은 도로교통 환경에 적합한 소방차 출동 지원시스템에 대해 검토하였으며, 중앙교통정보센터 기반의 제어 전략을 제시하고 있다[9]. Kho(2014)의 연구에서는 소방차 우선신호제어 효과분석을 위해 현장주행 실험과 시뮬레이션 분석을 수행하였다[1].

도입지역 선정에 있어서 긴급차량 우선신호제어 시스템은 다른 여러 가지 신기술과 차이점을 가진다. 특정 경로를 가진 버스우선 신호 시스템과 특정 지점에 한정되는 검지시스템과 달리 긴급차량의 출동은 정해진 경로가 없으며, 주어진 119안전센터의 위치, 사고발생위치 및 출동시간을 종합적으로 고려한 선정방안이 필요하다.

### 3. 본 연구의 차별성

기존 연구에서는 DSRC와 같은 교통정보 수집장치 또는 UTIS 등의 교통정보센터를 활용한 시스템 개발과 전체 네트워크의 지체를 최소화하는 알고리즘 개발에 초점을 맞추어 연구가 진행되어 왔다.

그러나 국내 도입 실정을 고려한 개념 설계와 도입방안에 대한 연구는 찾아볼 수 없었다. 긴급차량 우선신호제어 시스템은 도입 초기단계이므로 단계적인 도입방안 수립이 필요하며 이를 위해서는 우선 도입지역과 향후 도입지역에 대한 선정 및 분류가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입을 위한 지역 선정 절차를 제시하고, 서울시를 대상으로 실질적인 분석결과를 도출했다는 점에서 차별성을 가진다.

## Ⅲ. 연구 범위 및 절차

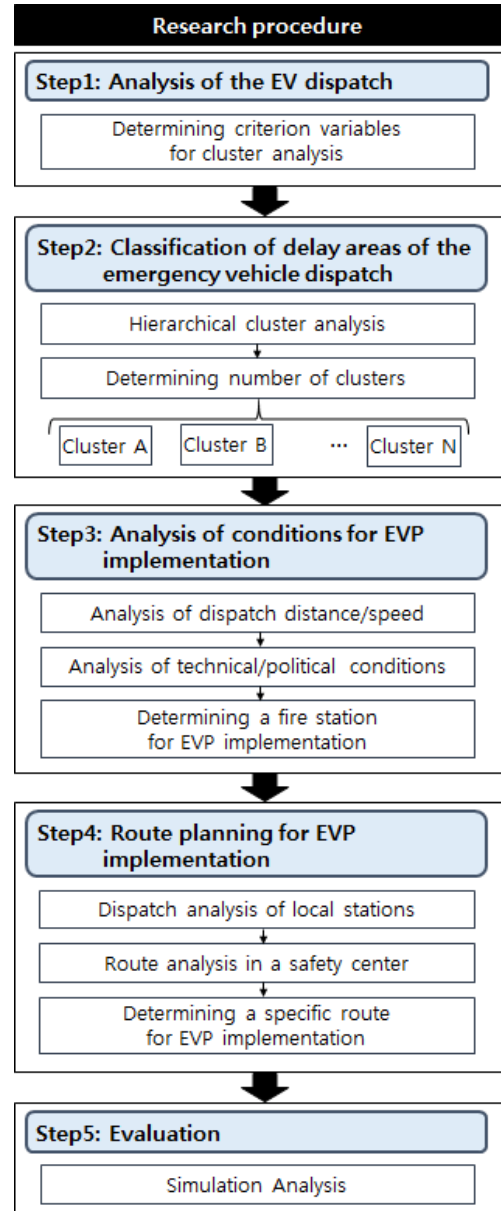
### 1. 연구 범위

본 연구에서는 분석의 대상을 화재진압을 위한 소방차량(지휘차, 펌프차, 구급차, 물탱크차 등)에 한정하였다. 명확한 연구를 위해 정확한 자료구득이 어려운 일반 구급출동을 제외한 화재진압에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 긴급차량의 출동 이력자료는 서울소방재난본부의 협조를 받아 구득하였으며, 2010년부터 2014년까지 5개년 자료를 활용하였다.

화재는 인적재난 사고유형 중 높은 비중을 차지하며, 화재로 인한 재난상황 발생 시 다수의 소방차량이 출동하기 때문에 우선신호제어의 필요성이 가장 높다. 또한 소화수로 인해 하중이 무거운 펌프차, 물탱크차 등은 출동 중 정지 또는 감속 후 다시 가속하는데 지체시간이 길어진다. 따라서 우선신호제어의 도입이 가장 필요한 화재 발생 시 출동하는 소방차량을 중심으로 연구를 진행하였다. 소방차량 이외의 긴급차량에 대한 내용은 향후 연구에서 다룰 수 있을 것이다.

### 2. 연구 절차

긴급차량 우선신호제어 시스템 도입지역 선정을 위해 다음과 같은 연구 절차를 수행하였다. 먼저 소방서 단위의 긴급차량 출동현황을 분석하여 그 특성을 도출하였고, 이를 기반으로 긴급차량 출동지역 지역을 수준에 따라 그룹별로 분류하였다.



〈Fig. 1〉 Research procedure

또한 긴급차량 출동지역 지역을 대상으로 기술적 및 정책적 도입여건 분석을 실시하여 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입 가능 소방서를 선정하고, 도입 가능한 출동경로를 선정하였다. 최종적으로 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입에 따른 효과분석을 위해 시뮬레이션 분석을 수행하였다.

#### IV. 긴급차량 출동현황 분석

##### 1. 서울시 긴급차량 출동현황 추이

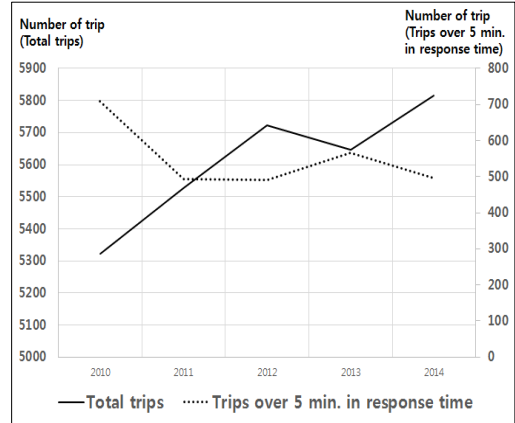
서울시의 2010년부터 2014년까지 최근 5년간 긴급출동(화재) 건수는 2010년 5,321건, 2011년 5,526건, 2012년 5,724건, 2013년 5,646건 2014년 5,815건으로 2013년도 다소 감소하지만 지속적으로 증가하는 추세이다. 반면에 출동시간이 5분 이상으로 골든타임 확보에 실패한 출동건수는 2011년에 급격히 감소한 후, 소폭 증가하는 추세를 보이고 있다. 2011년 이후의 골든타임 달성률이 개선된 원인은 긴급차량 진로방해 단속제도, 길 터주기 캠페인 등의 효과로 판단되며, 2011~2014년의 골든타임 실패율이 소폭 증가한 추세를 볼 때 이러한 제도와 캠페인에 따른 개선은 한계가 있음을 판단할 수 있다.

##### 2. 서울시 소방서별 출동현황 분석

단계적 도입방안을 적용하기 위해서는 우선 도입지역을 선정하는 것이 중요하다. 우선 도입지역을 선정하기 위해서는 다양한 기준을 고려해야 하며, 그 기준을 설정하기 위해서는 긴급차량 출동현황 분석이 필수적이다.

서울시 내 23개 모든 소방서를 대안으로 도입지역을 탐색하기에는 시간과 비용의 한계가 있으므로 소방서별 출동현황 분석을 통해 긴급차량 우선신호제어 시스템 우선 도입 지역군을 선정하는 과정이 필요하다. 또한 각 소방서별 출동특성을 파악하여 도입 시 반영할 수 있다.

먼저 소방서별 평균 출동소요시간 및 골든타임 달성률을 분석하였다. 서울시 전체의 5년간(2010~2014)



〈Fig. 2〉 Trend of emergency vehicle trips in Seoul(2010~2014)

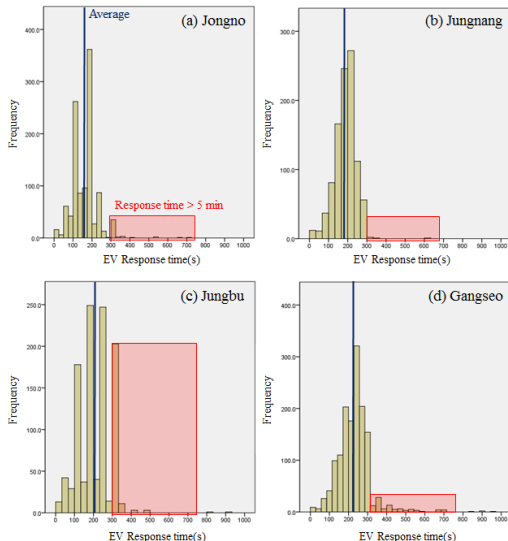
〈Table 1〉 Average response time and ratio of achieving golden time for each fire station

Fire Station	Average response time(s) (A)	Ratio of achieving golden time (B)	Rank of (A)	Rank of (B)
Gangnam	225	82.7%	20	20
Gangdong	203	89.9%	11	14
Gangbuk	189	99.3%	6	2
Gangseo	231	88.7%	21	15
Gwanak	220	83.5%	18	19
Gwangjin	231	84.4%	21	18
Guro	206	92.4%	14	11
Nowon	215	95.4%	16	10
Dobong	194	97.4%	8	4
Dongdaemun	171	97.1%	2	6
Dongjak	209	90.2%	15	13
Mapo	173	97.4%	3	5
Seodaemun	203	87.6%	11	17
Seocho	242	74.5%	23	23
Seongbuk	219	88.2%	17	16
Songpa	182	96.2%	4	8
Yangcheon	183	92.1%	5	12
Yeongdeungpo	194	96.6%	8	7
Yongsan	222	80.9%	19	21
Eunpyeong	197	97.9%	10	3
Jongno	160	95.9%	1	9
Jungnang	189	99.5%	6	1
Jungbu	203	79.3%	11	22

평균 출동소요시간은 205초, 분산은 88초를 보였으며 평균 골든타임 달성률은 90.2%를 보였다.

소방서별 평균출동시간과 골든타임 달성률의 순위를 살펴보면, 평균출동시간과 골든타임 달성률이 항상 일관된 결과를 보이지는 않는다. 종로 및 중부 소방서의 경우, 평균출동시간은 상대적으로 짧지만 골든타임 달성률은 떨어진 결과를 보이고 있으며 중랑 및 강서소방서는 그 반대의 결과를 보이고 있다. <Fig. 3>의 소방서별 출동시간 분포를 살펴보면 그 차이를 명확히 확인할 수 있다. <Fig. 3>의 (a), (c)의 분포는 (b), (d)에 비해 평균은 작지만 출동시간 5분 이상인 우측 꼬리가 두터운 형태를 보이고 있다.

이러한 소방서별 출동 특성은 긴급차량 출동지역 선정 시 고려되어야 할 기준이다. 긴급차량 우선신호제어 도입은 출동시간 분포의 평균을 줄이는 동시에 골든타임 달성률을 향상시킬 수 있다. 또한 평균 출동소요시간과 골든타임 달성률 중 하나의 기준을 선정하기 어려우며, 하나의 기준으로 선정된 결과는 그 효과가 상대적으로 적을 수 있다. 따라서 긴급차량 출동지역 선정 시 평균 출동소요시간 및 골든타임 달성률을 선정 기준으로 활용해야 한다.



(Fig. 3) Distribution of emergency vehicle response time for each fire station

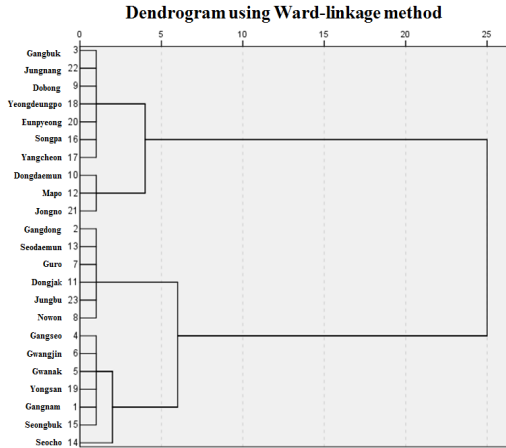
## V. 긴급차량 우선신호제어 도입지역 선정

### 1. 긴급차량 출동지역 지역 분류

긴급차량의 출동현황 분석 결과, 긴급차량 출동지역 지역을 분류하기 위한 기준으로 소방서별 평균 출동소요시간과 골든타임 달성률을 설정하였다. 이를 모두 고려하여 긴급차량 우선신호제어 시스템의 우선도입 지역과 향후 도입 지역을 구분하기 위해 군집분석을 수행하였다. 대안의 우선순위를 도출하는 방법론은 계층분석법 등 다양한 통계적 기법이 존재한다. 그러나 본 분류에서는 모든 대안 전체의 우선순위를 선정하는 하는 것이 아니라 우선도입을 위한 지역군을 분류하는 것이 목적이며, 분류 기준이 되는 평균 출동소요시간과 골든타임 달성률 간의 가중치나 점수를 부여하기에도 어려움이 있다. 군집분석은 이러한 어려움 없이 다수의 분류 기준에 따라 우선도입 지역과 향후 도입지역을 도출할 수 있는 방법론이다.

군집분석은 집단의 사전정보가 정의되지 않은 상황에서 관찰대상 간의 거리에 근거하여, 각 관찰대상이 군집의 구성원이 됨을 식별한다. 일반적으로 군집분석은 관찰대상의 군집화 방법에 따라 가까운 대상끼리 순차적으로 묶어가는 계층적 군집분석과 전체대상을 하나의 군집으로 출발하여 관찰대상을 분류해나가는 비계층적 군집분석으로 구분할 수 있다[10]. 본 연구에서는 초기 군집의 수 입력 없이 분석이 가능한 계층적 군집분석을 활용하였으며, 군집형성 방법으로 각 그룹별 설명변수의 표준편차를 최소화하는 Ward 군집법을 활용하였다[11].

통계패키지 프로그램인 SPSS를 이용하여 계층적 군집분석을 시행한 결과, <Fig. 4>과 같은 덴드로그램을 얻을 수 있었다. 이와 같이 도출된 덴드로그램을 통해 분석을 위한 군집수를 결정할 수 있으며, 이 군집수가 긴급차량 출동지역 수준에 따라 분류된 그룹수가 된다. 본 연구에서는 3개의 군집으로 구분하여 분석을 수행하였으며, 긴급차량 출동지역 수준을 심각, 보통, 양호로 구분할 수 있다.



(Fig. 4) Dendrogram using Ward-linkage method

<Table 2>는 3개의 군집으로 구분하여 계층적 군집분석을 수행한 결과이다. <Table 1>과 <Fig. 3>에서 볼 수 있듯이 평균 출동소요시간과 골든타임 달성률은 반드시 비례하지 않으므로 하나의 지표만으로 긴급차량 출동지연 지역을 선정하기에 한계가 있었다. 이에 반해 두 가지 지표를 모두 고려한 군집분석 결과 두 지표 모두 일관성을 가지는 그룹으로 분류할 수 있었다. 따라서 그룹1이 긴급차량 출동지연이 심각한 지역, 그룹3이 양호한 지역으로 구분될 수 있으며, 평균 출동소요시간과 골든타임 달성률 모두 그룹1이 가장 취약한 결과를 보이고 있다. 따라서 그룹1에 속한 지역을 대상으로 긴급차량 도입여건 검토 및 긴급차량 우선신호제어 출동경로 선정을 수행하였다.

## 2. 긴급차량 우선신호제어 도입여건 검토

긴급차량 출동이 지연되는 원인은 신호교차로로 인한 지체, 교통 혼잡에 의한 지체, 긴 출동거리, 골목길 불법주정차 등이 있으며, 긴급차량 출동지연 지역을 대상으로 그 원인을 분석하기 위해 도입여건을 검토하였다.

<Table 2>를 살펴보면, 긴급차량 출동지연 지역인 그룹1의 출동거리가 가장 긴 것을 확인할 수 있다.

(Table 2) Results of Hierarchical cluster analysis

Group	# of fire station	Average response time(s)	Ratio of achieving golden time	Average distance of trips (km)
1	7	227.1	83.2%	1.76
2	6	206.5	89.1%	1.62
3	10	183.2	96.9%	1.51

(Table 3) Average distance and average speed of trips in group 1

Fire station	Average distance of trips (km)		Average speed of trips (km/h)	
	Response time		Response time	
	under 5 min.	over 5 min.	under 5 min.	over 5 min.
Gangnam	1.7	1.9	32	21.1
Gangseo	1.9	3.2	33.1	30.9
Gwanak	1.9	2.1	35.4	24.3
Gwangjin	1.4	1.9	25.4	19.9
Seocho	1.7	2.5	30.7	27.2
Seongbuk	1.5	2.0	27.5	22.6
Yongsan	1.5	2.1	27.3	23.6

이는 그룹1의 지역 중 출동거리가 길어 긴급차량 출동이 지연되는 지역이 있음을 나타낸다. 이러한 지역은 긴급차량 우선신호제어 시스템을 우선적으로 도입하기 보다는 추가적인 119안전센터 구축이 효과적일 수 있다. 따라서 각 소방서별 출동거리와 출동속도를 분석하여 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입을 통해 개선 가능한 지역을 구분하였다.

<Table 3>에서는 소방서별 출동거리와 출동속도를 출동소요시간 5분 미만과 5분 이상으로 구분하여 제시하였다. 분석 결과, 강서, 서초소방서는 긴 출동거리에 큰 영향을 받고 있었다. 출동거리에 있어 출동소요시간 5분 미만과 5분 이상의 차이가 크게 나타났으며, 출동속도는 5분 미만과 5분 이상에서 큰 차이가 없었기 때문이다. 즉, 속도가 감소할 요인은 없었으나 긴 출동거리로 인해 골든타임 달



성률이 낮아진 것으로 판단할 수 있다. 이에 반해, 강남, 관악, 광진 소방서는 출동거리에 있어 출동소요시간 5분 미만과 5분 이상의 차이가 작았으며 출동속도는 출동 소요시간이 5분 이상이 될 경우 급격히 낮아지는 결과를 보이고 있다. 이러한 결과는 출동거리에 의한 영향은 적으며 출동상황에서 출동속도를 낮추는 요인에 의해 긴급차량 출동이 지연되는 것으로 판단할 수 있다. 일반적으로 긴급차량의 출동속도를 늦추는 주요한 요인은 신호교차로에 의한 지체이며, 이러한 지역에 긴급차량 우선신호제어 시스템을 도입하여 그 효과를 얻을 수 있다.

또한 긴급차량 우선신호제어 시스템을 도입하기 위해서는 기술적 및 정책적 여건을 고려해야 한다. 기술적 여건으로는 신호교차로의 현황을 살펴볼 수 있다. 긴급차량 우선신호제어를 수행하기 위해서는 2010년형 교통신호제어기가 필요하며 2010년형 신호제어기가 기 설치되어 있는 지역은 추가적인 비용 투입이 적어질 수 있다. 또한 지역 내 신호교차로 밀도가 높은 지역은 긴급차량 출동 시 신호에 의한 지체가 발생할 개연성이 높은 지역으로 긴급차량 우선신호제어 시스템 우선 도입 후보가 될 수 있다. 이 외에도 관련 지자체와 상황에 따라 다양한 기술적 및 정책적 여건을 고려할 수 있다. 본 절차는 우선순위 없이 모든 지역을 검토하는 비효율성을 개선하여, 긴급차량 우선신호제어의 효과가 있을 것으로 판단되는 지역을 선정하는 것이 목적이다. 또한 예산 및 도입여건에 따라 여러 개의 대안 지역을 선정할 수도 있다.

본 연구에서는 이러한 점을 고려해 광진소방서를 긴급차량 우선신호제어 도입 지역으로 선정하였다. 출동현황을 살펴보면, 평균 출동거리가 다른 소방서에 비해 가장 짧음에도 불구하고 평균 출동소요시간이 길고, 특히 출동속도가 가장 낮고 5분 이상 소요되는 출동 시 주행속도가 급격히 감소하고 있다. 또한 면적 대비 신호교차로의 비율이 가장 높아 우선신호제어에 따른 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

<Table 4> Current status of signalized intersection in group 1

Fire station	# of signalized intersection / area of district	# of signalized intersection	
		2004 model-year	2010 model-year
Gangnam	5.67	188	36
Gangseo	4.73	163	33
Gwanak	4.09	106	15
Gwangjin	6.45	97	13
Seocho	4.21	165	33
Seongbuk	6.27	143	11
Yongsan	5.67	100	24

<Table 5> Dispatch status of 119 local stations in Gwangjin fire station

119 local station	# of trips	Average response time(s)	Ratio of achieving golden time	Dispatch distance (km)
Guui	348	242	77.3%	1.5
Geumho	154	246	82.5%	1.8
Neung-dong	249	214	89.6%	1.6
Seongsu	343	226	85.7%	1.3
Songjeong	259	223	86.1%	1.4
Junggok	242	243	86.0%	1.5
Haengdang	362	227	84.8%	1.4

### 3. 긴급차량 우선신호제어 도입 출동경로 선정

긴급차량 우선신호제어 도입을 위한 출동경로 선정을 위해 먼저 광진소방서 내 119안전센터의 출동현황을 분석하였다. <Table 5>에서 볼 수 있듯이 구의119안전센터는 출동거리가 길지 않음에도 불구하고 골든타임 달성률이 77.3%로 상당히 낮고 출동건수가 비교적 많다. 따라서 구의119안전센터를 대상으로 긴급차량 우선신호제어 도입 출동경로를 탐색하였다.

긴급차량 우선신호제어 도입 경로를 선정하기 위해서는 현장조사 및 출동인원 의견청취 등이 필요하다. 본 연구에서는 광진소방서 방문 및 구의119안전센터 출동현황 자료 분석을 통해 <Fig. 5>와 같은 긴급차량 우선신호제어 도입경로를 선정하였다.



<Table 6> Dispatch status of Guui 119 local station

Dispatch area	# of trips	Ratio of achieving golden time	Dispatch distance (km)	
			Response time	
			under 5 min.	over 5 min.
Guui-dong	167	83.2%	1.44	1.77
Gwangjang-dong	51	54.9%	2.60	2.65
Jayang-dong	128	78.1%	2.01	1.98
Hwyang-dong	2	100.0%	0.45	-

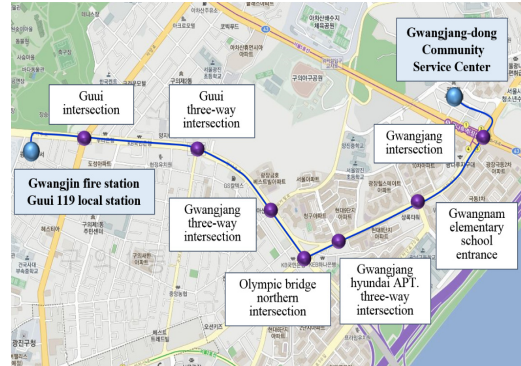
본 연구에서는 광진소방서 방문 및 구의119안전센터 출동현황 자료 분석을 통해 <Fig. 5>와 같은 긴급차량 우선신호제어 도입경로를 선정하였다.

본 경로는 구의119안전센터에서 광장동까지 이어지며 좌회전 우선신호를 포함해 7개의 신호교차로에서 우선신호를 부여받는다. <Table 6>에서 볼 수 있듯이 구의119안전센터에서 광장동으로의 출동은 골든타임 달성률이 54.9%로 상당히 낮으며, 출동 소요시간 5분 미만과 5분 이상의 출동거리 차이가 거의 없는 것으로 볼 때 출동 지연이 출동거리에 의한 영향이 아님을 알 수 있다. 출동거리가 길어지면 긴급차량이 마주치게 되는 교차로의 수도 증가하며 신호교차로의 신호에 따라 골든타임 달성률이 낮아질 수 있다. 따라서 본 경로에 긴급차량 우선신호제어 시스템을 도입하면 긴급차량의 출동 소요시간 및 골든타임 달성률을 개선할 수 있을 것이다.

## VI. 긴급차량 우선신호제어 도입 효과분석

### 1. 시뮬레이션 분석 가정 및 시나리오

긴급차량 우선신호제어 도입 효과분석은 미시적 교통류 시뮬레이션인 PARAMICS를 활용하여 수행하였다. 본 분석의 목적은 긴급차량 우선신호제어 도입을 위한 사전 효과분석이므로 가장 기본적인 시스템 유형과 알고리즘을 선정하였다. 시스템 유



<Fig. 5> The route for EVP implementation in Guui 119 local station

형은 현장제어식으로 긴급차량이 교차로 주변 일정 구간으로 진입할 경우, 그 유무를 검지하여 우선신호를 제공해주는 방식이다. 또한 긴급차량 진입 시 현시삽입(phase insert) 방법으로 우선신호를 제공하며, 올림픽대교 북단 사거리의 경우 좌회전과 직진의 중첩현시로 구성하였으며 나머지 교차로는 직진으로 현시를 삽입하였다. 우선신호 종료 후 보상(Recovery) 알고리즘은 고려하지 않았다.

<Fig. 5>와 같이 분석 구간은 총 연장 2.5km로 구의119안전센터를 시작으로 광장동주민센터로 이어지며, 각 교차로 회전교통량은 비침두(12~2시) 시간대를 기준으로 직접 조사하였고 회전 방향별 교통량 비율을 활용하여 교통량을 입력하였다. 각 교차로 신호현시는 서울시 교통안전시설물관리시스템(T-GIS)를 활용하여 입력하였다. 또한 현실적인 출동현황을 묘사하기 위해 현황자료를 기준으로 각 교차로 회전교통량과 긴급차량 출동 소요시간에 대한 정산을 수행하였다.

효과분석 시나리오는 긴급차량 우선신호제어 도입 전과 후, 비포화( $v/c=0.6$ )와 근포화( $v/c=0.8$ ) 조건으로 구분하여 4개의 시나리오를 분석하였다. 시뮬레이션 분석시간은 총 60분이며, 이 중 15분은 준비시간(Warm-up time)으로 분석에 포함되는 시간은 45분으로 설정하였다. 준비시간 이후 긴급차량이 1대 출동하는 방식으로 각 시나리오마다 50회의 분석을 실시하여 총 200회의 분석을 수행하였다. 마지막으로 효과척도는 긴급차량의 평균 출동소요시간 및

골든타임 달성률, 일반차량의 방향별 지체, 네트워크 전체 지체시간으로 설정하였다.

## 2. 효과분석 결과

시뮬레이션 분석결과 비포화 및 근포화 조건 모두 긴급차량의 평균 출동소요시간이 개선되었다. 또한 출동소요시간의 표준편차도 절반 수준으로 감소하였으며 골든타임 달성률도 개선되었다. 교통상황에 따라 긴급차량 출동 개선효과는 차이가 있었다. 비포화보다 근포화로 혼잡해질수록 긴급차량 출동 개선효과가 줄어드는 결과를 보이고 있으며,

<Table 7> Average response time and ratio of achieving golden time of EV by implementing EVP

v/c=0.6	Average response time(s)	Standard deviation of response time(s)	Ratio of achieving golden time				
				TOD	268.8	27.5	88.0%
Preemption	194.4	12.3	100%				
changes	-27.7%	-55.3%	-				
v/c=0.8	Average response time(s)	Standard deviation of response time(s)	Ratio of achieving golden time				
				TOD	300.7	42.8	54.0%
				Preemption	278.1	22.1	86.0%
				changes	-7.5%	-48.4%	-

이러한 결과는 양륜호(2008)의 연구에서도 언급되고 있다[6]. 우선신호제어를 통해 긴급차량의 신호에 의한 정지 및 감속은 줄일 수 있지만, 차량 혼잡으로 인한 영향은 받게 된다. 따라서 교통조건이 혼잡해질수록 긴급차량은 혼잡의 영향을 받게 되고 출동소요시간 개선효과는 줄어드는 것으로 판단된다.

우선신호제어를 통해 긴급차량의 출동 소요시간이 개선되는 반면 일반차량의 지체는 증가하게 된다. 주도로를 긴급차량과 같은 방향(E→W)으로 주행하는 일반차량의 경우 우선신호제어에 따라 지체

가 감소하고 있지만, 주도로의 긴급차량과 반대 방향(W→E)과 부도로를 주행하는 일반차량의 지체는 증가하고 있다. 특히 부도로의 지체가 상대적으로 크게 증가하고 있으며 비포화 보다는 근포화 조건에서 지체가 더욱 커지고 있다. 근포화 조건에서 부도로의 지체는 기존 TOD방식에 비해 우선신호제어 도입 시 약 71초가 증가한다. 또한 네트워크 전체의 지체시간은 근포화 조건에서 14.5%까지 증가하고 있으며, 차량 당 약 16초 정도의 추가지체가 발생하게 된다. 우선신호제어 도입 시 이러한 추가적인 지체가 일반차량 운전자들이 허용할 수 있는 지체시간 범위인지 검토할 필요가 있을 것이다.

<Table 8> Delay of non-EV by implementing EVP

v/c=0.6 (s/veh)	major road		minor road	Total network
	E→W	W→E		
TOD	87.8	82.9	77.3	82.3
Preemption	71.4	89.0	98.5	87.3
changes	-18.7%	7.4%	27.4%	6.2%
v/c=0.8 (s/veh)	major road		minor road	Total network
	E→W	W→E		
TOD	120.4	118.1	101.2	112.2
Preemption	87.2	129.6	172.1	128.5
changes	-27.6%	9.7%	70.1%	14.5%

## VI. 결론 및 향후 연구

재난상황 발생 시 구조인력의 발 빠른 대응은 재난에 따른 인명과 재산 보호에 직결되는 사안이며, 긴급차량 우선신호제어 시스템은 긴급차량의 출동 여건을 개선할 수 있는 운영방안이다. 그러나 아직까지 국내에 도입된 사례가 없으므로 본 시스템 구축을 위해서는 단계적인 도입방안 필요하다. 이러한 단계적 도입을 위해서는 우선 도입지역 선정이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 출동현황자료를 활용한 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입지역 선정절차를 제시하고 그에 따른 효과를 분석하였다. 먼저 소방서별 긴

급차량 출동현황 분석을 통해 긴급차량 출동지연 지역 분류 기준을 선정하였으며, 이러한 기준을 바탕으로 계층적 군집분석을 수행하고 긴급차량 출동지연이 심각한 지역을 분류하였다. 다음으로 출동지연이 심각한 지역을 대상으로 긴급차량 우선신호제어 도입여건을 검토하고, 안전센터 단위의 시스템 도입경로를 선정하였다.

본 연구에서 제시한 선정절차는 서울을 비롯한 광역지자체 단위의 긴급차량 우선신호제어 시스템 도입 시 활용될 수 있다. 긴급 출동현황 분석을 통해 도입지역 및 경로가 선정되면 사업 추진을 통해 효과평가를 시행하고 그에 따른 수정 및 보완이 필요하다. 이후 점진적인 확대를 통해 해당 지자체에 적합한 긴급차량 우선신호제어 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 도입경로 선정 시 현장조사와 119 안전센터 출동인원의 의견을 반영하였다. 따라서 학술적인 근거를 보강하기 위해 출동여건, 교통상황, 기하구조, 네트워크 토폴로지 등을 입력변수로 활용한 도입경로 선정방안 연구가 추가적으로 필요하다. 또한 도입 효과분석은 가장 기본적인 시스템 유형과 알고리즘을 활용하였으며, 분석 시나리오로 교통량수준만을 고려하였다는 점에서 한계를 갖는다. 혼잡수준 외에도 다양한 재난상황 및 출동상황을 고려한 분석이 향후 연구가 될 수 있다.

추가적으로 출동소요시간과 골든타임 달성률은 신호교차로로 인한 지연뿐 아니라 다양한 원인에 의해 영향을 받게 된다. 본 연구에는 이 지표를 도입지역 선정에 위한 거시적 지표로 활용하였지만, 향후 명확한 인과관계 파악을 위해 출동소요시간과 골든타임 달성률에 영향을 주는 요인 분석이 필요하다. 이러한 원인분석을 위해서는 서울 보다는 교통상황 및 긴급차량 출동현황이 단순한 지역을 대상으로 1차 연구가 진행되어야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] National Disaster Management Institute(2014), *A Study on the Introduction of Traffic Signal System for Emergency Vehicle Dispatch Support*, p.3.
- [2] U.S. Department of Transportation, <http://www.itsdeployment.its.dot.gov>, 2015.11.16.
- [3] Collura J., Rakha H. and Gifford J.(2004), "Guidelines for the Planning and Deployment of Emergency Vehicle Preemption and Transit Priority Strategies," *TRB January 2004 Workshop on Transit Control Priority for Transit and Adaptive Signal Control*.
- [4] Kotani J. and Yamazaki K.(2011), "Expanding Fast Emergency Vehicle Preemption System in Tokyo," *18th ITS World Congress*.
- [5] Choi K., Kim D., Yoon D. and Park S. K.(2006), "The Traffic Management System for Emergency Vehicles Based on DSRC System," *Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. 43-TC, no. 9, pp.40-48.
- [6] Yang R., Lee S. and Oh Y.(2008), "Assessment of Preemption Signal Control Strategy for Emergency Vehicles in Korea," *Journal of Koeran Society of Transportation*, vol. 26, no. 5, pp.63-72.
- [7] Hong K., Jung J. and Ahn G.(2012), "Development of the Emergency Vehicle Preemption Control System Based on UTIS," *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 11, no. 2, pp.39-47.
- [8] Park S., Kim D., Kim M. and Lee J.(2012), "Applicability of Emergency Preemption Signal Control under UTIS," *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 11, no. 5, pp.27-37.
- [9] Lee J. and Seok J.(2013), "A Study on Construction of an Emergency Vehicle Dispatch Support System," *Journal of the Korea Safety and Management Science*, vol. 15, no. 2, pp.95-101.
- [10] Park Y.(2010), "Study of Standard Setting

Method Using the Cluster Analysis,” *Yonsei University Master’s Thesis*.

- [11] Ward Jr. J. H.(1968), “Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function,” *Journal of the American Statistical Association*, vol. 58, no. 301, pp.236-244.

---

저자소개

---



**성 중 기 (Joong Gi Sung)**  
2014년 ~ 현 재 : 제9대 서울특별시의회 의원  
2005년 고려대학교 상임이사  
e-mail : sung738@daum.net



**하 동 익 (Dongik Ha)**  
1992년 Polytechnic Institute of New York University, Ph.D. (Transportation Engineering)  
2011년 ~ 현 재 : 서울대학교 건설환경종합연구소 연구교수  
2001년 ~ 2011년 : (주)제온시스템, (주)인트라스 대표이사  
1995년 ~ 2001년 : 도로교통공단 교통과학연구원 교통운영연구실 실장  
1992년 ~ 1995년 : 한국교통연구원 교통안전기술연구실 실장  
e-mail : dihha@naver.com