

중앙제어방식 긴급자동차 우선신호 현장적용성 분석

Field Application Analysis of Center Control Emergency Vehicle Preemption System

이 용 현* · 한 승 춘** · 정 도 영*** · 강 진 동****

* 주저자 : 서울특별시 교통운영과 주무관, 서울시립대 교통공학과 박사 수료

** 교신저자 : (주) 이지트래픽 대표

*** 공저자 : (주) 이지트래픽 대리

**** 공저자 : 서울특별시 교통운영과 과장

Lee Young-Hyun* · Han Seung-Chun** · Jeong Do-Young*** ·

Kang Jin-Dong****

* Traffic Signal Specialist, Dept. of Transportation Management in Seoul, ABD Transportation Eng. in Univ. of Seoul

** CEO, Easy Traffic Technology, co., Ltd

*** Assistant Manager, Easy Traffic Technology, co., Ltd

**** Director, Dept. of Transportation Management in Seoul

† Corresponding author : Han Seung-Chun, easy.hansc@gmail.com

Vol.18 No.6(2019)

December, 2019

pp.137~154

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

[https://doi.org/10.12815/kits.](https://doi.org/10.12815/kits.2019.18.6.137)

2019.18.6.137

요 약

본 연구에서는 중앙제어방식 긴급자동차 우선신호를 강북소방서 주변 1.782km 구간에 시험하고 그 효과를 분석하였다. 기존 연구를 검토하여 중앙제어방식과 현장제어방식에 대한 장단점을 비교하였고, 소방서 주변 도로 중 평균 통행속도가 높은 상위 지역 중 왕복 4차로에서 6차로에 해당되는 지역을 시험 대상 지역으로 선정하였다. 우선신호는 긴급자동차 속도로 교차로 도착 예정 시각을 산정, 녹색 신호를 연장하는 방식을 적용하였다. 우선신호 적용 효과는 긴급자동차 GPS 궤적을 분석하여 속도와 이동시간으로 분석하였고, 주변 교통흐름에 미치는 영향은 긴급자동차 주행방향과 다른 방향의 대기행렬 길이조사를 통해 분석하였다. 시범사업 결과 긴급차량의 평균 통행시간이 41.81% 감소하였고 혼잡한 몇 개의 교차로를 제외한 대부분의 교차로에서의 지체 증가는 매우 적었다. 향후 Early Green과 전이과정에서 우선신호에 대한 보상 방법에 대한 연구를 한다면 긴급자동차 우선신호 적용지역을 확대할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 긴급자동차, 골든타임, 중앙제어방식 우선신호, 현장적용, 효과평가

ABSTRACT

This study analysed the center control emergency vehicle preemption[EVP] test result on the 1.782 km section around Gangbuk Fire Station. The pros and cons between center control and site control EVP was compared through the review of existing research. The test site was selected based on the higher link speed for choosing low congested area and 4 to 6 lane road. EVP operates green extension under the estimated arrival time to each intersection. This study is about EVP system field application and its evaluation by analyzing EVP operation result with the emergency vehicle's trace, GPS data. The impact on the surrounding traffic was analysed in delay from the queue length survey. Analysis showed the decrease in average travel time 41.81%, but the increase in delay of surrounding traffic slightly. It is expected that EVP can be applied to the expanded area by researching EVP compensation scheme.

Key words : Emergency vehicle, Golden Time, Center Control Preemption system, Field Application, Effect Evaluation

Received 24 October 2019
Revised 11 November 2019
Accepted 10 December 2019

© 2019. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

I. 서론

1. 배경 및 목적

소방·방재, 긴급구난 등 재난 상황에 대한 빠른 대응은 국민의 생명과 재산의 보호에 직결되기 때문에 신속한 구조 및 대응체계의 필요성이 대두되고 있다. NFPA(National Fire Protection Association, 미국 방화 협회)는 총 대응시간을 소방상황실 지령 소요시간(신고시간, 통화 연결 대기시간, 출동지령시간)과 소방차 화재 대응시간(차고탈출시간, 현장 도착 시간, 현장 도착 후 활동개시 시간)으로 구분하는데[Koreatech Industrial-academic Research Group(2015)], 본 연구는 '현장 도착 시간'을 단축하기 위한 중앙제어방식 긴급자동차 우선신호(EVP, Emergency Vehicle Preemption)를 현장 시험하고 그 효과를 분석에 관한 것이다.

<Table 1> 서울시 재난 대응 통계에서와 같이 서울시에서는 2018년 화재가 6,368건이 발생하였고, 구조 출동은 159,846건 중 138,209건 구조를 실행하였고, 559,288건의 응급출동 중 350,387건의 환자를 이송하였다. 즉, 2018년 서울시에서는 긴급자동차가 1,075,889번(A+B+D+E)의 출동하여, 일평균 2,948번, 한 개구 시간당 4.91번 출동하였음을 알 수 있다. 서울시에 EVP를 적용이 매우 필요하지만, 모든 긴급출동에 EVP를 적용하게 되면 서울시 교통상황을 악화할 수 있을 것으로 예상된다.

<Table 1> 2018 Disaster response statistics in Seoul City[Korea National Fire Agency(2019)]

Sortation	Fire (A)	Rescue		First Aid	
		Dispatch (B)	Rescue (C)	Dispatch (D)	Transportation (E)
Numbers	6,368	159,846	138,209	559,288	350,387

중앙제어방식 긴급차량 우선신호제어시스템은 긴급출동 상황을 고려하여 교통상황에 영향을 최소화할 수 있도록 구축하기 위하여, 적용 자동차, 적용 시간 및 적용 공간 세 가지 기준을 기초로 단계적으로 추진하고자 한다. 본 연구는 중앙제어방식 긴급차량 우선신호제어시스템 구축의 기초가 되는 연구로 강북소방서 주변 한천로 1,780m(강북소방서 → 광산사거리) 12개 교차로에 중앙제어방식 EVP를 적용하고, 적용효과와 주변 교통상황 변화를 통해 현장 적용에 대한 분석을 시행하였다.

2. 연구의 범위 및 절차

본 연구의 공간적 범위는 경찰청, 서울지방경찰청과의 협의를 통해 공간적 범위를 강북소방서 인근으로 설정하였고, 연구수행 범위는 중앙제어방식 긴급차량 우선신호제어시스템을 대상으로 EVP 현장시험을 하고, 시험 중 수집한 긴급자동차의 속도, 주변 대기행렬 등 자료를 통한 평가와 분석이다.

본 연구는 크게 4단계로 진행되었다. 첫째 연구방향 정립, 둘째 법제도 검토와 관련 연구 및 이론 고찰, 셋째 현장시험 대상지 결정 및 현장시험(조사), 넷째 조사결과를 바탕으로 효과평가 진행 순으로 수행된다. 절차별 연구내용을 정리하면, 연구방향 정립에서는 연구의 목적과 성격 및 분석항목을 명확히 설정하고, 관련 연구 및 이론고찰을 통해 연구방법론을 정립하였다. 현장시험 대상지를 결정하여 연구의 공간적 범위를 설정한 후 현장조사를 통해 분석에 필요한 데이터를 수집하였다. 이후 조사결과를 토대로 EVP 도입효과와 인접교차로에 발생하는 영향을 분석을 수행하였다.

II. 이론적 고찰

1. 선행연구 검토

EVP는 중앙제어방식과 현장제어방식으로 구분되는데 현장제어방식은 EVP 차내 통신장치(OBE, On-Board Equipment)가 도로변기지국장치(RSE, Road-Side Equipment)를 통해 교통신호제어기와 직접 통신하여 EVP를 수행하는 방식이고, 중앙제어방식은 긴급자동차가 출동지와 목적지를 신호센터에 요청하면 신호센터에서 필요한 교차로에 긴급차량 우선신호를 수행하는 방식이다.

1) 서울시 EVP 구축비용 검토

EVP OBE와 교통신호제어기 교체를 제외한 두 방식의 구축비용은 National Disaster Management Research Institute(2014)에서 구축비용을 기초로 산정하였을 때, 중앙제어방식은 약30억 원, 현장제어방식은 서울시내 4,000개 교차로에 대해서는 약 440억 원과 400개 교차로에 대해서는 약 44억 원이 소요된다.

<Table 2> EVP System Construction Cost

Sortation	Contents		Unit Cost (Million Won)	Site Numbers	Cost (Million Won)
Center Control	Total		3,000		3,000
	EVP Basic Design and Algorithm Development Cost		1,000	1	1,000
	Working Design and Construction Cost for Metropolis	Sub-total	2,000		2,000
		Working Design	150	1	150
		S/W Construction	1,400	1	1,400
		H/W Construction	450	1	450
Site Control (4,000 Controllers)	Total				44,000
	2010 Model Traffic Signal Controller (A 8.5, B 9.0)		8.5	0	0
	TCE(Traffic Signal Control Equipment) (C 6.0, D 5.5)		5.5	4,000	22,000
	PPCU(Preemption and Priority Control Unit) (C 2.5, D 2.8)		2.5	4,000	10,000
	EVP OBE(C 1.5, D 1.5) (※ Exclude Calculation)		1.5	0	0
	Installation and Tuning Cost (C 3.0, D 3.2)		3.0	4,000	12,000
Site Control (400 Controllers)	Total				4,400
	2010 Model Traffic Signal Controller (A 8.5, B 9.0)		8.5	0	0
	TCE(Traffic Signal Control Equipment) (C 6.0, D 5.5)		5.5	400	2,200
	PPCU(Preemption and Priority Control Unit) (C 2.5, D 2.8)		2.5	400	1,000
	EVP OBE(C 1.5, D 1.5) (Exclude Calculation)		1.5	0	0
	Installation and Tuning Cost (C 3.0, D 3.2)		3.0	400	1,200

2) EVP 도입 효과 검토

Yang et al.(2008), Lee et al.(2017), Lee et al.(2018), Korea Road Traffic Authority(2016) 등에서는 EVP 도입 효과를 시뮬레이션을 통해 분석하였다. <Table 3>에서와 같이 Yang et al.(2008)에서는 현장제어방식 시뮬레이션을 통해 분석하였고, v/c가 0.6, 0.8 및 1.0에 대해 지체가 긴급자동차의 경우 95.8%에서 56.2%까지 감소

하였으나 주방향, 부방향 및 대항방향의 일반차량의 경우 2.1%에서 7.8%까지 증가하였다. Lee et al.(2017)에서는 중앙제어방식 시뮬레이션을 통해 분석하였고, 부도로의 v/c가 0.6이고 주도로의 v/c가 0.6과 1.0에 대해 지체가 긴급자동차의 경우 43.5%와 46.5% 감소하였으나 일반차량의 경우 주도로에서 95.0%와 70.9%가 증가하고 부도로에서 10.5%와 27.9%가 증가하였다. Lee et al.(2018)에서는 현장제어방식, 중앙제어방식 및 융합형 제어방식 시뮬레이션 분석 중 중앙제어방식 분석결과에서 부도로의 v/c가 0.6이고 주도로의 v/c가 0.6과 1.0에 대해 지체가 긴급자동차의 경우 26.4%와 33.9% 감소하였으나 일반차량의 경우 주도로에서 95.0%와 70.9%가 증가하고 부도로에서 10.5%와 27.9%가 증가하였다.

Korea Road Traffic Authority(2016)에서는 일반차량의 교통운영 영향 분석에서 EVP를 운영할 경우, 일반차량의 차량지체가 증가하는 교차로가 비슷한 경우보다 많았으나, 포화상태를 제외하고 우선신호로 인해 발생하는 서비스 수준(LOS, Level Of Service)의 변화는 한 단계 이상은 나타나지 않았음을 확인하였고, 포화상태의 경우는 LOS가 두 단계이상 악화된 교차로가 있었음을 확인하였다. 또한 대기행렬 길이를 15분 단위로 확인한 결과, EVP에 의한 일반차량 영향은 포화 시 최대 45분, 근포화 및 비포화 시 최대 30분 정도 지속하는 것으로 확인하였다.

<Table 3> EVP Effectiveness Analysis Results

Origin	Congestion	Delay(sec/vehicle)						Velocity(km/h)					
		Emergency Vehicle			Other Vehicle			Emergency Vehicle			Other Vehicle		
		TOD	EVP	Ratio (%)	TOD	EVP	Ratio (%)	TOD	EVP	Ratio (%)	TOD	EVP	Ratio (%)
Yang et al.(2008)	v/c=0.6	14.3	0.6	-95.6	34.7	36.5	5.1	31.84	49.45	55.3	47.43	47.40	-0.1
	v/c=0.8	47.5	8.1	-82.9	40.8	43.1	5.9						
	v/c=1.0	59.7	26.1	-56.2	72.0	77.7	7.8	30.15	38.16	26.6	42.03	41.47	-1.3
Lee et al(2017)	main v/c=1.0	101	54	-46.5	96.6	165.1	70.9						
	cross v/c=0.6				36.6	46.8	27.9						
	main v/c=0.6	85	48	-43.5	80.1	156.2	95.0						
	cross v/c=0.6				33.4	36.9	10.5						
Lee et al(2018)	main v/c=1.0	313	207	-33.9	176	192	9.1						
	cross v/c=0.6				45	47	4.4						
	main v/c=0.6	265	195	-26.4	133	137	3.0						
	cross v/c=0.6				176	192	9.1						

Korea Road Traffic Authority(2016) 긴급차량 운영매뉴얼에서 LOS에 따라 EVP 사용가능 여부를 정의하고 있으며, 이는 주변교통영향분석 결과를 바탕으로 하고 있는 것으로 LOS A-D의 경우 관련 규정과 지침을 반영한 교차로에 대해 경찰서장의 승인을 받아 시행할 수 있고, LOS E-F의 경우는 서비스 수준을 회복하기 보상을 반영한 복귀 방법을 강구한 교차로에 한하여 지방자치단체장 또는 소방서장의 요청에 대해 경찰서장의 승인을 받아 시행할 수 있다. 그리고 LOS F-FFF의 경우는 보상을 반영한 복귀 방법과 세부적 운영방안을 강구한 신호교차로에 한하여 경찰서장의 요청에 대해 경찰청 또는 지방경찰청 승인을 받아 시행할 수 있다.

<Table 4> EVP Operation Availability[Korea Road Traffic Authority(2016)]

LOS	EVP Permissible Level	Condition	Approbator
A-D	EVP Available	Compliance with regulations and guidelines	Police Chief
E-F	EVP Restrictively Available	Fire Chief's or Local Government Head's request with methods of reflecting LOS recovery	Police Chief
F-FFF	Control of EVP Use	Police Chief's request with methods of reflecting LOS recovery and detailed operational plan of EVP	The chief of the national police agency or a commissioner of a district police agency

3) 현장제어방식과 중앙제어방식 EVP 비교

Lee et al.(2017)은 EVP 시스템을 긴급차량 검지 및 신호제어 범위에 따라 현장제어와 중앙제어로 구분하고, 중앙제어는 긴급자동차 진행 경로상의 모든 교차로의 신호를 제어하는 방법으로 긴급자동차가 각 교차로에 도착하기 전에 미리 대기차량을 소거할 수 있으나, 긴급자동차의 현재 위치 및 교차로 통과 여부를 알기 어려운 경우가 많아 긴급차량의 진행에 따른 유연한 대응이 어려운 단점이 있고, 현장제어는 각각의 교차로 단위로 긴급자동차의 현재 위치 및 통과 여부에 따라 신호를 제어하는 방식으로 교차로의 현재위치 및 통과여부를 고려하여 신호를 제어할 수 있으나 대기차량이 많을 경우 긴급차량이 도착하기 전까지 대기차량을 모두 소거하지 못하여 지체가 발생할 수 있는 단점이 있다고 설명하였다.

National Disaster Traffic Authority(2016)에서는 현장제어방식과 중앙제어방식을 비교하였는데 현장출동상황 관리에서 우선신호 연계가 전자는 최대 4개, 후자는 최대 13개이고, 전자의 경우 RSE의 통신반경 내에 우선신호가 작동하나 후자는 긴급자동차의 위치와 교통 상황에 따라 설정한 시점에 우선신호를 작동할 수 있어 대기행렬 소거에 효과적임을 소개하였다. 위 두 논문 등을 기본으로 중앙제어방식과 현장제어방식은 <Table 5>에서와 같다.

<Table 5> Comparison of Center Control System and Site Control System

Sortation	Center Control System	Site Control System
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> - Any Intersection connected to the EVP center by communication - Emergency vehicle with EVP OBE - EVP can be applied to all route of emergency vehicle - More effective to eliminate queue and more efficient EVP can be made - RSE is not required - Center control EVP construction cost is only for center H/W and S/W, and OBE 	<ul style="list-style-type: none"> - Any intersection with EVP RSE - Emergency vehicle with EVP OBE - EVP can be applied only to the emergency vehicle inside communication range of RSE - Shorter communication range of RSE makes EVP queue elimination less effective - RSE is required - Site control EVP construction cost is for RSE installation included PPC board and OBE
Detection and Communication method	<ul style="list-style-type: none"> - OBE(Tablet or Smart-phone with EVP APP) generates and send origin and destination, and every second emergency vehicle's location to the center by mobile communication network 	<ul style="list-style-type: none"> - OBE generates and send a specific information matter(such as sound, light, WiFi packet, etc) to RSE
Number of Simultaneous Control Intersection	<ul style="list-style-type: none"> - No Restriction 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Site

2. 국내·외 운영사례

1) 국내 운영사례

Kim et al.(2017)에서는 의왕시 경수산업도로 5개 교차로, 1,910m 구간을 대상으로 EVP를 시범설치 하였다. 의왕시 시스템은 신호등 철주의 RSE를 설치하여 긴급차량 내 차량단말기와 통신을 통해 우선신호를 주는 현장제어방식으로 긴급차량 통행시간이 24 ~ 35% 감소하는 효과가 분석되었다.

2017년 골든타임 확보 목표를 달성하기 위해 수동 EVP를 시범 도입하였고 현재 정식운영하고 있다. 청주시는 수동 중앙제어방식으로 제어하고 있으며, 소방관이 무전기로 우선신호 제어를 요청하면 센터에서 CCTV를 통해 긴급차량의 위치를 파악하고 신호운영자가 해당 교차로의 긴급차량 진행방향의 현시를 유지하여 녹색시간을 연장하는 방식으로 운영하고 있다. The Korea Transport Institute(2017)에서 청주시 시범운영 결과는 소방차 이동시간이 평균 40.8%, 구급차 이동시간은 45.3% 감소한 것으로 분석하였다.

2) 해외 운영사례[National Disaster Management Research Institute(2014)]

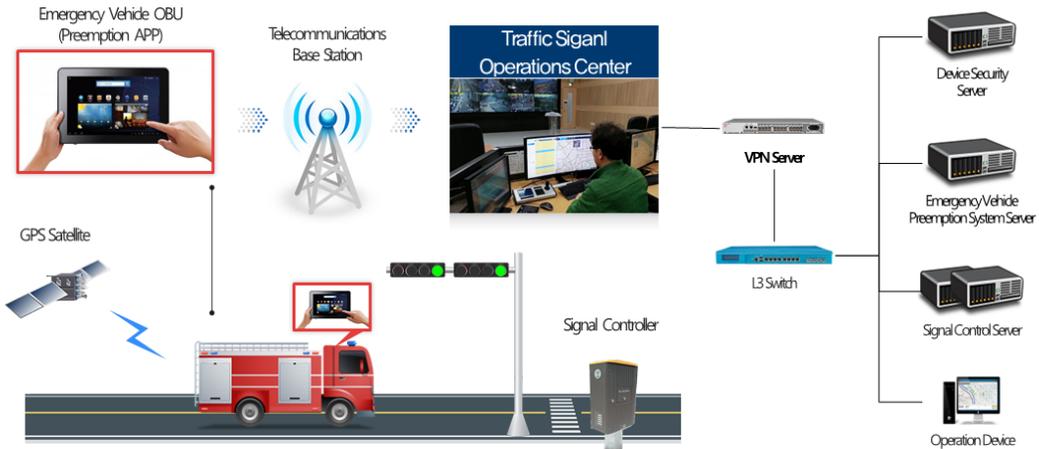
미국 미네소타 세인트폴에서는 약700m 범위를 검지하는 EVP를 1969년부터 1976년까지 7년 동안 285개 교차로에, 2004년까지 368개 모든 교차로에 설치하고 있고, 텍사스 플라노에서는 약 500m 범위를 검지하는 EVP를 1980년대 초 3년 동안 46개 교차로를 재정비하고 이후 매년 10-17개 교차로에 추가 설치하는 등 미국 78개 대도시 신호교차로 중 약 20%에 설치하고 있다.

일본은 FAST(Fast Emergency Vehicle Preemption System, 빠른 긴급차량 우선신호 시스템)를 통해 긴급차량이 우선 통행하여 신속하게 주행할 수 있도록 신호를 제어하고 있으며, 교통관제센터가 긴급차량우선신호 노선을 주행할 때 우선신호를 제공하는 중앙 집중 방식으로 운영하고 있다. FAST는 삿포로시에 2004년 32대의 자동차가 FAST 장비를 장착하여 노선의 평균주행시간이 16.5% 단축되었고, 긴급자동차 운전자 67%가 주행하기 쉬웠다고 응답하고 응답자 83%가 FAST 확대에 찬성하였다. 지바현은 2004년부터 27개 구간에 시스템을 구축하고 고베시는 2006년에 이를 도입하였다.

Ⅲ. 중앙제어방식 긴급차량 우선신호 시스템

1. 시스템 구성

중앙제어방식 긴급차량 우선신호제어시스템은 센터에서 현장의 교통신호제어기를 원격제어하는 방식으로, 서울시의 경우 약 4,000여대의 신호제어기 중 99% 이상이 무선 온라인으로 센터와 연결되어 있다. 시스템 구성은 긴급자동차에는 OBE가 필요하며, 센터에는 신호서버에 접속할 수 있는 VPN(Virtual Private Network) 보안서버, 신호제어서버와 데이터 통신이 가능한 우선신호 App서버, 우선신호를 요청받을 때 확인 및 승인이 가능한 우선신호 S/W로 구성되어 있다. 시스템 구성도는 [Fig. 1> 중앙제어방식 긴급차량우선신호 시스템 구성도]과 같다.



<Fig. 1> Center Control Emergency Vehicle Preemption System Diagram

2. 시스템 운영

중앙제어방식 긴급차량 우선신호제어시스템의 운영 방식은 OBE의 우선신호 App에서 센터로 우선신호 지원요청을 보내면 운영자가 이를 승인한다. 승인 후 OBE는 긴급차량의 현재 위치와 목적지를 우선신호 App 서버에 전송하게 된다. 우선신호 App서버는 현 위치와 목적지를 기반으로 목적지까지의 경로, 경로 중에 있는 교차로와 제어기 리스트, 도착예정시간을 신호제어서버와 OBE로 전송한다. EVP가 시작되면 신호제어 서버가 우선신호 App서버와 운영자 PC로 교차로의 현시상태를 전송하고, 우선신호 App서버에서는 OBE로 현시상태를 다시 전송하게 된다. OBE는 1초 간격으로 긴급차량 위치를 우선신호 App서버로 전송하고, 우선신호 App서버는 전송된 데이터를 기반으로 도착예정시간 산출 후 신호제어서버에 전송한다. 긴급차량이 해당 교차로를 통과하면 해당 교차로에 대한 EVP를 종료하고 일반신호로 복귀한다.

3. EVP 제어기법과 주요 적용 기술

1) 긴급자동차 위치확인

긴급자동차 OBE에서 1초 간격으로 긴급자동차 현재위치에 대한 GPS 좌표(x, y)를 생성하고 이를 우선신호 App서버로 전송하면, 경로상의 링크와 최소거리의 지점을 찾는 방법으로 맵 매칭을 하여 긴급자동차 현재 위치로 결정한다. 현재 위치를 결정할 때 이전까지의 지나온 경로를 통해 오차를 최소화 한다.

2) 경로 및 통과 교차로 탐색

긴급자동차 OBE의 어플리케이션을 통해 목적지를 입력하고, OBE에서 이 정보를 우선신호 App으로 전송하면, 우선신호 App서버에서 최적경로 알고리즘을 통해 목적지까지의 빠른 경로를 탐색하고, 목적지까지의 경로에서 통과하는 모든 교차로에 요구되는 이동류를 탐색한다.

3) 긴급자동차와 교차로 사이 거리 계산 및 도착예정시간 산출

긴급자동차 현재 위치와 목적지까지 경로 상의 각 교차로까지의 거리를 산출하고, 이 거리를 긴급자동차의 주행속도로 나누어 도착예정시간을 산출한다.

4) 녹색시간 연장 판단

긴급자동차 속도와 긴급자동차 위치와 각 교차로별 거리를 계산하여 경로 상의 각 교차로들 중 해당 이동류 녹색신호가 한 주기 안에 도착하는 지를 판단하여, 긴급자동차가 한 주기 안에 도착하는 것으로 판단되면 그 주기 녹색시간을 연장하고, 주기 안에 도착하지 못할 시 그 다음 주기에 동일하게 긴급자동차가 한 주기 안에 도착하는 것을 판단하여 해당 교차로의 녹색시간을 연장할지를 결정한다. 이후 교통정보시스템을 통하여 대기행렬을 판정하고, 이 대기행렬 소거하는 시점을 결정하여 녹색신호 부여하는 시점을 산정하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

5) 우선신호 종료 및 일반신호 복구

긴급자동차가 교차로 통과를 GPS를 통한 현재위치로 판정하고, 긴급자동차 중 지휘차량에만 OBE를 설치한 경우 긴급자동차 편성을 참조하고 차두시간 등을 감안하여 우선신호 종료 시점을 결정한다. 이번 시험의 경우에는 시험차량의 현재 위치를 기준으로 우선신호 종료를 결정하였다.

EVP 제어로 녹색시간이 연장되고 긴급차량이 교차로를 통과하면 통과한 교차로에 대한 EVP가 즉시 종료되고 일반 신호로 1주기에서 최대 3주기 내 전이과정을 거쳐 복구하게 된다. 다만, 본 연구에서는 EVP 실행에 따른 대항방향 또는 부 방향에 대한 신호시간 보상은 적용하지 않았다.

IV. 현장시험 및 분석 방법론

1. 현장시험 대상지(소방서) 및 시험 시간 선정

시험 장소 선정은 긴급차량 우선신호 구간에 대한 효과를 높이기 위하여 소방서 인접도로를 기준으로 하고, 일반도로에서와 다른 효과가 나올 우려가 있는 중앙버스전용차로 구간을 제외한 왕복 4-6차로 도로를 대상으로 하였다. 이중 종로 등 주요도로와 인접한 곳과 일방통행 주변도로의 경우는 제외하였다.

<Table 6> Road Status near Fire Stations

Fire Station	Street name	No of Lane	Note	Fire Station	Street name	No of Lane	Note
Gangnam	Teheran	8	Side bus lane	Seodaemun	Yeonhui	4	
Gangdong	Seongnae	4	Near main road (Olympicro)	Seocho	Sapyeongdae	8	
				Seongdong	Salgojigil	4	
Gangbuk	Hancheon	6			Majo	2	
Gangseo	Yangcheon	7		Seongbuk	Jongam	8	Side bus lane
Gwanak	Gwanak	6-8		Songpa	Munjeong	4	
					Macheon	4	
Gwangjin	Gwangnaru	2-6		Yangcheon	Mokdongseo	4	Near one-way
Guro	Gyoungin	10≤	Median bus lane	Yeongdeungpo	Mullaee	6	
	Jungang	6-7			Yeongjung	6	
Nowon	Hangeulbiseok	6		Youngsan	Hangangdae	10≤	Median bus lane
Dobong	Dobong	8	Median bus lane	Eunpyeong	Dongil	8	Median bus lane
Dongdaemun	Janghan	6		Jongno	Jongno1gil	2-4	Near main road
Dongjak	Yeouidaebang	6	Median bus lane	Jungnang	Sinnae	8	
Mapo	Changcheon	4		Jungbu	Toegye	8	Side bus lane
	Seogang	8			Dasan	2-3	

Yang et al.(2008), Lee et al.(2017), Lee et al.(2018), Korea Road Traffic Authority(2016) 등에서 대기행렬 소거 등으로 인하여 포화도가 낮은 지역에서 EVP의 효과가 높다고 하였고, Korea Road Traffic Authority(2016) 긴급차량 우선신호 운영 매뉴얼(안)에서 우선신호 사용 가능한 LOS A-D인 지역을 시험 대상지로 선정하였다. 직접 포화도를 측정하지 못하여 소방서 주변 도로에 대한 TOPIS 평균속도[Seoul Metropolitan Government(2017)]가 높은 1-8 순위와 골든타임 달성도 또한 순위가 높은 1-8 순위의 곳을 시험 대상지를 선정하는 기준으로 하였다.

<Table 7>에서 TOPIS 평균속도가 오전, 낮, 저녁과 전일에 대해 모두 1-8 순위를 만족하는 곳은 강북소방서, 광진소방서, 동작소방서, 성동소방서, 양천소방서와 중랑소방서 6개소였고, 이중 Sung and Ha(2016)의 골든타임 달성도가 1-8 순위를 만족하는 소방서는 강북소방서가 해당되었다. 강북소방서 주변 한천로는 <Table 6> 도로 구조 기준에도 부합하여 강북구 한천로를 EVP 시험 대상지로 선정하였다.

강북소방서 주변 한천로의 아침 속도는 양방향 26.4km/h(NB 28.5km/h, SB 24.7km/h)로 가장 높았으나 EVP 시험으로 예기치 않은 지체가 발생할 경우를 피하기 위하여 아침 시간을 제외하였고, 낮 속도 양방향 23.9km/h(NB 24.7km/h, SB 23.2km/h)와 오후 속도 양방향 21.3km/h(NB 21.2km/h, SB 21.5km/h)에서 속도가 높은 낮 시간으로 선정하고, 시험 시행 시간은 14시에서 16시까지로 선정하였다.

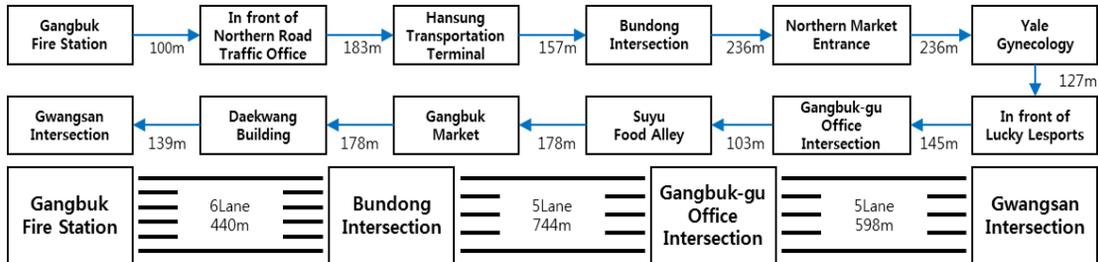
Do(2004) 교통량에 대한 요일 변동 특성은 토요일과 일요일을 제외한 평일의 교통량은 요일별로 큰 차이를 발견할 수 없는 것이 보통이나 주초와 주말의 특성을 염려하여 시험일은 화요일과 목요일로 결정하였다.

<Table 7> Average Speed near Fire Station[Seoul Metropolitan Government(2017)]

Fire Station	Dist. (km)	Speed(km/h)				Fire Station	Dist. (km)	Speed(km/h)			
		7-9	12-14	17-19	All-day			7-9	12-14	17-19	All-day
Gangnam	13.6	24.9	20.8	17.9	21.5	Seodaemun	4.2	24.7	22.6	19.5	22.5
	Rank	14	20	21	17		Rank	15	11	12	13
Gangdong	1.0	24.5	20.2	19.5	21.4	Seocho	3.8	27.7	24.5	19.4	24.2
	Rank	16	21	12	18		Rank	5	6	15	6
Gangbuk	11.8	26.4	23.9	21.3	23.9	Seongdong	4.5	30.4	26.2	24.6	26.5
	Rank	7	7	6	7		Rank	1	4	2	3
Gangseo	7.4	25.2	23.4	20.7	23.5	Seongbuk	2.2	25.0	22.9	18.9	23.1
	Rank	12	8	7	8		Rank	13	9	16	9
Gwanak	2.4	25.9	21.5	17.9	22.4	Songpa	6.2	23.6	21.5	20.3	21.8
	Rank	8	15	21	14		Rank	19	15	8	16
Gwangjin	6.6	28.8	26.9	22.7	26.3	Yangcheon	2.3	26.7	25.2	23.4	25.5
	Rank	4	3	5	4		Rank	6	5	3	5
Guro	13.3	22.0	21.6	18.9	21.2	Yeongdeungpo	3.2	21.9	18.8	17.6	19.7
	Rank	23	14	16	19		Rank	24	23	23	23
Nowon	5.9	22.5	20.9	18.9	21.0	Youngsan	4.2	25.6	22.0	18.9	22.8
	Rank	22	19	16	21		Rank	10	13	16	11
Dobong	10.0	25.9	22.8	19.8	22.9	Eunpyeong	11.7	25.5	22.6	19.3	22.7
	Rank	8	10	11	10		Rank	11	11	15	12
Dongdaemun	2.1	23.3	21.0	20.3	21.2	Jongno	0.5	23.5	19.0	18.4	20.7
	Rank	21	18	8	19		Rank	20	22	20	22
Dongjak	6.6	29.1	27.1	22.9	26.9	Jungnang	3.0	29.5	27.3	25.4	27.4
	Rank	3	2	4	2		Rank	2	1	1	1
Mapo	2.6	24.4	21.2	20.3	22.2	Jungbu	7.4	23.7	18.0	15.8	19.2
	Rank	17	17	8	15		Rank	18	24	24	24

2. 현장시험 운행구간 현황

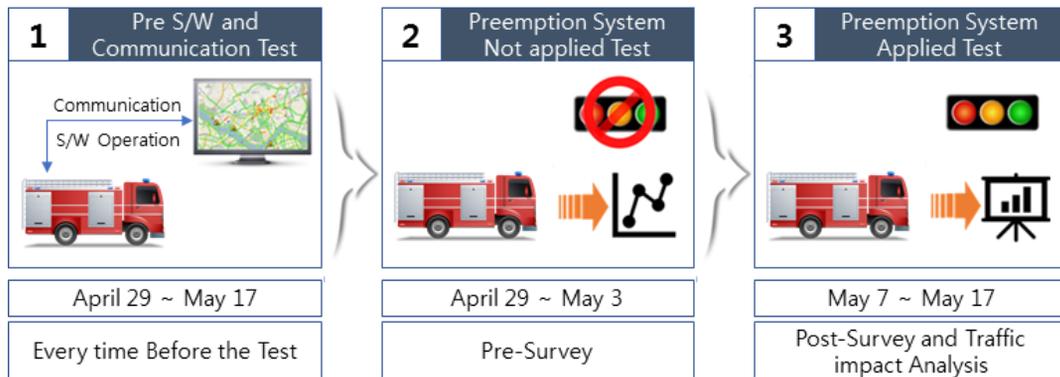
현장시험 구간은 강북소방서 앞 ~ 광산사거리까지 12개 교차로 1,782m 구간으로 양방향이 아닌 강북소방서 → 광산사거리 방향으로 선정하였고, 교차로 및 차로 수는 아래 [Fig. 2> 시험구간]와 같다.



<Fig. 2> Target road Status

3. 현장시험 수행방안

현장시험은 긴급차량 우선신호 사전 S/W 및 통신테스트, 우선신호 미적용 사전 현장시험, 우선신호 적용 사후 현장시험 및 대상지 주변 교통영향 분석을 수행하였다. 현장시험 중 발생하는 문제를 최소화하기 위해 시험 전 S/W 및 통신테스트를 진행하여 운영단말의 작동과 우선신호 S/W의 정상작동을 확인하였고, EVP 운영 효과와 대상지 주변 교통영향을 분석하기 위해 운영 전(사전), 운영 후(사후) 현장 조사를 실시하였다. 시험 단계별 일정은 아래 [Fig. 3> 현장 시험 수행 절차]과 같이 진행하였다.



<Fig. 3> Procedures for conducting field tests

4. 현장조사

현장조사는 EVP 운영효과와 대상지 주변 교통영향을 분석하기 위해 구간 통행시간과 교차로 대기행렬길이를 조사하였다. 운영효과를 평가하기 위해 우선신호 도입 전·후 통행시간 감소효과를 분석하고, 우선신호가 부여되는 접근로 외의 방향 접근로에서 발생하는 지체를 확인하기 위해 대기행렬길이를 분석하였다. 통

행시간은 강북소방서에서 소방차 1대를 지원받아 소방차가 대상 구간을 운행하며 OBE의 GPS 기록과 조사원 수기 기록 2가지 방법으로 통행시간을 측정하였으며, 대기행렬길이는 주요 교차로인 강북구청사거리, 번동사거리 2개 교차로에서 조사원이 측정하였다.

조사일정은 요일별 교통량 변동을 고려하여 변동을 최소화하기 위해 주간 교통량의 변동이 적은 화요일, 목요일에 맞춰 조사를 수행하였다.

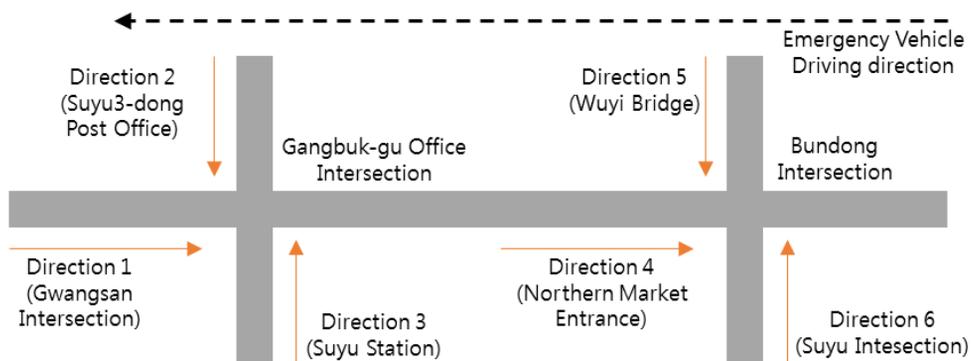
<Table 8> Survey item and survey method

Analysis Item	Survey Item	Survey Method	Survey Count	Survey Schedule	
				Pre-Survey	Post-Survey
Preemption Operational effect	Travel time	GPS History Investigator Records	8	April 30, May 2 (14:00 ~ 16:00)	May 7, 9, 14, 16 (14:00 ~ 16:00)
Traffic Impact	Queue Length	Investigator Records	2 days (Survey per cycle)	May 7, May 9 (13:00 ~ 17:00)	

통행시간은 사전 / 사후 각각 총 8회 운행에 대한 통행시간을 기록하였으며, 대기행렬길이는 요일 별 대기행렬길이가 달라지기 때문에 동일한 날짜에 운영 전 1시간, 운영 후 1시간을 측정하여 대기행렬길이 변화를 측정하였다. 대기행렬길이는 신호차량으로 인해 처음 접근로에 발생한 초기대기행렬과 해당 주기에 발생한 최대대기행렬길이 2가지를 측정하였다.

5. 현장조사 대상 지점

현장조사 지점은 통행시간 조사구간과 대기행렬길이 조사지점으로 구분할 수 있다. 통행시간 조사 구간은 시범운영 구간과 동일하며, 대기행렬길이 조사 지점은 주요 교차로인 번동사거리, 강북구청사거리로 선정하였다. 교차로 별 4개의 접근로에서 긴급차량이 이동하는 구간의 접근로를 제외한 3개 방향의 접근로에 대해 조사를 수행하였다.



<Fig. 4> Queue length measurement section

6. 효과지표 및 검정방법

1) 효과지표

운영효과 분석과 교통영향 분석을 위한 효과지표로는 MAE(Mean Absolute Error, 절대 평균 오차), MAPE(Mean Absolute Percentage Error, 절대 백분율 오차)를 사용하였으며, 시험 시행 8회가 적은 표본수로 정규성을 확인하지 못하여, 이에 대한 보완을 위해 Mann-Whitney U-Test를 통해 사전·사후 평균의 차이에 대한 통계검정을 수행하였다.

$$MAE = \left(\sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \right) / n \dots\dots\dots (1)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - x_i}{y_i} \right| \dots\dots\dots (2)$$

2) 통계검정 방법

통계검정 방법에는 모수적 통계검정과 비모수적 통계검정 두 가지 방법이 있다. 모수적 통계검정은 관측 값이 특정한 확률분포, 정규분포, 이항분포 등을 따른다고 전제한 후 그 분포의 모수(parameter)에 대해 검정을 실시하는 방법이며, 비모수적 통계검정은 모집단이 정규분포를 따른다는 가정을 할 수 없는 경우에 모집단의 분포 유형에 관계없이 적용할 수 있는 방법이다. 이번 현장조사의 결과 표본의 크기(sample size)가 작아(<30) 모집단에 대해 어떠한 분포도 가정할 수 없기 때문에 비모수적 통계검정을 사용하였다.

비모수적 통계검정에도 여러 가지 종류 중 Mann·Whitney U-test를 사용하였다. Mann-Whitney 검정은 서로 다른 두 집단의 차이를 분석하는 T-test와 달리 자료의 수치가 순위 척도이거나 혹은 집단의 표본 수가 30 미만이면서 정규성을 만족하지 못하는 경우에 사용하는 검정방법이기 때문에 이를 검정방법으로 선정하였다.

<Table 9> Non-parametric statistical test comparison

Analytical method	Purpose of Analysis	Null hypothesis(H0), Alternative hypothesis(H1)	Basic assumption
Mann-whitney U test	Average comparison between two groups	H0: No mean difference between the two groups H1: Difference in mean between the two groups	1. Parametric Statistical Techniques Not Available 2. Number of sample<30 3. The dependent variable is nominal or sequence
Wilcoxon Signed-Rank test	Average comparison between two groups	H0: No mean difference between the two groups H1: Difference in mean between the two groups	

V. 효과평가

1. 운영효과 평가

EVP 운영효과를 평가하기 위해 사전·사후 통행시간 감소효과를 분석하였다. 사전조사는 소방차가 일반 신호를 준수하며 8회 운행한 결과이며, 사후조사는 EVP를 적용한 우선신호 하에서 소방차가 8회 운행한 결과이다.

1) 통행시간 조사결과

사전·사후조사 결과는 [Table 6> 이동시간 조사 결과]에 나타났으며, 사전조사에 비해 사후조사에서 통행시간이 감소하였다는 것을 알 수 있다.

<Table 10> Result of travel time survey

Classify	Count	Test day	Day of the week	Departure	Arrival	Travel Time
Pre-Survey	1	2019. 04. 30	Tuesday	13:50:20	13:56:02	342 sec
	2	2019. 04. 30	Tuesday	14:11:35	14:18:00	385 sec
	3	2019. 04. 30	Tuesday	14:35:28	14:40:40	312 sec
	4	2019. 04. 30	Tuesday	14:53:55	15:01:12	437 sec
	5	2019. 05. 02	Thursday	14:05:16	14:11:20	364 sec
	6	2019. 05. 02	Thursday	14:25:08	14:30:55	347 sec
	7	2019. 05. 02	Thursday	14:44:05	14:51:20	435 sec
	8	2019. 05. 02	Thursday	15:05:55	15:13:53	478 sec
Post-Survey	1	2019. 05. 07	Tuesday	14:35:05	14:40:03	298 sec
	2	2019. 05. 09	Thursday	14:10:05	14:13:20	195 sec
	3	2019. 05. 09	Thursday	15:06:00	15:08:56	156 sec
	4	2019. 05. 09	Thursday	16:04:11	16:08:35	264 sec
	5	2019. 05. 14	Tuesday	15:05:35	15:08:58	203 sec
	6	2019. 05. 14	Tuesday	16:00:19	16:03:10	171 sec
	7	2019. 05. 16	Thursday	14:06:05	14:09:23	198 sec
	8	2019. 05. 16	Thursday	15:03:41	15:09:00	319 sec

2) 통행시간 감소 효과 분석

정확한 EVP의 통행시간 감소효과를 분석하기 위해 평가지표인 MAE와 MAPE를 산출하여 결과를 비교하였다. 조사 요일인 화요일, 목요일 간의 교통량 차이를 구분하기 위해 요일별 MAE, MAPE와 전체 평균 MAE, MAPE를 산출하여 분석하였다. 화요일은 2분 25초의 통행시간 감소, 목요일은 2분 59초의 통행시간 감소로 모든 요일에서 통행시간이 감소하였으며, 화요일과 목요일의 차이는 있지만 큰 차이는 없으며, 전체적으로 2분 42초의 통행시간이 감소하여 기존 통행시간 대비 41.81%의 통행시간 감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

<Table 11> Pre/post survey & comparison by indicator

Classify	Pre-Survey	Post-Survey	MAE	MAPE
Tuesday	369Sec(6min 09Sec)	224Sec(3min 44Sec)	145Sec(2min 25Sec) ▼	39.30% ▼
Thursday	406Sec(6min 46Sec)	226Sec(3min 46Sec)	180Sec(2min 59Sec) ▼	44.24% ▼
Average	388Sec(6min 27Sec)	226Sec(3min 45Sec)	162Sec(2min 42Sec) ▼	41.81% ▼

산술적인 차이는 분석되었으나, 통계적인 평균차이를 검증하여 통계적으로 평균의 차이를 확인하여 긴급차량 우선신호의 효과를 판단해 볼 필요가 있다. 이는 사전 · 사후 통행시간 집단 간 순위를 분석한 후 Mann-Whitney 검정을 사용하여 분석하였다. 통행시간 집단 간 순위 분석의 결과는 아래의 [Table 8] 이동시간 순위 분석]과 같으며, 통행시간 평균의 검정통계량은 <Table 9>와 같다.

<Table 12> Rank analysis by travel time group

Group	N(Count)	Average Rank	Rank Sum
Pre-Survey	8	12.38	99.00
Post-Survey	8	4.63	37.00
Sum	16		

<Table 13> travel time test statistic

Analysis Item	Travel Time
Mann-Whitney U	1.000
Wilcoxon W	37.000
Z	-3.256
Approximate Significance Probability(Both Sides)	0.001
Accurate Significance Probability	0.000

Mann-Whitney U-test 결과 유의확률 p값이 0이므로 귀무가설(‘두 집단 간 평균 차이가 없다’)을 기각하였기 때문에 대립가설(‘두 집단간 평균 차이가 있다’)을 채택하였다. 따라서 사전조사 통행시간과 사후조사 통행시간 그룹 간 통행시간은 통계적으로 유의한 차이가 있으며, 긴급차량 우선신호의 도입효과가 있다고 분석되었다.

2. 주변 접근로 영향 분석

대기행렬길이는 긴급차량 우선신호로 인해 발생하는 주변 접근로의 영향을 파악하기 위해 조사를 실시하였다. 대기행렬길이는 요일별, 주별 교통량의 차이와 갑작스런 장기 주정차 등으로 인해 대기행렬길이의 차이가 발생하기 때문에 동일한 요일에 운영 전·후를 구분하여 조사를 수행하였다.

그리고 일반 시민들은 대기행렬길이에 교통혼잡을 체감하기 어렵기 때문에 통과주기 횟수를 산출하였으며, 통과주기 횟수를 산출하기 위해 대기행렬길이는 최대대기행렬, 초기대기행렬 2가지 대기행렬을 조사하였다.

1) 대기행렬길이 분석

대기행렬길이 분석은 조사한 대기행렬길이 중 접근로의 교통수요를 나타내는 지표인 최대대기행렬길이를 이용하여 분석하였다. 대기행렬길이 지점인 강북구청사거리, 번동사거리의 긴급차량 진행방향 외 3개 접근로의 EVP 운영 전·후 변화량을 분석하였으며, 강북구청사거리의 분석결과는 [<Table 10> 강북구청 교차로 접근로 대기행렬 길이]와 같고, 번동사거리 분석결과는 [<Table 11> 번동사거리 접근로 대기행렬 길이]와 같다.

강북구청 교차로에서는 대부분의 접근로에서 대기행렬길이가 증가하는 결과나 분석되었으며, 특히 광산사거리 방면에서 접근하는 접근로의 대기행렬길이가 크게 증가하였다. 이는 강북구청 교차로의 경우 교통량이 집중되는 CI(Critical Intersection)인 특성을 가지고 있어 진행방향의 현시가 긴급차량에 소요되어 지체가 증가하는 것으로 분석되었다.

반면, 번동사거리에서는 대기행렬길이가 크게는 북부시장 입구 방면 접근로에서 41m 증가한 상황도 있었지만, 평균적으로 운영 전·후 큰 차이가 없어 긴급차량 우선신호로 대기행렬길이의 증가, 즉, 차량 지체가

발생하지 않았다는 것으로 분석되었다.

이를 통해 긴급차량 우선신호의 운영으로 교통량이 밀집되는 교차로에서는 차량의 지체가 발생하지만, 교통량이 비교적 적은 교차로에서는 지체가 발생하지 않을 수 있다는 것을 알 수 있다.

<Table 14> Queue length by access road in Gangbuk-gu Office Intersection

Count	Direction 1 (Gwangsan Intersection, m)			Direction 2 (Suyu3-dong Post Office, m)			Direction 3 (Suyu Station, m)		
	Before	After	Difference	Before	After	Difference	Before	After	Difference
1	338	364	+ 26	86	104	+ 18	122	214	+ 92
2	138	354	+ 216	136	140	+ 4	229	239	+ 10
3	284	322	+ 38	84	78	- 6	238	208	- 30
4	252	382	+ 130	66	114	+ 48	191	244	+ 53
Average	253	336	+ 103	93	109	+ 16	195	226	+ 31

<Table 15> Queue length by access road in Bundong Intersection

Count	Direction 4 (Northern Market Entrance)			Direction 5 (Wuyi Bridge)			Direction 6 (Suyu Intersection)		
	Before	After	Difference	Before	After	Difference	Before	After	Difference
1	89	70	19	196	182	14	73	85	+ 12
2	72	113	+ 41	198	190	8	66	81	+ 15
3	85	81	4	196	198	+ 2	76	62	14
4	108	91	- 17	190	188	2	63	66	+ 3
Average	88.5	88.8	+ 0.3	195.0	189.5	5.5	69.5	73.5	+ 4

2) 통과주기 횡수 분석

통과주기 횡수(Cycle Failure)는 운전자들이 해당 교차로를 통과하는데 기다리는 신호 횡수를 뜻하며, 일반 시민들에게 대기행렬길이에 비해 쉽게 설명할 수 있는 지표로 조사된 데이터에서 이상치를 제거한 후 주기별 통과주기 길이를 산출하고, 통과주기를 산출하는 절차로 통과주기 횡수를 산출하였다.

$$\text{주기별 통과길이} = \text{전주기 최대 대기행렬길이} - \text{현주기 초기 대기행렬길이} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{통과주기} = \text{최대대기행렬길이} \div \text{주기별 통과길이} \dots\dots\dots (4)$$

강북구청 교차로 접근로의 통과주기 횡수 분석 결과 대기행렬길이가 크게 증가하였던 광산사거리 방면 접근로에서 평균 통과주기가 1.55회에서 3.03회로 1~2회의 주기를 추가로 대기해야하는 분석결과가 나타났다. 수유3동 우체국 방면 접근로와 수유역 방면 접근로의 통과주기 횡수는 소폭 증·감하여 기존 통과주기 횡수에서 큰 변화가 없는 것으로 분석되었다.

변동사거리에서는 신호를 통과하기 위해 대기하는 횡수가 최대 2주기를 넘지 않는 상황에서 EVP 운영으로 통과주기 횡수는 크게 변화되지 않았다.

<Table 16> Cycle Failure by access road in Gangbuk-gu Office Intersection

Count	Direction 1 (Gwangsan Intersection)			Direction 2 (Suyu3-dong Post Office)			Direction 3 (Suyu Station)		
	Before	After	Difference	Before	After	Difference	Before	After	Difference
1	1.10	1.80	+ 0.70	0.40	2.10	+ 1.70	0.20	0.90	+ 0.70
2	1.50	3.70	+ 2.20	3.40	2.90	- 0.50	1.90	1.30	- 0.60
3	1.80	2.90	+ 1.10	1.20	1.40	+ 0.20	2.50	1.30	- 1.20
4	1.80	3.70	+ 1.90	1.10	2.10	+ 1.00	1.10	1.20	+ 0.10
Average	1.55	3.03	+ 1.48	1.53	2.13	+ 0.60	1.43	1.18	- 0.25

<Table 17> Cycle Failure by access road in Bundong Intersection

Count	Direction 4 (Northern Market Entrance)			Direction 5 (Wuyi Bridge)			Direction 6 (Suyu Intersection)		
	Before	After	Difference	Before	After	Difference	Before	After	Difference
1	0.10	0.00	- 0.10	1.40	1.50	+ 0.10	0.10	0	- 0.10
2	1.20	1.50	+ 0.30	1.60	1.20	- 0.40	1.00	1.00	-
3	1.10	1.10	-	1.50	1.60	+ 0.10	0.90	1.00	+ 0.10
4	1.10	1.10	-	1.20	1.60	+ 0.40	0.90	1.30	+ 0.40
Average	0.88	0.93	+ 0.05	1.43	1.48	+ 0.05	0.73	0.83	+ 0.10

VI. 결 론

본 연구에서는 중앙제어방식 EVP 운영에 따른 운영효과(긴급차량 통행시간 감소효과)와 인접 교통류 영향 분석(긴급차량 우선신호 운영에 따른 타 접근로 발생 영향)을 수행하였다.

EVP 운영효과로 긴급차량의 통행시간은 평균 2분 42초의 통행시간 감소효과가 나타났으며, 이 수치는 기존 통행시간 대비 41.81% 감소한 수치로 분석되었다. 비모수적 통계검증을 통해 통계적 유의성을 검정한 결과 정량적으로 검증되었다.

일반적으로 긴급차량 우선신호로 다른 방향의 지체가 증가된다는 우려로 EVP 운영에 따른 타 접근로에 발생하는 영향(지체의 증가)을 분석한 결과 최소 0.3m ~ 최대 103m의 대기행렬길이가 증가한 결과가 조사되었다. 이는 교통량이 집중되는 교차로에서는 대기행렬길이가 증가하였지만, 교통량이 비교적 적은 교차로에서는 대기행렬길이가 증가하지 않은 것으로 분석되었다.

또한, 시민들이 쉽게 체감할 수 있는 지표인 교차로 통과주기 횡수를 분석한 결과 -0.25회 ~ +1.48회의 통과주기 횡수의 변화가 나타났으며, 이 또한 교통량이 많은 교차로에서 통과주기 횡수가 증가하였으며, 교통량이 비교적 적은 교차로에서는 통과주기 횡수의 변화가 미미한 것으로 분석되었다.

EVP 도입으로 긴급차량의 골든타임 확보와 시민의 안전 향상을 위해 긴급차량 우선신호 시스템의 도입이 절실한 실정에서, 유·무선 통신기술을 이용한 중앙제어방식 EVP의 구축 및 운영은 향후 본격화 될 전망이다. 본 연구로 중앙제어방식 긴급차량 우선신호의 도입 및 확장에 기여하길 바라며, 본 연구에서 분석된 교

통상상이 양호한 교차로가 아닌 교통량이 밀집되는 교차로에서 증가되는 지체를 해결하기 위해 EVP 시행 후 일반신호로 복귀하는 방안과 보상방법에 대해 추가적인 연구를 향후 연구로 제안한다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 “스마트 신호운영시스템 개발(PA-A000001-2015-412)”의 일환으로, 서울특별시, 경찰청, 서울지방경찰청, 강북경찰서, 서울 소방재난본부 및 강북소방서의 현장 평가 지원으로 수행하였습니다.

REFERENCES

- Do C. U.(2004), *Basic Principles of Traffic Engineering (2)*, Paju, Cheongmoongak, p.61.
- Hong K. S., Jeong J. H. and An G. H.(2012), “Development of the Emergency Vehicle Preemption Control System Based on UTIS,” *The Korea Institute of ITS*, vol. 11, no. 2, pp.39-47.
- Institute for Public Policy(2013), *Emergency Vehicle Preemption Operation Plan*.
- Kim I. H.(2019), *An Empirical Study on the Emergency Vehicle*, A thesis on the degree of engineering and master's degree, Ajou University.
- Kim S. Y., Ko K. Y., Park S. Y., Jeong Y. G. and Lee C. K.(2017), “Adaptability Analysis of Emergency Preemption System in Field Operation,” *Journal of Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 3, pp.95-109.
- Korea Road Traffic Authority(2016), *Emergency Vehicle Preemption Operation Manual*.
- Korea Road Traffic Authority(2016), *Policy Research Service for Verifying Emergency Vehicle Preemption Effectiveness and Creating its Operation Manual*.
- Koreatech Industrial-academic Research Group(2015), *Research and Service Report for Improving 119 Emergency Operations Room's Situation Management of Metropolitan Council*, p.23.
- Lee J. W., Lee S. B., Lee J. S., Ki H. U. and Lee Y. I.(2017), “A Passive Traffic Signal Priority Control Algorithm for Emergency,” *Journal of Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 3, pp.111-119.
- Lee S. B., Lee J. S., Jang J. M. and Lee Y. I.(2018), “A Fusion Priority Signal Control Algorithm for Emergency Vehicles,” *Journal of Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 17, no. 2, pp.113-127.
- National Disaster Management Research Institute(2014), *A Study on the Introduction of Traffic Signal System for Emergency Vehicle Dispatch Support*, p.32.
- National Fire Agency(2019), *2019 Korea National Fire Agency Statistical Yearbook*, pp.3-8.
- National Security Agency(2016), *1th Fire Safety Policy Basic Plan(2017~2021)*.
- Seoul Metropolitan Government(2017), *2017 Seoul City Speed Report*.
- Sung J. G. and Ha D. I.(2016), “A Selection Method of Implementation Area for Emergency Vehicle Preemption System Using Dispatch Data Analysis,” *Journal of Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 15, no. 2, pp.24-35.
- The Korea Transport Institute(2017), *Methods to Enhance Safety and Emergency Response in the*

Transport Sector.

- Yang L. H.(2008), *A Study on the Application Assessment of Preemption Control for Emergency Vehicle in Domestic*, A thesis on the degree of engineering and master's degree, Ajou University.
- Yang L. H., Lee S. S. and Oh Y. T.(2008), "Assessment of Preemption Signal Control Strategy for Emergency Vehicles in Korea," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 26, no. 5, pp.63-72.