

긴급차량의 우선차로 및 우선신호 도입효과 -청주시를 대상으로-

Empirical Study of the PLSP (Priority Lane and Signal Preemption for Emergency Vehicles)

이 준¹ · 함승희² · 이상조^{3*}Jun Lee¹, Seung Hee Ham², Sang Jo Lee^{3*}¹Research Fellow, Transport Safety and Disaster Prevention. The Korea Transport Institute, Sejong, Republic of Korea²Professor, Department of Fire Protection Engineering. University of Seoul, Seoul, Republic of Korea³Researcher, Transport Safety and Disaster Prevention. The Korea Transport Institute, Sejong, Republic of Korea

*Corresponding author: Sang-Jo Lee, sjlee88@koti.re.kr

ABSTRACT

Purpose: In this study, the effectiveness of pilot project of PLSP (Priority Lane and Signal Preference) system, which was operated in Cheongju City, was analyzed. **Method:** The priority signal was operated by a police officer switching to a blue signal when approaching a fire truck through CCTV, and the priority lane of emergency vehicles was displayed on the road to enable preferential traffic. VISSIM simulation analysis was performed for the 1.2km section (3.8km) of the pilot project section and vehicle data was analyzed for some of the test operation sections. **Result:** Simulation analysis shows that the moving speed of the emergency vehicle can be increased by 42 km/h with the introduction of PLSP, which can be increased by approximately twice the speed. Travel time was reduced by about 3 minutes, and considerable improvements of 69% compared to cities that are not operating was analyzed. The pilot operation of Cheongju City showed a time-shortening effect of about two minutes on average, with the average time reaching 4 minutes and 14 seconds in the first period and the average time reaching 5 minutes and 40 seconds in the second period. **Conclusion:** The system has been shown to be effective in minimizing time-to-site arrival of emergency vehicles.

Keywords: Emergency Vehicle, Priority of Traffic Control Signal, Emergency Vehicle Lane Priority System, Empirical Study, PLSP

요약

연구목적: 본 연구에서는 청주시에 시범운영한 PLSP(Priority Lane and Signal Preemption: 긴급차량 우선신호와 우선차로)제도 사업 효과를 분석하였다. **연구방법:** 시범사업 구간(3.8km)을 대상으로 1.2km 구간에 VISSIM 프로그램을 활용하여 시범운영구간의 차량 데이터를 실측 분석하였다. 우선신호의 경우 경찰관이 CCTV로 교차로를 모니터링하여 긴급차량 접근 시 청색신호로 변경하는 방법이 사용되었고, 우선차로의 경우 노면에 긴급차량 우선차로를 표시하여 우선통행이 가능하도록 하였다. **연구결과:** 시뮬레이션 분석 결과, PLSP 도입 시 긴급차량의 이동속도는 약 2배 증가한 42km/h로 PLSP 도입 전에 비해 약 3분 가량이 단축되었으며, 기존 대비 69%에 이르는 개선 효과가 있었다. 청주시 시범운영 결과, 평균 도달시간은 1차 기간 4분 14초 2차 기간 5분 40초로 약 2분의 시간 단축 효과가 나타났다. **결론:** 본 PLSP 제도는 긴급차량의 현장 도착 시간 단축에 효과적인 것으로 분석되었다.

핵심용어: 긴급차량, 우선신호, 우선차로, 시범운영, PLSP

Received | 8 April, 2020

Revised | 22 June, 2020

Accepted | 27 October, 2020

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

경찰대학교 치안정책연구소(2014)에 따르면, 사건·사고의 피해를 최소화하기 위해서는, 우선 그에 따른 사고대처가 신속하고 정확하게 이뤄져야 한다. 특히 화재 사건의 경우, 화재 발생 후 5분에서 8분이 지나면 플래시오버(Flashover) 현상이 발생하여 건물 전체가 불길에 휩싸이면서 연소가 급격히 확대될 수 있기 때문에 소방의 대응 시간은 우리나라뿐 아니라 주요 선진국(미국, 영국, 호주 등)에서 소방력 산출 기준의 기초 이론으로 활용되고 있다.

이러한 긴급차량의 현장도착시간 최소화를 위해서는 긴급차량을 위한 신호제어 및 긴급차량 통행로 확보가 진행되어야 하는데, 긴급차량을 위한 신호가 제어된다고 하더라도 일반 시민들의 협조 없이는 2차 사고 및 통행혼잡이 발생할 위험성이 존재하게 된다.

이에 본 연구는 긴급차량의 현장도착시간 최소화를 위해 청주시의 PLSP(Priority Lane and Signal Preemption) 시범사업 기간동안 긴급차량 이동시간의 차이가 얼마나 발생하는지 실증연구를 수행하였다. PLSP는 신호제어시스템(EVP 시스템, Emergency Vehicle Preemption System)과 긴급차량 우선차로제를 동시에 적용하는 것으로, 긴급차량 우선신호를 통한 긴급차량 통행시간의 최소화, 긴급차량 우선차로를 통한 일반차량의 피양방법을 도로상으로 표출시켜 운영하는 것이다.

많은 국가에서 적용하고 있는 EVP 시스템(긴급차량의 현장 출동 시에 교차로의 신호를 녹색등으로 연동시키는 시스템)은 Huang et al.(2015)에 따르면, 1960년대 개발되어 78개의 대도시 교차로 중 20%에 설치된 것으로 보고되었다. Paniati et al.(2006)는 EVP의 도입으로 인해 버지니아주의 페어팩스 카운티의 응급 차량 응답시간이 교차로당 30~45초 감소되었으며, 텍사스주의 플라노카운티는 연평균 긴급차량의 사고건수가 연 2.3회에서 5년에 1번 이하로 급격히 감소하는 효과가 있다고 밝혔다. McHale et al.(2003)의 연구에 따르면, 버지니아주 페어팩스의 긴급차량 우선 신호 시간은 평균 25초로 일반차량의 지체나 대기행렬의 문제가 발생하지 않은 것으로 나타났다.

일본의 경우 현장 급행지원시스템으로 불리는 FAST(Fast Emergency Vehicle Preemption Systems)를 도입하였다. FAST는 긴급차량의 신속한 이동이 가능하도록 긴급차량과 교통관제시스템 간의 통신방식을 활용하고 긴급차량 우선신호 제어시스템을 도입하여 우선 주행을 지원한다(Miyawaki et al., 1999). UTMS(2015)에 따르면 2017년 기준으로 15개 현에서 이 시스템을 활용 중이다. Tanaka et al.(2013)는 가나자와시의 FAST 도입 이후 여부에 따라 긴급차량의 현장도착 시간이 60초 이상 차이를 보였고, FAST 도입이 환자 생존에 영향을 줄 수 있다고 하였다.

한국에서 또한 긴급차량 우선신호제어에 대한 연구가 다양하게 진행되었는데, Kim et al.(2017)는 경기도 의왕시에 적용된 긴급차량의 단말기와 신호제어기의 연동을 통해 긴급차량 우선신호제어 효과를 교통상황에 따라 분석하였다. 분석 결과, 근포화상태에서의 출동시간이 254초로 가장 높았고 비포화상태, 포화상태 순으로 단축시간이 줄어든 것으로 확인되었다.

상기 연구에서 드러난 바와 같이 교통정체(포화상태) 상황에서 우선신호제어 방식의 효과는 급감한다. 긴급차량이 우선신호제어 교차로를 통과하고 나면 오로지 일반차량의 피양협조에만 전적으로 의존하게 되므로 교차로 배후교통 상황에 의해 긴급차량이 통과하지 못하는 문제가 발생 될 수 있다. 국립재난안전연구원(2014)의 보고서에 따르면 긴급차량 우선신호제를 도입하게 되면, 일반신호체계에 비해 통행시간이 4.6분 감소하며, 소방차가 주행 중 신호 무시 및 일반차량의 양보를 요구하는 실제 상황에 대비 1.05분이 감소하는 효과가 있다고 분석하였다.

선행연구 결과를 종합해 본 결과, 적용방식을 불문하고 긴급차량 우선신호가 도입되면 긴급차량의 속도가 증가하였지만, 교차로 통과 이후 일반차량의 대기행렬이 발생 될 경우 실질적인 효과를 거두기 어렵다는 것을 알 수 있었다.

분석방법론

본 연구에서 제안하는 PLSP(Priority Lane Signal Preemption)는 긴급차량의 우선신호 제어뿐만 아니라 긴급차량 우선차로를 함께 적용하는 방법으로, 긴급차량 우선신호 제어를 위하여 경찰관이 직접 CCTV로 교차로를 모니터링 하고 소방차 접근 시 청색신호로 바꿔주는 수동적인 방법을 사용하였는데 이는 아직 ITS(Intelligent Transportation System)이 설치되지 않아 수동으로만 신호제어가 가능하였기 때문이다. 긴급차량 우선차로는 긴급차량이 도심 내 교통 혼잡 체증 구간을 신속하게 통과할 수 있도록 도로 노면 상에 긴급차량만 통행이 가능함을 Fig. 1과 같이 표시하여 비상상황 발생 시 긴급차량이 이동 우선권을 가지고 통과 할 수 있도록 차로를 지정하였다.



Fig. 1. Emergency vehicle priority lane

본 연구는 청주시의 PLSP 시범사업구간(3.8km) 중 VISSIM 프로그램을 이용하여 긴급차량 우선차로를 표시한 1.2km의 구간에 대해서 시뮬레이션 분석을 수행하였고, 대상구간을 관할하는 소방서의 2개월간의 실제 긴급차량 출동데이터를 조사 및 분석하였다.

시뮬레이션 분석 결과

시뮬레이션 환경

본 연구에서는 VISSIM 프로그램을 활용하여 PLSP 도입효과를 분석하였다. 모사된 구간은 청주시 상당구의 1.2km 구간 도로로 구간 내에 교차로 4개와 버스정류장 4개, 횡단보도 8개가 포함되어 있다. 도로 여건은 Fig. 2와 같은 편도 2차선이며, 좌회전 차로 5곳은 편도 3차선으로 구성되어있다. 1.2km 전 구간에 우선차로를 시행하는 것으로 설정하였으며, 신호등의 경우 소방차가 상류부의 교차로를 지나면 다음 교차로에 청색신호가 현시되도록 구성하였다.



Fig. 2. Road network simulation for study area

PLSP 시나리오 분석을 위하여 Table 1과 같이 설정하였다. 교통량 변화를 반영하기 위하여 PLSP 영향을 첨두시간과 비첨두시간으로 나누어 긴급차량의 평균이동속도 및 평균이동시간, 일반차량의 대기시간, 최대대기시간 및 지체시간을 분석하였다.

Table 1. Analysis scenario for simulation

구분	Non-Operation scenario	Operation Scenario
Case	-	PLSP
Target	Normal vehicle	Emergency Vehicle
Time	Peak, Non-Peak	
MOE	Average Speed(km/h), Travel Time(miutes),Maximum Delay(seconds), Average delay(seconds)	

시뮬레이션 결과

긴급차량의 평균 이동속도 증가 효과

Fig. 3과 같이 PLSP (우선신호, 우선차로 동시 운영) 시나리오와 미시행 시나리오를 비교한 결과, 미시행 대비 평균 약 43km/h(68.8%)가 증가하여 긴급차량 이동속도의 상당한 개선이 이뤄진 것으로 나타났다. 일반차량의 속도 감소또한 미비하여 대기행렬 및 혼잡에 주는 영향은 크지 않은 것으로 분석되었다.

도로혼잡이 예상된 첨두시간대의 경우, PLSP의 시행으로 긴급차량의 속도는 20km/h에서 62.5km/h로 71.8%의 속도 증가 효과를 보였고, 일반차량의 속도는 17.6km/h에서 16.9km/h로 소폭(1km/h) 감소하는 것으로 나타났다.

비첨두시간대의 경우, 긴급차량의 속도가 62.5km/h로 미시행 대비 65.8%가 증가하였고, 일반차량은 시행 전 21.4km/h에서 21.6% 감소한 17.6km/h로 나타났다. 긴급차량의 경우 첨두시간대와 비첨두시간대의 큰 속도 차이는 없는 것으로 분석되었다.

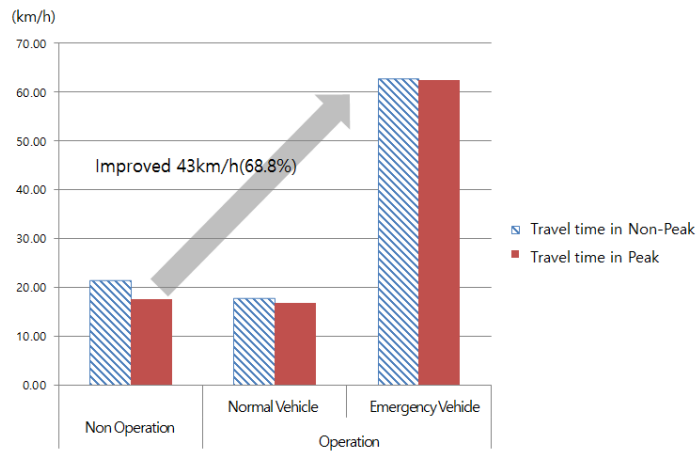


Fig. 3. Simulation result 1: Average speed

긴급차량의 이동시간 단축효과

PLSP 도입 시, 시뮬레이션을 시행한 1.2km의 구간에서 긴급차량의 이동시간이 약 3분 단축되는 효과가 나타났다. 이동시간을 첨두시간과 비첨두시간으로 나누어 비교한 결과, 첨두시간에 PLSP 시행시 Fig. 4와 같이 긴급차량의 이동시간은 5분 10초에서 1분 30초로 약 4분 감소하였고, 일반차량은 5분 10초에서 6분 10초로 1분 증가하는 것으로 나타났다.

비첨두시간에 PLSP를 시행할 경우 긴급차량의 이동시간은 4분 15초에서 1분 30초로 약 3분이 단축되며, 일반차량은 4분 15초에서 4분 55초로 35초 증가하는 것으로 나타났다. 첨두시간과 비첨두시간의 도달시간 차이는 일반차량의 경우 약 1분여 차이가 났지만, 긴급차량의 도달시간 차이는 없었다.

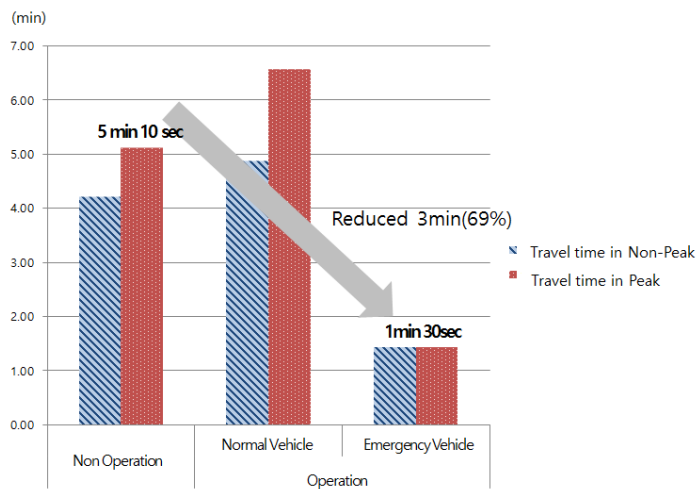


Fig. 4. Simulation result 2: Travel time to accident sight

일반차량의 대기시간 및 지체시간 영향

PLSP 도입 시, 일반차량의 대기시간과 지체시간에 상당한 영향을 줄 수 있는 것으로 판단하여, PLSP(긴급차량 통행 우선권) 적용에 따른 일반차량의 대기시간 및 지체시간의 증가분을 분석하였다. 분석 결과, 일반차량의 경우 침두시간대의 평균 지체시간은 약 3.5분이 증가하였고, 대기시간은 약 4분 증가되는 것으로 나타났다. 비침두시간대의 경우 지체시간은 평균 약 2분 증가, 대기시간은 약 3분 증가되는 것으로 분석되었다. 특히, PLSP 도입 이후에 일반차량의 대기시간은 최대 8분으로 분석되었다.

시범사업 실행 결과

시범사업 환경

청주시의 PLSP 시범사업 구간은 전체 3.8km의 연장으로, 서부소방서 관할 3개 구간과 동부소방서 관할 2개 구간 등 총 5개 구간으로 구분되어 있다. 서부의 사직대로(복대사거리~성안길 입구)는 교차로가 18개이며, 2순환로(터미널사거리~서청주교 사거리)는 교차로 10개, 모충로(개신오거리~모충대교 서편 사거리)는 9개의 교차로로 구성되어 있다. 동부소방서는 단재로(청남오거리~효촌분기점 삼거리), 상당로(석교육거리~내덕칠거리)에 각각 20개의 교차로로 구성된 구간으로 선정하였다.

청주시의 5개 시범사업 구간은 사직대로, 2순환로, 모충로, 단재로, 상당로이며 총 2차에 걸쳐 시범운영을 시행하였다. 운영시간은 Table 2와 같이 오전 7시부터 오후 8시까지 시행되었다. 시범사업은 2차로 나누어 진행했다. 1차 시범기간에는 긴급차량의 우선신호만을 제공하고, 2차 시범기간에는 3.8km 전 구간에 긴급차량 우선신호와 우선차로를 함께 도입하여 운영하였다.

Table 2. Conditions of Empirical Study

	Period	Operation Time	Scenario
first	April 2017, 3rd ~28th	AM 7~PM 8시	EVP only
second	May 2017, 10th~30th		PLSP

시범사업 결과

PLSP 시범운영기간 중 출동건수는 총 81건으로, 화재출동 48건, 구급출동 33건이 발생하였다. Fig. 5는 화재 및 구급출동 별로 시간 단축 결과를 설명하고 있다.

화재출동에서 우선신호를 도입한 1차 운영에서는 도입 전 9분 30초에서 도입 후 4분 1초로 3분 50초의 출동시간이 단축되었으며, 우선신호와 우선차로를 모두 적용한 2차 운영기간에는 7분 15초에서 5분 40초로 1분 35초가 추가 단축되었다. 평균적으로는 약 2분 42초의 시간이 단축되었으며, PLSP의 적용으로 도달시간이 더욱 단축 될 수 있었다.

구급출동의 경우 1차 기간에는 8분 10초에서 4분 40초로 3분 30초 단축시켰고, 2차 기간에서는 6분에서 3분 5초로 2분 55초 단축시켰다. 화재출동과 마찬가지로, 구급출동시간 또한 1차 및 2차 운영기간 모두 상당 부분 단축시킬 수 있었다.

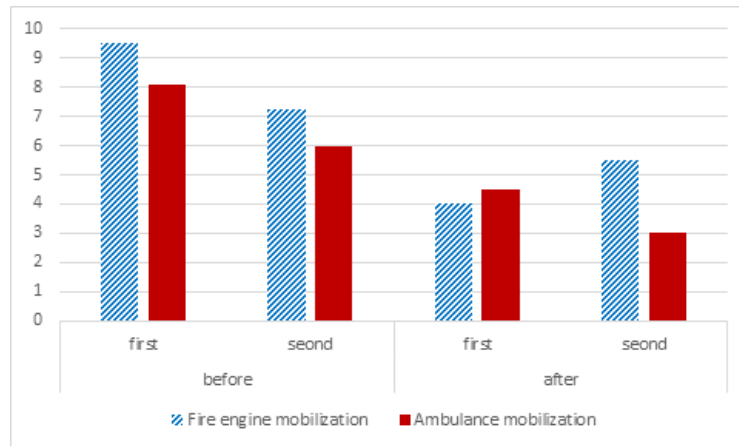


Fig. 5. Operation result of empirical study

결론

사고 구명률을 높이기 위한 긴급차량의 현장 도착시간 단축은 매우 중요하다. 교통의 원활한 흐름과 운전자의 양보의식이 출동시간 단축에 큰 영향을 미칠 수밖에 없다. 그러나 한국의 불법주차 문제와 길 터주기 인식의 부족은 긴급차량의 현장 도착시간을 지연시키는 원인이 되고 있다. 소방차 길 터주기 인식 부족의 결과로, 피양방법을 착오하여 사고를 유발하는 위험도 많이 있다. 아직 우리나라의 도로여건에서는 긴급차량과의 신호 연동이 되어있지 않지만, 신호 연동을 통해 긴급차량이 안전하고 빠른 이동을 가능하게 할 수 있다.

본 연구에서는 긴급차량 이동시간 단축을 위한 긴급차량 우선신호와 우선차로 도입효과를 분석하였다. 이 제도의 효과를 확인하기 위해 청주시의 1.2km 구간에 대해 VISSIM을 활용하여 모사하였다. 시뮬레이션 분석 결과, 긴급차량의 이동속도는 42km/h가 증가하였고, 미시행 대비 67.3%의 개선효과가 나타났다. 또한, 최대 2배의 속도가 증가할 수 있음도 확인하였다. 이동시간은 약 3분이 단축되었고 미시행 대비 69%의 상당한 개선 효과를 확인할 수 있었다.

긴급차량의 우선신호만 적용한 방식은 교통상황과 운전자의 협조 여부에 따라 효과가 매우 다르게 나타날 수 있는 한계가 존재한다. 그러나, 긴급차량 우선신호와 우선차로를 함께 도입하면, 침두, 비침두에 관계없이 긴급차량이 최대속도로 이동을 할 수 있다는 것이 시뮬레이션 분석결과로 확인되었다.

또한, 청주시를 대상으로 한 3.8km 구간의 PLSP 시범운영기간에 발생된 시범운영 차량데이터를 분석하였다. 그 결과, 화재출동은 평균 약 2분의 시간단축 효과가 나타났다. 또한, 우선신호만을 적용한 1차 기간에 평균 도달시간이 4분 30초, 우선신호와 우선차로를 모두 적용한 2차 기간의 평균 도달 시간은 소방차 5분 40초, 구급차 3분 5초로 본 제도의 도입이 골든타임 확보의 가능성을 높일 수 있는 것으로 나타났다. 이동시간 단축 및 이동속도 개선의 효과성은 구급상황에서의 골든타임 확보를 위한 방안으로서도 큰 의미가 있다. 특히, 우선차로를 도입함으로써, 후방에서 접근하는 긴급차량을 피하기 위해서 운전자 좌우 피양 결정에 혼란을 줄일 것으로 기대된다. 나아가 ICT 기술의 발전으로 인한 자율주행차량의 상용화, 스마트시티 기술의 도입 등 PLSP가 활용되기 좋은 환경이 마련됨에 따라 실효성 있는 긴급차량 이동시간 단축전략으로 적용 될 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgement

본 논문은 2017년 한국교통연구원에서 수행한 “2017 국가교통방재체제 구축 및 유지사업”의 지원으로 연구되었습니다.

References

- [1] Huang, Y.-S., Shiue, J.-Y., Luo, J. (2015). “A traffic signal control policy for emergency vehicles preemption using Timed Petri nets.” *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 48, No. 3, pp 2183-2188.
- [2] Kim, S.-Y., Ko, K.-Y., Park, S.-Y., Jeong, Y.-G., Lee, C.-K. (2017). “Adaptability analysis of emergency preemption system in field operation.” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 16, No. 3, pp 95-109.
- [3] McHale, G.M., John, C. (2003). “Improving emergency vehicle traffic signal priority system assessment methodologies.” *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting* Transportation Research Board.
- [4] Miyawaki, M., Yamashiro, Z., Yoshida, T. (1999). “Fast emergency pre-emption systems (fast).” *Proceedings 199 IEEE/IEEJ/JSAI International Conference on Intelligent Transportation Systems*, Tokyo, Japan.
- [5] Tanaka, Y., Yamada, H., Tamasaku, S., Inaba, H. (2013). “The fast emergency vehicle pre-emption system improved the outcomes of out-of-hospital cardiac arrest.” *The American journal of emergency medicine*, Vol. 31, No. 10, pp. 1466-1471.
- [6] U.S Department of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology Webpages (<http://www.itsdeployment.its.dot.gov>)
- [7] UTMS society of japan, Functions and Services of UTMS, FAST(Fast Emergency Vehicle Preemption System) webpages (<http://www.utms.or.jp>)