

■ 論 文 ■

## 국내 긴급차량 우선신호(preemption) 제어 적용성 평가에 관한 연구

Assessment of Preemption Signal Control Strategy for Emergency Vehicles in Korea

**양 룬 호**

(한국교통연구원 연구원)

**이 상 수**

(아주대학교 교통시스템공학과 교수)

**오 영 태**

(아주대학교 교통시스템공학과 교수)

### 목 차

- |  |  |
|--|--|
| <p>I. 서론</p> <p>1. 연구의 배경 및 목적</p> <p>2. 연구 방법 및 절차</p> <p>II. 이론적 고찰</p> <p>1. 국내외 Preemption 관련 연구 고찰</p> <p>2. Signal Preemption 제어 전략</p> <p>III. 시뮬레이션 평가</p> <p>1. 시뮬레이션 모형 선정</p> | <p>2. 시뮬레이션 평가방법</p> <p>3. 분석결과</p> <p>IV. 현장 적용성 평가</p> <p>1. 연구 대상지역 운영현황</p> <p>2. 평가 결과</p> <p>V. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|--|--|

**Key Words :** 우선신호, 긴급차량, 신호제어, 시뮬레이션, VISSIM

Signal preemption, Emergency vehicle, Signal control, Simulation, VISSIM

### 요 약

현재 우리나라 신호교차로는 긴급차량에 대한 우선신호(Preemption) 제어전략을 적용하지 않고, 긴급차량의 교차로 진입 및 통과여부와 관계없이 일반적인 신호로 운영되고 있다. 본 연구에서는 국내의 긴급차량 Preemption 제어 전략을 검토하고, 이를 국내 교통상황을 대상으로 시뮬레이션을 통해 평가하여 교통상황에 따른 효과의 변동성을 분석하였다. 그리고 실제 현장자료를 기반으로 평가하여 국내 적용성 평가를 실시하였다.

분석결과 긴급차량 preemption 제어가 긴급차량의 운영에 긍정적인 영향을 주나 v/c가 증가 할 수록 이와 같은 효과는 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 일반차량의 경우는 preemption 제어로 인하여 지체가 증가하고 통행속도가 감소하였으나 네트워크 전체적으로는 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다. 그러므로 교통상황에 따라 개선효과의 차이는 존재하지만, preemption 제어 알고리즘을 국내에 도입한다면 사회적으로 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대된다.

Signalized intersections are operated without a signal preemption control strategy in Korea, thus there is no priority treatment for an emergency vehicle passing through the intersections. In this paper, a signal preemption control strategy is introduced to improve the safety and operational efficiency of an emergency vehicle. Using the micro simulation tool, the effects on delay and travel speed of the signal preemption control strategy are analyzed for various traffic conditions to identify the general performance trends. Then, another simulation analysis is performed to verify the feasibility of the control strategy using real network data collected from field study.

Results show that the preemption control strategy provides the positive impact on emergency vehicles' operation, but the positive impact is reduced as the v/c ratios increase. As expected, the average delays of the normal vehicles are slightly increased, but the magnitude is not significant. Therefore, it is expected that the introduction of the preemption control strategy in Korea would produce the positive social benefits.

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라 신호교차로는 긴급차량에 대한 우선신호(Preemption) 제어전략을 적용하지 않고, 긴급차량의 교차로 진입 및 통과여부와 관계없이 일반적인 신호로 운영되고 있다. 긴급차량은 각종 재난과 사고, 범죄와 위협으로부터 시민을 보호하고 구호하기 위한 특수차량으로 긴급 상황에 대처하는 과정에서 일반적인 교통시스템 운영과 교통 혼잡 상황에서 신호를 무시하거나 차선을 이탈하여 오히려 타 이동류와 보행자에게 위험을 줄 수 있다. 이처럼 긴급차량의 이동 및 안전, 인명구호에 제약을 받고 있으나 기존 신호운영체계로는 적절하게 해결하기 위한 대안이 없는 실정이다.

따라서, 신호교차로의 차량 및 보행자 사고를 예방하고 인접교차로의 지체를 최소화하며, 목적지 도착시간 단축하기 위해서는 긴급차량 진입 시 교차로에 접근하는 교통류를 고려한 신호체계인 "긴급차량 우선신호제어"(이하 긴급차량 Preemption 제어) 전략이 필요하다. 긴급차량 Preemption 제어란 일반 신호모드에서 특별한 신호 모드로 전환하는 일련의 과정을 의미하는 것으로 긴급차량 주행과 같은 특정한 이벤트 발생 시 긴급차량에 우선 신호처리를 부여하여 각각의 이동류간 상충이 발생하지 않는 신호현시체계로 구성하는 운영기법을 말한다.

경제적, 사회적으로 커다란 이익을 제공해 줄 수 있는 긴급차량 Preemption 제어 전략은 일부 선진 국가에서 이미 운영 중에 있으나 국내의 경우 긴급차량 Preemption 제어와 관련된 연구사례나 신호제어 전략이 없는 상황이다.

따라서 본 연구는 긴급차량 Preemption제어의 국내 적용을 위한 연구의 첫 단계로 국내·외 긴급차량 Preemption 제어 관련 연구를 정리하고, 국내의 교통 환경에 적합한 제어알고리즘을 제시한다. 그리고 이를 국내 교통 환경을 대상으로 시뮬레이션으로 구현하여 효과평가를 실시하고 이를 바탕으로 향후 국내 도입 여부에 대한 방향을 제시하는데 목적이 있다.

### 2. 연구 방법 및 절차

도로교통법 제 2조에 의거한 긴급자동차는 "소방자동차, 구급자동차, 그 밖에 대통령령이 정하는 자동차로써

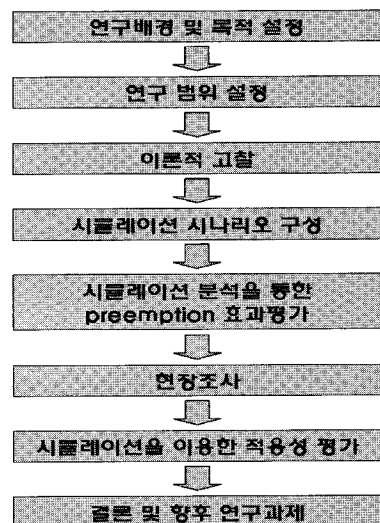
경찰업무와 군용차량, 범죄수사용 차량, 범죄자들의 후송차량, 국내·외 요인 경호차량 등을 포함하여 본래의 긴급한 용도로 사용되고 있는 자동차"를 의미한다. 이러한 긴급차량들은 활용 목적이나 운영에 따라 다양한 특성을 나타내기 때문에 본 연구에서는 긴급차량 중에서 소방자동차를 대상으로 연구를 수행하였다.

소방자동차의 현행 운영방식은 119 신고를 접수받아 출동지령을 내린 뒤 5분 이내에 소방차가 현장에 도착하는 것을 목표로 하고 있는데 이는 화재 발생시 5분 이내에 현장에 도착하지 못하면 진화에 어려움이 있기 때문이다. 통계자료(2006)에 따르면 소방차량의 현장도착시간이 5분을 초과한 이유는 소방관서와 원거리가 40%, 교통체증 및 도로혼잡 40%, 불법주정차 등이 20%로 나타나 Preemption제어 도입에 따른 효과가 클 것으로 예상할 수 있다.

본 연구에서는 먼저 국내·외 Preemption 제어 관련 연구를 고찰하고, 국내 적용을 위한 Preemption 기본개념을 수립하였다.

Preemption 제어 알고리즘은 단계별로 구분하였고, 단계별로 필요한 변수에 대한 분석을 실시하여 구성하였다. 그리고 이와 같이 구성된 알고리즘을 VISSIM을 이용하여 다양한 교통환경에 대하여 시뮬레이션으로 평가하였다. 또한 실제 현장에서 교통량, 통행속도, 신호시간 등 현장자료를 조사하였고, 이를 시뮬레이션으로 평가하여 효과를 추정하였다.

본 연구는 <그림 1>과 같은 절차로 수행되었다.



<그림 1> 연구수행 절차

## II. 이론적 고찰

### 1. 국내 · 외 Preemption 관련 연구 고찰

#### 1) 국내 Preemption 관련 연구 고찰

국내에서는 현재까지 Priority 관련 연구는 초기연구 단계로 진행 중인 것으로 알려지고 있으나, Preemption 제어와 관련된 연구는 극히 제한적으로 수행되었다. 나아가 긴급차량 Preemption 제어와 관련된 연구는 현재까지 보고되고 있지 않다.

조한선(2006) 등은 철도 건널목에 대한 Signal Preemption 적용 시 신호운영의 효율성을 높일 수 있다는 것을 현장조사 및 시뮬레이션을 통해 효과분석을 실시하여 제시하였다. 이는 철도 건널목을 대상으로 하였고, 긴급차량을 대상으로 한 Preemption 제어전략에 대한 연구 결과는 없는 실정이다.

국내 도로교통법상에서는 긴급차량에게 통행의 최 우선권을 제공하고, 긴급차량 이동 및 진입 시 다른 차량들의 진로양보를 규정하고 있다. 또한, 긴급자동차에 대한 특례를 통하여 속도제한 및 앞지르기, 끼어들기를 법적으로 명시하고 있다. 그러나 실제적으로 일반 운전자는 자신의 신호 준수가 긴급출동 상황과는 전혀 무관한 것으로 판단하거나 국내 교통상황 및 여건상 양보가 어려운 경우가 많이 발생하고 있어 도로교통법상의 규정이 준수되기는 어려운 실정이다. 또한, 도로교통법이 정하는 모든 의무규정을 배제하는 것이 아니며 보행자와 긴급차량간의 우선순위가 별도로 명시되어 있지 않으므로 국내에서도 긴급차량 Preemption 제어 전략에 대한 다양한 연구가 수행되어야 한다.

#### 2) 국외 Preemption 관련 연구 고찰

국외 Preemption 제어는 신호교차로에 인접한 철도 교차로를 중심으로 연구가 진행되어 이를 기반으로 Preemption제어가 발전하였고, 다양하고 정교한 연구 결과와 평가모형이 개발되고 있다.

Cohen(2007)은 Preemption제어 시 일반적으로 사용되는 전이방법인 Dwell, Maximum Dwell, Add, Subtract, Short Way에 대하여 실제 교차로와 가상 교차로를 각각 구성하여 CORSIM 모형을 이용하여 시뮬레이션 한 결과를 제시하였다. 평가결과, Dwell과 Max

Dwell 전이방법에 의하면 통행시간이 증가하고 지체가 증가하였으나, Subtract와 Short Way방법에 의해서는 주 방향의 통행시간 및 지체는 감소하고, 부방향의 통행시간 및 지체에 미치는 영향이 가장 적은 것으로 제시하고 있다.

Louisell(2004)등은 긴급차량 Preemption 신호 운영 시 실제 충돌지점의 노출을 줄여 잠재적인 충돌을 감소시키기 위하여 한 개의 교차로나 교통축에 대한 안전 측면의 효과를 평가하기 위한 방법을 연구하였다. 이에 긴급차량 Preemption 신호 운영 시 가장 큰 효과가 예측되는 교차로 및 교통축 결정, 그리고 안전도 평가에 유용한 기법을 제시하였다.

McHale(2002)은 이용자(교통 엔지니어, 대중교통 운영자, 경찰과 소방서 관계자, 응급차량 제공자) 등의 설문조사를 통해서 실제적이고 납득이 용이한 긴급차량 Preemption 신호제어 평가 기술을 제시하였고, IDAS를 이용하여 신호 교차로에서 Preemption 신호제어 시 발생하는 편익자료를 수집하고, 이를 모형화하여 평가하였다.

Obenberger(2001)는 Preemption 신호제어에 초점을 둔 우선신호 제어지역에서 제어기법에 대한 포괄적인 검토를 수행하였으며, Preemption 신호제어, 현재의 표준 및 지침, Preemption 신호제어 진입 및 탈출에 있어서의 전이를 위한 신호연동 제어기술, Preemption의 영향도 등을 설명하고, 이러한 영향들을 평가할 수 있는 다양한 방법들을 제시하였다.

Casturi(2000)은 지체 시 긴급차량 Preemption 신호제어 영향에 대한 거시적 평가모형을 제시하였다. 세포전이이론과 교통류이론을 조합하여 Preemption 제어가 수행되고 있는 상황에서의 긴급차량의 움직임에 대한 영향을 평가하였으며, 긴급차량은 차량이 하류부로 진행할 때 교통류용량을 감소하도록 제어하는 사용자 조정변수처럼 교통류를 통과하는 충격파에 의해 제어되고 있음을 제시하였다.

미국의 TRB에서 발간된 보고서(1999)에서는 철도건널목 교차로를 대상으로 하여 Signal Preemption의 필요성과 현황 등을 전반적으로 요약하였고, Signal Preemption의 수행과정을 단계별로 구분하여 기술하였다.

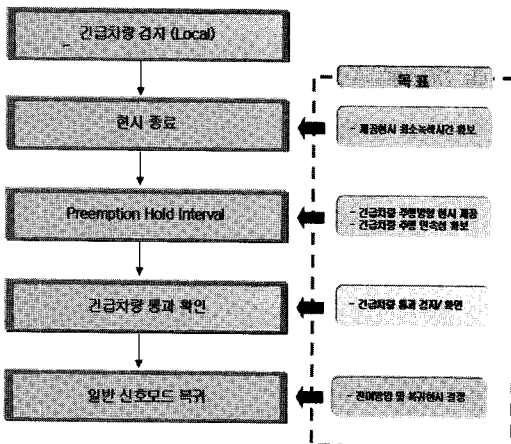
이외에도 Preemption 신호 제어 기법과 관련된 많은 연구가 진행되었고(ITS America: 2004, Khasnabis et.al 1999), 이 중 Preemption 제어 후 일반신호로 복귀하는 전이방법에 대한 연구나 Preemption 효과평가에 관한 연구가 주를 이루고 있다.

## 2. Signal Preemption 제어 전략

Signal Preemption 제어란 일반 신호 모드에서 긴급 차량 Preemption 모드로, 그리고 다시 일반 신호 모드로 전환하는 일련의 과정을 의미한다. 본 연구의 대상인 긴급 차량 Preemption 제어는 철도건설목 Preemption 제어 전략과 운영목적 및 방법에 차이가 있다. 따라서 철도건설목의 Preemption 제어전략과 국의 긴급차량 Preemption 제어 운영 사례를 바탕으로 국내 긴급차량 Preemption 운영절차를 5단계로 나누어 제시하였으며 그 내용은 <그림 2>와 같다.

### • 1단계 : 긴급차량 검지(Local)

- 교차로에 설치된 긴급차량 검지기(센서)로부터 긴급차량을 검지한 후 신호제어기로 Preemption 신호를 전달하여 긴급차량 Preemption이 시작되는 단계로 긴급차량 검지 후 긴급차량을 우선적으로 처리하여야 하기 때문에, 긴급차량의 검지와 동시에 시작되어야 한다.



<그림 2> 긴급차량 Preemption 제어의 운영절차

### • 2단계 : 현시종료

- 긴급차량 Preemption이 시작되면, 운영 중인 현시를 파악하게 되고, 긴급차량의 주행방향과 다른 방향의 현시가 운영 중인 경우에는 운영 중인 현시를 바로 종료한 후, 신호교차로 소거 현시(황색시간)가 제공된다. 만약 운영 중인 현시의 최소 녹색시간이 끝나지 않았을 경우에는 최소녹색시간을 확보한 후 신호교차로 소거를 위한 현시가 제공되고, 긴급차량의 주행방향과 동일한 현시의 경우에는 동일한 현시를 유지하게 된다.

### • 3단계 : Preemption Hold Interval

- 신호교차로 소거 현시가 종료된 후, Preemption Hold Interval이 시작된다. 이 시간은 긴급차량이 완전히 교차로를 지나갈 때까지 지속되며, 교차로 신호운영은 긴급차량 주행방향과 동일한 방향의 신호현시(좌회전 포함)를 제외한 나머지 교차하는 방향의 진입 및 진출현시의 신호운영은 이루어지지 않게 된다. 일반적인 경우 긴급차량 주행 경로를 파악할 수 없기 때문에 긴급차량 주행방향과 동일한 직진과 좌회전 현시를 함께 운영하여 긴급차량 주행의 연속성을 확보하게 된다.

### • 4단계 : 긴급차량 통과 확인

- 긴급차량이 교차로를 완전하게 통과하는 것을 확인하는 단계이다. 이 경우 긴급차량이 신호교차로를 완전하게 통과하더라도 즉시 신호시간을 다른 이들에게 부여하는 것이 아니라 교통상황에 따른 최소 우선신호 소거 시간(Preemption Release Time)을 제공하여 상충을 최소화하고 안전성을 증대시키도록 한다.

### • 5단계 : 일반 신호 모드로 복구

- 긴급차량이 신호교차로를 완전히 통과한 후 신호는 Preemption 전의 일반 신호운영 상태로 돌아온다. 이 때 첫 현시는 교통상황에 따라 결정되며, 결정된 전이방법에 따라 2~3주기 내에 일반신호모드로 복구하게 된다.

## III. 시뮬레이션 평가

본 연구의 시뮬레이션 평가는 두 가지 방법으로 수행되었다. 첫 번째 평가는 다양한 교통 상황을 대상으로 긴급차량 Preemption 제어를 가상의 교차로를 대상으로 평가하여 예상되는 효과의 변화추세를 파악하였다. 그리고 두 번째 평가는 긴급차량이 운행되는 실제 교차로의 자료를 조사하여 실제와 동일한 교통상황을 시뮬레이션으로 구현하여 Preemption 제어 도입 시 예상되는 효과를 도출하였고 이는 4장에 제시되었다.

### 1. 시뮬레이션 모형 선정

현재 국내에는 긴급차량 Preemption 기능을 가진 제어기가 없으므로 제어기를 이용한 긴급차량 Preemption 알고리즘의 현장 시험은 불가능하다. 따라서 본 연구의 목

적인 국내 긴급차량 Preemption 제어 효과 평가를 위하여서는 Signal Preemption 제어절차를 미시적 시뮬레이션으로 구현하여 검증하는 방법이 요구된다. 본 연구에서는 현재 이용 가능한 다양한 시뮬레이션 모형들의 특징을 검토한 후 차종의 구분을 통한 특정 차량 구별이 시뮬레이션으로 가능한 VISSIM을 선택하였다. VISSIM은 긴급차량과 일반차량의 시뮬레이션이 가능하고 Preemption 신호제어 절차를 구현하기 위한 VAP(Vehicle Actuated Programming) 모듈의 지원이 가능하여 일반신호모드와 Preemption 신호제어 모드를 구성할 수 있는 장점이 있다.

## 2. 시뮬레이션 평가 방법

### 1) 시뮬레이션 시나리오 구성

본 연구의 시뮬레이션을 위한 시나리오 구성은 국내 교통 환경에서 긴급차량 Preemption 제어 적용 시 예상되는 효과를 측정할 수 있는 것을 목표로 하였다. 본 연구에서 고려된 시나리오 조건은 <표 1>과 같다.

<표 1> 시뮬레이션 시나리오 구성

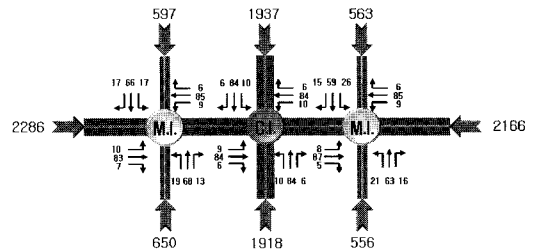
구성조건	구성내용	구성근거
링크길이	•주방향 : 500m •부방향 : 400m	•일반적인 기하구조 특성 반영
v/c	•비포화 : 0.6 •근포화 : 0.8 •과포화 : 1.0	•교통상황에 따른 효과분석
신호조건	•신호주기 150초 •최적화된 현시배분 및 오프셋 적용	•현장 신호변수의 대체 (T-7F 결과)
차로수	•주방향 : 직진 3차로 좌회전 전용 1차로 •부방향 : 좌·좌 공용 2차로	•현장조사 및 도시부 간선도로 특성 차로수의 일반화
회전비율	•직진 : 회전비율 (80:20)	•기존연구자료 참조

분석에 적용된 교통상황은 비포화, 근포화, 과포화의 3가지로 나누었으며, 각각의 교통상황에 따른 긴급차량 Preemption 제어 효과를 분석하였다. 분석을 위한 교차로는 주요 간선축과 간선축이 교차하는 중요교차로(C.I)를 기준으로 인접한 비중요교차로(M.I)를 포함한 3개 교차로를 대상으로 하였으며, 국내 도시부 간선도로 여건을 충분히 반영할 수 있도록 기존 연구 결과를 검토

하고, 도로 및 신호운영 특성을 반영하였다.

가상적인 교차로를 대상으로 평가하는 관계로 현장 신호운영 시 적용하게 되는 신호변수를 대체하기 위하여 신호시간은 150초의 신호주기를 이용하여 현시배분 하였으며, 신호제어 변수는 TRANSYT-7F를 이용하여 얻은 최적화된 신호시간 및 오프셋을 사용하였다.

<그림 3>과 <표 2>는 근포화 상황에서의 교통량 및 신호시간을 나타낸 예시 그림으로 편의상 좌측을 1번 교차로로 정의하였다.



<그림 3> 근포화상황의 교통량 및 회전비율

<표 2> 근포화 교통상황의 신호시간

교차로	현시(초)				오프셋
	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	
1번 교차로					70
	22(3)	61(3)	27(3)	28(3)	
	cycle 150 초				
2번 교차로					0
	18(3)	53(3)	17(3)	50(3)	
	cycle 150 초				
3번 교차로					19
	21(3)	63(3)	27(3)	27(3)	
	cycle 150 초				

앞서 기술한 바와 같이 긴급차량 Preemption 제어 적용을 위해서는 신호모드의 전환과정이 필요하며 이러한 일련의 과정은 VISSIM에 사용되는 VAP 신호구성의 기준이 되고, 각각의 신호 로직 구성을 위하여 필수적으로 요구된다고 할 수 있다.

본 연구에서 긴급차량 발생은 시뮬레이션 후 교통상황

이 안정되는 시점인 900초 부근에서 긴급차량을 발생시켰으며, <그림 3>에서 보이는 간선도로의 우에서 좌로 가는 방향으로 긴급차량이 주도로를 따라 주행하였다. 긴급차량 발생과 함께 상류부의 차량은 신호에 의해 일정시간 진입이 금지되고, 긴급차량이 진행 한 후 하류부 교차로에 진입이 가능하도록 설정하였고, 긴급차량 Preemption 제어의 경우 긴급차량의 검지를 최대한 빨리 하는 것이 중요하므로 교차로 통과 후 다음 교차로 링크 상류부에서 바로 긴급차량을 검지하도록 구성하였다.

그리고 긴급차량 검지와 함께 다른 이동류 방향의 최소녹색시간 확보 후 주행방향의 녹색 신호가 작동하도록 설계하였고, 긴급차량이 차선 변경 등 주행환경을 랜덤하게 변경할 수 있으므로 모든 차선에 검지기를 설치하여 긴급차량의 위치를 추적하였다. 마지막으로 긴급차량의 통과가 확인 된 후 다시 기존 신호모드로 복귀하는 방법으로 즉시 전이 방법을 사용하여 기존 신호제어 모드로 복귀하도록 설계하였다.

2) 시뮬레이션 연산시간 설정

긴급차량 Preemption 제어는 일반 신호모드에서 특별한 신호모드로 전환하는 방법이기 때문에 시뮬레이션 실행 시 교차로 교통류의 흐름이 안정된 상태에서 Preemption 제어가 적용되어야 한다. 또한, 긴급차량 Preemption 적용 후 다시 교통류의 흐름이 안정화되는 시점을 시뮬레이션 연산시간으로 설정해야 한다.

그러나 긴급차량 Preemption 제어는 특별한 상황으로 발생되며, 이는 일반적으로 전체 분석 기간 중에서 짧은 시간을 소요하게 된다. 이러한 경우 다시 일반적인 신호모드로 전환하더라도 전체적인 분석 시간 중 긴급차량 Preemption 적용시간은 매우 적은 시간이기 때문에 그 효과가 제대로 반영되지 않을 수 있다. 따라서 적절한 시뮬레이션 시간의 설정이 중요하다.

본 연구에서는 다양한 시뮬레이션 시간을 통해 분석한 결과를 토대로 하여 교통류 흐름이 안정된 상태에서 긴급차량이 발생된 900초 부근에서 다시 교통류가 안정화되는 1800초까지를 시뮬레이션 분석시간으로 설정하였다. 그리고 효과적도는 긴급차량의 통행속도와 방향별 지체, 통과 교통량을 선정하였다.

3. 분석결과

시뮬레이션 결과는 각 교통상황별로 긴급차량 Preemption

제어 전과 긴급차량 Preemption 제어 적용시를 구분하여 비교/분석 하였다. 분석의 신뢰도를 높이고 객관적인 평가 결과를 위하여 조건별 시나리오마다 Random Seed를 3회에 걸쳐 다르게 발생시켜 나온 결과의 평균값을 이용하였다. 각 링크별로 산출된 지체와 속도, 교통량을 가중평균하여 긴급차량이 이동하는 주간선도로의 동-서측 주방향은 링크 전체의 지체, 속도, 교통량을 산출하였으며, 부방향은 각 교차로별로 방향에 따른 결과값을 이용하여 전체적인 평균값을 제시하였다.

1) 지체

긴급차량 Preemption 제어 적용 시 링크별 지체를 분석하였다. 지체는 각 접근로별로 산출된 지체를 교통량을 가중 평균하여 산출하였다. 분석 결과 v/c 0.6일 경우 긴급차량 지체는 연속주행 확보로 14.33초/대에서 0.63초/대로 95.6%의 개선율을 나타냈으며, 긴급차량 주행방향의 일반차량도 30.73초/대에서 22.65초/대로 26.3%의 개선효과를 보였다. 주도로 반대편 방향인 서에서 동으로 이동하는 차량들은 35.99초/대에서 49.18초/대로 36.7%의 증가를 보였다. 주도로 평균 일반차량의 지체는 8.7% 증가한 것으로 나타났고, 네트워크 전체적으로는 34.67초/대에서 36.46초/대로 5.1%의 지체증가가 파악되었다.

<표 3> v/c 0.6일 경우 링크별 지체 (단위: 초/대)

도로 구분	방향	일반차량			긴급차량		
		일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)	일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)
주 도로	동→서	30.73	22.65	-26.3	14.33	0.63	-95.6
	서→동	35.99	49.18	36.7	-	-	-
주도로 평균		33.44	36.33	8.7	14.33	0.63	-95.6
부도로 평균		37.03	36.69	-0.9	-	-	-
전체 평균		34.67	36.46	5.1	14.33	0.63	-95.6

<표 4~5>는 교통량이 증가한 교통상황에 대한 링크별 지체를 정리한 결과이다.

<표 4> v/c 0.8일 경우 링크별 지체 (단위: 초/대)

도로 구분	방향	일반차량			긴급차량		
		일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)	일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)
주 도로	동→서	38.94	29.43	-24.4	47.50	8.10	-82.9
	서→동	41.26	56.75	37.6	-	-	-
주도로 평균		40.13	43.21	7.7	47.50	8.10	-82.9
부도로 평균		41.95	43.01	2.5	-	-	-
전체 평균		40.75	43.14	5.9	47.50	8.10	-82.9

〈표 5〉 v/c 1.0일 경우 링크별 지체 (단위: 초/대)

도로 구분	방향	일반차량			긴급차량		
		일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)	일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)
주 도로	동→서	67.42	50.76	-24.7	59.67	26.13	-56.2
	서→동	66.80	91.99	37.7	-	-	-
주도로 평균		67.09	71.71	6.9	59.67	26.13	-56.2
부도로 평균		81.22	88.60	9.1	-	-	-
전체 평균		72.03	77.67	7.8	59.67	26.13	-56.2

교통량이 증가함에 따라 교차로 전체의 평균지체는 일반차량과 긴급차량 모두 증가하였다. 그러나 긴급차량의 지체는 v/c가 증가할수록 개선되는 폭이 점차 감소하였으나, 일반차량의 지체 증가폭은 상대적으로 적게 나타났다. 이는 교통상황이 과포화상태로 진행되면 긴급차량 Preemption 신호 제어의 효과가 크게 감소될 수 있음을 보여주며, 이러한 과포화 상황이 많이 발생하는 국내 도시부 도로의 특성을 고려할 때, 향후 보다 면밀한 제어 전략에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

2) 통행속도

긴급차량 Preemption 제어 적용 시 긴급차량의 통

〈표 6〉 v/c 0.6일 경우 링크별 속도 (단위: km/h)

도로 구분	방향	일반차량			긴급차량		
		일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)	일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)
주 도로	동→서	46.11	46.82	1.6	31.84	49.45	55.3
	서→동	45.00	43.68	-2.9	-	-	-
주도로 평균		45.55	45.25	-0.7	31.84	49.45	55.3
부도로 평균		48.06	48.11	0.1	-	-	-
전체 평균		47.43	47.40	-0.1	31.84	49.45	55.3

〈표 7〉 v/c 1.0일 경우 링크별 속도 (단위: km/h)

도로 구분	방향	일반차량			긴급차량		
		일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)	일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)
주 도로	동→서	37.68	39.44	4.7	30.15	38.16	26.6
	서→동	37.10	33.63	-9.4	-	-	-
주도로 평균		37.39	36.54	-2.3	30.15	38.16	26.6
부도로 평균		43.58	43.11	-1.1	-	-	-
전체 평균		42.03	41.47	-1.3	30.15	38.16	26.6

행속도는 v/c 1.0일 경우 30.15km/h에서 38.16km/h로 약 8km/h 증가하여 26.6%의 개선율을 나타내었으며, 일반차량의 경우 주도로 평균 4.7%의 속도 감소를 나타내었다. 교통상황에 따른 통행속도의 변화는 지체도와 유사하게 v/c가 증가할수록 긴급차량의 통행속도 증가 효과가 감소함을 알 수 있다. 그리고 일반차량의 통행속도도 약 1.3% 감소하는데 그쳐 Preemption 제어에 따른 부정적인 효과가 크지 않음을 알 수 있다.

3) 통과교통량

긴급차량 Preemption 운영에 따른 통과 교통량의 변화결과는 〈표 8〉, 〈표 9〉에 제시되어 있다. 통과교통량은 주도로 긴급차량과 동일방향의 교통량은 증가하였으나, 다른 방향의 교통량은 다소 감소한 것으로 분석되었다. 그리고 교통량의 감소폭은 v/c가 증가할수록 약간씩 증가하는 경향을 나타내었고, 주도로의 긴급차량과 반대방향 이동류의 통과교통량 감소폭이 가장 크게 나타났다.

그러나 전체적인 평균값으로는 v/c가 1.0인 경우 1.8% 감소하는 것으로 파악되어 큰 변화가 없는 것으로 판단된다. 〈표 8〉의 부도로 평균값은 0.1% 증가하는 결과로 나타났으나, 이는 차량1대 차이로 발생하는 값으로 Preemption 제어에 따른 효과라기보다는 시뮬레이션 모형의 랜덤성에 기인하는 결과라고 판단된다.

〈표 8〉 v/c 0.6일 경우 통과교통량 (단위: v/h)

도로 구분	방향	일반차량		
		일반신호 제어	Preemption 제어	증감률(%)
주 도로	동→서	1,490	1,502	0.8
	서→동	1,486	1,454	-2.2
주도로 평균		1,488	1,478	-0.7
부도로 평균		776	777	0.1
전체 평균		954	952	-0.2

〈표 9〉 v/c 1.0일 경우 통과교통량 (단위: v/h)

도로 구분	방향	일반차량		
		일반신호 제어	Preemption 제어	증감률(%)
주 도로	동→서	2,360	2,395	1.5
	서→동	2,397	2,207	-7.9
주도로 평균		2,379	2,301	-3.3
부도로 평균		1,248	1,238	-0.8
전체 평균		1,531	1,504	-1.8

### IV. 현장 적용성 평가

#### 1. 연구 대상지역 운영현황

본 장에서는 긴급차량 Preemption 제어의 현장 적용성을 검토하기 위하여 긴급차량이 운행되는 실제 교차로를 조사하여 평가하였다. 그러나 현장에서 실제적인 Preemption 제어를 수행하기 어려운 관계로 실제와 동일한 교통상황을 시뮬레이션으로 구현하여 평가하였다.

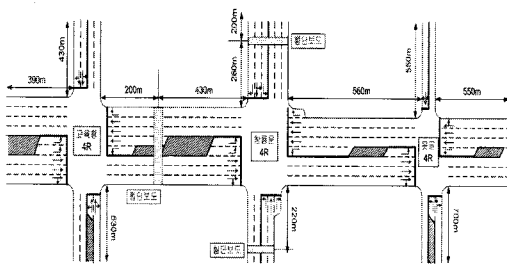
분석대상 구간은 수원시 1번국도 상의 못골 4거리에서 창룡문 4거리를 지나 교육청 4거리에 이르는 구간으로써 못골 4거리 전에 119안전센터가 있는 지점이다. 본 대상지역은 첨두시 주방향 및 부방향의 유입교통량과다로 막힘 현상이 빈번하게 발생하고 있어 긴급차량 운영시 목적지까지 도착하는데 교통상황 및 신호운영에 제약을 받게 되는 곳이다.

평가를 위한 자료를 확보하기 위하여 2007년 6월 4일 오후 첨두시간에 현장조사를 수행하였으며, 대상지역의 기하구조, 교통 및 신호운영 자료를 수집하였다.

##### 1) 대상지역 기하구조 현황

대상 지역은 창룡문 4거리가 중요교차로이며, 주방향은 직진 3차로에 좌회전 1~2차로를 가지며, 전용 좌회전 차로가 존재하고, 부방향은 1~2차로의 공용차로로 운영 중에 있다. 링크길이는 400m에서부터 600m 정도로 다양하게 분포되어 있으며, 국내 도시부 일반 간선도로와 유사한 형태를 나타내고 있다.

<그림 4>는 조사된 현장의 기하구조를 요약하여 나타낸 것이다.

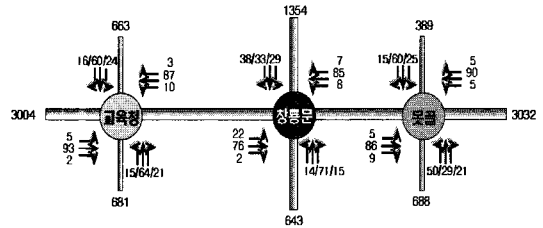


<그림 4> 현장 적용성 평가를 위한 기하구조

##### 2) 대상지역 교통 및 신호운영 현황

신호운영은 주방향(동-서 방향) 신호의 경우 분리 신

호로 운영되고 있으며, 부방향(남-북 방향)의 경우 동시 신호로 운영되고 있다. 대상 지역의 교통 및 신호운영 현황은 <그림 5>, <그림 6>과 같다.



<그림 5> 대상지역 교통현황 및 회전비율

교차로명	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	Φ5	cycle	offset
교육청4R						180	151
창룡문4R						180	70
못골4R						180	43

<그림 6> 대상지역 신호운영 현황

### 2. 평가 결과

현장 적용성 평가 결과 지체의 값이 90초 이상으로 나타나 과포화 교통상황인 것을 알 수 있다. 긴급차량 주행방향의 지체는 97.2초에서 26.4초로 크게 감소하였다. 그러나 부도로의 경우에는 평균적으로 약 23.6초의 지체가 증가하였고, 전체 대상구간의 지체도 95.5초/대에서 99.0초/대로 3.7%가량 증가하였다.

그리고 긴급차량의 통행속도는 19.8km/h에서 25.5km/h로 약 29%가량 증가하였으나, 긴급차량의 반대방

<표 10> 현장 적용 평가의 지체 결과 (단위: 초/대)

도로구분	방향	일반차량			긴급차량		
		일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)	일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)
주도로	동→서	92.96	71.46	-23.1	97.23	26.47	-72.8
	서→동	93.66	115.04	22.8	-	-	-
주도로 평균		93.31	92.01	-1.4	97.23	26.47	-72.8
부도로 평균		105.18	130.06	23.6	-	-	-
전체 평균		95.51	99.00	3.7	97.23	26.47	-72.8



향과 부도로의 속도는 감소하였다. 긴급차량의 속도도 약 25km/h 정도로 나타나 <표 7>의 시뮬레이션 결과와 비교하여 매우 낮은 수준으로 파악되었다. 따라서 교통류의 상태에 따라 긴급차량의 운영의 효율성이 크게 영향을 받을 수 있음을 알 수 있다.

<표 11> 현장 적용 평가의 속도 결과 (단위: km/h)

도로 구분	방향	일반차량			긴급차량		
		일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)	일반 신호 제어	Preemption 제어	증감 (%)
주 도로	동→서	27.55	29.94	8.7	19.77	25.53	29.1
	서→동	32.16	31.07	-3.4	-	-	-
주도로 평균		29.86	30.50	2.2	19.77	25.53	29.1
부도로 평균		44.02	42.97	-2.4	-	-	-
전체 평균		40.48	39.85	-1.6	19.77	25.53	29.1

## V. 결론

본 연구는 긴급차량 Preemption제어의 국내 적용을 위한 연구의 첫 단계로 국내외 긴급차량 Preemption 제어 관련 연구를 검토하였다. 그리고 Preemption 제어 알고리즘을 국내 교통 환경에 적용하고 이를 평가하여 교통상황에 따른 효과의 변동성을 분석하고, 또한 실제 현장자료를 기반으로 평가하여 현장 적용 시 발생하는 효과를 추정하였다.

시뮬레이션 분석결과 긴급차량 Preemption 제어가 긴급차량의 운영에 긍정적인 영향을 주는 것으로 분석되었으나, v/c가 증가할수록 긴급차량의 지체 감소효과 및 통행속도 증가폭은 감소하는 것으로 나타났다. 일반차량의 경우 Preemption 제어로 인해 지체가 증가하고 통행속도가 감소하였으나 네트워크 전체적으로는 큰 차이가 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

그리고 긴급차량이 운행되는 실제 교차로를 조사하여 평가한 결과, 긴급차량 Preemption 제어를 대상 교차로에 도입 시 긴급차량의 지체는 97.23초/대에서 26.4초/대로 감소하고 통행속도도 크게 개선됨을 알 수 있다. 그러나 네트워크 전체적으로는 지체가 3.7%정도 증가하였다.

따라서 긴급차량 Preemption 제어 시 교통상황에 따른 개선효과와 차이는 존재하고, Preemption 제어에 큰 영향을 받는 구간도 존재하나 대부분의 구간에서 그 차이가 크게 발생하지 않으므로 긴급차량 Preemption

제어 도입 시 사회적으로 긍정적인 효과가 발생할 것으로 기대된다.

긴급차량 preemption 제어는 전이방법이나 검지기 위치 등 preemption 제어 결과에 영향을 미칠 수 있는 많은 운영변수를 포함하고 있다. 본 연구에서는 preemption 제어의 국내 적용성 평가에 초점을 두고 이와 같은 변수를 일반적인 문헌에 근거하여 고정시키고 효과를 분석하였다. 따라서 향후에는 이와 같은 변수를 포함한 관련 연구가 많이 진행되어 preemption 제어 도입 시 발생할 수 있는 불확실성을 최소화 할 수 있는 방법을 개발하는 노력이 필요하다.

그리고 본 연구에서는 긴급차량의 발생을 분석기간 중 1회에 한정하여 그 효과를 평가하였으나, 긴급상황은 특별 이벤트로서 일정한 시간 간격을 가지고 발생하지 않는다. 따라서 긴급차량의 발생이 동시다발적으로 발생하는 상황을 고려한 긴급차량 Preemption 제어 운영전략 및 전이시간, 교통류 파급효과에 대한 연구가 향후 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Casturi R.(2000), "A Macroscopic Model for Evaluating the Impact of Emergency Vehicle Signal Preemption on Traffic", Master's Thesis in Civil Eng., Virginia Poly. Institute and State University.
2. Cohen D., L. Head, S.G. Shelby (2007), "Performance Analysis of Coordinated Traffic Signals During Transition", The 85th TRB Annual Meeting CD-ROM, TRB.
3. Federal Highway Administration(2000), "Manual on Uniform Traffic Control Devices", U.S. Department of Transportation.
4. ITS America(2004), "An Overview of Transit Signal Priority".
5. Khasnabis, S. R. Rudraraju, and M. Baig(1999), "Economic Evaluation of Signal Preemption Projects", ASCE, Journal of Transportation Engineering Vol.125, pp.160~167.
6. Louisell C., J. Collura, D. Teodorovic, and S. Tignor (2004), "A Simple Work Sheet Method

- to Evaluate Emergency Vehicle Preemption and the Impacts on Safety", TRR 1867, TRB, pp.151~162.
7. McHale G. M.(2002), "An Assessment Methodology for Emergency Vehicle Traffic Signal Priority Systems", Ph.D. Dissertation in Civil and Environ. Eng. Virginia Poly. Institute and State University.
8. Obenberger, J. and J. Collura.(2001), "Transition Strategies to Exit Preemption Control: State-of-the-Practice Assessment", TRR 1748, TRB, pp.72~79.
9. Transportation Research Board (1999), "Synthesis of Highway Practice 271, Traffic Signal Operations Near Highway-Rail Grade Crossing", National Research Council, TRB.
10. 경찰청(2006), 2006년 교통사고 통계, pp.3~19.
11. 도로교통법 [일부개정 2006.7.19 법률 제7969호].
12. 소방방재청(2006), 2006년도 화재통계 연감
13. 조한선 · 오주택 · 이재명 · 박동주(2006), "VISSIM을 이용한 Signal Preemption 전략도입 및 효과분석", 대한교통학회지, 제24권 제4호, 대한교통학회, pp.93~101.

- ♣ 주 작성자 : 양윤호  
 ♣ 교신저자 : 이상수  
 ♣ 논문투고일 : 2008. 2. 23  
 ♣ 논문심사일 : 2008. 5. 26 (1차)  
                   2008. 8. 14 (2차)  
 ♣ 심사판정일 : 2008. 8. 14  
 ♣ 반론접수기한 : 2009. 2. 28  
 ♣ 3인 익명 심사필  
 ♣ 1인 abstract 교정필