

UTIS 기반의 긴급차량 우선신호제어 시스템 개발

Development of the Emergency Vehicle Preemption Control System Based on UTIS

홍경식*
(Kyung-Sik Hong)

정준하**
(Jun-Ha Jung)

안계형***
(Gye-Hyeong Ahn)

요약

본 연구에서는 수도권을 중심으로 구축·운영 중에 있는 ITS 무선통신 인프라인 UTIS를 활용하여 긴급차량 우선신호제어 시스템을 개발하였다. 신호교차로에서 긴급차량의 연속주행과 일반차량의 제어지체를 최소화하는 긴급차량 우선신호제어 시스템 구현을 위해 긴급차량의 진행방향(직/좌)을 사전에 파악이 가능하도록 하였으며, 긴급차량 우선신호제어 방식을 현시삽입과 현시조정 모드로 구분하여 개발하였다. 또한, 시스템에 대한 현장 적용 가능성을 평가하기 위해 CORSIM 모형의 RTE 기능 활용을 통해 HILS 기반의 평가 시스템을 구성하여 EVP 제어 효과에 대한 검증을 수행하였다. 본 연구를 통해 개발된 긴급차량 우선신호제어 시스템은 기 구축된 ITS 인프라를 활용한 것으로 현장 적용 시 경제적이고 효율적인 구축이 가능할 것으로 기대된다.

Abstract

In this paper, we have developed the system of emergency vehicle preemption signal control based on UTIS(Urban Traffic Information System) which have been deployed and operated in the national capital area. It considered the turning direction(through or left turn) of emergency vehicle at the signalized intersection in order to provide the consecutive progression of emergency vehicle and minimize the control delay of passenger cars. we adopted several EVP control modes such as phase insertion and phase adjustment mode. Also, we evaluated the possibility of field implementation via simulation analysis using CORSIM RTE(Run Time Extension) based HILS(Hardware In the Loop Simulation). We expect that the result of this research contribute to providing the right-of-way to emergency vehicle in this country.

Key words : control delay, EVP(Emergency vehicle preemption), HILS(Hardware in the loop simulation), phase adjustment, phase insertion, traffic signal control, travel time, UTIS(Urban traffic information system)

I. 서론

국내의 경우 소방차, 경찰차 등의 긴급차량은 긴급상황 발생 후 5분 이내에 현장에 도착하여 대응하는 것을 목표로 하고 있으나, 소방방재청 국가화재

정보시스템 통계자료(2010)에 의하면 긴급상황 발생 후 현장에 도착하는데 까지 5분 이내로 소요된 비율은 전체의 72% 밖에 되지 않고 있다. 이렇게 목표 대비 현장 도착시간이 늦어지는 요인 중 하나가 긴급차량의 통행우선권이 보장되지 않기 때문이다. 또

* 주저자 및 교신저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원

** 공동저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 수석연구원

*** 공동저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 연구위원

† 논문접수일 : 2012년 1월 12일

† 논문심사일 : 2012년 3월 21일

† 게재확정일 : 2012년 3월 27일

한 긴급차량의 신호무시, 차선이탈, 역주행 등으로 인해 일반차량의 안전을 위협하는 상황이 자주 발생하게 된다. 따라서 긴급차량 운행 시 교차로에 접근하는 교통류를 고려한 긴급차량 우선신호(EVP, Emergency Vehicle Preemption) 제어가 필요하다.

본 연구는 수도권 지방자치단체를 중심으로 구축 운영 중인 ITS 무선통신 인프라인 UTIS(Urban Traffic Information System)를 활용하여 긴급차량 우선신호 제어시스템을 개발하고자 하였으며, 신호교차로에서 긴급차량의 통행 우선권을 보장하기 위해 UTIS 무선통신기술을 활용해 긴급차량의 진행방향(직/좌)을 사전에 파악하여 긴급차량의 연속주행과 일반차량의 현시체계 변경으로 인한 혼란 및 제어지체를 최소화하는 EVP 제어를 구현하는데 그 목적이 있다.

II. 관련 연구 고찰

1. EVP 제어 절차

EVP 제어는 일반 신호계획에서 긴급차량 검지시 우선신호(Preemption) 제어 제공 후 다시 일반 신호 계획으로 복구하는 일련의 과정을 의미하며, 일반적인 EVP 제어는 다음과 같은 단계를 거쳐 운영되고 있다[1].

1) EV(Emergency Vehicle) 검지

EV가 대상 교차로에 진입 여부를 유·무선 검지기(센서)를 통해 검지 후 신호제어기로 우선신호 요청(Preemption Call)이 전달되어 우선신호(Preemption) 제어가 시작되는 단계로 EV 검지 시부터 시작된다.

2) 현시 종료

EV의 우선신호 요청(Preemption Call)이 오면 신호제어기에서는 현재 운영현시를 파악한 후 긴급차량의 진행방향과 다른 경우 현재 운영현시의 최소 녹색시간 경과 여부를 확인 후 최소 녹색시간 경과 후 긴급차량의 운행 현시를 제공한다.

3) 우선신호 지속 간격(Preemption Hold Interval)

EV 현시 제공시부터 EV 통과까지 우선신호(Preemption) 제어가 지속되는 단계이다. 일반적으로 EV의 진행 경로를 알 수 없기 때문에 EV의 진행방향과 동일한 직·좌 동시신호 현시를 제공하는 경우가 많다.

4) EV 통과 확인 및 원 신호 복구

EV가 완전히 해당 신호교차로를 통과한 것을 확인한 후 우선신호(Preemption) 제어 이전의 신호 운영 상태로 돌아오는 단계이다. 이 때 복구 첫 현시는 일반차량 운전자의 혼란을 최소화하기 위하여 EV 진행 현시 다음 현시를 제공하는 방법과 교통 상황에 따라 첫 현시를 결정하는 방법이 있으며, 결정된 전이방법에 따라 3주기 이내에 원 신호로 복귀한다.

2. UTIS

UTIS는 경찰청과 지방자치단체에서 추진하고 있는 국가 ITS 구축사업인 도시지역 광역교통정보 기반확충사업의 핵심 시스템으로 무선랜(IEEE 802.11a) 기반의 실시간 교통정보수집·제공하는 시스템이며 주요 특징은 <표 1>과 같다[2].

<표 1> UTIS 특징
<Table 1> Characteristics of UTIS

구분	내용
통신방식	IEEE 802.11a(Wireless LAN)
주파수	5.725 ~ 5.825GHz
통신반경	500m(LOS, Line Of Sight)
통신속도	6 ~ 54Mbps
접속시간	167msec
주요 제공서비스	<ul style="list-style-type: none"> · 링크 및 세그먼트 정보 · 문자 및 음성 정보 · CCTV 정지영상 정보 · 기타 멀티미디어 정보

UTIS에서의 교통정보 수집 및 제공의 기본 과정은 다음과 같다. 차량내단말기(OBE, On Board Equipment)에 GPS 및 노드·링크체제로 구성된 전

자지도를 탑재하여 주행경로에 대한 링크정보를 작성하여 도시부 주요 교차로의 노변에 설치된 노변 기지국(RSE, Road Side Equipment)과 통신이 이루어지면 축적 후 전송(Cumulating and Flushing)하는 방식으로 RSE에 전송하고, 센터에서 가공된 교통정보는 RSE를 통해 전송 받아 표출하는 방식으로 이루어져있다. UTIS는 필요한 교통정보를 센터로 요청하여 전송받을 수 있는 실시간 양방향 무선 통신 기반의 교통정보수집·제공시스템이다[2].

3. 국내·외 EVP 관련 연구 고찰

1) 국내 EVP 관련 연구

유혜천(2004) 등은 무선통신을 이용한 응급차량 우선신호 운영전략에 관한 연구에서 보행신호와 EVP 처리의 관계에 대한 연구를 진행하여 보행신호상황별 우선신호(Premption) 수행 전략을 제시하였다[3].

조한선(2007) 등은 철도건널목 인근 신호교차로에서의 우선신호 전략 비교 분석에서 TPS(Transition Preemption Strategy)에 대한 비교 분석을 통하여 교차로의 안전과 효율성 측면에서의 최상의 운영 전략을 제시하였다[4].

이재형(2009) 등은 대기행렬길이 제약조건을 고려한 우선신호(Premption) 제어 전략에 관한 연구에서 긴급차량의 연속주행 확보를 보장하고, 일반차량의 지체를 최소화 및 통행속도 개선을 위한 우선신호(Premption) 제어 전략을 제시하였다[5].

2) 국외 EVP 관련 연구

Yun(2007) 등은 감응제어시스템을 대상으로 다양한 EVP 제어 전략에 대하여 HILS 기반으로 해당 교차로 및 네트워크에 대한 여행시간과 지체의 영향에 대하여 평가를 하였다. 또한 EVP 제어 후 원신호계획으로 복귀하는 경우 2~3 주기에 걸쳐 전이하는 것이 최적이라는 결과를 내었고, EVP 제어의 영향을 최소화하는 현시 순서에 대하여 고려되어야 할 필요성을 제시하였다[6].

Nelson(1999) 등은 EVP 제어의 영향 분석에 대하여 연구를 진행하여 교차로간 거리, EVP 제어 후

전이 알고리즘, 교차로의 포화도, 우선신호(Premption) 지속 기간 등의 4가지 요인이 핵심 요인이라는 것을 제시하였다[7].

3) 본 연구의 차별성

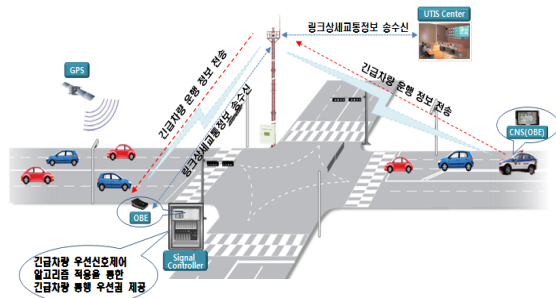
기존 EVP 제어 관련 연구는 대상교차로에서 센서 등의 검지기술을 통해 EV의 검지 시 즉시 EV 통과 방향의 직진과 좌회전 방향의 동시신호를 제공하는 형태의 EVP 제어가 이루어져 일반차량의 현시 체계의 혼란과 지체의 증가를 초래하는 단점이 존재한다.

따라서, 본 연구에서는 신호교차로에서 긴급차량의 통행 우선권을 보장하기 위해 UTIS 통신 기술을 활용하여 긴급차량의 진행방향(직/좌)을 사전에 파악하여 긴급차량의 연속주행과 일반차량의 현시체계 변경으로 인한 혼란 및 제어지체를 최소화하는 EVP 제어가 가능하도록 하였다.

III. UTIS 기반의 EVP 제어 알고리즘

1. 시스템 구성

일반적으로 EVP 제어시스템은 검지체계, 통신체계, 교통신호제어체계의 상호작용을 통해 서비스가 제공된다. 본 논문에서는 검지체계 및 통신체계는 UTIS 무선통신망을 활용하도록 하였다. <그림 1>은 UTIS 기반의 EVP 제어시스템 구성을 나타낸 것이다.



<그림 1> UTIS 기반의 EVP 제어시스템 구성도
<Fig 1> Configuration of EVP control system based on UTIS

UTIS 기반의 EVP 제어시스템의 특징은 긴급차량(EV_OBE)이 노변기지국(RSE)을 통하여 신호제어기(LC_OBE)와 직접통신을 할 수 있다는 것이다. UTIS 무선통신을 통해 신호제어기에서는 긴급차량의 위치, 진행방향, 속도 정보를 실시간으로 제공받아 EVP 제어 알고리즘을 수행하게 된다.

기존 EVP 제어 방식에서는 우선신호 요청(Preemption Call)이 오면 긴급차량 진행방향을 파악할 수 없기 때문에 진행방향의 직/좌 동시신호 현시를 부여하는 것으로 구현되어 있다. 이로 인해 기존 현시체계와의 혼란을 가중시킬 뿐만 아니라 불필요한 현시를 제공하여 타현시 일반차량의 지체를 증가시킬 가능성이 있다. 반면, UTIS를 활용하면 긴급차량의 위치 및 진행방향은 실시간으로 신호제어기로 전달할 수 있어 긴급차량의 진행 현시에만 EVP 제어가 가능하도록 하여 일반차량의 현시체계 변경으로 인한 혼란과 지체를 최소화할 수 있는 EVP 제어가 가능하다.

UTIS 기반의 EVP 시스템은 신호제어기(Signal Controller), LC_OBE, RSE, EV_OBE로 구성되며, 각 구성요소의 역할은 <표 2>와 같다.

<표 2> 시스템 구성요소별 역할
<Table 2> Role of system composition

구성요소	역할
신호제어기	우선신호(Preemption) 제어 기법을 적용하는 신호제어기
LC_OBE	신호제어기 및 RSE와 긴급차량 위치 및 제어기 정보를 교환하는 무선단말
RSE	LC_OBE 와 EV_OBE 간의 정보를 교환하는 노변기지국
EV_OBE	LC_OBE에 RSE를 통해 긴급차량 위치를 실시간으로 전송하는 무선단말

2. EVP 제어 알고리즘

1) 긴급차량 교차로 진입소요시간 산출

- ① EV에서 전송하는 진행 링크 정보와 회전 정보를 통해 진행현시(목표 현시) 판단
여기서, 진행 방향 회전 정보는 UTIS 긴급차량 내비게이션 단말기 UI를 통해 입력을 받

거나 경로 설정시 설정된 경로의 회전 정보를 추출하여 사전 검지

- ② EV에서 해당 링크 진입 후 전송하는 실시간 위치정보(x, y)를 통하여 교차로까지의 거리(m)를 계산하고, 속도(m/s) 정보를 통하여 교차로 진입에 소요되는 시간(t_1) 산출

$$t_1 = \frac{\sqrt{(x_{EV} - x_{LC})^2 + (y_{EV} - y_{LC})^2}}{v_{EV}}$$

여기서, x_{EV}, y_{EV} : 긴급차량의 경도, 위도
 x_{LC}, y_{LC} : 신호제어기의 경도, 위도
 v_{EV} : 긴급차량의 속도(m/s)

2) 우선신호(Preemption) 제어 모드(현시조정/삽입)

① 현시조정 모드(EVP 1)

긴급차량의 교차로 진입시점 예측 결과를 바탕으로 긴급차량 진행 목표현시를 산출하고 현재 주기를 늘리는 방향(Positive Delta, ΔP)으로 조정하는 경우와 현재 및 다음 주기의 현시를 비율에 따라 줄이는 방향(Negative Delta, ΔN)으로 조정하는 경우를 비교하여 적은 방향으로 조정하는 방식이다.

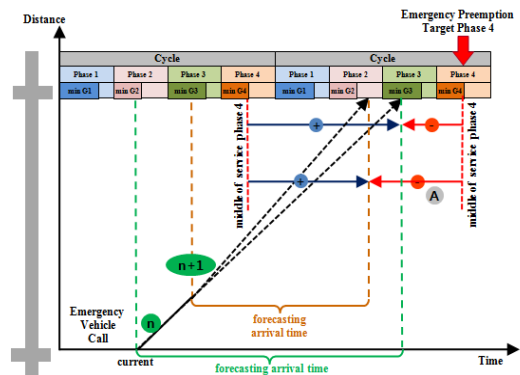
여기서,

$$\Delta N = \sum_{i=\text{긴급차량 Target 현시}}^{i=\text{긴급차량 점지 현시}} \text{Minimum Green Time}$$

$$\Delta P = \text{Cycle} - \Delta N$$

$\Delta P \geq \Delta N$ 이면, 주기를 늘리는 방향으로 조정

$\Delta P < \Delta N$ 이면, 주기를 줄이는 방향으로 조정



<그림 2> 현시 조정 모드
<Fig 2> Phases adjustment mode

② 현시삽입 모드(EVP 2)

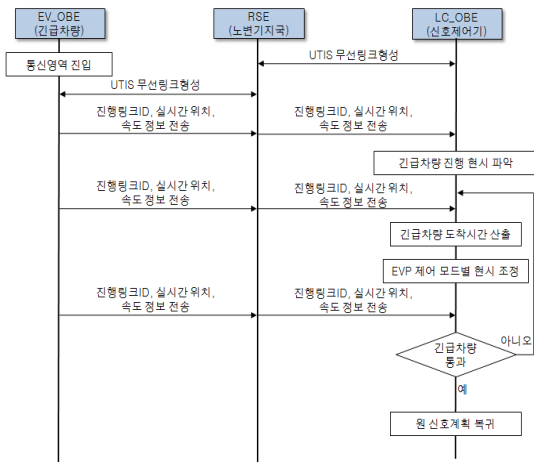
EVP 제어 대상 교차로에 긴급차량 출현 검지시점의 진행 현시를 최소녹색시간 경과 후 조기종결 후 긴급차량 진행 현시를 제공한다.

3) 원 신호계획으로 복귀

표준교통신호제어기(COSMOS)에서의 주기 전이 방식에 따른 전이과정을 거쳐 원 신호계획으로 복귀한다.

4) UTIS 기반의 EVP 제어 절차

UTIS 기반의 EVP 제어 절차는 <그림 2>와 같으며 세부 절차는 다음과 같다.



<그림 3> EVP 제어 절차
<Fig 3> Procedure of EVP control

- Step 1. 신호제어기에 탑재된 LC_OBE와 RSE의 무선링크 형성
- Step 2. EV_OBE가 RSE 통신영역 진입 시 RSE와의 무선링크 형성
- Step 3. EV_OBE는 EVP 제어 대상 링크 진입 후 RSE를 통해 LC_OBE에 매 초 단위로 긴급차량의 진행방향(직/좌), 실시간 위치좌표 및 속도정보 전송
- Step 4. 신호제어기는 긴급차량의 진행 현시 파악
- Step 5. 신호제어기는 EV에서 매초 단위로 전송되

는 정보를 통해 긴급차량의 교차로 진입 예상시간 산출

Step 6. 신호제어기는 EVP 제어 모드에 따른 신호 현시 조정

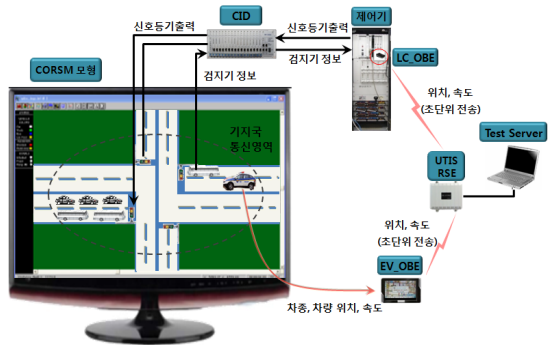
Step 7. EV 통과 완료 시까지 Step 5, 6 과정 반복

Step 8. 원 신호계획으로 복귀

IV. 알고리즘의 검증

1. 시뮬레이션 모형 선택

현장 적용 가능성에 대한 보다 정확한 검증을 위하여 HILS(Hardware In the Loop Simulation) 기반의 CORSIM 모형의 RTE(Run Time Extension) 기능을 활용하여 평가시스템을 구성하였다. EVP 제어 적용 시 최적화된 신호 주기 및 현시시간 분석을 위해 교통상황에 따른 적정신호시간 산정 및 최적화가 가능한 TRANSYT-7F 모형을 활용하여 신호시간 및 주기를 최적화하여 CORSIM 모형의 입력 자료로 활용하였다.



<그림 4> HILS 기반 평가시스템 구성도
<Fig 4> Configuration of evaluation system based on HILS

시뮬레이션 모형의 구성은 <그림 4>와 같으며, 시뮬레이션 세부 절차는 다음과 같다.

- ① CORSIM 모형에서 생성된 긴급차량 정보(위치, 속도 등)를 매초 단위로 Ethernet 통신을 통하여 EV_OBE로 전달

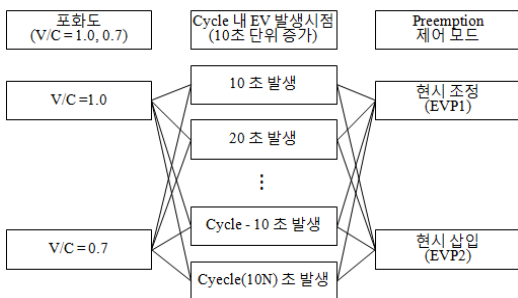
- ② EV_OBE는 긴급차량 정보를 실시간으로 UTIS 무선망을 통해 RSE로 전달
- ③ RSE는 EV_OBE로부터 전달받은 긴급차량 정보를 UTIS 통신을 통해 신호제어기(LC_OBE)로 전달
- ④ 신호제어기(LC_OBE)는 긴급차량의 진행 방향 및 현시를 결정하고, 교차로 진입시간을 예측하여 EVP 모드에 따른 제어 알고리즘 수행
- ⑤ 신호제어기는 EVP 적용 결과에 대한 신호등기 출력을 CID(Controller Interface Device)로 전달
- ⑥ CID는 신호등기 출력을 검지하여 CORSIM 모형에 현시정보 입력

여기서, CID는 신호제어기와 CORSIM 모형을 연동해주는 역할을 한다. 즉, 신호제어기에서 나오는 신호등기 출력(전압)을 검지하여 CORSIM 모형에 입력해주고, 반대로 CORSIM 모형의 검지기 자료를 이용해서 실제 검지기 신호 파형으로 변환하여 제어기로 입력해주는 인터페이스 장치이다.

2. 시나리오 및 효과척도 설정

1) 시나리오

시뮬레이션 시나리오는 <그림 5>와 같은 방식으로 구성되며, 분석시간은 첫 번째 주기에 EV를 발생시켜 일반차량의 지체가 EVP 제어 이전 상태로 평활화되는 20분까지 분석을 시행하였다.



<그림 5> 시뮬레이션 시나리오 구성
<Fig 5> Configuration of simulation scenario

Cycle 내에서 긴급차량을 일정 시간 간격(10초)으로 변화시키면서 발생시켜 그에 따른 일반신호제어

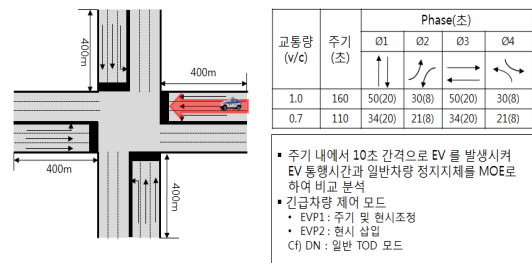
적용 시에 대비한 긴급차량의 통행시간 개선율과 일반차량의 평균 제어지체의 증감률을 비교 분석하였다. 또한, 동일 조건에서의 비교를 위해 긴급차량의 진행방향은 동서방향의 직진 방향으로 진행하는 것으로 분석을 하였으며, 이 과정을 교차로의 포화도에 따라 v/c가 1.0 및 0.7인 경우로 구분하여 분석하였다.

긴급차량의 발생시점을 일정 시간 간격(10초) 단위로 변화를 시키면서 시뮬레이션을 진행한 것은 긴급차량의 연속 진행을 위해 EVP 제어가 필요한 경우와 필요하지 않는 경우가 존재하는데 전자의 경우 EVP 제어의 효과에 대한 분석을 정확히 할 수 없기 때문에 이러한 경우를 모두 고려하여 평균적인 EVP 제어의 효과를 비교하기 위한 것이다.

2) 시나리오별 신호변수 설정

기하구조는 주부도로의 링크길이를 모두 400m로 구성하였으며, 2개의 직진과 1개의 좌회전 차로로 구분하였다.

교통 및 신호조건은 <그림 6>과 같으며 포화도를 과포화와 근포화로 나누어 v/c가 1.0과 0.7이 되도록 교통량을 산정하였고, 직진과 좌회전의 비율은 20%의 비율이 되도록 구성하였다. 신호 주기와 현시 배분은 TRNSYT-7F 모형을 이용하여 최적화된 주기 및 현시 값을 적용하였다.



<그림 6> 교통 및 신호조건
<Fig 6> Traffic and signal condition

3) MOE(Measure of Effectiveness)

본 논문에서 제안하는 EVP 제어 방식(EVP1, EVP2)을 최적화된 TOD 제어와 대비하여 긴급차량

의 통행시간과 일반차량의 제어지체를 비교하여 알고리즘의 효과를 분석하였다.

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

1) 과포화시(v/c=1.0)

<표 3>과 <그림 7>은 과포화시 TOD 제어 모드와 본 연구에서 제안하는 EVP 방식에 대하여 최적화된 주기(160초)에 매 10초 간격으로 긴급차량을 발생시켜 간 경우에 긴급차량의 통행시간 및 일반차량 제어지체를 비교한 결과이다.

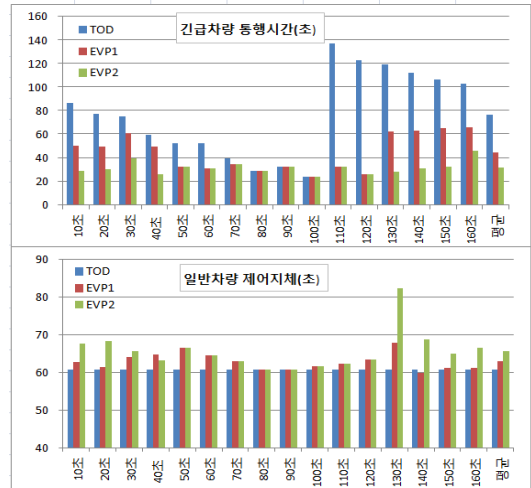
<표 3> 긴급차량 통행시간 및 일반차량 제어지체 비교 (v/c=1.0)

<Table 3> Comparison of EV's travel time and Passenger cars' control delay(v/c=1.0)

EV 발생 시점	긴급차량 통행시간(초)			일반차량 제어지체(초)		
	TOD	EVP1 (현시 조정)	EVP2 (현시 삽입)	TOD	EVP1 (현시 조정)	EVP2 (현시 삽입)
10초	86	50	29	60.7	62.7	67.6
20초	77	49	30		61.3	68.3
30초	75	61	39		64.0	65.7
40초	59	49	26		64.7	63.2
50초	52	32	32		66.5	66.5
60초	52	31	31		64.5	64.5
70초	39	34	34		62.9	62.9
80초	29	29	29		60.7	60.7
90초	32	32	32		60.7	60.7
100초	24	24	24		61.5	61.5
110초	137	32	32		62.3	62.3
120초	123	26	26		63.4	63.4
130초	119	62	28		67.9	82.3
140초	112	63	31		59.9	68.7
150초	106	65	32		61.1	65.0
160초	103	66	46		61.1	66.5
평균	76.56	44.06	31.31		60.7	62.83
TOD 대비 개선율(%)		42.45	59.10	증가율 (%)	3.51	8.09

시뮬레이션 결과 과포화시에 긴급차량의 통행시간은 일반적인 TOD 제어와 비교할 때 EVP1(현시

조정) 모드의 경우 약 42.45 %의 개선이 있었으며, EVP2(현시삽입) 모드의 경우 약 59.10 %의 개선이 있었다. 반면에 일반차량의 제어지체의 경우 TOD 제어 대비하여 EVP1(현시조정) 모드의 경우 약 3.51 %의 증가가 있었으며, EVP2(현시삽입) 모드의 경우 약 8.09 %의 증가가 있었다.



<그림 7> 긴급차량 통행시간 및 일반차량 제어지체 비교 (v/c=1.0)

<Fig 7> Comparison of EVs travel time and Passenger cars' control delay(v/c=1.0)

2) 근포화시(v/c=0.7)

<표 4>와 <그림 8>은 근포화시 TOD 제어 모드와 본 연구에서 제안하는 EVP 방식에 대하여 최적화된 주기(110초)에 매 10초 간격으로 긴급차량을 발생시켜 간 경우에 긴급차량의 통행시간 및 일반차량 제어지체를 비교한 결과이다.

시뮬레이션 결과 근포화시에 긴급차량의 통행시간은 일반적인 TOD 제어와 비교할 때 EVP1(현시조정) 모드의 경우 약 38.10 %의 개선이 있었으며, EVP2(현시삽입) 모드의 경우 약 50.79 %의 개선이 있었다. 반면에 일반차량의 제어지체의 경우 TOD 제어 대비하여 EVP1(현시조정) 모드의 경우 약 5.06 %의 증가가 있었으며, EVP2(현시삽입) 모드의 경우 약 12.65 % 정도 증가하는 것으로 분석되었다.

〈표 4〉 긴급차량 통행시간 및 일반차량 제어지체 비교 (v/c=0.7)

〈Table 4〉 Comparison of EV's travel time and Passenger cars' control delay(v/c=0.7)

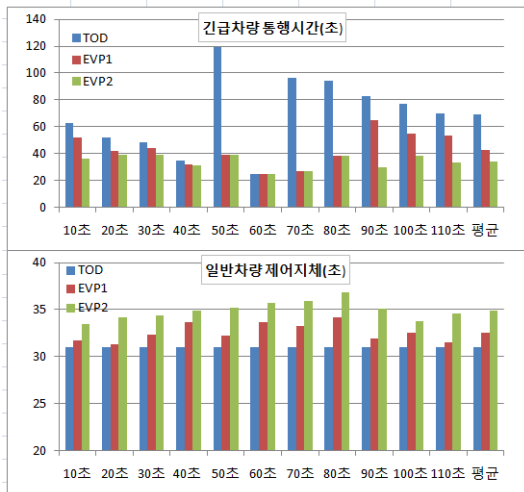
EV 발생 시점	긴급차량 통행시간(초)			일반차량 제어지체(초)		
	TOD	EVP1 (현시조정)	EVP2 (현시삽입)	TOD	EVP1 (현시조정)	EVP2 (현시삽입)
10초	63	52	36	31.0	31.7	33.5
20초	52	42	39		31.3	34.2
30초	48	44	39		32.3	34.4
40초	35	32	31		33.7	34.9
50초	119	39	39		32.2	35.2
60초	25	25	25		33.7	35.7
70초	96	27	27		33.3	35.9
80초	94	38	38		34.2	36.8
90초	83	65	30		31.9	35.1
100초	77	55	38		32.5	33.8
110초	70	53	33		31.5	34.6
평균	69.27	42.91	34.09		31.0	32.57
TOD 대비 개선율(%)		38.10	50.79	증가율 (%)	5.06	12.65

3) 결과 종합

EVP1(현시조정) 모드에 비하여 EVP2(현시삽입) 모드의 긴급차량 통행시간 개선율이 높은 것은 현시삽입 모드의 경우 긴급차량 검지 시의 현시의 최소녹색시간 종료 후 긴급차량 현시를 제공하고, 현시조정 모드의 경우 긴급차량의 통행시간을 예측하여 현시를 늘리거나 줄이는 방법은 통하여 현시의 생략 없이 모든 현시를 제공하면서 EVP 제어를 수행하기 때문이다.

또한, 같은 이유로 일반차량의 제어지체 증가율이 높게 나온 것은 현시가 삽입되는 경우 특정현시가 지연·생략되는 경우가 발생할 수 있어 타 현시의 지체가 증가하기 때문에 일반차량의 제어지체 증가율이 다소 높게 나타난 것으로 분석되었다.

따라서, 긴급차량 우선신호 제어 제공시 운영자의 운영 전략에 따라 긴급차량에 우선권을 적극적으로 제공하는 경우에는 EVP2(현시삽입) 모드를 적용할 수 있고, 일반차량의 제어지체도 고려를 하는 경우에는 EVP1(현시조정) 모드를 선택적으로 적용할 수 있다.



〈그림 8〉 긴급차량 통행시간 및 일반차량 제어지체 비교 (v/c=0.7)

〈Fig 8〉 Comparison of EVs travel time and Passenger cars' control delay(v/c=0.7)

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 수도권을 중심으로 구축·운영 중에 있는 ITS 무선통신 인프라인 UTIS를 활용하여 긴급차량 우선신호제어 시스템을 개발하였다. 신호교차로에서 긴급차량의 연속주행과 일반차량의 제어지체를 최소화하는 긴급차량 우선신호제어 시스템 구현을 위해 긴급차량의 진행방향(직/좌)을 사전에 파악이 가능하도록 하였으며, 긴급차량 우선신호 제어 방식을 현시삽입과 현시조정 모드로 구분하여 개발하였다. 또한, 시스템에 대한 현장 적용 가능성을 평가하기 위해 CORSIM 모형의 RTE 기능 활용을 통해 HILS 기반의 평가 시스템을 구성하여 EVP 제어 효과에 대한 검증을 수행하였다. 본 연구를 통해 개발된 긴급차량 우선신호제어 시스템은 기 구축된 ITS 인프라를 활용한 것으로 현장 적용

시 경제적이고 효율적인 구축이 가능할 것으로 기대된다.

향후 연구과제로 UTIS를 통해 생성된 링크(구간) 소통정보를 기반으로 교차로에 신호 대기 중인 일반차량 대기행렬 길이를 추정하는 알고리즘에 대한 추가 연구를 통해 대기행렬 차량의 소거시간을 고려한 보다 정교하고 효율적인 EVP 제어 알고리즘을 구현이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 양륜호, 이상수, 오영태, “국내 긴급차량 우선 신호(preemption) 제어 적용성 평가에 관한 연구”, *대한교통학회*, 제26권 제5호, 2008년 10월

[2] 홍경식, 정준하, 안계형, 이영인, “UTIS를 활용한 수요기반의 능동형 버스우선신호 제어 알고리즘에 관한 연구”, *대한교통학회*, 제29권 제6호, 2011년 12월

[3] 유혜천, 김영찬, “무선통신을 이용한 응급차량 우선신호 운영전략에 관한 연구”, *정보과학회*, 제20권, 제4호, 2002년 4월

[4] 조한선, 김원호, 오주택, 심재익, “철도건설목 인근 신호교차로에서의 우선신호 전략 비교 분석”, *대한교통학회*, 제25권 제2호, 2007년 4월

[5] 이재형, 이상수, 오영태, “대기행렬길이 제약조건을 고려한 Preemption 제어 전략에 관한 연구”, *대한교통학회*, 제27권 제2호, 2009년 4월

[6] Ilsoo Yoon, Matthew Best, Brain Park. “Evaluation of Emergency Vehicle Preemption Strategies on a Coordinated Actuated Signal System Using Hardware In the Loop Simulation”. *The 85th TRB Annual Meeting*, 2007.

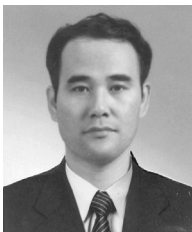
[7] E. J. Nelson, J. Morales and B. Sanderson. “Impact of Signal Preemption on the Operation of the Virginia Route 7 Corridor”. *ITS America Annual Meeting*, 1999.

저자소개



홍 경 식 (Hong, Kyung-Sik)

2006년 ~ 현 재 : 도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원
 2010년 ~ 현 재 : 서울대학교 건설환경공학부 박사과정
 2003년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업



정 준 하 (Jung, Jun-Ha)

1998년 ~ 현 재 : 도로교통공단 교통과학연구원 수석연구원
 2007년 2월 : 아주대학교 교통공학박사



안 계 형 (Ahn, Gye-Hyeong)

2002년 12월 ~ 현 재 : 도로교통공단 교통과학연구원 연구위원
 1997년 7월 ~ 2002년 12월 : 교통개발연구원 책임연구원
 1997년 5월 : University of Texas at Austin 토목공학과 교통공학박사
 1986년 2월 : 서울대학교 환경대학원 도시계획학 석사(교통공학전공)