

도시교통정보시스템(UTIS) 기반 버스우선신호 알고리즘 개발

Algorithm for Bus Priority Signals based on Urban Traffic Information System(UTIS)

이 봉 근*
(Bong-Keun Lee)

이 철 기**
(Choul-Ki Lee)

윤 일 수***
(Il-Soo Yun)

김 영 선****
(Young-Sun Kim)

요 약

도시지역 광역교통정보 기반확충사업(UTIS)의 초기구축 및 확대구축에 따라 도시부 간선도로의 교통정보 수집, 제공의 기본 기능 외에 기 구축된 UTIS기반 표준체계를 활용한 다양한 응용서비스의 필요성이 대두되고 있다. UTIS기반의 버스우선신호시스템은 UTIS기반의 응용서비스 중의 하나이지만 현재 이론적인 언급만 있을 뿐, 실제적으로 개발된 사례가 없다. 이에 본 연구에서는 UTIS기반의 버스우선신호시스템을 개발하기 위하여 기존의 버스우선신호에 대한 이론 및 선행연구를 고찰을 실시하였다. 그리고 버스우선신호시스템을 하드웨어 및 소프트웨어 부문으로 나누어 UTIS기반의 버스우선신호시스템 개발에 대한 연구를 실시하였다. 또한 개발된 시스템의 적용가능성 및 유효성을 평가하기 위해 경기도 안양시 학운공원 앞 경기글로벌통상교 사거리에 실제 신호제어기를 설치하여 현장적용시험을 수행하였다. 현장적용시험은 버스정보수신시험, 신호제어기 운영정보 방송시험, 버스우선신호 알고리즘 적용시험으로 나누어 수행하였으며, 현장시험 적용결과 1현시 조기종결, 2현시 조기종결, 3현시 현시연장에 대한 모든 알고리즘이 정상적으로 운영되는 것을 확인하였다. 또한 기 정의된 UTIS 통신규격을 준용하면서 실시간 우선신호 적용에 필요한 1초 단위 버스위치정보 수집 기능과 1초 단위의 신호운영정보 제공이 원활히 수행됨을 확인하였다.

Abstract

The continuous deployment of Urban Traffic Information System (UTIS) in Korea has increased the need for developing more practical applications utilizing the standard functions of UTIS facilities installed on urban arterials beyond its basic applications like gathering traffic data and providing traffic information. The UTIS-based bus signal priority may be one of UTIS-based applications meeting such demands. However, the studies on BSP have not been sufficient for actual field deployment in terms of theories and algorithms so that there have been few actual installations on real urban arterials. Thus, this study was aimed at developing a UTIS-based bus priority signal system and evaluating its effectiveness through a field study. To this end, this study presents the system development processes by dividing the UTIS-based bus priority signal system into hardware and software. In addition, the positive effectiveness of the UTIS-based bus priority signal system was verified through a field application test which was conducted at Gyeonggi Global Trade High School intersection.

* 주저자 : (주)제이티 대리

** 공저자 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수

*** 공저자 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수

**** 공저자 : 아주대학교 교통연구센터 선임연구원

† 논문접수일 : 2012년 2월 7일

† 논문심사일 : 2012년 3월 6일

† 게재확정일 : 2012년 3월 19일

I. 서 론

도시지역 광역교통정보 기반확충사업(UTIS)의 초기구축 및 확대구축에 따라 도시부 간선도로의 교통정보 수집, 제공의 기본기능 이외에 기 구축된 UTIS기반 표준체계를 활용한 다양한 응용서비스의 필요성이 대두되고 있다. UTIS기반의 버스우선신호 시스템은 UTIS기반의 응용서비스 중의 하나이지만 현재 이론적으로 언급만 있을 뿐 실제적으로 개발된 사례가 없다.

본 연구에서는 UTIS기반의 버스우선신호시스템을 개발하기 위해 기존의 버스우선신호에 대한 이론 및 기존 연구를 고찰하였다. 또한 UTIS기반의 버스우선신호시스템을 하드웨어 및 소프트웨어 부문으로 나누어 시스템 개발에 대한 내용을 제시하였다.

II. 국내외 관련 연구 고찰

1. 국내 연구 고찰

구지선(2003)은 중앙버스전용차로, 가로변버스전용차로에 대해 Green extension, Early green 제어를 기본으로 우선신호알고리즘을 개발하여 효과분석을 시행하였다[1].

한명주(2006)는 수정주기 개념을 도입하여 버스우선신호알고리즘을 정립하여 모의실험을 통해 그 효과를 평가하였다[2].

장상우(2005)는 DSRC통신 기반 하에 버스우선신호제어시스템을 개발하여 모의실험을 통해 버스우선신호제어의 효율성을 확인하였다[3].

2. 국외 연구 고찰

Feng(2003)은 SCOOT에 버스우선신호를 적용하여 효과를 평가하였다. SCOOT version 3.1에는 버스우선신호기법이 포함되어 있으며, SVD(Selective Vehicle Detectors)와 AVL(Automatic Vehicle Location) 등을 이용하여 버스의 도착을 검지하여 Green

extension, Early green기법으로 우선신호를 제공하였으며, 우선신호 제공 후에는 SCOOT 최적주기로 회복하는 과정을 거친다. 그 결과 일반차량의 지체를 최소화하면서 우선신호를 제공하였다[4].

Mirchandani(2000)은 Rhodes 신호제어시스템에 조건부 버스우선신호(Busband)를 제공하여 효과를 분석하였다. Rhodes가 차량에 동일한 가중치를 부여하여 계산한 것과는 달리 Rhodes+Busband는 재차인원과 스케줄을 고려하여 버스각각에 다른 가중치를 줌으로써 우선신호를 제공하는 것을 제안하였다[5].

Ova(2001)는 버스의 배차간격이 일반 대도시보다는 긴 중소도시를 대상으로 버스우선신호 제어전략을 설정하여 평가하였다[6].

3. 시사점

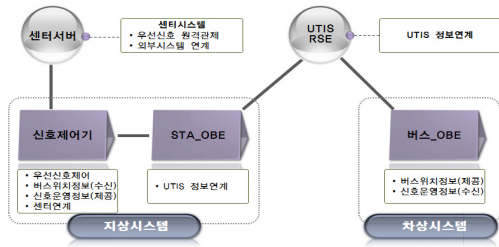
국내외 관련 연구 검토 결과, 앞서 진행된 연구의 대부분이 버스우선신호의 효과분석 및 평가에 관한 내용이었으며, UTIS기반에서는 버스우선신호시스템에 관한 것은 언급만 있을 뿐 실질적으로 시스템이 개발된 사례가 미비한 것으로 검토되었다.

III. UTIS기반 버스우선신호시스템 개발

1. UTIS기반 버스우선신호시스템의 주요구성

UTIS기반 버스우선신호시스템이란, UTIS 장비 및 통신망을 활용하여 간선도로를 운행 중인 버스를 검지하여 교차로 통행권을 효과적으로 제공함으로써 통과지체를 최소화하도록 하는 능동형 우선신호시스템을 말한다.

UTIS 기반 버스우선신호시스템은 UTIS 규격을 만족하고 여기에 실시간버스운행정보 전송기능이 부가된 버스탑재장치(이하 BUS_OBE)와 기지국장치(이하 UTIS_RSE), UTIS 규격에서 정의된 구역 STATION 기능을 하는 OBE(이하 STA_OBE), 우선신호 제어기능을 수행하는 교통신호제어기 및 신호제어시스템의 센터 서버로 구성된다[7].



〈그림 1〉 개발시스템 주요구성

2. 하드웨어 부문

1) UTIS용 노변장치(UTIS_RSE)

UTIS_RSE는 도로 내 교차로 또는 CCTV Pole을 중심으로 설치되어 센터와 차량 내 OBE 장치와의 정보연계를 위한 장치로 본 연구에서는 기 개발된 UTIS용 노변장치를 적용하며, 다음의 <표 1>과 같은 통신규격 표준을 준수하도록 하였다.

〈표 1〉 UTIS 유·무선 통신규격

구분	표준	용도
무선통신	IEEE 802.11a Standard	차량내장치(OBE)와의 무선통신
유선통신	IEEE 802.3 10/100Base-T/TX	센터장비와의 통신

2) 신호제어기용 Station_OBE(STA_OBE)

신호제어기내 정보연계 모듈과 인터페이스 되어 UTIS_RSE로부터 실시간적으로 수신되는 버스위치 정보를 신호제어기 정보처리모듈로 연계하고, 신호제어기에 의해 생성되는 세부 신호운영정보(현시정보, 잔여시간 정보 등)등을 UTIS_RSE를 통하여 BUS_OBE로 연계하는 기능을 수행한다.

3) 버스장착용 BUS_OBE

BUS_OBE는 기본적으로 UTIS 기술규격을 만족하며 버스에 장착되어 실시간으로 대상차량의 위치 정보(GPS좌표, 접근속도 등)를 UTIS_RSE 장치를 경유하여 STA_OBE로 전송하며, STA_OBE로부터 전송되어지는 교차로 운영정보를 수신하여 정보를 표출하는 기능을 수행한다. BUS_OBE 장치는 정보

표출을 위한 LCD부와 UTIS 통신부가 결합된 일체형으로 구성된다.



〈그림 2〉 버스 우선 신호(버스) 메인 화면

4) 신호제어기

본 연구에서 개발하는 신호제어기는 기존 표준 규격 신호제어기 규격에 부합하며 UTIS 통신환경에서 STA_OBE, UTIS_RSE, BUS_OBE로부터 수신되는 실시간 버스위치정보를 기반으로 Early Green/Green Extension /Compensation 등의 능동형 버스우선 신호제어기능을 통해 서비스 차량의 교차로 통행권을 효율적으로 제어하여 통과지체를 줄이는 기능을 수행하도록 하였다.

5) 정보연계 모듈

정보연계모듈은 신호제어기와 STA_OBE 모듈과의 정보연계를 위한 기능모듈로 기존 신호제어기 규격서상의 VME BUS 인터페이스 규격을 만족하며 제어기 주제어부에 장착하여, 물리적으로는 VME Slave 기능을 수용하며 외부 STA_OBE간의 인터페이스를 위하여 Network 통신기능을 내장하도록 하였다.

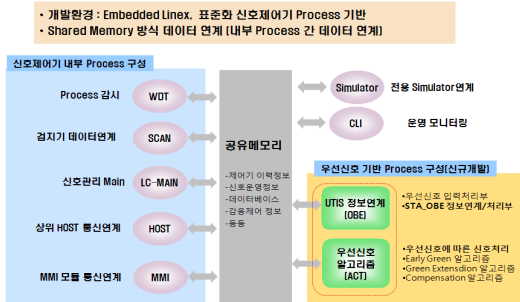
6) 센터 모니터링 시스템

센터 모니터링 시스템은 센터기반의 우선신호 제어시스템의 운영자 모니터링 장치로서 대상교차로 신호제어기와 연계하여 교차로 운영상태정보와 버스우선신호 감응상태정보를 수집하여 표출하는 기능을 수행한다.

3. 소프트웨어 부문

1) 신호제어기 소프트웨어

버스우선신호제어기 운영소프트웨어는 Embedded Linux O/S 기반위에 제어기 기능별 프로세스로 구성하며 내부 Shared Memory(공유메모리)를 적용하여 각 프로세스간 정보연계를 수행하였으면 제어기 내부의 프로세스 구성은 다음과 같다.



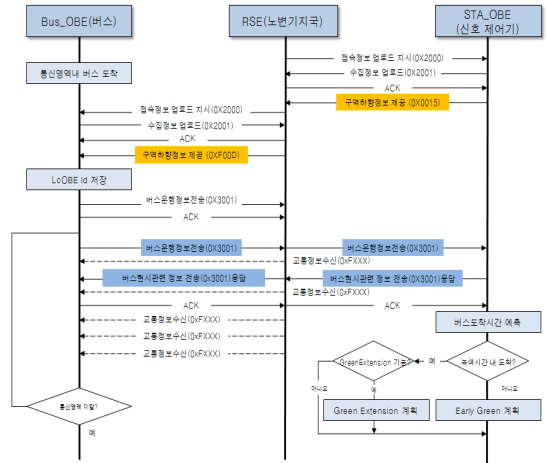
〈그림 3〉 버스우선 신호제어기 내부 프로세스 구성

2) 센터모니터링 소프트웨어

센터모니터링 소프트웨어는 크게 신호제어기 운영상태 모니터링과 신호제어기 Configuration 운영설정을 수행하도록 설정하였다.

3) UTIS 통신절차 수립

본 연구에서는 우선신호 서비스를 위한 버스위치정보 수집 및 교차로 신호운영정보 전송을 위하여 기존 정의된 UTIS 규격서 내 외부서비스 정보전송(OPCODE=0x3001)를 적용하여 버스와 신호제어기간 정보를 교환하며 구역하향정보 등록 기능(OPCODE=0x0015)을 적용하여 신호제어기 운영정보를 UTIS_RSE를 경유하여 버스에게 전송하도록 하였다. 또한 UTIS 통신영역내 진입한 BUS_OBE는 경로상에 정의된 해당 교차로 STA_OBE를 대상으로 버스위치정보(위치좌표, 속도, 버스 ID 등)을 전송하고 해당 STA_OBE로부터 신호교차로 운영정보(현시정보, 잔여시간, 위치정보 등)를 수신 가능하도록 하였다.

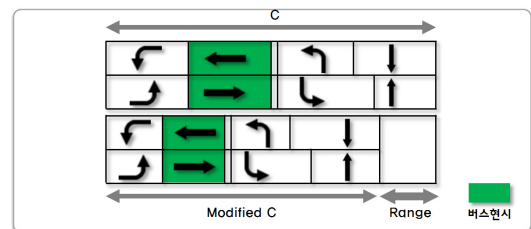


〈그림 4〉 UTIS 규격내 버스위치정보 수집 및 신호운영 정보 제공 절차

4. 버스우선신호 알고리즘 개발

1) 버스우선신호

본 연구에서 개발한 버스우선신호 알고리즘은 주기를 고정시키면서(오피셋 유지) 버스우선신호를 제공하고 다른 이동류의 지체를 최소화하기 위하여 수정주기 개념을 도입하였다. 수정주기란, 적정주기에서 주기가 줄거나 늘어도 지체가 증가하지 않는 범위가 존재하는데 이 범위 내에서 버스우선 신호제공을 위해 줄인 주기를 의미한다.



〈그림 5〉 수정주기 개념도

$$C = \text{Modified } C + \text{Range } C$$

여기서, C : 교통상황에 의해 계산된 적정주기

$\text{Modified } C$: 지체가 변하지 않는 범위 내에 줄어드는 수정주기

$\text{Range } C$: 기존주기-수정주기

수정주기 도입의 근본적인 타당성이 되는 것은

Webster의 지체분석식이다. Webster는 최적 신호주기를 다음과 같이 결정하였다.

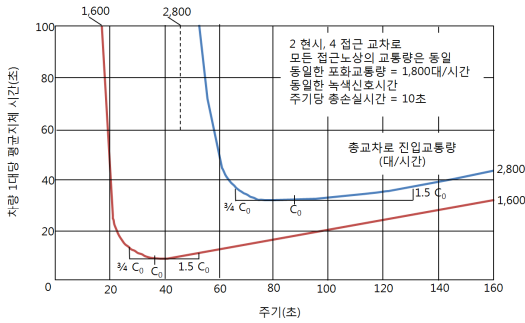
$$C_0 = \frac{1.5L + 5.0}{1 - \sum_{i=1}^n y_i}$$

C_0 = 지체를 최소로 하는 최적주기(초)

L = 주기당 총 손실시간(=주기-총 유효녹색시간)

y_i = i 현시 때 주이동류의 교통량비(=교통수요/포화교통량)

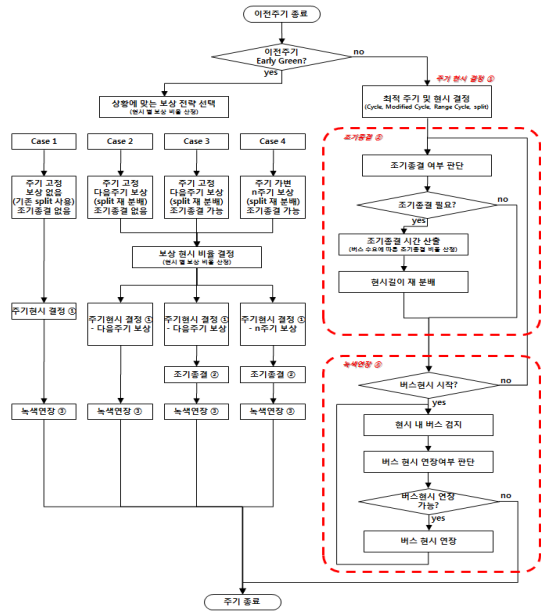
지체분석식을 통해 최적주기 부근인 $0.75 C_0 \sim 1.5 C_0$ 정도의 범위에서 지체가 크게 증가되지 않는 것을 보여주었다.



〈그림 6〉 Webster 지체 분석식

2) 세부 알고리즘 개발

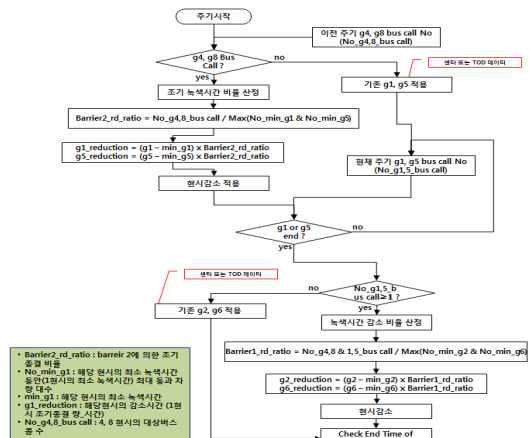
본 알고리즘에서는 Webster의 지체분석식에서 도출된 C_0 를 사용하여, 버스우선신호 알고리즘을 구현하였으며 Modified C를 최적주기의 75%~100% 사이에 운영변수로 입력할 수 있도록 하였다. 이는 현장 운영 시 발생할 수 있는 교통상황에 적절히 대응할 수 있도록 한 것이며, 현장운영자의 공학적 판단에 근거하여 적절한 가변폭(Early green, Green Extension)을 확보하기 위함이다. 또한 버스우선 신호제어에 의한 부도로의 손실은 다음 주기 Range C에서 보상할 수 있도록 하였다. 이때의 신호보상 역시 운영자의 권한을 주로 구성하여 운영자가 필요하다고 판단하는 시점에 보상이 이루어 질수 있도록 하였다. 버스우선신호 알고리즘은 다음과 같다.



〈그림 7〉 버스우선신호 알고리즘 개요

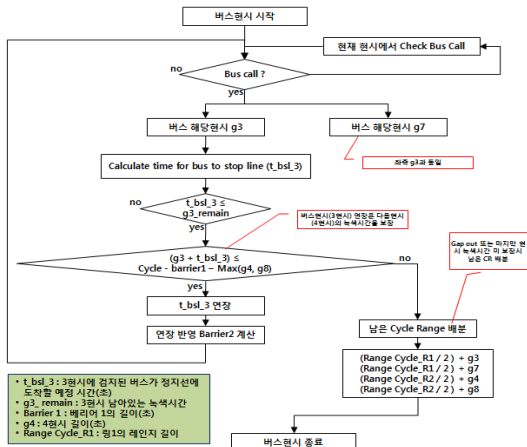
최적 주기길이 결정은 기존의 Webster, 포화도 기반 산정방식, 또는 TOD 기반의 산정된 주기길이를 사용할 수 있도록 하였다.

녹색시간 조기종결은 주기 내에서 우선신호 현시까지 남아있는 잔여 현시에 대해 해당 신호에 이용되는 버스수요에 의해 우선신호 현시 외의 타 현시 녹색시간을 감소시켜 버스 통행시간을 단축시키는 방식을 채택하였으며, 그 절차는 다음과 같다.



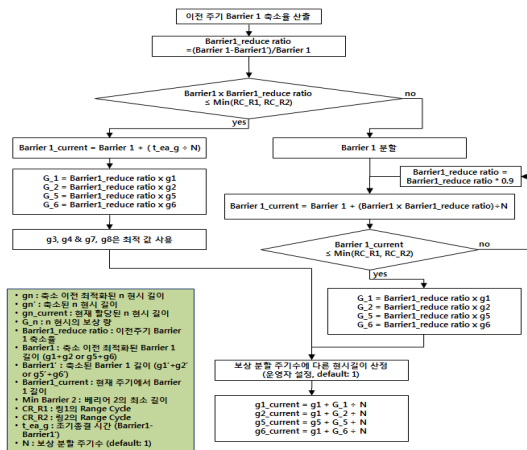
〈그림 8〉 버스우선신호 알고리즘(녹색시간 조기종결)

녹색시간 연장 알고리즘은 우선신호 현시에 차량이 검지되었으나, 차량의 속도 및 위치 등을 종합적으로 판단한 결과 해당 현시 내에 통과가 불가능할 것으로 예상될 경우, *Range C*의 시간을 이용하여 버스가 통과할 수 있도록 녹색시간을 연장하는 알고리즘이다. 녹색시간 연장 알고리즘은 다음의 <그림 9>와 같이 수행된다.



<그림 9> 버스우선신호 알고리즘(녹색시간 연장)

부도로 현시보상은 이전 주기에 녹색시간 조기 종결에 의해 우선신호 해당 현시 이외의 현시들이 감소된 경우, 부도로의 지체를 최소화하기 위해 다음 주기 또는 다음 몇 주기에 걸쳐 이를 보상하는 방식을 채택하였다.



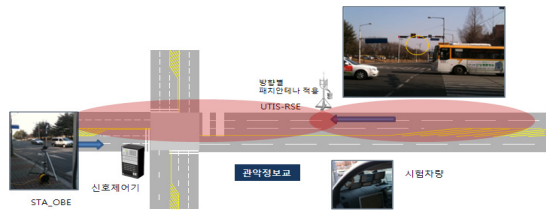
<그림 10> 버스우선신호 알고리즘(부도로 보상)

IV. 현장적용시험

1. 방법론

본 연구를 통해 개발된 버스우선신호 알고리즘은 실제 현장의 신호제어기를 대상으로 개발된 알고리즘의 적용 타당성과 UTIS 통신 시스템의 유효성을 확인하고자 실제 현장을 대상으로 적용시험을 수행하였다.

- 교차로: 안양시 학운공원앞 경기글로벌통상교 4R
- 시험기간: 2011년 2월 14일 ~ 2월 16일
- 시험내용: UTIS RSE와 버스 OBE, 신호제어기 간 통신 유효성 시험, UTIS 테스트 차량에 의한 도로주행시험, UTIS Broadcast 시험 및 버스 OBE Node Tracking 시험, 신호제어기 알고리즘 적용시험
- 시험방식: UTIS RSE 1식 현장설치(통신망 확보), UTIS 테스트 차량 1식(버스 OBE 5식 장착) 주행, 간이 신호제어기 현장시험(알고리즘 적용시험)



<그림 11> 대상교차로 현장시험용 장비

통신시험의 경우 광역의 UTIS 통신망을 확보하기 위하여 대상교차로와 140m정도 떨어진 지점에 노변기지국 1식을 설치하고 대상으로 방향으로 지향성 안테나를 설치하여 차량검지를 위한 통신시험을 수행하였으며, 차량 1대 및 차량 5대를 대상으로 1초 단위의 버스정보 수신과 신호운영정보 방송시험을 실시하였다.

2. 현장적용시험 결과

버스정보 수신시험의 경우 전반적으로 차량 1대 나 5대의 경우 정상적으로 버스정보를 수신하였으

나 UTIS 통신반경내 노변기지국이 위치한 지점부근을 통과하는 경우 약간 통신지체 현상이 나타났으나, 제어기내 유효통신주기(설정값 10초) 이내에 통신이 정상적으로 수신됨을 확인하였다. 이 현상은 노변기지국이 도로중간에 설치되어 있는 경우 시험차가 노변기지국 아래를 통과할 때 RF간의 절체로 인한 현상 때문인 것으로 통과이후 정상적으로 버스정보가 수신되었다. 실제 운영시 노변기지국은 교차로 부근에 설치됨으로 시험현장과 같은 RF절체로 인한 통신이 불가능한 지점이 없을 것으로 사료됨으로 UTIS를 통한 버스정보 수신은 정상적으로 수행된다는 것을 확인하였다.

```

차량 5대 : 버스정보 수신데이터
-----
[10:53:45] PS[107-075] RA[2/1] veh=0, st/sp=66/66, [B=000/20] L= 0.1k 0.n= 0/d.= 0.0k 0.d= 0) R#+3, X= 0., E#1= 66
row 10:53:45 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372981, IId=2000069000, [loop=1269476263, lat=3738844333, spd= 030, dist=146
row 10:53:45 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372980, IId=2000069000, [loop=1269476900, lat=3738839933, spd= 030, dist=139
row 10:53:45 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372979, IId=2000069000, [loop=1269476950, lat=3738840483, spd= 030, dist=140
row 10:53:45 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372982, IId=2000069000, [loop=1269477350, lat=3738847850, spd= 030, dist=140
row 10:53:45 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=1084715849, IId=2000069000, [loop=1269476966, lat=3738840161, spd= 030, dist=136
[10:53:46] PS[108-076] RA[2/1] veh=0, st/sp=66/66, [B=000/19] L= 0.1k 0.n= 0/d.= 0.0k 0.d= 0) R#+3, X= 0., E#1= 66
row 10:53:46 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372981, IId=2000069000, [loop=1269476933, lat=3738841161, spd= 030, dist=140
row 10:53:46 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372980, IId=2000069000, [loop=1269476966, lat=3738839933, spd= 030, dist=139
row 10:53:46 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372979, IId=2000069000, [loop=1269476116, lat=3738839933, spd= 030, dist=132
row 10:53:47 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=625372982, IId=2000069000, [loop=1269476216, lat=3738837161, spd= 030, dist=132
row 10:53:47 current BUS INFO(000) : E#H=0, dir=0, carId=1084715849, IId=2000069000, [loop=1269476016, lat=3738838933, spd= 030, dist=130
    
```

<그림 12> 버스정보 수신시험 결과 예

버스우선신호 현장시험의 경우 다음의 <표 2>와 같이 실시하였으며 3가지의 경우 모두 정상적으로 진행되는 것으로 나타났다.

<표 2> 버스우선신호 현장시험방법

구분	시험방법	대상차량
1현시 조기종결	4현시에 진입하여 1현시가 조기종결 되는지 확인 (1현시 이전 진입)	1/35대
2현시 조기종결	1현시에 진입하여 2현시가 조기종결 되는지 확인 (2현시 이전 진입)	1/35대
3현시 현시연장	3현시 (버스현시)에 진입하여 교차로 통과전 현시가 연장되는지 확인	1대

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 실제 적용이 가능하고, 전국적으로 구축되어지는 UTIS통신을 기반으로 버스우선신호시스템을 개발하고 실제 신호제어기를 대상으로 개발된 알고리즘을 적용하여 현장시험을 수행하였다.

우선신호에 대한 현장적용시험에서는 개발된 알

고리즘이 실제 도로상에서 오류없이 안정적으로 운영되는 것이 확인되었다. 1현시 조기종결, 2현시 조기종결, 3현시 현시연장에 대한 모든 알고리즘이 정상적으로 운영되는 것을 확인하였다. 또한 기 정의된 UTIS 통신규격을 준용하면서 실시간 우선신호 적용에 필요한 1초 단위 버스위치정보 수집기능과 1초 단위 신호운영정보 제공이 원활히 수행됨을 확인하였다.

다만 현장시험을 위해 설치한 노변기지국의 위치(도로 내 링크 중간)로 인해 특정지점의 통신상태가 원활하지 않은 경우가 있었으나, 이는 신호제어기 내 통신유효시간 범위를 조정하여 문제없이 우선신호 적용시험이 가능하도록 하였다. 이러한 시험환경에서 발생한 통신 순간 현상은 실제 UTIS_RSE가 설치되는 지점을 교차로 부근으로 이동하여 설치하고 신호운행을 실시하면 통신운영지역이 없어질 것으로 사료된다.

향후 실제 교통량에 따라 버스우선신호를 운영할 경우 발생할 수 있는 추가적인 지체와 돌발상황에 대한 효과분석을 지속적으로 연구를 수행해야 할 것이며, 뿐만 아니라 버스 이외에 긴급차량과 같은 우선신호 적용이 필요한 다양한 경우에 관한 연구도 추가적으로 진행해야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 구지선, 버스우선신호 개발 및 평가, 서울시립대학교, 2004.
- [2] 한명주, 이영인, 실시간신호제어시스템에서의 버스우선신호 알고리즘 정립, *대한교통학회지* 제24권 제7호 통권93호 pp.101-114, 2006. 12.
- [3] 장상우, 손승희, 박수진, 이상선, 단거리무선통신(DSRC)를 이용한 버스우선 신호제어 시스템 개발, *한국ITS학회: 학술대회논문집 한국ITS학회 2005년도 제4회 추계학술대회 및 정기총회* pp.125-129, 2005. 11.
- [4] Feng, Y., Bus Priority of SCOOT Evaluated in a VISSIM Simulation Environment, *TRB 82th Annual Meeting*, 2003.

[5] Mirchandani, P., An Approach towards the Integration of Bus Priority and Traffic Adaptive Signal Control, *TRB 80th Annual Meeting*, 2001.
[6] Ova, K., Evaluation of Transit Priority

Strategies for Small-Medium Cities, *TRB 80th Annual Meeting*, 2001.
[7] 도로교통공단, 도시교통정보시스템(UTIS) 규격서, 2010.

저자소개



이 봉 근 (Lee, Bong-Keun)

2011년 8월 : 아주대학교 석사(ITS전공)
2009년 2월 : 경기대학교 학사(도시교통공학 전공)
2008년 12월 ~ 현재 : (주)제이티 대리



이 철 기 (Lee, Choul-Ki)

1998년 2월 : 아주대학교 박사(교통공학 전공)
1991년 2월 : 아주대학교 석사(교통공학 전공)
2011년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수



윤 일 수 (Yun, Il-Soo)

2006년 1월 : University of Virginia 박사(교통공학 전공)
2004년 1월 : University of Virginia 석사(교통공학 전공)
2009년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수



김 영 선 (Kim, Young-Sun)

2011년 : 아주대학교 박사 수료(교통공학 전공)
2009년 2월 : 아주대학교 석사(교통공학 전공)
2011년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 교통연구센터 선임연구원