

반감응 신호제어의 정량적 효과 평가에 관한 연구

Quantitative Evaluation of the Semi-Actuated Signal Control Systems

김 승 진*
(Seung-Jin Kim)

이 상 수**
(Sang-Soo Lee)

이 철 기***
(Choul-ki Lee)

박 성 균***
(Sung-Kyun Park)

이 호 준***
(Ho-Jun Lee)

요 약

본 연구는 반감응 신호제어 적용에 따른 정량적인 효과를 현장에서 수집된 자료를 활용하여 평가하였다. 이를 위하여 지방부도로에 현장을 선정하여 반감응 신호제어 시스템을 대규모로 설치하였다. 또한 이러한 시스템을 현장에서 구현하기 위한 신호제어 전략을 개발하고, 표준제어기의 내부 기능을 수정하여 교차로에 구현하였다. 그리고 교통량, 통행시간, 지체차량수의 3가지 효과적도를 이용하여 효과를 제시하였다.

분석결과로부터, 반감응 신호제어시스템 적용시 주방향의 용량이 증대되어 오전 및 오후 첨두시 평균적으로 9.4%, 11.3%의 통과교통량 증가가 각각 나타났다. 그리고 직진 차량에 대한 녹색시간 폭이 확대되어 평균적인 주행시간이 오전 첨두시에는 6.3%, 오후 첨두시에는 7.8% 감소하였다. 지체차량의 수도 오전 첨두시에는 36.4%, 오후 첨두시에는 23.9% 감소되어 반감응 도입에 따른 제어 효과가 큰 것으로 확인되었다. 따라서 주도로와 부도로 교통량의 편차가 크고, 횡단보도 보행자가 적은 특성이 있는 도로에는 반감응제어가 매우 효과적인 것으로 판단된다.

핵심어 : 반감응, 신호제어, 통행시간, 검지기, TOD

Abstract

This study evaluated the quantitative effects of the deployment of semi-actuated signal systems using field data. For this, a semi-actuated signal system was deployed in the regional roadway network extensively. This paper investigated an operating strategy of semi-actuated signal systems for field application, and implemented the functional strategy into the standard signal controller. The performance was evaluated using three measures of effectiveness such as traffic volume, travel time, and the number of delayed vehicle.

From the analysis results, traffic volume increased about 9.4% and 11.3% for morning and evening peak periods, respectively. The average travel time was reduced about 6.3% and 7.8% during morning and evening peak periods, respectively because of the expansion of bandwidths for major streets. In addition, the number of delayed vehicles was reduced about 36.4% and 23.9% for morning and evening peak periods, respectively. It is expected that the effectiveness of signal control system can be improved by incorporating a properly designed semi-actuated signal system in regional roadways with directional demand variation.

Key words : Semi-actuated, signal control, travel time, loop detector, time of day

† 이 논문은 2010년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0029450)

* 주저자 : 아주대학교 ITS 대학원 석사

** 교신저자 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수

*** 공저자 : 아주대학교 환경건설교통공학부 부교수

*** 공저자 : 아주대학교 건설교통공학과 박사과정

† 논문접수일 : 2013년 5월 27일

† 논문심사일 : 2013년 6월 10일

† 게재확정일 : 2013년 6월 17일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

대도시의 경우 많은 인구와 타 지역으로부터의 출퇴근 차량, 백화점, 쇼핑센터와 같이 차량수요를 유발시키는 시설들이 분포되어 있어 주요도로의 주방향과 부방향의 구분 없이 교통량이 크게 나타나는 특성을 보인다. 이러한 도로의 교차로 운영은 정주기식(TOD) 신호제어나 완전감응식(Fully-Actuated) 신호제어 기법이 많이 사용된다. 그러나 도로의 방향별 교통량이 큰 차이를 보이는 지방부 도로의 경우 정주기식 신호제어기법 보다는 차량 수요의 유무를 자동으로 검지하여 주기별 신호제어의 효율성을 높일 수 있는 반감응식(Semi-Actuated) 신호제어 방식이 효과적이라고 알려져 있다.

이러한 반감응식 신호제어 시스템 도입에 따른 효과는 소규모의 교차로를 대상으로 시뮬레이션 기법을 통하여 일부 평가가 진행되었으나, 실제 현장에 대단위 규모로 적용되어 평가된 사례는 거의 없는 실정이다. 이는 반감응식 신호제어에 대한 인식이 부족하였고 이를 실제 현장에 구현하기 위한 전략이 부족하며, 또한 이러한 전략을 구현하기 위해 필요한 현장을 확보하기 어려운 이유 때문이다.

본 논문에서는 지방부도로에서 보행자 검지자료 및 부도로 차량의 검지자료를 이용하여 신호 제어의 효율성을 극대화하는 반감응식 신호제어 기법을 실제 현장에 구현하는 전략을 개발하고, 이를 실제 교차로에 적용하여 평가된 정량화된 결과를 제시하고자 한다. 이러한 평가를 위하여 통과교통량, 통행시간, 지체차량수의 3가지 평가지표가 선정되었고, 사전·사후 조사를 통하여 오전 및 오후 첨두시간에 자료를 수집하였다. 그리고 본 연구는 이러한 평가 결과를 바탕으로 향후 지방부도로에 반감응식 신호제어 기법을 확대 운영하기 위한 타당성을 제공하기 위한 추가적인 목적을 갖는다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 수행방법은 먼저 반감응식 신호제어와 관련된 기존 연구결과를 고찰하였고, 반감응 신호제어를 현장에 적용하기 위한 구현 방안을 정의하였다. 그리고 정의된 방안을 수용하기 위해서는 표준 신호제어기내 반감응 제어에 관한 기능이 추가되어야 하며, 이를 위해서 프로토콜등을 변경하여 구성하였다. 이러한 반감응 제어기능이 추가된 표준신호 제어기를 현장 교차로에 적용한 후, 반감응 제어 적용에 관한 효과를 사전·사후 조사를 통하여 수집된 현장 자료를 이용하여 평가하였다.

II. 이론적 배경

1. 감응식 신호제어시스템 개요

경찰청에서 규정한 표준신호제어기의 감응제어 방식은 지역감응제어와 앞막힘제어, 특수제어가 있으며, 지역감응제어는 NEMA (National Electrical Manufacturers Association)에서 규정한 완전감응제어와 반감응제어가 선택사항으로 규정되어 있다. 앞막힘제어는 과포화 교통상황에서 교차로 상류부에 설치된 앞막힘 예방검지기의 자료를 이용하여 앞막힘 현상을 예방하기 위하여 실시되는 제어이다. 특수제어는 현시생략, 현시유지, 비상제어등이 규정되어 있다.

완전감응식 신호제어는 주기별 교통량 변동이 크고 주도로와 부도로의 교통량 차이가 크지 않은 교차로의 신호 운영에 사용되고, 주도로와 부도로의 구분 없이 모든 접근로의 이동류를 감응의 대상으로 정의한다. 완전감응 신호제어의 알고리즘은 최소녹색시간 이후의 현시에 대하여 검지기의 차량 검지 유무에 따라 Gap-out을 결정하여 현시를 진행한다[1].

반감응식 신호제어 방식은 주기별 교통량 변동이 크고 교차도로의 성격이 주도로와 부도로로 확연히 구분이 되는 경우에 사용되고, 주도로의 녹색시간을 최대로 보장하는 방식으로 제어를 진행한

다. 반감응식 신호 제어 방식의 신호 시간은 주 현시의 신호 시간을 중심으로 계산되어, 감응 현시의 차량이 존재하지 않는 경우는 주기의 모든 시간이 주현시에 부여된다. 이러한 반감응식 신호제어는 방향별 교통량의 차이가 큰 지방부 중소도시나 도심부의 외곽도로에 적용하면 운영효과를 극대화 할 수 있다.

2. 관련 연구 고찰

이두선(2006)은 독립교차로 두 곳을 시험대상으로 하여 상용프로그램인 NETSIM을 이용하여 Transyt-7F로 최적화 된 기존의 TOD방식과 완전 감응식을 비교하였고 완전감응식 신호제어로 운영할 때 기존의 정주기식보다 지체시간과 교차로 통과시간이 감소하고 평균속도가 증가한다는 것을 보여주었다[2]. 박두용(2004)은 지방부 독립신호교차로를 실험 대상으로 하여 정주기식과 감응식 신호제어를 비교한 결과, 감응식 신호제어가 약 4~7%의 차량 당 평균지체 감소가 나타난 것으로 보고하였다[3]. 석중수(2004)는 인천광역시 수현삼거리를 대상으로 정주기식과 감응식 신호제어방식을 비교한 결과 감응식 신호제어가 보다 효과적인 것으로 나타났고, 특히 좌회전 교통량이 불규칙적이고 주방향 교통량이 많은 교차로에서는 좌회전 감응 신호시스템이 매우 효율적임을 주장하였다[4].

정동우(2007)는 반감응 신호제어와 보행자자동신호기를 함께 고려한 교통량과 보행량에 따른 7개의 시나리오를 구성하고, 시뮬레이션(VISSIM)을 통하여 효율성을 측정된 결과, 교통량이 실측교통량의 20%수준일 때 차량 당 지체시간 감소 효과가 가장 큰 것으로 나타났다[5]. 김규옥(2007)은 고양시 관내를 지나는 지방도 310선 상의 6개 교차로를 대상으로 중요교차로의 차량검지체제로부터 얻어진 신호주기 정보를 반감응 제어를 위한 공통신호주기로 이용하여 인접 교차로와 연동하는 시스템을 구축하여 그 효과를 제시하였다[6]. 그리고 지방지역 독립교차로에 대하여 감응신호방식의 실시간 제어기법을 적용하기 위하여 제어기의 소프트웨어와 검지기

체계 등 하드웨어를 개선·보완한 시스템 개발하여 현장실험을 실시하였다. 그 결과 지체와 딜레마존(Dilemma Zone)이 감소되는 결과를 얻었다[7].

Lin(1992)은 루프검지기를 이용한 반감응신호운영의 절차를 제시하였다. 신호교차로의 서비스를 평가하기 위한 평균주기길이와 녹색시간의 이 두 변수는 지체모형에서 흔히 사용되는 변수로서 1985년도에 출간된 HCM에서는 이들 변수를 평가하기 위해 모형을 제시하였으나 신뢰성이 떨어진다고 판단하였고, 해당 논문에서 보행자 감응신호와 함께 운영되는 반감응신호운영의 적용을 위한 개선된 분석절차를 제시하였다[8]. Simoes(2010)등은 microscopic 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 독립교차로에서의 반감응신호 제어시 발생하는 차량의 특성을 평가하였다. 현장에서 측정된 지체와 모형의 지체를 비교하여 실제적으로 적용가능성을 검증하여 제시하였다[9].

Hunter(2010)등은 hardware-in-the-loop(HILS) 시뮬레이션기법을 이용하여 반감응신호제어와 TOD제어, 그리고 대응(adaptive)신호제어 전략을 비교하여 평가하였다. 평가결과 두 전략은 유사한 결과를 나타내었으나, 특정한 시간대의 HILS로부터 나타난 결과가 예상치 못한 큰 변동성을 나타내어 대응신호전략이 이러한 상황에서는 보다 적합한 것으로 파악하였다[10]. Pratt(2011)등은 감응식 신호제어에 관련된 검지기 규격, 신호현시계획, 철도 신호등을 포함한 다양한 내용을 정리하여 감응식 신호제어를 실행하는 운영자에게 도움이 되는 자료를 종합하여 제공하였다[11]. Skabardonis(1998)등은 14개 신호교차로를 대상으로 시뮬레이션 평가를 수행하여 연동화 신호교차로의 신호시간을 설계하는 전략을 개발하였다. 개발된 전략은 기존의 교차로 운영 전략과 비교하여 신호교차로의 운영 효과를 향상시킬 수 있는 것으로 평가되었다[12]. Chang(1994)등은 연동화된(coordinated) 감응식 신호제어 효과에 대하여 현장자료를 이용하여 평가하였다. 평가결과 반감응신호제어를 실시한 경우 정주기신호나 완전감응을 적용한 경우에 비교하여 큰 운영 효과의 향상이 관측되었다[13].

국내의 연구를 검토한 결과, 반감음식 신호시스템이 실제 현장에 대단위 규모로 적용되어 평가된 사례는 거의 없는 실정이며, 구체적인 현장 적용방법에 대한 제시도 미흡한 실정이었다. 따라서 본 논문은 반감음 제어시스템을 현장에 대규모로 적용하기 위한 구체적인 구현 방법을 제시하고 효과평가를 수행하여 결과를 제시하고자 한다.

Ⅲ. 반감음 신호제어 전략 구현

1. 현시 및 검지체계

반감음 제어의 현시(Phase)체계는 2현시에서 8현시까지 구현이 가능하며, 감음신호제어 운영 변수는 최소녹색시간(Minimum Green Interval), 진행연장시간(Extension Interval), 최대녹색시간(Maximum Green Interval)의 변수로 운영되며 검지기의 차량감응에 따라 녹색시간이 연장 또는 종결된다[1, 14].

본 연구에서는 기존의 반감음제어 기법을 위한 검지기체계를 수정하여 주도로 좌회전 차로와 부도로의 직진 및 좌회전 차로에 루프검지기(Inductive Loop Detector)를 매설하여 직진과 좌회전 차량을 검지하도록 하였고, 이에 따른 반감음 제어가 가능한 현시체계를 아래 내용과 같이 구현하였다. 또한, 횡단보도 보행자를 검지하기 위해서 보행자 푸쉬버튼을 설치하여 적용하였다.

2. 반감음 신호제어 구현 방안

1) 반감음 제어 구현 전략

본 연구에서 구현된 반감음 제어 전략은 3지 교차로와 4지 교차로가 기본적으로 동일하며, 위에 설명된 검지체계를 수용하여 현장에 적용하기 위하여 계획된 제어 전략의 주요 구현 내용은 다음과 같다.

- 현시생략이 발생되어 주현시인 주도로의 직진 현시가 표출되는 경우는 2가지인데, 첫째는 반감음 제어용 검지기에 차량 입력이 없는 경우, 둘째

는 보행자 푸쉬버튼이 설치된 교차로에서 보행자 푸쉬버튼 입력시 이와 매칭되는 현시가 생략되는 경우임

- 생략된 현시의 현시운영 값은 주현시의 가변시간에 더하여 운영되며, 동일 주기를 유지하도록 함

- 표출된 현시에서의 최소 녹색시간은 보장하고 최소 녹색시간이 끝나기 1초 전부터 차량 Call을 검토하여 차량 Call이 있으면 DB에 설정된 시간만큼 연장 운영하며 연장 시간의 한계값은 현시별로 제어기에 입력하여 설정함

- 해당 현시에 교통량이 많이 발생하고, 이러한 교통량으로 인한 연장 시간이 반감음 제어용 DB에 설정된 시간보다 적을 경우 해당 현시를 종결하고, 종결로 인한 남은 시간은 주현시의 가변 시간에 포함하여 운영하도록 설정함

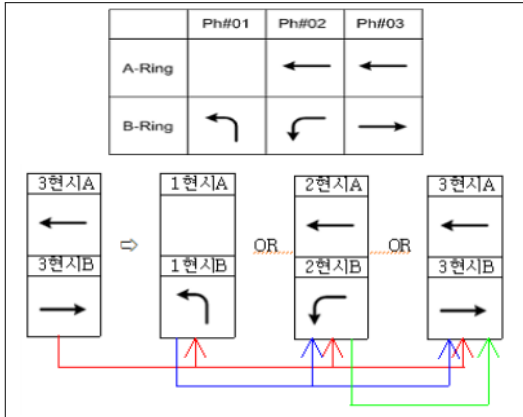
- 주현시는 마지막 현시로 설정되며 주현시 이전 현시가 차량 Call이 없어 생략된 경우 주현시 표출 중 비 주현시의 차량 Call이 있더라도 주기 시간만큼 운영되기 전까지는 다른 현시를 표출하지 않음

- 차량 Call이나 보행자 푸쉬버튼 Call 등 중복 현시 표출 입력이 있을 경우 입력이 있는 현시의 현시 순서대로 표출함

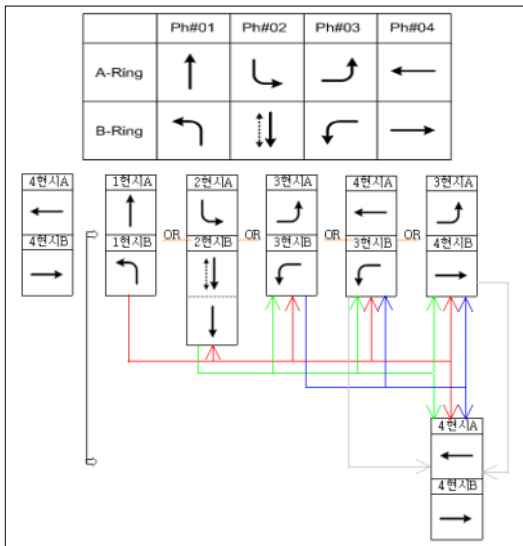
2) 반감음 현시운영 방안의 구현

3지 교차로의 운영 전략의 구현내용은 <그림 1>과 같다. 주 현시는 3현시이며, 1현시는 싱글링으로 운영하고, 2,3현시는 듀얼링으로 구성하며, 보행자 푸쉬버튼을 1현시에 적용한다. 1현시의 경우는 횡단보도 보행자와 부도로 좌회전 차량이 없을 경우에 현시를 생략할 수 있으며, 2현시의 경우는 주도로 좌회전 차량이 없을 경우, 현시를 생략하여 운영할 수 있다.

4지 교차로의 운영 전략의 구현내용은 <그림 2>와 같다. 4지 교차로의 주현시는 4현시이며, 1현시와 2현시의 경우 부도로 좌회전 차량이 없을 경우 현시를 생략할 수 있으며, 3현시의 경우 주도로 좌회전 차량이 없을 경우 현시를 생략하여 운영할 수 있다.



〈그림 1〉 3지교차로 현시운영 전략 구현 다이어그램
 〈Fig. 1〉 Realization of phase operation strategy at three-legged intersections



〈그림 2〉 4지교차로 현시운영 전략 구현 다이어그램
 〈Fig. 2〉 Realization of phase operation strategy at four-legged intersections

단일로의 경우 두 개의 현시로 구현하고, 주현시는 2현시로 설정하여 운영한다. 단일로의 반감응 제어는 표준 신호제어기에 설정되어 있는 기본 기능으로 운영이 가능하며, 표준 신호제어기의 보행자 푸쉬버튼 감응제어 기능을 사용할 수 있다. 그리고 교차로에 횡단보도가 있는 경우 이와 같은 기본 현시운영전략을 기반으로 해당 교차로에 적합한 현시

전략을 구성하여 운영할 수 있다.

3) 반감응 현시의 표준제어기 구현

본 연구에서 계획된 반감응 신호제어 기능을 수행하기 위해서는 표준제어기내 주요 기능을 변경하여야 한다. 이러한 변경사항 중 본 연구에서 적용된 주요 내용은 다음 <표 1>에 정리되었다.

표준 프로토콜내에 Start-up code와 Function table을 변경하여 반감응 제어기능을 추가하고, 이와 관련된 signal map table과 검지기 DB등에 대한 내용이 요구된다.

〈표 1〉 표준제어기내 주요 변경 사항

〈Table 1〉 Major modifications in a standard traffic controller

Application	Contents
Start-up code	add semi-actuated function in a start-up code
Function table	include semi-actuated function within function table
Flash map table	change flash map settings
Signal map table	add signal plans for semi-actuated control
Day plan table	input signal plans through day plan tables
Detector DB	set the characteristics of detectors: type, direction, location, lanes, rings, etc
Semi-actuated DB	upgrade standard control function by making semi-actuated DB

IV. 반감응 신호제어 전략 평가

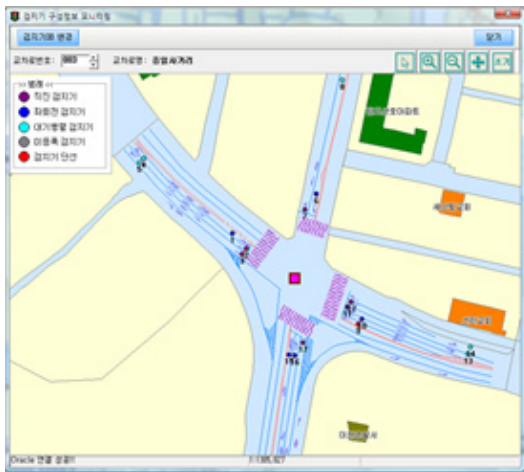
1. 현장시스템 구현

반감응 신호제어 전략 평가를 위하여 이천시 전역 51개소 교차로 중에서 18개 교차로를 선정하여 루프검지기를 설치하였고, 이중 14개 지점에는 보행자 푸쉬버튼을 함께 구성하였다. 그리고 센터 장비는 표준 신호제어기와 온라인(On-Line)으로 연결되어 반감응 제어와 관련된 검지기 정보를 수신하고, 신호제어 변수를 계산하여 송신하는 역할을 수행하도록 구성하였다. 18개 교차로는 기하구조 및

횡단보도 유무에 따라 유형별로 분류되었고, 현장 상황을 반영하여 3장의 반감응 제어 구현 내용에 따라 구현되었다.

예를 들어, 중일사거리에 구축된 내용은 <그림 3>과 같다. 주도로 좌회전차로와 부도로 좌회전과 직진 전체차로에 검지기를 매설하여 차량을 검지하도록 하였다. 현시구성은 4현시 체계로서, 4현시에 주도로 직진신호를 부여하였고, 1현시를 좌회전 현시로 설정하였으며, 1현시, 2현시, 3현시에 대해서 감응제어를 실시하였다.

반감응 제어를 운영하기 위한 필요한 변수는 주기길이, 최소 현시시간, 최대 현시시간, 단위연장시간, Yield point 등이다. 본 연구에서는 각 현시별로 최대 및 최소 현시시간을 각각 다르게 지정하였고, 기타의 설계 변수는 일반적인 산출 방법을 적용하여 계산하였다[14].



<그림 3> 중일교차로 검지기 구성
<Fig. 3> Detector layout at Jungil intersection

2. 평가 방법론

효과평가는 시스템 구축 전·후의 현장조사 자료를 수집하여 이루어졌다. 평가를 위하여 시스템 구축 이전인 2009년 10월 26일~11월4일 10일간 사전 조사를 실시하였다. 시간대별 교통특성을 파악하기

위하여 조사시간을 오전첨두시, 오후첨두시로 구분하였고, 평가지표는 통과교통량, 통행시간, 교차로 지체차량수를 선정하였다. 그리고 사후조사는 시스템 구축 이후 2010년 2월 17일~26일 10일간 실시하였으며, 사전 및 사후 조사의 외부적인 영향(external effect)을 최소화하기 위하여 동일한 요일과 시간대에 동일한 방법으로 자료 수집을 하였다.

3. 결과분석

1) 통과교통량

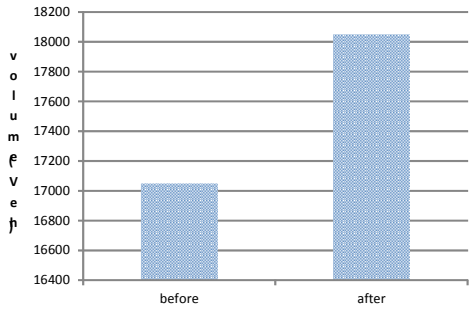
본 연구의 18개 교차로 중 교통량이 많고 교통소통에 큰 영향을 주는 주요교차로 3곳을 선정하여 조사하였다. 선정된 주요교차로의 통과교통량 변화를 분석한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 주요교차로 통과교통량 비교
<Table 2> Comparison of through traffic volume at major intersections

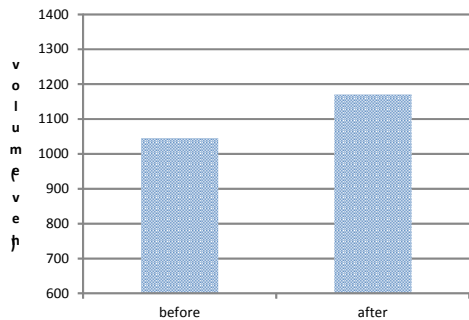
Sites	Morning peak vph		Evening peak vph		Difference	
	before	after	before	after	morning peak	evening peak
Seo-ichon IC inter.	526	674	673	808	+28.14%	+20.06%
Saumdong inter.	1,276	1,218	1,285	1,331	-4.55%	+3.58%
Jungil inter.	1,386	1,449	1,593	1,755	+4.55%	+10.17%
Average					+9.38%	+11.27%

오전 첨두시간의 교통량은 평균적으로 9.4% 증가하였고, 오후 첨두시간의 경우 약 11.3%의 교통량의 증가가 있었다. 이는 반감응 신호제어에 따른 주방향 직진차로의 용량이 증대됨으로써 통과교통량의 개선이 이루어진 것으로 판단된다. 그러나 이러한 교통량의 변화는 각 교차로 별로 또한 큰 차이가 있는 것으로 파악되었다. 예를 들어, 사음동삼거리의 경우 다른 2개 교차로와는 반대로 첨두시간의 교통량의 합이 감소한 것으로 나타났다.

각 교차로의 주도로와 부도로의 각 방향별 통과 교통량을 비교한 결과는 <그림 4>와 같다. 그림에서 보듯이, 본 연구에서는 주도로와 부도로 모두 통과교통량이 증가한 것으로 파악되었다. 주도로의 경우 약 1,050대의 교통량의 증가가 나타났고, 부도로의 경우 약 120대 정도의 교통량이 증가하였다. 부도로의 경우 반감응 신호제어를 적용하여 주도로 방향의 효과를 확대함에 따라 교통량의 감소가 예상되었으나, 해당 교차로의 교통량이 매우 적은 관계로 반감응 신호제어로 이를 수용하는데 큰 문제가 없는 것으로 확인되었다. 그러나 적절한 부도로 교통량을 갖는 일반 교차로의 경우 반감응 신호제어 적용에 따라 부도로 방향의 효과감소가 예상될 수 있다.



(a) major street



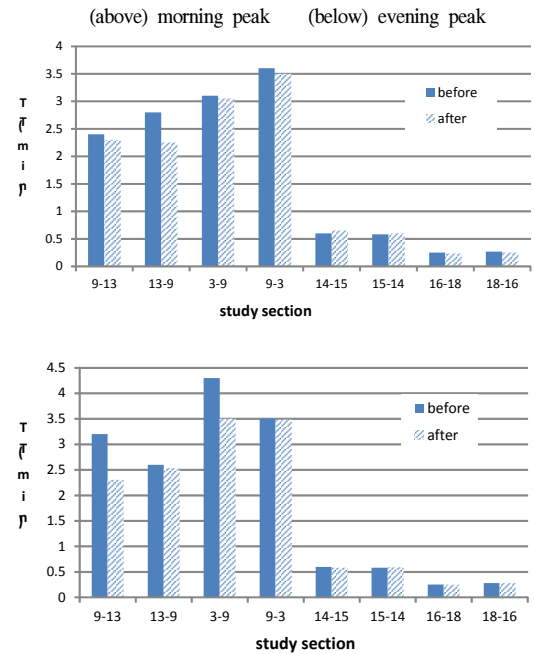
(b) minor street

<그림 4> 방향별 평균 통과교통량 비교
<Fig. 4> Comparison of average through traffic volume of the arterial streets

2) 통행시간

통행시간 조사를 위하여 4개 교차로 축에 대한 8

개 구간을 선정하였다. 선정된 구간의 총길이는 16 km이고 총 38개의 교차로를 포함하고 있다. 선정된 8개 구간의 오전 및 오후 첨두시간의 통행시간 변화를 분석한 결과는 다음 <그림 5>와 같다. 반감응 신호제어를 적용한 후, 오전 및 오후 첨두시간대에 대부분 구간에서 통행시간이 감소되었고, 그 크기는 구간별로 차이가 나타났다. 전체적으로는 통행시간이 오전 첨두시에는 6.3%, 오후 첨두시에는 7.8% 감소한 것으로 계산되었다. 이는 반감응 신호제어 적용에 따라 교통 수요가 큰 주방향 직진 차량에 대한 녹색시간을 추가로 제공하는 방법으로 주방향 차량의 연동 폭이 확대됨에 따라 주방향의 통행시간이 개선된 것으로 분석되었다.

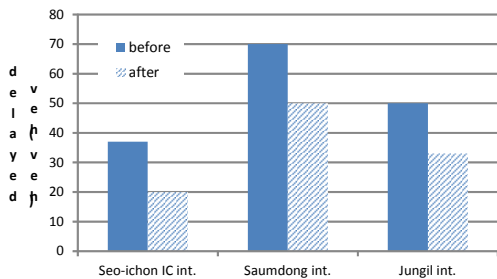


<그림 5> 첨두시 통행시간 비교
<Fig. 5> Comparison of average travel time during peak periods

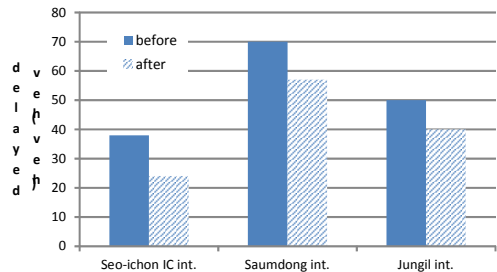
3) 교차로 지체차량수

앞서 선정된 주요교차로 3곳에 대하여 지체차량수의 자료를 수집하여 분석하였고, 결과는 <그림 6>과 같다. 반감응 신호제어를 적용한 후, 조사된

주요교차로 3곳 모두에서 지체차량 수가 감소된 것으로 파악되었다. 오전 첨두시에는 약 34.6%, 오후 첨두시에는 약 23.9% 감소하였고, 전체적으로는 지체차량수가 약 29.2% 감소한 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 앞 <그림 4>에 분석된 바와 같이 통과교통량이 증가한 교통상황에서 조사된 지체차량수의 감소된 결과이므로 실제적인 효과에 대한 의미는 더욱 의미가 있다고 판단된다.



(a) morning peak



(a) evening peak

<그림 6> 첨두시 지체차량수 비교
<Fig. 6> Comparison of the number of delayed vehicles during peak periods

V. 결 론

본 연구는 교통량의 변화가 크게 발생하는 지방부 도로에서 교통량과 보행자를 검지하여 부도로 신호시간을 통제하는 반감응 신호제어 기법에 대한 현장 구현 전략을 개발하고, 표준신호제어기의 프로토콜을 변경하여 반감응 신호 제어기능을 추가

하였다. 그리고 지방도시의 실제 교차로를 대상으로 반감응제어를 현장에 구현하고, 통과교통량과 통행시간, 지체차량수를 효과적으로 하여 사전 및 사후조사를 실시하였다.

수집된 자료를 이용하여 분석한 결과, 반감응 제어 기법 도입에 따라 직진교통량 처리용량이 증대되어 오전 첨두시간의 교통량은 평균적으로 9.4% 증가하였고, 오후 첨두시간의 경우 약 11.3%의 교통량의 증가가 나타났다. 그리고 주방향 직진 차량에 대한 녹색시간을 추가로 제공함에 따라 주방향 연동 폭이 확대되어, 평균적인 통행시간이 오전 첨두시에는 6.3%, 오후 첨두시에는 7.8% 감소하였다. 지체차량수도 전체적으로 약 29.2% 대폭 감소되어 반감응 신호제어 효과가 큰 것으로 나타났다. 따라서 반감응 제어 적용이 가능한 통행특성을 갖는 지방부도로에는 반감응제어의 도입에 따른 효과가 매우 큰 것으로 파악되었다.

그러나 이러한 반감응 신호제어 시스템은 유지관리에 따른 비용이 증가하고, 적절하게 유지관리를 못하는 경우에는 사고발생 위험이 증가되고 운전자의 불만이 증가될 수 있다. 따라서 이러한 장단점을 종합적으로 고려하여, 이러한 시스템을 향후 전국적으로 확대 적용하는 방안에 대한 적극적인 검토가 요구된다.

향후에는 COSMOS 신호제어시스템의 센터운영 알고리즘과 병행한 반감응 제어 운영방식을 도심 네트워크에 적용하는 방안에 대한 연구가 필요하다. 또한 다양한 감응 제어 알고리즘에 대한 현장 적용 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] FHWA, *Traffic Control Systems Handbook*, FHWA, 2011.
- [2] D. Lee, *A Study on Full-actuated Signal Control at Isolated Intersections*, Dankook University, Feb. 2006.
- [3] D. Park, *A Study on Actuated Signal Control at Isolated Intersections in Regional Roadways*,

- Dankook University, Feb. 2004.
- [4] J. Seok, *A Methodology for Improving Operational Efficiency using Actuated Signal Control at Isolated Intersections*, Incheon Development Institute, Mar. 2004.
- [5] D. Jung, *Analysis of Delay Reduction using Push-button and Semi-actuated Signal Control at Three-legged Intersections*, Incheon National University, Feb. 2007.
- [6] K. Kim, Y. Moon and D. Yuk, "Evaluation of Signal Coordination Control using Semi-actuated Control," in Proc. *KST 56th Annual Conf.*, pp.362-371, Kyunggi-do, Korea, May. 2007.
- [7] KoRoad, *Development of a Regional-based Real-time Signal Control System*, KoRoad, 2002
- [8] F. B. Lin, "Modeling average cycle lengths and green intervals of semi-actuated signal operations with exclusive pedestrian-actuated phase," *Transportation Research Part B, Methodological* vol. 26 no. 3, pp.221-240, Jun. 1992.
- [9] M. Simoes, P. Milheiro and A. Pires, "Modeling and simulation of traffic movements at semiactuated signalized intersections," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 136, no. 6, pp.554-564, Jun. 2010.
- [10] M. Hunter, M. Roe and S. Wu, "Hardware-in-the-loop simulation evaluation of adaptive signal control," *TRR 2192*, pp.167-176, Dec. 2010.
- [11] M. Pratt and J. Bonneson, *Traffic Signal Operations Handbook Workshop Series*, FHWA/TX-11/5-5629-01-1, Texas Transportation Institute, Oct. 2011
- [12] A. Skabardonis, R. Bertini and B. Gallagher, "Development and application of control strategies for signalized intersections in coordinated systems," *TRR 1634*, pp.110-117, Dec. 1998.
- [13] E.C. Chang and J. Koothrappally, "Field verification of coordinated actuated control," *TRR 1456*, pp.83-90, Dec. 1994.
- [14] R. Roess, E. Prassas, and W. McShane, *Traffic Engineering*, Prentice Hall, 2010.

저자소개



김 승 진 (Kim, Seung-Jin)

2010년 ~ 현 재 : (주)한일디엔에스 대표이사
2011년 : 아주대학교 ITS 대학원(공학석사)
2003년 ~ 2010년 : (주)비츠로 대표이사



이 상 수 (Lee, Sang-Soo)

2002년 ~ 현 재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수
2001년 ~ 2002년 : 한국건설기술연구원 선임연구원
2000년 : Texas A&M University 토목과 교통전공 졸업(박사)



이 철 기 (Lee, Choul-Ki)

현 재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 부교수
2000년 ~ 2004년 : 서울지방경찰청 교통개선기획실장
1998년 : 아주대학교 건설교통공학과 교통공학전공 졸업(박사)



박 성 균 (Park, Sung-Kyun)

1998년 8월 ~ 현 재 : (주)비츠로시스 전략마케팅본부 전략기획팀장
2008년 3월 ~ 2010년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과 박사과정 수료
1995년 3월 ~ 1999년 8월 : 홍익대학교 대학원 도시계획전공 석사



이 호 준 (Lee, Ho-Joon)

2011년 ~ 현 재 : 아주대학교 건설교통공학과 박사과정
2000년 ~ 현 재 : (주)온택시스템 대표이사
2011년 : 아주대학교 ITS 대학원(공학석사)
1988년 ~ 2000년 : LS산전(주)근무
1988년 : 조선대학교 전기공학과 졸업