

중앙 버스 전용차로에서 신호제어전략에 관한 연구

이영인* · 전상명**

〈目 次〉

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| I. 서론 | IV. 개선방안의 평가 |
| II. 이론적 고찰 | 1. 평가대상 선정 및 현황 |
| 1. 버스 전용차로 | 2. 시나리오 설정 |
| 2. 독립교차로 신호제어 | 3. 평가결과 |
| 3. KHCM의 신호시간 계산 | V. 결론 |
| III. 중앙 버스 전용차로에서 신호제어 개선방안 | |

I. 서론

현재 서울시의 일부 지역에는 실시간 신호제어시스템(COSMOS)이 운영되고 있으나, 현재까지 교차로의 신호운영방식으로 TOD 방식이 가장 많이 운영되고 있다. 최근 서울시에 버스체계의 개편으로 버스 전용차로가 확대 시행되면서 중앙 버스 전용차로가 새로 도입되었거나 가로변 버스 전용차로가 중앙 버스 전용차로로 변경되었다. 아직 전용차로의 버스수요를 신호시간 계산에 반영되지 않고 있어 버스 전용차로의 장점을 극대화시키는데 문제점이 있다. 따라서 전용차로의 버스교통량까지 고려한 신호운영방안에 관한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 중앙 버스 전용차로가 있는 교차로에서의 신호시간 계산과정의 문제점을 제시하고 그에 따른 해결방안을 제시하고자 한다. 신호운영방안의 평가로는 미시적 시뮬레이터인 NETSIM을 이용한다.

가상의 독립교차로를 대상으로 기존 TOD 운영방식과 버스교통량을 고려한 운영방식을 NETSIM의 모의실험을 통해서 비교 분석한다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 개선된 알고리즘의 타당성을 검증한다.

* 서울대학교 환경대학원 부교수

** 서울대학교 환경대학원 석사과정

II. 이론적 고찰

1. 버스 전용차로

최근 교통량의 증가에 따라 대중교통의 중요성이 인식되면서 대중교통 우선 처리기법이 발달하여 왔다. 본 절에서는 대중교통 우선처리기법 중 일반차량과 혼합되어 운행하면서 횡단구성에 영향을 주는 버스 전용차로에 대하여 알아본다.

버스 전용차로는 버스를 다른 교통과 분리시킴으로써 상호간의 마찰 방지를 목적으로 설치한다. 버스 전용차로는 통행방향과 차로의 위치에 따라 가로변 버스 전용차로(Curb Bus Lane), 역류 버스 전용차로(Contra-flow Curb Bus Lane), 중앙 버스 전용차로(Median Bus Lane)로 나눌 수 있다.

1) 가로변 버스 전용차로(Curb Bus Lane)

가로변 버스 전용차로(Curb Bus Lane)는 일방 혹은 양방향통행로에서 가로변측 차로를 버스에 제공해주는 것이다. 이 방식은 세계적으로 널리 실시되고 있으며, 국내에서도 이미 도입되어 있다.

가로변 버스 전용차로의 시행은 대개 버스 운행시간 단축을 가져오며 일반차량의 운행시간은 증가한다. 그러나 영국의 한 사례를 보면 예상과는 달리 일반차량의 운행시간도 단축된 예가 있다. 이는 교통류 내부의 마찰이 전용차로로 인해 감소함으로써 나타난 결과로 보인다.

가로변 버스 전용차로의 적용은 전일 혹은 침두시로 할 수 있으며, 작업차량 주차와 택시들의 가로변 이용을 어떻게 처리하느냐가 중요한 관건이다.

2) 역류 버스 전용차로(Contra-flow Curb Bus Lane)

역류 버스 전용차로(Contra-flow Curb Bus Lane)는 일반교통류와 반대방향으로 1~2차로를 버스에 제공하는 방안이다. 이 기법은 대개 일방통행로에 적용하는데, 그 이유는 일방통행로에 양방향 버스 서비스를 유지시켜주기 위함이다. 따라서 원래 양방향 통행이었던 가로체계를 일방향으로 바꿀 때 도입되는 경우가 많다. 이 방안의 최고 장점은 일반차량과의 분리가 가로변 버스 전용차로보다 확실하며, 내부마찰(Intra-System Conflict)이 감소된다는 것이다.

역류 버스 전용차로의 도입시 전체 가로변의 연속성이 유지되도록 설계되어야 한다. 특히 특

〈표 1〉 가로변 버스 전용차로의 장·단점

| 장점 | 단점 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 시행이 매우 간편함 • 적은 비용으로 운행가능 • 기존의 가로망체계에 미치는 영향의 극소화 • 시행 후 문제점 발생시 수정 혹은 원상복구가 용이 | <ul style="list-style-type: none"> • 시행효과가 적음 • 가로변 상업활동과의 상충이 불가피함 • 위반차량이 많이 발생함 • 교차로에서 우회전 차량과의 마찰발생 |

<표 2> 역류 버스 전용차로의 장·단점

| 장점 | 단점 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 일반차량과의 분리가 확실 • 내부마찰의 감소 • 버스서비스의 정시성 확보 • 버스서비스를 유지시키며 일방통행제의 장점 첨가 | <ul style="list-style-type: none"> • 보행자 사고의 증가 가능성 • 잘못 진입한 차량으로 인한 혼잡 야기 • 시행 준비가 까다롭고 비용이 많이 투자됨 |

<표 3> 중앙 버스 전용차로의 장·단점

| 장점 | 단점 |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 효과가 확실 • 일반차량의 가로변 접근성 유지 • 일반차량과의 마찰 방지 • 버스 이용자의 증가 기대 • 버스운행속도와 정시성 향상 | <ul style="list-style-type: none"> • 도로 중앙에 설치된 버스정류장으로 승객의 안전문제 발생 • 비용이 많이 요구됨 • 일반차로의 용량 감소 |

정 가로상의 본 기법 도입이 여타 방향의 용량과 통행로 등에 영향을 주게 될 때 그 보완작업이 필수적이다.

3) 중앙 버스 전용차로(Median Bus Lane)

중앙 버스 전용차로(Median Bus Lane)란 편도 4차로 이상 되는 기존 도로의 중앙차로에 전용차로를 제공하고 타차량의 진입을 막기 위해 울타리나 가드레일 등을 설치하여 적용하는 방안이다. 이 기법은 타기법에 비해 효과가 확실할 뿐만 아니라 일반차량에 대한 가로변 접근성을 유지시킬 수 있다.

중앙 버스 전용차로는 그 효과 면에서 매우 우수하나, 진·출입부에 대한 설계가 완벽해야 하고 정류장 적용을 확실히 해야 한다. 또한 기존 가로에 도입시에는 일반차량의 영향이 최소화되는 대책을 설정해야 한다.

2. 독립교차로 신호제어

독립교차로의 신호제어는 크게 두 가지 방식으로 정주기식(pretimed 또는 fixed-time) 제어와 교통감응식(traffic-actuated) 제어로 운영된다. 다시 교통감응식제어는 세 가지로 반감응제어(semi-actuated), 완전감응제어(full-actuated), 교통량-밀도(volume-density)제어 방식이 있다.

1) 정주기신호

정주기신호란 미리 정해진 신호등 시간계획에 따라 신호등화가 규칙적으로 바뀌는 것을 말한다. 이 신호시간계획은 현재의 교통량이 아니라 과거의 교통량자료를 기초로 하여 만든 것이므로 교차로 교통량의 순간적인 변동에 적용하지 못한다. 한 시간계획으로부터 다른 시간 시간

계획으로의 변동은 교통량의 변화에 따른 것이 아니라 제어기 안에 있는 시계에 의해 정해진 시간이 되면 바뀐다. 이를 시간제 방식(Time of Day Mode; TOD)이라 한다. 따라서 정주기신호는 교통량의 시간별 변동을 예측할 수 있거나 포화상태가 빈번히 일어나는 교차로에 사용하면 좋다.

정주기신호의 장점은 신호기의 구조가 간단하기 때문에 운용과 정비유지가 쉬우며, 인접신호등과 연동하여 일정한 속도로 연속 진행시킬 수가 있다. 또 신호시간을 현장에서 쉽게 조정할 수 있다. 반면에 이 신호제어기의 단점은 짧은 시간동안의 교통량 변동에 적응할 수 없으며, 첨두시간이 아닐 때는 불필요한 지체를 유발하게 된다.

2) 교통감응신호

접근로에 설치된 검지기로부터 얻은 실시간 교통량에 따라 통행권이 할당되며, 주기 및 녹색 시간 길이와 현시순서가 끊임없이 조정되며, 경우에 따라서는 교통수요가 없는 현시는 생략되기도 한다.

교통감응신호에는 반감응신호(semi-actuated signal), 완전감응신호(full-actuated signal) 및 교통량-밀도신호(volume-density signal)가 있다.

3. KHCM¹⁾의 신호시간 계산

교차로 구조와 교통량이 주어지고 서비스수준을 가장 좋게하는 적정신호를 구하는 KHCM의 설계분석은 다음과 같은 정주기신호로 운영되는 독립교차로의 신호시간을 계산하는 과정을 포함하며, 그 과정의 흐름도는 <그림 1>에 나타나 있다.

1) 교통수요의 추정

신호기의 신설, 개선 또는 현재의 신호시간을 검토하기 위해서는 그 교차로의 교통량을 알아야 한다. 교통량의 측정은 주 중 어느 날의 12시간을 관측하는 것이 바람직하며, 각 접근로의 방향별 차량교통량과 횡단 보행자수를 15분 단위로 조사하여 4배를 한다. 가능하면 첨두시간의 차종별 조사도 함께 하여 차종구성비를 정확히 파악하여 포화교통량을 구할 때 사용한다.

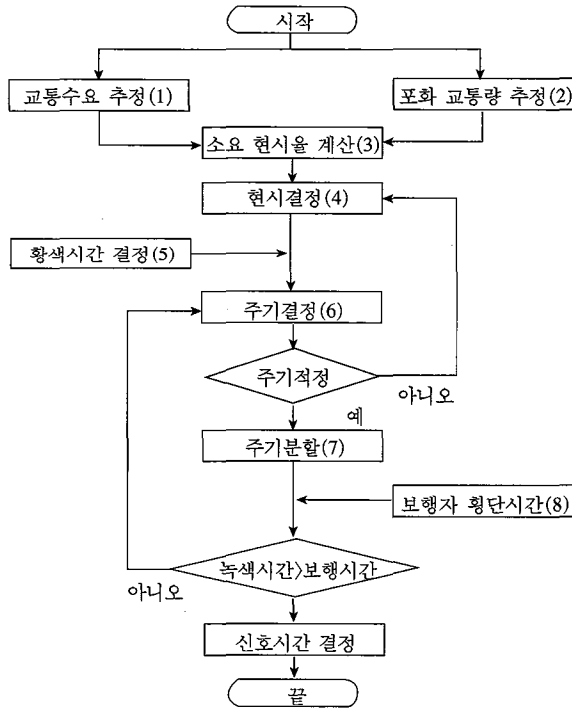
여기서 주의해야 할 것은 이 설계교통량은 교통수요를 의미하므로 교차로를 통과하는 차량대수가 아니라 도착 차량의 교통량을 뜻한다.

2) 포화교통량 추정

교차로 접근로에서 각 방향별 이동류의 포화교통량은 포화차두시간(saturation headway)을 구하여 계산한다.

$$s = \frac{3600}{h}$$

1) 우리나라의 도로용량편람을 약자로 표현한 것임.



〈그림 1〉 신호시간 계산과정(독립교차로 정주기신호)

여기서,

s : 포화교통량(vph)

h : 포화차두시간(초)

포화교통량의 값은 현장에서 직접측정을 하거나 KHCM의 방법으로 구하며 교차로의 구조, 차로폭, 접근로의 경사 및 버스정류장, 주차, 좌우회전교통량, 대형차량 혼합비 등에 의하여 영향을 받게 되므로 이에 대한 보정을 한다.

3) 소요현시율 계산

각 차로군에 대한 소요현시율을 구한다. 소요현시율은 설계시간 동안의 실제도착교통량(설계교통량)을 포화교통량으로 나눈 값이다. 이와 같은 값들을 각 차로군에 대한 교통량 비(flow ratio)라고 하며 v/s 로 나타낸다.

4) 현시의 결정

현시의 수는 접근로의 수와 교차로 형태뿐만 아니라 교통류의 방향과 차종별 구성에 따라 결정된다.

상충되지 않는 교통류를 순서대로 진행시킬 때 한 현시 내에서 현시율이 가장 큰 차로군의

현시율의 합이 가장 적은 것이 좋다. 다시 말하면 현시율, 즉 교통량비의 합이 가장 적으면 모든 차로균을 한 번씩 진행시키는 데 소요되는 시간, 즉 주기가 가장 짧아진다.

5) 황색시간 결정

일반적으로 적용되는 황색신호 산출식은 교차로 정지선 이전의 딜레마존(Dilemma Zone)을 없애는 개념에서 도출된 다음과 같은 가지스(Gazis)식을 이용한다.

$$Y = t + \frac{v}{2a} + \frac{(w+l)}{v}$$

여기서,

Y: 황색신호시간(초)

t: 지각 반응시간(보통 1.0초)

v: 교차로 진입차량의 접근속도(m/sec)

a: 진입차량의 임계 감속도(보통 5.0m/sec²)

w: 교차로 횡단길이(m)

l: 차량의 길이(보통 5m)

6) 주기의 결정

신호시간계획의 주된 목적은 교차로와 도로구간 내에서 지체와 혼잡을 최소화하며 모든 도로이용자의 안전을 도모하기 위한 것이다.

일반적으로 짧은 주기는 정지해 있는 차량의 지체를 줄여줌으로서 더 좋다고 할 수 있다. 그러나 교통량이 커질수록 주기는 길어야 한다. 교차하는 도로의 숫자가 많거나 현시수가 증가하면 적정주기는 길어진다.

교통량이 크면 이를 처리하기 위한 녹색시간이 길어지므로 주기가 길어진다. 긴 주기는 단위 시간당 황색시간으로 인한 손실시간이 적어지기 때문에 이용 가능한 녹색시간의 비율이 커지므로 용량이 커진다.

웹스터(Webster)는 지체를 최소로 하는 신호주기를 구하기 위하여 다음과 같은 공식을 만들었다.

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y_i}$$

여기서,

C₀: 지체를 최소로 하는 최적 신호주기(초)

L: 주기당 총발생 손실시간으로, 신호주기에서 총 유효녹색시간을 뺀 값(nL+R)

n : 현시 수

l : 한 현시당 평균 손실시간

R : 한 주기당 총전적신호시간(초)

y_i : i 현시 때 주 이동류의 교통량비(v/s)

7) 주기의 분할

주기 내에서의 각 현시의 녹색시간은 임계차로군의 현시율에 비례해서 할당한다. 이와 같은 개념은 각 현시의 임계차로군이 동등한 서비스 수준을 갖도록 하는데 근거를 둔 것이다.

녹색시간을 할당할 때 교통량이나 도착교통패턴 이외에도 보행자 횡단이나 교차로의 구조적 제약사항 등을 고려해야 할 필요가 있다.

8) 최소녹색시간 계산

신호시간의 일반적인 원칙으로 차량을 위한 녹색신호는 적색신호에서 기다리고 있던 보행자군이 안전하게 횡단하는 데 필요한 시간보다 짧아서는 안된다는 것이다. 즉 차량 신호와 보행자 신호가 함께 켜질 때 차량 신호는 보행자 신호보다 길어야 한다. 보행자 신호의 최속 녹색시간은 다음과 같다.

$$G_p = (4 \sim 7 \text{초}) + \frac{\text{횡단도로폭}}{1.2}$$

이 식에서 4~7초는 첫 보행자와 마지막 보행자의 출발시각 차이(보행자 통행량에 따라 달라짐)등의 이유로 추가되는 시간이며, 1.2는 보행자의 평균 보행속도인 1.2m/sec를 의미한다.

Ⅲ. 중양 버스 전용차로의 신호제어 개선방안

기존 신호시간의 문제점은 소요현시율을 계산하는 단계에서 중양 버스 전용차로상의 버스 수요교통량을 반영하지 못한다는 것이다. 현재 중양 버스 전용차로가 설치되어 있는 교차로에는 대부분 전용차로에 차량검지기가 설치되어 있지 않다. 전용차로에도 검지기를 설치하여 거기서 올라오는 버스교통량 자료를 신호시간 계산과정에 반영해주어야 중양 버스 전용차로의 설치목적에 보다 부합할 것이다.

기존의 가로변 버스 전용차로의 경우에는 정지선 근처에서는 일반 우회전 차량들도 전용차로로 진입하기 때문에 검지기에서 올라오는 교통량 자료에는 버스와 일반 차량이 섞여있다. 그러나 중양 버스 전용차로는 직진하는 버스만 통행할 수 있으므로 전용차로에 검지기를 설치할 경우 올라오는 모든 자료가 직진하는 버스교통량이다.

중앙 버스 전용차로에는 직진하는 버스이동류만 존재한다는 가정에서 신호제어 개선방안을 제시한다. 신호시간의 계산은 공학적인 독립교차로의 신호시간 계산 과정을 포함하고있는 KHCM의 신호교차로 설계분석 과정의 알고리즘을 이용했으며, 적정신호시간을 찾기 위한 반복 계산 단계에서는 5초 단위로 반복계산에 의해서 적정 신호시간을 찾는다.

1) 교통수요의 추정

중앙 버스 전용차로의 버스 직진이동류를 독립된 하나의 이동류로 보고 다른 이동류의 교통량과 함께 교통량을 추정한다. 즉, 전용차로상의 버스 직진이동류와 승용차의 좌회전, 직진, 우회전이동류의 교통량을 추정한다.

2) 포화교통량 추정

교차로의 접근로별 각 방향별 이동류와 버스 전용차로의 포화교통량을 각각 추정한다.

$$s = \frac{3600}{h}, \quad s' = \frac{3600}{h'}$$

여기서,

s : 일반차로의 포화교통량(vph or pcph)

h : 일반차로의 포화차두시간(초)

s' : 버스 전용차로의 포화교통량(vph)

h' : 버스 전용차로의 포화차두시간(초)

3) 소요현시율 계산

각 차로군에 대한 소요현시율 v/s 와 버스 전용차로의 소요현시율 v'/s' 를 따로 구한다.

여기서,

v : 일반차로의 교통량(vph or pcph)

v' : 버스 전용차로의 교통량(vph)

4) 현시의 결정

직진차로군의 소요현시율을 계산할 때 일반 직진이동류과 중앙 버스 전용차로의 이동류를 비교하여 현시율이 큰 이동류를 직진차로군으로 선택하여 현시율을 계산하면 중앙 버스 전용차로의 효과를 보다 크게 높일 수 있을 것이다.

즉, $\text{Max}[v/s, v'/s']$ 를 선택하여 버스 전용차로가 있는 접근로의 직진현시를 결정한다.

5) 황색시간 결정

기본 개념에서 버스를 고려해주는 것이 포함된다.

$$Y = t + \frac{\text{Max}[v, v']}{2a} + \frac{(w+l)}{\text{Max}[v, v']}$$

여기서,

v' : 교차로 진입버스의 접근속도(m/sec)

6) 주기의 결정

기본적으로 웹스터식을 따르면서 변수를 조정하였다.

$$C_0 = \frac{1.5L+5}{1 - \sum_{i=1}^n y'_i}$$

여기서,

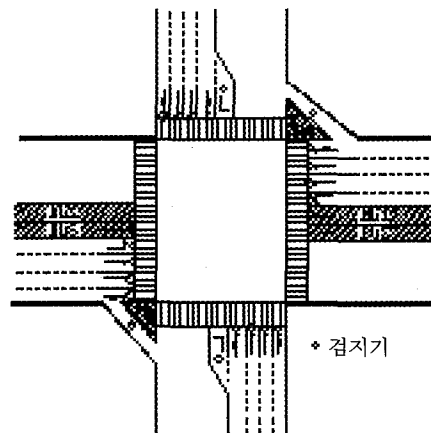
y_i : i 현시 때 주 이동류의 $\text{Max}[v/s, v'/s']$ 교통량비(v/s)

IV. 개선방안의 평가

본 장에서는 앞에서 제시한 신호제어 개선방안을 중앙 버스 전용차로를 포함하는 가상의 독립교차로에 적용시켜 평가한다.

1. 평가대상 선정 및 현황

〈그림 2〉는 KHCM 제8장 신호교차로 p.304 예제 2번의 4지 교차로를 바탕으로 한 평가대상 교차로이며, 차로별 검지기를 표시하였다.



〈그림 2〉 평가대상 교차로의 기하구조

각 차로의단 EB-WB의 접근로에서 기존의 2개의 좌회전 pocket을 없애고 대신에 중앙 버스 전용차로를 삽입하였다. 대부분의 도로조건, 교통조건은 예제 2번을 그대로 따랐고, 분석 시나리오에 따라서 각 접근로의 이동류별 교통량과 버스 혼입률²⁾에 변화를 주었다.

2. 시나리오 설정

NETSIM을 이용하여 기존 신호전략과 개선된 신호전략간의 산출되는 MOE를 비교 분석한다.

1) v/c에 따른 비교 분석

교통량의 변화에 따라서 각 신호전략의 효과가 어떻게 달라지는지 알아보기 위해서, 다른 조건이 모두 동일할 때 v/c가 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0에 근접한 수준의 교통량 상황에서 시뮬레이션을 하여 각 신호전략의 MOE를 비교한다.

2) 버스 혼입율에 따른 비교 분석

v/c를 포함한 모든 조건이 동일하다 하더라도 버스 혼입률이 증가함에 따라서 전략별 효과가 어떻게 달라지는지 알아보기 위해서, 버스 혼입률이 5%, 10%, 12.5%인 조건에서 각각 시뮬레이션을 하여 그에 따른 결과를 비교한다. 이 때 버스 혼입율에 따른 차이를 알아보기 위해서 전체 교통량은 같은 조건하에서 버스 혼입률의 변화만 주었다.

분석 시나리오는 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 분석 시나리오 선정

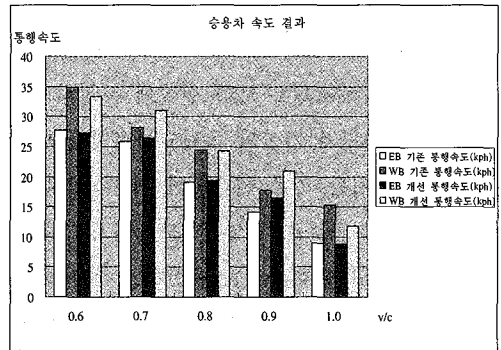
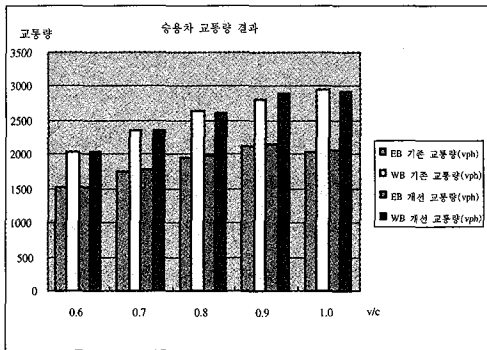
| 시나리오 구분 | 입계 v/c | 버스 혼입률 |
|---------|-----------------|--------|
| A-1 | | 5% |
| A-2 | 0.5 < v/c < 0.6 | 10% |
| A-3 | | 12.5% |
| B-1 | | 5% |
| B-2 | 0.6 < v/c < 0.7 | 10% |
| B-3 | | 12.5% |
| C-1 | | 5% |
| C-2 | 0.7 < v/c < 0.8 | 10% |
| C-3 | | 12.5% |
| D-1 | | 5% |
| D-2 | 0.8 < v/c < 0.9 | 10% |
| D-3 | | 12.5% |
| E-1 | | 5% |
| E-2 | 0.9 < v/c < 1.0 | 10% |
| E-3 | | 12.5% |

2) KHCM의 예제 2에서는 중차량 혼입률로 나와 있으나 본 연구에서는 버스 전용차로상에서 통과하는 버스교통량에 중점을 두기 위해 모든 중차량을 버스로 가정함.

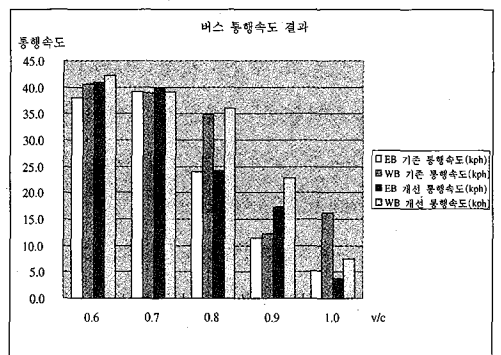
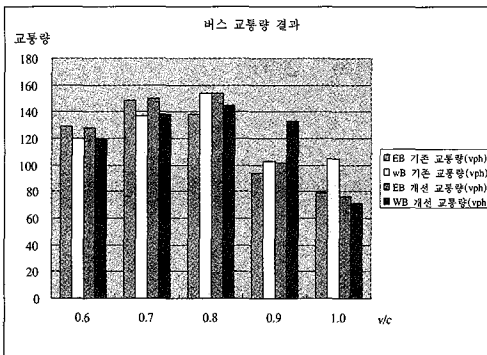
3. 평가결과

모든 시나리오에 대해서 신호제어의 기존방안과 개선방안에 의해 계산된 신호시간을 바탕으로 시뮬레이션을 수행하였다. 모든 v/c 수준에서 버스 혼입률이 5%, 10%인 경우에는 기존방안과 개선방안의 신호시간이 동일하게 나왔고 따라서 시뮬레이션 결과도 동일하였다. 버스 혼입률이 12.5%인 시나리오에서 기존방안과 개선방안 간에 각각 다른 신호시간이 계산되었고, 그 결과를 승용차와 버스의 차종별로 나누어서 각각 <그림 3>, <그림 4>으로 정리하였다.

우선 시뮬레이션의 승용차 통행결과에서는 v/c가 용량과 가까운 E-3 시나리오를 제외하고는 기존방안과 개선방안의 결과가 비슷하거나 거의 근소하게 개선방안에서 교통량과 통행속도가 우세하게 나타났다. 그러나 포화상태인 E-3의 시나리오에서는 오히려 개선방안의 결과가 기존방안보다 떨어지는 것으로 나타났다.



<그림 3> 시뮬레이션 승용차 결과



<그림 4> 시뮬레이션 버스 결과

또한 시뮬레이션의 버스 통행결과를 살펴보면 E-3 시나리오를 제외한 모든 시나리오에서는 개선방안의 교통량과 속도가 기존방안의 결과보다 높게 나타났다. 그러나 승용차와 마찬가지로 포화상태의 E-3 시나리오에서는 개선방안의 통행결과가 기존방안의 결과보다 좋지 않았다.

승용차와 버스의 시뮬레이션 결과에서 보듯이 정상 교통류 상황에서는 승용차의 용량 감소 없이 버스의 통행상태를 더욱 좋게 하였다고 할 수 있다. 다만 용량근접상태 내지 용량초과상태가 되면 개선방안이 기존방안보다 떨어지는 결과를 보이는 문제점을 드러냈다.

V. 결 론

본 연구의 시작단계에서는 COSMOS와 중앙 버스 전용차로가 동시에 운영되고 있는 교차로를 연구대상으로 하여 기존 COSMOS의 신호제어전략에 중앙 버스 전용차로를 고려한 개선방안을 마련하는 것이었다. 그러나 COSMOS의 알고리즘을 구현할 수 있는 시뮬레이터가 없다는 한계점에 부딪쳐 연구대상을 부득이하게 TOD방식으로 운영되는 교차로로 변경하게 되었다.

따라서 향후 연구과제로 COSMOS의 알고리즘을 장착한 시뮬레이터 개발을 들 수 있겠다. 이러한 시뮬레이션이 개발된다면 현재 운영중인 COSMOS의 정확한 효과를 분석할 수 있으며 더 나아가 COSMOS를 보다 현실에 적합하게 개선하는데 많은 도움이 될 것이다.

또한 본 연구가 가상의 독립교차로만을 대상으로 하였지만 실제 교차로 혹은 중앙 버스 전용차로가 이어지는 축을 선택하여 기존신호와 개선신호의 효과를 분석하는 연구가 더 필요할 것이다. 실제 교차로로 구성된 중앙 버스 전용차로를 포함하는 축 상에서 현장의 조건과 거의 비슷한 조건에서 신호시간을 계산하고 계산된 신호시간을 바탕으로 시뮬레이션을 수행하여 실제 네트워크에 적용 가능성을 연구할 필요성이 있다.

참고문헌

건설교통부, “도로용량편람”, 2001.

건설교통부, “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침”, 2000.

도철용, “교통공학원론”, 청문각, 1996.

원계무, “알기쉬운 도시교통”, 세진사, 1999.

Transit Signal Priority, ITS America

Effectiveness of Bus Signal Priority, Chada, Robert

Evaluation of transit signal priority strategies for small-medium cities, Kiel Ova Ayman Smadi