

실시간신호제어시스템 주기산정모형내 운영변수 설계에 관한 연구

Operating Variable Design in the Cycle Estimation Model of Real-time Signal Control System

정인택 (서울대학교, 석사과정) 한동희 (서울대학교, 박사과정) 이영인 (서울대학교, 교수) 윤대관 (서울대학교, 석사과정)

Key Words : 실시간신호제어시스템, 요구주기길이, SCATS, 운영변수(A, Y1, Y2, f(CCL)함수)

목 차

| | |
|-----------------|-----------------|
| I. 서론 | IV. 모형의 검증 및 평가 |
| II. 문헌 및 이론적 고찰 | V. 종합결론 및 향후과제 |
| III. 연구방법 및 절차 | 참고문헌 |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 운영중인 실시간신호제어시스템 내 주기산출알고리즘에서는 전반적으로 주기결정모듈에서의 선택해야 하는 변수값의 기준이 명확하게 제시되어 있지 않아 운영자 임의로 변수값을 정하는 경우가 발생하여 교차로 특성과 교통상황별로 최적화된 주기를 계산하기가 어려우며, 많은 부분에서 외국 연구사례를 이용하였기 때문에 우리나라 상황에 적절하지 않다.

주기산정모형 내 요구주기산정식은 호주 SCATS 신호제어 전략에서 제시한 식을 도입하여 이용하고 있으나, 여기서 산정식 내 f(CCL)함수의 운영변수인 Y1, Y2값을 교통상황별 특성에 따라 적용함에 있어서 명확한 기준이 제시되지 않으며, 또한 f(CCL)함수에서 C1(STOPCL)과 C2(STRCL)의 값도 기하구조 및 교차로 진입차량의 속성에 따라서 명확한 기준이 없다.

따라서, 본 연구를 통하여 교차로 특성과 교통상황에 따른 실시간신호제어시스템 주기산정모형내 운영변수들의 적용기준 원칙을 도출할 필요성이 요구된다.

2. 연구의 내용 및 방법

1) 연구의 내용

실시간신호제어시스템 내 주기산정모형의 이론적 배경 및 모형개발 과정을 파악하여 각 파라미터 값의 특성에 대한 분석 및 주기결정모형의 각 계수값 및 주기길이의 변화에 따른 교차로의 각종 MOE의 변화를 분석하고자 한다.

주기산정모형과 관련된 기존연구의 고찰 및 분석을 통하여 실시간신호제어시스템 주기산정모형의 각 계수값이 갖는 의

미와 주기길이 변화에 대한 영향력 등을 분석하여 계수값 산출의 원칙 및 기준을 도출하고자 한다.

2) 연구의 방법

실시간신호제어시스템 및 국외 신호시스템의 개발 관련 자료를 통한 실시간신호제어시스템 주기산정모형 내 각 계수값들이 갖는 의미와 ADS에 따른 주기길이 변화에 대한 각 변수들의 영향력을 분석한다.

교통시뮬레이터를 통한 주기산정알고리즘 등 실시간신호제어시스템 중요교차로에서 운영되는 핵심 신호제어전략 구현 및 평가체계 구축하여 본 연구의 운영변수설정 방법론을 검증 및 평가토록 한다.

즉, 현실적으로 위와 같은 연구를 평가할 수 있는 방법은 현장실험을 통해 평가하는 것이 바람직하지만 다양한 조건을 반영하지 못하는 등의 현장실험의 한계를 고려하여 교통시뮬레이터를 이용하고자 하며, 더불어 다양한 교통상황을 반영한 시나리오를 설정하여 본 연구내용의 타당성을 확보하고자 한다.

II. 문헌 및 이론적 고찰

1. 현 실시간신호제어시스템 주기산출 알고리즘 고찰

신호주기길이는 교통상황이 혼잡할 때는 교차로 용량증대를 위해 길이가 증가하여야 하고 한산할 때에는 불필요한 대기시간을 줄일 수 있도록 주기길이가 감소되어야 하므로 실시간신호제어시스템에서는 포화도에 따라 요구주기길이를 산정하여 교통상황에 대응하도록 되어 있으며, 실시간신호제어시스템의 주기길이 결정은 SCATS의 방식을 이용한 것으로

서 기본 개념은 요구주기길이와 최대포화도 길이의 관계식으로 결정된다.

차량의 지체, 정지수, 대기행렬길이 등을 최소화하기 위해 포화도가 0.9 정도의 범위에서 교차로가 운영될 수 있도록 신호 주기를 결정하며, 매 주기마다 빈번한 주기변동을 발생하지 않으며(최소 3주기 동안 동일한 주기길이 유지) 변동폭이 너무 크게 발생하지 않도록 설계되어 있다.

현재 운영중인 실시간신호제어시스템 주기산출알고리즘의 프로세스는 다음과 같다.

4) MDS(또는 ADS)값에 따라 요구주기길이를 산정하고, 산정된 요구 주기길이 값에 바로 운영하게 되면 주기길이의 잦은 변동으로 신호운영상 바람직하지 않으므로 이전에 운영된 주기길이와 요구주기길이를 함께 고려하여 다음 주기에 운영할 주기길이를 산정함

- ▶ 새주기 이상 연속적 주기 증가 요청시 주기 증가
- ▶ 새주기 이상 연속적 주기 감소 요청시 주기 감소

중요 교차로, 비중요 교차로의 주기길이는 동일 그룹내의 중요교차로와 같은 값으로 운영하므로 중요교차로의 주기가 결정되면 그 값에 일치시킴

① 입력정보 읽음

- 주기결정상수 (A), 주기증분 (ΔC : DELTAC)
- 최소주기 (MINCL), 최대주기 (MAXCL)
- 이동류별 평균포화도(Average Degree of Saturation)

$$ADS_i(t) = \frac{\sum_j DS_{ij}(t)}{j}$$

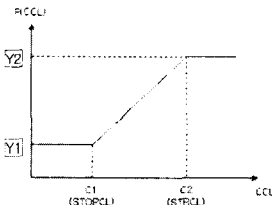
- MDS(Maximum Degree of Saturation)와 ADS(Average Degree of Saturation) 중 주기결정에 사용한 변수 선택
- MDS = Max(ADS_i(t)) x 100, i = 2, 4, 6, 8 (직진 이동류)
- ADS = Avg(ADS_i(t)) x 100, i = 2, 4, 6, 8 (직진 이동류)
- ※ 만약 좌회전 이동류를 포함시킬 필요가 있는 경우를 고려하여 운영자의 선택사항으로 처리

② 다음 주기에서 요구되는 주기길이(Required Cycle Length : RCL) 계산

- RCL(t+1) = A * MDS(또는 ADS) + CCL(t) - f(CCL(t))

※ f(CCL) 값의 결정

- i) CCL < STOPCL : Y1
- ii) STOPCL < CCL < STRCL
: 직선 함수 식에서 결정
- iii) CCL > STRCL : Y2



- ※ STOPCL : 정지수를 최소화 하는 주기 길이
- STRCL : 통과수를 최대화하는 주기 길이

③ 이전 주기길이와 비교하여 주기변동폭 범위 조건을 충족하는 주기 계산

- 주기차이(DIFFC) 계산 DIFFC = RL(t+1) - CCL(t)
- C와 비교하여 처리
- 만약, DIFFC ≤ - DELTAC, RCS(t+1) = CCL(t) - DELTAC
- DELTAC < DIFFC < + DELTAC, RCL(t+1) = CCL(t)
- DIFFC ≤ DELTAC, RCL(t+1) = CCL(t) + DELTAC
- 최소주기(MINCL) 또는 최대주기(MAXCL)에의 만족여부 판단
- CCLi(t+1) < MINCL, CCLi(t+1) = MINCL,
- MINCL ≤ CCLi(t+1) ≤ MAXCL,
- CCLi(t+1) ≤ CCLi(t+1)
- MAXCL < CCLi(t+1), CCLi(t+1) = MAXCL
- A · ADS > f(Current Cycle Length)인 경우 : 주기길이 증가
- A · ADS < f(Current Cycle Length)인 경우 : 주기길이 감소
- A · ADS ≈ f(Current Cycle Length)인 경우 : 현재 주기길이 유지

2. Corridor Simulation(CORSIM)

CORSIM은 미연방도로국(FHWA)의 미시적 교통시물레이션 모형으로 TSIS(Traffic Software Integrated System)의 핵심적인 부분이며, 고속도로나 고속화도로에 적용되는 FREESIM(Freeway Simulation) 모형과 간선 가로망의 시물레이션에 널리 이용되고 있는 NETSIM(Network Simulation) 모형이 통합된 모형이다.

이 모형은 사용자 측면에서 사용자 지정인자들을 많이 제 공함으로써 상황에 따라 모형을 조정하기에 상당히 용이하게 설계되어 있으며, NETSIM의 경우 교차로의 신호시간 설계 기능은 없으며 교통상황에 대한 모의실험만이 가능하며, CORSIM은 매우 신뢰할 수 있는 모의실험 분석도구로 검증되고 수용되어 왔다.

실제로 박병규(2001), Randy와 Courage(1998) 및 Chundury와 Wolshon(2003)은 CORSIM으로부터 얻은 모의실험 자료가 통계적으로 현장 자료에 필적함을 연구결과를 통해 보여주었다.

3. CORSIM-RTE

CORSIM-RTE(Run-Time Extension)는 TSIS 5.1에서 지원하고 있는 외부 모듈이며, Run-time Extension은 CORSIM Driver Component라는 매개체를 통하여 CORSIM의 실행과 Output처리, 그리고 사용자가 제공한 RTE를 관리할 수 있다.

III. 연구의 방법 및 절차

1. 운영변수 조정 방법론 개발

1) SCATS 주기산정모형의 이해

① 요구주기 산정식

$$RCL = A \cdot ADS + CCL - f(CCL)$$

RCL = 요구주기길이

A = 민감도 계수(0.6)

CCL = 현재 주기길이

f(CCL) = 현재 주기길이 함수

② A, Y1, Y2 변수

- A(민감도계수) : 보통 0.6값을 쓰며, 본 연구에서는 A

값의 대한 $\Delta 0.1$ 만큼의 민감도에 따라 지체시간의 변화를 분석하였음

- 운영변수 $Y_1, Y_2 (Y_i = A \times ADS_i)$

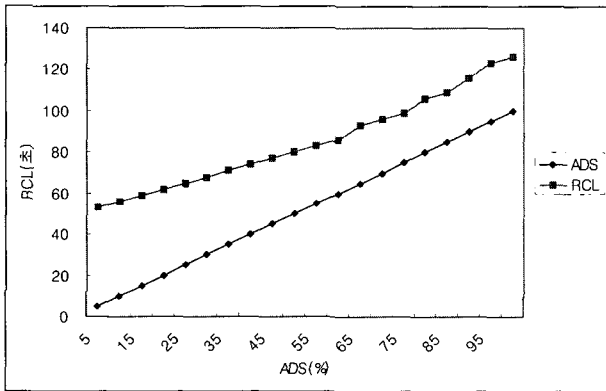
$Y_1 : ADS = 50\%$ 일 때 $Y_1 = 0.6 \times 50 = 30$ 이며, 이는 교차로의 ADS값이 50%미만일 때 C1 주기를 유지할 수 있도록 함

$Y_2 : ADS = 90\%$ 일 때 $Y_2 = 0.6 \times 90 = 54$ 이며, 이는 교차로의 ADS값이 90%이상일 때 C2 주기를 유지할 수 있도록 함

- 신호제어는 C1(ADS 50%일 때 신호주기)과 C2(ADS 90%일 때 신호주기)사이의 범위에서 f(CCL)함수의 기울기에 따라 요구주기길이 변화하며, 만약 ADS가 100%이상의 과포화 상황일 때는 별도의 확장주기 개념의 신호제어전략을 이용함

2) 운영변수 C1과 C2의 설정

현재 실시간신호제어시스템에서는 $Y_1=30, Y_2=54, C_1=80, C_2=120$ 로 설정하여 운영중에 있으며, 이는 $ADS \leq 100\%$ 전체 하에 초기 CCL을 80초로 두고, ADS가 0, 5%, 10%, ..., 95%, 100%로 증가하면 요구주기길이의 변화는 최대 C2까지만 증가됨(주기증분 단위 $\Delta 10$ 초)에 따라 확장된 주기를 구할 수가 없다.



<그림 1> ADS에 따른 요구주기길이 변화

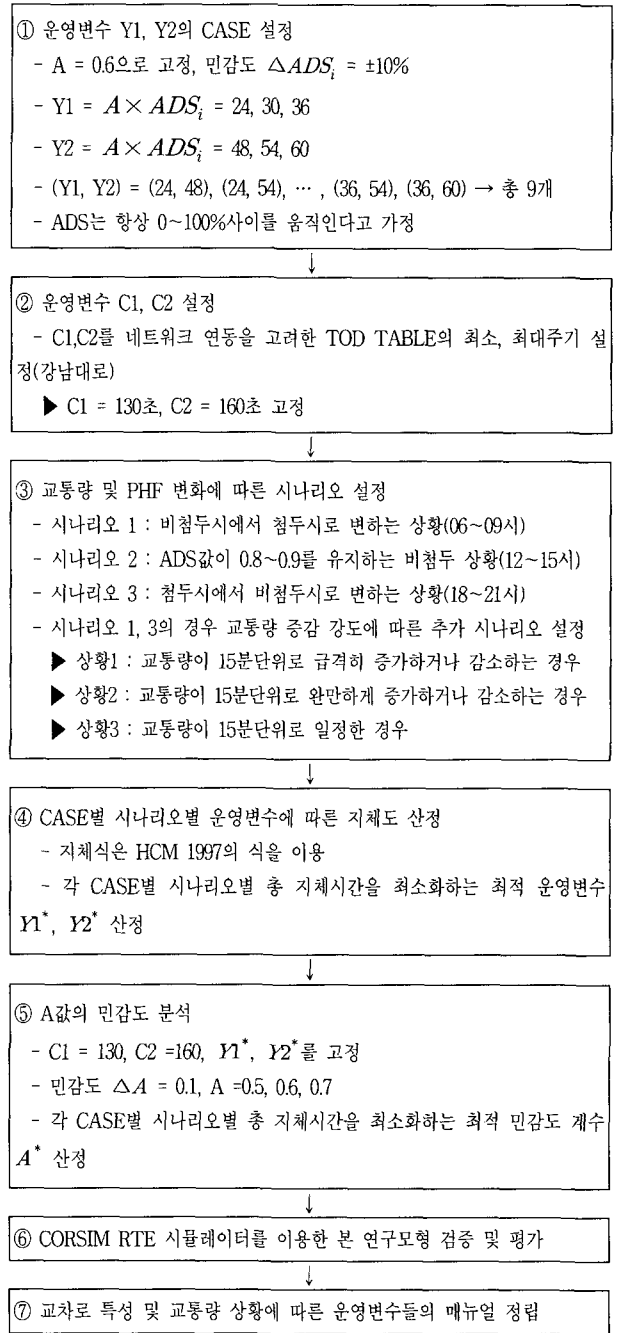
예를 들어, <그림 1>에서 보는 바와 같이 현재주기 120초에 ADS값이 100%인 경우에도 위의 변수 조건에 따르면 요구주기길이는 $126(60+120-54)$ 가 되며, 주기증분단위 $\Delta 10$ 초를 적용하는 경우 주기길이는 120초를 유지하게 됨이 경우 실제현장에서는 ADS 값이 100%가 넘는 상황이 발생되거나 Y변수 설정값의 조정 등으로 주기가 증가될 수 있으며, 이는 추후 검지기 자료 및 신호변수 DB의 확인 및 센터시스템 프로그램의 확인작업이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 C1을 교차로 기하구조를 고려한 최소주기수준으로 정하며, C2를 포화도 증가에 따라 증가될 수 있는 주기의 최대치(TOD 설정값 기준) 수준으로 설정하는 것이 타당할 것으로 판단하였다.

3) 연구방법론

현재 운영중인 실시간신호제어시스템 요구주기길이 산정모형에서는 운영변수 A, C1, C2, Y1, Y2값을 고정된 값 또는 운영자의 주관적인 임의의 값으로 설정하여 운영 중에 있어 다양한 교통상황 및 교차로의 특성에 따라 최적 요구주기를 산정하지 못하고 있는 실정으로 본 연구에서는 이런 운영변수들의 특성을 감안한 CASE 및 시나리오를 설정하여 각각의 민감도 분석을 통한 교차로 지체시간을 최소화하는 운영변수를 채택하여 다양한 교통상황 및 교차로 특성에 적합한 운영변수 매뉴얼을 정립하고자 한다.

본 연구의 운영변수 조정 프로세스는 다음과 같다.



4) 지체시간 산정

대상 교차로의 각 접근로의 교통량, 신호현시, 차로수가 동일하므로 접근로 1차로당 지체도를 산정하여 CASE별 시나리오별 비교·분석을 하며, 지체식은 HCM(1997)에서 제시하고 있는 Time dependent stochastic delay model을 이용하였다.

- Time dependent stochastic delay model -

$$d = d_1 \times f_{PF} + d_2 + d_3 \times f_r$$

$$d = 0.50C \frac{(1 - \frac{g_r}{C})^2}{(1 - \frac{g_r}{C} \min(X, 1.0))} + 900X^m T((X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{mkl}{CT}(X-X_0)})$$

$$f_{PF} = \frac{(1-P)f_p}{1 - \frac{g_r}{C}}$$

2. 시나리오 설정

1) 네트워크 및 CASE 설정

네트워크는 4지형태의 독립교차로이며, 신호운영은 4현시로 4방향 모두 동일한 현시시간과 교통량을 가진다고 가정하였다.

현재 실시간신호제어시스템에서 운영중인 요구주기산정모형 내 운영변수 Y1(30), Y2(54)를 ΔADS=±10%에 따라 총 9개의 조합으로 CASE를 설정하였고, A = 0.6, C1 = 130초, C2 = 160초로 고정하였으며, 본 연구의 CASE별 조합은 다음과 같다.

<표 1> 운영변수 Y1, Y2의 CASE설정

| 구분 | | Y2(A × ADS _i) | | |
|---------------------------|----|---------------------------|-------|-------|
| | | 48 | 54 | 60 |
| Y1(A × ADS _i) | 24 | CASE1 | CASE2 | CASE3 |
| | 30 | CASE4 | CASE5 | CASE6 |
| | 36 | CASE7 | CASE8 | CASE9 |

2) 시나리오 설정

시간대별 다양한 교통상황을 반영하기 위하여 본 연구에서는 오전, 오후, 저녁시간으로 나누어 수요교통량의 변화를 설정하였다.

- 시나리오1 : 오전 6~9시의 교통 상황으로 비첨두에서 첨두시로 변하는 즉, 교통량 점차 증가하는 경우임, 초기 CCL은 130초로 설정
- 시나리오2 : 오후 12~15시의 교통 상황으로 ADS 80~90%를 유지하면서 교통량이 일정한 비첨두시 상황임, CCL 160초로 유지
- 시나리오3 : 오후 18~21시의 교통 상황으로 첨두시에서 비첨두시로 변하는 즉, 교통량이 점차 감소하는 경우임, 초기 CCL은 160초로 설정

시나리오2의 경우는 ADS가 일정하게 유지되는 상황이므로

제외하고, 시나리오 1, 3의 경우에서 교통량 증감 강도에 따라 3가지의 경우로 아래와 같이 분류하여 분석하였다.

- 상황1 : 교통량의 증감에 있어서 15분단위로 급격하게 증감하는 경우
- 상황2 : 교통량의 증감에 있어서 15분단위로 완만하게 증감하는 경우
- 상황3 : 15분단위로 일정한 패턴의 교통량으로 유지되는 경우

시나리오별 교차로 접근로 1차로당 발생하는 수요교통량은 다음과 같다.

<표 2> 시나리오별 접근로 1차로당 수요교통량

| 구분 | 시간대 | | 수요교통량(대) | | | |
|--------|--------|--------|----------|-----|-----|-----|
| | | | 상황1 | 상황2 | 상황3 | |
| 시나리오1 | 06시00분 | 06시15분 | 72 | 149 | 175 | |
| | 06시15분 | 06시30분 | 170 | 160 | 175 | |
| | 06시30분 | 06시45분 | 213 | 181 | 175 | |
| | 06시45분 | 07시00분 | 245 | 210 | 175 | |
| | 07시00분 | 07시15분 | 247 | 248 | 350 | |
| | 07시15분 | 07시30분 | 288 | 354 | 350 | |
| | 07시30분 | 07시45분 | 378 | 378 | 350 | |
| | 07시45분 | 08시00분 | 487 | 420 | 350 | |
| | 08시00분 | 08시15분 | 494 | 491 | 500 | |
| | 08시15분 | 08시30분 | 496 | 495 | 500 | |
| | 08시30분 | 08시45분 | 500 | 504 | 500 | |
| | 08시45분 | 09시00분 | 510 | 510 | 500 | |
| 시나리오2 | 12시00분 | 12시15분 | 408 | 427 | 410 | |
| | 12시15분 | 12시30분 | 418 | 418 | 413 | |
| | 12시30분 | 12시45분 | 428 | 416 | 422 | |
| | 12시45분 | 13시00분 | 414 | 407 | 423 | |
| | 13시00분 | 13시15분 | 423 | 423 | 410 | |
| | 13시15분 | 13시30분 | 419 | 418 | 418 | |
| | 13시30분 | 13시45분 | 420 | 422 | 413 | |
| | 13시45분 | 14시00분 | 416 | 415 | 422 | |
| | 14시00분 | 14시15분 | 423 | 413 | 420 | |
| | 14시15분 | 14시30분 | 414 | 410 | 415 | |
| | 14시30분 | 14시45분 | 416 | 411 | 413 | |
| | 14시45분 | 15시00분 | 405 | 417 | 415 | |
| | 시나리오3 | 18시00분 | 18시15분 | 510 | 510 | 500 |
| | | 18시15분 | 18시30분 | 500 | 504 | 500 |
| 18시30분 | | 18시45분 | 496 | 495 | 500 | |
| 18시45분 | | 19시00분 | 494 | 491 | 500 | |
| 19시00분 | | 19시15분 | 487 | 420 | 350 | |
| 19시15분 | | 19시30분 | 378 | 378 | 350 | |
| 19시30분 | | 19시45분 | 288 | 354 | 350 | |
| 19시45분 | | 20시00분 | 247 | 248 | 350 | |
| 20시00분 | | 20시15분 | 245 | 210 | 175 | |
| 20시15분 | | 20시30분 | 213 | 181 | 175 | |
| 20시30분 | | 20시45분 | 170 | 160 | 175 | |
| 20시45분 | | 21시00분 | 72 | 149 | 175 | |

IV. 모형의 검증 및 평가

1. HCM 지체식을 이용한 분석결과

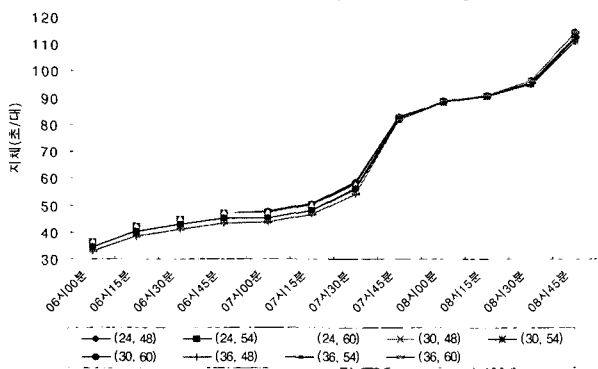
1) 운영변수 Y1, Y2의 결정(A=0.6, C1=130초, C2=160초 고정)

① 시나리오1

- v/c 0.15~0.50일 경우 (36, 48), (36, 54), (36, 60)일 때 지체 최소화
- v/c 0.50~0.97일 경우 (36, 60)일 때 지체 최소화
- v/c 0.97~1.01일 경우 (36, 48)일 때 지체 최소화
- 전체 시나리오1(상황1) 평균 지체는 (36, 48)일 때 최소임

<표 3> 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(시나리오1, 상황1)

| 시간대 | 1차로 교통량 | V/C | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(초/대) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|--|
| | | | (24,48) | (24,54) | (24,60) | (30,48) | (30,54) | (30,60) | (36,48) | (36,54) | (36,60) | | | |
| 06시00분 ~ 06시15분 | 72 | 0.15 | 36.22 | 36.22 | 36.22 | 34.49 | 34.49 | 34.49 | 32.77 | 32.77 | 32.77 | | | |
| 06시15분 ~ 06시30분 | 170 | | 42.00 | 42.00 | 42.00 | 40.22 | 40.22 | 40.22 | 38.43 | 38.43 | 38.43 | | | |
| 06시30분 ~ 06시45분 | 213 | | 44.78 | 44.78 | 44.78 | 42.96 | 42.96 | 42.96 | 41.16 | 41.16 | 41.16 | | | |
| 06시45분 ~ 07시00분 | 245 | | 47.07 | 46.95 | 46.84 | 45.12 | 45.12 | 45.12 | 43.30 | 43.30 | 43.30 | | | |
| 계 | 700 | | 42.52 | 42.49 | 42.46 | 40.70 | 40.70 | 40.70 | 38.91 | 38.91 | 38.91 | | | |
| 07시00분 ~ 07시15분 | 247 | 0.50 | 47.47 | 47.09 | 46.77 | 45.19 | 45.19 | 45.19 | 43.44 | 43.44 | 43.44 | | | |
| 07시15분 ~ 07시30분 | 288 | | 50.53 | 50.08 | 49.78 | 48.15 | 48.15 | 48.15 | 46.39 | 46.39 | 46.39 | | | |
| 07시30분 ~ 07시45분 | 378 | | 58.61 | 57.84 | 57.22 | 56.57 | 56.28 | 55.99 | 54.16 | 54.16 | 54.16 | | | |
| 07시45분 ~ 08시00분 | 487 | | 82.87 | 82.36 | 82.06 | 82.46 | 82.15 | 81.95 | 81.95 | 81.88 | 81.85 | | | |
| 계 | 1,400 | | 59.87 | 59.34 | 58.95 | 58.09 | 57.94 | 57.82 | 56.48 | 56.47 | 56.47 | | | |
| 08시00분 ~ 08시15분 | 494 | 0.98 | 88.57 | 88.43 | 88.60 | 88.58 | 88.43 | 88.61 | 88.55 | 88.44 | 88.68 | | | |
| 08시15분 ~ 08시30분 | 496 | | 90.55 | 90.58 | 90.95 | 90.55 | 90.56 | 90.97 | 90.55 | 90.58 | 90.99 | | | |
| 08시30분 ~ 08시45분 | 500 | | 95.13 | 95.35 | 96.37 | 95.12 | 95.52 | 96.36 | 95.12 | 95.57 | 96.39 | | | |
| 08시45분 ~ 09시00분 | 510 | | 111.09 | 112.52 | 114.43 | 111.04 | 112.42 | 114.41 | 111.00 | 112.58 | 114.48 | | | |
| 계 | 2,000 | | 96.33 | 96.77 | 97.59 | 96.32 | 96.73 | 97.59 | 96.43 | 96.79 | 97.63 | | | |
| 합계 | 4,100 | | 66.24 | 66.20 | 66.33 | 65.04 | 65.12 | 65.37 | 64.33 | 64.06 | 64.33 | | | |



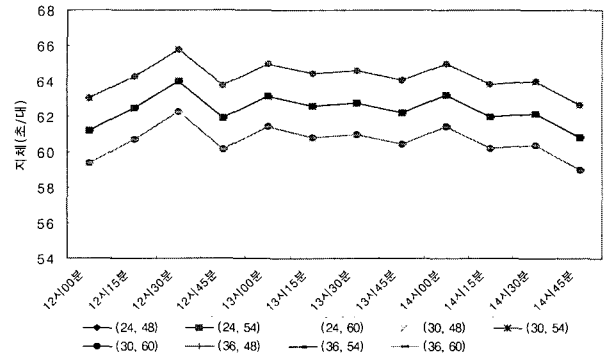
<그림 2> 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체 흐름도(시나리오1, 상황1)

② 시나리오2

- ADS가 0.8~0.9로 일정한 패턴의 교통량이 발생할 경우 운영변수 Y1, Y2를 (24, 60), (30, 60), (36, 60)을 적용했을 때 즉, Y2의 값을 60일 경우가 교차로 지체도를 낮추는 것으로 분석되었음

<표 4> 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(시나리오2)

| 시간대 | 1차로 교통량 | V/C | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(초/대) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|--|
| | | | (24,48) | (24,54) | (24,60) | (30,48) | (30,54) | (30,60) | (36,48) | (36,54) | (36,60) | | | |
| 12시00분 ~ 12시15분 | 408 | 0.8 | 63.04 | 61.21 | 59.40 | 63.04 | 61.21 | 59.40 | 63.04 | 61.21 | 59.40 | | | |
| 12시15분 ~ 12시30분 | 418 | | 64.29 | 62.48 | 60.70 | 64.29 | 62.48 | 60.70 | 64.29 | 62.48 | 60.70 | | | |
| 12시30분 ~ 12시45분 | 428 | | 65.77 | 63.99 | 62.26 | 65.77 | 63.99 | 62.26 | 65.77 | 63.99 | 62.26 | | | |
| 12시45분 ~ 13시00분 | 414 | | 63.77 | 61.95 | 60.16 | 63.77 | 61.95 | 60.16 | 63.77 | 61.95 | 60.16 | | | |
| 계 | 1,668 | | 64.22 | 62.41 | 60.63 | 64.22 | 62.41 | 60.63 | 64.22 | 62.41 | 60.63 | | | |
| 13시00분 ~ 13시15분 | 423 | ~0.9 | 64.98 | 63.19 | 61.43 | 64.98 | 63.19 | 61.43 | 64.98 | 63.19 | 61.43 | | | |
| 13시15분 ~ 13시30분 | 419 | | 64.43 | 62.62 | 60.85 | 64.43 | 62.62 | 60.85 | 64.43 | 62.62 | 60.85 | | | |
| 13시30분 ~ 13시45분 | 420 | | 64.59 | 62.79 | 61.02 | 64.59 | 62.79 | 61.02 | 64.59 | 62.79 | 61.02 | | | |
| 13시45분 ~ 14시00분 | 416 | | 64.04 | 62.22 | 60.43 | 64.04 | 62.22 | 60.43 | 64.04 | 62.22 | 60.43 | | | |
| 계 | 1,678 | | 64.51 | 62.71 | 60.93 | 64.51 | 62.71 | 60.93 | 64.51 | 62.71 | 60.93 | | | |
| 14시00분 ~ 14시15분 | 423 | 0.8 | 65.00 | 63.21 | 61.45 | 65.00 | 63.21 | 61.45 | 65.00 | 63.21 | 61.45 | | | |
| 14시15분 ~ 14시30분 | 414 | | 63.84 | 62.02 | 60.23 | 63.84 | 62.02 | 60.23 | 63.84 | 62.02 | 60.23 | | | |
| 14시30분 ~ 14시45분 | 416 | | 64.00 | 62.18 | 60.40 | 64.00 | 62.18 | 60.40 | 64.00 | 62.18 | 60.40 | | | |
| 14시45분 ~ 15시00분 | 405 | | 62.65 | 60.81 | 59.00 | 62.65 | 60.81 | 59.00 | 62.65 | 60.81 | 59.00 | | | |
| 계 | 1,658 | | 63.87 | 62.05 | 60.27 | 63.87 | 62.05 | 60.27 | 63.87 | 62.05 | 60.27 | | | |
| 합계 | 5,005 | | 64.20 | 62.39 | 60.61 | 64.20 | 62.39 | 60.61 | 64.20 | 62.39 | 60.61 | | | |



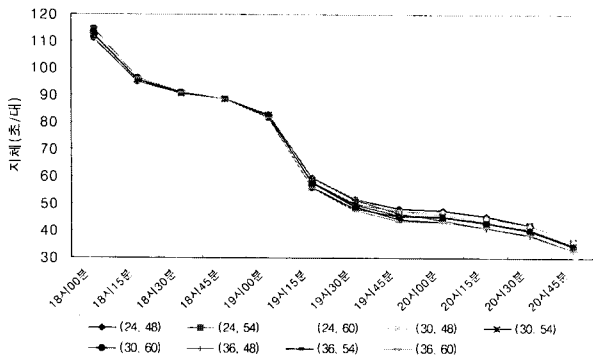
<그림 3> 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체 흐름도(시나리오2)

③ 시나리오3

- v/c 1.01~0.98일 경우 (24, 48), (30, 48), (36, 48)일 때 지체 최소화
- v/c 0.97~0.50일 경우 (36, 60)일 때 지체 최소화
- v/c 0.50~0.15일 경우 (36, 54)일 때 지체 최소화
- 전체 시나리오3(상황1) 평균 지체는 (36, 60)일 때 최소임

<표 5> 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(시나리오3, 상황1)

| 시간대 | 1차로 교통량 | V/C | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(초/대) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|--|
| | | | (24,48) | (24,54) | (24,60) | (30,48) | (30,54) | (30,60) | (36,48) | (36,54) | (36,60) | | | |
| 18시00분 ~ 18시15분 | 510 | 1.01 | 111.09 | 112.56 | 114.49 | 111.09 | 112.56 | 114.49 | 111.09 | 112.56 | 114.49 | | | |
| 18시15분 ~ 18시30분 | 500 | | 95.13 | 95.57 | 96.39 | 95.13 | 95.57 | 96.39 | 95.13 | 95.57 | 96.39 | | | |
| 18시30분 ~ 18시45분 | 496 | | 90.54 | 90.58 | 90.97 | 90.54 | 90.58 | 90.97 | 90.54 | 90.58 | 90.97 | | | |
| 18시45분 ~ 19시00분 | 494 | | 88.57 | 88.43 | 88.61 | 88.57 | 88.43 | 88.61 | 88.57 | 88.43 | 88.61 | | | |
| 계 | 2,000 | | 96.78 | 97.62 | 96.78 | 97.62 | 96.78 | 97.62 | 96.78 | 97.62 | 96.78 | | | |
| 19시00분 ~ 19시15분 | 487 | 0.97 | 83.01 | 82.36 | 81.95 | 83.01 | 82.36 | 81.95 | 83.01 | 82.36 | 81.95 | | | |
| 19시15분 ~ 19시30분 | 378 | | 59.71 | 57.84 | 55.99 | 59.71 | 57.84 | 55.99 | 59.71 | 57.84 | 55.99 | | | |
| 19시30분 ~ 19시45분 | 288 | | 51.81 | 50.08 | 49.10 | 51.68 | 49.58 | 48.23 | 51.56 | 49.08 | 47.35 | | | |
| 19시45분 ~ 20시00분 | 247 | | 48.11 | 47.09 | 46.62 | 47.23 | 45.83 | 45.26 | 46.31 | 44.38 | 43.57 | | | |
| 계 | 1,400 | | 60.66 | 59.34 | 58.41 | 60.41 | 58.90 | 57.86 | 60.14 | 58.41 | 57.62 | | | |
| 20시00분 ~ 20시15분 | 245 | 0.50 | 47.52 | 46.95 | 46.68 | 45.91 | 45.24 | 45.12 | 43.92 | 43.31 | 43.33 | | | |
| 20시15분 ~ 20시30분 | 213 | | 45.24 | 44.78 | 44.48 | 43.24 | 42.97 | 42.88 | 41.09 | 41.17 | 41.18 | | | |
| 20시30분 ~ 20시45분 | 170 | | 42.20 | 42.00 | 41.95 | 40.15 | 40.22 | 40.14 | 38.57 | 38.44 | 38.46 | | | |
| 20시45분 ~ 21시00분 | 72 | | 36.23 | 36.11 | 36.19 | 34.43 | 34.50 | 34.41 | 32.71 | 32.78 | 32.79 | | | |
| 계 | 700 | | 42.80 | 42.46 | 42.33 | 40.93 | 40.73 | 40.64 | 39.02 | 38.94 | | | | |
| 합계 | 4,100 | | 66.60 | 66.20 | 66.12 | 65.89 | 65.47 | 65.37 | 65.17 | 64.71 | | | | |



<그림 4> 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체 흐름도(시나리오3, 상황1)

2) 운영변수 A의 결정(Y1=36, Y2=60, C1=130초, C2=160초 고정)

① 시나리오1

- v/c 0.15~0.50일 경우 A=0.5일 때 지체 최소화
- v/c 0.50~0.97일 경우 A=0.5일 때 지체 최소화
- v/c 0.97~1.01일 경우 A=0.7일 때 지체 최소화
- 전체 시나리오1(상황1) 평균 지체는 A=0.6일 때 지체 최소화

<표 6> A값에 따른 지체도 및 요구주기길이(시나리오1, 상황1)

| 시간대 | 1차로 교통량 | V/C | 지체도(초/대) | | | 요구주기길이(초) | | |
|---------------|---------|------|----------|--------|--------|-----------|-------|-------|
| | | | A=0.5 | A=0.6 | A=0.7 | A=0.5 | A=0.6 | A=0.7 |
| 06시00분 06시15분 | 72 | 0.15 | 32.35 | 32.77 | 33.18 | 101 | 100 | 101 |
| 06시15분 06시30분 | 170 | | 37.42 | 38.43 | 39.46 | 111 | 115 | 118 |
| 06시30분 06시45분 | 213 | | 39.86 | 41.16 | 42.45 | 116 | 120 | 124 |
| 06시45분 07시00분 | 245 | | 41.80 | 43.30 | 44.81 | 119 | 124 | 129 |
| 계 | 700 | - | 37.66 | 38.91 | 39.97 | - | - | - |
| 07시00분 07시15분 | 247 | 0.50 | 41.93 | 43.44 | 44.96 | 119 | 124 | 129 |
| 07시15분 07시30분 | 288 | | 44.61 | 46.39 | 48.18 | 123 | 129 | 135 |
| 07시30분 07시45분 | 378 | | 51.87 | 54.16 | 56.79 | 132 | 140 | 149 |
| 07시45분 08시00분 | 487 | | 82.49 | 81.85 | 82.50 | 144 | 155 | 167 |
| 계 | 1,400 | - | 56.46 | 58.11 | - | - | - | - |
| 08시00분 08시15분 | 494 | 0.98 | 90.55 | 88.68 | 88.49 | 147 | 159 | 170 |
| 08시15분 08시30분 | 496 | | 93.28 | 90.99 | 90.52 | 148 | 161 | 170 |
| 08시30분 08시45분 | 500 | | 99.76 | 96.39 | 95.23 | 148 | 161 | 171 |
| 08시45분 09시00분 | 510 | | 120.35 | 114.48 | 111.47 | 149 | 162 | 172 |
| 계 | 2,000 | - | 100.98 | 97.63 | - | - | - | - |
| 합계 | 4,100 | - | 64.69 | 64.84 | - | - | - | - |

② 시나리오2

- ADS가 0.8~0.9로 일정한 패턴의 교통량이 발생할 경우 민감도계수 A=0.5를 적용했을 때가 교차로 지체도를 낮추는 것으로 분석되었음

<표 7> A값에 따른 지체도 및 요구주기길이(시나리오2)

| 시간대 | 1차로 교통량 | V/C | 지체도(초/대) | | | 요구주기길이(초) | | | |
|---------------|---------|-------|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|---|
| | | | A=0.5 | A=0.6 | A=0.7 | A=0.5 | A=0.6 | A=0.7 | |
| 12시00분 12시15분 | 408 | 0.8 | 56.97 | 59.40 | 61.89 | - | 150 | 158 | |
| 12시15분 12시30분 | 418 | | 58.26 | 60.70 | 63.22 | - | 151 | 159 | |
| 12시30분 12시45분 | 428 | | 59.84 | 62.26 | 64.78 | - | 152 | 161 | |
| 12시45분 13시00분 | 414 | | 57.73 | 60.16 | 62.67 | - | 150 | 159 | |
| 계 | 1,668 | | - | 58.99 | 60.63 | 63.14 | - | - | - |
| 13시00분 13시15분 | 423 | | 58.99 | 61.43 | 63.95 | - | 151 | 160 | |
| 13시15분 13시30분 | 419 | | 58.41 | 60.85 | 63.37 | - | 151 | 159 | |
| 13시30분 13시45분 | 420 | | 58.59 | 61.02 | 63.54 | - | 151 | 160 | |
| 13시45분 14시00분 | 416 | | 58.00 | 60.43 | 62.95 | - | 151 | 159 | |
| 계 | 1,678 | | - | 59.02 | 61.45 | 63.45 | - | - | - |
| 14시00분 14시15분 | 423 | | 59.02 | 61.45 | 63.97 | - | 151 | 160 | |
| 14시15분 14시30분 | 414 | | 57.79 | 60.23 | 62.74 | - | 150 | 159 | |
| 14시30분 14시45분 | 416 | 57.96 | 60.40 | 62.91 | - | 150 | 159 | | |
| 14시45분 15시00분 | 405 | 56.57 | 59.00 | 61.48 | - | 149 | 157 | | |
| 계 | 1,658 | - | 57.96 | 60.27 | 62.77 | - | - | - | |
| 합계 | 5,005 | - | 60.61 | 63.12 | - | - | - | - | |

③ 시나리오3

- v/c 1.01~0.98일 경우 A=0.5일 때 지체 최소화
- v/c 0.97~0.50일 경우 A=0.5일 때 지체 최소화
- v/c 0.50~0.15일 경우 A=0.7일 때 지체 최소화
- 전체 시나리오3(상황1) 평균 지체는 A=0.6일 때 지체 최소화

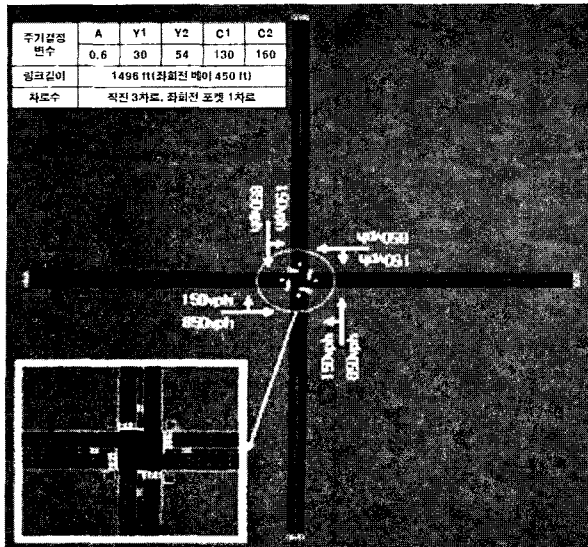
<표 8> A값에 따른 지체도 및 요구주기길이(시나리오3, 상황1)

| 시간대 | 1차로 교통량 | V/C | 지체도(초/대) | | | 요구주기길이(초) | | |
|---------------|---------|------|----------|--------|--------|-----------|-------|-------|
| | | | A=0.5 | A=0.6 | A=0.7 | A=0.5 | A=0.6 | A=0.7 |
| 18시00분 18시15분 | 510 | 1.01 | 32.35 | 32.77 | 33.18 | 101 | 100 | 104 |
| 18시15분 18시30분 | 500 | | 37.42 | 38.43 | 39.46 | 111 | 115 | 118 |
| 18시30분 18시45분 | 496 | | 39.86 | 41.16 | 42.45 | 116 | 120 | 124 |
| 18시45분 19시00분 | 494 | | 41.80 | 43.30 | 44.81 | 119 | 124 | 129 |
| 계 | 2,000 | - | 37.66 | 38.91 | 39.97 | - | - | - |
| 19시00분 19시15분 | 487 | 0.97 | 41.93 | 43.44 | 44.96 | 119 | 124 | 129 |
| 19시15분 19시30분 | 378 | | 44.61 | 46.39 | 48.18 | 123 | 129 | 135 |
| 19시30분 19시45분 | 288 | | 51.87 | 54.16 | 56.79 | 132 | 140 | 149 |
| 19시45분 20시00분 | 247 | | 82.49 | 81.85 | 82.50 | 144 | 155 | 167 |
| 계 | 1,400 | - | 56.46 | 58.11 | - | - | - | - |
| 20시00분 20시15분 | 245 | 0.50 | 90.55 | 88.68 | 88.49 | 147 | 159 | 170 |
| 20시15분 20시30분 | 213 | | 93.28 | 90.99 | 90.52 | 148 | 161 | 170 |
| 20시30분 20시45분 | 170 | | 99.76 | 96.39 | 95.23 | 148 | 161 | 171 |
| 20시45분 21시00분 | 72 | | 120.35 | 114.48 | 111.47 | 149 | 162 | 172 |
| 계 | 700 | - | 100.98 | 97.63 | - | - | - | - |
| 합계 | 4,100 | - | 64.69 | 64.84 | - | - | - | - |

2. 모의네트워크 구축

모의실험을 위한 네트워크는 교차로 기하구조에 따른 독립 교차로를 구성하였으며, 아래의 그림과 같다.

- 이동류 : 직진과 좌회전 이동류로 구성하며 우회전은 없는 것으로 가정. 직진 85%, 좌회전 15%로 교통량 구성
- 교통량 : 각 시나리오별 수요교통량을 적용하였으며, 승용차로만 구성
- 검지기 : 각 차로별 루프검지기 설치
- 자유속도 : 48km/h



<그림 5> 모의실험 네트워크

3. CORSIM-RTE 시뮬레이션 분석 결과

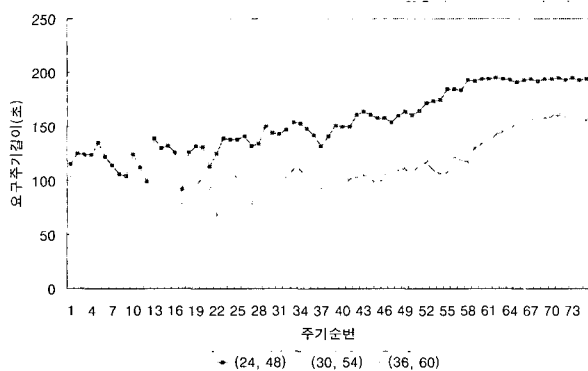
1) 운영변수 Y1, Y2의 결정(A=0.6, C1=130초, C2=160초 고정)

① 시나리오1

A, C1, C2의 값을 고정한 뒤 각 운영변수 조합에 따른 MOE를 분석한 결과 Y1, Y2를 (36, 60)으로 적용했을 때가 평균통행속도를 높이고 지체도를 낮추는 가장 최적의 운영변수로 분석되었음

<표 9> Y1, Y2에 따른 시뮬레이션 분석결과(시나리오1, 상황1)

| 시간대 | V/C | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(sec) | | | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 평균통행속도(mile/h) | | |
|---------------|-------|---------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|
| | | (24,48) | (30,54) | (36,60) | (24,48) | (30,54) | (36,60) |
| 06시00분 06시15분 | 0.15 | 2.37 | 2.29 | 2.29 | 18.89 | 19.23 | 19.23 |
| 06시15분 06시30분 | | 9.10 | 7.61 | 6.87 | 18.19 | 19.47 | 20.16 |
| 06시30분 06시45분 | | 17.41 | 15.20 | 14.18 | 18.49 | 19.48 | 19.96 |
| 06시45분 07시00분 | -0.50 | 29.86 | 27.73 | 24.82 | 18.08 | 18.65 | 19.45 |
| 07시00분 07시15분 | | 46.70 | 41.77 | 36.89 | 17.43 | 18.29 | 19.17 |
| 07시15분 07시30분 | | 78.91 | 66.86 | 66.34 | 15.77 | 17.24 | 18.37 |
| 07시30분 07시45분 | -0.97 | 124.08 | 96.29 | 86.98 | 14.77 | 16.68 | 17.46 |
| 07시45분 08시00분 | | 208.90 | 180.04 | 151.91 | 12.98 | 14.10 | 15.43 |
| 08시00분 08시15분 | | 362.35 | 336.56 | 296.26 | 10.63 | 11.21 | 13.04 |
| 08시15분 08시30분 | 0.98 | 566.14 | 526.37 | 416.75 | 8.89 | 9.39 | 11.01 |
| 08시30분 08시45분 | | 778.85 | 734.76 | 608.73 | 7.89 | 8.24 | 9.41 |
| 08시45분 09시00분 | | 984.45 | 949.58 | 806.22 | 7.31 | 7.46 | 8.42 |



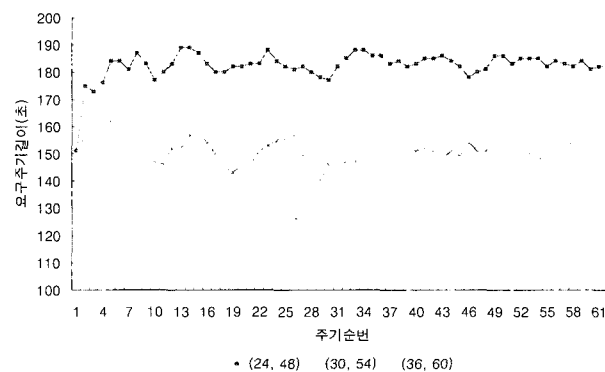
<그림 6> Y1, Y2에 따른 요구주기길이 변화(시나리오1, 상황1)

② 시나리오2

시나리오2에서도 마찬가지로 요구주기산정시 A, C1, C2의 값을 고정한 뒤 각 운영변수 조합에 따른 MOE를 분석한 결과 Y1, Y2를 (36, 60)으로 적용했을 때가 평균통행속도를 높이고 지체도를 낮추는 가장 최적의 운영변수로 분석됨

<표 10> Y1, Y2에 따른 시뮬레이션 분석결과(시나리오2)

| 시간대 | V/C | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(sec) | | | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 평균통행속도(mile/h) | | |
|---------------|-------------|---------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|
| | | (24,48) | (30,54) | (36,60) | (24,48) | (30,54) | (36,60) |
| 12시00분 12시15분 | 0.8 ~0.9 | 188.4 | 175.8 | 175.8 | 11.67 | 12.17 | 12.17 |
| 12시15분 12시30분 | | 163.8 | 153.6 | 153.0 | 12.70 | 13.16 | 13.20 |
| 12시30분 12시45분 | | 151.2 | 141.0 | 138.0 | 13.27 | 13.80 | 13.95 |
| 12시45분 13시00분 | | 144.0 | 133.8 | 130.6 | 13.63 | 14.19 | 14.37 |
| 13시00분 13시15분 | | 139.8 | 128.4 | 125.4 | 13.86 | 14.51 | 14.68 |
| 13시15분 13시30분 | | 135.6 | 124.8 | 121.8 | 14.08 | 14.69 | 14.69 |
| 13시30분 13시45분 | | 133.8 | 123.6 | 120.0 | 14.17 | 14.79 | 15.00 |
| 13시45분 14시00분 | | 132.6 | 123.0 | 119.4 | 14.26 | 14.82 | 15.04 |
| 14시00분 14시15분 | | 131.4 | 121.8 | 118.2 | 14.31 | 14.88 | 15.13 |
| 14시15분 14시30분 | | 130.8 | 121.2 | 117.0 | 14.36 | 14.92 | 15.18 |
| 14시30분 14시45분 | | 129.6 | 120.6 | 116.4 | 14.41 | 14.97 | 15.25 |
| 14시45분 15시00분 | | 129.0 | 120.0 | 115.2 | 14.47 | 15.01 | 15.30 |



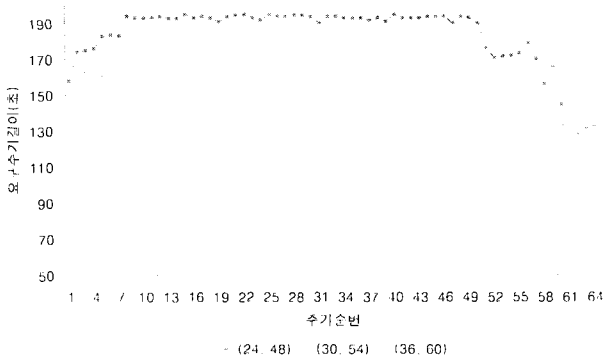
<그림 7> Y1, Y2에 따른 요구주기길이 변화(시나리오2)

③ 시나리오3

A, C1, C2의 값을 고정한 뒤 각 운영변수 조합에 따른 MOE를 분석한 결과 Y1, Y2를 (36, 60)으로 적용했을 때가 평균통행속도를 높이고 지체도를 낮추는 가장 최적의 운영변수로 분석됨

<표 11> Y1, Y2에 따른 시뮬레이션 분석결과(시나리오3, 상황1)

| 시간대 | V/C | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(sec) | | | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 평균통행속도(mile/h) | | |
|---------------|-------|---------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|
| | | (24,48) | (30,54) | (36,60) | (24,48) | (30,54) | (36,60) |
| 18시00분 18시15분 | 1.01 | 655.80 | 643.20 | 643.20 | 4.61 | 4.72 | 4.72 |
| 18시15분 18시30분 | | 610.20 | 600.00 | 600.00 | 4.93 | 5.00 | 5.00 |
| 18시30분 18시45분 | | 604.20 | 588.60 | 588.60 | 4.97 | 5.08 | 5.08 |
| 18시45분 19시00분 | -0.98 | 609.60 | 601.80 | 601.80 | 4.93 | 4.99 | 4.99 |
| 19시00분 19시15분 | | 615.00 | 609.00 | 609.00 | 4.90 | 4.94 | 4.94 |
| 19시15분 19시30분 | | 622.20 | 617.40 | 617.40 | 4.85 | 4.88 | 4.88 |
| 19시30분 19시45분 | -0.97 | 628.80 | 617.40 | 617.40 | 4.81 | 4.88 | 4.88 |
| 19시45분 20시00분 | | 621.60 | 616.80 | 616.80 | 4.85 | 4.89 | 4.89 |
| 20시00분 20시15분 | | 619.80 | 611.40 | 611.40 | 4.86 | 4.92 | 4.92 |
| 20시15분 20시30분 | 0.50 | 612.00 | 603.60 | 603.60 | 4.92 | 4.98 | 4.98 |
| 20시30분 20시45분 | | 597.60 | 580.80 | 574.20 | 5.02 | 5.14 | 5.19 |
| 20시45분 21시00분 | | 591.00 | 563.40 | 557.00 | 5.06 | 5.27 | 5.30 |



<그림 8> Y1, Y2에 따른 요구주기길이 변화(시나리오3, 상황1)

2) 운영변수 A의 결정(Y1=36, Y2=60, C1=130초, C2=160초 고정)

① 시나리오1

교통량이 급격히 증가하는 분석기간 동안에는 A=0.5를, 교통량 패턴이 일정해지는 시점에서는 A=0.6을 적용했을 때가 교차로 지체를 최소화시키고 통행속도를 향상시키는 것으로 분석되었음

<표 12> A값에 따른 시뮬레이션 분석결과(시나리오1, 상황1)

| 시간대 | VC | 민감도계수 A값에 따른 지체도(sec) | | | 민감도계수 A값에 따른 평균통행속도(mile/h) | | |
|-----------------|------|-----------------------|--------|--------|-----------------------------|-------|-------|
| | | A-0.5 | A-0.6 | A-0.7 | A-0.5 | A-0.6 | A-0.7 |
| 06시00분 ~ 06시15분 | 0.15 | 67.80 | 67.20 | 67.20 | 19.17 | 19.23 | 19.23 |
| 06시15분 ~ 06시30분 | | 60.60 | 58.80 | 64.80 | 19.93 | 20.16 | 19.47 |
| 06시30분 ~ 06시45분 | | 58.20 | 60.60 | 64.80 | 20.18 | 19.96 | 19.48 |
| 06시45분 ~ 07시00분 | | 60.00 | 64.80 | 73.20 | 20.00 | 19.45 | 18.65 |
| 07시00분 ~ 07시15분 | 0.50 | 61.20 | 67.80 | 81.00 | 19.68 | 19.17 | 17.90 |
| 07시15분 ~ 07시30분 | | 63.00 | 76.20 | 102.00 | 19.70 | 18.37 | 16.21 |
| 07시30분 ~ 07시45분 | | 67.20 | 86.40 | 122.40 | 19.25 | 17.46 | 14.86 |
| 07시45분 ~ 08시00분 | | 91.20 | 112.20 | 174.60 | 17.04 | 15.49 | 12.23 |
| 08시00분 ~ 08시15분 | 0.98 | 130.20 | 156.00 | 234.00 | 14.20 | 13.04 | 10.15 |
| 08시15분 ~ 08시30분 | | 202.20 | 207.00 | 285.60 | 11.17 | 11.01 | 8.87 |
| 08시30분 ~ 08시45분 | | 271.20 | 262.60 | 332.40 | 9.21 | 9.41 | 7.95 |
| 08시45분 ~ 09시00분 | | 330.60 | 307.80 | 371.40 | 7.99 | 8.42 | 7.33 |

② 시나리오2

교통량의 패턴이 일정할 경우 A=0.5를 적용했을 때가 교차로 지체를 최소화 시키고 통행속도를 향상시키는 것으로 분석되었음

<표 13> A값에 따른 시뮬레이션 분석결과(시나리오2)

| 시간대 | VC | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 지체도(sec) | | | 운영변수(Y1, Y2)에 따른 평균통행속도(mile/h) | | |
|-----------------|-----|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
| | | A-0.5 | A-0.6 | A-0.7 | A-0.5 | A-0.6 | A-0.7 |
| 12시00분 ~ 12시15분 | 0.8 | 175.8 | 175.8 | 188.4 | 12.17 | 11.67 | |
| 12시15분 ~ 12시30분 | | 175.8 | 153.0 | 158.4 | 13.26 | 13.20 | 12.93 |
| 12시30분 ~ 12시45분 | | 175.8 | 138.0 | 145.2 | 14.03 | 13.95 | 13.57 |
| 12시45분 ~ 13시00분 | | 175.8 | 130.8 | 137.4 | 14.53 | 14.37 | 13.99 |
| 13시00분 ~ 13시15분 | | 175.8 | 125.4 | 133.8 | 14.86 | 14.68 | 14.19 |
| 13시15분 ~ 13시30분 | | 175.8 | 121.8 | 130.8 | 15.05 | 14.81 | 14.37 |
| 13시30분 ~ 13시45분 | | 175.8 | 120.0 | 129.0 | 15.22 | 15.00 | 14.45 |
| 13시45분 ~ 14시00분 | | 175.8 | 119.4 | 129.0 | 15.26 | 15.04 | 14.45 |
| 14시00분 ~ 14시15분 | | 175.8 | 118.2 | 127.2 | 15.47 | 15.13 | 14.55 |
| 14시15분 ~ 14시30분 | | 175.8 | 117.0 | 127.2 | 15.54 | 15.18 | 14.58 |
| 14시30분 ~ 14시45분 | | 175.8 | 116.4 | 126.0 | 15.58 | 15.25 | 14.62 |
| 14시45분 ~ 15시00분 | | 175.8 | 115.2 | 125.4 | 15.58 | 15.30 | 14.68 |

③ 시나리오3

시간대별로 교통량이 급격히 감소할 경우 A=0.6를 적용했을 때가 교차로 지체를 최소화 시키고 통행속도를 향상시키는 것으로 분석되었음

<표 14> A값에 따른 시뮬레이션 분석결과(시나리오3, 상황1)

| 시간대 | VC | 민감도계수 A값에 따른 지체도(sec) | | | 민감도계수 A값에 따른 평균통행속도(mile/h) | | |
|-----------------|------|-----------------------|--------|--------|-----------------------------|-------|-------|
| | | A-0.5 | A-0.6 | A-0.7 | A-0.5 | A-0.6 | A-0.7 |
| 18시00분 ~ 18시15분 | 1.01 | 613.20 | 643.20 | 655.80 | 1.72 | 1.72 | 1.61 |
| 18시15분 ~ 18시30분 | | 600.00 | 600.00 | 610.20 | 5.03 | 5.00 | 4.93 |
| 18시30분 ~ 18시45분 | | 735.20 | 588.60 | 604.20 | 5.03 | 5.08 | 4.97 |
| 18시45분 ~ 19시00분 | | 600.00 | 601.80 | 609.60 | 4.91 | 4.89 | 4.86 |
| 19시00분 ~ 19시15분 | 0.70 | 621.00 | 600.00 | 615.00 | 4.85 | 4.94 | 4.90 |
| 19시15분 ~ 19시30분 | | 625.20 | 617.40 | 628.20 | 4.83 | 4.88 | 4.85 |
| 19시30분 ~ 19시45분 | | 621.00 | 617.40 | 628.80 | 4.80 | 4.88 | 4.81 |
| 19시45분 ~ 20시00분 | | 630.00 | 616.80 | 621.00 | 4.80 | 4.89 | 4.85 |
| 20시00분 ~ 20시15분 | 0.70 | 628.80 | 614.40 | 619.80 | 4.81 | 4.92 | 4.86 |
| 20시15분 ~ 20시30분 | | 616.80 | 609.60 | 612.00 | 4.88 | 4.92 | 4.92 |
| 20시30분 ~ 20시45분 | | 633.60 | 614.40 | 607.80 | 4.98 | 5.00 | 5.02 |
| 20시45분 ~ 21시00분 | | 705.00 | 609.60 | 601.00 | 5.02 | 5.22 | 5.06 |

V. 종합결론 및 향후과제

1. 종합결론

1) HCM 지체식을 이용한 검증 결과

① 최적운영변수(Y1, Y2)

f(CCL)함수의 운영변수들 중 다른 변수들은 고정시키고 Y1, Y2를 총 9개의 CASE로 구분하여 각 시나리오별로 교차로 지체를 최소화하는 최적 운영변수 Y1, Y2를 구한 결과는 다음과 같다.

- 시나리오 1 : 교통량 증가의 민감도와 관계없이 최적운영 변수는 (36, 48)으로 분석됨
- 시나리오 2 : 최적운영변수는 (24, 60), (30, 60), (36, 60)으로 분석됨
- 시나리오 3 : 교통량 감소의 민감도와 관계없이 최적운영 변수는 (36, 60)으로 분석됨

▶ 위의 변수들은 0% ≤ ADS ≤ 100% 전체하에 성립하며, ADS가 100% 초과하는 과포화시에는 별도의 확장주기 신호전략을 통해 또다른 운영변수 Y1, Y2를 구해야 함

② 최적민감도계수 A값

f(CCL)함수의 운영변수들 중 다른 변수들은 고정시키고 A 값을 총 3개의 CASE로 구분하여 각 시나리오별로 교차로 지체를 최소화하는 각 교통상황별 최적 운영변수 A값을 구한 결과는 다음과 같다.

- 시나리오 1 : 교통량 증가의 민감도와 관계없이 최적민감도계수 A=0.6로 분석됨
- 시나리오 2 : 최적민감도계수 A=0.5로 분석됨
- 시나리오 3 : 교통량 감소의 민감도와 관계없이 최적민감도계수 A=0.6로 분석됨

▶ 위의 변수들은 0% ≤ ADS ≤ 100% 전체하에 성립하며, ADS가 100% 초과하는 과포화시에는 별도의 확장주기 신호전략을 통해 민감도 계수 A값을 구해야 함

2) CORSIM-RTE 시뮬레이션 검증 결과

① 최적운영변수(Y1, Y2)

f(CCL)함수의 운영변수들 중 다른 변수들은 고정시키고 Y1, Y2를 총 9개의 CASE로 구분하여 각 시나리오별로 교차로 지체를 최소화하고 평균통행속도를 증가시키는 최적 운영 변수 Y1, Y2를 구한 결과는 다음과 같다.

- 시나리오1 : 교통량 변화가 비교적 완만하게 증가하는 상황에는 각 운영변수들의 시뮬레이션 분석결과 그 차이가 미미하였으나, 교통량의 증가가 심한 경우에는 교차로 MOE를 극대화시키는 최적운영변수로 (36, 60)으로 선정됨
- 시나리오2 : ADS=0.8~0.9로 교통량의 변화가 일정한 패턴을 가지는 경우로서 분석결과, 교차로 MOE를 극대화시키는 최적운영변수로 (36, 60)으로 선정됨
- 시나리오3 : 교통량 변화가 비교적 완만하게 감소하는 상황에는 각 운영변수들의 시뮬레이션 분석결과 그 차이가 미미하였으나, 교통량의 감소가 심한 경우에는 교차로 MOE를 극대화시키는 최적운영변수로 (36, 60)으로 선정됨

② 최적민감도계수 A값

f(CCL)함수의 운영변수들 중 다른 변수들은 고정시키고 A값을 총 3개의 CASE로 구분하여 각 시나리오별로 교차로 지체를 최소화하고 평균통행속도를 증가시키는 각 교통상황별 최적 운영변수 A값을 구한 결과는 다음과 같음

- 시나리오1 : 교통량 변화가 비교적 완만하게 증가하는 상황에는 각 운영변수들의 시뮬레이션 분석결과 그 차이가 미미하였으나, 교통량의 증가가 심한 경우에는 교차로 MOE를 극대화시키는 최적민감도계수 A=0.6으로 분석됨
- 시나리오2 : ADS=0.8~0.9로 교통량의 변화가 일정한 패턴을 가지는 경우로서 분석결과, 교차로 MOE를 극대화시키는 최적민감도계수로 A=0.5으로 선정됨
- 시나리오3 : 교통량 변화가 비교적 완만하게 감소하는 상황에는 각 운영변수들의 시뮬레이션 분석결과 그 차이가 미미하였으나, 교통량의 감소가 심한 경우에는 교차로 MOE를 극대화시키는 최적민감도계수로 A=0.6으로 분석됨

3) 종합 평가

요구주기산정식 내 운영변수들의 평가지표인 지체도와 평균통행속도의 분석시간 기준은 각 시나리오별 전체 3시간을 기준으로 분석하였다.

시나리오1, 3에서 교통량 증감의 강도에 따라 3가지의 상황을 추가 설정하여 분석을 실시하였다. 그 결과 지체식과 시뮬레이션 분석 모두에서 교통량이 완만하게 증가하거나 감소하는 경우에는 각 운영변수들 간의 MOE차이가 미미하여 그 결과를 본문에 제시하지 않았으며, 또한 시뮬레이션 분석의 경우 CASE가 총 9개이나 그 중에서 CASE별로 좀 더 민감한 변화가 보이는 대표적 CASE조합들을 기준으로 분석하여 본연구 모형을 검증하고 지체식을 이용한 분석 결과와 비교하였다.

두 검증 결과를 살펴보면, 최적운영변수(Y1, Y2)에서 다소

상이한 결과가 나타나지만 최적민감도계수 A의 결정에서는 동일한 결과가 나타났다. 즉, 교통량이 심하게 증가하거나 감소하는 시나리오 1, 3의 경우에는 (Y1, Y2)값은 (36, 60), A값은 당초 운영값이 0.6을 적용하는 것이 좀 더 효율적으로 분석되었다. 또한 ADS가 0.8~0.9로 교통량 패턴이 일정하게 유지되는 시나리오 2의 경우는 (Y1, Y2)값은 Y2값을 36으로 하는 조합을 A값은 0.5를 적용하는 것이 교차로 MOE를 높이는 것으로 분석되었다.

이는 CASE별 시나리오별로 요구주기산정식 내 최적운영변수들을 적용함에 따라 현재주기길이와 요구주기길이를 변화폭을 크지 않도록 하고 찾은 ADS 변화에 민감하게 반응하지 않도록 하여 교차로 최적주기를 지속적으로 유지시켜 교차로 지체를 최소화하고 평균통행속도를 증가시키는 것으로 판단된다.

2. 향후과제

본 연구는 단순히 모의 네트워크를 대상으로 연구를 실시하여 실제 현장의 교차로에 대해서 직접적인 분석이 되지 못하였으며, 본 모형이 CORSIM에서 비교적 현장상황을 잘 반영하더라도 이를 실제 현장 네트워크에 적용시키는 것은 어려움이 있다.

또한 교차로 교통상황이 과포화가 아니라는 가정하에 본 연구를 진행하였는데 이와는 반대로 과포화시일 때 본 연구에서 제시한 교통상황별 최적운영변수 산정결과보다 좀 더 효율적인 운영변수값을 산정할 필요성이 있다.

마지막으로 실시간으로 수많은 상황이 일어나는 실제 네트워크의 기하구조와 교통량을 바탕으로 분석을 실시할 필요성이 있으며, 나아가 다양한 교통상황을 반영하는 시나리오 분석을 통한 모의실험 분석결과와 실제 이 모형을 현장에 적용하였을 때의 결과가 동일한 지에 대한 검증이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. FHWA(2003), "CORSIM Run-Time Extension(RTE) Developer's Guide"
2. Transportation Research Board(2000), "Highway Capacity Manual", Spatial Report 209, 3rd edition, National Research Council, Washington DC, U.S.A.
3. Roger P. Roess, Elena S. Prassas, William R. McShane(2004), "Traffic Engineering", Prentice Hall
4. Showers, R. H. and K. G. Courage(1998), "CORSIM Treatment of Gap Acceptance and Delay". Presented at 77th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C.
5. Byngkyu Park(2001), "A Framework for Traffic Simulation Model Validation Procedure Using CORSIM as a Test-Bed", 2001 International Symposium on Advanced Highway Technology
6. 서울시정개발연구원(2003), "신신호시스템 검증·평가"
7. 건설교통부(2001), "도로용량편람", 대한교통학회
8. 도철웅(1999), "교통공학원론(상)", 청문각
9. 박창호외11명(2000), "교통공학개론" 영지문화사