

한국형 실시간 내부미터링 평가를 위한 시뮬레이터 환경 개발

Development of Simulation Interface Modules for Implementing Real-Time Internal Metering Policy in COSMOS

송성주
(아주대, 석사과정)

이승환
(아주대, 교수)

오영태
(아주대, 교수)

이상수
(아주대, 조교수)

Key Words : 내부미터링, COSMOS, 대기행렬 관리, 시뮬레이터, WATSIM, NETSIM, IMP

목 차

- I. 서론
- II. 국내 및 국외 실시간 내부미터링 제어 전략
 - 1. 내부미터링 개요
 - 2. 외국의 실시간 내부미터링 제어전략
 - 3. 한국형 실시간 내부미터링 제어전략
- III. 한국형 실시간 내부미터링 시뮬레이션 환경 개발
 - 1. 실시간 내부미터링 시뮬레이터 요구 환경
 - 2. 한국형 실시간 내부미터링 시뮬레이터 기본 구조
 - 3. 검지기정보 재처리 모듈 개발
- IV. 한국형 실시간 내부미터링 시뮬레이션 환경 검증
 - 1. 시뮬레이션 검증 환경
 - 2. 각 모듈별 검증 방법 및 결과
- V. 결론

I. 서론

현재 서울시는 교통상황에 따라 적절히 대응할 수 있는 한국형 실시간 교통제어시스템(이하 'COSMOS'라 함)을 개발하여 운영 중에 있으며, 기능 개선사항들에 대한 연구가 진행되었다.(서울시 지방 경찰청,1999) 특히 기능개선 사업들 중에서 과포화시 교통상황에 대한 보다 적절한 대응 알고리즘을 개발하는데 많은 노력을 기울여 왔으며, 이러한 노력의 일환으로 2001년과 2002년에 걸쳐 "과포화시 내부미터링 제어기법(Internal Metering Policy)"의 도입에 대한 1단계 및 2단계 연구를 수행하였다.(서울시 지방 경찰청,2002)

본 연구는 과포화시 한국형 실시간 내부미터링 제어기법 연구의 2 단계 연구의 일부로서 1단계 연구를 통해 제시했던 한국형 내부미터링 제어전략의 적용범위와 환경, 제어절차, 기본모형 등에 대한 사전 실내 분석 및 평가를 위한 실시간 내부미터링 시뮬레이터 개발환경을 제시하고 개발모듈을 검증하는데 그 목적이 있다. 이를 위해서 우선 한국형 실시간 내부미터링 제어 모형을 간단히 언급하고 이를 실내평가하기 위한 실시간 시뮬레이터 환경 요구사항을 정리하였다. 그리고 이를 반영한 한국형 실시간 내부미터링 평가 시뮬레이터의 구조와 개발모듈을 제시하였다. 마지막으로 시뮬레이터 개발 환경에 대한 검증 부분을 제시하였다.

II. 국내 및 국외 실시간 내부미터링 제어 전략

1. 내부미터링 개요

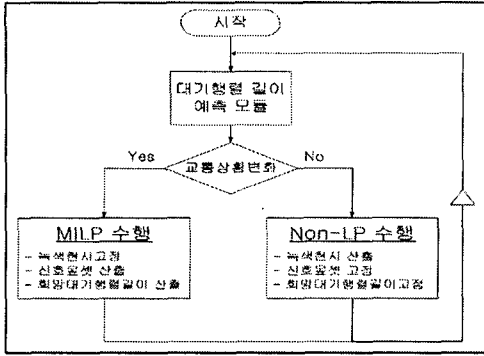
내부미터링은 과포화 간선축을 위한 신호제어전략 중 하나로써 비포화시와 같이 지체 및 정지수의 최소화를 제어목적으로 하는 것이 아닌 과포화시 시스템의 생산량을 최대화하는 것을 주요 목적으로 하여 상·하류부의 녹색시간의 비율을 조절함으로써 대기행렬길이를 일정한 수준으로 유지 관리하는 제어전략이다.(NCHRP Report 3-38(3),1992)

2. 외국의 실시간 내부미터링 제어전략

외국의 실시간 내부미터링 제어전략은 내부미터링의 "시스템 생산량 최대화"의 제어목적을 위해서 실시간으로 대기행렬관리를 위한 제어 기법으로 크게 혼합정수선형계획법(Mixed Integer Linear Programming, 이하 MILP라 함)와 비선형계획법(Non Linear Programming, 이하 Non-LP라 함)의 2개의 모형으로 이루어져 있다.(장진일,2000) MILP는 내부미터링 제어의 시작 시점 및 링크상황이 과포화에서 비포화 혹은 비포화에서 과포화 상황으로 변할 때 마다 녹색현시를 고정 시킨 채 시스템 생산량을 최대화할 수 있는 최적의 신호운셋과 최적의 희망 대기행렬길이를 산출하는 모형이다. 그러나 대기행렬길이는 교통수요변화와 회전비율 변화, 차량 구성 변화 등 상황에 따라 주기마다 변할 수가 있다. 따라서 실제 변화하는 교통상황에 반응하는 대기행렬길이를 조절하기위하여 매주기 Non-LP모형을 통하여 실제 대기행렬길이가 희망대기행렬길이에 근사하도록 상하류부 녹색현시를 조절을 한다.

즉, MILP는 "시스템 생산량 최대화"를 위한 희망대기행렬길이와 신호운셋을 제공하고 Non-LP는 실제 대기행렬길이를 희망대기행렬길이를 관리하기위하여 상하류부 녹색현시를 산출한다. 다음 <그림 1>은 외국의 실시간 내부미터링의 흐름도를

나타낸 것이다.



<그림 1> 외국의 실시간 내부미터링 흐름도

3. 한국형 실시간 내부미터링 제어전략

한국형 실시간 내부미터링 제어전략은 COSMOS 기능개선 프로젝트의 과포화제어 전략 중 하나로서 연구가 진행이 되었으며, 이는 COSMOS시스템 환경을 고려한 실시간 내부미터링 제어전략을 나타낸다. 즉, COSMOS 통신주기와 COSMOS 대기행렬예측 알고리즘을 고려한 한국형 실시간 내부미터링 모형이다. 이로 인해 신호윤셋을 Simultaneous offset으로 설정하고 윤셋을 산출하는 모형인 MILP모형을 제거하고 희망 대기행렬산출 모형을 제시하였다. 또한 COSMOS 내의 과포화시 제어전략으로 선언 및 종결 알고리즘과 전이알고리즘을 개발하였다. 한국형 실시간 내부미터링 제어전략과 외국의 실시간 내부미터링의 차이를 요약하면 다음 <표 1>과 같다.

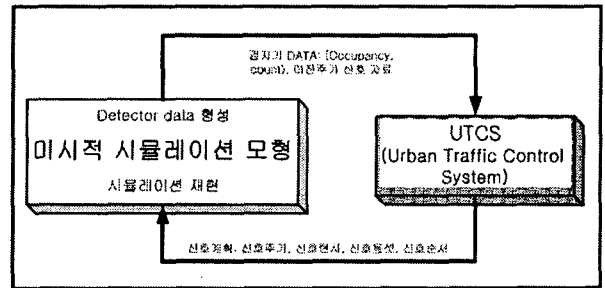
<표 1> 한국형 실시간 내부미터링 비교

항목	외국의 실시간 내부미터링 모형	한국형 실시간 내부미터링 모형
검지기DATA 통신시점	주기 내 어느 시점 (고정되어있지 않음)	각 교차로의 주기 끝단에서 개별적으로 나타남
윤셋	MILP의해서 산출	Simultaneous offset
신호제어변수	윤셋, 녹색현시	녹색현시
기본 모형	MILP, Non-LP	Non-LP
대기행렬모형	단일검지기이용, 점유 시간과 통과차량이용	다수의 검지기이용, 지점 속도를 이용한 정체도모형
선언 및 종결 알고리즘		COSMOS 시스템의 과포화제어모듈 중 하나로서 선언 및 종결 알고리즘 개발, 전이알고리즘 개발
희망(최적)대기행렬길이	MILP의해서 산출	동시윤셋(Simultaneous Offset)을 고려한 희망 대기행렬길이 산정식 제시

III. 한국형 실시간 내부미터링 시뮬레이션 환경 개발

1. 실시간 내부미터링 시뮬레이터 요구 환경

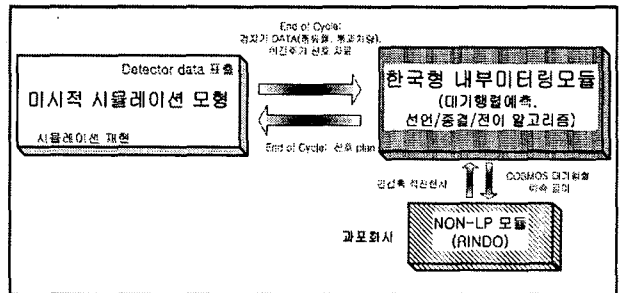
한국형 실시간 내부미터링을 평가하기 위한 시뮬레이터는 다음과 같은 요구환경을 만족해야 한다. 첫째, 차량을 발생시키는 검증된 미시적 시뮬레이터가 존재해야 하고 둘째, 미시적 시뮬레이터 내에 가상의 검지기를 매설하여 차량의 움직임을 검지하여 검지기정보를 제공할 수 있어야 한다. 셋째, 미시적 시뮬레이터내의 신호계획 테이블이 외부 프로그램과 연계되어 외부모듈에 의해서 신호계획 테이블이 수정될 수 있어야 한다. 이러한 세가지 조건들을 만족시키는 시뮬레이터는 외국의 KLD Associates가 NETSIM을 근간으로 하여 개발한 WATSIM(Wide-Area Traffic Simulation)이 있다.(KLD Associates,1996) WATSIM은 NETSIM을 이용하여 UTCS (Urban Traffic Control System)을 실시간으로 평가할 수 있도록 시뮬레이터 내에 가상의 검지기 매설이 가능하고 또한 신호 테이블이 외부의 UTCS모듈에 의해서 수정이 가능하도록 개발되었다. 아래의 <그림 2>는 WATSIM의 구조를 도시하고 있다.



<그림 2> WATSIM 구조

2. 한국형 실시간 내부미터링 시뮬레이터 기본 구조

본 연구를 통해 개발된 한국형 내부미터링 시뮬레이션 환경의 기본 구조는 <그림 3>과 같으며, 크게 3개의 독립적인 프로세스로 구성되어 있고, 각 구성요소들은 서로 유기적으로 연계 운영되어 진다. 다음은 개략적인 각 프로그램들의 기능 및 역할을 나타내고 있다.



<그림 3> 한국형 실시간 내부미터링 시뮬레이터 구조

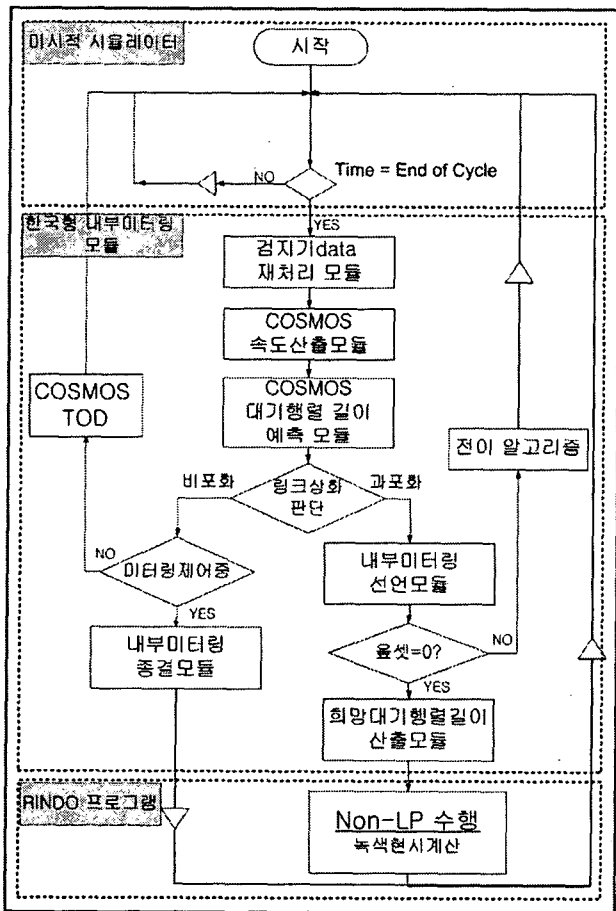
○ 실시간 시뮬레이터 : 미시적 시뮬레이션 모형으로 NETSIM을 포함하고 있으며, 차량의 발생 및 검지기 정보

를 생성하는 역할을 하는 것으로, 각 교차로의 매주기 끝단에서 COSMOS 프로그램을 호출하게 된다.

○ 한국형 내부미터링 모듈 : 실시간 시뮬레이터에 신호계획을 제공하는 역할을 한다. 이를 위해서 매주기 끝단에서 대기행렬을 예측하여 교통상황에 대한 판단을 한다. 만일 비포화 교통상황이라면, 사전에 입력한 COSMOS 신호 계획(COSMOS TOD)을 적용하고 과포화 교통상황인 경우에는 내부미터링 제어전략을 선언하여 NON-LP 모듈에서 나온 신호현시를 적용한다.

○ NON-LP모듈 : 과포화시 내부미터링 제어 구간의 모든 링크들의 예측된 대기행렬길이와 희망대기행렬길이의 차이를 최소화하기 위한 각 교차로의 상하류부 최적의 녹색시간을 산출한다. 이러한 최적화 과정을 위해서 최적화 프로그램인 RINDO 프로그램을 포함하고 있다.

위에서 설계한 기본 구조 환경에서 개발한 각 모듈을 흐름도로 나타내면 아래 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 한국형 실시간 내부미터링모형 흐름도

3. 검지기정보 재처리 모듈 개발

실시간 시뮬레이터(WATSIM) 내 가상의 검지기에서 발생하는 검지기 정보와 COSMOS 검지기에서 수집되는 검지기 정보는 정보수집주기, 통신시점, 매설 가능한 검지기수량 등 다양한

차이점이 존재하고 있었다. 이러한 검지기 정보와 같은 기초 정보에서 나타나는 차이는 이를 기반으로 제어를 하는 신호제어 모형에 의해서 나온 결과 값에 큰 영향을 미칠 가능성이 높다. 따라서 본 한국형 시뮬레이터 환경 개발에 있어서 우선적으로 검지기 수집 정보를 유사하게 만드는 데 주력하여 실제와 유사한 검지기 정보를 발생하도록 만들었다. 본 연구에서 개발한 내부미터링 평가 시뮬레이션 환경에서 발생하는 검지기 정보는 대기행렬길이를 예측하기 위해서 사용한다. 따라서 COSMOS 대기행렬용 검지기체계에 대한 현황을 바탕으로 시뮬레이터 검지기체계 환경을 구성하였다.

1) 시뮬레이터 검지기정보

시뮬레이터 내의 각 검지기에서는 1초 단위로 검지기 점유율(%)과 통과차량 대수(veh)가 수집된다. <그림 5>는 이러한 검지기로부터 수집되는 정보의 형태를 예시한 것이다.

	0 sec	1 sec	2 sec	3 sec	4 sec
교통량	1대	0대	1대	1대	
점유율	70%	30%	50%	90%	

<그림 5> 시뮬레이터 상의 검지기 정보의 형태

○ 검지기 길이(실 검지기길이) : 본 연구에서는 실 검지기 길이를 12ft(4m)로 설정하였으며, 이는 사용자에 의해 수정이 가능하게 되어 있다.

○ 검지기 폭(실 검지기 폭) : 실 검지기 폭을 해당 차로 폭으로 설정되어 있다.

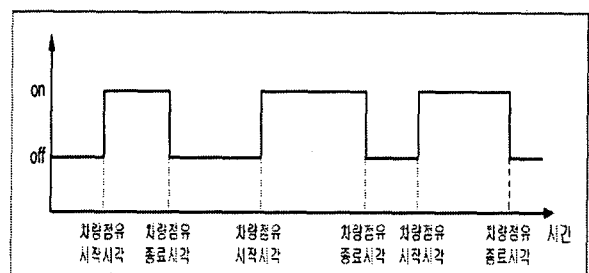
○ 점유율 정보 : 차량의 앞 범퍼가 지나갈 때부터 'ON'이 되고 뒷 범퍼가 완전히 통과될 때 'OFF'가 된다. 이중 1초 동안에 'ON'(점유)된 시간을 점유율(%)로 제공한다.

○ 교통량 정보 : 통과차량의 정의는 검지기위에서 점유 정보가 'ON' -> 'OFF' 로 될 때 한대로 인식한다.

○ 수집 주기 : 1초

2) COSMOS 검지기정보

다음의 <그림 6>은 현재 COSMOS 검지기로부터 수집되는 정보의 형태를 예시한 것이다.



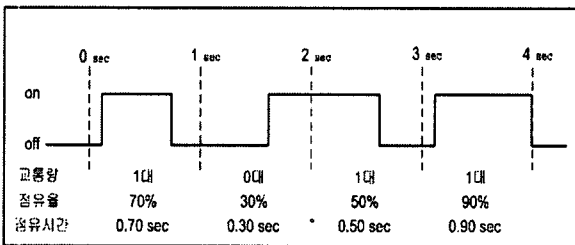
<그림 6> COSMOS 환경내의 검지기 정보

다음은 COSMOS시스템의 대기행렬 검지기의 형태 및 수집 정보의 정의이다.

- 검지기 형태 : 원형검지기(반지름 :0.9m), 팔각검지기(1.8m×1.8m)
- 점유시간 정보 : 20ms(0.02초) 단위로 정보가 수집됨으로서 event call 방식 개별차량의 진입시점과 진출시점의 정보를 갖고 개별 차량의 점유시간 정보수집
- 교통량 정보 : 통과차량의 정의는 검지기위에서 점유 정보가 'ON' -> 'OFF' 로 될 때 한대로 인식한다.
- 수집 주기 : 20 ms

3) 검지기정보 재처리 과정

실시간 시뮬레이터 내 가상의 검지기에서 발생하는 검지기 정보와 COSMOS 검지기에서 수집되는 검지기 정보와의 가장 큰 차이는 수집주기에 따른 점유시간 정보에 있다. 이러한 수집주기에 따른 차이는 개별차량에 대한 점유시간 정보에 영향을 미치게 된다. 실시간 시뮬레이터의 경우 1초단위로 정보가 제공되는 반면에 COSMOS 검지기는 20ms(0.02초) 단위로 정보가 수집됨으로서 개별차량의 진입시점과 진출시점의 정보를 갖고 event call 방식으로 점유시간 정보를 제공함으로써 개별차량에 대한 정확한 점유시간 정보를 감지할 수가 있다. 개별 차량 점유시간은 대기행렬 예측을 하는데 주 입력 변수인 개별차량 지점 속도값을 산출하는데 필요한 검지기 자료이다. 그러나, 실시간 시뮬레이터에서 제공하는 1 sec 단위의 점유율 정보와 통과차량 대수를 이용하여 재가공을 하면, 10ms 단위의 개별 차량 점유 정보까지 만들 수가 있다. 아래 <그림 7>에서 1~2초 사이의 정보와 2~3초 사이의 정보를 보면, 1~2초 사이의 정보는 교통량이 '0'대, 점유율이 '30%(30/100 초)'이고 2~3초 사이의 정보는 교통량이 '1'대에 점유율이 '50%(50/100 초)' 이다. 이를 ON-OFF 정보로 재구성하면, 한 대의 차량이 1초의 80%를 점유했다는 것을 이용하여 80/100 초를 점유했다는 것을 알 수가 있다. 이러한 재가공 방법으로 하여 실제 COSMOS 검지기의 개별 차량 점유시간과 유사한 자료를 산출하도록 개발하였다.



<그림 7> 시뮬레이터 상의 검지기 정보 재가공

아래의 <표 2>는 검지기 정보 수정 및 개발사항을 항목별로 정리하였다.

<표 2> 검지기 관련 개발사항 정리

항목	현황 분석		한국형 시뮬레이션환경
	COSMOS 검지기정보	WATSIM 검지기 정보	개발사항 및 수정사항
수집 주기	20ms (0.02초)	1초	10ms(0.01초)
수집 정보	차량대수, 점유시간(sec)	차량대수, 점유율(%)	차량대수, 점유시간(sec)
통신 시점	각 교차로의 주기 끝단	고정되어있지 않음	각 교차로의 주기 끝단
교통 량	'ON' -> 'OFF' 로 될 때 한대	'ON' -> 'OFF' 로 될 때 한대	.
점유 정보	20ms 단위로 event call	1 sec 단위로 점유율(%) 제공	20ms 단위로 event call
검지 기 형태	원형 [반지름: 0.9m]	사각형 [폭: 도록 폭, 길이: 12ft(4m)(수정 가능)]	사각형 [폭: 도록 폭, 길이: 3ft(0.9m)(수정가능)]
검지 기수	교차로 당 32개의 검지기 매설 가능	각 이동류 1개 (총 8개)	교차로 당 40개의 검지기 매설 가능

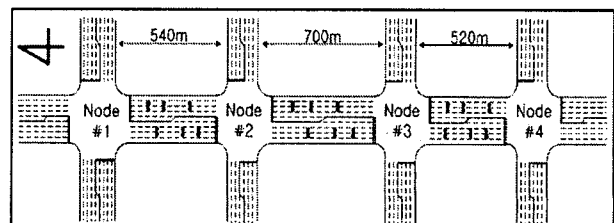
IV. 한국형 실시간 내부미터링 시뮬레이션 환경 검증

앞 장에서 개발 시뮬레이터의 구조와 각 모듈들에 대하여 기술하였다. 본 장에서는 각 모듈 별 정보흐름의 정확성 검증을 실시하였다. '검지기정보 재처리 모듈 및 속도산출 모듈', 'COSMOS 대기행렬길이 예측 모듈', '선언/종결알고리즘 및 전이모듈', 'NON-LP 및 내부미터링제어 모듈'에 대하여 각 모듈 별로 검증과정을 거쳤다.

1. 시뮬레이션 검증 환경

1) 기하구조

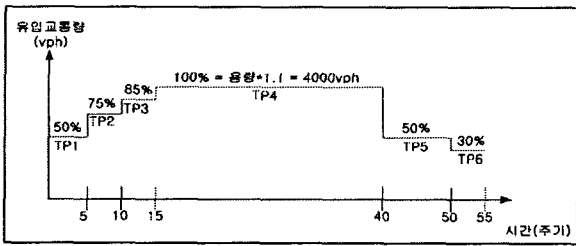
각 모듈을 검증하기 위한 시뮬레이션 환경은 4개의 교차로를 포함하는 가상의 간선축을 대상으로 구성하였다. 링크의 길이 및 차선수는 아래의 <그림 8>과 같으며, 시뮬레이터 내의 가상 가상검지기는 모든 링크에 동일하게 100m, 200m, 400m에 2차선과 3차선에 각각 매설하였다.



<그림 8> 기하구조

2) 시간에 따른 유입교통량 변화

<그림 9>는 시뮬레이터 내에서 비포화상황 및 과포화상황을 모두 재현하기 위한 시간에 따른 유입교통량 변화를 나타낸 것이다. 처음 15주기는 단계적으로 교통량을 증가시킴으로서 비포화에서 과포화로 교통상황을 단계적으로 변화시킴으로서 내부미터링의 선언 및 전이 알고리즘을 검증하였다. 또한 25주기는 동일하게 용량의 1.1배의 유입교통량을 만들어줌으로서 과포화상황을 지속시켰으며, 마지막 15주기는 다시 비포화상황을 만듦으로서 전이 및 종결 알고리즘을 평가하였다. 총 55주기(8800초)를 시뮬레이션 하였다.



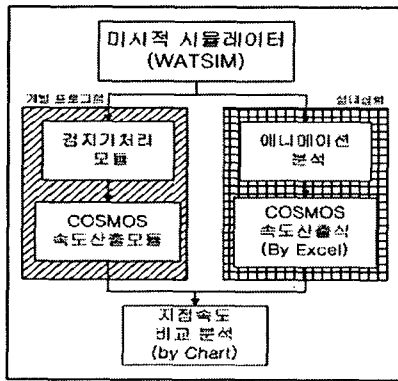
<그림 9> 시간에 따른 유입교통량 변화

2. 각 모듈별 검증 방법 및 결과

1) 검지기정보 재처리 모듈 및 속도산출 모듈 검증

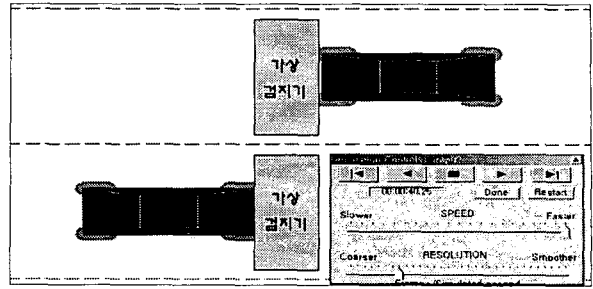
(1) 검증방법

본 연구에서 개발한 검지기정보 재처리 모듈 및 속도산출 모듈을 검증방법은 아래의 <그림 10>에 제시되어 있다.



<그림 10> 검증 과정 및 방법

우선 시뮬레이터에서 생성되는 가상의 검지기정보를 '검지기정보 재처리 모듈'을 통하여 개별차량의 점유시간과 비점유시간으로 재가공된 정보를 'COSMOS 속도산출모듈'을 통하여 지점속도를 산출하여 총 55주기(총 8800초)를 시뮬레이션 하였다. 또한 미시적 시뮬레이터(WATSIM)에서 지원하는 애니메이션 기능을 활용하여 비디오분석과 같은 방식으로 분석하였다. 아래 <그림 11>은 시뮬레이터의 애니메이션 화면이다.

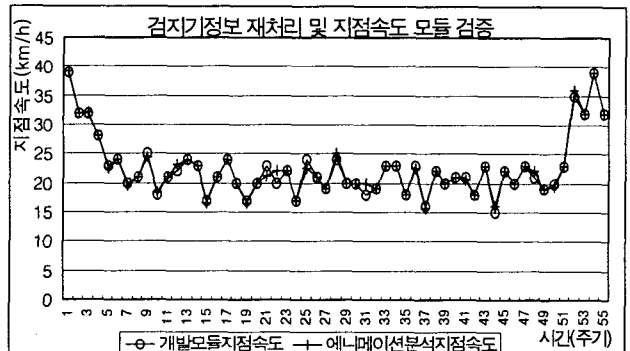


<그림 11> 애니메이션 화면

미시적 시뮬레이터 내에 정지선에서부터 100m위치에 매설한 가상의 검지기의 위치와 크기를 모니터위에 표시한 후, 위를 지나가는 차량의 검지시작시점과 검지끝시점을 애니메이션으로 비디오분석과 같은 방법으로 조사를 하였다. 애니메이션 기능은 3/100 sec까지 시뮬레이션 재생이 가능하다. 이를 통하여 가상의 검지기 위를 지나는 개별차량의 점유시각과 비점유시각을 측정하였다. 조사된 각 시각의 차이를 구하여 개별차량의 점유시간과 비점유시간을 산출하였다. 이를 다시 excel 프로그램을 이용하여 COSMOS 지점속도 산출식을 이용하여 각 주기 지점속도를 산출하였다. 이렇게 해서 산출된 지점속도 정보들을 비교하였다.

(2) 검증결과

<그림 12>는 지점속도 결과를 비교한 그림이다. 시뮬레이션 시간(55주기)동안 애니메이션을 통하여 분석한 것과 본 개발 프로그램에서 나온 것과 거의 유사함을 볼 수가 있다. 그러나 약간의 오차가 존재하였으며, 이는 개발프로그램은 1/100sec 단위의 점유시간을 사용하여 속도를 산출하지만, 애니메이션은 3/100sec 단위의 프레임 재생이 가능함으로 여기서 발생한 오차로 여겨진다. 또한 그 차이는 <그림 12>에서 보는 바와 같이 적게 나타났다.



<그림 12> 검지기정보 재처리 및 지점속도 모듈 검증

2) COSMOS 대기행렬길이 예측 모듈 검증

(1) 검증방법

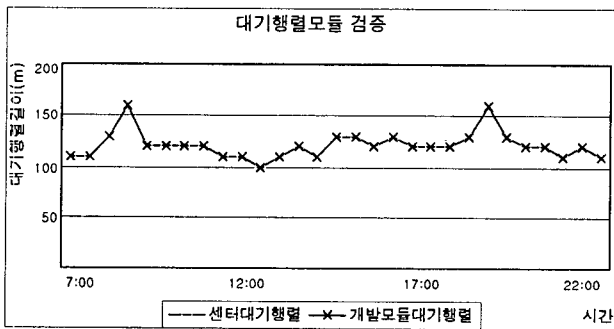
본 연구에서 코딩한 'COSMOS 대기행렬길이예측 모듈'이 현재 COSMOS가 운영중인 교통정보센터 내에 탑재되어 있는 'COSMOS 대기행렬길이예측 알고리즘'의 절차를 정확히 구현하였는지 검증하기 위하여 COSMOS가 운영중인 현장의 교차로를 대상으로 일일운영정보(2003.3.20, 7:00~22:00)를 수집하여 비교하였다. 일일운영정보에는 대상교차로의 개별 검

지기별로 지점속도와 해당 접근로의 대기행렬길이가 기록되어 있다. 따라서 연대부속병원의 동쪽 접근로의 90m, 200m 위치에 매설되어 있는 대기행렬검지기를 대상으로 교통정보센터로 올라오는 주기 평균 지점속도정보와 동쪽 접근로의 대기행렬길이 정보를 수집하였다.

본 시뮬레이터 내에 탑재된 'COSMOS 대기행렬길이예측 모듈'을 검증하기 위하여 동일한 현장의 주기평균 지점속도를 입력 값으로 넣고 실제로 교통정보센터에 기록된 대기행렬길이와 같은 예측을 하는지를 분석하였다. 이를 위해서 연대부속병원 교차로의 동쪽 접근로의 대기행렬길이 예측을 위한 파라미터값을(s1, s2, ThDoc) 본 프로그램에서도 동일하게 적용하였다.

(2) 검증결과

아래 <그림 13>과 같이 15시간 대기행렬 예측 값이 개발 프로그램에서 산출한 대기행렬길이와 지역컴퓨터에 저장되어 있는 대기행렬길이는 정확히 일치한 값들을 제시하고 있다. 이를 통하여 COSMOS가 운영중인 교통정보센터에 구축되어 있는 COSMOS 대기행렬 예측 프로그램과 본 개발 프로그램에서 작성한 프로그램은 동일한 계산절차를 갖고 있음을 알 수 있다.



<그림 13> 대기행렬모듈 검증

3) 선언/종결알고리즘 및 전이알고리즘 검증

(1) 검증방법

한국형 실시간 내부미터링은 COSMOS시스템 내에서 과포화 제어전략으로서 기능을 한다. 따라서 내부미터링 제어를 COSMOS시스템 내에서 선언하고 종결을 해야 하며 적절하게 전이과정을 거쳐야 한다. 본 연구에서 개발한 선언/종결알고리즘 및 전이알고리즘이 적절히 적용이 되는지를 시간에 따른 대기행렬길이 변화와 상류부 녹색현시의 변화를 보면서 검증을 하려고 한다. 내부미터링 시에 녹색현시의 변화를 확인하기 위하여 내부미터링 제어가 실시되지 않을 때는 고정현시를 주었다.

(2) 검증결과

<그림 14>에서 1번 교차로의 내부미터링 선언시점이 200m로 산출이 되었다. <그림 14>에서 보면 대기행렬길이가 10번째 주기에서 내부미터링 선언 기준대기행렬길이(200m)를 넘어섰음을 알 수 있다. 이때의 그 상류부 교차로의 2번 교차로의 녹색현시를 보면 녹색시간이 고정현시 65초에서 3주기 후에 매

주기 변동을 함을 알 수 있다. 이는 내부미터링 제어가 시작이 되었음을 알 수 있는 지표이다. 그리고 10번째 주기 이후 희망 대기행렬길이가 산출되었다. 이는 내부미터링 제어가 시작되었다는 또다른 지표가 될 수 있다. 또한 53주기를 보면 대기행렬 길이가 내부미터링 종결시점인 150m보다 더 적은 값이 예측이 되었다. 따라서 바로 해당주기에 희망대기행렬길이가 '0'을 가리키며, 녹색현시는 처음의 고정현시로 되돌아 감을 볼 수 있다. 이로서 내부미터링이 선언과 종결모듈에 의해서 제어가 시작되고 종결되고 있음을 알 수 있다.

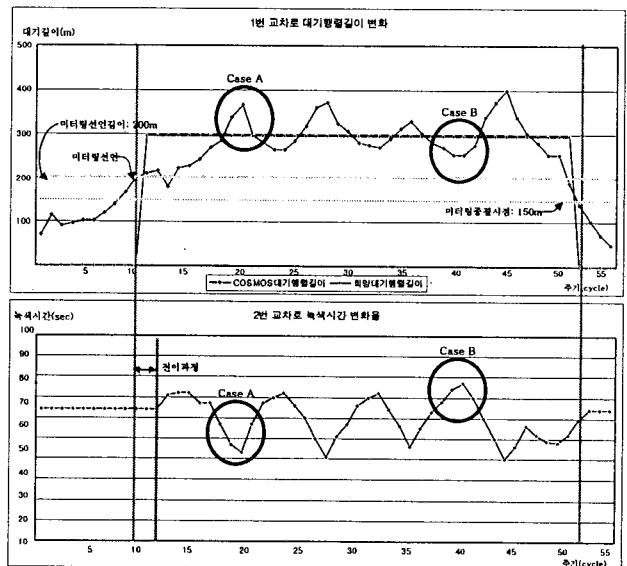
4) NON-LP 및 내부미터링제어 검증

(1) 검증방법

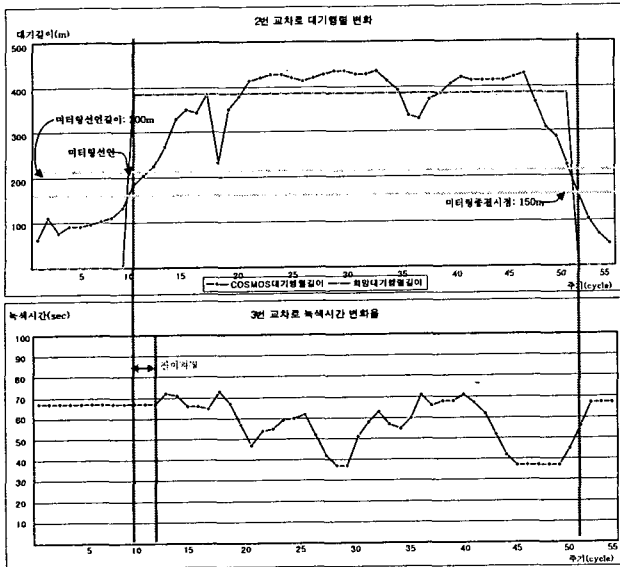
NON-LP는 내부미터링 대상 링크의 모든 대기행렬길이가 희망대기행렬길이와의 차이를 최소로 하기 위하여 비선형모델을 사용하여 상류부의 녹색현시를 조절하도록 만든 모델이다. 따라서 이에 대한 검증은 대기행렬길이가 희망대기행렬 길이보다 컸을 때의 녹색현시 변화와 적었을 때의 녹색현시의 변화를 살펴보면 NON-LP 모듈이 적절하게 녹색현시를 조절하고 있음을 확인할 수가 있다.

(2) 검증결과

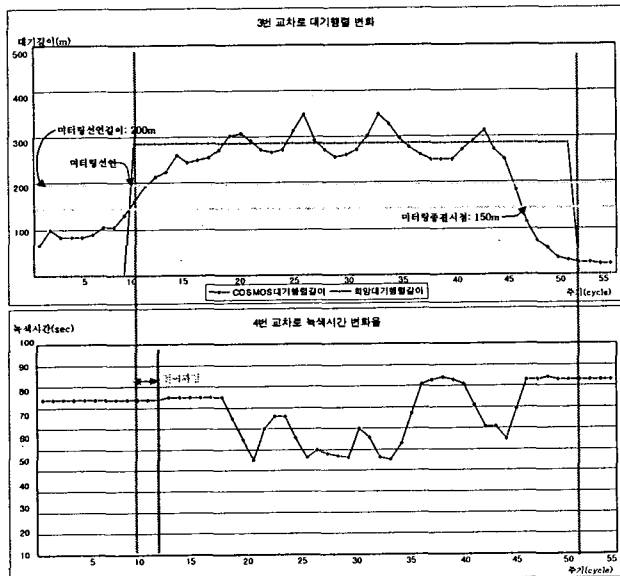
다음 <그림 14>, <그림 15>, <그림 16>을 보면 전반적으로 내부미터링 제어를 실시하지 않을 경우 대기행렬길이가 계속적으로 증가를 하다가 내부미터링 제어를 실시한 이후, 희망대기행렬길이를 중심으로 변동함을 확인할 수가 있다. 또한 <그림 14>에서 "Case A"를 보면 대기행렬길이가 희망대기행렬 길이를 넘어서 증가하고 있는 상황이다. 이때, 상류부 녹색현시에 "Case A"를 보면 녹색현시가 줄어들음을 알 수 있다. 이는 상류부 녹색현시를 줄임으로서 유입교통량을 조절함으로써 대기행렬길이가 희망대기행렬길이에 도달하도록 하기 위함이다. 반면 "Case B"의 상황은 대기행렬길이가 희망대기행렬길이보다 적을 때 녹색현시를 늘려 줌으로서 대기행렬길이를 성장시켜서 희망대기행렬길이에 맞추려고 하고 있음을 볼 수 있다.



<그림 14> 1번 교차로 대기행렬변화와 상류부 녹색현시



<그림 15> 2번 교차로 대기행렬변화와 상류부 녹색현시



<그림 16> 3번 교차로 대기행렬변화와 상류부 녹색현시

V. 결 론

본 논문은 한국형 실시간 내부미터링 제어전략을 평가하기 위한 시뮬레이터 환경에 대한 개발내용을 기술하였고 개발사항에 대한 검증을 하였다.

개발 시뮬레이터의 기본 구조는 독립적인 3개의 프로세스로 구성이 되어있다. : 미시적시뮬레이터(NETSIM), Non-LP모듈(RINDO), 한국형 내부미터링 프로그램.

3개의 프로세스의 상호간 인터페이스는 디스크파일 입출력 방식을 사용을 하였다. 그 중 시뮬레이터(NETSIM)와 최적화 프로그램(RINDO)은 널리 이용되고 검증된 프로그램임으로 본 논문에서는 검증을 하지 않았다. 본 연구에서는 세 번째 프로세스인 한국형 실시간 내부미터링 프로그램에 대한 검증과 3개 프로세스간의 인터페이스 개발 모듈에 관하여 검증을 실시하였다. 검증결과, 모든 개발 모듈이 의도한 바와 같이 작동이 되고 있음을 확인 할 수가 있었다. 본 연구에서 개발된 시뮬레이터 환경은 향후 다양한 실시간 제어모형 평가를 위해 활용될 수가 있다.

참고문헌

1. 서울시 지방 경찰청(1991), "서울시 교통신호제어 시스템 개발 연구 용역 1차년도 결과 보고서"
2. 서울시 지방 경찰청(1999), "신신호시스템기능개선용역"
3. 서울시 지방 경찰청(2001), "2001년 신신호시스템 기능개선"
4. 서울시 지방 경찰청(2002), "2002년 신신호시스템 기능개선"
5. 이영인, "교통대응 신호제어 시스템의 효율성 평가", 대한교통학회, 제13권 제1호 통권 26호
6. 하동익, 오영태, 정준하, "도시 가로망 시설 운영효율평가를 위한 모의실험 모형개발", 대한교통학회, 제13권 제1호 통권 26호
7. NCHRP Report 3-38(3)(1992), "Internal Metering Policy for Oversaturation Networks"
8. McSHANE W. R., R. P. Roess and E. S. Prassas(1997), "Traffic Engineering", New Jersey, Prentice-Hall
9. 최병국(1997), "Adaptive signal control for Oversaturated Arterials", Ph. D., Dissertation, Polytechnic University.
10. 장진일(2000), "Formulation of a Real-time control policy for Oversaturated Arterials" Ph. D., Dissertation, Polytechnic University.
11. KLD Associates, Inc.(1996), "WATSim Wide-Area Traffic Simulator User's Guide", 300 Broadway Huntington Station, NY11746