

# 미시적 시뮬레이션을 이용한 국도교통관리시스템에서 적정 검지기 위치에 관한 연구

Optimal Detector Location Finding in Rural Transportation Management System using Microscopic Simulation

송기욱

(명지대학교 대학원 교통공학과)

이의은

(명지대학교 교통공학과, 부교수)

Key Words : 국도교통관리시스템, 검지기, 링크평균통행속도

## 목 차

I. 서론	III. 모의실험 분석
1. 연구의 배경	1. 분석변수의 구체화
2. 연구의 방법	2. 신호조건의 처리
II. 기존 연구의 고찰	3. 네트워크 구축
1. 문헌연구	4. 모의실험 절차
2. 국내 국도교통관리시스템의 검지기 설치현황 고찰	IV. 결과분석
	V. 결론 및 향후연구과제

## I. 서론

### 1. 연구의 배경

지능형교통체계(Intelligent Transport Systems, ITS ; 이하 ITS라 함)는 교통·전자·통신·제어 등 첨단기술을 도로·차량·화물 등 교통체계의 구성요소에 적용하여 실시간 교통정보를 수집·제공·관리함으로써 교통운영 및 교통시설의 효율성과 안전성을 증대시키고 에너지 절감 등 환경 친화적인 교통체계를 구현하는 것을 목적으로 하고 있다.

이를 위해서는 다양한 교통정보 수집체계를 이용하여 질 높은 교통정보의 수집이 필수적이다. 다양한 교통정보 수집체계 중 가장 핵심적인 수집체계인 차량검지체계는 많은 수의 차량검지기를 도로상에 설치하여야 하는데 특히, 지역에 따른 교통조건, 도로조건 그리고 교통관리의 중요도 등에 따라 일정한 간격 혹은 집중적으로 많은 수의 차량검지기를 설치하여야 하므로 차량검지기의 검지위치를 정하는 것이 쉽지 않으며, 이에 소요되는 비용 또한 ITS 예산의 많은 부분을 차지한다.

우리나라에서는 ITS의 다섯 가지 부 체계 중에서 첨단교통관리체계(ATMS)에 속하는 고속국도 및 도시고속도로를 대상

으로 하는 고속도로 교통관리체계(FTMS)와 도시부 도로교통관리체계(UTMS) 뿐만 아니라 일반국도를 대상으로 하는 국도교통관리체계(RTMS)의 구축을 위해 대규모 사업을 구축하였으며 지금도 활발히 확장계획이 진행 중이다.

현재 도시부 간선도로나 일반국도에 설치된 검지기는 그 검지목적에 따라 설치수량과 위치가 다양하다. 하지만 지방부도로나 도시부 간선도로를 통과하는 국도에서 차량검지기 설치 위치는 단속류가 가지는 여러 가지 요인들, 즉 신호제어에 의한 대기행렬 발생, 횡단보도 등에 의한 교통류의 주기적인 단절현상 및 과포화 상태의 발생 등의 문제점 및 광범위한 지역에 한정적이고 제한적인 검지기 물량으로 인한 데이터 누락구간 발생 등으로 차량 검지기 자료를 분석하고 이용하는 데 어려움이 따르며 이는 차량검지기로 생성된 교통정보의 신뢰성을 낮추는 결과를 초래할 수 있다. 이런 여러 가지 요인으로 인하여 링크전체의 소통상황을 반영할 수 있는 차량검지기의 적정 위치를 선정하기에는 많은 고려요소가 있었음에도 현재까지는 일정간격 혹은 링크중간(Mid-Block)에 일률적으로 설치하여왔다.

따라서, 대상구간 내의 링크 특성을 가장 잘 반영할 수 있는 검지기 설치의 적정 위치 선정 및 검지기 간격 설정 시 신호운영 및 도로기하구조, 그리고 해당링크의 교통류 상황들이 복합적으로 반영된 새로운 기준을 제시하고 미시적 시뮬레이션 이용하여 그 기준을 적용한 검지기 적정위치의 영역을 제시하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

## 2. 연구의 방법

차량검지기를 이용하여 통행속도를 효율적으로 추정하기 위하여 본 연구에서는 국도에 초점을 맞추어 검지기의 적정 위치를 찾고자 하였다. 모의실험을 통하여 국도의 한 링크 상에서 적정 검지기 위치를 결정하기 위해서 CORSIM version 5.1 시뮬레이션 패키지를 사용하였다.

다양한 국도의 특성을 모델링하기 위하여 본 연구는 국도의 여러 가지 유형을 도로용량편람에 제시된 다차로 도로와 간선도로 유형구분에 제시된 3가지유형으로 분류하여 네트워크를 구축하였다. 이렇게 구축된 네트워크에 20m 간격으로 검지기를 고정하여 설치하고 200m~2000m까지 200m간격으로 링크길이를 변화를 주며 시뮬레이션을 실행하였으며 다른 분석요인들도 설정하여 시나리오별로 입력을 변화시키며 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 수행 후 평균 링크통행속도와 각각의 검지기별로 생성된 검지기 통행속도를 비교하여 최적의 위치를 선정하였다.

## II. 기존 연구의 고찰 및 현황

### 1. 문헌연구

Gery B. Thomas는 Arizona 지역을 대상으로 하여 첨단교통정보시스템을 위한 간선도로 상의 적정 검지기 위치에 대해 연구를 수행하였다. 그는 1마일간격으로 고정된 링크길이를 가진 구간에서 4개의 검지기를 하류부 교차로에서 300ft, 600ft, 900ft 순서대로 설치하고 나머지 하나는 상류부 교차로에서 600ft 지점에 설치하여 검지기 자료와 통행시간과의 상관성에 대해서 분석을 시행하여 검지기 위치와 교통특성 사이의 관계를 규명하고자 하였다. 여기에 사용되어진 모의실험의 모형은 NETSIM이었고 현장조사를 위한 대상구간은 Tempe and Mesa, Arizona에 위치한 Southern Avenue의 3마일 구간이다. 이 연구에서는 검지기의 위치를 하류부 교차로 정지선으로부터 300, 600, 900 feet 거리에 위치한 곳과 상류부에서 600 feet 거리에 위치한 곳으로 선정하여 검지기 자료와 통행시간과의 상관성에 대해서 COSRIM을 이용하여 분석하여 다음의 결과를 제시하였다.

첫째, 링크통행 특성과 검지기 자료 사이의 관계는 link-specific 함.

둘째, 검지기는 모든 링크에 설치할 필요는 없고 구간의 주요 링크에서만 필요함.

이 연구는 단일링크가 아니라 구간을 대상으로 실험을 수행하였으나, 링크통행시간에 영향을 미칠 수 있는 요소인 신호주기길이, 녹색신호시간비 등의 신호와 움셋 등을 고려하지 못하였고 링크길이를 1마일로 고정시키므로 다양하게 나타나

는 현실적인 링크길이 조합에 따른 영향들을 표현하지 못하였다.

김영찬, 오기도는 시뮬레이션을 통하여 도시부 간선도로에서의 교통정보 수집용 검지기의 최적 위치를 제시하였다. 이 연구에서는 검지기에서 생성되는 교통량, 점유율, 속도 자료 중에서 링크 통행시간과 상관관계가 가장 높은 자료는 점유율이며, 이를 통한 검지기의 최적 위치는 하류부 정지선에서 150m~200m에 위치하는 것으로 나타났다. 지점속도의 경우에는 최적 위치의 범위가 50m~300m에 존재하지만 이의 상관계수는 일반적으로 점유율의 경우보다 작은 것으로 제시되었다.

이진호는 단순히 하류부 교차로의 정지선을 기준으로 하여 검지기의 적정 위치를 판단하는 것은 한계가 있음을 지적하고 새로운 기준으로 최대대기행렬길이에 의한 검지기 설치 위치를 NETSIM을 통하여 분석하였다. 정체가 지속적으로 발생하는 링크는 상류교차로 가까운 위치에 검지기를 설치하고, 소동이 원활하여 최대대기행렬길이가 길게 발생하지 않는 링크에서는 하류부 교차로 가까운 지점에 설치하여야 함을 제시하였다. 또한 주요교차로로 하루 동안에도 정체와 비정체가 반복되어 대기행렬 길이의 변화가 심한 곳에는 정체와 비정체 시의 구간을 나누어 검지기를 설치하는 운영전략에 대해서 설명하였다.

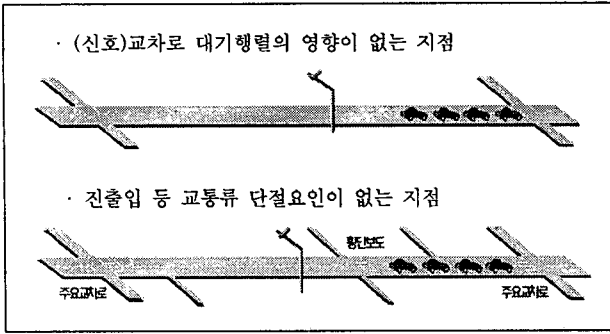
오성호와 Bin Ran은 링크길이가 1,000~7,000feet에 이르는 도시부 간선도로에 대해서 다양한 녹색시간, 교통량 수준, 링크, 차로수, 자유류속도 4가지 고려요소와 링크평균통행속도를 COSRIM을 통해서 비교하였다. 이를 통해서 검지기의 적정 위치에 가장 큰 영향을 미치는 요소로 링크길이라고 제시하였다.

### 2. 국도교통관리시스템의 검지기 설치 현황 고찰

우리나라의 국도교통관리 시스템은 수도권을 중심으로 수도권국도교통관리 시스템과 국도 우회도로ITS 구축이 완료되어 있는 상태이며 향후 전국에 걸쳐 광역ITS 구축과 함께 국도교통관리시스템이 구축될 전망이다. 다음 <표 1>과 <그림 1>은 수도권국도교통관리시스템과 국도 우회도로 ITS 실시설계에 제시된 검지기 설치 기준이다. 이에서 알 수 있듯이 교통정보생성을 위한 도시부 간선도로나 일반국도의 검지기 설치위치 선정기준은 그 링크의 소통상황을 대표하거나 반영할 수 있는 곳이어야 하는데 일률적인 기준에 의해 아무런 검증없이 링크중간에 설치되어 왔다.

<표 1> 현행 국도교통관리시스템의 검지기 설치기준

- |   |
|---|
| -차량검지의 정확도 향상 및 구간 대표특성자료의 수집을 위해 가능한 직선부에 설치 |
| -가로수, 표지판 등 검지에 장애요인이 없는 곳                    |
| -평균 1km가격으로 설치하되, 필요에 따라서 최소 500m간격           |
| -전출입 등 교통류 단절요인이 없는 지점                        |



<그림 1> 현재 국도교통관리시스템에서 검지기 설치위치

### III. 모의실험 구축

#### 1. 분석변수의 구체화

국도교통관리시스템에서 링크 통행시간 및 통행속도에 영향을 미치는 수많은 요소들이 있다. 이런 요소들은 교통량, 신호체계, 링크길이, 제한속도, 차로수, 회전교통량, 도로변 주정차차량 및 보행교통량, 중차량 및 버스 비율, 운전자 성향, 도로기하구조 등 수많은 변수들이 있으나 본 연구에서 현재 우리나라 국도에서 가장 링크 통행시간 추정에 큰 영향을 미치는 요소인 교통량, 링크길이, 차로수, 중차량 비율, 회전교통량, 자유류 속도를 적정 검지기 위치를 찾기 위한 고려요소(분석변수)로 선정하였다. 다음 <표 2>는 분석변수 본 연구에서 적용한 분석변수를 정리한 것이다.

##### 1) 교통량 (V)

네트워크에 입력하는 교통량은 편도 1, 2, 3차선별로 대상 네트워크에 직진으로 유입되는 차량기준으로 저수준 1000대/시에서 고수준 4000~7000대/시까지 1000대씩 증가시키며 시뮬레이션을 실행시켰으며, 접속도로는 300대/시로 고정하여 분석을 실행하였다.

##### 2) 중차량비율 (TR)

중차량 비율은 입력교통량을 입력 시 함께 입력하며 중차량 비율이 0%로 승용차로만 이루어진 이상적인 수준과 중수준 15%, 고수준 30%로 분류하여 분석을 시행하였다.

##### 3) 회전비율 (TM)

좌회전 교통량비율에 의한 영향을 분석하기 위해 '직진과 우회전교통량의 합 대 좌회전교통량의 비율'이 각각 10대0, 9대1, 8대2로 변화시키며 분석을 시행하였다.

##### 4) 링크길이 (LL)

링크길이는 국도의 다양한 링크길이를 반영하기 위해 200m~2000m까지 200m씩 링크길이를 변화시켜가며 총 10개의 링크별로 분석을 시행하였다.

##### 5) 차로수 (NL)

차로수도 링크길이와 마찬가지로 현재 우리나라 국도의 다양한 형태를 편도 1차로, 2차로, 3차로별로 분석을 시행하였다.

##### 6) 자유류 속도 (FS)

자유류 속도는 차로수에 영향을 받아 편도 1차로인 경우는 60km/h의 경우만 생각하고, 편도 2, 3차로인 경우는 70~80km/h까지만 가정하여 차로수당 자유류 속도를 고려하였고, 도로 기하구조 현실에 맞는 자유류 속도를 제시하여 분석을 시행하였다.

<표 2> 분석변수의 정리

변수	세부사항
교통량	1000대/h에서 4000~7000대/h까지 1000대/h씩 증가
중차량비율	0%, 15%, 30%
회전비율	(직진+우회전) : 좌회전이 10:0, 9:1, 8:2
링크길이	200m~2000m까지
차로수	편도 1차로~편도 3차로
자유류 속도	편도 1차로 (60kph), 편도 2차로, 3차로(70, 80kph)

#### 2. 신호조건의 처리

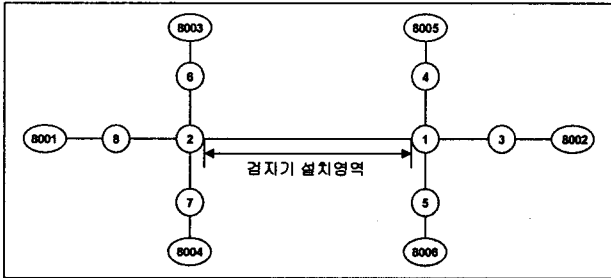
본 연구에서는 국도의 신호조건이 이상적인 상태라고 가정한다. 따라서 시뮬레이션에 의한 시나리오를 시행하기 전에 이상적인 각 상황별로 최적의 신호조건을 구하였다. 신호조건을 생성하기 위해서 Transyt-7F(이하 T-7F) 프로그램을 이용하였고 분석변수와 고정변수별로 신호를 최적화하여 이상적인 신호변수를 입력하였으며 오프셋(Offset) 또한 가장 간단한 모형인 이상적인 경우의 오프셋을 구하는 모형을 사용한다. 즉 링크길이를 해당링크의 자유류 속도로 나눈 값을 사용한다. 신호현시도 가장 간단한 3현시와 4현시를 사용하였다. 신호현시는 회전비율 (직진+우회전 : 좌회전)의 비율이 10:0 즉 좌회전 금지인 경우는 3현시로, (직진+우회전 : 좌회전)의 비율이 9:1, 8:2인 경우는 각각 4현시로 교차로의 신호를 최적화하였는데, 다음 <표 3>은 T-7F를 이용하여 구한 최적화된 신호현시율이다.

<표 3> 최적화된 현시당 녹색시간 비율 (%)

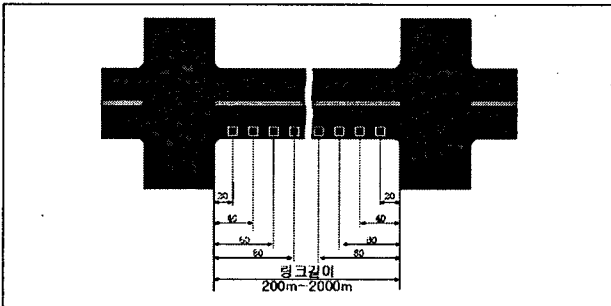
회전비율 교통량	10:0	9:1	8:2
신호현시	↔ ↓ ↖	↖ ↔ ↓ ↖	↖ ↔ ↓ ↖
1000	70, 15, 15	10, 60, 15, 15	16, 52, 15, 15
2000	78, 11, 11	10, 68, 11, 11	17, 62, 11, 10
3000	80, 10, 10	11, 69, 10, 10	18, 62, 10, 10
4000	80, 10, 10	11, 69, 10, 10	18, 62, 10, 10

### 3. 네트워크의 구축

네트워크는 TSIS version 5.1의 CORSIM에서 구축되었다. <그림 2>에서와 같이 1번과 2번 노드 사이의 링크길이를 200m~2000m까지 200m간격으로 변화시키며 분석을 했으며 6개의 더미 링크가 있다. 검지기는 분석대상 링크에 20m 간격으로 일정하게 설치되어 적정검지지의 위치를 세밀하게 찾고자 하였다. 각 링크마다 정지선 하류 20m부터 검지기가 설치되므로 각 검지기의 총 개수는 (링크길이/20-1)가 됨을 알 수 있다. <그림 3>은 각 검지기의 위치를 도식화 한 것이다.



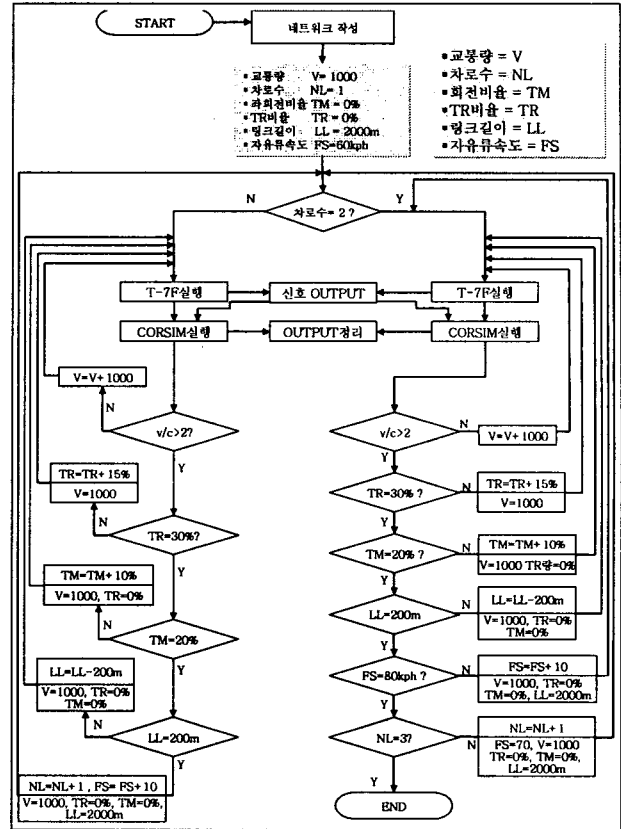
<그림 2> CORSIM 입력 네트워크



<그림 3> 시뮬레이션에서 검지기 설치 및 위치

### 4. 모의실험 절차

분석시나리오와 네트워크 구축을 다 마친 후, 초기에 편도 1 차로와 링크길이 2000m, 1000대/시 교통량, 자유류 속도 60kph, 좌회전 비율과 증차량 비율이 0%, 직진 대 좌회전의 비율이 10:0인 조건에서 시작한다. CORSIM 시뮬레이션을 분석하기에 앞서 T-7F에서 회전비율에 따른 신호최적화를 수행하여 각 신호현시 당 녹색시간, 윗셋값을 구하여 CORSIM 네트워크에 입력한다. 그 후 교통량을 1000대씩 도로용량의 2 배가 될 때까지 증가시킨 후 다음 단계로 넘어가 트럭비율이 15%, 30%인 상태에서 다시 교통량을 1000대에서부터 용량의 두 배가 될 때까지 반복한다. 좌회전비율과 링크길이도 같은 방법으로 이전의 분석변수들을 초기값에서부터 조건에 분석 하려는 범위까지 변수들을 입력하여 시뮬레이션을 실행한다. <그림 4>는 본 연구의 모의실험 분석절차이다.



<그림 4> 시뮬레이션 분석절차

### IV. 결과 분석

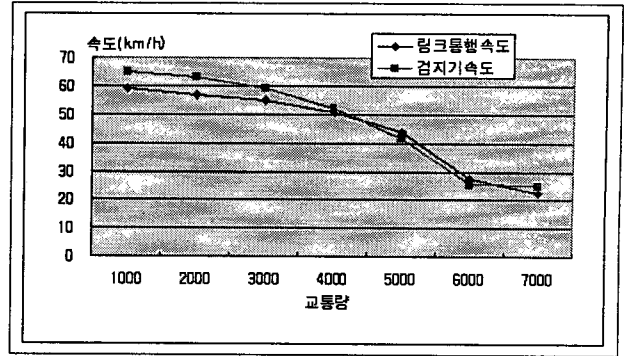
모의실험 절차에 따라 구해진 CORSIM output 자료를 이용하여 검지기의 최적위치를 구하기 위하여 오성호와 Bin Ran 이 이용하였던 A\*법을 이용하였다. 링크의 평균 통행속도와 각 검지기 평균통행속도의 차를 평균한 값이다. 즉 기준값을 CORSIM에서 생성된 링크 평균통행속도로 하고 여러 교통량을 입력하였을 때 이와 가장 비슷한 자료를 생성하는 검지기의 위치를 최적의 위치로 보는 방법이다.

$$\text{Min } A^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{링크평균통행속도} - i\text{번째검지기속도}$$

<표 4>는 output 자료를 이용하여 검지기 최적위치를 구한 예를 일부만 나타낸 것이며 <그림 5>는 <표 4>의 검지기 속도 전체자료를 교통량별로 나타낸 그림이다. 이 자료에서 알 수 있듯이 하류부 교차로 방향으로 가까이 갈수록 검지기 평균속도가 낮아지며, 멀어질수록 검지기 평균속도가 높아진다. 링크 중간부분에서 일정한 속도로 유지됨을 알 수 있다. 이는 상류부의 교차로에서 녹색시간이 시작될 때 출발하는 차량의 속도가 서서히 증가하다가 링크의 중간부분에서 일정 속도로 유지하다가 하류부의 교차로에 접근하면서 차량의 속도가 감소되는 주행패턴이 반영된 결과로 추정된다.

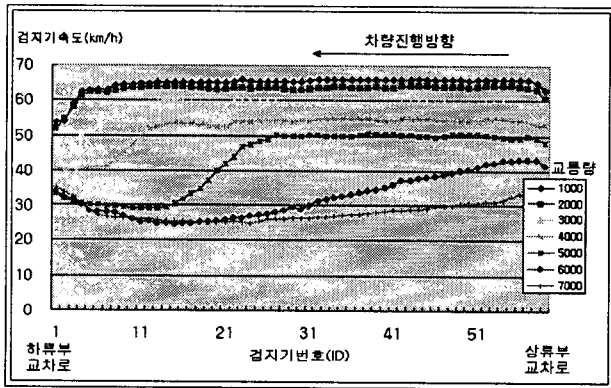
<표 4> NL=3, LL=1200m, FS=70kph, TM=0%, TR=0%인 경우 Output 자료와 검지기 평균속도 예

교통량 대/시	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000		
링크평균속도	59.1	56.6	55.0	51.0	44.1	27.7	22.4		
검지기 기ID	검지기 위치	검지기평균속도						A*	
~	~	~	~	~	~	~	~	~	
14	280	63.7	61.3	58.1	53.0	29.5	24.7	25.5	5.012
15	300	63.9	61.3	57.9	53.6	30.5	24.5	25.3	4.955
16	320	63.9	61.3	56.6	53.2	31.7	24.7	25.3	4.497
17	340	63.9	61.1	56.4	53.3	33.4	24.8	25.0	4.156
18	360	63.9	61.0	56.3	53.0	35.0	25.0	25.1	3.850
19	380	63.9	60.8	56.3	52.9	37.4	25.1	25.1	3.452
20	400	63.7	60.7	56.2	52.5	40.1	25.3	25.1	2.931
21	420	63.9	60.8	56.2	52.4	42.0	25.6	25.1	2.637
22	440	64.0	61.1	56.9	54.0	43.9	26.1	25.3	2.699
23	460	64.8	61.1	56.9	54.0	46.8	26.4	25.0	3.097
24	480	64.2	60.8	56.8	54.0	47.6	26.8	24.8	2.981
25	500	64.0	61.1	56.9	54.1	48.3	27.1	25.4	3.168
26	520	64.0	61.1	56.7	54.1	49.1	27.5	26.0	3.292
27	540	64.0	61.0	56.6	54.1	50.2	27.9	25.9	3.406
28	560	64.2	60.8	56.3	54.1	49.8	28.5	26.0	3.414
29	580	64.2	60.5	55.9	54.0	49.8	29.5	26.3	3.481
~	~	~	~	~	~	~	~	~	~



<그림 6> NL=3, LL=1200m, FS=70kph, TM=0%, TR=0%인 경우 전체 최적검지기 평균속도 자료와 링크통행속도와 비교 예

600m미만의 링크에 대해서는 오성호, Bin Ran의 연구에서는 200ft(60m)로 일정하다고 나왔으나 본 연구에서는 검지기 위치가 링크길이나 회전비율, 차로수에 상관없이 불규칙하게 분포되었다.



<그림 5> NL=3, LL=1200m, FS=70kph, TM=0%, TR=0%인 경우 전체 검지기 평균속도 자료

이런 방법으로 프로그램을 실행시켜 위와 같은 표와 그래프가 각각 450개씩 분석 case별로 정리되었다. 이렇게 분석해본 결과 검지기 최적위치는 <표5>에 정리된 것과 같이 나타났다. 아래의 결과에서 보듯이 최적의 검지기 위치는 링크길이와 길어질수록, 회전교통류가 작을수록, 차로수가 많아질수록, 자유류속도가 작을수록 하류부 교차로에서 멀어짐을 알 수 있다.

또한 최적검지기 위치는 링크길이와 교차로 회전교통량, 그리고 차로수에 따라 다르게 나타남으로 가장 영향이 큰 요소로 나타났다. 분석요인이었던 자유류 속도와 증차량 비율은 검지기의 위치에 영향을 미치지 않는다고 볼 수는 없으나 그 영향력이 작아 상관관계가 미약한 것으로 나타났다.

<그림 6>은 평균 링크통행속도와 최적검지기 위치에서 생성된 검지기속도와와의 차이를 비교한 그림이다. 최적검지기 위치에서 올라온 검지기속도가 평균 링크통행속도보가 높게 나오다 교통량 5000대/시 부근에서 낮게 떨어지는데 이는 검지기 속도가 비포화상태에서 링크의 길이가 길어짐에 따라 하류부 교차로의 정지지체를 반영하지 못했기 때문이다.

<표 5> 최적 검지기위치

차로 수	자유 속도	회전 비율	링크길이 당 하류부로부터 검지기 위치(m)							
			2000	1800	1600	1400	1200	1000	800	600
1	60	10대0	640	500	420	380	360	280	260	80
		9대1	580	460	360	320	300	240	180	80
		8대2	460	380	320	300	220	200	160	60
2	70	10대0	560	480	500	440	400	320	180	100
		9대1	480	440	400	360	360	300	220	100
		8대2	360	340	340	320	280	220	160	120
	80	10대0	540	500	480	420	420	340	240	200
		9대1	460	420	340	300	280	260	220	140
		8대2	340	320	300	300	260	240	180	100
3	70	10대0	680	620	580	460	420	360	260	180
		9대1	600	560	540	480	440	360	280	140
		8대2	480	420	420	360	360	320	220	100
	80	10대0	700	640	580	440	400	340	260	200
		9대1	580	560	520	420	380	300	260	120
		8대2	480	420	420	400	340	280	220	140

## V. 결론 및 향후 연구과제

첨단교통관리시스템에서 신뢰성 있는 정보생성 및 제공을 위해서는 신뢰성있는 자료수집이 필수적이다. 수집되는 자료의 신뢰성이 저하되면 아무리 좋은 알고리즘을 사용한다 하더라도 생성되는 교통정보도 쓸모없는 정보가 될 것이다. 따라서 교통정보 생성을 위한 자료 수집을 위해서 ITS사업에서 자료 수집체계의 기본인 검지기 위치를 설정하는 일은 아주 중요한 일이다.

본 연구에서는 검지기 위치에 영향을 미칠 여러 요인 중 현재 우리나라 국도의 실정을 반영할 수 있는 요인들 즉, 교통량, 증차량비율, 회전비율, 링크길이, 차로수, 자유류 속도 6가지 분석변수로 설정하였고 교차로의 신호조건은 이상적인 조건으로 가정하여, 미시적 시뮬레이션 프로그램인 CORSIM을 사용하여 검지기의 최적위치를 찾고자 하였다. 그 결과 최적의 검지기 위치와 가장 관련이 있는 변수는 링크길이, 회전비율, 차로수였다.

본 연구에서 사용되었던 기본데이터는 CORSIM을 돌려서 직

선구간만 고려한 가상적인 자료라는 한계가 있다. 즉 현실에서 생기는 교통상황은 훨씬 더 다양하고 복잡하여 시뮬레이션을 통해 획득한 자료로는 현실을 반영하는데 한계가 존재한다. 또한 단일 링크만의 검지기 위치만을 고려하였으나 향후에는 구간을 대상으로 한 분석이 필요하고 직선구간 외에 곡선구간, 경사도 그리고 버스의 유무 등 다양한 분석요인을 고려한 검지기의 최적위치의 제시가 필요하다.

### 참고문헌

1. 김성현, 장훈, 이진호, “검지자료 수집주기를 고려한 위치 결정에 관한 연구”, 제 44회 대한교통학회 추계학술발표회, 2003
2. 이진호, “운전자 정보제공을 위한 검지기 적정위치 결정에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 2002
3. 오성호, Bin Ran, 최기주, “Optimal Detector Location for Estimating Link Travel Speed in Urban Arterial Roads”, Transportation Research Board Annual Meeting, 2003
4. Thomas, G.B “The Relationship between Detector Location and Travel Characteristic on Arterial Streets” Arizona State University 박사학위논문, 1999
5. FHWA, U.S. Dept of Transportation, “ CORSIM Reference Manual ver 5.1”, 2003
6. 대우정보시스템, “국도우회도로 ITS 구축1단계 실시설계“, 2003
7. 한국건설기술연구원, “수도권 남부 교통관리체계 상세설계서”, 2001
8. 건설교통부, “도로교통용량편람”, 2004