

COSMOS 검지기 정보의 구간소통정보 적용 가능성 평가

A Feasibility Study on The Application of COSMOS Detector Data for Link Travel Information

노동수 (아주대, 석사과정) 이승환 (아주대, 교수) 오영태 (아주대, 교수) 이상수 (아주대, 조교수) 이철기 (서울지방경찰청, 교통개선기획실장)

Key Words : 통행속도, 포화도, 교통량, 대기길이, 지점속도

목 차

- I. 서론
- II. COSMOS 검지기체계 특징
 - 1. 검지기체계 현황
 - 2. 검지기 수집정보 특징
- III. 현장실험 환경 및 방법
- IV. 분석결과
 - 1. 교통량, 포화도, 대기길이 분석
 - 2. 지점속도 분석
- IV 결론 및 향후 연구과제

I. 서론

서울시는 실시간으로 교통상황을 모니터링 하여 자동으로 신호시간계획을 산출하며, 이에 따라 실시간 신호제어가 가능토록 하는 실시간 신호제어시스템(Cycle Offset Split Model Of Seoul, 이하 COSMOS라 함)을 개발하여 운영하고 있으며, 향후 운영지역을 더욱 확대할 계획을 가지고 있다. 또한 서울시는 차세대 교통문제 해결방안의 하나로 부각되고 있는 “지능형 교통시스템(ITS : Intelligent Transport Systems)”에 대한 도입을 적극적으로 추진하여, 우선순위에 근거하여 개별 ITS 시스템 구축 사업을 활발히 전개 중에 있다. 이러한 과정에서 중요시되는 사항은 기 구축된 시스템과 새로운 시스템간의 연계성과 각 시스템간의 정보 공유가능성이다. 따라서 COSMOS에서 수집되는 검지기 정보를 다른 시스템에 사용할 수 있는가에 대한 다양한 가능성이 제기되었으나, 아직까지 이에 대한 관련 연구는 수행되지 않았다.

현재 국내에서 구축되는 다양한 시스템 중 우선순위가 높게 평가되는 분야중 하나는 교통정보를 이용자에게 신속하고 정확하게 제공하기 위한 시스템 구축 분야이다. 이러한 시스템의 구축을 위해서 먼저 고려되는 사항은 도로의 구간별 실시간 교통정보 수집체계를 수립하는 것이다. 이를 위하여 다양한 구간검지기(차량번호판 매칭방법이나 프로브차량을 이용하여 구간통행시간을 수집이 가능한 검지기)를 설치하여 일정 구간의 소통정보를 수집하여 사용하고 있다. 그러나 이와 같은 구간검지기를 COSMOS 시스템이 설치되어 있는 간선도로에 설치할 경우 발생할 수 있는 예산상/기능상 중복성에 대한 정확한 평가자료가 없다. 따라서 우선적으로 이 지역에 정보제공을 위해 별도의 검지기체계를 구축하기 앞서 기 설치된 검지기를

활용하기 위한 방법을 모색해야 한다.

본 연구에서는 COSMOS로부터 수집된 다양한 검지기 정보를 이용하여, 구간소통정보와의 상관관계를 분석하여 평가하였다. 즉, COSMOS 검지기 수집정보 중에 구간소통정보와 상관관계가 높은 검지기정보를 파악하고 이에 대한 현실적용 가능성을 평가하여 제시하고자 한다. 구간소통정보란 일정구간의 교통류의 흐름상황을 나타내는 지표로 일반적으로 정량적 정보인 링크통행속도(혹은 링크통행시간)와 정성적 정보인 혼잡도를 가장 많이 사용한다. 본 연구에서는 실제 현장조사를 통해 얻을 수 있는 링크통행시간을 차량번호판조사를 통하여 수집하여 구간소통정보로 사용하였다.

II. COSMOS 검지기체계 특징

1. 검지기체계 현황

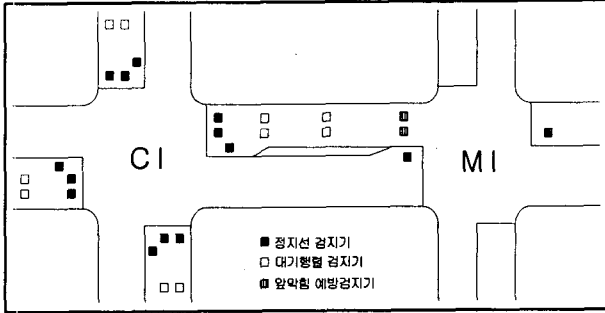
현재 운영중인 COSMOS는 교통상황이 유사하여 연계가 가능한 교차로들을 하나의 제어그룹(SA: Sub-Area)으로 묶어 제어전략을 실시하고, 제어그룹 내 중요교차로를 중심으로 신호제어를 실시하기 때문에 모든 교차로에 검지기가 설치되지 않고 교차로의 기능상 분류에 따라 다른 검지기체계를 갖는다. <그림 1>은 중요교차로(CI: Critical Intersection)와 비중요교차로(MI: Minor Intersection)의 일반적인 검지기 배치 형태를 나타낸 것으로 특징은 다음과 같다.

- 중요교차로
 - 실시간 신호제어변수인 주기길이와 현시율을 산출하기 위하여 정지선 검지기 및 대기행렬 검지기, 앞막힘 예방검지

기를 설치함

○ 비중요교차로

- 좌회전 감응제어를 실시하고자 하는 교차로는 좌회전 정지선 검지기를 설치하고 경우에 따라 앞막힘 예방제어에 필요한 앞막힘 예방검지기를 설치함



<그림 1> COSMOS 검지기체계

2. 검지기 수집정보 특징

1) 산출과정

COSMOS에는 루프(Loop)검지기를 설치하여 신뢰성 있는 자료 수집을 수행하고 있다. 다음 <표 1>은 루프 검지기로부터 교통정보를 산출하는 과정 및 내용을 정리한 것이다. 루프 검지기에서 직접 수집하는 자료는 점유시간과 비점유시간이고, L/C(지역제어기 : Local Controller)에서는 검지기에서 수집된 자료(점유시간, 비점유시간)를 이용하여 신호제어변수 산정에 필요한 교통량, 포화도 등 기초변수를 산출하며, 이를 토대로 R/C(지역컴퓨터 : Regional Computer)에서는 신호제어변수를 산정한다.

<표 1> 수집정보의 종류 및 산출방법

구분		내용	비고
루프 검지기	점유시간	검지영역내에 차량 유/무에 의한 점유시간/비점유시간 산출(검지기자료 1차 처리 알고리즘)	교통 상황 변수
	비점유시간		
L/C	교통량	1차 처리 결과로 얻은 원시 자료를 이용하여 L/C에서 산출(검지기자료 2차 처리 알고리즘)	교통 상황 변수
	속도		
R/C	포화도(DS)	속도자료를 이용하여 R/C에서 대기길이 산출알고리즘을 통해 산출	교통 상황 변수
	포화교통류율		
	대기길이		
	주기길이	앞에서 산출한 기초변수를 이용하여 신호제어에 필요한 변수를 산출	신호 제어 변수
	녹색시간		
	윤셋		

2) 검지기별 수집정보의 종류

COSMOS 검지기는 <표 2>와 같이 사용용도에 따라 정지

선과 상류부에 나눌 수 있으며, 수집정보의 종류에서도 차이가 발생한다.

정지선 검지기는 주기와 신호시간을 산출하는데 가장 기초가 되는 변수인 포화도를 수집하기 위해 설치되고, 상류부 검지기는 과포화 상황시 효과적인 신호제어를 위하여 대기길이 측정과 앞막힘 현상 측정을 목적으로 설치된다. 따라서 검지기에 따라 수집정보에 차이가 발생하게 된다.

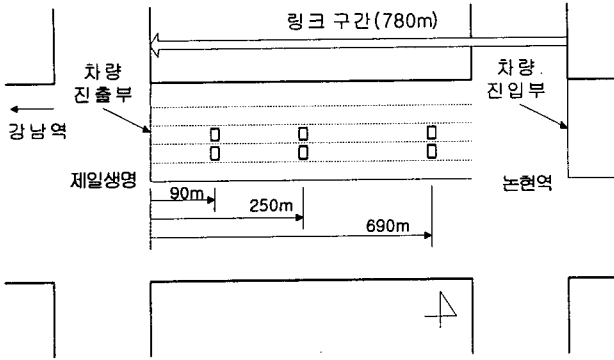
<표 2> 검지기 설치위치별 용도

구분	위치	용도	수집정보
정지선	직진	정지선	직진 포화도
	좌회전	정지선 후방 12m	좌회전 포화도
상류부	대기행렬 검지기	상류부 100, 200, 400m	대기길이 예측용
	앞막힘 예방검지기	상류부 유입부 전방 60m	앞막힘 예방용

III. 현장실험 환경 및 방법

앞서 제시된 바와 같이 COSMOS 검지기로부터 산출되는 교통상황변수로는 교통량, 포화교통류율, 지점속도, 포화도, 대기길이 등이 있다. 이들 정보가 구간소통정보 산출에 활용될 수 있는 지 파악하기 위해 실제 통행시간 자료를 수집하여 비교분석을 실시하였다. 실제 통행시간을 얻기 위한 현장실험 환경 및 방법은 다음과 같다.

- 조사 일시 : 2002년 12월 17일(화), 12월 18일(수)
- 조사 시간 : 오전 9시~11시, 오후 2시~5시
- 조사 장소 : ① 강남대로의 논현역(143번 교차로)에서 제일생명(125번 교차로) 구간
② 도산대로의 도산공원(155번 교차로)에서 안세병원(157번 교차로) 구간
- 조사항목 : 조사구간을 통행한 차량들의 평균통행시간
- 조사방법 : 차량번호판 조사방법을 사용하며, 대상구간의 직진 차로를 주행하는 승용차를 대상으로 <그림 2>와 같이 차량 진입/진출부에서 조사한 번호판을 비교하여 통행시간을 구함



<그림 2> 논현역-제일생명구간 기하구조

○ 분석방법

- 실측한 자료는 번호판을 매칭시킨 자료로 진입부 통과시간과 진출부 통과시간의 차이를 계산한 값이며 차량당 통행시간임
- 실측한 자료를 해당 주기시간 자료로 가공하여 주기시간 동안의 이력자료(DS, 대기길이, 속도)와 비교함
- 이를 위해 실측된 자료의 진출부 통과시간이 어느 주기시간 동안에 속하는지 파악하여 분류하고, 분류된 자료의 통행시간을 평균하여 산출함
- 평가지표로는 상관계수와 오차율을 사용함
- 상관계수는 실험시간이 크게 오전과 오후로 나누어서 실험하였기 때문에 '오전', '오후', '전체'로 각각 분류하여 분석함. '전체'란 오전시간대와 오후시간대의 자료를 함께 분석한 것을 말함
- 오차율은 실측자료가 기준자료에 대해 어느 정도의 오차를 나타내는 지를 평가하는 척도로써 다음과 같이 구함

$$\text{오차율} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^I \frac{|f_i - f_d|}{f_i} \times 100\%$$

여기서,

$i = i$ 번째 주기

$I =$ 얻어진 자료의 총 단위시간의 개수

$f_i = i$ 번째 단위시간에서의 기준자료의 값

$f_d = i$ 번째 단위시간에서의 대상자료의 값

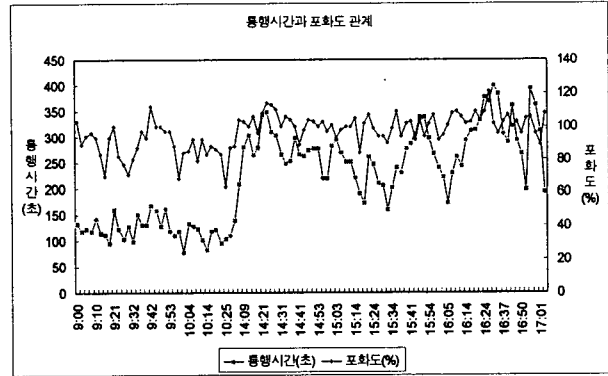
IV. 분석결과

앞 장에서 제시된 교통상황변수 중 우선적으로 교통량, 포화도, 대기길이 결과를 분석하고, 구간검지기의 보완용으로 많이 사용되고 있는 지점속도의 경우 좀 더 자세하게 분석을 실시하였다. 분석 결과로부터 조사된 두 실험구간의 결과가 동일한 패턴으로 나타났으며, 그 중 논현역-제일생명구간의 결과는 다음과 같다.

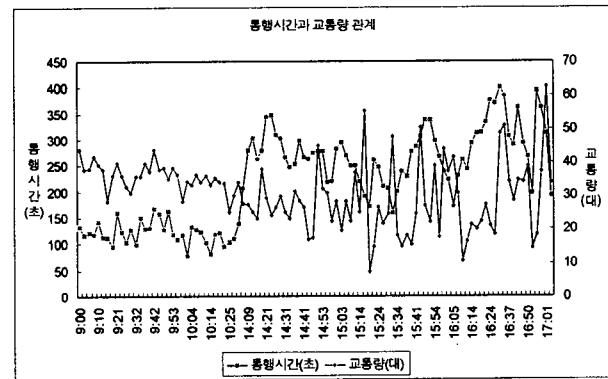
1. 교통량, 포화도, 대기길이 분석

포화도와 교통량, 대기길이의 패턴과 구간통행시간의 패턴을 비

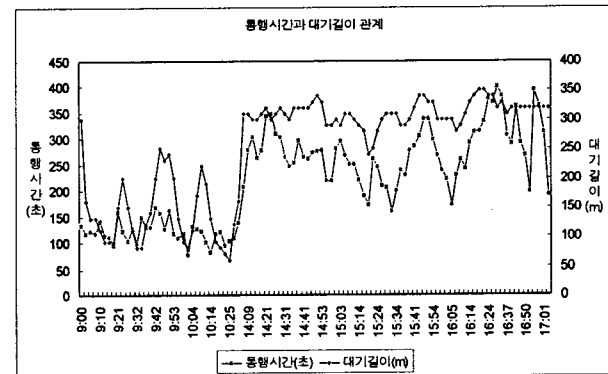
교하면 다음 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>와 같다. 통행시간은 오전시간대와 오후시간대에 뚜렷한 차이를 보이면서 변화되고 있다. 하지만 포화도와 교통량의 경우 구간통행시간과 큰 차이를 나타내며 <그림 3>, <그림 4>에서 알 수 있다. 우선 오전 피크시에는 두 변수 모두 큰 차이를 나타내었으나, 이러한 차이는 교통량이 증가하면서 약간 감소되었다. 대기길이는 포화도와 교통량과 비교하여 상대적으로 유사한 추세를 나타내고 있다.



<그림 3> 통행시간과 포화도 관계



<그림 4> 통행시간과 교통량 관계



<그림 5> 통행시간과 대기길이 관계

이러한 정성적인 비교를 객관적으로 평가하기 위하여 교통량, 포화도, 대기길이와 구간통행시간과의 상관분석을 실시하였고, 오전/오후/전체의 3가지 자료형태로 구분하여 분석한 결과는 다음 <표 3>과 같다. 포화도와 교통량은 전체, 오전, 오후 모두에서 상관계수 값이 낮게 나타났다. 이것은 이들 변수들을

이용하여 구간통행시간을 산출할 경우 결과의 신뢰도가 낮다는 것을 간접적으로 의미한다. 따라서 COSMOS로부터 수집된 포화도, 교통량 자료를 구간 정보 추정과정에 사용하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단된다.

<표 3> 교통상황변수와 통행시간과의 상관관계수

상관계수	전체	오전	오후
대기길이	0.842	0.480	0.553
포화도	0.645	0.535	0.274
교통량	0.232	0.432	0.098

대기길이의 경우 오전, 오후 각 시간대의 상관관계가 각각 0.480, 0.553으로 낮게 나타났고 전체적으로는 0.842로 비교적 높게 나타났다. 이것은 각 시간대의 통행시간과 대기길이는 같은 패턴으로 변화하지 않아 통행시간 변화를 대기길이가 정확하게는 반영하지는 못하지만, 상대적으로는 포화도와 교통량 변수들 보다 더욱 신뢰도가 높은 결과를 얻을 수 있다고 판단된다.

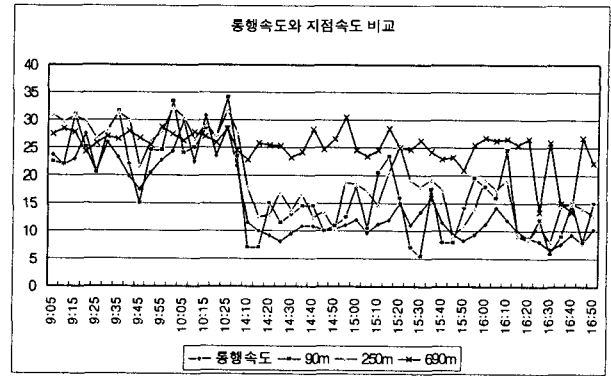
2. 지점속도 분석

지점속도는 대기길이를 산출하기 위해 대기행렬검지기와 앞막힘 예방검지기에서 수집되는 정보로, COSMOS에서는 신호 제어 이외에 다른 용도로 사용하지는 않는다. 그러나 국내외 여러 ITS 시스템들을 살펴보면 구간소통정보 산출 과정에서 보완용으로 가장 많이 고려되는 수집정보가 지점속도이다. 그러므로 본 연구에서 지점속도를 구간통행속도와 비교분석하여 평가를 다음과 같은 두 가지 방법으로 실시하였다.

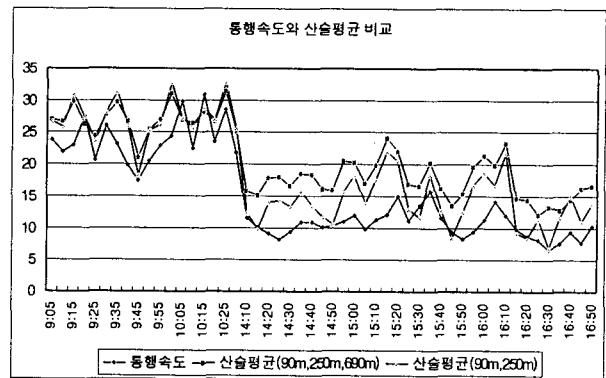
- 각 검지기의 지점속도를 해당 링크의 통행속도와 비교함
- 링크상에 존재하는 대기행렬검지기와 앞막힘 예방검지기로부터 수집된 지점속도를 산술평균하여 해당 링크의 통행속도와 비교분석을 실시함

다음 <그림 6>은 대상구간의 대기행렬 검지기(90m, 250m)와 앞막힘 예방검지기(690m)로부터 수집되는 지점속도와 통행속도의 관계를 나타낸 것이고 <그림 7>은 대기행렬 검지기와 앞막힘 예방검지기에서 수집되는 지점속도(90m, 250m, 690m 검지기 지점속도)를 산술평균한 값과 통행속도를 비교한 결과이다.

<그림 6>을 살펴보면 90m, 250m 검지기의 지점속도 값은 통행속도와 유사한 패턴을 보이고 있는 것에 비해 690m 검지기의 지점속도 값은 통행속도와 큰 차이를 보이며 변화되고 있다. 그리고 <그림 7>에서는 산술평균한 결과로부터 두개의 비교 값이 통행속도와 유사한 패턴을 보이고 있는 것을 알 수 있다.



<그림 6> 통행속도와 지점속도 비교



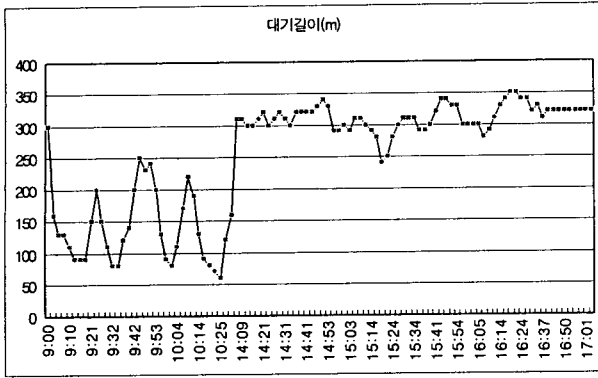
<그림 7> 통행속도와 산술평균속도 비교

각 지점속도와 통행속도의 차이에 관한 오차율과 상관관계수 분석결과는 <표 4>와 같다. 오차율의 경우에 정지선으로 부터의 검지기 매설거리가 증가할수록 오차율 값이 증가되었다. 특히 690m 검지기 지점속도 결과는 다른 지점의 경우와 비교하여 95.27%의 오차율 값을 나타내었다. 그리고 산술평균내에서도 모든 지점검지기 정보를 산출평균한 값보다 오차율이 크게 나타난 690m 지점정보를 제외시켜 산술평균한 경우가 더 적은 오차율을 나타내었다.

<표 4> 통행속도와 지점속도 비교 분석결과

	90m	250m	690m	산술평균	
				90/250/690m	90/250m
오차율(%)	29.46	37.03	95.27	50.28	29.17
상관계수(전체)	0.671	0.849	0.433	0.907	0.914
상관계수(오전)	0.704	0.679	0.012	0.570	0.608
상관계수(오후)	0.318	0.659	0.350	0.664	0.633

690m 검지기에서 수집된 지점속도는 앞막힘 예방검지기로부터 수집되는 정보이며 오차율이 크게 나타난 이유는 <그림 8>에서 제시된 바와 같이 대상 구간의 대기길이가 300m 정도로 앞막힘 예방검지기가 설치되어 있는 지점까지 대기행렬이 미치지 못하기 때문에 속도가 높게 나와 통행속도와 차이가 큰 것으로 파악된다.



<그림 8> 제일생명 교차로 북쪽 접근로 대기길이

이와 같이 지점속도는 대기길이에 영향을 많이 받기 때문에 지점속도를 구간통행속도 자료로 이용하고자 할 때는 해당 링크구간의 대기길이를 파악하여 대기행렬에 영향을 받지 않는 검지기의 지점정보는 사용하지 않는 것이 바람직하다.

그리고 상관분석 결과로부터, 250m 지점의 속도가 0.849의 상관계수 값으로 분석되었고, 두 가지 방법의 산술평균으로 부터의 상관계수가 각각 0.907, 0.914로 높게 나타났다. 따라서 산술평균 방법으로 추정된 통행속도가 지점속도에 의존한 방법보다 구간정보 예측에 보다 적합한 자료라고 판단된다.

그러나 <표 4>와 같이 각 지점속도와 산술평균값이 구간통행속도와의 오차율이 30% 이상으로 나왔다는 것은 지점속도를 링크구간의 통행속도로 직접 사용하는 것은 바람직하지 못하다는 것을 의미한다. 즉 지점속도를 소통정보(구간통행속도나 구간통행시간)로 제공하기 위해서는 신뢰도를 높이기 위한 별도의 처리과정이 추가적으로 필요하다고 판단된다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 COSMOS 시스템이 설치된 구간에서 검지기로부터 수집된 정보들이 구간소통정보를 추정하는 과정에 존

재하는 상관관계를 파악하기 위하여, 실제 구간통행속도를 조사하여 비교분석을 실시하였다. 분석 결과 고려된 변수들 중 대기길이가 구간통행시간과 가장 높은 상관관계를 나타내었다.

지점속도 자료를 이용하여 구간통행 정보를 추정한 결과, 절대적인 오차율이 크게 나타나므로 검지정보를 직접적으로 구간정보 추정에 사용하는 것은 적절치 않다고 판단된다. 그러나 지점속도 자료를 산술평균 방법을 적용하여 추정된 구간통행 정보가 단일 지점속도를 이용하여 추정된 구간통행 정보보다 상대적으로 적은 오차율로 나타나, 여러 지점의 정보를 함께 고려하는 것이 구간통행정보 추정 시 좀 더 효과적이라고 판단된다. 이와 관련하여 향후에는 지점검지기 수집정보와 구간소통정보와의 상관관계를 높일 수 있는 효과적인 처리모형의 개발이나, 구간소통정보의 신뢰성을 높이는 과정에 효율적으로 사용될 수 있는 방안들에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 서울지방경찰청(2000). "실시간신호제어시스템 기능개선", 최종보고서
2. 서울지방경찰청(2001). "실시간신호제어시스템 기능개선", 최종보고서
3. 김영찬, 최기주. 단일루프검지기를 이용한 간선도로 실시간 통행속도 추정방법론, 대한교통학회지, 15(4), 1997
4. Sisopiku V. and N. Roupail, Exploratory Analysis of the Correlations Between Arterial Link Travel Times and Detector Data from Simulation and Field Studies. ADVANCE Working Papers Series No 25. Oct. 1993.
5. Boyce D. and N. Roupail. Estimation and Measurement of Link Travel Times in the Advanced Project. ADVANCE Working Papers Series No 27. Aug. 1993.
6. Adolf D. May, Traffic Flow Fundamentals, 1990.
7. McShane W., R. Roess, and E. Prassas, Traffic Engineering, Prentice hall, 1998.