

실시간신호제어시스템 루프검지기 수집정보를 활용한 소통정보 생성방안에 관한 연구

A Method of Generating Traffic Travel Information Based on the Loop Detector Data from COSMOS

이철기* 이상수** 윤병주*** 송성주****
(Choul-Ki Lee) (Sangsoo Lee) (Byeong-Ju Yun) (Sung-Ju Song)

요 약

현재 국내의 각 지방자치 단체에서는 지능형 교통체계(ITS)사업이 활발히 시행되고 있다. 이중 많은 지역에서 효율적인 교통관리를 위하여 실시간 신호제어시스템을 구축하여 운영 중에 있으며, 지점검지기인 루프검지기를 설치하여 실시간으로 검지기정보를 수집하고 있다. 검지기에서 수집되어 신호제어에 이용되는 자료는 교통량, 점유시간/비점유시간, 포화도, 지점속도, 대기길이 등이 있다. 본 논문에서는 실시간 신호제어시스템 검지기 정보가 링크소통상태를 파악하는 정보로 활용될 수 있는지를 분석·평가하였다. 평가를 위하여 대상구간의 통행시간을 실측하여 검지기 수집정보와의 상관관계를 다양하게 평가하였다. 분석 결과 고려된 변수들 중 대기길이가 구간통행시간과 가장 높은 상관관계를 나타내었다. 그리고 지점속도 자료를 이용하여 구간통행 정보를 추정한 결과, 오차율이 비교적 크게 나타나 실시간 신호제어시스템검지기정보를 직접적으로 구간통행정보 추정에 사용하는 것은 적절치 않다고 판단된다. 그러나 COSMOS 검지기는 포화도와 대기길이와 같은 링크의 교통상황에 대해 설명하는 정보를 실시간으로 수집하기 때문에 이를 구간검지기의 보완용으로 사용될 수 있다고 판단된다. 따라서 본 논문에서는 신호제어시스템에서 가공되는 포화도와 대기길이정보를 활용하여 정성적 소통정보인 혼잡도를 산출하는 방안을 제시하였다.

Abstract

Many urban cities deployed ITS technologies to improve the efficiency of traffic operation and management including a real-time traffic control system (i.e., COSMOS). The system adopted loop detector system to collect traffic information such as volume, occupancy time, degree of saturation, and queue length. This paper investigated the applicability of detector information within COSMOS to represent the congestion level of the links. Initially, link travel times obtained from the field study were related with each of detector information. Results showed that queue length was highly correlated with link travel time, and direct link travel time estimation using the spot speed data produced high estimation error rates. From this analysis, a procedure was proposed to estimate congestion level of the links using both degree of saturation and queue length information.

Key Words : Travel Information Service, Loop Detector, ITS, COSMOS

* 주저자 : 아주대학교 ITS대학원 부교수
** 공저자 : 아주대학교 교통공학 부교수
*** 공저자 : 비즈로시스 연구소 연구소장
**** 공저자 : 비즈로시스 연구소 ITS연구팀 주임연구원(교신저자)
논문접수일 : 2007년 6월 29일

I. 서 론

최근에 급격한 교통수요의 증가로 인해 발생하는 여러 교통문제를 해결하기 위해 “지능형 교통시스템(ITS : Intelligent Transport Systems)”이 중요한 교통문제 해결방안의 하나로 채택되어 국가차원에서 여러 사업을 추진하고 있다.

ITS란 교통·전자·통신·제어 등 첨단기술을 도로·차량·화물 등 교통체계의 구성요소에 적용하여 실시간 교통정보를 수집·관리·제공을 통해 교통시설의 이용효율을 극대화하고 교통 이용편의와 교통안전을 제고하며, 에너지 절감 등 환경 친화적 교통체계를 구현하는데 목적이 있다.

이러한 목적을 구현하기 위한 ITS의 다양한 개별 시스템들은 각종 교통 정보를 실시간으로 수집하여 교통 상황을 분석하고, 이를 토대로 교통의 효율적인 운영 및 관리를 실시하고, 나아가서 각종 교통 정보를 운전자에게 신속, 정확하게 제공한다.

국내의 각 도시에서도 이러한 ITS 사업을 실시하기 위해 종합계획을 세우고, 이에 따라 각 개별시스템 구축 계획을 수립하여 현재 구축사업을 활발히 전개하고 있다. 특히 ITS 사업의 기반조성을 위하여 교통상황을 종합적으로 모니터링하기 위한 실시간 교통정보수집체계 구축을 위한 계획과 사업을 추진 중에 있다.

현재 ITS 사업을 수행한 많은 도시에는 실시간 교통정보 수집을 위한 ITS 검지기체계와 ‘실시간 신호제어시스템’(Cycle Offset Split Model Of Seoul, 이하 COSMOS라 함)의 검지기체계가 혼재되어 있다. 따라서 이들 검지기체계 간의 서로의 연관성과 상호보완가능성 유무를 명확히 밝힐 필요가 있다.

이러한 검토 없이 각 검지기체계를 구축할 경우 중복에 의한 투자 낭비나 상호 보완가능성의 확보가 어려울 것이기 때문이다.

이러한 문제를 검토하기 위하여 서로간의 특성을 파악하고 수집정보의 종류에 대한 고찰이 필요하다. 특히 오늘날 ITS에서 사용되는 검지기체계에 대한 정의와 어떤 체계가 사용되고 있는지를 파악하여,

COSMOS 검지기체계와의 공통점과 차이점 분석을 통해 COSMOS 검지기체계의 역할과 활용범위를 분명히 할 필요성이 있다.

본 논문에서는 ITS 관련 사업에서 사용되고 있는 검지기체계의 특성을 파악하고, 현재 각 도시에 신호제어 교통정보 수집을 위해 설치되어 있는 COSMOS 검지기체계의 고찰을 통해 시가지내에서의 소통정보 수집과 생성에 대한 COSMOS 검지기체계의 활용방안을 제시하고자 한다.

II. ITS 검지기체계 정의 및 분류

1. ITS 검지기체계 정의

ITS 검지기체계라 함은 ITS를 운영함에 있어서 필요한 교통정보를 실시간으로 수집하기 위해 사용되는 검지기체계이다. 검지기체계로 수집되어 제공될 수 있는 정보는 소통정보, 돌발상황정보, 도로정보 등이 있는데, 본 연구에서는 소통정보가 주요 관심대상이다. 소통정보는 대상도로구간의 소통상황을 나타내는 지표로서 구간통행속도와 구간통행시간 등의 정량적 정보와 혼잡도와 같은 정성적 정보로 나눌 수 있다.

2. ITS 검지기체계 분류

소통정보 산출을 위한 ITS 검지기체계를 검지방식에 따라 분류하면 구간검지 방식과 지점검지 방식으로 나눌 수 있다. 구간검지 방식은 도로상의 단일 지점이 아닌 일정구간에 대한 소통정보를 직접 수집하는 방식으로, 구간통행시간 및 구간통행속도와 같은 공간적인 정보를 수집하는 것을 목적으로 한다. 지점검지 방식은 고정된 지점에 설치된 검지기로부터 단일 지점이나 짧은 구간에 대한 정보를 수집하는 방식으로, 교통량, 속도 및 점유율과 같은 지점정보를 수집하는 것을 목적으로 한다.[1, 2] 구간검지기과 지점검지기의 수집정보를 비교하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 구간검지기와 지점검지기의 수집정보
<Table 1> Data from space detectors and spot detectors

구분	종류	수집자료	가공정보
구간 검지기	프로브차량 이용방식	차량 ID 차량위치정보 및 시간	구간통행시간 구간통행속도
	차량번호판 매칭방식	차량번호 촬영시각	구간통행시간 구간통행속도
지점 검지기	지점검지기 (루프, 영상, 자기, 초단파)	교통량, 점유율, 지점속도	지점정보 (교통량, 지점속도, 점유율 등)

<표 2> 구간검지기와 지점검지기의 장단점
<Table 2> Merit and demerit of space detectors and spot detectors

구간 검지기	장점	<ul style="list-style-type: none"> 실제 차량이 경험한 자료를 수집하여, 구간의 실질적인 통행시간 산출이 가능함 신뢰도 측면에서 지점검지기보다 우수한 소통정보를 수집할 수 있음
	단점	<ul style="list-style-type: none"> 프로브차량의 수가 적은 경우, 신뢰도 측면에서 정확성이 결여되는 정보를 수집하거나 정보수집자체가 불가능한 지역(누락구간)이 발생될 소지가 있음 센터에서 통행시간을 산출하는 시점은 프로브차량이 대상구간을 통과한 이후가 되어 통행시간 정보를 취득하려는 운전자는 최소한 통행시간 만큼의 과거 정보를 얻게 됨
지점 검지기	장점	<ul style="list-style-type: none"> 한 지점에서 24시간 동안 지속적으로 수집이 가능함.
	단점	<ul style="list-style-type: none"> 계측범위가 특정지점에 한정되므로 구간정보를 정확하게 산출하기가 어려움 지점정보를 구간정보로 산출하고자 할 때 보정하기 위한 처리과정이 필요함

구간검지기와 지점검지기의 장단점을 통해 두 검지기의 특성을 살펴보면 <표 2>와 같다.

Ⅲ. 국내외 소통정보 수집 사례

1. 국내 적용 사례

다음 <표 3>은 국내 ITS 서비스 시스템이 웹

<표 3> 소통정보 제공 현황(제공매체 : Web)
<Table 3> Status of Travel Information Service

구분	제공 정보	비고
전주시 첨단교통정보 서비스	링크통행속도(Km/h) 혼잡도	프로브차량(버스), 루프검지기
대전시 첨단교통정보 서비스	링크통행속도(Km/h) 링크통행시간(초) 혼잡도	프로브차량(DSRC방식), 루프검지기
제주시 첨단교통정보 서비스	링크통행속도(Km/h) 링크통행시간(분) 혼잡도	번호판인식기(AVI), 루프검지기
SPATIC ¹⁾	링크통행속도(Km/h) 혼잡도	적색: 20Km/h 미만 황색: 20~50Km/h 녹색: 50Km/h 이상
국도교통관리 시스템	링크통행속도(Km/h) 혼잡도	번호판인식기(AVI), 루프검지기

1) SPATIC(Seoul Police Agency Traffic Information Center) : 서울지방경찰청 종합교통정보센터

(Web)을 통해 소통정보를 제공하고 있는 현황을 나타낸 것으로, 기본적으로 GIS 맵을 통해 링크구간의 혼잡도를 색상으로 구별하여 나타내고 있고, 추가적으로 링크통행시간과 링크통행속도를 제공하고 있다.

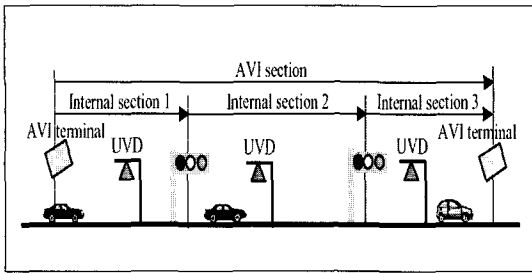
2. 국외 적용 사례

1) 일본

통행시간 산출을 위한 검지기체계는 아래와 같이 3가지 패턴을 사용한다.

- 차량번호판 매칭방식(AVI) + 초음파 검지기
- 적외선 비콘(Infrared beacon)방식 + 초음파 검지기
- 초음파 검지기(Ultrasonic Vehicle Detector : UVD)

현재 일본에서는 통행시간을 추정하는데 있어서 가장 많이 사용하고 있는 방식은 AVI 장치를 이용한 차량번호판 매칭방식이고 지점검지기인 초음파



<그림 1> 일본 ITS 검지기체계
<Fig. 1> Detector System of Japan ITS

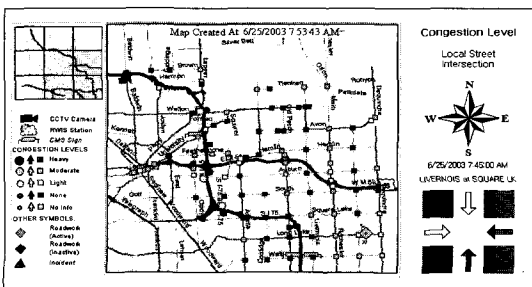
검지기를 아래 <그림 1>과 같이 보완용으로 사용하고 있다.

적외선 비콘 방식은 최근에 주목받는 방식으로 차내장치를 갖춘 차량의 보급이 많이 이루어진 지역에서는 정확한 구간통행시간을 산출할 수 있어 AVI 장치가 없는 지역을 중심으로 많이 활용되고 있는 추세이다.

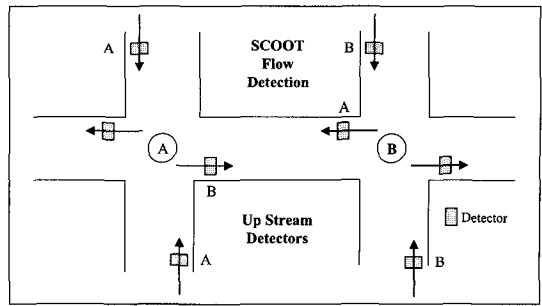
2) 미국

미국은 ITS 구축시 부터 ATMS와 ATIS 기능을 통합한 시스템 구현을 목표로 많은 연구가 수행되었다. 여기에서 신호제어시스템의 역할은 효율적인 교통관리 및 제어를 통해 교차로에서 발생하는 혼잡을 완화하는 것이고, 통행시간과 같은 소통정보의 산출은 프로브차량이나 AVI 장치와 같은 구간검지기를 주로 사용한다.[3]

FAST-TRAC에서는 구간검지기이외에도 신호제어시스템인 SCATS의 정지선 검지기로부터 수집되는 정보를 이용하여 교차로 부근의 상황을 혼잡도로



<그림 2> FAST-TRAC 교통정보제공
<Fig. 2> Traffic Information Service of FAST-TRAC



<그림 3> SCOOT 시스템의 검지기 설치위치
<Fig. 3> Detector System of SCOOT

산출하여 웹을 통해 정보를 제공하고 있다.

3) 유럽

SCOOT은 교통수요 예측을 바탕으로 신호제어를 실시하는 시스템으로 예측한 대기행렬을 이용하여 통행시간을 산출하는 알고리즘을 개발하여 사용한다. <그림 3>과 같이 교차로 상류부에 위치한 루프 검지기로부터 수집된 정보를 이용하여 교통수요를 계산하여 각 링크의 대기행렬 모형을 산출, 이를 통해 지체 값을 계산하고 통행시간을 산출한다.[3]

MOTION은 기존의 검지기체계에 혼잡을 판단하는 알고리즘을 개발하여, 경로안내 정보 및 지체 정보를 VMS를 통해 제공하여 혼잡을 해소시키는 프로젝트를 실시한다.

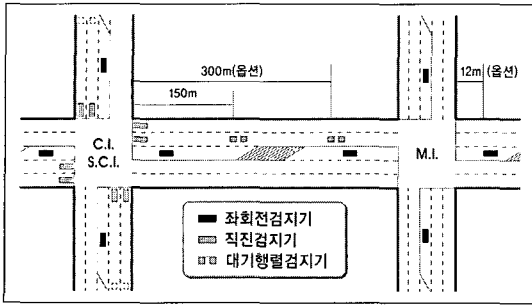
3. 사례 분석 결과

기본적으로 구간소통정보를 산출하기 위해서 구간검지기를 우선적으로 고려하고, 지점검지기는 보완용으로 사용하고 있다는 것을 알 수 있다. 이 때 기존에 설치된 지점검지기를 최대한 활용하여 도로의 혼잡상황을 판단하는 것을 알 수 있다.

IV. COSMOS 검지기체계 특징

1. 검지기체계 현황

현재 운영 중인 COSMOS는 교통상황이 유사하



<그림 4> COSMOS 검지기체계
<Fig. 4> Detector System of COSMOS

여 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 4>는 중요교차로(CI: Critical Intersection)와 비중요교차로(MI: Minor Intersection)의 일반적인 검지기 설계기준을 도시한다.[4]

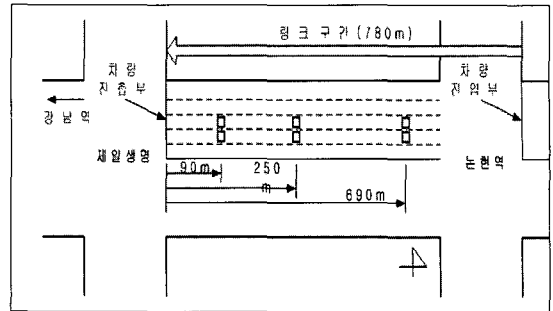
2. COSMOS 수집정보

COSMOS에는 루프(Loop)검지기를 설치하여 신뢰성 있는 자료 수집을 수행하고 있다. 루프검지기에서 직접 수집하는 자료는 점유시간과 비점유시간이고, L/C(지역제어기: Local Controller)에서는 검지기에서 수집된 자료(점유시간, 비점유시간)를 이용하여 신호제어변수 산정에 필요한 교통량, 포화도등 기초변수를 산출하며, 이를 토대로 R/C(지역컴퓨터: Regional Computer)에서는 신호제어변수를 산정한다.[5]

V. 현장조사 환경 및 방법

1. 현장조사 환경

앞서 제시된 바와 같이 실시간 신호제어시스템검지기로부터 산출되는 교통상황변수로는 교통량, 포화교통류율, 지점속도, 포화도, 대기길이 등이 있다.



<그림 5> 논현역-제일생명구간 기하구조
<Fig. 5> Geometric organization from NonHyun to JeilSaengMyung

이들 정보가 구간소통정보 산출에 활용될 수 있는지 파악하기 위해 실제 통행시간 자료를 수집하여 비교분석을 실시하였다. 실제 통행시간을 얻기 위한 현장실험 환경 및 방법은 다음과 같다.

- 조사 시간 : 오전 9시~11시, 오후 2시~5시
- 조사 장소 : 강남대로의 논현역에서 제일생명구간
- 조사항목 : 조사구간을 통행한 차량들의 평균통행시간, COSMOS 검지기에 수집된 교통정보 이력자료(포화도, 대기길이, 지점속도)
- 조사방법 : 차량번호판 조사방법을 사용하며, 대상구간의 직진 차로를 주행하는 승용차를 대상으로 <그림 5>와 같이 차량 진입/진출부에서 조사한 번호판을 매칭시켜 통행시간을 구함

2. 데이터 분석방법

조사시간대의 교통신호제어기의 이력자료(DS, 대기길이, 지점속도)와 차량번호판 조사방법에 의한 실측한 자료(통행속도)를 비교 및 분석을 수행하였다. 실측한 자료는 번호판을 매칭시킨 자료로 진입부 통과시간과 진출부 통과시간의 차이를 계산한 값이며 차량당 통행시간을 조사하여 실측한 자료를 해당 주기시간 자료로 가공하여 주기시간 동안의 이력자료(DS, 대기길이, 속도)와 비교하였다. 이를 위해 실측된 자료의 진출부 통과시간이 어느 주기시간동안에 속하는지 파악하여 분류하고, 분류된 자료의 통행시간을 평균하였다. 평가지표로는 상관계수와 오차를

을 선정하였으며 상관계수는 실험시간이 크게 오전과 오후로 나누어서 실험하였기 때문에 ‘오전’, ‘오후’, ‘전체’로 각각 분류하여 분석하였다. ‘전체’란 오전시간대와 오후시간대의 자료를 함께 분석한 것을 말한다. 오차율은 실측자료가 기준자료에 대해 어느 정도의 오차를 나타내는 지를 평가하는 척도로써 다음과 같이 구하였다.[6, 7]

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

여기서,

$i = i$ 번째 주기

$I =$ 얻어진 자료의 총 단위시간의 개수

$f_t = i$ 번째 단위시간에서의 기준자료의 값

$f_d = i$ 번째 단위시간에서의 대상자료의 값

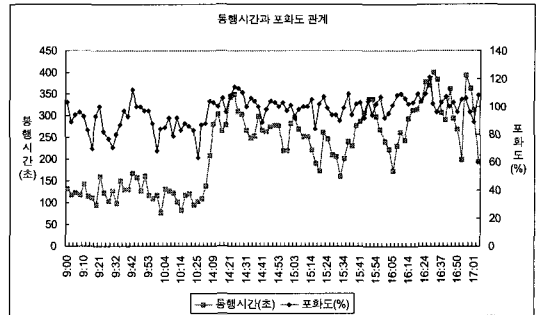
VI. 분석결과

앞 장에서 제시된 교통상황변수 중 우선적으로 교통량, 포화도, 대기길이 결과를 분석하고, 구간검지기의 보완용으로 많이 사용되고 있는 지점속도의 경우 좀 더 자세하게 분석을 실시하였다.

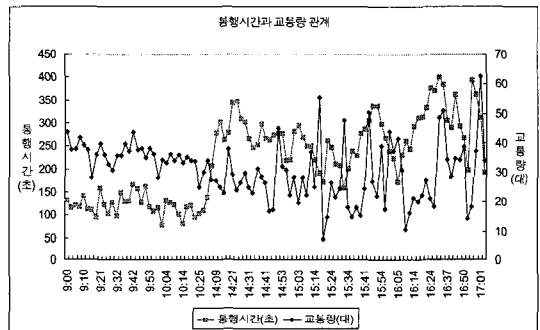
1. 교통량, 포화도, 대기길이 분석

포화도와 교통량, 대기길이의 패턴과 구간통행시간의 패턴을 비교하면 다음 <그림 6>, <그림 7>, <그림 8>과 같다. 통행시간은 오전시간대와 오후시간대에 뚜렷한 차이를 보이면서 변화되고 있다. 하지만 포화도와 교통량의 경우 구간통행시간과 큰 차이를 나타냄을 <그림 6>, <그림 7>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.

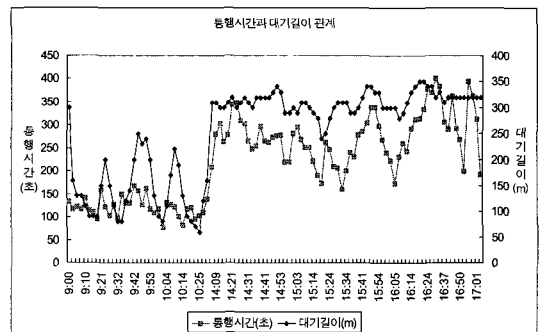
이러한 정성적인 비교를 객관적으로 평가하기 위하여 교통량, 포화도, 대기길이의 구간통행시간과의



<그림 6> 통행시간과 포화도 관계
<Fig. 6> Relation between travel time and degree of saturation



<그림 7> 통행시간과 교통량 관계
<Fig. 7> Relation between travel time and volume



<그림 8> 통행시간과 대기길이 관계
<Fig. 8> Relation between travel time and queue

상관분석을 실시하였고[6], 오전/오후/전체의 3가지 자료형태로 구분하여 분석한 결과는 다음 <표 4>와 같다. 포화도와 교통량은 전체, 오전, 오후 모두에서 상관계수 값이 낮게 나타났다. 이것은 이들 변수들을 이용하여 구간통행시간을 산출할 경우 결과의 신

<표 4> 교통상황변수와 통행시간과의 상관계수
 <Table 4> Correlation coefficient between traffic situation parameter and travel time

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

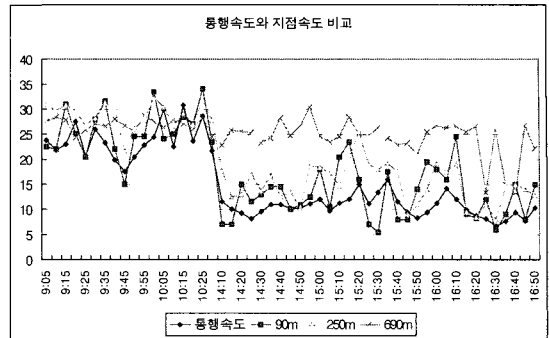
되도가 낮다는 것을 간접적으로 의미한다. 따라서 COSMOS로부터 수집된 포화도, 교통량 자료를 구간 정보 추정과정에 사용하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단된다.

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.

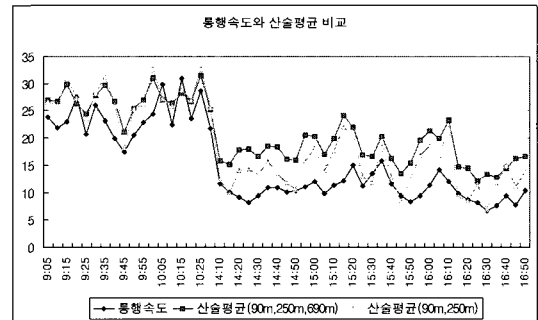
2. 지점속도 분석

지점속도는 대기길이를 산출하기 위해 대기행렬 검지기와 앞막힘 예방검지기에서 수집되는 정보로, COSMOS에서는 신호제어 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 비교 분석하여 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



<그림 9> 통행속도와 지점속도 비교
 <Fig. 9> Comparison between travel speed and spot speed



<그림 10> 통행속도와 산술평균속도 비교
 <Fig. 10> Comparison between travel speed and arithmetical mean speed

다음 <그림 9>는 대상구간의 대기행렬 검지기 (90m, 250m)와 앞막힘 예방검지기(690m)로부터 수집되는 지점속도와 통행속도의 관계를 나타낸 것이고 <그림 10>은 대기행렬 검지기와 앞막힘 예방검지기에서 수집되는 지점속도(90m, 250m, 690m 검지기 지점속도)를 산술평균한 값과 통행속도를 비교한 결과이다. <그림 9>를 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 10>에서는 산술평균한 결과로부터 두개의 비교 값이 통행속도와 유사한 패턴을 보이고 있는 것을 알 수 있다.

각 지점속도와 통행속도의 차이에 관한 오차율과 상관계수분석결과는 <표 5>와 같다. 오차율의 경우

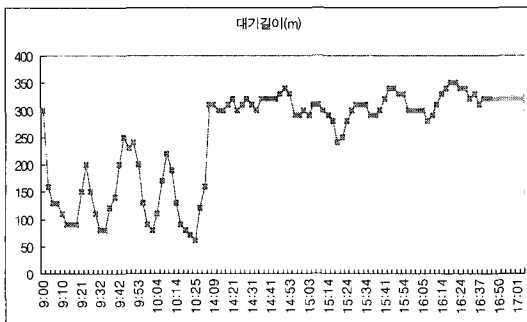
<표 5> 통행속도와 지점속도 비교 분석결과
 <Table 5> Comparative analysis between travel speed and spot speed

	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

에 정지선으로 부터의 검지기 매설거리가 증가할수록 오차율 값이 증가되었다. 특히 690m 검지기 지점속도 결과는 다른 지점의 경우와 비교하여 95.27의 오차율 값을 나타내었다. 그리고 산술평균내에서도 모든 지점검지기 정보를 산출평균한 값보다 오차율이 크게 나타난 690m 지점정보를 제외시켜 산출평균의 경우 더 적은 오차율을 나타내었다.

690m 검지기에서 수집된 지점속도는 앞막힘 예방검지기로부터 수집되는 정보이며 오차율이 크게 나타난 이유는 <그림 11>에서 제시된 바와 같이 대상 구간의 대기길이가 300m 정도로 앞막힘 예방검지기가 설치되어 있는 지점까지 대기행렬이 미치지 못하기 때문에 속도가 높게 나와 통행속도와의 차이가 큰 것으로 파악된다.

이와 같이 지점속도는 대기길이에 영향을 많이 받기 때문에 지점속도를 구간통행속도 자료로 이용하



<그림 11> 제일생명 교차로 북쪽 접근로 대기길이
 <Fig. 11> Queue length for north approach in JeilSaengMyung

고자 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. 산술평균 방법으로 추정된 통행속도가 지점속도에 의존한 방법보다 구간정보 예측에 보다 적합한 자료라고 판단된다.

그러나 <표 5>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.

VII. COSMOS 수집정보를 이용한 소통정보 생성 방안

앞서 분석한 바와 같이 지점검지기는 구간통행속도 및 구간통행시간과 같은 소통정보를 정확하게 산출하기가 어렵기 때문에 COSMOS 검지기 수집정보를 이용하여 소통정보를 산출하기에는 한계가 있다. 그러나 COSMOS 검지기는 포화도와 대기길이에 같은 링크의 교통상황에 대해 설명하는 정보를 실시간으로 수집하기 때문에 이를 활용하는 방안을 제시하여 구간검지기의 보완용으로 사용될 수 있도록 한다. 따라서 신호제어시스템에서 가공되는 포화도와 대기길이정보를 활용하여 정량적인 소통정보보다는 정성적 소통정보인 혼잡도를 산출하는 방안을 제시한다.

1. 대기길이 소거 주기 수

1) 정의

혼잡도를 산출시 과포화의 크기가 중요한 기준이 된다. 과포화의 크기는 대기길이에 따라 판정할 수 있지만 혼잡도 개념에서는 어떤 링크에 대한 소통정

보는 교차로를 얼마만큼 대기하고 통과할 수 있느냐에 따라 결정되므로 여기에서는 과포화의 크기를 대기길이가 링크에서 소거되는 정도로 결정한다. 이를 대기길이 소거 주기수라 한다.

2) 산출방안

해당 운영녹색시간 동안에 교차로를 통과한 방출교통량을 이용하여 산출한다. 방출교통량 값에 평균차두거리(6.3m)를 곱하여 한번의 신호주기동안의 소거길이를 구하고 해당 주기에 수집되는 대기길이를 소거 길이로 나누어서 산정한다.

대기길이 소거 수 = 대기길이 / (방출교통량 × 평균차두거리(6.3m))

- ① 0이상 1.0 미만 → 대기길이 소거 주기수 : 1
- ② 1.0이상 2.0 미만 → 대기길이 소거 주기수 : 2
- ③ 2.0이상 3.0 미만 → 대기길이 소거 주기수 : 3

대기길이 소거 주기 수는 매 주기별 방출교통량에 의해 결정되는 값이기 때문에 교통량변화에 의해 주기마다 변동될 수 있는 값이므로 혼잡도 산출 결과가 급격하게 변동하는 일이 발생하지 않게 하기 위해 smoothing 기법을 사용한다. 다음 식과 같이 과거 2주기의 대기길이 소거 수와 현재 주기의 대기길이 소거 수를 산술평균하여 현재 주기의 대기길이 소거 수를 구한다.

$$T(i) = \frac{\alpha \times T(i) + \beta \times T(i-1) + \gamma \times T(i-2)}{3} \quad (1)$$

여기서,

$T(i)$ = 현재 주기의 대기길이 소거 수

α, β, γ = 가중치(default : $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = 1$, 운영자 지정)

2. 혼잡도 산출

본 논문에서는 신호 주기내의 녹색현시 동안에 정

지선에서 대기하고 있는 차량들이 모두 통과하지 못하고 잔여한 경우의 교통상황은 혼잡상태로 정의하며 혼잡정도의 지표로 대기길이 소거 주기수를 기준으로 재정의 하였다. 일반적으로 혼잡도를 '소통원활', '정체', '지체' 등 3가지로 단계로 구분한다. 본 논문에서는 한 주기 내에 신호 대기 중인 차량들이 모두 통과되었을 경우를 '소통원활', 1주기 이상 2주기 미만 신호대기를 경험해야 하는 경우를 '정체', 2주기 이상 신호대기를 경험해야 하는 상황을 '지체'로 판정하였다.

1) 대기길이 소거 주기 수 : 1 [소통원활]

대기길이가 한 주기 동안 소거될 수 있는 대기길이 보다 적은 경우 링크 내에 존재하는 대기행렬이 해당 주기의 녹색시간동안 소거된다는 것을 의미한다. 따라서 링크의 교통상황은 한산 상태 또는 비포화 상태이며, 소통원활이라고 판단한다. 여기서 말하는 소통원활은 상류부로부터 유입되는 차량이 1주기 내에 교차로를 통과할 수 있다는 것을 의미한다.

2) 대기길이 소거 주기 수 : 2 [지체]

예를 들어 주기길이가 160초이고, 대기길이 소거되는데 필요한 주기수가 2이면 차량은 해당 링크에서 160초~320초 동안 대기해야 한다는 것을 의미한다. 일반적으로 ITS 정보제공시스템에서 사용하는 혼잡도 기준은 30km/h 이상은 소통원활, 15km/h~30km/h는 지체, 15km/h 미만은 정체이다. ITS에서 사용되는 혼잡도 기준으로 살펴볼 때, 대기길이 소거 주기가 2인 경우는 지체라고 판정하는 것이 적정하다.

3) 대기길이 소거 주기 수 : 3 이상 [정체]

주기길이가 160초이고, 대기길이 소거되는데 필요한 주기수가 3이면 차량은 해당 링크에서 320초~480초 동안 대기해야 한다는 것을 의미한다. ITS에서 사용되는 혼잡도 기준으로 대기길이 소거 주기가 3이상인 경우는 정체라고 판정하는 것이 적정하다.

VIII. 결론 및 향후 연구과제

국내의 ITS 검지기체계 현황을 분석한 결과 소통 정보를 산출하기 위해 기본적으로 고려하는 것은 구간검지기체계이고 지점검지기체계는 보완용으로 활용하고 있다. COSMOS 검지기체계는 신호제어에 활용하기 위한 포화도와 대기길이 정보이외에 구간통행속도나 구간통행시간과 같은 구간소통정보 산출용으로 사용하기에는 여러 가지 제약조건으로 한계가 있어 적합하지 않다. 그러나 링크 상황을 판단할 수 있는 포화도와 대기길이를 이용하여 혼잡도 산출이 가능하고, 이를 보완용으로 활용할 수 있다.

본 연구에서는 실시간 신호제어시스템이 설치된 구간에서 검지기로부터 수집된 정보들이 구간소통 정보를 추정하는 과정에 존재하는 상관관계를 파악하기 위하여, 실제 구간통행속도를 조사하여 비교분석을 실시하였다. 분석 결과 고려된 변수들 중 대기 길이가 구간통행시간과 가장 높은 상관관계를 나타내었다.

지점속도 자료를 이용하여 구간통행 정보를 추정 한 결과, 절대적인 오차율이 크게 나타나므로 검지 정보를 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. 따라서 본 연구에서는 정량적 소통정보가 아닌 정성적 소통정보를 제공하는 방안을 제시하였다. 특히 신호교차로에서의 잔

여 대기길이의 소거주기 수를 이용하여 정성적 소통 정보를 산출하였다. 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] 김영찬, 최기주. “단일루프검지기를 이용한 간선도로 실시간 통행속도 추정방법론,” 대한교통학회지, 제15권 제4호, pp.53-71, 1997.
- [2] V. Sisopiku 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, pp.23-28, Oct. 1993.
- [3] D. Boyce and N. Roupail, Estimation and measurement of link travel times in the advanced project, ADVANCE Working Papers Series, no. 27, pp.67-73, Aug. 1993.
- [4] 서울지방경찰청, 실시간신호제어시스템 기능개선, 최종보고서, 2000.
- [5] 서울지방경찰청, 실시간신호제어시스템 기능개선, 최종보고서, 2001.
- [6] A. D. May, *Traffic Flow Fundamentals*, 1990.
- [7] W. McShane, R. Roess, and E. Prassas, *Traffic Engineering*, Prentice Hall, 1998.

저자소개



이 철 기 (Lee, Choul Ki)

1998년 : 아주대학교 건설교통공학과 교통공학전공 졸업 (박사)
2000년 ~ 2004년 : 서울지방경찰청 교통개선키획실장
2004년 ~ 2006년 : 아주대학교 교통연구센터 부센터장
2006년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 ITS대학원 특임교수



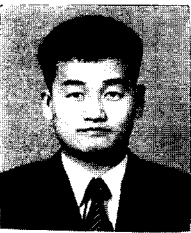
송 성 주 (Song, Sung-Ju)

2002년 2월~2004년 2월 : 아주대학교 건설교통대학원 졸업
2004년 1월~(주)비츠로시스 연구소 ITS연구팀 주임연구원



윤 병 주 (Yun, Byeong-Ju)

1986년 2월~1988년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업
1988년 2월~(주)비츠로시스 연구소 연구소장
2001년 8월~건국대학교 대학원 전자정보통신공학과 박사과정



이 상 수 (Lee, Sangsoo)

2000년 : Texas A&M University 토목과 교통전공 졸업 (박사)
2002년 ~ 현재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 부교수
2005년 ~ 현재 : 한국 ITS학회 이사