

DSRC 기반 교통정보의 가공방안과 신뢰성 분석 (단속류 구간을 중심으로)

Treatment Strategy and Reliability Analysis of DSRC-Based Traffic Data under Interrupted Traffic States

런 위*

(Yu Ren)

(Department of Urban Planning, Dong-A University)

김 회 경**

(Hoe Kyoung Kim)

(Department of Urban Planning, Dong-A University)

· Corresponding author : Hoe Kyoung Kim(Department of Urban Planning, Dong-A University), E-mail hoekim@dau.ac.kr

요 약

본 연구는 부산광역시의 전형적인 단속류 구간을 대상으로 DSRC를 통해 수집되는 구간교통정보의 신뢰성을 구간별 적정 차량 표본 수 산정기법을 통해 분석하였다. 해당 단속류 대상지를 구성하는 개별 구간에 대한 표본 수 산정을 위하여 VISSIM 모델을 이용하였다. 실제 DSRC를 통해 관찰된 하이패스 차량 수와 두 유의수준(90%와 95%)에서 산정된 적정 표본 수를 비교한 결과, 연속류에 비해 단속류에 더 많은 이상치의 발생요인이 존재한다는 점, 인접한 두 교차로와 다수의 진출입로로 구성된 하나의 구간을 통과하는 하이패스 차량의 부족으로 신뢰성 있는 구간교통정보의 집계가 어려운 점, 비첨두시간보다 첨두시간의 구간교통정보가 상대적으로 신뢰성이 높은 점, 표본 수 산정의 유의수준에 따라 구간교통정보의 신뢰성이 차별화된다는 점 등을 확인할 수 있었다. 해당 구간의 길이에 따른 진출입로의 밀도와 교통신호운영의 차이는 유효 표본 수 산정에 직접적인 영향을 미치며 결국 구간교통정보의 신뢰성을 결정하게 된다. 따라서 구간의 길이에 따라 노변기지국의 개수를 조절하면 DSRC를 통해 수집되는 구간교통정보의 신뢰성이 개선될 것으로 기대된다.

핵심어 : 단거리전용통신, 하이패스 차량, 구간교통정보, 적정 표본 수, 단속류

ABSTRACT

This study investigates the reliability of DSRC-based traffic information system on the typical urban arterial with the minimum sample size method. VISSIM has been employed to calculate the required sample size. After comparing the number of hi-pass vehicles recorded from DSRC and the required sample size, this study found that the interrupted traffic state tends to generate more outliers than the uninterrupted one, the lack of the number of vehicles completely passing links with multiple driveways makes it difficult to estimate the reliable traffic information, the traffic information during peak hour is relatively more reliable than that during off-peak hour, and the reliability of DSRC-based traffic information system depends on the significance level in calculating the sample size. The driveway density and traffic signal operation due to the individual link length significantly affects the required sample size, resulting in determining the reliability of the DSRC-based traffic information system.

Key words : DSRC, hi-pass vehicle, link traffic information, sample size, interrupted traffic state

† 본 연구는 동아대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행하였습니다.

† 이 논문은 2013 한국ITS학회 추계학술대회에서 발표한 내용을 수정·보완하여 작성하였습니다.

* 주저자 : 동아대학교 도시계획학과 석사

** 공저자 및 교신저자 : 동아대학교 도시계획학과 조교수

† Received 23 October 2014; reviewed 5 December 2014; Accepted 19 December 2014

I. 서론

세계의 주요 국가들은 교통의 혼잡문제를 해결하기 위해 지능형 교통시스템(Intelligent Transportation Systems, ITS)을 도입하였고, 관련된 교통 및 통신 기술개발에 노력 중이다. 최근 수십 년간 세계 모든 도시에서 끊임없이 증가하고 있는 교통수요는 수없이 많은 도시교통문제를 야기하고 있다. 교통정체로 인한 도시기능의 효율성 저하, 화석연료의 고갈, 산유국에 대한 심각한 에너지 의존도, 자동차 매연에 의한 온실가스 배출과 지구온난화 등은 더 이상 늦출 수 없는 중차대한 도시교통문제들이다. 이러한 교통문제들의 해결을 위하여 통신, 센싱, 전산과 같은 첨단기술들의 접목을 통해 기존 교통시설 용량의 개선을 목적으로 하는 다양한 지능형 교통시스템에 관한 연구개발이 진행 중에 있다.

이미 일상생활에서 대부분의 시민들은 이 지능형 교통시스템을 이용한 다양한 교통서비스를 제공하고 있다. 예를 들면 버스정보시스템(Bus Information System, BIS), 가변정보판(Variable Message Sign, VMS), 스마트폰을 이용한 실시간 교통정보 검색 등과 같은 것들이다. 지능형 교통시스템의 효율적 운영을 위하여 요구되는 가장 기본적이고 중요한 요소 중의 하나는 정확한 교통정보의 수집이며 이를 위해 다양한 교통정보수집체계가 개발되어 적용되고 있다.

최근 구간교통정보 수집을 위한 수단으로 무선통신을 통해 차량의 정보를 수집하는 노변기지국(Roadside Equipment, RSE)이 지속적으로 설치 및 운영되고 있다. 2013년 기준 일평균 전체 고속도로 이용 차량의 59.4%에 해당하는 200만 이상의 차량이 하이패스(hi-pass) 카드를 이용하고 있으며 하이패스 카드 장착 차량 검지에 사용되는 단거리전용통신(Dedicated Short Range Communication, DSRC)은 기존 교통정보의 정확성과 실시간성 향상에 기여하고 있다. [1]

하지만 수집되는 교통정보의 정확성과 신뢰성은 정해진 집락간격 동안 해당 구간을 통과하는 하이패스 차량의 수에 직접적으로 영향을 받기 때문에 집락간격에 따른 적정 표본 수 산정에 대한 문제

제기와 이의 개선에 대한 연구들이 활발하게 진행 중에 있다. [2-5] 특히, 연속류와 달리 단속류 교통 상황에서는 교통신호기에 의한 차량의 정체로 단위 집락간격 동안 수집되는 구간통행시간의 편차가 심하여 대표성 있는 교통정보의 집계가 여의치 않다. 하지만 보다 광범위하고 양질의 교통정보에 대한 수요의 증가로 인하여 고속도로뿐만 아니라 도시부간선도로에도 노변기지국의 설치가 증가하고 있는 상황이며 노변기지국의 적정 설치위치 선정에 대한 연구 또한 활발히 진행 중에 있다. [6, 7]

따라서 본 연구에서는 최근 부산광역시 단속류 도로구간에 설치 및 운영 중인 DSRC 노변기지국을 통해 수집된 교통정보(개별차량의 구간통행시간)의 이상치의 발생 원인을 체계적으로 해석하고 제거하는 과정을 제시한다. 또한 이상치를 제거한 후 동일한 단속류 구간에서 VISSIM(Traffic in Cities-Simulation Model)을 통해 구득된 전수차량정보를 이용해 프로브 차량(probe vehicle)의 적정 표본 수를 산정하고 부산광역시 DSRC 현장자료와 비교하여 신뢰성을 분석한다.

본 연구에서는 부산광역시의 전체적인 교통정보 제공 시스템을 평가하기보다는 DSRC를 통해 수집된 현장 교통정보에 한정해서 분석 작업을 수행하고 있으며 본 연구의 결과는 유비쿼터스(ubiquitous) 환경기반 교통정보시스템의 효과적인 현장구현을 위한 기초자료로 활용될 것이다.

II. 선행연구 고찰

본 연구에서는 하이패스 차량과 같은 프로브 차량을 기반으로 하는 교통정보 수집 시 요구되는 최소 표본 수의 산정과 수집된 원시 교통정보의 처리 과정에 관한 대표적인 선행 연구를 검토하였으며, 선행연구의 한계점 및 시사점을 분석하여 본 연구의 기본방향을 수립하였다.

1. 교통정보 수집의 표본 수 산정에 관한 연구

본 연구에서는 하이패스 차량과 노변기지국간의

통신을 통해 구간교통정보를 수집하는 첨단교통정보시스템에서 하이패스 차량의 적정 표본 수 산정에 관한 기존의 연구들을 개관한다.

Quiroga and Bullock은 GPS(Global Positioning System)가 장착된 실험차량을 동원해 루이지애나(Louisiana)에 있는 고속도로 1.2km를 주행함으로써 네 가지 표본 수 산정방식(ITE 공식, Oppenlander의 공식, 표준편차 공식, 그리고 하이브리드 공식)을 표본의 평균범위를 산정하는 방식을 중심으로 비교하는 연구를 수행하였다. [8] 그들은 기존의 산정방식의 문제점을 지적하고 표본 수 산정 시 사용되는 하나의 유의수준(95%) 값보다는 75%에서 99.73%까지 연구자들의 요구와 환경을 고려해서 표본 수를 산정할 수 있는 새로운 방법을 제시하였다.

Chen과 Chien은 일반적으로 알려져 있는 연속류 교통상황에서의 구간교통정보는 정규분포를 따른다는 통념이 어느 경우에도 적용되는 것은 아니라는 것을 델라웨어(Delaware)의 고속도로 일부구간을 대상으로 시뮬레이션 기법을 통해 증명하였다. [9]

정민철 외 2인은 도시부도로에서 관측된 하이패스 교통자료를 통해 수집되는 구간교통정보는 하류부 교차로의 신호운영에 따라 일정한 패턴을 보이고 있으며 신호대기 횡수와 대기시간에 따라 구간교통정보의 편차가 발생하고 있는데 혼잡상황에서 신호대기 횡수가 많아져 편차가 일정부분 상쇄되기 때문에 혼잡 상황보다 비혼잡 상황에서 편차가 더 크게 나타나고 있음을 확인하였다. [6]

이영인과 이정희는 도시간선도로에서 5분주기 전수조사를 실시하여 구간교통정보를 수집한 결과, 단일교차로 구간에서는 신호현시에 의한 정지여부에 따라 분리되는 주행시간과 지체시간에 의한 결과로 두 개의 봉을 그리고 다구간에서는 교차로 수 증가에 따른 지체시간의 영향이 상쇄되어 단일봉의 구간교통정보 분포형태를 보이고 있음을 밝혔다. 또한 교통이 혼잡할수록 더 적은 표본 수가 요구됨을 알 수 있었으며 Li 외 2명도 시뮬레이션 기법을 통해 이와 같은 내용을 증명하였다. [2, 10]

Srinivasan과 Jovanis는 도시부도로에서 정확하고 신뢰성 있는 프로브 차량의 적정 표본 수 산정을

위한 휴리스틱 방법(heuristic algorithm)을 제안하고 새크라멘토(Sacramento) 교통망을 대상으로 시뮬레이션 테스트를 거친 결과, 간선도로, 부도로, 지방도로까지 포함한 전체적인 네트워크를 대상으로 할 경우 상당한 수의 프로브 차량이 요구되지만, 고속차량의 처리를 목적으로 하는 주간선도로에서는 상대적으로 훨씬 적은 수의 프로브 차량이면 신뢰성 있는 교통정보의 집계 가능성이 보였다. [11]

2. 원시 교통정보의 처리과정에 관한 연구

실제 수집, 가공, 및 제공되는 프로브 데이터의 신뢰성은 프로브 차량의 운행상황과 특성 그리고 신호교차로 신호운영에 의해 많은 영향을 받게 되므로 충분한 수의 프로브 차량 자료가 수집된다 하더라도 신뢰성 있는 정보의 생성을 위해서는 별도의 자료 처리과정이 반드시 요구된다.

이환필 외 3명은 고속도로 주요 톨게이트에서 수집되는 하이패스 교통정보를 이용하여 경로통행시간을 산출하는 모형을 개발하였다. 고속도로 전체 톨게이트 간 통행체적의 도출이 가능하며 도시부도로에 설치된 DSRC 현장자료와 연계할 경우 통행의 출발에서 종료(door-to-door)까지의 경로통행정보의 산출이 가능하지만 도시부 구간에서 수집되는 DSRC 현장자료의 신뢰성향상을 위한 처리방안은 제시하지 못하였다. [12]

이상로 외 3명은 일반국도에서 수집되는 DSRC 현장자료의 대푯값 결정에 대한 연구를 진행하였다. DSRC 현장자료의 이상치를 제거한 자료는 모든 유형의 도로에서 침두시와 비침두시 모두 정규분포를 따르는 것을 확인하였으며 DSRC 현장자료의 평균값, 중앙값, 최빈값 중 평균값이 가장 적절한 대푯값이라고 결론지었지만, DSRC 현장자료의 이상치에 대한 정의와 제거 방법에 대해서는 구체적으로 제시하고 못하였다. [13]

이연정 외 3명은 일반국도에서 수집된 DSRC 현장자료의 이상치를 제거하는 방법을 제안하고 평가하였다. 중위절대편차법(Median Absolute Deviation)으로 1차 이상치 제거 과정을 거친 후 2차 필터링

과정까지 적용한 경우 표본의 분포가 정규분포곡선과 거의 유사한 것을 증명하였다. [14]

본 연구의 DSRC 현장자료의 분석 방법은 집락간격 동안의 프로브 차량 표본 수를 분석 기준으로 활용한다는 점에서 기존의 연구방법과 차별화되고 있다. 구간 단위시간의 최소 표본 수는 시물레이션 기법을 통해 산정하고 실제 단위시간에 수집된 프로브 차량 수를 비교하여 DSRC 현장자료의 신뢰성을 분석한다.

III. 부산광역시 DSRC 현장자료의 분석

부산광역시는 2013년 현재 89개의 DSRC를 통해 구간교통정보를 수집하고 있다. 본 연구에서는 2013년 5월 7일 화요일의 DSRC 자료를 사용하고 있으며 도착지점(도착교차로)을 기준으로 아침 7:00부터 아침 10:00까지 세 시간 동안의 자료를 수집하여 개별 교차로들로 구성된 구간을 통과한 하이패스 차량을 분석하였다. <그림 1>은 본 연구에서 사

용된 부산광역시의 전형적인 단속류 구간인 문현교차로(Moonhyun Intersection, MH Int.) ↔ 범내골교차로(Bumnagol Intersection, BNG Int.) ↔ 서면교차로(Seomyun Intersection, SM Int.) ↔ 송공삼거리(Songgong Intersection, SG Int.) ↔ 연산교차로(Yeosan Intersection, YS Int.) ↔ 과정교차로(Gyajung Intersection, GJ Int.) ↔ 안락교차로(Anlock Intersection, AL Int.) ↔ 금사교차로(Gumsa Intersection, GS Int.)를 보여주고 있으며 양방향 통행 차량을 관찰하였다. 본 자료가 수집된 시점에 송공삼거리(SG Int.) 주변 중앙공원공사로 인하여 송공삼거리(SG Int.)의 DSRC 자료는 분석에 포함되지 못하였다. [15]

1. DSRC 현장자료의 이상치 제거 과정

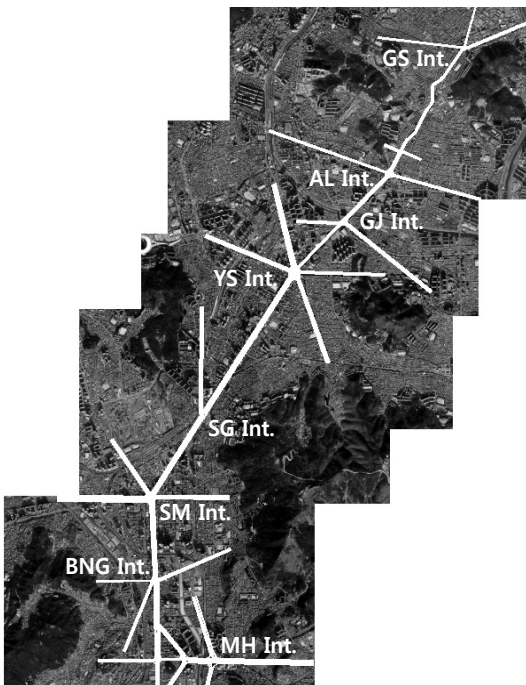
고속도로 기본구간과 같은 연속류와 달리 단속류 교통상황에서는 신호대기 혹은 신호지체나 각 부도로에서 유출입하는 차량들로 인해 동일한 노면 기지국에서 동일한 차량이 반복적으로 관측되는 현상이 발견되었다. 본 연구에서는 두 개의 연속된 DSRC 내에서 동일한 차량이 중복해서 수집되는 경우를 중심으로 DSRC 자료의 이상치 제거 과정과 매칭방법을 다음과 같이 적용하였다.

1) 도착시간 기준 통행시간 산정

상류부 교차로에서 방출된 차량들을 중심으로 교통정보 수집 주기 동안 하류부 교차로에 도착하는 차량들의 통행시간을 측정하게 되면 지정된 시스템 갱신 시간 내에 하류부 교차로에 도달하지 못하는 차량들이 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 하류부 교차로 시간을 시스템 갱신 기준시간으로 설정하고 상류부 교차로의 방출시간을 역으로 추적하는 방식으로 프로브 차량 통행시간을 산정하였다.

2) 중복 관측되는 통행차량의 처리

단속류 DSRC 현장자료를 분석하는 과정에서 가장 어려운 점 중의 하나는 짧은 시간동안 중복 관



<그림 1> 연구대상지의 VISSIM 네트워크
<Fig. 1> VISSIM Network of Study Area

찰되는 차량의 처리라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 DSRC 현장자료를 최대한 확보하면서 이상치를 최소화하기 위해 같은 DSRC 자료가 동일한 노면기지국에서 반복하여 관측되더라도 그 시차가 5분 이상인 경우는 서로 다른 두 개의 통행으로 정의하였다.

3) 통행시간 산정을 위한 상·하류부 관측시간 선정

개별 DSRC 현장자료에서 5분 내에 동일한 프로브 차량이 다수 목격되고 있는데 특히 신호교차로에서 대기하고 있는 차량들이 주로 이와 같은 경우에 해당한다. 이는 상류부와 하류부 교차로를 연속해서 통과하는 차량들의 정확한 통행시간 산정이 곤란하기 때문에 본 연구에서는 개별 교차로에서 하이패스 차량 아이디를 도착시간 기준으로 정렬하여 반복해서 관측되는 동일 차량을 대상으로 상류부 교차로에서 처음 관측된 시간 그리고 하류부 교차로에서 마지막으로 관측된 시간을 선택하고 그 시차를 통행시간으로 산정하였다.

4) 통행시간 이상치 제거

본 연구에서는 앞서 제안된 기법을 통해 단속류 교통상황에서 연속된 두 노면기지국을 통행하는 동일한 차량의 반복된 관측을 수정하고 매칭을 마친 후에도 지나치게 큰 통행시간들이 목격되고 있다. 이와 같은 통행시간패턴을 보이는 통행을 이상치로 정의하기 위해 구간통행시간의 평균에서 $\pm 2 * SD$ (구간통행시간의 표준편차) 범위를 벗어나는 구간통행시간을 분석에서 제외시켰다.

2. DSRC 유효 데이터의 확보

<표 1>은 본 연구에서 제안된 단속류 교통상황에서의 하이패스 차량의 통행 시간 이상치 제거 기법과 하류부 교차로를 연속해서 통과하는 동일 차량의 매칭기법을 적용한 후 최종적으로 분석에 사용된 세 시간 양방향 하이패스 차량 수(유효차량 수)와 전체 하이패스 차량 수(총 차량 수)에 대한

비율(유효율)을 나타내고 있다. <표 1>에서는 유효 차량 수, 총 차량 수, 그리고 유효율(%) 등을 Effec., Total, and Ratio로 나타내고 있다. 모든 구간이 거의 90% 이상의 유효율을 달성하는 반면, 교차로에서만 만 아니라 해당 구간을 통행하는 과정에서 상당수의 차량들이 회전을 하거나 도로변 진출입로를 통해 진출하는 현상들이 발생하면서 하이패스 차량들이 현저하게 줄어들고 있다.

<표 1> 부산광역시 단속류 구간 DSRC 유효 데이터 현황
<Table 1> DSRC Data Status Valid for Interrupted Traffic Flow in Busan

		MH	BNG	SM	YS	GJ	AL	GS
MH	Total	X	230	119	70	44	32	18
	Effec.		218	112	69	43	32	18
	Ratio		94.8	94.1	98.6	97.7	100.0	100.0
BNG	Total	201	X	737	76	78	20	12
	Effec.	185		694	70	74	18	12
	Ratio	92.0		94.2	92.1	94.9	90.0	100.0
SM	Total	105	1380	X	178	86	75	37
	Effec.	101	1281		164	80	72	33
	Ratio	96.2	92.8		92.1	93.0	96.0	89.2
YS	Total	51	159	315	X	622	377	169
	Effec.	51	147	294		582	356	159
	Ratio	100.0	92.5	93.3		93.6	94.4	94.1
GJ	Total	27	87	162	906	X	769	251
	Effec.	26	78	157	848		718	238
	Ratio	96.3	89.7	96.9	93.6		93.4	94.8
AL	Total	44	73	152	605	1171	X	574
	Effec.	42	67	142	561	1091		537
	Ratio	95.5	91.8	93.4	92.7	93.2		93.6
GS	Total	23	41	58	170	292	534	X
	Effec.	22	40	55	157	273	496	
	Ratio	95.7	97.6	94.8	92.4	93.5	92.9	

IV. 부산광역시 DSRC 교통정보의 분석

1. 교통특성에 따른 적정 표본 수 산정

본 연구에서는 적정 표본 수 산정을 위해 식(1)에서 보는 바와 같이 이영인과 이정희, Chen과 Chien, Shrinivasan과 Jovanis 등의 기존 연구들에 적용된 중심극한정리를 이용한 통계적 표본 결정식을 활용하였다. [3, 9, 11]

$$n_{it} = \left[\frac{\Phi^{-1} \left(\frac{1+r}{2} \right) \left(\frac{\sigma_{it}}{\mu_{it}} \right)}{\epsilon_{\max}} \right]^2 \quad (1)$$

n_{it} : 최소 표본 수

r : 신뢰수준

σ_{it} : 모집단의 표준편차

μ_{it} : 모집단의 평균통행시간

ϵ_{\max} : 최대허용오차

1) 시뮬레이션기법을 통한 모집단의 통행특성 분석

기존의 연구에서 살펴본 바와 같이 구간교통정보의 신뢰성과 정확성의 확보를 위해 모집단의 통행특성을 분석하여 일정구간 그리고 일정한 집락간격에 요구되는 최소한의 표본 수를 산정하여야 한다. 이영인과 이정희의 연구에서는 일정한 대상구간에 비디오카메라의 설치를 통해 차량 전수조사를 실시하고 대상 구간과 시간대별 표본 수 산정을 위한 전체차량의 기초 통계값을 확보하였지만 [3], 본 연구에서는 VISSIM 모델을 이용하여 대상구간 전체차량의 기초통계값을 수집하였다.

<그림 1>에 나타난 부산광역시의 전형적인 단속류 구간의 시간대별 교통량, 차량회전비, 교통신호관련 파라미터는 2013년 부산광역시 교통량조사보고서와 부산광역시 도로교통공단의 협조를 얻어 확보하였다. 개별 대상 교차로를 통과하는 교통량과 부산광역시 교통량조사보고서의 비교를 통해 VISSIM의 차량 경로비율(routing)과 구간의 평균속도 값과 부산광역시 속도조사보고서의 비교를 통해 시뮬레이션 네트워크 진입차량의 속도범위를 시간대별로 보정하는 과정을 수행하였다. 시뮬레이션모델은 차량을 교통네트워크에 충분히 분포할 수 있도록 30분의 사전수행시간을 부여한 후 세 시간 동안 구간교통정보 갱신 시간단위(5분)로 도착지점 기준 개별 차량의 통행시간, 통과차량 대수 그리고 기초 통계값인 통행시간의 평균과 표준편차를 구하였다.

2) 구간별 적정 차량 표본 수 산정

본 연구에서는 식(1)을 이용하기 위하여 대상구

간의 개별 구간에서 구간교통정보 집락간격(5분)마다 평균과 표준편차를 구하고 90%와 95%의 유의수준으로 적정 표본 수를 산정하였다. 우선 출발 교차로를 고정한 상태에서 가장 인접한 교차로를 통과하는 차량과 진행방향으로 더 하류부에 위치한 교차로를 연속적으로 통과하는 차량들에 대한 통행시간패턴을 분석하여 마지막 하류부 교차로까지 통과하는 경우의 적정 표본 수를 산정하였다.

<표 2>는 남쪽 하단에 위치한 문현교차로(MH Int.)를 출발 교차로로 정의하고 북쪽으로 진행하는 실제 관측된 하이패스 차량수(Hi-pass)와 VISSIM 모델의 분석결과를 토대로 90%와 95%의 유의수준에 해당하는 표본 수(Sample)를 매 5분 단위로 예시하고 있다. <표 2>에서 알 수 있는 바와 같이 문현교차로(MH Int.)를 출발한 하이패스차량이나 전체 차량이 다구간을 통과하면 할수록 차량대수가 감소하고 통행시간의 표준편차 또한 감소되어 표본 수가 줄어드는 경향을 관찰할 수 있다. 반대방향에 해당하는 구간 표본 수도 이와 같은 방법으로 산정하였다.

<표 2> 북쪽 방향 진행차량의 표본 수 산정 예시
(Table 2) Example of Sample Size Estimation for Northbound Vehicles

Dep. Int.	Arrival Intersection								
	MH	→	BNG	SM	SG	YS	GJ	AL	GS
.
.
.
7:30	Hi-pass	19	15	10	7	9	7	7	3
~	Sample	95%	17	8	9	2	2	2	4
7:35		90%	12	6	6	1	1	2	3
7:35	Hi-pass	21	12	12	4	3	-	-	2
~	Sample	95%	23	18	13	2	3	-	0
7:40		90%	16	12	9	1	2	-	0
.
.
.

2. 적정 표본 수에 근거한 부산광역시 DSRC 교통자료의 분석

본 연구에서는 평일 아침 7:00시부터 아침 10:00

시까지 VISSIM 시뮬레이션모델의 수행을 통해 수집한 전체 차량정보와 부산광역시 DSRC를 이용을 통해 수집된 하이패스 차량을 대상으로 구간교통정보 집락간격(5분)마다 하이패스 차량의 수가 90%와 95%의 유의수준에서 구해진 표본 수를 만족하는지를 비교·분석하였다. 구간교통정보 집락간격은 5분이지만 효과적인 표본 수의 비교와 분석을 위해 아침 7:00시부터 9:00시까지를 첨두시간으로 그리고 9:00시부터 10:00시까지를 비첨두시간으로 정의하였다.

<표 3>은 95%와 90%의 유의수준 그리고 첨두시간에 대한 하이패스 차량의 표본 수 만족여부에 대한 결과를 제시하고 있다. 예를 들어 문현교차로(MH Int.)에서 출발(Dep. Int.)하여 범내골교차로(BNG Int.)를 통과하는 하이패스 차량을 대상으로 95%와 90% 유의수준에서 첨두 두 시간의 25%와 50%에 각각 해당하는 30분과 1시간 동안 제공되는 교통정보는 신뢰성을 확보하고 있지만 나머지 개별 유의수준에 해당하는 1시간 30분과 1시간 동안 집계된 교통정보는 신뢰성을 상실하고 있다.

대체로 90%의 유의수준에서 상대적으로 더 긴 시간 동안 신뢰성 있는 구간교통정보가 제공되고 있지만 일정구간은 유의수준에 관계없이 신뢰성 있는 구간교통정보가 제공되지 않고 있다.

<표 4>는 95%와 90%의 유의수준에서 비첨두 시간 동안에 해당하는 DSRC 자료의 분석 결과이다. 문현교차로(MH Int.)에서 출발(Dep. Int.)하여 범내골교차로(BNG Int.)를 통과하는 구간에서 두 유의

<표 3> 첨두시간 DSRC 자료의 신뢰성 분석 (유의수준 95%/90%)

<Table 3> Analysis of Reliability of DSRC Data for Peak Hour (Confidence Level 95%/90%) (Unit : %)

Dep. Int.	Arrival Intersection						
	MH	BNG	SM	YS	GJ	AL	GS
MH	X	25/50	17/29	21/38	21/29	17/17	0/0
BNG	29/38	X	13/13	0/21	21/29	17/25	4/4
SM	29/29	46/50	X	29/50	21/38	21/25	25/29
YS	0/8	50/54	79/88	X	42/50	38/50	33/38
GJ	0/0	42/46	42/54	75/83	X	0/4	21/25
AL	0/0	17/25	38/54	67/67	25/33	X	58/71
GS	0/0	17/17	25/46	21/38	46/67	63/79	X

수준 각각 50% 즉 30분 동안 제공되는 교통정보의 신뢰성은 보장되지만 나머지 30분에 대한 교통정보는 신뢰할 수 없는 것으로 나타났다. 특히 범내골교차로(BNG Int.)가 출발 교차로인 경우, 교통정보 신뢰성이 매우 낮은 것으로 분석된다. 이는 짧은 구간을 통행하는 차량들이 교통신호현시 등의 영향으로 하류부 교차로 통과 시에 상당히 큰 통행시간 표준편차를 발생시키기 때문이다. 따라서 5분 단위 하이패스 차량으로는 대표성 있는 구간교통정보의 제공이 불가능한 상황으로 해석된다.

<표 4> 비첨두시간 DSRC 자료의 신뢰성 분석 (유의수준 95%/90%)

<Table 4> Analysis of Reliability of DSRC Data for Off-Peak Hour (Confidence Level 95%/90%)

Dep. Int.	Arrival Intersection						
	MH	BNG	SM	YS	GJ	AL	GS
MH	X	50/50	17/33	33/42	17/25	0/17	0/0
BNG	25/33	X	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
SM	17/17	42/50	X	0/8	0/0	0/8	0/0
YS	8/8	42/58	83/92	X	17/25	25/42	33/33
GJ	8/8	42/50	67/75	100/100	X	0/8	17/17
AL	17/25	0/0	67/75	92/100	67/100	X	58/67
GS	8/8	8/8	33/42	92/100	83/83	67/83	X

V. 결론 및 향후 연구과제

현재 대도시의 교통문제 해결을 위해 수 많은 방안들이 제안되고 있으며 그 중 ICT(Information and Communication Technology) 기술을 접목시킨 지능형 교통시스템이 전국적으로 확산되어 그 역할을 충실히 수행하고 있다. 본 연구에서는 지능형 교통시스템의 기본 구성요소인 교통정보수집 체계 중 DSRC를 통해 수집되는 교통정보의 신뢰성을 분석하였다.

부산광역시의 전형적인 단속류 구간인 문현교차로(MH Int.) ↔ 범내골교차로(BNG Int.) ↔ 서면교차로(SM Int.) ↔ 송공삼거리(SG Int.) ↔ 연산교차로(YS Int.) ↔ 과정교차로(GJ Int.) ↔ 안락교차로(AL Int.) ↔ 금사교차로(GS Int.)를 대상으로 화요일 아침 7시부터 10시까지 세 시간 동안 수집된 하이패스 차량 자료를 이용하고 해당 대상지를 구성하는 개별 구간에 대한 표본 수를 산정하기 위해

VISSIM 시뮬레이션 모델을 사용하였다. 실제 관측된 하이패스 차량 수와 시뮬레이션모델을 통해 추정된 표본 수를 다른 두 유의수준(90%와 95%)에서 비교하였다.

본 연구에서는 다음과 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 통행시간 이상치 발생률이 연속류에 비해 단속류에서 상대적으로 더 많이 나타났다.

둘째, 인접한 두 교차로로 형성된 하나의 구간에 다수의 진출입로가 존재하는 경우, 해당 구간을 완전히 통과하는 프로브 차량 수의 부족으로 신뢰성 있는 구간교통정보의 집계가 어렵다.

셋째, 첨두시간 중에 하이패스 차량으로 수집된 구간교통정보가 비첨두시간에 집계된 교통정보보다 상대적으로 더 신뢰성이 있는 것으로 나타났다.

넷째, 표본 수 산정 시에 사용하는 유의수준의 차이에 따라 첨두시간과 비첨두시간 동안 신뢰성 있는 구간교통정보가 제공되는 시간정도가 달라지는 것으로 나타났다.

지금까지 살펴본 바와 같이 하이패스 차량이 어느 특정 구간의 통행특성에 따라 그 구간을 완전히 통과하지 못하는 경우가 목격되었다. 그리고 현재 부산광역시 전역의 구간교통정보 수집을 위해 설치된 89개소 노변기지국의 위치는 주로 주요 간선도로의 교차로에 위치하고 있어 구간의 길이에 따라 진입로 밀도의 영향과 더불어 교통신호운영의 영향이 차별화되어 통행시간정보의 편차가 상이하며 이는 유효한 표본 수 산정에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 일정한 통행시간의 패턴을 추구하기 위하여 구간의 길이에 따라 노변기지국의 설치수를 조절하는 것이 바람직 할 것이다.

또한 향후 연구에서는 전체 차량 수에 대한 하이패스 차량의 점유율 뿐만 아니라 대상 도로구간의 거리와 차로수 등 구간 특성을 나타내는 설명변수를 추가하여 신뢰도 분석이 진행되어야 할 것이다.

References

- [1] Korea Expressway Corporation, *Utilization rate of Hi-Pass dard*(2013), Retrieved on Nov., 9, 2014, from http://www.ex.co.kr/portal/opn/announcement/business/hipass_usage/refuel.jsp?clickParentNum=3&clickNum=95.
- [2] Dongwon Choi, *Determine Optimal Aggregation Interval for Travel Time Estimation on Rural Interrupted Traffic Flow Considering Traffic Flow Characteristics*, Master Thesis, University of Science and Technology, 2012.
- [3] Young-Ihn Lee and Junghee Lee, "A Study on link travel time estimating methodology for traffic information service (determination of an adequate sample size)," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 20, no. 3, pp.55-67, 2002.
- [4] Jung-Suk Shim, Hyun-Moo Heo, Ki-Jong Eom, Chung-Won Lee, and Soo-Han Ahn, "An application of sampling to determine a proper rate of probe vehicles for macroscopic traffic flow monitoring indices," *The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 9, no. 2, pp.33-40, 2010.
- [5] Jungcheol Lee and Young-Ihn Lee, "A study on calculating the optimal number of probe vehicles for gathering the link travel time information," in *Proc. 2007 Autumn Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.297-302, 2007.
- [6] Min-Chul Jung, Young-Chan Kim, and Dong-Hyo Kim, "An analysis into the characteristics of the high-pass transportation data and information processing measures on urban roads," *The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 10, no. 6, pp.74-83, 2011.
- [7] Sang Cheal Byun, Suhyeon Kim, Min Heon Kim, and Sang Wook Han, "Detection spacing of DSRC-based data collection system for real-time highway travel time estimation," *American Journal of Civil Engineering*, vol. 1, no. 1, pp.41-48, 2013.
- [8] Cesar A. Quiroga and Darcy Bullock, "Determination of sample sizes for travel time studies" *ITE Journal*, vol. 68, no. 8, pp.92-98, 1998.
- [9] Mei Chen and Steven I. J. Chien, "Determining

- the number of probe vehicles for reeway travel time estimation by microscopic simulation," *Transportation Research Record*, vol. 1719, pp.61-68, 2000.
- [10] Meng Li, Zhi-jun Zou, Fanping Bu, and Wei-bin Zhang, "Application of Vehicle-Infrastructure Integration(VII) data on real-time arterial performance measurements," in Proc. *TRB 87th Annual Meeting*, Transportation Research Board, 2008.
- [11] Karthik K. Srinivasan and Paul P. Jovanis, "Determination of number of probe vehicles required for reliable travel time measurement in urban network", *Transportation Research Record*, vol. 1337, pp.15-22, 1996.
- [12] Whanphil Lee, Goonsung Nam, Soohee Kim, and Sangwoo Sim, "Study for information of vehicle path using Hi-pass system in expressway," in Proc. *2013 Spring Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.120-124, 2013.
- [13] Sangrho Lee, Sangchul Byun, Minhyun Kim, and Soohyung Kim, "Selection of link travel information's representative value by collected data in DSRC detection system (in a traffic situation of the national highway)," in Proc. *2013 Spring Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.125-130, 2013.
- [14] Yeonjung Lee, Hyunseok Park, Young-Chan Kim, and Byungwha Kim, "An efficient filtering technique for travel time estimation of national highway," in Proc. *2013 Spring Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.131-135, 2013.
- [15] Y. Ren, H. K. Kim, Y. T. Kim, and Y. P. Oh, "Evaluation of DSRC traffic information under interrupted traffic states in Busan," in Proc. *2013 Fall Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2013.

저자소개



런 위 (Ren, Yu)

2013년 9월 ~ 현재 : 부산 거원엔지니어링 국토교통부 주임직위
 2011년 9월 ~ 2013년 9월 : 동아대학교 석사과정(도시계획 및 조경전공)
 2007년 8월 ~ 2011년 8월 : 경북대학교 학사과정(토목전공)
 e-mail : specialboy88@naver.com
 연락처 : 051) 760-7508



김 회 경 (Kim, Hoe Kyoung)

2010년 Georgia Institute of Technology 공학박사(교통공학전공)
 2011년 9월 ~ 현재 : 동아대학교 도시계획학과 조교수
 2010년 2월 ~ 2011년 8월 : Oak Ridge National Laboratory 박사 후 과정
 2003년 7월 ~ 2010년 1월 : Georgia Institute of Technology 연구조교
 2002년 1월 ~ 2002년 5월 : Texas A&M University 연구조교
 e-mail : hoekim@dau.ac.kr
 연락처 : 051) 200-7665