

■ 論 文 ■

효과적인 교통정보 수집체계 구축을 위한 Paramics 기반의 AVI 성능 요구사항 분석 기법

A Tool for Analyzing Performance Requirements of Automatic Vehicle Identification (AVI) Techniques Based on Paramics

오 철

(한국교통연구원 책임연구원)

목 차

- | | |
|--------------------------|----------|
| I. 서론 | IV. 적용 |
| II. AVI 기반의 구간교통정보 수집시스템 | V. 결론 |
| III. 방법론 | VI. 참고문헌 |

Key Words : 교통정보, Paramics, 구간통행시간, AVI, API

요 약

본 연구에서는 구간의 교통상황을 보다 정확하게 관측할 수 있는 기법 중의 하나인 차량자동인식기법(AVI, Automatic Vehicle Identification)의 성능 요구사항 (performance requirements)을 분석할 수 있는 기법을 처음으로 제시하였다. 미시적 교통시뮬레이터인 Paramics를 이용하여 개별차량의 재인식(re-identification)을 통한 AVI 성능요구사항 분석을 몬테카를로 시뮬레이션을 적용하여 구현하였다. 본 연구에서 제안한 기법은 목표로 설정한 통행시간의 정확도를 달성하기 위한 매칭률(matching rate)과 오매칭률(mis-matching rate)의 조합을 찾고, 나아가 이에 부합하는 AVI 기술을 선정하는데 사용될 수 있다. 본 연구에서 제안한 기법은 AVI를 통한 정확하고 신뢰성 있는 교통정보의 수집 및 가공을 위한 의사결정지원 수단으로 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

This study firstly developed a tool for evaluating performance requirements of automatic vehicle identification (AVI) techniques. A microscopic traffic simulator, Paramics, was employed to investigate the effects of AVI performances on the accuracy of estimating section travel times. Mote Carlo simulation approach was incorporated into Paramics to conduct systematic evaluations of identifying required AVI performances. The proposed method in this study can serve as a logical and necessary precursor to field implementation of a variety of AVI techniques toward achieving more reliable traffic information.

I. 서론

1990년대 이후 첨단교통체계(ITS: Intelligent Transportation systems) 구현을 위한 지속적인 노력은 센서 및 통신기술의 발달과 더불어 전통적인 교통공학 분야에 새로운 연구 주제를 탄생시켰는데, 그것은 바로 '교통정보의 수집 및 가공'이다. 특히, 신뢰성 있는 실시간 교통정보는 이동통신망, 위치확인시스템, 첨단지리정보시스템을 통한 위치기반 서비스(LBS: Location Based Service), ITS 등을 자동차에 접목시켜 움직이는 비즈니스의 생활공간 창조라는 텔레매틱스(telematics) 서비스를 위해 필수적인 요소이다. 교통정보의 수집은 지점검지체계로부터 수집되는 교통량과 속도 자료를 가공하는 단계에서, 개별차량을 인식하고 추적하여 통행시간과 같은 구간의 교통상황을 파악할 수 있는 구간검지체계를 현장에 적용하는 단계로 발전하였다. 기존의 루프검지기에서 자동 차량인식기법(AVI: Automatic Vehicle Identification)으로의 진화가 대표적인 사례라고 할 수 있다.

기존의 교통분야에서 접근하는 AVI에 대한 연구는 AVI에서 수집되는 정보를 이용한 응용분야에 주로 초점이 맞추어져 왔다. 교통정보의 신뢰도를 확보하기 위한 프로브(probe) 차량 대수 추정^{1,2)}, 유교검지³⁾, 기종점 교통량 추정⁴⁾, 통행시간 예측^{5,6)} 등에 관한 연구 결과가 좋은 예이다. 본 연구에서의 초점은 기존 연구들과는 달리 보다 신뢰성 있는 구간교통정보의 생산을 위해서 필요한 AVI 성능 요구사항 (performance requirement)을 분석할 수 있는 기법을 개발하는 것이다. 예를 들어, 어떤 도로구간에서 90% 이상의 교통정보 정확도를 유지하기 위해 필요한 AVI의 차량 검지율, 인식율, 매칭율 등으로 표현되는 성능에 관한 요구사항을 도출하는 것이다. AVI는 원리에 따라 여러 가지 형태로 구분되며 그에 따른 성능도 다양하므로 이러한 요구사항은 도로구간의 교통, 기하구조, 환경 등의 특성에 부합하는 적절한 AVI 기법의 선정을 위한 중요한 의사결정지원 역할을 수행하게 된다.

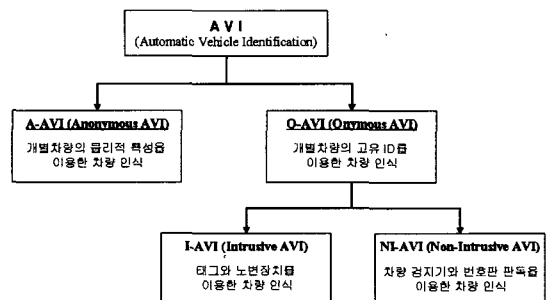
본 연구의 목적은 달성하고자 하는 교통정보의 정확도에 따라 요구되어지는 차량검지율, 인식율, 매칭율을 분석하는 AVI 성능 요구사항 분석 도구 (analysis tool)를 개발하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 최근 가장 각광 받고 있는 미시적 교통시뮬레이터 중의 하나인 Paramics를 이용한다. Paramic로부터 개별차량의 통행자료를 추출하는 API (Advanced programming

Interface)를 개발하고, AVI 성능 요구사항 분석을 수행하는 Monte Carlo 시뮬레이션 기반의 응용프로그램을 개발한다.

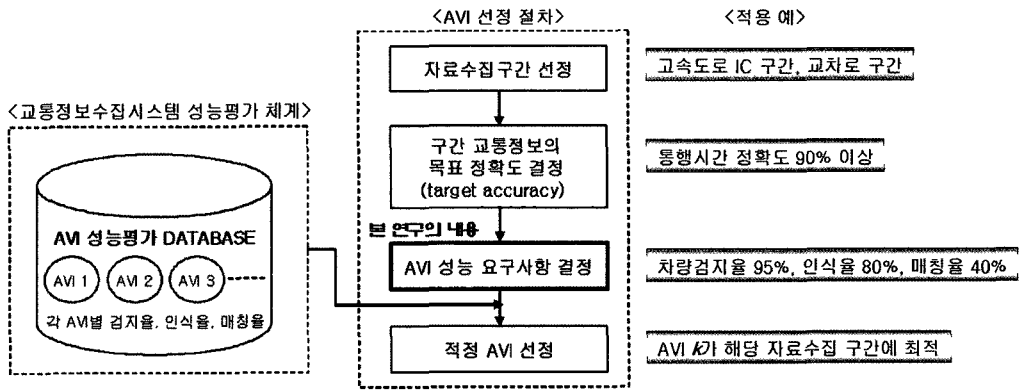
본 연구의 장별 구성은 다음과 같다. 2장에서는 AVI 기법들의 특성을 비교 분석하고, 구간교통정보 가공 분야에서 본 연구의 내용과 결과물의 역할 및 공헌을 알아본다. 3장에서는 방법론을, 4장에서는 적용 예를 제시한다. 마지막으로 본 연구 결과의 기대효과, 향후 연구과제에 대한 토의로 논문을 마무리한다.

II. AVI 기반의 구간교통정보 수집시스템

AVI 기법은 차량인식에 사용되는 입력자료의 형태에 따라 A-AVI (Anonymous AVI)와 O-AVI (Onymous AVI)의 두가지 형태로 크게 나누어 볼 수 있다. 이러한 구분의 기준은 차량 고유 ID의 입력자료 사용 여부에 달려있는데, 이것은 프라이버시 이슈와 직결되는 문제이다. A-AVI는 ID를 사용하지 않고 개별차량의 물리적인 고유특성 즉, 길이, 높이, 색상, 무게 등의 자료를 차량인식에 사용하는 것이다. 따라서 프라이버시 침해 논란으로부터 자유롭다. 반면에 O-AVI는 차량의 고유 ID를 사용함으로 프라이버시 문제가 대두되나, A-AVI에 비해 차량 매칭율의 정확도가 우수하다. A-AVI는 다시 두 가지 형태로 구분될 수 있다. 첫째는 차량에 태그(tag)를 설치하여 노변의 판독기와 무선통신 하여 차량의 고유 ID를 추출하고 이를 도로상 하류부의 다른 노변 판독기에서 인식한 ID와의 매칭을 통해 구간통행시간을 추출하는 I-AVI (Intrusive AVI)이다. 또 다른 하나는 루프 검지기나 레이저 검지기 등을 이용하여 차량을 검지하여 번호판을 촬영하고, 번호판 자료를 매칭하여 구간 정보를 추출하는 NI-AVI (Non-



<그림 1> AVI 기법 비교



〈그림 2〉 AVI 선정 절차

intrusive AVI) 이다. AVI 기법의 분류를 〈그림 1〉에 도식화 하였다.

보다 신뢰성 있는 교통정보의 제공을 위해서는 자료 수집 구간의 혼잡도, 도로 기하구조, 환경특성 등을 반영하여 교통정보수집체계를 구축해야 한다. AVI의 경우 그 원리 및 시스템 구성요소에 따라 정확도 및 비용이 상이할 수 있으므로 자료수집구간의 특성을 이해하고 이에 부합하는 AVI를 선정하는 것이 바람직하다

아울러 우리가 원하는 교통정보의 정확도는 그 목적에 따라 달라지는데, 단순한 교통정보의 제공 또는 신호운영과 같은 제어전략의 입력자료 등의 용도에 따라 성능 요구사항도 달라질 수 있다. 수집체계를 효과적으로 구축하기 위한 절차에는 〈그림 2〉에서 제시한 바와 같이 본 연구의 주요 관심사인 교통정보의 정확도에 따른 검지체계의 성능 요구사항 도출이 중요한 역할을 수행하게 된다.

III. 방법론

본 연구에서는 대표적인 미시적 시뮬레이션 모델의 하나인 Paramics를 시뮬레이션 도구로 사용하였다. Paramics의 가장 큰 장점은 이용자가 자체 개발한 다양한 교통 운영 및 관리전략, 교통정보 수집 및 가공 알고리즘 등을 평가할 수 있도록 외부에서 개발한 프로그램을 시뮬레이터에 plug-in 하는 API(Advanced Programming Interface) 환경을 제공하는 것이다.

AVI 성능 요구사항 분석을 위해서는 다양한 교통상황과 AVI 성능을 나타내는 척도 (차량검지율, 인식률, 매칭율(matching), 오매칭률(mis-matching))에 따른 stochastic variation을 고려해야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 API 기법

을 활용하여 Paramics에 plug-in하였다. 몬테카를로 시뮬레이션은 입력변수를 확률변수로 간주하고 확률밀도 함수를 가정하여 다양한 입력변수의 변화에 따른 결과값을 통계적으로 분석할 수 있는 도구로서, 본 연구의 주요 관심사인 다양한 AVI 성능척도에 따른 교통정보의 정확도를 분석하는데 효과적으로 사용될 수 있다.

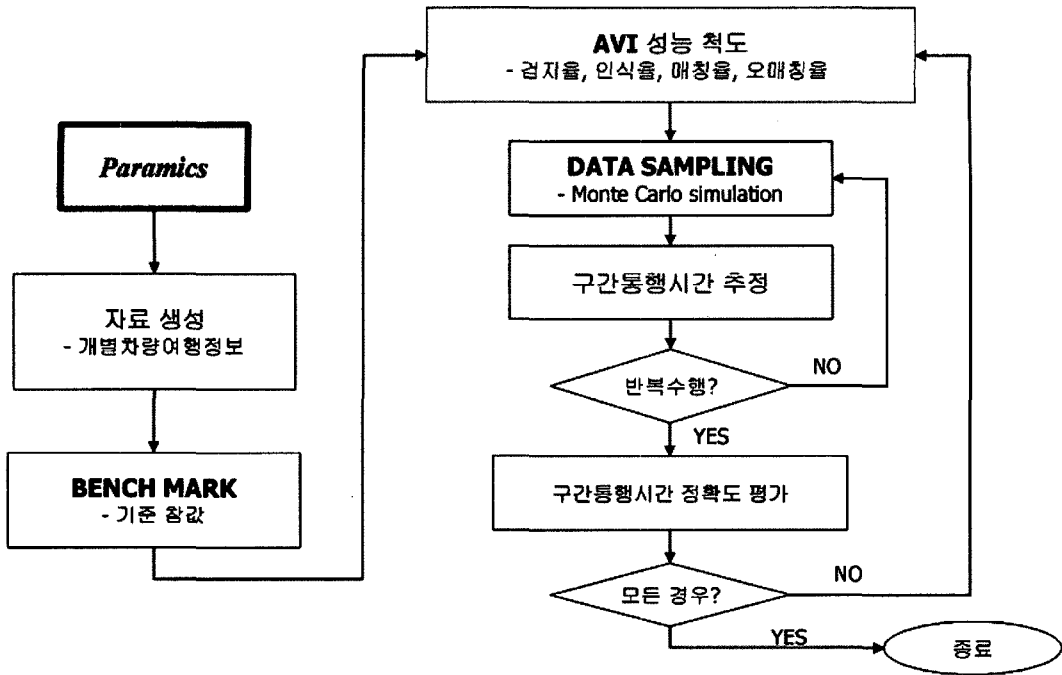
우선, 시뮬레이션을 통해 개별차량의 여행정보를 수집하여 평가를 위한 벤치마크 참값을 구성하는 데 활용한다. 여기서, 개별차량의 여행정보는 AVI 노변 판독기의 검지영역을 차량이 통과할 때 차량의 시뮬레이터 내부에서 차량 발생 시 부여되는 고유 ID와 검지시간(detection time)을 의미한다. AVI 성능 척도는 몬테카를로 시뮬레이션 수행을 위한 차량 matching case의 sampling rate으로 사용된다. 추출된 차량 matching case를 이용하여 구간통행시간을 산출한 후, 벤치마크 자료의 구간통행시간과 비교하여 추정된 통행시간의 정확도를 평가한다. 정확도 평가는 목표로 설정한 구간통행시간 정확도를 달성하였는가를 확인하는 작업이다. 〈그림 3〉에 평가절차를 도식화하였다. 여기서 통행시간을 사용한 이유는 여러 가지 교통변수들 중 실시간 교통정보로서 현재 가장 널리 사용되고 있기 때문이다.

몬테카를로 시뮬레이션 수행 시 중요한 이슈중의 하나는 샘플링의 반복수를 결정하는 문제인데, 본 연구에서는 시뮬레이션 결과의 평균과 분산을 이용하여 다음과 같이 결정하였다.

$$N = n \left(\frac{t_{g/2} \cdot s}{\mu \cdot \epsilon} \right)$$

N : 필요 반복수

n : 샘플수 (본 연구에서는 10)



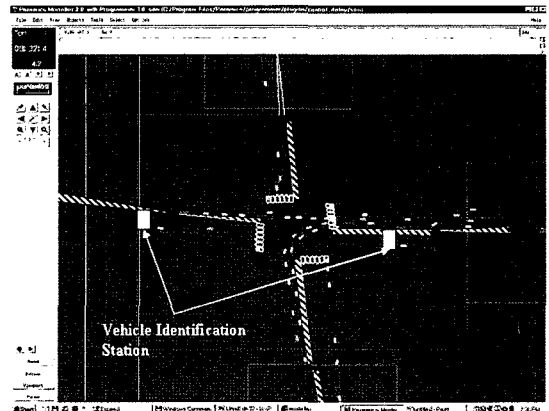
〈그림 3〉 분석절차

- $t_{\alpha/2}$: 유의수준 α 에서의 t분포의 기각역
- S : n 개의 샘플 반복을 수행하면서 얻어진 효과 척도의 샘플 표준 편차
- $\bar{\mu}$: n 개의 샘플 반복을 수행하면서 얻어진 효과 척도의 샘플 평균

IV. 적용

본 연구에서는 감응식(actuated) 신호제어로 운영되는 독립교차로를 Paramics에서 모형화하였다. 각 접근로는 2개의 좌회전 차로, 3개의 직진차로, 1개의 우회전 차로로 구성된다. 시뮬레이션은 사전실험을 통해 교차로의 지체도를 기준으로 HCM의 서비스 수준 C-D 수준의 교통상황이 구현되는 demand level을 적용하였다. 2시간의 시뮬레이션을 수행하였으며, 〈그림 4〉에 Paramics상에 입력된 교차로의 layout과 시뮬레이션 상황을 제시하였다.

교차로 접근로에 차량인식을 위한 identification station (IS)을 설치하여, IS를 통과하는 모든 차량의 ID와 검지시간(Detection time) 자료를 수집하였다. 수집된 자료를 이용하여 AVI 성능요구사항 분석을 위해 본 연구에서 제안한 기법을 적용하였다. 여기서는 AVI 성능에 가장 큰 영향을 주는 매칭률 (matching rate)과



〈그림 4〉 분석대상교차로

오매칭률(mismatching)의 변화에 따른 교차로 통행시간의 정확도를 나타내는 척도로 MAPE를 사용하였다.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N [abs(\frac{ATT_{obs,i} - ATT_{est,i}}{ATT_{obs,i}}) \times 100]}{TN}$$

$ATT_{obs,i}$: time step i에서 관측된 평균통행시간 (from Benchmark)

$ATT_{est,i}$: time step i에서 추정된 평균통행시간

(from Monte Carlo simulation)

TN : 총 time step 수

시뮬레이션 결과를 통해 분석된 AVI 성능에 따른 교차로 통행시간의 정확도를 <표 1>에 정리하였다. 본 연구에서는 제안된 방법의 적용 예를 제시하고자, 매칭률과 오매칭률을 AVI의 주요 성능으로 설정하고 분석을 수행하였다. <표 1>에서 음영으로 표시된 부분은 10% 이하의 MAPE를 의미한다. 따라서 우리가 달성하고자 하는 구간교통정보의 정확도를 10% MAPE로 설정한 경우 요구되어지는 매칭률 및 오매칭률의 조합을 <표 1>에서 손쉽게 찾을 수 있다.

<표 1> AVI 성능에 따른 통행시간 정확도 (MAPE,%)

매칭률	오매칭률				
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
0.1	26.85	32.11	35.20	37.45	42.12
0.2	17.23	21.56	23.96	30.05	38.27
0.3	12.59	15.78	19.11	25.49	32.14
0.4	10.99	14.05	17.04	21.47	29.36
0.5	9.53	12.54	13.20	18.26	25.69
0.6	8.02	10.25	11.88	15.33	16.48
0.7	5.22	8.76	9.19	12.01	13.68
0.8	4.70	7.62	8.17	9.69	11.51
0.9	4.17	5.12	7.29	9.01	9.57

V. 결론

다양한 형태의 ITS전략을 개발하고 이를 현장에 성공적으로 적용하기 위해서는 교통체계의 실시간 교통상황을 신속하고 정확하게 모니터링할 수 있는 교통정보 수집체계의 효과적인 구축이 우선적으로 선결되어야 할 과제이다. 본 연구의 주요 특징은 최초로 미시적 교통시뮬레이션에 바탕을 둔 교통 정보 수집체계의 설계를 위한 보다 진보된 방법론을 제시했다는 것이다.

본 연구에서는 목표로 설정된 구간교통정보의 정확도를 달성하기 위한 AVI 성능요구사항을 시뮬레이션을 활용하여 분석하는 방법론을 개발하였다. 이를 위해 최근 가장 각광 받고 있는 미시적 교통시뮬레이터 중의 하나인 Paramics를 이용하였다. Paramic로 부터 개별차량의 통행자료를 추출하는 API (Advanced programming Interface)를 개발하고, AVI 성능 요구사항 분석을 수행하는 Monte Carlo 시뮬레이션 기반의 응용프로그램을 개발하였다.

본 연구에서는 AVI 성능 요구사항 분석을 위해 구간의 교통특성을 가장 효과적으로 전달해 줄 수 있는 구간통행시간을 효과적으로 적용하였다. 그러나 AVI 이외의 교통정보수집 시스템의 요구사항을 분석할 경우에는 시스템의 특성을 고려하여 적절한 다른 효과척도를 적용한 분석이 필요할 수도 있다. 이는 효과척도의 특성에 따라 다른 결과를 얻을 수도 있기 때문이다.

본 연구에서 제안하는 기법은 목표로 설정한 통행시간의 정확도를 달성하기 위한 매칭률과 오매칭률의 조합을 찾고, 나아가 이에 부합하는 AVI 기술을 선정하는데 사용될 수 있다. 따라서 AVI를 통한 정확하고 신뢰성 있는 교통정보의 수집 및 가공을 위한 의사결정지원 수단으로 유용하게 사용될 것으로 기대된다. 그러나 보다 효과적인 AVI 기술의 선정, 현장 구축 및 운영을 위해서는 설치위치, 도로기하구조, 교통환경 등 AVI 성능에 영향을 줄 수 있는 외부 환경요인에 대한 보다 깊이 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 고승영 (2002). "교통정보 수집을 위한 프로브차량 대수 모형 개발", 대한교통학회지, 제20권 제4호, 대한교통학회, pp.177~185.
2. 이청원·박지영 (2001). "Determining the Optimal Number of Probe Vehicles for ATIS Applications in Urban Networks", World Congress on Transportation Research Seoul, Korea.
3. Hellinga, B. (2000) "Automatic vehicle identification-based freeway incident detection", Transportation Research Record 1727, TRB, national Research Council, Washington D.C., pp.142~153.
4. Dixon, M., and Rilett, L.R. (2000), "Real-time origin-destination estimation using automatic vehicle identification data", Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C.
5. Rilett, L. R., and Park, D. (2001), "Direct forecasting of freeway corridor travel times using spectral basis neural networks", Transportation Research Record 1752, TRB, national Research Council, Washington

D.C., pp.140~147.

6. 장진환·백남철·김성현·변상철 (2004). "AVI 자료를

이용한 동적 통행시간 예측", 대한교통학회지, 제22권 제7호, 대한교통학회, pp.169~175.

✻ 주 작 성 자 : 오 철

✻ 논문투고일 : 2005. 10. 29

✻ 논문심사일 : 2005. 11. 30 (1차)
2005. 12. 15 (2차)

✻ 심사판정일 : 2005. 12. 15

✻ 반론접수기한 : 2006. 4. 30