

방법-교통 AVI의 통합 DB를 활용한 교통정보 신뢰성 개선방안 연구

A Study on Reliability Improvement of Traffic Information by Integrating Security and Traffic AVI Data

박한영* 김경석** 강소정***
(Han-Young Park) (Gyeong-Seok Kim) (So-Jeong Kang)

요약

도로상에 설치되어 있는 AVI는 두 가지 목적으로 ① 방법용, ② 교통용으로 구분되며, 관리기관 또한 ① 경찰청, ② 지자체, ③ 지방국토관리청, ④ 한국도로공사로 다양하다. 하지만 수집데이터는 차량번호, 통행시간, 차량사진으로 동일한 함에도 불구하고 구축된 목적에 따라서만 데이터가 이용되고 있어 관리주체가 상이하기 때문에 데이터간의 연계가 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 이 데이터를 통합하여 교통정보 생성용으로 활용가능성을 평가하고, 센터속도의 신뢰성 제고를 목적으로 방법-교통 AVI DB를 연계 통합한 구간검지체계의 도입방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 향후 교통용과 방법용의 AVI의 DB를 통합하여 교통정보 생성용으로 활용할 경우 구간소통정보를 산출할 수 있는 구간이 확대되고, 센터속도와 실측값 사이의 오차율을 감소시키는 방안으로 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 방법 측면에서도 범죄 예방 및 검거율이 향상될 것으로 기대된다.

핵심어 : 차량번호인식장치, 첨단교통관리시스템, DB 통합, 신뢰성개선

Abstract

AVIs on the road are installed for ① security ② and for traffic, and they are various managed by ① police department, ② local government, ③ national highway management, ④ Korean highway corporation. But although the collected data of the plate number, the travel time, the picture of the car are same, they are used in purposes of its installation because the managements are different and the data are difficult to be connected with each other. For this reason, this study is to appraise the application for creating traffic information by integrating these data, and to suggest the introduction of spatial detection system which integrated security-traffic AVI DB for the purpose of reliability improvement of center's velocity. The estimating sections of link travel information seems to be expanded, and the error rate between the center's velocity and the experimental value will be reduced if integrated DB of traffic and security AVIs is used for creating traffic information. Also, the crime prevention and arrest rate is expected to rise in the future.

Key words : AVI, ATMS, Integrated DB, Reliability Improvement

† 본 연구는 국토해양부 건설교통연구개발사업의 연구비지원(11교통체계-지능01)으로 수행하였습니다.

* 주저자 : 한국교통연구원 연구원

** 공저자 및 교신저자 : 공주대학교 건설환경공학부 교수

*** 공저자 : 공주대학교 대학원 도시·교통공학과 석사과정

† 논문접수일 : 2012년 8월 2일

† 논문심사일 : 2012년 9월 14일

† 게재확정일 : 2012년 9월 25일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

국토해양부는 도로이용효율 극대화를 목적으로 1997년부터 지속적으로 지능형 교통시스템(Intelligent Transportation System, 이하 ITS)을 구축하여 일반국도 2,529km에 대하여 교통정보를 제공하고 있다. 하지만 ITS 구축 이후 센터속도와 실측값의 오차 감소는 계속적인 문제로 대두되었고, 이로 인해 자료수집 기술의 발전이 단계적으로 진행(지점 → 구간 → 융합)되면서 신뢰성 제고를 위한 수집 체계의 다양화 방안 연구가 지속되고 있다.

구간검지체계 중 차량번호인식장치(Automated Vehicle Identification, 이하 AVI)는 상류부와 하류부에 설치되어있는 카메라에 의해 수집된 자료로 구간소통정보를 산출할 수 있고, 통과하는 전 차량을 프로브차량으로 하기 때문에 최근 구축 범위는 연속류에서 단속류 도로로 확대되어 가고 있다.

최근 이러한 AVI의 활용목적은 사고와 범죄로부터 안전해 지기 위한 노력의 일환으로 방법에 대한 인식이 향상되면서 안전한 도시를 만들고자 교통기능에만 머무르지 않고, 그 관찰 영역을 방법으로 확장하고 있다. 방법 AVI는 범죄 차량의 도주를 감시 및 추적하여 범죄를 예방하고 범인을 검거하는 효과를 극대화할 수 있어 최근 다수의 지자체가 시민의 불안감 해소 효과를 얻고자 구축이 증가하고 있는 추세다.

이렇게 도로상에 설치되어 있는 AVI는 두 가지 목적으로 ① 방법용, ② 교통용으로 구분되며, 관리기관 또한 ① 경찰청, ② 지자체, ③ 지방국토관리청, ④ 한국도로공사로 다양하다. 하지만 수집데이터는 차량번호, 통행시간, 차량사진으로 동일함에도 불구하고 관리주체가 상이하기 때문에 데이터간의 연계가 어려워 구축된 목적에 따라서만 데이터가 이용되고 있는 실정이다. 하지만 최근 기관별·목적별로 설치되어 분산 운영되고 있는 방법용과 교통용의 AVI를 통합·운영하려는 계획이 지속적으로 확대되어나가고 있다.

따라서 본 연구에서는 방법용 AVI와 교통용 AVI의 데이터를 통합하여 교통정보 생성용으로써의 활용가능성을 평가하고, 센터속도의 신뢰성 제고를 목적으로 방법-교통 AVI DB를 연계 통합한 구간검지체계의 도입방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

연구의 공간적 범위는 교통용 AVI와 방법용 AVI가 구축 및 운영되며 DB의 수집이 가능한 경기도 안양시를 사례로 연구를 진행하며, 주요 4개 간선도로를 선정하여 신뢰성평가를 수행한다.

시간적 범위는 2011년 11월 23일(수)~24일(목)으로 기간 동안 수집된 자료를 사용하였으며, 주행조사 자료와 신뢰성 평가는 오전첨두(07:00~08:00), 비첨두(12:00~13:00), 오후첨두(17:00~18:00)를 시간적 범위로 설정하였다.

본 연구는 평가 대상지역으로 선정된 안양시의 교통특성과 수집체계를 분석하고, 연구에 적용할 통합 DB를 구축한다. 이 통합 DB를 이용해 구간교통정보 산출에 앞서 교통정보 생성용으로의 활용가능성을 평가하기 위하여 OD 매트릭스(Matrix)를 구성하고 최소표본수를 만족하는 대상구간을 평가하고 선정한다. 교통정보의 산출 및 평가 단계로, 통행속도 산출의 신뢰성을 제고하기 위하여 최소표본수를 만족하는 구간을 대상으로 통합 DB를 적용한 가공체계를 5가지의 시나리오로 구성하고 이를 기존수집체계와 실측값을 비교한 결과값을 통하여 설치 목적이 다른 AVI DB의 연계·통합 활용방안을 제시한다.

3. 선행연구 검토 및 차별성

구간통행속도 산출을 위해 수집되는 AVI의 DB를 이용한 응용분야 연구 위주의 선행연구가 진행되었으며, 그 연구의 내용은 다음과 같다.

홍은주 외 1인(2002)은 지점별 검지기 자료와 구간통행시간의 관계를 고려하여 신경망을 이용한 통행시간 추정방법을 제시하였다. 입력변수에 따라

분류된 모형을 남산1호터널구간의 검지기데이터와 AVI자료를 이용하여 통행시간을 추정해본 결과 지체발생시간대 90% 이상이 5~15분 이내로 수렴하였으며 시간에 따른 추정 통행시간의 변화가 전반적으로 실제통행시간과 비슷한 추세를 보인 것으로 분석되었다[1].

문학룡 외 3인(2003)은 AVI를 이용한 구간통행시간 산출방식을 제시하며 AVI의 성능과 관련되는 Parameter인 검지율, 인식율, 차량매칭률에 따른 현장적용성 평가결과를 제시하며 구간통행시간 산출 연구의 초석을 마련하였다[2].

장진환 외 3인(2004)은 일반국도 1호선의 AVI 수집 데이터를 기반으로 칼만 필터링 알고리즘을 통해 통행시간 수집주기별(5분, 10분, 15분, 30분)로 예측을 진행하였다. MARE(Mean Absolute Relation Error), RRSE(Root Relative Square Error) 등을 평가 지표로 활용하였고, MARE와 RRSE가 0.061~0.096으로 단속류 교통특성으로 인해 통행시간 변동이 심하다는 점을 감안하면 예측 알고리즘이 만족할 만한 수준의 성능을 보인 것으로 나타났다[3].

김원경(2007)은 국내·외 기존 필터링 알고리즘을 고찰 및 데이터 분석을 통해 단속류인 일반국도에 적합한 필터링 과정을 개발해 통행시간 추정 알고리즘을 제시하였고, AVI 원시데이터를 기준값으로 하여 현장적용을 MAPE(Mean Absolute Percentage Error), RMSE(Root Mean Square Error)를 이용해 개발 알고리즘과 기존 알고리즘을 평가하였다[4].

서로 다른 검지체계의 데이터를 융합하여 예측치의 정확성을 높이고자 하는 교통정보가공체계의 데이터 융합에 대한 선행연구는 다음과 같다.

김영찬 외 1인(2001)은 지점검지체계와 구간검지체계와의 자료합성을 통하여 도심 간선도로 및 지방도로 구간별 효과척도를 산정하여 통행시간을 추정하는 모형을 개발하였다. 개발된 모형에 의해 개개구간의 통행시간을 산출하고 동일시간, 동일구간에서 조사된 실측데이터와의 오차를 비교를 통해 추정된 통행시간을 검증하였다[5].

이현재(2005)는 지점검지기와 AVI 자료를 이용하여 구간통행시간을 추정한 후 두 통행시간과 과

거 이력통행시간을 융합하는 모형을 개발하였다. 융합모형은 도착기준 AVI 통행시간과 회귀모형에 의한 VDS 통행시간, 전주기 융합통행시간을 독립변수로 하고 이에 융합가중치를 부여하였다. 현장 자료를 통해 검증해 본 결과 개별 통행시간보다 융합통행시간이 오차가 적고 기존모형에서 해결하지 못한 시간처짐현상을 해결할 수 있는 것으로 분석되었다[6].

최기주 외 1인(2009)은 루프검지기와 GPS 프로브 차량의 정보를 융합하는 방법으로서 퍼지선형회귀 모형과 신뢰도비를 이용하였다. 루프 검지기가 설치된 링크에 GPS 프로브 차량이 통행하여 2가지 수집체계로부터 통행시간 정보를 산출할 경우, 링크 단일 정보 산출을 위한 정보의 통합과정에서 퍼지선형회귀 기법을 적용하여 각 수집체계별 융합을 위한 신뢰도를 산출하여 융합하였다[7].

국외에서 AVI를 이용한 구간통행속도 산정의 대표적인 예로는 미국 San Antonio의 TransGuide System[8]과 일본의 한신고속도로[9] 등이 있으며, 신뢰성 제고를 목적으로 데이터 퓨전과 관련해 Sisiopiku 외 1인(1994)의 루프검지기와 프로브 자료, 누적데이터를 활용한 통행시간 추정 연구[10], Kenichiro 외 1인(1999)의 AVI와 Ultrasonic 검지기 자료를 결합한 연구[11], El Faouzi(2005)의 번호판 매칭자료와 루프검지기를 결합 연구[12], Wei 외 1인(2007)의 GPS 정보와 VDS를 결합한 연구[13]. Francesc Soriguera Martí(2010)의 루프검지기와 톨게이트 진출입 정보의 결합 연구[14] 등이 진행되어왔다.

이상의 기존연구들을 종합해보면 현재 AVI를 활용한 구간통행속도 산출에 관한 연구는 상당 부분 진행된 상태이며, 국내외에서 신뢰성 높은 속도 산출을 목적으로 구간검지체계-지점검지체계 간의 데이터 융합, 구간검지체계-구간검지체계 간의 데이터 융합에 대한 연구가 진행되고 있다. 이처럼 현재까지의 데이터 융합과 관련된 연구들은 교통정보 수집을 목적으로 하는 수집체계간의 데이터 융합에 관한 연구로써 사용 목적이 다른 DB와 교통정보수집 목적의 DB의 통합을 시행한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 교통정보 수집체계와 활용용도가 상이한 교통용-방법용 AVI의 통합 DB로부터 얻을 수 있는 자료를 연계하여 신규 데이터 융합 체계로써 신뢰성 있는 정보 제공 방안을 제시하고자 하였으며, 이에 본 연구는 다음과 같은 차별성을 가진다고 정리할 수 있다. 첫째, 수집목적이 달라 기존에는 활용하지 않던 방법용 AVI의 데이터를 교통정보 생성용으로 활용하기 위한 가능성을 평가한다. 둘째, 이를 이용한 구간검지체계의 도입 가능성을 평가하기 위하여 신뢰성 평가를 진행하고, AVI의 통합 DB를 사용할 경우 기존수집체계와 비교하여 신뢰성이 개선됨을 증명한다.

II. 이론적 고찰

1. 교통정보 수집체계

도로 이용자의 교통정보에 대한 수요 증가와 효율적인 도로 이용을 위해 교통정보를 수집하고 제공하는 시스템에 대한 개발이 지속되고 있다.

교통정보 수집은 자료수집 기술의 발전단계에 따라 총 3세대 방식으로 구분이 가능하다. 1세대 방식은 인간의 관측에 의하여 교통정보를 수집하는 단계로, 조사위치에 따라 도로변 조사와 차량 내 조사로 구분할 수 있다. 이 방식은 조사원이 일일이 관측한다는 점이 특징이다. 2세대 방식은 고정지점에 위치한 검지장비(루프검지기, 영상검지기)를 통하여 지점의 교통정보를 수집하는 방식이며, 2.5세대 방식은 AVI와 같이 두 지점 간의 차량정보를 이용해 구간교통정보를 수집하는 방식이다. 3세대 방식은 차량 내의 위치를 확인할 수 있는 장비(RFID, GPS 수신기, 휴대폰 등)를 설치하고, 이 장비와 센터 또는 기지국 간의 무선통신을 통하여 위치 정보를 수집하여 지점 또는 구간교통자료를 수집하는 방식을 말한다[15].

2. AVI 설치 목적별 DB 구성

AVI는 용도별로 방법용과 교통용으로 구분할 수 있다. 방법용 AVI는 주로 경찰청에서 범죄 차량의

감시 및 추적을 목적으로 구축·운영하며, 차량번호, 통과시간, 차량사진을 수집해 주요도로를 통과하는 차량의 데이터를 확보하여 범죄차량 통과여부를 자동으로 파악한다. 교통용 AVI는 교통정보 수집을 목적으로 관할 지방자치단체 또는 지방국토관리청, 고속도로 우회도로의 경우 한국도로공사에서 관리한다. 마찬가지로 차량번호, 통과시간, 차량사진 자료를 수집하며, 설치 지점의 모든 차량을 대상으로 차량 번호판 정보를 판독하여 교통정보를 수집하고 하류부에 인접하여 설치된 AVI의 수집 정보와 매칭하여 검지시간 차이와 검지기 간의 거리를 이용하여 구간속도 및 통행시간 등의 교통정보를 가공하는데 활용한다.

〈표 1〉 설치목적별 AVI의 관리기관 및 데이터수집
(Table 1) Management Agency and Data list of AVI

설치목적	관리기관	수집데이터
방법용	경찰청	차량번호 통과시간 차량사진
교통용	지방자치단체	
	지방국토관리청 국도	
	한국도로공사 고속도로 우회도로	

III. 통합 AVI DB 활용 가능성 평가

1. 활용 가능성 평가 방법론

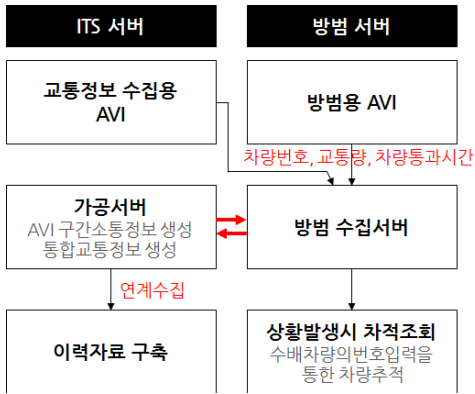
통합 AVI DB의 활용 가능성 평가는 두 가지의 목적을 가진다. 첫 번째로 통합 DB의 활용 가능성 및 당위성 평가의 척도로 활용되며, 두 번째로 유효 표본수를 만족하여 교통정보 생성이 가능한 구간을 파악하고 선정하는데 이용된다.

이를 위하여 안양시에서 수집되는 교통용(9개소)과 방법용(22개소) AVI의 원시데이터를 이용해 설치된 지점간을 연결하고, 방향성을 고려해 AVI의 설치목적에 따라 3가지 유형(① 방법 AVI 기반의 매트릭스, ② 교통 AVI 기반의 매트릭스, ③ 통합 AVI 기반의 매트릭스)으로 분리하고 매트릭스를 구성한다. 이렇게 구성된 매트릭스는 유입부와 안양

시 내부에 설치되어 교통정보 생성용으로 활용이 가능한 AVI를 기준으로 지점 간을 연결하는 구간들 중 최소 표본수를 만족하는 구간을 찾기 위하여 통합 DB를 구축하고 이를 이용해 평가를 진행하고자 한다.

이와 같은 분석을 진행하기 위하여 필요한 대상 구간의 데이터 수집은 2011년 11월 23일(수)~24일(목)으로 기간 동안 수집된 자료를 사용하였으며, 오전첨두(07:00~08:00), 비첨두(12:00~13:00), 오후첨두(17:00~18:00)로 구분하여 수집하였다.

대상지역의 방법용 AVI 22개소와 교통용 AVI 9개소에서 수집되는 차량번호, 통과시간, 사진정보 등의 정보를 연계 통합하며, 15분을 Default로 선정하여 통합 DB를 구축하였다.



〈그림 1〉 통합 AVI DB 구축 체계
 〈Fig. 1〉 The System of AVIs Integrated DB

평가의 단계는 총 3단계로 구성된다. 1단계는 Data Matching 단계로, 지점별로 수집된 통합 DB를 이용하여 j 지점에 도착한 교통량 중에서 i 지점의 AVI에서 인식되고 j 지점의 AVI에서도 인식한 동일 번호판 차량대수의 비율을 산정한다.

$$\text{번호판매칭률} = \frac{(i, j) \text{ 지점간 동일번호판으로 인식한 차량대수}}{(j) \text{ 지점 통과교통량}} \quad (1)$$

2단계는 Data Filtering 단계로 단속류 유형의 도로에서 잦은 유출입 지점과 대상구간 중간에서의

고장 및 주차 등에 의해 주행시간이 너무 장시간인 경우와 구간 교통정보 수집시스템 장치의 자체적인 오인으로 차종이 다르나 차량번호가 동일하게 인식되어 구간 주행시간이 너무 짧은 경우 이에 해당하는 이상치(outlier) 값을 제거하는 단계이다. 본 연구에서는 과거 이력자료를 기반으로 2차례(1차: 상한값과 하한값을 제거, 2차: 신뢰도 95%의 범위를 초과하는 값 제거)에 거쳐 넓은 범위에 산재되어 있는 이상치를 제거하는데 효과적인 신뢰구간 추출법을 이상치 제거 기법으로 적용하였다[15, 16].

3단계는 앞서 1, 2단계 거쳐 도출된 값들이 최소 표본수를 만족하는지 확인하는 단계로써, 본 연구에서는 단속류의 해당하는 대상구간에 적용이 가능한 변동계수를 고려한 최소 표본수 산정식을 기준으로 통행시간 수집을 위한 표본크기를 산정하였다. 이 방법은 변상철 외 3인(2009)이 국토 ITS의 하이패스 단말기를 이용한 DSRC 기반의 교통정보 시스템의 적용성을 검증하는데 사용되었던 방법으로 연속류와 단속류에 동시에 적용할 수 있는 방법이다. 도로 이용자에게 신뢰성 있는 교통정보를 제공하기 위하여 변동계수는 교통조건에 따라 평상시 0.1 및 0.2로 적용해 신뢰수준 95%, 오차 ±5%일 경우, 최소표본수는 정보제공주기(5분) 5대 이상 수집이 요구된다는 연구결과[17]를 토대로 AVI의 정보 수집주기를 15분으로 선택한 본 연구에서는 15대 이상의 차량 매칭이 최소표본수로 요구된다. 따라서 15대/15분 이상을 만족하는 구간이 통합 AVI DB를 활용할 수 있는 구간이라는 평가를 내리고자 한다.

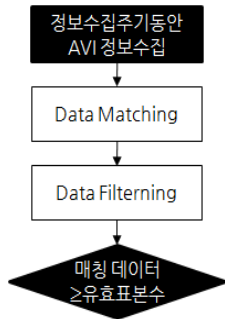
$$\text{표본수}(n) = \left\{ \frac{t \times c.v}{e} \right\}^2 \approx \left\{ \frac{z \times c.v}{e} \right\}^2 \quad (2)$$

$c.v$ = 변동계수(Coefficients of Variation)

e = 상대오차(Relative Error)

z = 표준정규화변수(신뢰수준 95%, 상대오차 0.05일 때 1.96)

t = 특정 신뢰수준에서의 t분포의 통계량



〈그림 2〉 활용 가능성 평가 방법론
 〈Fig. 2〉 Evaluation method of application possibility

2. 활용 가능성 평가 결과

통합 DB를 활용한 교통정보 생성의 활용 가능성 평가를 진행한 결과, 교통 AVI DB만을 활용하였을

경우에는 매칭이 가능한 21개 구간 중 3개 구간에서 최소 표본수를 만족하여 교통정보 생성이 가능한 것으로 분석되었다. 또한 방법 AVI DB만을 활용하였을 경우에도 매칭이 가능한 57개 구간 중 3개 구간에서만 최소 표본수를 만족하였다.

교통용 AVI와 방법용 AVI에서 수집되는 DB를 통합하였을 경우에는 매칭 가능한 매트릭스 구간이 154개로 수가 큰 폭으로 증가하였으며, 최소 표본수를 만족하는 매트릭스 역시 22개 구간으로 증가하였다. 이로써 DB를 통합하였을 때, 안양시는 신규 구간검지체계를 통해 22개 구간에 대한 정보 수집이 가능해 지며, 기 구축된 수집정보 보완용으로도 활용할 수 있게 됨에 따라 센터정보 신뢰성을 제고할 수 있는 하나의 수집체계로 활용할 수 있을

〈표 2〉 유형별 활용 가능성 평가 결과
 〈Table 2〉 Result of evaluation for application possibility by type

구분	연번	구 간 명		통과차량	유효표본수	매칭률
교통용 AVI 기반	1	비산동 우리은행 앞	→ 안양여고사거리	678	16	2.36%
	2	비산동 우리은행 앞	→ 2001 아울렛 맞은편	685	17	2.51%
	3	2001 아울렛 맞은편	→ 안양여고사거리	674	122	18.14%
방법용 AVI 기반	1	중앙로 국민은행 앞	→ 삼호수정아파트	517	16	3.05%
	2	중앙로 국민은행 앞	→ 비산고가 앞	560	21	3.36%
	3	비산고가 앞	→ 인덕원사거리	1,315	27	2.08%
통합 (방법-교통용) AVI 기반	1	중앙로 국민은행 앞	→ 삼호수정아파트	517	16	3.05%
	2	중앙로 국민은행 앞	→ 비산고가 앞	560	21	3.36%
	3	비산고가 앞	→ 인덕원사거리	1,315	27	2.08%
	4	비산동 우리은행 앞	→ 충훈2교 부근	974	16	1.64%
	5	비산동 우리은행 앞	→ 장미아파트 앞	1,301	26	1.99%
	6	비산동 우리은행 앞	→ 석수 IC	958	43	4.51%
	7	비산동 우리은행 앞	→ 안양여고사거리	678	16	2.36%
	8	비산동 우리은행 앞	→ 2001 아울렛 맞은편	685	17	2.51%
	9	비산지하차도 옆	→ 인덕원사거리	1,808	72	4.00%
	10	비산지하차도 옆	→ 인덕원 삼성아파트 앞	831	31	3.76%
	11	호계사거리 1	→ 호계육교	926	15	1.58%
	12	호계사거리 1	→ 삼신아파트 앞	822	53	6.50%
	13	안양여고사거리	→ 충훈2교 부근	869	29	3.37%
	14	안양여고사거리	→ 하수종말처리장	498	16	3.16%
	15	안양여고사거리	→ 연현오거리	754	30	3.95%
	16	2001 아울렛 맞은편	→ 충훈2교 부근	889	19	2.17%
	17	2001 아울렛 맞은편	→ 하수종말처리장	518	17	3.19%
	18	2001 아울렛 맞은편	→ 안양여고사거리	674	122	18.14%
	19	만안경찰서앞	→ 삼호수정아파트	445	26	5.78%
	20	범계사거리 1	→ 산본고가 입구	467	19	4.02%
	21	범계사거리 2	→ 인덕원사거리	1,488	29	1.97%
	22	범계사거리 2	→ 인덕원꿈나래유치원	632	17	2.74%

것으로 예상된다. 또한 교통정보를 생성할 수 있는 구간이 대폭 증가함에 따라 교통 측면에서 활용성 뿐만 아니라 방법 측면에서도 구간선도로서의 투명감시체계가 확대될 것으로 평가된다.

단, 본 연구에서 사용된 AVI의 DB는 개인정보에 해당하므로 목적 외 사용과 관련하여 법적으로 문제시 될 수 있다. 이와 관련하여 개인정보보호법에서는 제15조에 해당하는 경우에 한해 개인정보를 수집할 수 있으며, 그 수집 목적의 범위에서 이용할 수 있다고 정의하고 있다. 또한 제18조에 따르면 수집목적 범위를 초과하여 제3자에게 제공해서는 안 된다고 정의하고 있다. 단, 정보 주체 또는 제3자의 이익을 부당하게 침해할 우려가 있을 때를 제외하고는 개인정보를 목적 외의 용도로 이용하거나 제3자에게 제공할 수 있는 경우가 있다. 공공기관에 한해 범죄의 수사와 공소의 제기 및 유지를 위해 필요한 경우가 이에 해당하는데 본 연구의 해당 DB인 교통정보의 수집·분석 및 제공을 위하여 수집된 정보를 방법의 목적으로 사용이 가능함을 시사한다. 하지만 이러한 경우 이용 또는 제공의 법적 근거, 목적 및 범위 등에 관하여 필요한 사항을 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 관보 또는 인터넷 홈페이지 등에 게재하여야 한다고 명시하고 있다. [개인정보보호법 제15조, 제18조제2항, 제4항] 따라서 법령에서 제시한 바와 같이 관보 또는 인터넷 홈페이지 등에 DB 통합에 대한 내용을 게재 후 이용할 수 있도록 조치를 취하거나 법률상에 특별 규정을 마련하는 노력이 필요하다.

IV. 통합 AVI DB 구간통행속도 신뢰성 평가

1. 신뢰성 평가 방법론

신뢰성 평가는 앞선 ‘Ⅲ. 통합 AVI DB 활용 가능성 평가’를 통해 최소표본수를 만족하였던 구간 중 1개 구간을 대상으로 구축된 통합 DB를 구간통행속도 산출에 사용할 경우의 효과를 평가하기 위하여 본 연구는 신뢰성 평가를 추가로 진행하였다. 이는 기존 수집체계와 통합 AVI DB 자료를 이용한

데이터 융합 표출정보와 실측값과의 오차율을 분석해 DB의 연계·통합의 필요성을 밝히는 것을 목적으로 한다.

안양시의 주요 4개 간선도로(시민로, 중앙로, 경수산업도로, 관악로)를 평가대상구간으로 선정하고 MAPE를 평가지표로 활용해 신뢰성 개선 정도를 제시하고, 교통정보 생성용으로써의 AVI 통합 DB를 평가하고자 한다.

따라서 본 연구는 신뢰성 평가를 시행하기 위하여 데이터 퓨전을 위한 시나리오를 구성해 평가를 진행하고자 한다. 퓨전에 필요한 가중치는 과거 주기자료를 기준으로 자료 융합비를 산출하여야 하나 안양시의 과거 AVI DB의 수집이 어려워 임의의 가중치를 선정하여 시나리오를 구성하고 구성된 5개 시나리오와 기존 수집체계에 의해 산출된 통행시간 정보를 실측값과 MAPE 평가를 통해 신뢰성을 평가한다.

〈표 3〉 신뢰성 평가 시나리오
 〈Table 3〉 Scenario for reliability test

구 분	데이터 퓨전 비율		실 측 값
	통합DB기반 통행속도	기존 수집체계	
기존센터속도	0%	100%	⇔
시나리오1	20%	80%	
시나리오2	40%	60%	
시나리오3	60%	40%	
시나리오4	80%	20%	
시나리오5	100%	0%	

2. 신뢰성 평가 결과

기존 센터속도와 비교하여 통합 AVI DB와 기존 수집체계의 데이터 퓨전을 진행하였을 경우 검증용 실측데이터와의 MAPE 값이 감소하는 것으로 분석되었다.

4개 구간의 대부분의 시간대와 구간에서 전반적으로 통합 DB를 활용한 AVI의 구간통행속도 가중치가 높아질수록 MAPE 값은 감소하며 신뢰성이 높아지는 것으로 나타남에 따라 시나리오 5→시나리오 4→시나리오 3→시나리오 2→시나리오 1→기

존수집체계 순으로 우수한 신뢰성을 보였다. 특히 관악로 오전첨두 07:45~08:00 시간대의 오차율 감소효과는 연구결과 중 최대값인 188.12%가 감소하며 MAPE 13.73%로 매우 정확한 정보가 산출하는데 효과가 있는 것으로 분석되었다. 이외 MAPE 값은 1시간 평균 결과 최소 1.45%, 최대 75.08%의 오차가 감소하며 신뢰성이 개선됨을 확인할 수 있었다. 이는 실측값과 기존수집체계와의 MAPE 값이 적은 경우에는 개선효과가 미비하였지만, MAPE 값이 클 경우에 실제 교통상황이 반영된 통합 DB의 가중치가 높아진 만큼 신뢰성 개선이 효과적이었던 것으로 분석할 수 있다. 하지만 통합 DB를 활용해 신뢰성이 개선되었지만 비교적 MAPE 값이 높아 수집주기별로 더 많은 수의 실측데이터를 수집하여 오차율 비교를 통한 신뢰성 평가를 진행할 필요성이 있는 것으로 사료된다.

하지만 실측값이 기존수집체계에서 수집된 정보와 통합 DB를 통해 산출된 정보의 사이값에 위치해 가중치에 따라 오차율이 특정한 형태가 없이 변화하는 시간대와 구간이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 기존 수집체계에 통합 DB를 사용한 신뢰성 제고를 위해서는 패턴자료를 구축하여 가중치 산정에 대한 연구의 진행이 필요하다.

V. 결 론

본 연구에서는 운전자에게 제공되는 통행시간 정보의 신뢰성을 제고하기 위한 방안으로써, 도로상에 설치되어있는 교통용 AVI와 방법용 AVI에서 수집되는 데이터를 이용하여 구간통행속도를 산출하는 하나의 방안을 제시하고 하였다. 이러한 방안을 제시하기에 앞서 교통정보 생성용으로써 활용 가능성을 평가하고, 기존수집체계와 데이터 퓨전을 통해 산출되는 속도정보의 신뢰성을 평가하고 평가 결과에 따라 신규 데이터 융합 정보 제공 방안으로 제시하고자 하였으며 본 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 안양시에서 수집되는 교통용(9개소)과 방법용(22개소) AVI의 원시데이터를 이용해 설치된 지점간을 연결하고, 방향성을 고려해 ① 방법용 AVI

O/D 매트릭스, ② 교통용 AVI O/D 매트릭스, ③ 통합용 AVI O/D 매트릭스를 구성할 수 있었다. 매트릭스에서 신뢰구간 추출법을 이용해 이상치를 제거하고, 변동계수를 이용한 최소 표본수 기준을 만족하는 구간을 평가한 결과, ① 매칭가능 매트릭스 57개 구간 → 최소 표본수 만족 매트릭스 3개 구간, ② 매칭가능 매트릭스 21개 구간 → 최소 표본수 만족 매트릭스 3개 구간, ③ 매칭가능 매트릭스 154개 구간 → 최소 표본수 만족 매트릭스 22개 구간으로 분석되어 목적이 상이한 두 AVI의 데이터를 통합할 경우 구간통행속도의 산출이 가능한 구간이 증가하는 것으로 확인되었다. 이는 구축 후 확장이 어렵다는 AVI의 단점을 보완할 수 있으며, AVI의 추가 구축을 위해 소요되는 비용을 감소시킬 수 있어 경제적인 측면에서도 장점으로 보여진다.

둘째, 기존 수집체계와 비교하여 통합 AVI DB와 기존수집체계의 데이터 퓨전을 진행하였을 경우 검증용 실측데이터와의 MAPE 값이 감소하는 것으로 분석되었다. 특히 시나리오 5 (AVI 가중치 100%일 경우)를 적용하였을 때 최대 188.12의 MAPE 값이 감소하면 0.60%라는 매우 정확한 정보를 산출할 수 있는 것으로 분석되었다. 이외 MAPE 값은 1시간 평균 결과 최소 11.48%의 개선률을 보이고, 최대 69.84%의 개선률을 보임에 따라 향후 기존수집체계와의 데이터 퓨전을 통해 신규 구간검지체계임과 동시에 기 구축된 수집정보의 보완용으로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

AVI는 관리기관에 따라 설치 목적은 다르나 그 기능과 수집데이터가 유사한 데이터들의 연계·통합을 통하여 감시망 체계는 확장시킬 수 있으며, 교통정보의 경우는 신뢰성 또한 개선됨을 확인할 수 있었다. 이는 비록 제한된 분석 구간에 대한 연구 결과이지만 향후 방법용 AVI와 교통용 AVI를 통합하여 교통정보 수집체계를 구축하고자하는 지자체에게 통합 구축을 제안하는 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료됨에 따라 장래 본 연구의 한계점을 보완하고 연구결과의 신뢰성을 확보하기 위해서는 다음과 같은 향후연구의 진행이 필요하다.

〈표 5〉 신뢰성 평가 결과
 〈Table 5〉 Result of reliability test

구 분	기준센터속도	시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4	시나리오5	
시민로: (범계사거리 → 인덕원사거리)	07:00~07:15	79.72%	63.66%	47.59%	31.53%	15.46%	0.60%
	07:15~07:30	84.79%	70.54%	56.29%	42.04%	27.78%	13.53%
	07:30~07:45	52.71%	40.89%	29.06%	17.24%	5.42%	6.41%
	07:45~08:00	72.69%	58.53%	44.37%	30.21%	16.05%	1.89%
	평균치	71.99%	58.02%	44.05%	30.08%	16.12%	2.15%
	12:00~12:15	69.82%	63.77%	57.73%	51.68%	45.63%	39.58%
	12:15~12:30	14.38%	11.96%	9.54%	7.12%	4.70%	2.28%
	12:30~12:45	17.69%	14.71%	11.74%	8.77%	5.79%	2.82%
	12:45~13:00	33.28%	32.53%	31.77%	31.02%	30.26%	29.51%
	평균치	30.81%	28.52%	26.22%	23.92%	21.63%	19.33%
	17:00~17:15	19.87%	17.16%	14.44%	11.72%	9.00%	6.29%
	17:15~17:30	10.95%	11.22%	11.49%	11.76%	12.03%	12.30%
	17:30~17:45	23.27%	18.88%	14.50%	10.11%	5.73%	1.34%
	17:45~18:00	27.08%	22.40%	17.72%	13.04%	8.36%	3.68%
평균치	20.31%	17.48%	14.65%	11.82%	8.99%	6.16%	
중앙로 (중앙로 국민은행 앞 → 삼호수정아파트)	07:00~07:15	78.11%	64.82%	51.52%	38.22%	24.93%	11.63%
	07:15~07:30	67.38%	56.94%	46.50%	36.06%	25.62%	15.18%
	07:30~07:45	177.81%	159.22%	140.63%	122.04%	103.46%	84.87%
	07:45~08:00	95.13%	78.84%	62.56%	46.28%	30.00%	13.72%
	평균치	95.51%	81.33%	67.15%	52.97%	38.79%	24.61%
	12:00~12:15	11.07%	9.23%	7.39%	5.55%	3.71%	1.87%
	12:15~12:30	13.03%	7.39%	1.75%	3.89%	9.53%	15.17%
	12:30~12:45	39.81%	35.54%	31.27%	27.00%	22.73%	18.46%
	12:45~13:00	42.18%	37.42%	32.66%	27.89%	23.13%	18.36%
	평균치	24.72%	20.92%	17.11%	13.31%	9.51%	5.70%
	17:00~17:15	72.70%	64.10%	55.50%	46.90%	38.30%	29.70%
	17:15~17:30	70.25%	61.68%	53.12%	44.55%	35.98%	27.42%
	17:30~17:45	9.92%	4.56%	0.81%	6.18%	11.55%	16.92%
	17:45~18:00	36.80%	31.29%	25.78%	20.27%	14.76%	9.25%
평균치	42.87%	36.04%	29.22%	22.39%	15.57%	8.75%	
경수산업도로 (비산사거리 → 석수IC)	07:00~07:15	279.87%	251.76%	223.65%	195.54%	167.43%	139.32%
	07:15~07:30	57.31%	42.69%	28.07%	13.45%	1.17%	15.79%
	07:30~07:45	92.79%	80.48%	68.17%	55.86%	43.55%	31.23%
	07:45~08:00	64.56%	51.17%	37.78%	24.39%	11.00%	2.39%
	평균치	99.39%	83.75%	68.11%	52.47%	36.83%	21.19%
	12:00~12:15	8.65%	7.93%	7.20%	6.48%	5.75%	5.02%
	12:15~12:30	25.46%	26.10%	26.74%	27.37%	28.01%	28.65%
	12:30~12:45	29.09%	28.53%	27.98%	27.42%	26.87%	26.31%
	12:45~13:00	14.69%	12.32%	9.95%	7.58%	5.20%	2.83%
	평균치	2.64%	1.59%	0.54%	0.51%	1.56%	2.61%
	17:00~17:15	13.93%	9.09%	4.26%	0.57%	5.41%	10.24%
	17:15~17:30	38.43%	31.85%	25.27%	18.70%	12.12%	5.54%
	17:30~17:45	41.64%	34.25%	26.86%	19.47%	12.08%	4.69%
	17:45~18:00	41.10%	32.75%	24.39%	16.04%	7.69%	0.67%
평균치	32.76%	26.22%	19.68%	13.14%	6.60%	0.06%	

관악로 (비산사거리 → 인덕원사거리)	07:00~07:15	75.12%	61.85%	48.58%	35.31%	22.05%	8.78%
	07:15~07:30	165.69%	135.95%	106.22%	76.49%	46.76%	17.03%
	07:30~07:45	175.84%	143.85%	111.86%	79.87%	47.88%	15.89%
	07:45~08:00	201.85%	164.23%	126.61%	88.98%	51.36%	13.73%
	평균치	149.06%	121.47%	93.89%	66.30%	38.71%	11.12%
	12:00~12:15	28.68%	26.86%	25.04%	23.23%	21.41%	19.59%
	12:15~12:30	70.43%	59.63%	48.82%	38.02%	27.21%	16.41%
	12:30~12:45	69.33%	57.24%	45.14%	33.04%	20.95%	8.85%
	12:45~13:00	77.93%	63.86%	49.78%	35.71%	21.63%	7.56%
	평균치	61.65%	51.37%	41.10%	30.82%	20.54%	10.27%
	17:00~17:15	47.68%	40.37%	33.05%	25.74%	18.43%	11.11%
	17:15~17:30	86.19%	70.91%	55.63%	40.35%	25.07%	9.79%
	17:30~17:45	108.89%	89.70%	70.51%	51.32%	32.13%	12.94%
	17:45~18:00	88.01%	71.65%	55.30%	38.94%	22.59%	6.23%
	평균치	82.77%	68.61%	54.46%	40.31%	26.16%	12.00%

주: 신뢰성 평가의 결과값은 절대평균오차백분율(MAPE)의 값으로 오차율을 의미함

퓨전에 필요한 가중치는 앞선 연구결과에서도 설명한바와 같이 과거 주기자료를 기준으로 자료 융합비를 산출하여야 하나 본 연구 대상지역은 안양시의 경우 최근(2011년 11월) 교통용 AVI의 구축이 완료되어 과거 주기자료의 수집이 어려워 임의의 가중치를 선정하여 연구를 진행하였다. 따라서 향후에는 교통류의 패턴 자료를 수집하여 안양시의 적합한 최적의 가중치를 선정하는 연구가 후행되어야 하며, 통행 구간속도 알고리즘 개발에 대한 연구의 진행 역시 필요할 것으로 판단된다.

또한 본 연구는 시계열 자료를 직접적으로 활용하여 구간속도정보를 산출하고, 검증용 실측데이터에 대한 표본수가 적어 유사한 연구에 비하여 오차율이 높게 분석되었다. 향후 검증용 실측데이터의 표본수를 증가시켜 신뢰성 분석을 진행할 필요가 있다.

AVI의 경우 일정수준 이상의 통행시간 신뢰도를 갖기 위하여 설치간격에 대한 기준이 마련되어 있는 만큼 장비들의 설치 위치에 대한 평가를 진행해 장래 추가설치 지점에 대한 설치모형 제안 연구가 필요하며, 이러한 연구는 AVI 설치수량의 증가에 의한 신뢰도 향상인지 AVI 구축시 위치에 대한 검토와 선정이 잘못되었는지에 대한 원인을 찾을 수 있는 연구로써 잘못된 위치선정 및 설치기준을 수정 할 수 있을 것으로 보여진다.

본 연구의 신뢰성 평가 결과, AVI 데이터의 가중

치가 높을 때 신뢰성이 높게 나타났지만 그러한 패턴을 보이지 않는 시간과 구간을 발생가능성이 있는 만큼 시간과 구간에 대해 패턴자료를 구축하여 교통패턴이 비슷한 상황이 발생하였을 때 적용할 수 있게끔 가중치를 마련하기 위한 심층적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

향후 위에서 제시한 한계점과 연구과제가 진행될 경우, 방법용과 교통용의 AVI에서 수집되는 통합 DB를 활용한 구간통행속도 산출에 있어 보다 높은 신뢰성을 갖는 연구 결과를 나올 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 홍은주·김영찬, “지점검지체계를 이용한 남산1호터널 구간통행시간 추정”, *한국ITS학회 논문지*, 제1권 제1호, pp.41-51, 2002
- [2] 문학룡·류승기·김성현·박현석, “주행차량 자동인식시스템을 이용한 구간 통행시간 산출”, *한국ITS학회 논문지*, 제2권 제2호, pp.23-29, 2003.9
- [3] 장진환·백남철·김성현·변상철, “AVI 자료를 이용한 동적 통행시간 예측”, *대한교통학회지*, 제22권 제7호, pp.169-175, 2004
- [4] 김원경, “일반국도에서 AVI 자료를 이용한 통행시간 산출”, 서울시립대학교 석사학위논문, 2007
- [5] 김영찬 외, “검지자료합성을 통한 도시간선도로 실시간 통행시간 추정모형”, *대한교통학회지*, 제

- 19권 제6호, pp.171-182, 2001
- [6] 이현재, “VDS와 AVI 기반의 최적통행시간 추정 모형 개발”, 석사학위논문, 2005
- [7] 최기주·심상우·김동환, “RFID와 GPS 기반의 교통정보 수집체계 비교분석연구”, 대한토목학회 논문지, 제29권 제5호, pp.571-578, 2009
- [8] Fulin Zhu, “Locations of AVI System and Travel Time Forecasting”, Master’s Thesis, Tsinghua University, 2000
- [9] 국토해양부, “ITS 정보신뢰성 개선 및 평가에 대한 연구”, 2008
- [10] Sisiopiku, V. P. and Roupail, N. M, “Toward the use of detector output for arterial link travel time estimation: a literature review”, *Transportation Research Record*, no. 1457, pp.158-165, 1994
- [11] Kenichiro Yamane and Takumi Fushiki, “Development of Travel time estimation system combining license plate recognition AVI and Ultrasonic vehicel detectors”, *6th ITS World Congress*, 1999
- [12] El Faouzi, N.E., “Bayesian and evidential approaches for traffic data fusion: Methodological issues and case study”, *Proceedings of the 85th Transportation Research Board Annual Meeting*. Washington D.C., 2005
- [13] Wei, C. and Lee. Y., “Development of freeway travel time forecasting models by integration different sources of traffic data”, *IEEE Transaction on Vehicular Technoloty*, vol. 56, no. 6, pp.3682-3694, 2007
- [14] Francesc Soriguera Martí, “*Highwat trael time estimation with data fusion*”, PhD Thesis, Polytechnic University of Catalonia, 2010
- [15] 한국ITS학회, “교통정보공학론”, 청문사, 2008
- [16] 한국건설기술연구원, “ITS 정보신뢰성 개선 및 평가 연구”, 2008
- [17] 변상철·문학룡·장진환·강종호, “국도 ITS의 DSRC 기반 교통정보 시스템 시범도입 방안 연”, *한국ITS학회 학술대회*, pp.310-315, 2009

저자소개



박 한 영 (Park, Han-Young)

2012년 2월 ~ 현 재 : 한국교통연구원 연구원
 2012년 2월 : 공주대학교 대학원 도시·교통공학과 공학석사
 2010년 2월 : 공주대학교 건설환경공학부 도시·교통공학전공 공학사



김 경 석 (Kim, Gyeong-Seok)

2006년 ~ 현 재 : 공주대학교 건설환경공학부 교수
 1999년 4월 ~ 2004년 2월 : 경남대학교 북한대학원 겸임교수
 1998년 9월 ~ 2001년 12월 : UN, ESCAP Consultant
 1995년 5월 ~ 2006년 3월 : 국토연구원 연구위원(SCO·건설경제연구실)
 1991년 10월 ~ 1994년 11월 : 독일 Karlsruhe 대학교 토목공학과 공학박사



강 소 정 (Kang, So-Jeong)

2011년 3월 ~ 현 재 : 공주대학교 대학원 도시·교통공학과 석사과정
 2011년 2월 : 공주대학교 건설환경공학부 도시·교통공학전공 공학사