

차량검지기 자료 관련 연구동향 분석 및 발전방향

Analysis of the Research Trend and Developmental Direction against the VDS Data

김한수* 박동주** 신승진*** 백승걸**** 남궁성*****
(Han-Soo Kim) (Dong-Joo Park) (Seung-Jin Shin) (Seung-Kirl Beck) (Sung Nam-Koong)

요 약

최근 국내·외에서는 고속도로 및 여러 도시에 ITS를 도입하여 차량검지기 자료를 수집, 활용하고 있다. 국내에서는 이들 자료를 주로 반복/비반복 정체관리, 돌발상황관리, 경로안내 서비스 등 실시간 정보에 국한되어 이용되고 있으나, 국외에서는 이들 분야 외에 교통정책 평가, 교통사업 평가, 교통안전 증진 등의 다양한 목적에도 활용하고 있다.

본 연구는 차량검지기 자료와 관련된 국내의 연구를 조사, 분석하고 이를 통해 시사점을 도출하여 향후 국내 차량검지기 자료 관련 연구의 발전방향을 제시하였다. 연구범위는 고속도로 등의 연속류 구간과 고속국도 우회도로의 단속류 구간에 설치된 루프검지기와 영상검지기 같은 차량검지기 자료를 대상으로 한다. 다만 자료가공 부문의 자료융합에 대한 연구는 루프검지기의 지점검지자료와 GPS Probe, AVI(Automatic Vehicle Identification)의 구간검지자료를 융합하는 것이 대부분이므로 이 연구에 한하여 구간검지자료를 대상으로 한 것도 포함한다.

이를 위해 본 연구는 차량검지기 자료와 관련된 최근 국내외 학술대회 발표논문, 학술지 논문, 연구보고서를 1) 자료수집, 2) 자료가공, 3) 자료저장, 4) 자료품질 부문으로 구분하고 각 연구에 대한 연구대상 차량검지기, 연구목적, 연구방법론 등을 분석하였다. 또한 각 부문별 국내의 연구동향 비교와 시사점을 제시함으로써 향후 국내 차량검지기 자료 관련 연구의 발전방향을 제시하였다.

Abstract

A VDS data in the domestic has been used within limits to real time information such as congestion management, incident management, and route guidance service. On the other hand, a VDS data in the foreign countries had been used to various objectives such as transportation policy assessment, transportation construction evaluation, traffic safety improvement, and etc.

The scope and method of the study is the VDS data which was installed in the uninterrupted flow such as the freeway and the interrupted flow in a diversion route of the freeway. It has investigated and analyzed the VDS as our subject to study, study objective and study methodology for each study generally classified as 1) data collection 2) data processing 3) data store and 4) data quality section.

* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 부교수

*** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 석사과정

**** 공저자 : 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

***** 공저자 : 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원

† 논문접수일 : 2007년 1월 17일

This study has investigated and analyzed the various literatures in domestic and foreign countries regarding the VDS data. And It drew the development direction of the study which is about VDS data in domestic from now.

Key Words : Vehicle Detector System(VDS), Archived Data User Service(ADUS), Data Quality, Archived Data Management System(ADMS)

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

우리나라는 주로 교통관리 및 교통정보 제공목적으로 한국도로공사 FTMS 구축사업, 첨단교통모델 도시 구축사업, 고속국도 우회도로 ITS 구축사업, 지방자치단체별 ITS 구축사업 등을 통해 다양한 종류의 차량검지기를 설치 및 운영하고 있다. 이러한 차량검지기로부터 수집된 교통량, 점유율, 속도 등의 실시간 교통자료는 가공과정을 거친 후 반복/비반복 정제관리, 돌발상황관리, 경로안내 서비스 등에 활용하고 있으나, 이들 용도 이외에는 활용도가 낮은 실정이다.

이에 반해 선진외국에서는 실시간 정보 활용 이외에도 차량검지기 자료를 교통정책 평가, 교통사업 평가, 교통안전 증진 등의 다양한 목적으로 활용하고 있다. 이와 같은 활용분야의 확대를 위해 차량검지기 자료를 장기간 저장하고 효율적으로 관리하는 이력자료 관리시스템(ADMS: Archived data Management System)을 구축하고, 효과적인 정보추출 및 제공을 위한 이력자료 이용자서비스(ADUS: Archived Data User Services)를 도입하고 있다. 차량검지기 자료의 활용분야가 실시간 정보를 위주로 한 활용분야에서 이력자료 구축을 통해 다양한 분야로 확대됨에 따라 차량검지기 자료의 저장이나 자료품질과 관련된 요소기술 개발이 본격적으로 이루어지고 있다.

이에 본 연구는 차량검지기 자료에 대한 국내의 연구를 차량검지기 자료처리과정인 자료수집, 자료가공, 자료저장 및 자료품질 부문으로 구분하여 조사, 분석하고 이를 통해 시사점을 도출하여 향후 국내 차량검지기 자료 관련 연구의 발전방향을 제시하고자 한다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구는 고속도로 등의 연속류 구간과 고속국도 우회도로의 단속류 구간에 설치된 루프검지기와 영상검지기 같은 차량검지기 자료를 대상으로 한다. 다만 자료가공 부문의 자료융합에 대한 연구는 루프검지기의 지점검지자료와 GPS Probe, AVI (Automatic Vehicle Identification)의 구간검지자료를 융합하는 것이 대부분이므로 이 연구에 한하여 구간검지자료를 대상으로 한 것도 포함한다.

차량검지기 자료에 대한 최근 국내외 학술대회 발표논문, 학술지 게재논문 및 연구보고서를 1) 자료수집, 2) 자료가공, 3) 자료저장, 4) 자료품질 부문으로 구분하여 각 부문별 세부연구의 연구대상 차량검지기 종류, 연구목적, 연구방법론을 소개한다. 또한 부문별 연구동향의 시사점을 제시함으로써 향후 국내 차량검지기 자료 관련 연구의 발전방향을 제시한다.

II. 자료수집관련 연구동향

1. 국내외 연구동향

자료수집 부문은 차량검지기 기술 향상 등의 차량검지기 성능개선 분야와 차량검지기 설치위치, 배치기준 등의 설치기준으로 크게 구분된다. 이 부문의 국내외 연구는 <표 1>과 같다.

국내에서의 차량검지기 성능개선 연구는 김대현의 차량검지기 기술 개발 연구와 강정규의 쌍루프검지기 속도측정 정확도 향상 연구가 있다[1, 2]. 설치기준에 대한 연구로는 송기혁 외, 장진환 외의 실험용 차량검지기를 설치하여 비디오 촬영조사치 또는 레이저검지기 검지자료와의 비교를 통해 루프검지기

매설깊이, 휘더선 사용 한계길이, 영상검지기 최적 설치높이를 제시한 연구가 있다[3, 4]. 또한 김성현 외, 송기욱 외의 NETSIM, CORSIM, T-7F를 이용한 모의실험 분석을 통해 차량검지기 적정설치위치를 제시하는 연구가 있다[5-7].

국외에서는 대부분 루프검지기를 대상으로 연구가 진행되었다. 최근(2003년 ~ 2006년) 들어 차량검지기 성능개선에 대한 연구가 진행되었는데, Zhang et al., Cheevarunothai et al.은 기존 설치된 쌍루프

검지기에 대해 비디오 촬영 등의 방법을 이용하여 검지자료와의 오류를 파악하고, 이에 대한 원인규명과 개선방안을 제시하고 있다[8-11]. 또한, Abbas et al.은 영상검지기를 대상으로 차량검지기 설치장소 및 설정방법에 대한 가이드라인을 제시하였다[12].

2. 연구동향의 시사점

차량검지기 자료수집 부문의 국내외 연구를 비교

<표 1> 차량검지기 자료수집관련 연구
<Table 1> Research of VDS Data Collecting

연구분야	세부연구분야	검지기 종류	연구목적	연구방법론
검지기 성능개선	김대현 (1999)	영상검지기	HOUGH 변환을 이용한 차량검지기 기술 개발	3차원 공간에서 물체 인식을 위한 Hough 변환 이용
	강정규 (2002)	루프검지기	쌍루프검지기를 이용하여 정확도가 높은 속도측정을 할 수 있는 방법 개발	쌍루프검지기의 속도측정 오차요인으로 고유 오차와 물리적 오차 분석과 물리적 오차 개선
	Zhang et al. (2003b)	루프검지기	쌍루프검지기 자료의 정확도, 오류유형 등에 대한 조사분석	쌍루프검지기와 비디오촬영 비교분석, 오류유형으로 계산착오, 분류착오 제시
	Zhang et al. (2005)	루프검지기	쌍루프검지기 오류원인 규명과 에러감소를 위한 새로운 쌍루프 알고리즘 개발	Laptop 기반 DEDAC(detector event data collection)시스템 이용 현장 조사 후 원인규명과 알고리즘 개발
	Zhang et al. (2006)	루프검지기	쌍루프검지기 에러감소를 위한 향상된 알고리즘 개발	노이즈필터, 전처리과정, 개별차량속도 계산, 개별차량길이 계산 방법제시 및 효과분석
	Cheevarunothai et al. (2006)	루프검지기	쌍루프검지기의 민감도 문제 인식과 보정방법 제시	민감도 문제 인식과 보정 방법론 제시, 실제 적용을 통한 사례분석
설치기준	Abbas et al. (2003)	영상검지기	영상검지기 설치장소 및 설정방법 가이드라인 제시	100km/h이하 설계속도의 도로에 대한 검지기 설치 가이드라인 제시 및 가이드라인 시험평가
	김성현 외 (2003)	루프검지기 영상검지기	자료수집주기를 고려한 검지기의 설치 위치 결정	NETSIM 이용 모의실험 분석
	송기혁 외 (2004)	루프검지기	루프검지기 매설깊이 및 휘더선 사용 한계길이 기준제시	검지기 측정조사치와 비디오 촬영 조사치 비교분석
	김성현 외 (2005a)	루프검지기 영상검지기	지점검지기 배치기준인 동질구간 결정 로직 정립	실시간 자료 기반 군집분석을 이용하여 교통조건에 동질구간 결정 및 동질구간 결정 로직 평가
	송기욱 외 (2005)	루프검지기 영상검지기	국도의 도로기하구조, 신호운영, 교통류 상황을 반영한 검지기 적정설치 위치 제시	T-7F와 CORSIM 이용 모의실험 분석
	장진환 외 (2005)	영상검지기	영상검지기 성능분석을 통해 성능저하 원인 분석과 최적 설치높이 제시	차량속도에 따른 영상검지기와 레이저 검지기 측정조사치 비교

<표 2> 차량검지기 자료가공관련 연구
 <Table 2> Research of VDS Data Processing

연구분야	세부연구분야	검지기 종류	연구목적	연구방법론
조사분석	안광훈 외 (2005a)	루프검지기 영상검지기	고속도로 차량검지기 자료처리과정의 문제점 분석과 개선방안 제시	한국도로공사 시스템과 타시스템과의 비교평가를 통해 문제점 도출
	Oh et al. (2006)	루프검지기	루프검지 자료의 통행시간 변화도 추정	시간대별 변화도, 일별 변화도, 경로(공간)별 변화도 추정 분석
자료 집락방법	Qiao et al. (2003)	루프검지기	웨이블렛 변환에 기초한 ITS자료의 집락수준 최적화	ITS자료의 웨이블렛 변환, 유사성 분석, 최적집락수준 결정과정 등을 이용한 사례연구
	유소영 외 (2004)	루프검지기	링크 및 경로통행시간을 추정, 예측하기 위한 적정 집계간격 결정 통계학적 모형 개발과 적용	통행시간 추정을 위한 적정 집계간격 결정방법(CVMSE)과 예측을 위한 적정 집계간격 결정방법(FMSE)
	Qiao et al. (2004)	루프검지기	ITS자료에 대한 이중적 측면의 집락수준 결정	부동성(不同性) 지표와 정보손실 지표 이중적 측면을 고려한 집락수준 결정
	안광훈 외 (2005b)	루프검지기 영상검지기	차로이용률을 고려한 지점자료 집락방법 필요성 제기	고속도로 차로별 이용률 분석
	Oh et al. (2005)	루프검지기	자료 집락간격과 예측력간의 관계 분석	AES, AAR, RNN의 예측방법을 집락간격에 따라 예측력 분석
자료 필터링	Park et al. (2003)	루프검지기	검지기 고장으로 인한 오류 자료 확인과 스크린을 위한 통계적 방법 개발	대량의 축적자료를 이용 경험적 컷오프 점 비교하여 이상치 분류, San Antonio, Austin 사례분석
결측보정	Gold et al. (2001)	루프검지기	5분 이하 간격 자료의 결측 자료 보정	EM 알고리즘 적용, 교통량 결측보정 모의실험
	Haj-Salem et al.(2002)	루프검지기	교통류 모형을 이용한 오류, 누락자료 보정	교통류 모형을 이용한 보정 알고리즘 (PROPAGE) 개발과 평가
	Smith et al. (2003)	루프검지기	교통관리센터에서 이용할 결측보정 기법의 실행가능성 조사	휴리스틱과 통계적 결측보정 기법을 양적, 질적측면의 분석
	Chen et al. (2003)	루프검지기	단일루프검지 시스템을 위한 오류검지 및 결측 자료 보정	축적자료 활용 인접검지기 행태모형으로 결측보정의 선형회귀 알고리즘 제시
	한대철 외 (2004)	영상검지기	결측자료 보정로직을 비교하여 예측 능력과 적용가능성 검토	과거이력자료 이용 산술평균 보정과 유사검지기 일일자료 이용 자기회귀 보정
	Chen et al. (2006)	루프검지기 레이다검지기	교통량 결측자료의 결측보정 전략 개발	결측보정 알고리즘별 성능 평가와 적용전략 제시
통행시간 추정 및 예측	Bin Ran 외 (1999)	해당없음	교통예측모형 사용에 대한 정리 및 바람직한 모형제시	동적교통배정모형, 통계모형, 모의실험 모형, 휴리스틱모형의 활용방안 검토, 예측모형의 장단점 기술
	김남선 외 (2000)	루프검지기 TCS	신경망 이론 이용 통행시간 추정모형과 신경망 이론에 칼만필터기법 연계한 예측모형 개발	신경망 모형과 칼만필터 기법 적용 모형 구축 및 평가
	홍은주 외 (2002)	루프검지기	지점검지체계와 구간검지체계로부터 산출, 추정되는 통행시간의 특성 파악을 통한 구간통행시간 추정	신경망 이용 통행시간 추정
	오세창 외 (2003)	루프검지기	고속도로 구간통행시간 추정 및 예측 모형 개발	교통량 반영 통행시간 추정모형과 칼만필터링 이용 예측모형 적용
	이승재 외 (2004)	해당없음	링크통행시간 예측모형 제시	마코프 과정, ARIMA, 칼만필터링 이용 링크통행시간 예측 비교 검증
	Rakha et al. (2005)	루프검지기	시간평균속도 함수에서 공간평균속도 추정 공식 수정과 시간속도와 공간속도 차이의 관계 도출	시간평균속도와 공간평균속도 관계 검토, 단일루프검지기의 속도추정방법, 공간평균속도와 통행시간 신뢰도간의 관계 연구

<표 2> 계속
<Table 2> Continue

연구분야	세부연구분야	검지기 종류	연구목적	연구방법론
자료융합	최기주 외 (1998)	해당없음	다양한 교통정보 수집원으로부터 단일 교통정보 생성을 위한 자료 퓨전 알고리즘 개발	퍼지선행회귀모형과 자료 퓨전기법 적용
	정연식 외 (1999)	GPS Probe 루프검지기	다양한 수집체제로부터 수집된 자료를 통합하는 자료 퓨전 알고리즘 개발	가중평균기법, 퍼지회귀기법, Bayesian 기법을 퓨전 알고리즘에 적용
	김영찬 외 (2001)	영상검지기 Probe	지점검지체계와 구간검지체계 자료를 합성하여 통행시간 산출	퍼지-뉴로 제어시스템 응용하여 자료 합성 모형(FALEM) 개발
	이영인 외 (2005)	영상검지기 AVI	영상검지기와 AVI 자료융합 기술과 구간별 구간속도 다주기 예측	칼만필터링을 이용한 단기예측, 다주기예측 결과 비교평가
	김성현 외 (2005b)	지점검지기 AVI	지점검지기와 번호판 인식 AVI를 기반으로 각각 산출한 통행시간의 실시간 융합모형 개발	최적화 융합모형과 비례화 융합모형의 적용 및 평가
	Xie et al. (2004)	루프검지기 GPS Probe	자료융합에 의한 구간통행시간 추정 개선	MLP신경망과 MLR방법을 이용한 추정 비교분석
	Fauzzi (2006)	루프검지기 Probe	베이지안 접근법과 증거에 근거한 접근법의 교통 자료융합	자료융합과 두 방법론의 이슈 검토와 자료를 이용한 사례연구

하면 국내 연구는 루프, 영상검지기를 대상으로 차량검지기 설치기준을 제시하는 연구가 주를 이루고 있다. 반면 국외 연구는 대부분 루프검지기를 대상으로 차량검지기 성능개선 방안을 제시하는 연구가 주를 이루고 있다. 이러한 결과는 국내의 경우 루프검지기가 다른 차량검지기에 비해 검지성능이 높음에도 불구하고, 도로 개보수 작업으로 인해 차량검지기 고장이 많이 발생하여 유지보수가 어려운 것을 반영하고 있다. 즉, 유지보수가 어려운 루프검지기를 대신하여 영상검지기를 설치함에 따라 이에 대한 설치기준과 차량검지기 성능개선의 연구가 진행되었음을 보여주고 있다.

또한 국내는 ITS 도입단계로서 주로 차량검지기 설치기준에 관한 연구가 진행된 반면, 국외의 경우 ITS 도입 후 차량검지기의 성능개선 연구에 초점이 맞추어져 있다. 이러한 차량검지기 성능개선 연구는 교통자료의 품질향상을 위한 개선방안 중 가장 기초가 되는 것으로 양질의 교통자료를 얻기 위해 필요한 분야이다.

Ⅲ. 자료가공관련 연구동향

1. 국내의 연구동향

자료가공 부문은 조사분석, 자료 집락방법, 자료 필터링, 결측보정, 통행시간 추정 및 예측, 자료융합 분야로 크게 구분된다. 이 부문의 국내외 연구는 <표 2>와 같다.

국내는 2000년대 초까지는 주로 실시간 차량검지기 자료를 이용하여 통행시간 추정 및 예측모형 개발과 검지기 자료간의 융합에 대한 연구가 대부분이었다. 최근에는 대량의 실시간 자료를 수집, 가공함에 따라 발생하는 기존 자료처리과정의 문제점 분석, 자료집락 방법, 결측보정 방법을 제시하는 연구가 진행되었다. 또한, 2005년에는 고속도로 우회도로 ITS가 도입됨에 따라 지점검지자료와 AVI의 구간검지자료 간의 자료융합이 진행되었다.

자료가공관련 조사분석의 안광훈 외는 고속도로 차량검지기 자료처리과정의 문제점과 개선방안 도출을 위해 한국도로공사 시스템과 타 시스템을 비교평가 하였다[13]. 자료 집락방법의 유소영 외는 통계학

적 접근방법을 이용하여 링크 및 경로통행시간 추정, 예측을 위한 적정 집계간격을 결정하였으며[14], 안광훈 외는 고속도로 차로별 이용률을 분석하여 차로 이용률을 고려한 지점자료 집락방법의 필요성을 제시하였다[15]. 결측보정의 한대철 외는 과거이력자료를 이용한 산술평균 보정방법과 유사검지기 일일자료를 이용한 자기회귀 보정방법을 비교하여 예측 능력과 적용가능성을 검토하였다[16]. 통행시간 추정 및 예측 분야의 연구는 지점검지기로부터 구간통행시간을 추정하기 위해 신경망 모형, 칼만필터링 기법 등을 이용하였으며, Bin Ran 외, 김남선 외, 홍은주 외, 오세창 외, 이승재 외가 있다[17-21]. 자료융합 연구는 지점검지체계의 검지자료와 구간검지체계의 검지자료간의 자료융합 방법을 제시하는 것이다. 이 분야의 연구는 최기주 외, 정연식 외, 김영찬 외, 이영인 외, 김성현 외가 있으며, 루프검지기와 GPS Probe, 영상검지기와 AVI 등 다양한 종류의 차량검지기 자료융합을 시도하였다[22-26].

국외에서는 자료 집락방법, 자료 필터링, 결측보정 방법을 제시하는 연구가 주를 이루고 있다. 특히 결측보정에 대한 연구는 교통류 모형 기법, 통계적 기법, 휴리스틱 기법 등 다양한 방법을 적용하였으며, 결측보정 전략을 제시하기도 하였다. 이들 연구는 대부분 루프검지기에 한정되어 있다.

자료가공관련 조사분석의 Oh et al.는 루프검지 자료의 통행시간 변화도를 시간대별, 일별, 경로(공간)별 추정방법을 제시하였다[27]. 자료 집락방법 연구로는 Qiao et al.가 웨이블릿 변환에 기초한 집락수준 최적화 사례연구를 통해 최적집락수준 결정과정을 제시하였으며[28], Qiao et al.는 부동성(不同性) 지표와 정보손실 지표의 이중적 측면을 고려하여 집락수준을 결정하는 방법을 제시하였다[29]. Oh et al.는 AES(Adaptive Exponential Smoothing), AAR(Adaptive Autoregressive Model), RNN(Recurrent Neural Network) 방법에 대해 집락간격에 따라 예측력을 분석하는 연구를 하였다[30]. 자료 필터링 연구인 Park et al.은 대량의 축적자료를 이용한 오류 자료 확인과 자료 스크린의 통계적 방법

을 개발하여 San Antonio, Austin에 적용하였다[31]. 결측보정 연구로는 최근 지속적으로 연구된 부분으로 주로 수집자료 오류검지와 누락자료 보정방법 제시로 구성되어 있다. Gold et al.는 EM (Expectation Maximization) 알고리즘을 적용하여 교통량 결측보정을 모의실험 하였으며[32], Haj-Salem et al.은 교통류 모형을 이용한 보정 알고리즘 (PROPAGE)을 개발하였다[33]. Smith et al.는 휴리스틱과 통계적 결측보정 기법을 적용하였으며[34], Chen et al.은 축적자료를 활용하여 인접검지기 행태모형을 통해 결측보정의 선형회귀 알고리즘을 제시하였다[35]. Chen et al.은 결측보정 알고리즘별 성능을 평가하고 결측보정 적용전략을 제시하였다[36]. 통행시간 추정 연구는 Rakha et al.가 시간평균속도와 공간평균속도와와 관계를 검토하는 기초적인 연구를 수행하여 기존 Wardrop의 공간평균속도 추정공식을 수정하였다[37, 38]. 자료융합 연구는 루프검지기 데이터와 GPS Probe 차량 데이터간의 자료융합으로 Xie et al.는 MLP(Multi-Layer Perceptron) 신경망과 MLR(Multiple Linear Regression) 방법을 이용하여 비교분석 결과를 제시하였고[39], Faouzi는 베이지안 접근법과 증거에 근거한 접근법을 제시하고 사례적용 결과를 제시 하였다[40].

2. 연구동향의 시사점

차량검지기 자료가공 부문의 국내외 연구를 비교하면 국내의 경우 루프검지기, 영상검지기, GPS Probe, AVI 등 다양한 차량검지기를 대상으로 진행되었으나 연구분야가 통행시간 추정, 예측과 자료융합에 치중되었다. 반면 국외의 경우 루프검지기, GPS Probe를 대상으로 자료 집락방법, 자료 필터링, 결측보정 방법을 제시하는 연구가 주를 이루고 있다.

국외의 경우 주로 루프검지기로 차량검지기를 설치하는데 반해 국내에서는 차량검지기가 다양한 종류로 설치되었기 때문에 연구가 필요한 대상과 분야가 더욱 많다. 예를 들면, 차량검지기 종류에 따라 차량검지기 특성이 다르기 때문에 이를 반영한 결측

보정 기법이 필요한 것 등이다.

국내에서는 통행시간 추정, 예측과 자료융합의 방법론 연구가 주요 이슈인 반면, 국외에서는 차량검지기 수집자료를 처리하는 자료 필터링, 결측보정, 자료집락방법이 주요 이슈였다. 이는 국내의 경우 다양한 종류의 차량검지기가 설치되었기 때문에 이들 차량검지기 자료가공에 필요한 통행시간 추정, 예측과 이중검지기 자료간의 자료융합기법이 필요하였던 것이고, 국외의 경우 ADUS/ADMS의 수집자료의 재활용이란 측면에서 자료품질 향상이 중요하였기 때문에 결측보정 기법이 필요하였던 것으로 판단된다. 최근 국내에서도 ADUS/ADMS를 도입하고자 하기 때문에 교통자료의 자료품질 향상 측면에서

국내 ITS에 적합한 결측보정 기법에 대한 연구가 필요하다.

IV. 자료저장관련 연구동향

1. 국내외 연구동향

자료저장 부문은 오류보정, 설계기준, ADUS/ADMS 분야로 크게 구분된다. 이 부문의 국내외 연구는 <표 3>과 같다.

국내에서는 자료저장관련 연구가 도입단계이므로 많은 연구가 이루어지지 않았다. 하지만 최근 발주되고 있는 ITS사업에서는 차량검지기 수집자료를

<표 3> 차량검지기 자료저장관련 연구
<Table 3> Research of VDS Data Storing

연구분야	세부연구분야	검지기 종류	연구목적	연구방법론
오류보정	Wall et al. (2003)	루프검지기	교통량 측정자료의 오류검지와 보정 알고리즘 개발	지점검지기의 오류검지와 시계열 알고리즘을 이용한 보정
설계기준	김동호 외 (2005)	지점검지기	고속도로 통행시간 장기예측을 위한 과거 통행시간 이력자료의 적정 대푯값과 과거 데이터양 결정	MAPE, MSE, CVMSE의 통계적 예측오차 평가방법 이용
ADUS/ADMS	Huang et al. (2002)	지점검지기	ADUS 활용을 위한 실시간 교통사고 자료 저장	교통혼잡을 유발한 교통사고의 인과요인 분석
	강원의 외 (2003)	영상검지기	실시간 수집자료의 2차활용을 촉진하기 위한 데이터웨어 하우스 구축방안 제시	영상검지기의 평균일교통량(ADT)을 기준으로 군집분석하여 검지기별 연평균일교통량(AADT) 및 변동계수 산정
	Smith et al. (2003)	루프검지기	ADUS를 효과적으로 지원하기 위한 데이터 웨어하우스 개념의 적용	햄프턴로드(Hampton Road) 교통관리센터의 ADUS를 위한 데이터 웨어하우스 기반의 설계 제시 및 적용
	McGhee et al.(2003)	지점검지기	버지니아 ADMS 시스템 구축의 시스템 접근방법 소개	버지니아 ADMS 시스템의 개발과정, 시스템 엔지니어링 과정, 적용경험 소개
	Smith et al. (2004)	지점검지기	교통 데이터 웨어하우스를 위한 추출, 변환, 적재(ETL)에 대한 연구	버지니아 ADMS ETL과정을 자료집락, 자료품질평가, 누락자료보정, 자료특징화 측면으로 구성 제시
	Smith et al. (2006)	지점검지기	버지니아 ADMS의 ITS 데이터 저장소 운영 분석	버지니아 ADMS의 개요 및 개발내용(데이터 저장소, 소프트웨어) 소개와 2년간의 운영 성과 분석 제시
	Quiroga et al.(2006)	루프검지기 초음파검지기	ITS의 공간데이터 모델링과 지리정보 데이터베이스 구축	San Antonio 교통관리센터의 검지기, 교통사고 자료에 대한 공간데이터 모델링과 데이터베이스 구축
	Foo et al. (2006)	영상검지기	실시간 ITS 연구 및 실습시설 구축 소개	ICAT(ITS Centre and Testbed)시스템의 통신시스템 설계, 소프트웨어와 하드웨어 아키텍처 소개

다양한 분야에서 활용할 수 있도록 ADUS/ADMS 도입을 요구하고 있다. 따라서 ADUS/ADMS 구축 방법, 활용방안, 자료가공방법 등의 관련 연구가 필요한 실정이다. 이에 대한 국내 연구로는 김동호 외가 통행시간 장기예측을 위한 이력자료의 적정 대푯값과 과거 데이터양을 결정하는 설계기준을 제시한 것과 강원의 외가 영상검지기에서 수집한 평균일교통량(ADT)로부터 연평균일교통량(AADT) 및 변동계수를 산정한 것이 있다[41, 42].

국외에서는 자료저장 관련하여 ADUS/ADMS 구축이 활발히 진행되고 있다. 관련 연구 또한 이를 반영하듯 최근(2002년~2006년) 들어 구축한 ADUS/ADMS 사례를 소개하는 연구가 많이 있다. 특히 이들 연구는 ADUS/ADMS의 시스템 구축과 관련하여 시스템 아키텍처 설계, 데이터 모델링, 데이터웨어하

우스 구축방법, 자료가공방법에 중점을 두고 있다 [43-50].

2. 국내외 연구동향 비교

차량검지기 자료저장 부문의 국내외 연구를 비교하면 국내 연구는 도입단계로서 많은 연구가 이루어지지 않았지만 최근 발주되고 있는 ITS사업에서 ADUS/ADMS 도입을 요구하고 있으므로 향후 많은 연구가 필요한 분야이다. 이에 대한 연구는 국외에서 이미 진행되었으므로 이들 연구를 검토하여 우리나라 실정에 적합한 연구를 수행할 필요가 있다. 필요한 연구분야는 ADUS/ADMS 활용방안, 시스템 구축과 관련된 시스템 아키텍처 설계, 데이터 모델링, 데이터웨어하우스 구축방법, 자료가공방법 등이

<표 4> 차량검지기 자료품질관련 연구
<Table 4> Research of VDS Data Quality

연구분야	세부연구분야	검지기 종류	연구목적	연구방법론
평가지표 제시	Nihan et al. (2002)	루프검지기	루프검지기 자료의 정확도 평가방법 제시	비디오촬영 비교분석을 통해 오류원인 분석과 자료품질 개선을 위한 방법 제시
	백남철 외 (2003)	루프검지기	검지자료의 품질관리를 위한 대표차중 선정	차종별 축별 중량특성을 이용한 회귀 분석
	이청원 외 (2005)	영상검지기	최적 교정주기 설정방안 개발 및 산정 결과 제시	영상검지기 사용연한에 따른 속도 정확도 검사방안 개발 적용
	박상조 (2004)	지점검지기	지점검지기 검지속도의 정확도 평가자료 제시	구간통행시간 오차를 검지속도의 오차로 표현하는 함수를 유도
	강원의 외 (2004)	VDS, AVI VMS, CCTV	ITS장비 성능평가 기준 제시 및 물리적인 평가시스템 구축 사례 제시	ITS장비별 통계적 평가지표(MAPE, PE) 제시
	류승기 외 (2004)	영상검지기	시간, 설치방위가 영상검지기 성능에 미치는 변화특성 분석	영상검지기과 이동식 차량데이터 수집 장비 측정치 비교, 등가계수를 평가지표로 분석
	Emam et al. (2006)	루프검지기	고속도로 통행시간 신뢰도 추정 방법론 개발	통행시간 신뢰도 지표 제시와 단위구간 통행시간 분포, 신뢰도 및 교통축의 통행시간 신뢰도 등의 추정 방법론 제시와 분석
평가방법론 제시	김대호 외 (2002)	영상검지기	차량검지기 성능평가 기준 제시	차량검지기 평가방안과 성능 유지관리 방안 제시
	Zhang et al. (2003a)	루프검지기	개별차량 자료수집 루프검지기 시스템 개발	자료 품질평가, 검지기 고장파악 등에 필요한 시스템 개발, 테스트
	백남철 외 (2005)	지점검지기	차량검지기 검·교정방법론 제시 및 기준장비 개발	국내외 사례 고찰 및 통계적 평가지표(MAPE) 제시
	Battelle (2004)	지점검지기	교통자료 품질관리 가이드라인 제시	교통자료 품질의 정의, 평가척도, 평가 방법론 제시

다. 이 중 ADUS/ADMS 활용방안과 자료가공방법은 차량검지기 저장자료를 다양한 분야에 활용하기 위한 기본적인 틀을 제공하는 것으로 다른 연구에 비해 선행되어야 한다.

V. 자료품질관련 연구동향

1. 국내의 연구동향

자료품질(Data Quality) 부문은 차량검지기 유지관리를 위한 목적과 더불어 차량검지기 자료가 ADUS/ADMS를 통해 다양한 교통응용분야(예, 교통계획, 교통안전 등)에 이용되면서 이슈로 등장하였다. 즉, 차량검지기 설치 후 시간이 지남에 따라 저하되는 검지성능을 유지관리하기 위해 성능평가 지표 및 평가방법론의 개발이 필요하게 되었고, ADUS/ADMS를 통해 다른 응용분야에 적용해 본 결과 각 응용분야에서 필요로 하는 자료의 품질 파악이 필요하게 되었다. 따라서 이러한 요구사항에 부합되는 교통자료의 품질을 정의하고 정량화하기 위한 평가 지표, 평가방법론을 개발하는 연구들이 진행되었다. 이 부문의 국내의 연구는 <표 4>와 같다.

국내에서는 차량검지기를 유지관리하기 위한 목적으로 차량검지기 성능평가지표와 평가방법론을 제시하는 연구가 주를 이루고 있다. 특히 국내의 차량검지기는 다양한 종류로 설치되었기에 각 차량검지기 종류별 연구가 수행되었다. 성능평가지표에 대해 백남철 외, 이청원 외, 박상조, 강원의 외, 류승기 외가 각종 차량검지기의 검지성능 평가지표를 제시하고 있다[51-55]. 평가방법론에 대해서는 김대호 외, 백남철 외가 국내외 사례고찰을 통해 방법론을 제시하였다[56, 57].

국외에서는 평가지표 제시연구로 Nihan et al.이 루프검지기 자료의 정확도 평가방법을 제시하였고[58], Emam et al.이 고속도로 통행시간 신뢰도 추정 방법론을 제시하였다[59]. 평가방법론의 경우 Zhang et al.가 자료 품질평가, 검지기 고장파악 등에 필요한 시스템을 개발하고 테스트 하였다[60]. 미

국 교통부와 FHWA에 의해 발주되고, Battelle사가 수행한 연구가 이 분야의 가장 전형적인 연구사례이다[61]. 이 연구에서는 교통자료 수집자나 이용자들이 자료를 제공, 공유, 이용할 때 자료의 질을 평가할 수 있는 방법론을 제시하였다. 이 연구에서는 교통자료 품질에 대해 다음과 같은 측면의 가이드라인을 제시하고 있다.

- 교통자료품질의 정의
- 교통자료품질의 정량적/정성적 척도
- 교통자료품질의 만족수준(acceptable levels)
- 교통자료품질의 평가방법론

또한, 이 연구에서는 교통자료의 품질 평가를 위한 척도로 정확성(Accuracy), 완전성(Completeness), 유효성(Validity), 정시성(Timeliness), 포괄성(Coverage), 접근성(Accessibility)의 6개 지표를 제시하였고, 다양한 유형의 원시자료와 가공자료에 대해 이들 6개 지표의 정량화 방법론을 제시하였다.

2. 연구동향의 시사점

차량검지기 자료품질 부문은 국내외 모두 최근 들어 주목되고 있는 분야이다. 국내 연구는 다양한 종류의 차량검지기를 대상으로 차량검지기 성능평가를 위한 지표와 방법론 제시 연구가 주를 이루고 있다. 반면 국외 연구는 차량검지기 성능평가에 대한 연구와 더불어 교통정보 이용자들이 정보를 제공, 공유, 이용할 때 자료의 질을 평가할 수 있는 방법론을 제시하였다.

차량검지기를 이용하여 자료를 수집하는 것은 정보를 제공, 이용하기 위한 것으로 자료수집 부문의 품질과 더불어 다양한 이용자에게 제공되는 정보의 품질도 중요하다. 특히 각 기관별 ITS센터의 교통정보를 통합하고 있는 현재 상황에서는 이들 정보를 동일한 기준으로 평가할 수 있는 지표와 방법론이 필요하다.

VI. 결론

본 연구는 차량검지기 자료에 관련된 국내의 연구를 자료수집, 자료가공, 자료저장, 자료품질 부문으로 구분하여 조사, 분석하고 이를 통해 시사점을 도출하여 향후 국내 차량검지기 자료 관련 연구의 발전방향을 제시하고자 하였다.

국내외 연구의 부문별 주요이슈는 <표 5>와 같다. 이를 살펴보면 자료수집 부문의 경우 국내는 차량검지기 설치기준 제시에 대한 것이 주요이슈인 반면 국외는 차량검지기 성능개선방안 제시가 주요이슈였다. 자료가공 부문의 경우 국내는 통행시간 추정, 예측과 자료융합이 주요이슈인 반면 국외는 자료집락 방법, 자료 필터링, 결측보정방법이 주요이슈였다. 자료저장 부문의 경우 국내는 개념도입 단계로 국외의 ADUS/ADMS 활용방안과 자료가공방법에 대한 연구를 검토하여 국내 실정에 적합한 연구를 수행할 필요가 있다. 자료품질 부문의 경우 국내는 차량검지기 성능평가지표와 방법론 제시가 주요이슈인 반면 국외는 교통정보 이용자들을 위한 자료품질 평가지표와 방법론 제시가 주요이슈였다. 또한 국내의 경우 설치된 차량검지기가 루프검지기 이외에도 다양한 반면 국외의 경우 대부분 루프검지기에 한정되고 있다. 따라서 국내 연구의 경우 이러한 다양한 종류의 차량검지기에서 수집되는 자료를 기반으로 보

다 다양한 연구를 수행할 필요가 있다.

이러한 것을 종합하여 볼 때 다음과 같은 측면의 연구가 필요할 것으로 여겨진다. 첫째, 자료수집, 가공 부문은 국내외 모두 ITS도입을 위해 필요한 연구가 수행 되었으나, 국외의 경우 자료의 정확도 개선을 위해 차량검지기 성능개선, 자료집락방법, 자료필터링, 결측보정방법에 대한 기초연구가 주로 수행된 것에 주목해야 한다. 더구나 국내는 다양한 종류의 차량검지기가 설치되어 있으므로 이들 차량검지기 자료의 정확도 개선이란 목적으로 기초 연구들을 수행하여야 할 필요가 있다.

둘째, 우리나라는 ITS 구축을 통해 기초서비스를 제공하여 왔으나, ITS의 성장·확산을 위해 보다 다양한 분야에서 활용할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 차량검지기 자료의 품질관리가 필요하며, 다양한 활용목적에 맞게 자료를 가공, 저장하는 것이 필요하다. 국외에서는 차량검지기 자료의 성장·확산이란 목적으로 교통자료 품질평가 연구와 ADUS/ADMS 구축이 진행 되었으므로 이들 연구를 검토하여 국내 실정에 적합한 연구를 수행할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 김대현, "HOUGH 변환을 이용한 차량 검지 기술 개발을 위한 모형," *대한교통학회지*, 제17권, 제1호, pp.105-112, 1999.
- [2] 강정규, "2중 루프검지기 속도측정 정확도 개선 알고리즘 개발," *대한교통학회지*, 제20권, 제5호, pp.163-174, 2002.
- [3] 송기혁, 오영태, "루프검지기 적정 매설깊이 및 휘더선 한계길이 연구," *한국ITS학회 제3회 추계학술대회*, pp.186-191, 2004.
- [4] 장진환, 박창수, 백남철, 이미영, "차량 속도별 영상검지기 성능분석," *대한교통학회지*, 제23권, 제5호, pp.105-112, 2005.
- [5] 김성현, 장훈, 이진호, "검지자료 수집주기를 고려한 검지기 위치결정에 관한 연구," *대한교통학회 제44회 학술발표회*, CD-ROM, 2003.

<표 5> 차량검지기 자료 관련연구의 부문별 주요 이슈

<Table 5> Main Issue for Research Parts of VDS Data

부 문	국내연구	국외연구
자료수집	검지기 설치기준 제시	검지기 성능개선 방안 제시
자료가공	통행시간 추정, 예측과 자료융합	자료집락방법, 자료 필터링, 결측보정방법
자료저장	개념도입 단계	ADUS/ADMS 활용방안과 자료가공방법
자료품질	검지기 성능평가지표와 방법론 제시	교통정보 이용자들을 위한 자료품질 평가지표와 방법론 제시

- [6] 김성현, 임강원, 이영인, “일반국도 통행시간 추정
을 위한 동질구간 기반 지점검지기 배치에 관한 연
구,” *대한교통학회 제49회 학술발표회*, pp.1051-
1060, 2005a.
- [7] 송기욱, 이의은, “시뮬레이션 모형을 이용한 국도
에서의 적정 검지기 위치에 관한 연구,” *대한토목
학회 논문집*, 제25권, 제1D호, pp.57-65, 2005.
- [8] X. Zhang, Y. Wang, and N. L. Nihan, “Inve-
stigating Dual-Loop Errors Using Video Ground-
Truth Data,” Not Published, Department of Civil
Engineering, University of Washington, 2003b.
- [9] X. Zhang, N. L. Nihan, and Y. Wang, “An
Improved Dual-Loop Detection System for
Collecting Real-Time Truck Data,” Preprint
CD-ROM, *Transportation Research Board*,
2005.
- [10] X. Zhang, N. L. Nihan, and Y. Wang, “A Robust
Algorithm for Improved Dual-Loop Detection
on Freeways,” Preprint CD-ROM, *Transporta-
tion Research Board*, 2006.
- [11] P. Cheevarunothai, Y. Wang, and N. L. Nihan,
“Identification and Correction of Dual-Loop
Sensitivity Problems,” Preprint CD-ROM,
Transportation Research Board, 2006.
- [12] M. M. Abbas and J. A. Bonneson, “Detection
Placement and Configuration Guidelines for
Video Image Vehicle Detection Systems”,
Preprint CD-ROM, *Transportation Research
Board*, 2003.
- [13] 안광훈, 백승걸, 남궁성, “고속도로 차량검지기 자
료 처리과정 조사·분석,” *대한교통학회 제49회 학
술발표회*, pp.1079-1085, 2005a.
- [14] 유소영, 노정현, 박동주, “통행시간 추정 및 예
측을 위한 루프검지기 자료의 최적 집계간격
결정,” *대한교통학회지*, 제22권, 제6호, pp.109-
119, 2004.
- [15] 안광훈, 백승걸, 남궁성, “차로이용률을 고려한 지
점 자료의 집락화 방법에 관한 연구,” *한국ITS 학회
제4회 추계학술대회*, pp.29-33, 2005b.
- [16] 한대철, 최숙양, 문학봉, 김성현, “ITS 시스템의 결
측 자료 보정에 관한 연구,” *한국ITS 학회 제3회 추
계학술대회*, pp.270-275, 2004.
- [17] Bin Ran, 최기주, “교통정보 제공을 위한 교통예
측모형의 활용,” *대한교통학회지*, 제17권, 제1호,
pp.141-157, 1999.
- [18] 김남선, 이승환, 오영태, “신경망을 이용한 고속도
로 여행시간 추정 및 예측모형 개발,” *대한교통학
회지*, 제18권, 제1호, pp.47-59, 2000.
- [19] 홍은주, 김영찬, “지점검지체계를 이용한 남산1호
터널 구간통행시간 추정,” *한국ITS 학회논문지*, 제
1권, 제1호, pp.41-51, 2002.
- [20] 오세창, 김명하, 백용현, “차량검지기 교통량 데이
터를 이용한 고속도로 통행시간 추정 및 예측모형
개발에 관한 연구,” *대한교통학회지*, 제21권, 제5
호, pp.83-95, 2003.
- [21] 이승재, 김범일, 권혁, “단기 통행시간예측 모형 개
발에 관한 연구,” *한국ITS 학회논문지*, 제3권, 제1
호, pp.31-44, 2004.
- [22] 최기주, 정연식, “링크 통행시간 추정을 위한 데이
터 퓨전 알고리즘의 개발,” *대한교통학회지*, 제16
권, 제2호, pp.177-195, 1998.
- [23] 정연식, 최기주, “GPS probe 및 루프 검지기 자료
의 융합을 통한 통행시간추정 알고리즘 개발,” *대
한교통학회지*, 제17권, 제3호, pp.97- 116, 1999.
- [24] 김영찬, 김태용, “검지자료합성을 통한 도시간선
도로 실시간 통행시간 추정모형,” *대한교통학회
지*, 제19권, 제6호, pp.171-182, 2001.
- [25] 이영인, 김성현, 윤지현, “데이터융합기술을 활용
한 다주기 통행시간예측에 관한 연구,” *대한교통
학회지*, 제23권, 제4호, pp.71-79, 2005.
- [26] 김성현, 임강원, 이영인, “일반국도의 지점 및 구간
검지기 자료의 융합을 통한 통행시간 추정 알고리
즘 개발,” *대한교통학회지*, 제23권, 제5호, pp.
135-146, 2005b.
- [27] J. Oh and Y. Chung, “Calculation of Travel Time
Variability from Loop Detector Data,” Preprint

- CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2006.
- [28] F. Qiao, X. Wang, and L. Yu, "Optimizing Aggregation Level for ITS Data Based on Wavelet Decomposition," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003.
- [29] F. Qiao, X. Wang, and L. Yu, "Double-sided Determination of Aggregation Level for ITS Data," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2004.
- [30] C. Oh, S. G. Ritchie, and J. Oh, "Exploring the relationship between data aggregation and predictability toward providing better predictive traffic information," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2005.
- [31] E. S. Park, S. Turner, and C. H. Spiegelman, "Empirical Approaches to Outlier Detection in ITS Data," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003.
- [32] D. L. Gold, S. M. Turner, B. J. Gajewski, and C. Spiegelman, "Imputing Missing Values in ITS Data Archives for Intervals under 5 Minutes," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2001.
- [33] H. Haj-Salem and J. P. Lebacque, "Reconstruction of False and Missing Data using a First Order Traffic Flow Model," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2002.
- [34] B. L. Smith, W. T. Scherer, and J. H. Conklin, "Exploring Imputation Techniques for Missing Data in Transportation Management Systems," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003.
- [35] C. Chen, J. Kwon, J. Rice, A. Skabardonis, and P. Varaiya, "Detecting Errors and Imputing Missing Data for Single Loop Surveillance Systems," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003.
- [36] M. Chen, J. Xia, and R. Liu, "Developing a Strategy for Imputing Missing Volume Data," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2006.
- [37] H. Rakha, and W. Zhang, "Estimating Traffic Stream Space-Mean Speed and Reliability from Dual and Single Loop Detectors," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2005.
- [38] J. G. Wardrop, "Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research," *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, Vol. 1-2, pp.315-378, 1952.
- [39] C. Xie, R. L. Cheu, and D. Lee, "Improving Arterial Link Travel Time Estimation by Data Fusion," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2004.
- [40] N. E. Faouzi, "Bayesian and Evidential Approaches for Traffic Data Fusion: Methodological Issues and Case Study," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2006.
- [41] 김동호, 노정현, 박동주, "고속도로 통행시간 예측을 위한 과거 통행시간 이력자료 구축에 관한 연구-지점검지기를 대상으로," *한국ITS학회 제4회 추계학술대회*, pp.197-202, 2005.
- [42] 강원의, 백남철, 신재명, "ITS 이력자료의 사용자 서비스를 위한 2차 가공시스템," *대한교통학회 제44회 학술발표회*, CD-ROM, 2003.
- [43] Z. Wall and D. J. Dailey, "An Algorithm for the Detection and Correction of Errors in Archived Traffic Data," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003.
- [44] W. Huang and J. Leonard, "Archiving Real Time Incident Data - An ADUS Application in Metro Atlanta Area," Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2002.
- [45] B. L. Smith, D. C. Lewis, and R. Hammond, "Design of Archival Traffic Databases: A Quan-

- titative Investigation Into Application of Advanced Data Modeling Concepts,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003.
- [46] C. C. McGhee, K. J. Earnest, Jr., R. Venkatanarayana, and B. L. Smith, “Systems Approach for Developing an Archived Data Management System(ADMS): ADMS Virginia Implementation,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003.
- [47] B. L. Smith and S. Babiceanu, “An Investigation of Extraction Transformation and Loading (ETL) Techniques for Traffic Data Warehouses,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2004.
- [48] B. L. Smith and R. Venkatanarayana, “Usage Analysis of a First Generation ITS Data Archive: Lessons Learned in the Development of a Novel Information Technology Application,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2006.
- [49] C. Quiroga, R. Pina, K. Hamad, and E. Kraus, “Intelligent Transportation System Spatial Data Modeling,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2006.
- [50] S. Foo, R. Browne, D. Ashton, and B. Abdulhai, “Building an Online ITS Research and Training Facility-the ICAT Database and Platform,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2006.
- [51] 백남철, 최대순, 강원의, “도로교통 자료의 품질 관리에 관한 연구,” *대한교통학회 제44회 학술발표회*, CD-ROM, 2003.
- [52] 이청원, 백남철, 송영화, 장진환, “영상검지기 교정주기 설정방안,” *대한교통학회지*, 제23권, 제5호, pp.177-185, 2005.
- [53] 박상조, “검지자료의 정확도 평가지표,” *대한교통학회 제46회 학술발표회*, CD-ROM, 2004.
- [54] 강원의, 백남철, 신재명, 장진환, “ITS 장비 성능평가 시스템,” *대한교통학회 제46회 학술발표회*, CD-ROM, 2004.
- [55] 류승기, 변상철, 김창현, 김기수, “검지 환경별 영상검지기의 성능변화 특성에 관한 연구,” *한국ITS학회 제3회 추계학술대회*, pp.64-68, 2004.
- [56] 김대호, 김승일, “차량검지기 성능평가 방안에 관한 연구(내부순환로 교통관리시스템 영상검지기를 중심으로),” *대한교통학회지*, 제20권, 제5호, pp.231-244, 2002.
- [57] 백남철, 이미영, 장진환, 허은, “차량검지기(VDS)의 평가방법론 및 기준장비의 개발,” *대한교통학회 제48회 학술발표회*, pp.183-192, 2005.
- [58] N. L. Nihan, X. Zhang, and Y. Wang, “Evaluation of Dual-Loop Data Accuracy Using Video Ground Truth Data,” Research Report, Washington State Transportation Center, Agreement T1803 Tash 38, 2002.
- [59] E. B. Emam, and H. Al-Deek, “Utilizing a Real Life Dual Loop Detector Data to Develop a New Methodology for Estimating Freeway Travel Time Reliability,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2006.
- [60] X. Zhang, Y. Wang, N. L. Nihan, and M. E. Hallenbeck, “Development of A System to Collect Loop Detector Event(Individual Vehicle) Data,” Preprint CD-ROM, *Transportation Research Board*, 2003a.
- [61] Battelle, “Traffic Data Quality Measurement,” Work Order Number BAT 03-007, 2004.

저자소개



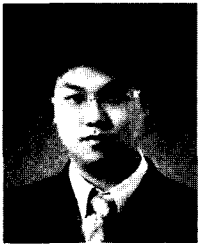
김 한 수 (Kim, Han-Soo)

1999년 2월 : 충북대학교 도시공학과 (공학사)
2001년 8월 : 한양대학교 도시대학원 교통물류학과 (도시학석사)
2006년 3월~현재 : 서울시립대학교 대학원 교통공학과 박사과정



박 동 주 (Park, Dong-Joo)

1990년 2월 : 한양대학교 공학사 (도시공학전공)
1993년 8월 : 서울대학교 도시계획학석사 (환경계획학과 교통전공)
1998년 12월 : Texas A&M University 토목공학박사 (교통공학전공)
2000년 4월~2002년 7월 : Asian Institute of Technology 토목공학과 조교수
2002년 9월~2005년 7월 : 공주대학교 건설환경공학부 도시 및 교통전공 조/부교수
2005년 8월~현재 : 서울시립대학교 도시과학대학 교통공학과 부교수



신 승 진 (Shin, Seung-Jin)

2005년 2월 : 공주대학교 물리학과 (이학사)
2006년 3월~현재 : 서울시립대학교 대학원 교통공학과 석사과정



백 승 결 (Beck, Seung-Kirl)

1991년 2월 : 한양대학교 도시공학과 (공학사)
1994년 2월 : 서울대학교 환경대학원 교통계획전공 (석사)
2002년 2월 : 서울대학교 환경대학원 교통관리전공 (박사)
2006년~현재 : 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원



남궁 성 (Namkoong, Sung)

1988년 2월 : 한양대학교 도시공학과 (공학사)
1990년 2월 : 한양대학교 대학원 도시공학과 (석사)
1996년 2월 : 한양대학교 대학원 도시공학과 (박사)
2006년~현재 : 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원