

통합 교통 정보 분석 시스템의 설계 및 구현

서동만*, 조영태**, 권 일***, 정인범**

*한국과학기술연구원 영상미디어센터

**강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

***Dept of Civil Engineering, University of Minnesota Duluth

e-mail:sarum@imrc.kist.re.kr

A Design and Implementation of Integrated Transportation Information Analysis System

Dongmahn Seo*, Youngtae Jo**, Eil Kwon***, Inbum Jung**

*Imaging Media Research Center, Korea Institute of Science and Technology

**Dept of Computer and Communication Engineering, Kangwon National University

***Dept of Civil Engineering, University of Minnesota Duluth

요 약

본 논문에서는 가공되지 않은 축적된 교통 정보를 이용하여 교통 전문가와 교통공학 분야의 학생들이 손쉽게 교통 정보를 분석할 수 있는 통합 교통 정보 분석 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 도시 고속도로 내의 구간과 시간, 일자를 선택하고, 선택한 영역의 교통 수집 정보를 분석하여, 교통 흐름 제어나 교통 정보 분석에 필요한 다양한 정보와 함께 속도 및 밀도, 통행량을 이용한 등고선 그래프를 제공한다.

1. 서론

최근 정보통신 기술의 발달과 함께 대도시의 도시 고속도로의 교통정보를 실시간으로 수집하고, 관리 제공하는 지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transport Systems)이 구축되고 있다[1, 2]. 지능형 교통 시스템의 구축과 함께 각 기관에서는 다양한 교통 정보들을 수집하여 일반인들에게 제공하는 교통정보 제공서비스를 구축하고 있다[3, 4, 5, 6].

이러한 교통 정보 제공 서비스에서는 차량의 운행 속도와 정체 구역, 고속도로 진출입 구간 사이의 이동시간, 운행 차량 대수, CCTV 화면 등의 정보를 제공하고 있다. 이러한 정보들은 일반인들에게는 유용한 정보로 활용하여 도로를 이용하는데 편리함을 제공한다. 그러나 도로 교통 상황을 통제하는 관리자나, 도로를 설계, 확장하는 설계자, 교통 공학을 공부하는 학생들에게는 충분하지 않은 단점이 있다. 교통 전문가들은 1차 정보의 분석을 통한 2차적인 정보들을 이용하여 현재의 교통 상황과 도로의 설계 및 확장, 교통 통제 등과 관련한 결정을 내리는 근거로 사용한다. 도로 교통에 관한 1차적인 정보와 2차적인 정보를 실시간으로 제공하는 경우, 보다 빠르게 상황에 맞는 교통 제어 방법을 결정할 수 있어 실질적인 도로 교통 환경을 개선할 수 있다. 또한, 장기적인 안목에서의 도로의 유지 보수 및 설계에 필요한 정보를 제공함으로써 장기적으로 도로교통 흐름의 안정성을 유지 할 수 있다.

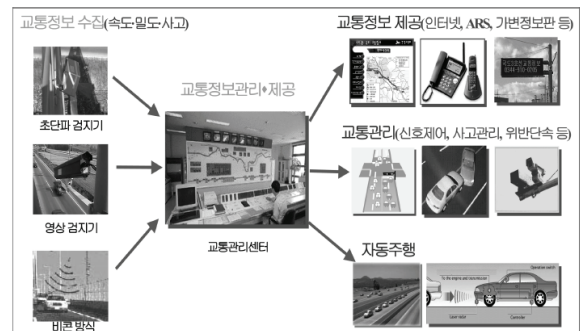
본 논문에서는 도시 고속도로 망에서 수집한 데이터를 분석하여 교통 전문가를 위한 2차적인 교통 정보를 제공하는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 도로 교통과

관련한 재 가공된 고급 정보를 제공하여 교통 전문가가 필요로 하는 교통 정보를 제공함으로써 도로 교통 흐름의 제어 및 도로의 유지보수, 설계에 도움을 주는 시스템이다.

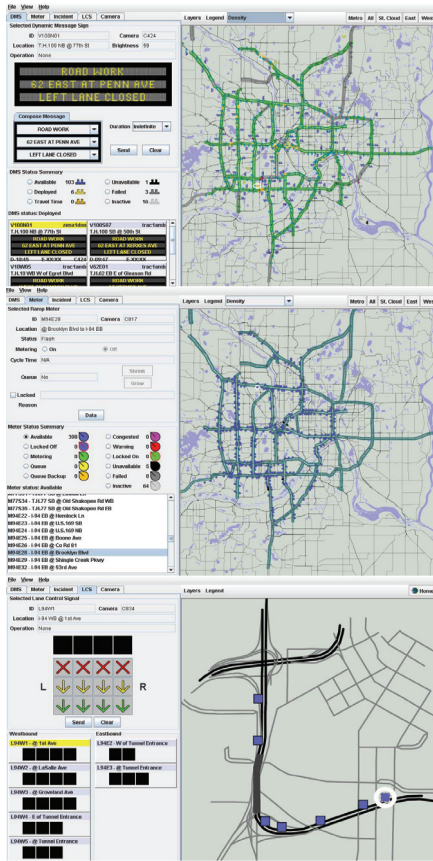
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지능형 교통 시스템과 그 예시인 IRIS를 소개한다. 3장에서는 통합 교통 정보 분석 시스템인 TIMS를 제안하고, 4장에서 동작과 활용 방안을 보여준다. 5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 계획을 설명한다.

2. 관련 연구

지능형 교통 시스템은 그림 1과 같이 도로, 차량, 화물 등 기존 교통체계에 첨단 전자, 정보, 통신, 제어 기술을 적용시켜 교통시설을 효율적으로 운영하고, 통행자에 유용한 정보를 제공하여 안전하고 편리한 통행과 교통체계의 효율성을 향상시키는 교통부문의 미래형 정보화 사업이다. 지능형 교통 시스템의 기본적인 구성요소는 크



(그림 1) ITS 개념도[2]



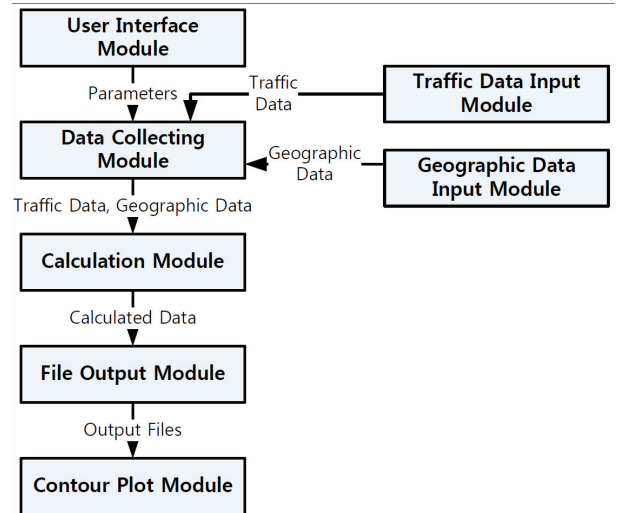
(그림 2) IRIS의 동작 화면

계 자료수집, 자료처리, 제어/표시, 통신요소 등 4가지로 구분한다[2].

그림 2는 현재 미국 미네소타의 트윈시티(Minneapolis와 St. Paul) 지역의 도시 고속도로의 정보를 수집하고, 관리 제어하는 시스템인 IRIS (Intelligent Roadway Information System)의 실행 화면으로 지능형 교통 시스템의 한 예를 잘 보여준다. IRIS는 트윈시티 영역의 도시 고속도로의 약 5000여개 이상의 루프디텍터를 이용하여 실시간으로 교통 정보를 수집하고, 데이터베이스에 저장 관리한다. 실시간으로 교통관제센터의 근무자에게 현황을 보여주며, 도로 내의 시설물을 관리하고, CCTV를 제어한다. 또한 고속도로 진입 구간의 차량 진입을 제어하여 도시 고속도로 내의 원활한 소통이 가능하도록 자동 제어하는 Ramp Metering 기능을 제공한다[7, 8, 9, 10].

3. 통합 교통 정보 분석 시스템의 설계 및 구현

교통 전문가를 위한 통합 교통 정보 분석 시스템으로 TIMS (Traffic Information Management System)을 제안한다. TIMS의 설계를 위하여 미국 미네소타 교통부(Mn/DOT: Minnesota Department of Transportation) 산하 트윈시티 지역의 교통 통제 센터(TMC: Traffic Management Center)에서 사용하는 IRIS[7, 8, 9, 10]를 활용하였다. IRIS에서 제공하는 도시고속도로 정보와 각 디텍터, 진출입 구간의 정보와 실시간으로 수집한 교통 정보를 입력 데이터로 사용한다.



(그림 3) TIMS의 모듈 구조

수집한 교통 정보는 특정 지점에서의 점유율(occupancy)과 교통량(volume)이다. 이 두 가지 측정값을 이용하여 가장 기본적인 교통 정보인 단위 시간 당 평균 속도(speed)와 밀도(density), 통행량(flow)을 계산할 수 있다. 세 가지의 기본 정보들을 재가공하여 교통의 흐름을 분석하고 시각화하여 사용자들에게 보여준다.

그림 3은 TIMS의 각 모듈과 모듈간의 관계를 보여주는 구조이다. 사용자 인터페이스 모듈을 통하여 사용자는 필요한 구간(corridor)과 날짜, 시간, 정보의 형태를 입력한다. 입력한 정보는 데이터 수집 모듈에게 전달되어, 입력 값을 분석하여 필요 데이터를 수집한다. 지리 정보 입력 모듈은 해당 구간에 대한 데이터를 제공하고, 교통 정보 입력 모듈은 해당 구간 내의 해당 시간 동안의 점유율과 교통량을 데이터베이스로부터 수집하여 데이터 수집 모듈에게 전달한다. 데이터 수집 모듈은 수집한 지리 데이터와 교통 데이터를 계산 모듈에게 제공한다.

계산 모듈은 해당 정보들을 이용하여 입력 구간 내의 디텍터 정보를 순차적으로 정렬하고, 서로간의 거리를 계산하여, 구간 내의 거리와 위치에 비례하는 직선화된 형태로 정렬한다. 그러한 구간 정보를 바탕으로 각 디텍터의 점유율과 교통량 정보와 각 디텍터가 가지는 필드 값을 이용하여 속도와 밀도, 통행량의 기본 정보를 계산한다. 세 가지 기본 정보를 바탕으로 사용자가 원하는 다양한 정보로 재가공한다. 표 1은 사용자에게 제공하는 정보의 종류를 보여준다.

계산 모듈은 선택 구간을 0.1 마일 구간으로 나누어 모든 정보를 0.1 마일 단위별로 다시 계산을 하여, 실제로 구간의 거리에 비례하는 형태로 표현할 수 있도록 한다. 또한 디텍터의 점유율과 교통량 정보의 신뢰성을 계산하여 해당 데이터의 신뢰도를 계산하여 파일 출력 모듈에게 전달한다.

파일 출력 모듈은 사용자가 선택한 구간 내에서 해당 기간(날짜, 시간) 동안의 교통 정보를 파일로 출력하여 준다. 출력 파일은 .xls의 엑셀파일과 .csv의 텍스트 파일

<표 1> TIMS의 제공 정보

구분	출력 정보	비고
스테이션 별 (Station Data)	속도 (Speed)	
	총 통행량 (Total Flow)	
	평균 차선 통행량 (Average Lane Flow)	
	밀도 (Density)	
차선 또는 디텍터 별 (Individual Detector Data)	속도 (Speed)	차선 정보 (Lane Config) 선택 가능
	통행량 (Flow)	
	밀도 (Density)	
구간 별 (Corridor Traffic Condition Measure)	총 주행 거리 (VMT: Vehicle Miles Traveled)	혼잡 임계값 (Congestion Threshold Speed), 기본 차선 용량 (Default Lane Capacity), 임계 밀도 (Critical Density) 선택 가능
	손실 주행 거리 (LVMT: Lost VMT for congestion)	
	주행 시간 (VHT: Vehicle Hour Traveled)	
	지연 주행 시간 (DVH: Delayed Vehicle Hours)	
	고속도로와 진출입 구간 통행량 (Mainline and Ramp Flow Rates)	
	구간 예상 이동 시간 (TT: Travel Time)	
	혼잡 구간 거리 (CM: Congested Miles)	
	혼잡 구간 거리 시간 (CMH: Congested Mile × Hours)	
	속도 변화 (SV: Speed Variations)	

일로 출력이 가능하며, 각 날짜별과 평균값을 각 파일별 또는 각 시트(sheet)별로 출력한다. 등고선 그래프 모듈은 파일 출력 모듈의 구간 내 속도 및 밀도, 통행량 정보를 이용하여 구간과 시간을 축으로 하는 속도별 등고선 그래프를 생성한다. 이 그래프는 혼잡 상황의 전파가 시간과 공간적으로 이동하는 경로를 한눈에 볼 수 있어 도로 교통의 문제점을 파악할 수 있으며, 사전에 혼잡 발생 징후를 분석하여 예방 대책을 세우는 기초가 된다.

표 2는 TIMS의 구현 환경 및 사용 라이브러리를 보여 준다. JFreeChart[11]는 그래프를 그리기 위한 자바 라이브러리로 TIMS의 등고선 그래프 생성 모듈에서 등고선 그래프를 그리기 위해 사용하였다. jxl[12]은 엑셀 파일 입출력 라이브러리로 .xls의 엑셀 파일로 출력을 하기 위해 사용하였으며, Java CSV[13]는 .csv 파일을 읽기 위한 라이브러리로 등고선 그래프 모듈에서 구간 및 시간 별 속

<표 2> TIMS 구현 환경 및 라이브러리

구분	버전
JAVA	1.6.0_12
이클립스	3.4.1
JFreeChart	1.0.13
jxl	2.6.10
Java CSV	5.9

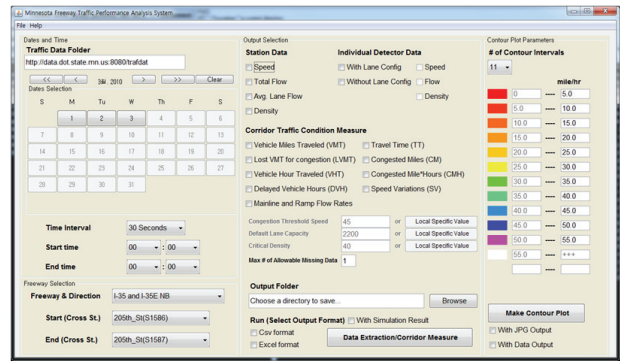
도 및 밀도, 통행량 정보가 저장된 .csv 파일을 읽어 들이는데 사용하였다.

4. TIMS의 동작 및 활용

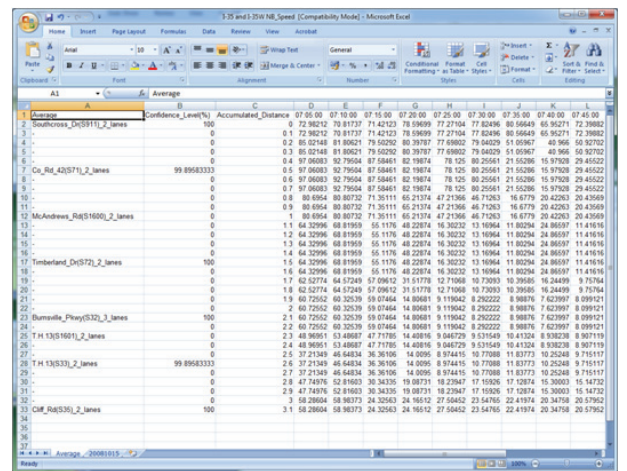
그림 4는 TIMS의 사용자 인터페이스 화면을 보여준다. 사용자는 인터페이스 화면에서 사용하고자 하는 교통 정보 데이터를 선택하여 사용할 수 있다. 기본적으로는 Mn/DOT에서 온라인으로 제공하는 데이터 파일을 온라인으로 읽어와 사용한다. 해당 데이터 파일 리스트를 검색하여 분석 가능한 날짜를 달력 인터페이스 상에 활성화 하여 사용자가 다수의 날짜를 선택 할 수 있다. 선택한 날짜에서 데이터를 추출한 시간대를 선택한 후 데이터 단위 시간을 선택 할 수 있다. 단위 시간은 30초에서 1시간 까지 다양하게 선택 할 수 있어 사용자의 목적에 따라 해당 시간 동안의 평균값을 계산하여 정보를 출력한다.

트윈시티 내의 모든 도시고속도로 중 사용자가 원하는 고속도로를 선택하고, 시작 지점과 끝 지점을 선택하여 원하는 구간을 설정한다. 이때 사용자는 스테이션 아이디와 교차하는 길의 이름을 이용하여 선택할 수 있도록 한다.

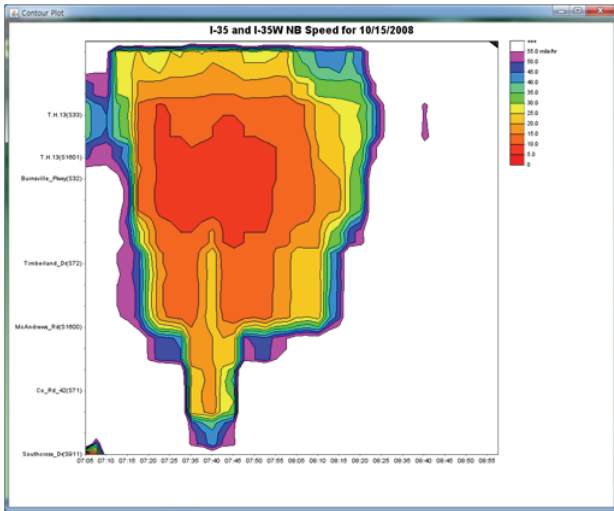
사용자는 자신이 원하는 시간과 구간 정보를 선택 한 후 얻고자 하는 정보의 종류를 모두 선택 할 수 있다. 또한 출력하는 파일의 타입을 선택하고, 속도 및 밀도, 통행량에 대한 등고선 그래프 출력을 설정할 수 있다. 그림 5는 사용자가 .xls의 확장자를 가지는 엑셀 파일을 선택



(그림 4) TIMS의 실행 화면



(그림 5) TIMS의 출력 엑셀 파일



(그림 6) TIMS의 속도 등고선 그래프 하였을 때의 출력 파일을 보여준다. 각 행은 0.1 마일의 간격을 표현하여 시작점으로부터의 거리를 직각적으로 알 수 있으며, 각 지점의 정확도를 함께 출력하여 준다. 각 열은 사용자가 지정한 단위 시간을 표현한다. 따라서 하나의 셀은 단위시간동안 0.1마일 구간의 평균값을 보여준다.

속도에 관한 등고선 그래프 출력 시에 속도의 단계를 사용자가 직접 선택하여 원하는 속도 구간을 그래프에 표현하여 혼잡 발생의 전과와 구역, 시간을 확인할 수 있다. 그림 6은 TIMS가 출력한 등고선 그래프를 보여준다. 그래프의 비고는 사용자가 설정한 속도 단위별 색상을 보여준다. y축은 시작 지점에서 끝 지점까지의 거리에 비례하는 스테이션과 교차하는 길 이름을 표시하여 주며, x축은 시작 시간과 끝 시간을 단위 시간으로 나누어 보여준다.

TIMS는 기존에 교통 전문가들이 직접 엑셀 등의 프로그램을 이용하여 계산하던 정보들을 원하는 구간, 원하는 시간 내의 교통 정보를 추출하여 계산하여 주어 보다 빠르게 교통 전문가들이 도로교통 상황을 분석할 수 있도록 도와준다. 현재 TIMS는 Mn/DOT에서 교통 정보 분석을 위하여 활용하고 있으며, UMD (University of Minnesota, Duluth)의 토목공학과와 교통 공학 관련 수업에서 교통 정보 분석 실습을 위한 실습 교재로 채택하여 사용하고 있다. 이를 통하여 교통 전문가들은 도로교통의 문제점을 빠르게 파악하고, 교통 흐름을 원활하게 하기 위한 조치를 신속하게 내릴 수 있는 환경을 조성하여 주는 한편, 상습 정체 구역의 정보를 분석하여 향후 도로망의 유지 보수 및 신규 도로의 설계 시에 유용하게 사용할 수 있다. 또한 교통 공학 관련 학생들에게 교통정보를 분석하고 이해하는 부교재로서 활용 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구계획

교통 정보의 효율적인 분석을 위하여 도시고속도로에서 수집한 가공되지 않은 정보들을 이용하여 교통 전문가

들이 활용할 수 있는 통합 교통 정보 분석 시스템인 TIMS를 제안하였다. 제안한 시스템은 사용자가 고속도로의 구간 및 날짜, 시간, 원하는 정보 등을 선택하여 필요로 하는 정보를 선택적으로 확인 할 수 있다. 또한 구간 내 속도 및 밀도, 통행량 정보를 등고선 그래프로 표현하여 전문가들이 교통 혼잡 발생 상황을 보다 면밀히 분석할 수 있는 자료를 제공함을 보였다. 구현한 시스템이 현재 Mn/DOT와 UMD 등에서 교통 분석과 교통 공학 교육사용하는 사례를 제시함으로써, 도시고속도로의 교통 흐름을 분석 환경을 제공함을 보였다.

향후에는 TIMS의 교통 정보를 모두 그래프로 표현함은 물론 실시간 정보를 바로 그래프로 표현하는 웹기반 통합 교통 정보 분석 시스템을 구현할 예정이다.

참고문헌

- [1] 정창원, 신창선, 주수중, “실시간 교통흐름의 모니터링 및 제어를 위한 교차로 시뮬레이션 시스템 설계”, 인터넷정보학회논문지, 제6권, 제6호, pp.85-97, 2005.12.
- [2] 강연수, “지능형교통체계/텔레매틱스”, 정보과학회지, 제27권, 제9호, pp.10-17, 2009. 09.
- [3] 서울도시고속도로 교통정보 사이트, <http://www.seoul.npa.go.kr/index.html>
- [4] 서울특별시 교통정보센터, <http://topis.seoul.go.kr/topis4/main/main.jsp>
- [5] 한국도로공사 고속도로 교통정보 사이트, <http://www.roadplus.co.kr/main.do>
- [6] 국가교통DB센터 <http://www.ktdb.go.kr/html/main/main.jsp>
- [7] "Intelligent Roadway Information System (IRIS) As-Built System Design Document", ITERIS, 2007. 05.
- [8] "IRIS User Manual", Minnesota Department of Transportation, 2009. 04.
- [9] IRIS Software Distribution Home, <http://iris.dot.state.mn.us/>
- [10] IRIS - Software Verification Program, <http://atheycreek.wordpress.com/>
- [11] JFreeChart, <http://www.jfree.org/jfreechart/>
- [12] jxl, <http://jxl.sourceforge.net/>
- [13] Java CSV, <http://sourceforge.net/projects/javacsv/>