

# 지형공간정보시스템을 이용한 인터넷 실시간 도로교통정보 구축 Real-Time Traffic Information System Using Internet GIS

이준석\* · 노유진\*\* · 강인준\*\*\*  
Lee, Jun-Seok · Roh, You-Jin · Kang, In-Joon

## 요 旨

인터넷 웹상에서 새로운 공간 정보와 객체지향적인 실행을 제공하기 위해서는 소프트웨어 구조는 동적이어야 한다. 이러한 요건을 만족시키기 위해서 JAVA는 강력한 틀을 제공한다. JAVA는 동적이고, 플랫폼에 영향받지 않으며 객체지향적인 언어이고 인터넷 지형공간정보를 위한 대부분의 필요를 만족시킨다. 본 연구에서는 부산시 일부지역의 루프검지기 데이터를 실시간으로 데이터 획득, 갱신, 해석해서 사용자가 원하는 도로교통 정보와 인근의 건물, 도로 등의 정보와 함께 제공하는 지형공간정보를 인터넷 웹상에 JAVA로 구현하고 실시간 도로교통 정보를 JAVA로 만든 범용 클라이언트로 구현하였다.

## ABSTRACT

Software structure must be dynamic to support new geospatial information sources and their object-oriented implementation on the Web. JAVA is interactive, platform independent and object-oriented language and meets all needs on Internet GIS. This paper introduce JAVA based GIS program to manipulates various geographic data on Internet, communicating interactively and transfer real-time data between server and client. This and this program analysis roof detector in all part of Pusan area and indicates the traffic states, road surface conditions, weather information, shortest cut, and road names in JAVA client windows. Also this study shows various techniques in expression real time traffic informations.

## 1. 서 론

### 1.1 연구필요성 및 연구목적

자동차의 증가는 도로정체, 사고, 공해와 같은 심각한 문제를 일으키게 되었으며 안전시설, 교통질서에 관한 의식이 요구되게 되었다. 90년 이후 교통혼잡으로 인한 경제적 손실은 매년 2조원 이상 증가하고 있으며 94년의 경우 전체 GNP의 20%에 이르고 있다.<sup>1)</sup> 이에 따라 교통안전 지식, 정보, 기술개발 내용과 교통 안내 및 교통 상황에 대한 정보의 체계화, 신속화가 요구되고 있다.

운전자에게 필요한 교통 관련 지식과 교통 현황 정보를 제공하는 서비스는 교통 관련 정보를 사전에 제

공함에 따라 안전 운행의 이행, 최적 경로의 선택 등의 실현으로 교통 소통을 증진시키고 교통사고를 감소시킬 수 있는 계기를 마련한다. 도로 정체, 교통사고, 도로 시설물과 여행 경로 안내정보등의 이용은 교통 체증에 따른 사회, 간, 직접비의 손실을 최소화시킬 수 있다. 이와 같이 교통 정보는 첨단교통체계(ITS, Intelligent Transportation System) 실행 계획의 역할 및 기반 시설 구축에 크게 기여하므로 향후 첨단교통체계 발전 시스템의 설계에 가까운 모델과 교통 관제를 위한 시스템 발전 방향을 제시할 수 있는 자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 인터넷에서 다양한 지형공간정보와 동적인 교통정보를 다루기 위해 JAVA로 프로그래밍한 실시간 교통정보 지형공간정보를 웹상에서 구현함으로써 복잡한 대도시의 교통 혼잡을 줄이고, 다양한 지형공간 정보 자료와 연결시키고자 하는데 연구목적이 있다.

\*부산대학교 대학원 토목공학과 석사과정  
\*\*부산대학교 대학원 지형정보학과 석사과정  
\*\*\* 부산대학교 토목공학과 교수

## 1.2 국내외 연구동향

현재 국내에서 인터넷을 이용한 교통정보 제공은 관 광용과 교통용을 소개하는 정도이며 실시간으로 교통 정보를 제공하는 것은 한국 도로공사의 문자정보와 CCTV영상을 보여주는 것이 전부이다. 이러한 데이터 도 자동으로 처리하는 것이 아니라 사람이 수작업으로 하고 있으며 담당자가 없을 때는 자료갱신이 않되는 단 점이 있다.<sup>2)</sup> 한편, 도로교통안전협회에서 교통정보 서 비스센터 추진 사업계획으로 5년간(1995-1999) 4단계 로 나누어 광역교통 정보 서비스체계 구축을 1단계로 1995, 1996년에는 수도권, 부산에서 교통정보서비스센터 설립, 교통상황정보/교통정보 서비스실현, 2단계로 1997년에는 부산, 광주에서 여행시간안내/교통정보서 비스 다양화, 3단계로 1998년까지 대구, 대전 지역서 자동주행안내체계 실현, 4단계로 전국도로망을 대 상으로 1999, 2000에 걸쳐 종합교통관제 및 정보가공 체계 구축을 목표로 하고 있다. 이 시스템에 사용되는 GIS는 ESRI사의 SDE, Arc/View, Arc/Info를 사용하 여 수치지도, 어플리케이션을 설계한다. 인터넷 서비스 는 Tcp/Ip를 이용하여 HTTP와 DBMS사이에 SDE Interface/SQL Interface를 두는 것으로 현재 작업중에 있다.<sup>3)</sup>

미국의 경우 인터넷을 이용한 교통정보 제공이 활발 하다. CGI를 이용한 대표적인 서비스는 워싱턴 주립 교 통국의 WEBFLOW<sup>4)</sup>와 Maxwell Technology<sup>5)</sup>와 같은 회 사는 로스앤젤레스, 오렌지카운티, 산디에고 지역의 교 통 정보를 인터넷 웹상에서 CGI로 구현해서 제공하고 있다. JAVA로 구현한 예는 ETAK Company의 Travel Info<sup>6)</sup>에서는 속도와 사고상황을 Graphic User Interface로 처리하고 있으며 TranSmart사의 TOL WEB<sup>7)</sup>은 문자 서 비스만 하고 있다. 직접 Client Application을 제공하는 경우는 워싱턴 주립 교통국과 TOL WEB이 있으며 특 히 워싱턴 주립 교통국은 무료로 배급하며 실시간의 교 통상황의 데이터를 internet ftp 서버상에 올려 놓았으며 데이터 format을 공개하여 누구든지 교통상황 ap plication을 만들게 하였다.

미국 이외 예서는 아직 인터넷으로 실시간 교통정보 를 제공하고 있는 곳이 없다. 관련된 연구는 전자공학 적인 실시간 교통정보 수집의 연구는 많으나 그것을 활용한 인터넷을 통한 제공에 관한 연구는 활발하지 않다.<sup>8)</sup>

## 2. 인터넷 지형공간정보

### 2.1 ONLINE 지형공간정보에서의 JAVA의 유익점

JAVA로 구현한 지형공간정보의 유익점에 대해 살펴 보면 소프트웨어의 upgrade절차가 필요 없이 필요시에 browser를 통하여 바로 받을 수 있다. 그리고, 분산 시 스템의 대표적인 예로 소스를 한 곳에 집중 시키지 않 고 여러 곳에 분산하여 각기 다른 기능을 구현하게 할 수 있으며 platform에 상관 없는 bytecode언어로 모든 기종의 컴퓨터에서 작동이 가능하며, 웹에서 구현 하기 힘든 동적이고 상호 작용하는 user interface를 구현 할 수 있고, 분산된 시스템으로 인한 데이터 중복과 불필 요한 사본을 없앨 수 있으며 인터넷 상의 실시간으로 변하는 데이터를 처리하기 위한 강력한 툴을 제공한다.

### 2.2 JAVA로 지형공간정보구현 방법

JAVA는 이미 인터넷상의 동적인 application을 위한 도구로 널리 쓰이고 있다. 이것의 유용한 점은 브라우 저 상에서 HTML과의 통합에 들 수 있다. 브라우저와 원거리 데이터베이스와의 연결은 최근 널리 사용되고 있다. 검색, 업데이트 등이 가능하며 JAVA는 이러한 기능외에 래스터와 벡터의 데이터와 text데이터의 복 잡한 조작이 가능하다. JAVA의 제한된 하드웨어 사용 과 빠른 클라이언트접속은 지형공간정보도구들의 기 능을 해치지 않으면서 해결할 수 있는 방법을 제공하 며 새로운 분야인 휴대용과 차내용의 장치로도 쓰일 수 있다. 다른 방향으로서는 범용 확장성 지형공간정보 client를 제작 할 수 있어서 각기 다른 서버의 다른 지 형공간 데이터베이스에 접속 할 수 있게 한다. 최근의 지형공간정보 동향인 client-server의 기술을 발달 시킬 수 있다.

JAVA를 활용한 인터넷 응용도구는 client와 server 로 기능이 나뉘어 있어야 한다. 지금 나와 있는 수많은 인터넷 도구들은 대개 사용자의 요구가 있을 때 cgi-bin에 바탕을 둔 raster map을 만들어 주는 것이 대부 분이다. 이 방식의 문제점으로는 서버의 부하를 높인 다. 동시에 서버는 벡터를 래스터로 만드는 작업을 수 행하여야 한다. 벡터보다는 래스터의 데이터 크기가 크므로 네트워크의 부하를 늘린다. 이동이나 확대 같은 단순한 기능을 위하여도 아주 복잡한 알고리즘이 요구 되어 지며 얻어진 데이터를 재가공 하는 것이 어렵다.

JAVA 지형공간정보는 세계의 층으로 나뉘는 데 첫째 층은 JAVA client로 출력하고 고치고 다양한 형태의 지형 출력이 가능해야 한다. JAVA의 새로운 구성요소 설치과정이 간단하기 때문에 이러한 시스템은 새로운 형식의 데이터에 쉽게 확장 될 수 있다. 두번째 층은 데이터 모델과 client사이의 필터로 서버에 설치한다. 이 필터의 역할은 사용자의 다양한 요구에 따라 데이터의 전송과 단순화시키는 것이다. 이 두 층은 이미지와 속성 래스터와 벡터의 전송을 하는 프로토콜에 기반을 두고 있다. 세번째는 지형공간정보시스템으로 이것은 현재의 지형공간정보 패키지 그대로 사용할 수도 있다. 이러한 시스템의 사용자는 비교적 값싼 도구를 써서 서버의 출력결과를 볼 수 있으며 이 것이 발달하면 다른 데이터베이스와 다른 데이터 모델, 형식, 지도투영, 좌표계를 해석하여 분산된 지형정보를 해석할 수 있다.<sup>9)</sup>

지형공간정보에서의 자료처리는 크게 보아서 자료입력, 자료처리, 출력의 3단계로 구분 할 수 있으며, 보다 세부적으로는 부호화, 자료입력, 자료정비, 조작처리, 출력의 다섯 단계로 구분 할 수 있다.

### 2.3 대도시 지형공간정보 제공시 JAVA의 가능성

인터넷 웹상에서 새로운 공간 정보와 객체 지향적인 실행을 제공하기 위해서는 소프트웨어 구조는 동적이어야 한다. 웹상에서 지형공간정보를 구현하기 위해서는 두 가지의 방법이 권장된다. 하나는 JAVA 언어를 이용한 대화형 인터페이스를 만드는 것이고 다른 하나는 웹 HTTP 프로토콜과 호환되는 윈도우 API를 이용하여 만드는 것이다. 후자는 구현하기는 쉽지만 특정 소프트웨어에 종속되고 이용자 입장에서 특정 플랫폼의 특정 플러그인이 있어야 한다.

지형공간정보프로그램은 다양한 지형정보를 분류, 추출, 저장, 질의하는 기능이 필요하지만 기존의 HTML문서는 정적이고, 한꺼번에 많은 점과 지역을 선택 할 수 없는 등 지형공간정보기능의 한계가 있다.

JAVA는 웹상의 이러한 기능을 충족시키며 서버측의 프로그램 갱신으로 언제나 프로그램 업그레이드가 가능하며 소프트웨어 재창출이 가능하다. JAVA는 플랫폼 독립적이고, 객체 지향적이며, 배우기 쉽고, 멀티스레딩이 가능하며 동적이고 넷트P상에서 동적인 접속이 쉽게 이루어진다.<sup>10)</sup>

## 3. 교통데이터 획득

### 3.1 검지기 자료 분석

본 연구에서는 부산광역시 경찰청 도로관제과에 올라오는 데이터중 중앙로 지역의 하룻동안의 10분간격의 31개의 루프검지기의 기록 데이터 자료를 이용하였다.

검지기로부터 수집되는 자료는 교통량과 점유율로서 교통량은 단위시간(1', 5', 10', 15')동안 검지된 펄스의 수와 1분 단위 교통량을 시간당 교통량으로 환산하여 포화교통량에 대한 백분율로 나타낸 교통량(%)이 있고, 점유율은 단위시간(1')동안 검지된 기준 점유시간(60/Max Occupancy)의 개수를 최대점유(52/분)에 대한 백분율로 나타낸다. 또한 이 교통량과 점유율은 일정기간동안의 급격한 변화를 완화시켜주기 위해 평활과정을 거치게 되고, 운영에 유용한 자료가 되도록 하기 위해 점유율 보정과 검지기 자체 보정을 하여 최종적인 자료로서 교통량(Vol%), 점유율(Occ%), 속도(Speed), V+O%의 값을 나타내게 한다.

기초 교통량 자료는 고정식 교통량 조사장비에서 발생하는 개별 차량 자료를 취합하여 구성된 단위시간당 방향별, 차선별, 차종별 통과 교통량, 평균 속도, 점유율, 차선의 검지상태 코드 등이 포함된 자료이다. 원격지의 컴퓨터에서 사용자는 5분, 15분, 30분, 1시간 등으로 자료발생주기를 지정할 수 있다.

### 3.2 도로교통량 산출공식

현재 부산시 전자교통제어 시스템의 운영방식은 시간대별 신호운영 데이터 베이스를 일치시켜 지정된 시간에 지정된 신호로 운영되게 하는 시간예약 신호운영 방식(T.O.D. : Time of Day)과 교통상황별로 준비된 신호시간 계획을 중앙 컴퓨터에 입력시켜 두고 검지기에서 수집된 교통자료로서 신호시간을 선택케 하여 운영하는 제어방식으로서 교통수요 예측기능은 없지만, 교통패턴변화에 대한 대응성을 가진 유일한 제어방식인 교통대응방식(Auto : Traffic Responsive)을 선택적으로 이용하도록 되어 있다. 특히 이중에서 교통대응방식을 이용하는 검지자료는 교통량(V : Volume%)과 점유율(O : Occupancy%)로서 이 두 변수의 합으로 교통상태를 판정하여 6개의 신호주기 선택 및 교통상황 판단의 척도로서 이용되고 있다.

이러한 시스템에서 교통류내 운행상태는 그 상태를

설명하는 질적 척도로 정의되는 것으로, 일반적으로 속도, 여행시간, 운행자유도, 교통방해, 안락감, 안전의 요소로 운행상태를 6개 등급으로 규정지어 나타내는 서비스 수준(Level of Service)으로 설명되고 있으며, 이때의 평균 교통류율(대/시)은 평균밀도(대/Km)×공간 평균속도(Km/시)로 나타나고 있다.

그러나 여기서 밀도의 경우 공간 평균량이기 는 하지만, 직접적인 측정이 사실상 어렵기 때문에, 이러한 검지기에서는 단위시간당 차량이 존재하는 시간의 비로 이용되는 점유율(O)로 대체하며 식 (3-1)과 같다.

$$O = \frac{\sum T_n}{T} \times 100 \quad (3-1)$$

T:기준시간      T<sub>n</sub>:n 차량의 존재시간

역으로 점유율은 밀도(K) 산하기 위해 자주 쓰이는 바, 이 때의 식은 (3-2)와 같다.

$$K = \frac{1000 \times O}{100 \times D} = g \cdot O(3-2)$$

D:유효 차량길이      g:환산계수

따라서 부산시의 시스템에서 속도의 계산은 유효 차량길이를 6 m로 하여  $g = \frac{1000}{6} = 168$ 을 적용하면 속도(S)는 식 (3-3)이 된다.

$$S = \frac{V \times VPHR}{g \times O} = \frac{V \times VPHR}{168 \times O} \quad (3-3)$$

VPHR:시간당 속도

그러나 이러한 기본적인 방정식은 교통류가 일정(즉, 차량속도나 공간간격이 일정)하다는 가정이 전제되어 있으나, 만일 교통량이 매우 적거나, 극심한 혼잡상태에서는 적용하기가 적절하지 못하다는 문제점이 있다.<sup>11)</sup>

## 4. 적용예

### 4.1 모델지역

본 연구에서는 부산광역시의 하루동안의 중앙로의 검지기 자료를 활용하였으며 이용된 구간은 내성로터리-온천장, 두실역-노포동역, 범넛골-서면로터리, 부곡상가맨션-고속도로입구, 부산역-좌천로터리, 부산진-서면, 삼보예식장-미화당, 송공삼거리, 시청-부산전화국, 시청-초량, 양정로터리-교대앞과 같은 주요 교차로 부근 11곳을 대상으로 하고 있다.

### 4.2 JAVA 프로그램

이 프로그램의 초기 URL은 그림2와 같이 http://hyowon.pusan.ac.kr:8000/traffic/ 으로Control Panel, Info Panel, 지도 화면과 여러 버튼들의 인터페이스로 구성되어 있다. 이 프로그램은 unix sollaris 2000의 서버에 apache httpd 1.2를 데몬으로 사용하고 있으며 사용자가 원하는 시간에 위의 URL로 접속하면 세계 어디서나 서버측에서 처리된 부산시내의 자기가 원하는 교통 정보를 볼 수 있다.

그림 1과 같이 서버측과 클라이언트측의 두 부분으로 나뉘며 서버측 프로그램의 역할은 부산시 검지기 데이터가 모이는 시경 교통정보와 서버에서 지속적으로 자료를 갱신, 처리, 해석, 제공하는 역할을 하며 사용자의 요구가 있을 시 이를 형식에 맞춰 최소한의 자료를 제공함으로써 네트워크 속도를 빠르게 하였다. 사용한 DBMS는 자체적으로 flatfile database를 사용하였으며 multi treading을 구현하여 사용자의 사용 중에도 up-

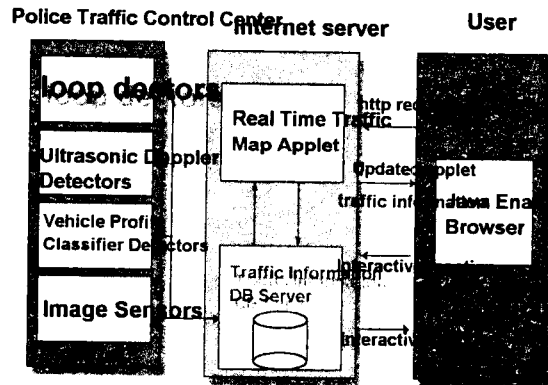


그림 1. 구현방법 설명

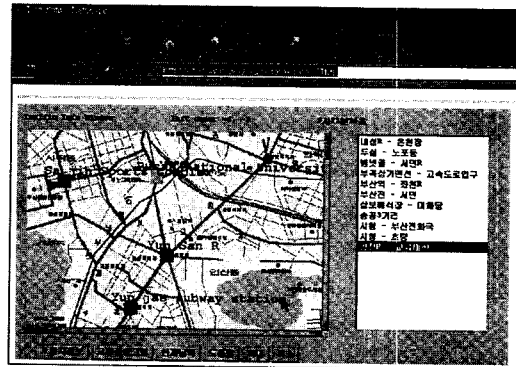


그림 2. 실시간 도로교통정보 첫페이지

date process가 작동하여 빠른 갱신이 가능하게 하였으며 Tcp/Ip 기반의 인터넷 네트워크 상에서 쉽게 구현되는 JAVA자체의 네트워크 기능을 활용하였고 감박임을 방지하기 위해서 이중버퍼링 그래픽을 사용하였다.

교차로의 교통 상황을 속도별 점의 색깔로 표시하여 0~20 Km/h는 검정색, 20~40 Km/h는 빨강색, 40~60 Km/h는 분홍색, 60~80 Km/h는 초록색, 80 Km/h이상시는 파랑색으로 표시하였다. 그러나, 경찰청의 보안상의 이유로 시경의 컴퓨터에 바로 접속하지 못하고 부산시 중앙동 지역의 31개 Loop 검지기의 24시간 자료를 raw data로 받아 와서 이를 해석, 시간대별 표시하는 예를 보였다. 표 1은 이 프로그램의 클래스별 기능설명이다.

본 프로그램은 크게 왼쪽의 정보출력 창, 오른쪽의 선택 패널, 아래쪽의 명령 버튼으로 이루어져 있고 위쪽에는 상태 표시와 현재시간이 표시된다. 도로의 교통

표 1. TrafficInfo JAVA 프로그램 설명

클래스 이름	Method	Method설명
ViewCan	ViewCan()   Paint()   update()	TrafficInfo클래스로부터 데이터를 전달받음   속도에 맞는 인덱스 컬러로 화면에 표시   필요시 갱신
HelpInfo	HelpInfo()	도움말을 화면에 표시
TrafficInf	init()   run()   action()	필요한 변수 설정 및 초기화   원격 교통데이터 스트림 입력   명령 버튼의 처리

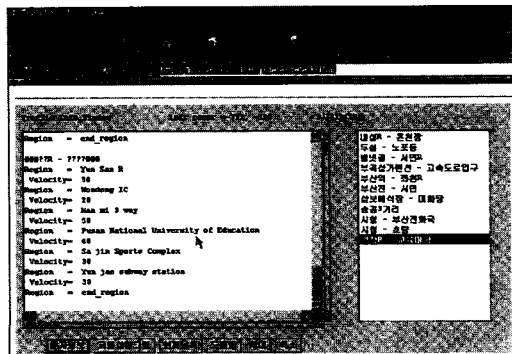


그림 3. 문자로 나타낸 교통정보

상황을 문자와 범례화된 사각형 그래픽으로 표시 할 수 있으며 정보창의 지도를 마우스로 끌거나 확대, 축소 할 수 있다. 이 곳에 나타나는 교차로의 속도들은 브라우저로 접속한 그 시간의 교차로의 속도들이며 브라우저의 update 버튼을 누르면 언제든지 갱신된 정보를 볼 수 있다. 그림 3는 문자로 나타낸 교통정보이다.

JAVA스크립터로 작성된 고속도로상황과 현재 부산 날씨 정보 윈도우를 볼 수 있으며 도움말 기능을 제공하여 범례와 간단한 사용법을 알 수 있게 하였다.

그림 4는 부산의 날씨정보 윈도우로 JAVA스크립터로 작성한 윈도우가 wetherpost.com과 link되어 현재 부산의 날씨와 주행시 도로의 날씨를 예측하게 하였고 또 다른 링크에서는 전국 주요 고속도로 상황 문자정보도 볼 수 있게 하였다. 그림 5은 도움말 윈도우로 교통상황범례와 이 프로그램의 간단한 설명, 버전, 연락 주소, e-mail 등이 소개되어 있고 e-mail이 링크되어 있어 언제든지 의견과 요구사항을 제시하게 하였다.

4.3 비교고찰

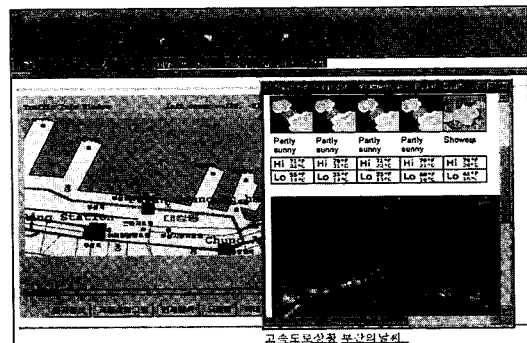


그림 4. JAVA Script로 작성된 날씨 정보창

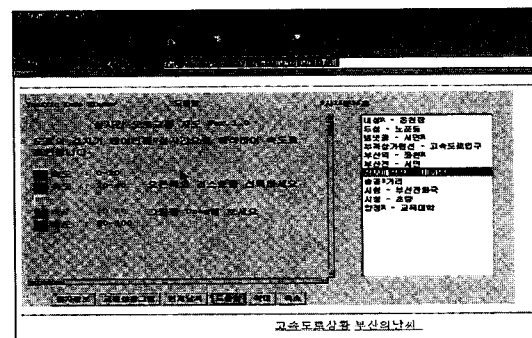


그림 5. 도움말 정보창

본 연구의 예에서 자료입력은 부산 시경의 교통관계  
과에 매 분마다 update되는 자동입력의 방법을 택했으  
며 입력되는 자료는 래스터 방식의 basemap과 각 교차  
로의 node가 있다. 자료처리 방법으로는 둘 이상의 자  
료 층에 있는 변량들간의 관계분석이 가능한 중첩분석  
이 가능하며 각 변량들과의 변이량을 그래프로 도식화  
가 가능하였다.

## 5. 결 론

인터넷에서 실시간 도로교통지도 제작을 위하여 지  
형공간정보시스템을 활용한 결과 얻은 결과는 다음과  
같다.

1. 인터넷 웹 상에서 JAVA는 교통 정보와 같은 실  
시간으로 변하는 데이터를 제공하는 처리하는 강력하  
고 효율적인 틀을 제공하며 구간별 평균속도, 도로의  
교통 상황을 실시간으로 보여줌으로써 도로의 효율과  
교통의 흐름을 원활히 할 수 있는 방법을 제공할 수 있  
었다.

2. 서로 다른 서버상의 정보와 교통정보를 활용하는  
online상의 범용 client를 만들었으며 정적인 html문서  
로 구현하기 힘든 웹 상의 대화형 인터페이스의 제공이  
가능하였으며 동적인 지도 갱신이 가능하였다.

3. JAVA로 구현한 지형공간정보에서 루프검지기 데  
이터, 기상청 날씨 정보 등과 같은 다양한 디지털 사회  
간접 자본 데이터와 연결하였으며 도시의 시설물 관리,  
도로 정보 관리 등에 적용하여 이 자원들을 유기적으로  
활용할 수 있음을 알았다.

앞으로 부산광역시청 교통관계과의 서버구축으로 실  
데이터와의 연결, 상용 데이터베이스 엔진을 이용한 교  
통자료의 다양한 검색과 vector map을 구현한 빠른 입  
출력을 구현할 예정이다.

## 참고문헌

1. 박창수, 한원섭, 김은정, 강동윤, "교통정보 부가가치 통신  
망구축을 위한 기본연구", 도로교통안전협회, pp.3-18, 1995.
2. 한국도로공사 문자정보, [http://www.freeway.co.kr/  
substuff/now/cc2.htm](http://www.freeway.co.kr/substuff/now/cc2.htm)
3. 도로교통안전협회, "교통정보서비스센터 추진사업계획",  
pp.166-169, 1995. 9.
4. Seattle Traffic Congestion Map, [http://www.wsdot.wa.gov/  
regions/northwest/NWFLOW/](http://www.wsdot.wa.gov/<br/>regions/northwest/NWFLOW/)
5. Southern California Traffic Report, [http://www.scubed.  
com/caltrans/](http://www.scubed.<br/>com/caltrans/)
6. Etak Traffic Welcome Page, [http://www.etaktraffic.com/  
Default.htm#Speed](http://www.etaktraffic.com/<br/>Default.htm#Speed)
7. TranSmart-Traffic Online Web, [http://www.trafficonline.  
com/tolweb.html](http://www.trafficonline.<br/>com/tolweb.html)
8. Transportation Resources, "<http://dragon.princeton.edu/~dhh/>"
9. Strand Eric J., "JAVA-Enabled Browsers Provide Geo-  
graphic Access", 9(6), GISWorld, pp.38, 1996.
10. 강인준, 이준석, "Urban Facility Management Using JAVA  
Based GIS", URISA 35th Annual Conference, pp.162-168,  
1997.
11. 이승환, 이철기, "실시간 교통신호제어를 위한 루프 검  
지기 체계 연구", 도로교통학회지 14(2), pp.59-87, 1996.
12. 도철웅, "교통공학원론", 청문각, pp.482-485, 1997.
13. C. S. Papacostas, "Transportation Engineering and Plan-  
ning", prentice hall. pp.358-380, 1994.
14. David Crossley, Tony Boston, "A Generic Map interface  
to Query Geographic Information using the World Wide  
Web", Fourth International World Wide Web conference.  
1995 "[http://www.w3.w3.org/pub/Conferences/WWW4/  
Papers/austalia/](http://www.w3.w3.org/pub/Conferences/WWW4/<br/>Papers/austalia/)"
15. Markos parageorgiou, "Concise Encyclopedia of Traffic  
& Transportation System" pp.99-101, 1995.
16. 최기주, "TranDASS: 지형공간정보와 전문가 시스템을  
응용한 교통계획 Package", 도로교통학회지 11(3), pp.5-  
19, 1993.