

# 실시간 대중교통 경로안내를 위한 Space Time Point 모델의 설계와 구현

## Design and Implementation of Space Time Point for Real-time Public Transportation Route Guidance

김 수 호\*      주 용 진\*\*      박 수 홍\*\*\*  
Soo Ho Kim      Yong Jin Joo      Soo Hong Park

**요약** 최근 환경문제로 인해 보행, 자전거, 대중교통과 같은 친 환경 교통수단에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 보행과 자전거는 경우에 따라 장거리 이동이 불가능하기 때문에 이용범위가 제한적이라는 단점이 있다. 반면에 대중교통은 교통체증이라는 사회적 문제점까지 해결할 수 있는 교통수단이다. 이러한 대중교통은 시간에 따라 운행여부가 달라진다는 특징을 갖고 있다. 하지만 현재 웹상에서 서비스 중인 대중교통정보 안내 서비스는 이러한 특징을 반영하지 못하기 때문에 경우에 따라 사용자에게 잘못된 정보를 제공할 수 있다. 이러한 한계점을 해결하고 대중교통의 운행정보를 고려한 정보제공을 위해 본 연구에서는 STP(Space Time Point)데이터 모델을 제안하였다. STP데이터 모델은 객체의 최하위 개념을 포인트 단위로 인식하고 이들을 계층적으로 구성하여 객체를 표현할 수 있으며, 기존의 시공간 데이터 모델과는 달리 시간에 따라 객체정보가 변하는 다양한 동적 공간객체의 구현이 가능하다. 대전지역을 대상으로 대중교통 운행정보로 버스 및 지하철에 대한 STP모델을 설계 및 구축하고 이를 이용하여 동적 경로 안내 기능을 구현하였다. 구현한 경로안내 기능을 통해 대전국립현충원에서 한남대학교로 가는 경로를 시간대별로 탐색해 본 결과 대중교통의 운행에 제한이 발생하는 심야시간에는 운행이 제한되는 노선을 우회하는 경로를 안내함으로써 시간에 따라 서로 다른 경로를 나타내었다. 이는 기존 데이터 모델에서는 제공할 수 없는 결과로 실시간 운행정보를 고려한 경로안내가 가능함을 확인하였다. 이러한 기능은 실시간 교통정보나 통행이력정보등과 같은 다양한 데이터 모델의 적용을 통해 추가적인 기능 확장이 가능할 것으로 기대한다.

**키워드** : STP(Space Time Point), 대중교통, 경로안내, 운행시간

**Abstract** Recent environmental concerns have made interest in environment-friendly transportation means such as walking, biking, and public transportation. However, since it is difficult to move long distance by walking or biking, their scope of application is rather limited. On the other hand, public transportation can solve traffic congestion, a recent social issue, though its usability may depend on its time schedule. Currently available information services on public transportation in the Web do not reflect well such traits of the public transportation; thus, in some cases, they may provide wrong information to end users. To solve such problems and provide information based on timetable of public transportations, this paper proposes a STP(Space Time Point) data model. Unlike existing space-time data models, this model recognizes the bottommost element of an object as a point and structures these points in hierarchical way to define an object. In particular, It can make it possible to implement a variety of dynamic spatial objects changing object information according to time. An objective of this study is to design a STP model for bus and subway based on timetables of public transportation in Daejeon area and builds a system to provide path navigation. With the designed navigation function, a path from the Daejeon National

† 본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신사업과제의 연구지원비(과제번호#06국토정보B01)에 의해 수행되었습니다.

\* 주식회사 에에엠아이 컨텐츠사업부 과장 ksh@amikorea.com

\*\* 인하공업전문대학 항공지리정보과 조교수 jyj@inhac.ac.kr(교신저자)

\*\*\* 인하대학교 지리정보공학과 교수 shpark@inha.ac.kr

Cemetery to Hannam University was searched by time slot. The result showed that the system provided different paths by time, as the system guided different paths when bus operation was limited in midnight. As existing data model could not provide such results, it is confirmed that the system can provide path navigation based on real-time traffic information. It is expected that based on such functionality, it is possible to provide additional functionalities by applying diverse data models such as real-time transport information or traffic history information.

**Keywords** : STP(Space Time Point), Route Guidance, Public Transportation, Schedule

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경과 목적

지속가능한 개발은 “현 세대의 필요성 때문에 미래 세대의 역량을 손상시키지 않는 개발”을 뜻한다. 그렇다면 교통 분야에서의 지속가능성이란 어떻게 정의 될 것인가? 지속가능한 교통은 경제적, 환경적으로 그리고 사회적으로 잘 갖추어진 교통시스템으로 정의된다[6]. 이러한 지속가능한 교통은 경제적 요소, 환경적 요소, 사회적 요소라는 3가지 필수 요소로 구성된다[15]. 즉 교통발전 개념에서 벗어나 교통과 환경을 동시에 고려하는 환경 친화적인 교통시설 공급과 운영정책을 수립하고 추진하는 것이다.

이러한 지속가능한 교통수단으로 최근 이슈화 되고 있는 친환경 녹색교통 수단인 보행 및 자전거, 버스, 그리고 지하철과 같은 대중교통이 있다. 보행 및 자전거는 오염물질을 배출하지 않는 가장 친환경적인 교통수단이기도 하지만 이용범위가 제한적이라는 단점이 있다. 반면 대중교통은 승용차의 운행을 대신하여 연료절감을 통한 경제 및 환경적 요소를 갖추며, 시가지 지역의 교통체증 절감이라는 사회적 요소까지 반영 할 수 있기 때문에 지속가능한 교통에 가장 적합한 교통수단이라 할 수 있다. 이러한 대중교통을 활성화하기 위해서는 교통안전에 대한 투자 및 환승시설확충, 버스전용차로제와 같은 제도적 장치가 필요하며[21], 또한 사용자가 대중교통을 편리하게 이용할 수 있도록 도와주는 대중교통 안내 시스템이 필요하다. 현재 국내에 서비스 중인 대중교통 관련 시스템들을 살펴보면, 검색을 통한 운행시간 안내 서비스, 도착예정시간 안내서비스와 같은 단순한 정보제공에서부터 서로 다른 교통수단과 연계한 경로안내 서비스까지 다양하다. 하지만 대중교통은 승용차와는 달리 운행시간이 제한적이기 때문에 이를 고려한 경로 안내가 필요

하다.

운행시간을 고려한 경로안내를 하기 위해서는 일반적인 공간데이터인 교통네트워크에 시간적 요소가 적용된 시공간 데이터모델이 필요하다. 또한 운행정보는 시시각각 변화하므로 동적인 데이터형태를 지원하는 모델의 적용이 필요하다. Goodchild(2007)는 위치정보, 시간정보, 속성정보가 결합된 가장 원소적 형태인 geo-atom을 통해 지리적 표현에 대한 기본이론을 정립하였고 Pultar(2009)는 이를 이용한 동적 시공간 데이터 모델인 STP(Space Time Point)모델을 제안하였다. 이 모델은 시간정보와 위치정보, 속성정보로 구성된 포인트 개념의 STP를 최하위 개념으로 정의하며 이들의 집합객체인 feature와 theme을 통해 데이터를 구현한다. 이러한 집합객체의 정의에 따라 위치, 형태, 속성이 변화할 수 있기 때문에 동적인 형태의 데이터 구현이 가능하다. 또한 Pultar(2010)는 STP모델을 EDGIS(Extended Dynamic Geographic Information System)에 적용하여 산불대피경보시스템, 여행정보안내시스템 등을 통해 STP모델의 적합성 및 성능을 입증하였다.

본 연구의 목적은 이러한 STP모델을 이용하여 시간에 따라 운행여부가 달라지는 동적인 형태의 대중교통 운행정보를 적용한 대중교통 환승정보 안내용 시공간 데이터 모델을 설계하는 것이다. 이를 위한 세부적인 목표로는 우선 도로, 버스, 지하철과 같은 네트워크 데이터의 운행정보에 대한 STP모델을 설계하는 것으로 한다. 두 번째로는 연구지역을 대상으로 데이터를 구축하고 구축된 데이터를 이용하여 실시간 대중교통 환승 안내 시스템을 구현하는 것을 목표로 한다.

### 1.2 연구내용과 방법

본 연구에서는 대중교통의 운행시간을 고려하지 못하는 기존 시스템의 문제점을 살펴보고 이를 해

결하기 위한 방안으로 운행정보에 대한 시공간 데이터 모델을 구축하고자 한다. 또한 실제 데이터 구축 및 경로안내 기능 구현을 통해 개선점을 도출하고자 한다. 이를 위한 세부 내용은 다음과 같다.

첫째, 시공간 데이터 구축을 위한 STP모델의 이론에 대해 고찰한다. STP모델은 공간데이터의 동적 표현을 위한 개념으로써 시공간 데이터의 가장 기초적 단위인 geo-atom 개념으로부터 유도되었다. 이러한 기초적 이론 고찰을 통하여 해당 모델의 장단점을 분석하고 대중교통 시스템으로의 적용 가능성을 살펴보았다.

둘째, 도로, 버스, 지하철과 같은 네트워크 데이터 모델과 대중교통 운행정보에 대한 STP를 설계한다. 네트워크 모델은 서로 다른 교통수단과의 연계를 위하여 통합된 형태를 취해야하며 이 네트워크 모델과 함께 운행정보를 적용하기 위한 STP모델을 설계하였다.

셋째, 연구지역을 대상으로 설계된 모델에 따라 데이터를 구축하였다. 교통네트워크 데이터와 대중교통 운행정보 등을 설계된 모델에 맞게 편집하여 실제 시공간 데이터를 구축하였다.

넷째, 실시간 대중교통 환승정보 제공 시스템을 구현한다. 위에서 구축된 데이터를 이용하여 이용자의 이용시간과 대중교통 운행정보를 고려한 실시간 대중교통 환승정보를 제공 받을 수 있는 시스템을 구현하였다. 기본적인 경로탐색은 음의 값을 갖지 않는 탐색 비용에 대한 최소값의 경로를 탐색하는 다익스트라 최단거리 알고리즘(Dijkstra's shortest path algorithm)을 사용하며 교통수단별 이동속도를 고려한 최적경로를 안내하였다.

마지막으로, 구현한 시스템을 통한 경로안내 기능을 분석하여 대중교통 운행정보가 적용된 데이터 모델을 이용한 대중교통 정보안내 시스템의 개선점을 도출하고 실제적인 적용방안에 대해 고찰하였다.

## 2. STP 모델 이론적 고찰

### 2.1 STP 모델 개념

지난 40여 년간 GIS(Geography Information System) 산업의 발전에 따라 데이터 모델과 자료구조에 대한 관심이 증대되었으며 지리정보의 표현에 대한 논의가 활발하게 진행되어왔다. 지리정보를 표현하는 근본적 방식으로는 이산적 객체와 연속적

필드가 있다. 이산적 객체 관점은 실세계를 경계선이 명확한 객체들과 그 이외의 빈 공간으로 재현한다. 연속적 필드 관점은 실세계를 유한한 수의 변수들로 표현하며, 각 변수는 모든 가능한 위치에서 정의된다. 이러한 지리정보의 표현은 현실세계의 단순화를 통해 가능하다. 즉 무한한 위치정보를 갖는 실세계를 대상으로 이산적 객체는 포인트, 라인, 폴리곤과 같은 객체들로 단순화하고 연속적 필드는 래스터 데이터의 해상도 개념을 이용하여 유한한 수의 위치와 속성값들로 표현한다. 이렇게 두 가지 관점으로 표현된 지리정보는 자료구조가 상이하여 상호간의 연결 및 종합적인 분석이 어렵다. 따라서 이를 통합하려는 연구가 진행되어왔다.

Peuquet(1988)는 위치기반 표현과 객체기반 표현의 구분을 통해 이산적 객체와 연속적 필드의 이중성을 설명하였고, 1990년대 초, 이 두 개념을 통합하기 위한 연구가 수행되었다. Couclelis(1992)는 필드와 객체의 구분은 우리를 둘러싸고 있는 실세계의 이해를 위한 기초개념이며 이는 인간의 인식과 관련이 있다고 하였다. 즉 실체가 분명한 객체에 대해서는 명칭을 부여하고 이용함으로써 이산적 객체로 인식을 하는 반면, 대기오염, 소음과 같은 주변 환경들의 속성들은 연속적 형태의 필드로 인식한다. 이러한 서로 다른 인식으로 인해 구분된 연속적 필드와 이산적 객체는 같은 의미의 데이터에 대해 서로 다른 방법으로 표현이 가능하다는 점에서 서로간의 내부교환이 가능하다. 예를 들어 토지피복도의 경우 폴리곤 객체를 통해 표현할 수도 있지만 토지피복을 명목변수로 갖는 위치함수로서 나타낼 수도 있다.

Camara(2000)는 필드와 객체를 통합하기 위해 (S, A, f)로 구성된 지리적 객체의 구성을 제안하였다. S는 위치를 나타내는 유클리디언 평면의 한 부분이고 A는 속성 도메인의 명칭, f는 S가 갖는 속성값을 나타내는 함수이다. Cova(2002)는 지리공간에 맵핑된 모든 공간을 값이 아닌 전체에 대한 이산객체로 보는 객체와 필드의 혼합개념을 제안하였다. 하지만 데이터의 갱신으로 인해 기존 데이터에 영향을 주는 경우 이는 다르게 인식될 수 있다. 시간이 흐름에 따라 대상의 존재 유무 또는 대상의 위치나 형태, 속성 등이 변화할 수 있기 때문이다. Kjenstad(2006)는 UML을 통해 객체와 필드를 개념화 하였고 변화가 일어난 후 서로 어떻게 연결될

수 있는지 설명하였다. 그리고 Goodchild(2007)는 지리적 객체의 원소적 형태인 geo-atom을 소개하였다. geo-atom은 객체와 필드의 혼합개념으로 Kjenstad가 제안한 PGOModel의 1차적 형태와 유사성을 보인다. 즉 geo-atom은 공간객체를 구성하는 원소적 형태의 포인트 단위 객체로 위치정보와 시간정보, 속성정보로 구성되며 이들의 집합으로 구성된 데이터는 질의 방법에 따라 필드기반의 데이터와 객체기반 데이터의 구현이 모두 가능하다. 또한 객체기반 데이터는 시간에 따라 객체정보가 변하는 다양한 동적 공간객체의 구현이 가능하다. 이 geo-atom을 이용해 Pultar(2010)는 시공간 데이터 구현 및 연산이 가능한 STP(Space Time Point)모델을 소개하였다.

## 2.2 STP 모델 구성

STP모델은 이론적 시공간의 기초적 표현인 geo-atom을 이용해 동적인 시공간 객체를 구현하기 위해 고안된 데이터 모델이다. STP 모델은 시간정보와 공간정보, 속성정보 등 시공간 데이터의 기초정보들을 갖는 최하위 개념인 STP와 STP의 집합으로 구성되는 feature, feature들의 집합으로 구성되는 theme으로 구성된다. geo-atom 이론에 의하면 객체는 무한한 수의 geo-atom을 가질 수 있다. 하지만 실제 세계를 구현함에 있어 컴퓨터 메모리는 한정적이기 때문에 이러한 구현은 사실상 불가능하다. 그러므로 STP는 다음과 같은 튜플(tuple)로 정의할 수 있다.

$$\langle x, Z, z(x) \rangle$$

$x$ 는 시공간을 나타내는 지점을 의미하며 좌표정보와 시간정보를 갖는다. 그리고  $Z$ 는 속성명칭을 의미하며  $z(x)$ 는  $x$ 지점에서 나타나는 속성  $z$ 의 속성값을 의미한다. 여기서  $Z$ 와  $z(x)$ 는 하나의 지점에 대해서 복수개의 속성을 가질 수 있다. 예를 들어 기상관측소를 나타내는 STP의 경우 기온, 강수량, 습도 등 복수의 속성을 가질 수 있다. feature는 다수의 STP집합으로 이루어진 STP의 상위객체를 의미하며 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\langle s, Z, z(s) \rangle$$

$s$ 는 feature를 구성하는 STP의 집합을 의미하며  $Z$ 는 feature가 갖는 속성명,  $z(s)$ 는 feature가 갖는 속성  $Z$ 의 속성값을 의미한다. STP모델의 최상위 계

층인 theme은 feature의 집합으로 구성되며 다음과 같이 정의된다.

$$\langle f, Z, z(f) \rangle$$

$f$ 는 theme을 구성하는 feature들의 집합을 의미하며  $Z$ 는 theme이 갖는 속성명,  $z(f)$ 는 theme이 갖는 속성  $Z$ 의 속성값을 의미한다. theme은 다수의 feature를 포함하며 각각의 feature는 하나 또는 그 이상의 theme에 포함될 수 있다. 즉 theme과 feature는 다대다(M:N)관계가 성립한다. 이는 STP와 feature와의 관계에도 마찬가지로 적용된다.

STP는 다양한 시공간 정보들을 저장, 질의, 시각화 할 수 있으며 또한 실세계를 객체와 필드의 관점으로 재현이 가능하다. 즉 STP는 연속적 필드와 이산적 객체 모두를 재현할 수 있으며 이들의 통합을 도모할 수 있다.

이러한 STP모델은 동적인 시공간 데이터에 적합하며 다양한 동적 시공간 객체의 표현이 가능하다. 우선 시공간 객체를 객체의 이동성, 형상의 변화, 속성의 변화등 3종류의 축을 기준으로 8가지로 분류할 수 있다. 이동성의 유무에 따라 이동형(Stationary)과 고정형(Moving)으로 구분되며 형상의 변화에 따라 견고형(Rigid)과 탄력형(Elastic)으로 구분된다. 그리고 속성의 변화에 따라 지속형(Uniform)과 전개형(Evolving)으로 구분된다.

## 2.3 STP 모델의 GIS 활용 사례

STP 모델의 활용연구 사례로는 실시간으로 변화하는 산불의 이동방향과 속도등을 이용한 산불대피경보시스템과 여행자정보, 여행지정보, 교통수단등을 STP로 구현하여 여행자의 선호도를 고려한 적합한 여행지를 안내하는 VGI(Volunteered Geographic Information) 시스템이 있다. 이러한 활용연구들은 STP모델이 시공간데이터를 저장, 질의, 시각화함에 있어 유용성을 제공할 수 있다는 것을 현실적인 상황을 통해 제시한다[8].

### 2.3.1 산불대피경보시스템

산불대피경보시스템은 불, 자동차, 사람을 포함하는 다수의 동적인 속성을 표현해야 하므로 시공간 형태를 갖는 STP모델을 적용하였다. 산불이 번지는 속도에 따라 실시간으로 변화하는 대피경보임계지역과 함께 산불, 자동차를 STP모델로 구현하였고 상호간의 질의를 통해 산불이 대피경보임계지역

을 넘어서는 시각을 결과로 반환하였다. 이 시각에는 마을주민에게 산불에 대한 대피령이 발령될 것이며 자동차에게는 접근주의 및 대피정보를 전달할 수 있다.

### 2.3.2 여행자를 위한 VGI시스템

여행자를 위한 VGI시스템은 여행자의 여행선호도와 여행지조건, 교통상황 등을 토대로 여행자에게 가장 적합한 여행지를 추천해주는 안내 시스템이다. 이 시스템에서는 여행자의 성별, 나이, 선호지역, 여행비용과 같은 여행자 정보와, 여행지의 운영시간, 숙박제공자의 성별, 나이와 같은 여행지정보, 교통수단별 비용 및 소요시간과 같은 교통정보 등을 STP형태로 설계하였고 여행자의 조건에 만족하는 여행지 및 이동수단의 가용 여부를 연산하여 화면에 표출해 주었다.

## 3. 대중교통정보 데이터의 설계

본 장에서는 STP모델을 대중교통 노선정보에 적용하기 위한 실제적인 데이터 모델을 설계한다. 설계된 데이터는 교통 네트워크와 운행정보 STP데이터이며 교통 네트워크는 대중교통 통합 네트워크 데이터로 여기에 포함되는 교통수단은 기본적인 도로와 버스노선, 지하철노선이다. 본 연구는 대중교통의 운행시간을 고려한 정보 안내를 위한 시공간 모델을 설계하고 이와 관련한 서비스 기능을 구현하는 것이 목적이기 때문에 네트워크 데이터의 설계 내용은 경로안내용 위상(topology)데이터를 위한 속성 위주로 설계가 되었으며 부가정보에 속하는 시설물정보나 도로특성과 같은 항목은 설계에서 제외하였다.

### 3.1 교통 네트워크 모델

교통 네트워크는 도로, 버스, 지하철로 구성되며 각각은 노드와 링크로 이루어져 있다.

도로, 버스, 지하철은 각각의 노드정보에 존재하는 노드ID와 링크의 기점노드, 종점노드를 통해 연결성을 갖고 있다. 또한 도로노드의 인접버스노드, 인접지하철노드를 통해 도로, 버스, 지하철 레이어 간의 연결성을 갖고 있다. 이들을 E-R 다이어그램으로 나타내면 그림 1과 같다.

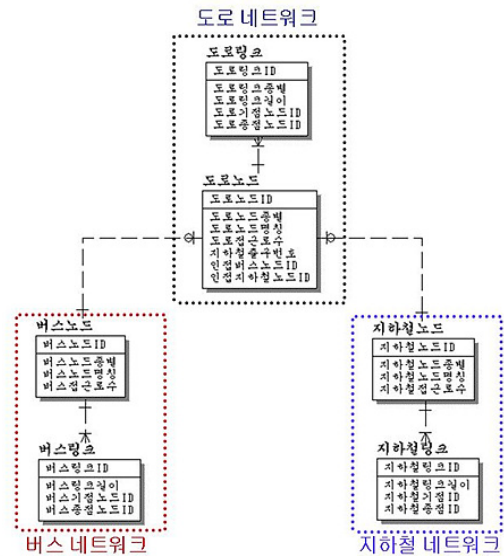


그림 1. 대중 교통 통합 네트워크 DB 구조 설계

### 3.2 운행정보 STP모델

운행정보에 대한 STP모델은 Edward Pultar가 제안한 형식에 맞게 STP, feature, theme의 3단계 계층구조로 구성하였으며 STP는 위치정보와 운행시간정보, feature는 노선정보, theme은 교통수단에 대한 정보로 구성하였다.

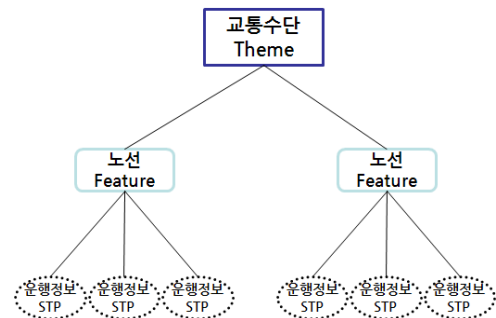


그림 2. 운행정보 STP모델의 구조

#### 3.2.1 운행정보 STP

STP모델의 최하위 계층인 STP는 정류장의 위치정보와 운행시간정보로 구성된 운행정보STP이다. 위치정보는 교통 네트워크와의 연계를 위해 위치좌표가 아닌 교통 네트워크의 노드ID로 구성하였으며 첫차시각과 막차시각은 연산을 위해 시간을 분 단위로 정수형으로 변환하여 저장하도록 설계하였다. 이

리한 위치정보와 시간정보 이외에는 기본키 역할을 하는 STPID와 STP가 해당하는 상위 featureID가 포함되어 있다.

3.2.2 노선 feature

노선 feature는 노선번호와 노선명칭으로 구성하였고 이 외에 featureID와 feature가 포함되는 상위 themeID가 포함된다. 노선정보에 포함될 수 있는 노선운영업체, 노선종류, 운행행태, 관할관청과 같은 부가적인 정보는 설계에서 제외하였다.

3.2.3 교통수단 theme

STP모델의 최상위 계층인 theme은 교통수단에 대한 정보를 갖으며 theme명칭과 교통수단 종류로 구성하였다. 교통수단에 포함 될 수 있는 부가적인 정보는 설계에서 제외하였다.

3.3 교통네트워크와 운행정보의 통합

운행정보는 대중교통에만 존재하는 데이터로 교통수단에 따라 버스정류장노드, 혹은 지하철역 노드에 존재하게 된다. 따라서 이를 E-R 다이어그램으로 나타내면 다음과 같다.

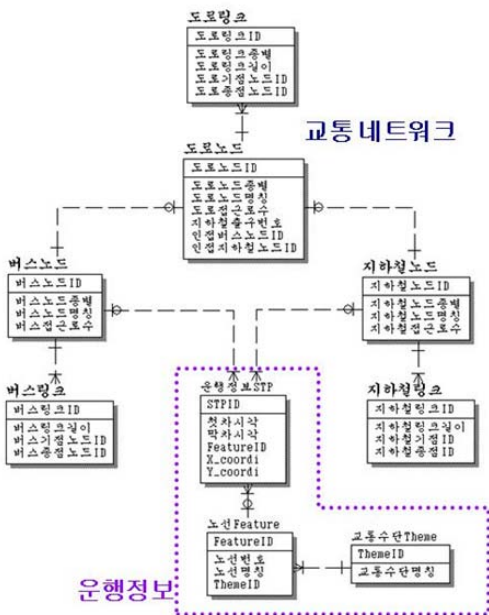


그림 3.

4. 대중교통정보 데이터 구현

본 장에서는 앞서 설계한 데이터 모델에 따라 실제 데이터를 구축하고 대중교통 안내 서비스의 경로안내 기능을 구현함으로써 운행시간을 고려하지 못했던 기존 서비스의 문제점을 해결하는 과정을 실제적인 사례를 통해 살펴보고자 한다.

4.1 대상지역 선정 및 데이터 구축

데이터의 범위는 앞서 설계한 도로, 버스노선, 지하철노선을 포함하는 교통네트워크와 대중교통의 운행정보STP이며 지역적 범위는 대전광역시로 선정하였다. 대전광역시는 2009년 기준 94개의 버스노선과 1개의 지하철 노선이 운행중이었으며 그 중 21개의 버스노선과 1개의 지하철 노선에 대한 각각의 운행정보를 STP모델로 구축하였다.

교통 네트워크는 ESRI사의 공간데이터 포맷인 shape 파일로 구축하였으며 운행정보 중 위치정보를 갖는 STP는 shape, 상위 계층인 feature와 theme은 dbf 형태로 구축하였다.

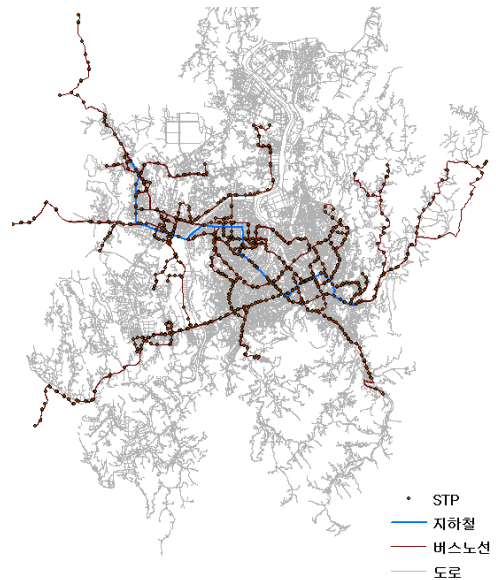


그림 4. 대중교통 노선에 대한 운행정보 STP

4.2 대중교통 경로안내를 위한 시스템 구현

경로 안내를 위한 시스템은 MS사의 Visual Studio 6.0기반의 C++/MFC를 이용해 구현하였으며 화면의 구성은 다음과 같다.

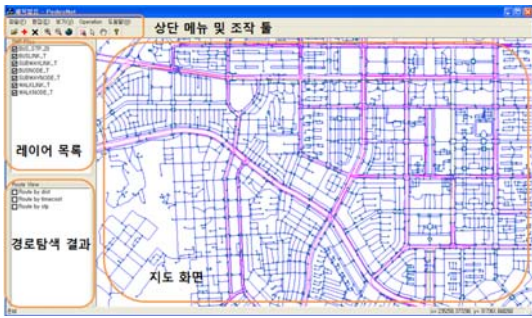


그림 5. 시스템 인터페이스

상단 툴바에는 경로탐색에 필요한 데이터를 불러오는 버튼과 지도화면의 기본 기능인 확대, 축소, 이동등의 버튼이 있으며 좌측에는 불러온 shape 레이어 목록창과 탐색결과를 나타내는 route view로 구분되어 있다. 화면 중앙은 지도를 표시하는 창이며 우측 하단에 좌표정보를 표시한다. 탐색된 결과는 교통수단에 따라 보행로는 녹색, 버스는 빨간색, 지하철은 청색으로 표시된다. 경로탐색 연산은 다익스트라 최단거리 알고리즘을 사용하였고 상단 Operation 메뉴를 통해 수행 할 수 있다. 탐색하는 경로의 종류는 네트워크의 거리만을 고려한 최단경로, 교통수단별 이동속도를 고려한 최적경로, 이용시간과 대중교통 운행정보를 고려한 실시간 경로등 3가지 결과로 표시되며 탐색 결과에 따른 교통 수단별 거리를 표시해 준다.

### 4.3 경로 탐색 결과의 비교 분석

본 연구에서 제안한 대중교통의 운행시간을 고려한 경로안내 기능과 현재 웹상에서 서비스 중인 대중교통 경로안내 서비스의 차이점을 비교하기 위해 실시간 환승교통 종합정보(TAGO:Transport Advice on GOing anywhere)시스템을 이용하였다.

실시간 환승교통 종합정보 시스템은 도로, 철도, 항공, 버스, 지하철 등 다양한 교통정보를 실시간 연계·통합하고 환승정보 제공 등 대중교통 네비게이션 서비스를 제공하기 위해 구축한 시스템으로 현재 국토해양부 주관으로 주요 시도에서 전국적인 단위로 확대중에 있으며 현재 web site(<http://www.tago.go.kr>)를 통해 서비스 하고 있다.

#### 4.3.1 출발지 및 목적지 선정

경로탐색을 위한 경로선정은 대중교통 노선과 도로가 혼합된 형태의 위치가 적합하다고 판단되어

본 연구에서는 대전국립현충원을 출발하여 한남대학교에 도착하는 경로를 선정하였다. 이 구간은 102번 노선과 105번노선, 48번 노선 등 다수의 버스노선과 대전지하철 1호선이 운행중인 구간이다.



그림 6. 출발지 및 목적지 선정

#### 4.3.2 이용시간 선정

대중교통의 운행시간과 이용자의 이용시간을 고려한 탐색을 위해 이용자의 이용시간을 별도로 지정하였다. 운행정보의 특성상 모든 노선이 운행하는 오전 또는 오후 시간의 구분은 의미가 없기 때문에 노선 운행의 차이가 발생하는 심야시간 위주로 이용시간을 구분하였다. 이용시간 구분에 따른 노선의 운행여부는 다음과 같다.

표 1. 이용시간에 따른 대중교통 노선정보

	운행 노선 수	운행 정류장 수	운행 노선 길이
노선전체	21	867	525km
22:30	18	735	452km
23:00	17	631	399km
23:30	17	481	314km
24:00	15	293	217km
24:30	12	125	105km
01:00	4	21	27km

#### 4.3.3 탐색 결과 비교

(1) 실시간 환승교통 종합정보 시스템  
실시간 환승교통 종합정보 시스템을 이용하여 대

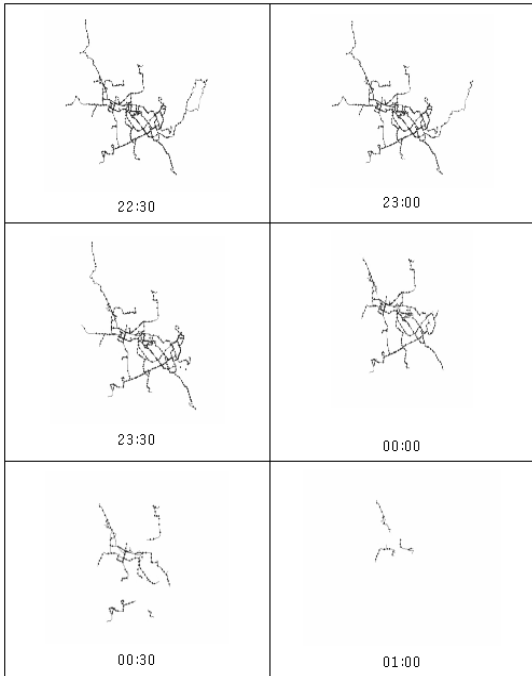


그림 7. 시간에 따른 대중교통 운행 노선의 변화

전국립현충원과 한남대학교를 시종점으로 설정하여 대중교통 경로를 탐색한 결과 102번 버스노선과 105번 버스노선을 이용하는 12km거리의 경로를 나타내었다. 탐색 옵션은 최단시간으로 49분이 소요되는 경로였으며 이와 함께 목적지로 갈 수 있는 후보경로를 추가적으로 안내하였다.



그림 8. TAGO시스템의 경로탐색 결과

다음으로는 이용 시간을 고려한 경로탐색을 하였다. 이용 시간은 23시와 24시, 새벽 1시로 설정하여 탐색하였다. 하지만 탐색결과는 시간을 고려하지 않은 경우와 모두 같았다. 즉 TAGO시스템의 목적인 실시간 대중교통 환승안내를 위하여 시스템 기능상에 이용 시간을 고려한 경로 안내를 할 수 있도록 화면 구성이 되어 있었지만 이는 도착시간을 표시

하기 위한 목적일 뿐 실시간 대중교통 정보를 적용하기 위한 기능은 아니었다. 따라서 새벽 1시의 경우 102번 버스가 운행하지 않는 시간임에도 불구하고 102번 버스를 이용하는 경로를 나타내는 오류가 발생 하였다.

(2) 대중교통 경로안내 시스템

본 연구에서 구현한 운행시간을 고려한 대중교통 경로안내 시스템은 이용시간에 따라 교통수단별 이동속도를 고려하여 목적지까지 가는 가장 빠른 경로를 나타내는 최적경로를 탐색한다.

일반적인 최적경로 탐색결과 102번 버스노선과 105번 버스노선을 이용하는 13.5km의 경로를 나타내었으며 이는 TAGO시스템에서의 경로탐색 결과와 일치하였다.

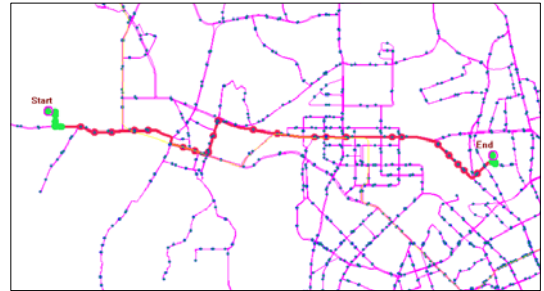


그림 9. 최적경로 탐색 결과

이용시간을 고려한 경로탐색은 대중교통의 운행에 변화가 생기는 심야시간대를 비교하기 위해 23시, 23시 30분, 00시로 구분하여 탐색하였다.

23시의 경우 보행과 지하철, 버스가 혼합된 형태의 13.2km의 경로를 나타내었다. 이 시간은 102번 노선의 운행이 제한되는 시간으로 102노선을 대체하기 위해 보행과 지하철을 이용하는 결과를 나타내었다. 탐색결과 비록 최적경로보다 더 짧은 경로이지만 상대적으로 버스보다 느린 교통수단인 보행과 지하철의 비중이 높게 나타났다.



그림 10. 시간을 고려한 경로탐색 결과(23:00)



23시 30분 역시 보행과 지하철, 버스가 혼합된 형태로 20.7km의 경로를 나타낸다. 이 시간대는 최적 경로에 해당하는 102번 버스노선과 105번 버스노선의 운행이 모두 제한되는 시간으로 해당노선을 대체하기 위해 23시 30분에 이용 가능한 먼 거리를 우회하는 지하철 및 101번 버스노선, 201번 버스노선등을 결과로 나타내었다.

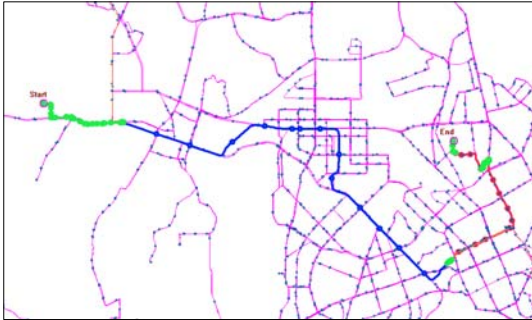


그림 11. 시간을 고려한 경로탐색 결과(23:30)

00시는 해당지역의 대중교통이 모두 제한되는 시간으로 13.2km의 보행경로를 결과로 나타내었다.

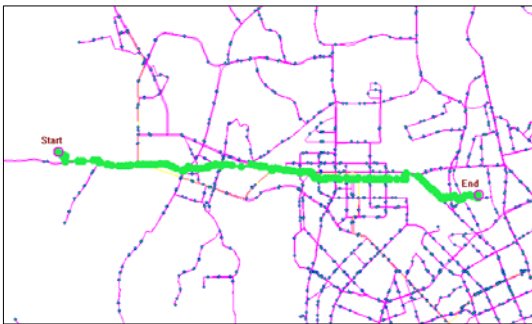


그림 12. 시간을 고려한 경로탐색 결과(00:00)

#### 4.3.4 결과 분석

대전국립현충원과 한남대학교의 경로탐색 결과를 분석한 결과 TAGO시스템에서는 시간대와 관계없이 102번 버스노선과 105번 버스노선을 이용한 경로를 나타내었다. 이 결과는 본 연구에서 구현한 경로탐색 기능 중 가장 빠른 경로를 나타내는 최적 경로와 일치하는 것을 확인하였다. 시간대와 관계없이 모두 같은 결과를 나타내는 것은 TAGO시스템이 실질적으로 대중교통의 운행시간을 고려하지 못하기 때문이다. 본 연구에서 구현한 최적경로 또한 이

용시간을 고려하지 않을 경우 경로탐색의 조건이 서로 일치하기 때문에 같은 결과를 나타내는 것으로 분석된다.

TAGO시스템의 탐색결과와 최적경로 탐색결과가 동일함에도 불구하고 거리 및 소요시간이 상이한 것은 여러 가지 원인이 있다. 우선 TAGO시스템은 m단위가 아닌 km단위로 거리를 표출하기 때문에 오차가 발생하며 또한 대중교통 정류시설을 기준으로 탐색되어 거리가 더 짧게 나타났다. 소요시간이 상이한 것은 교통수단별 이동속도의 설정과 환승비용의 설정등 탐색인자들이 서로 다르기 때문이다.

본 연구에서 구현한 시스템은 이용시간에 따른 대중교통 운행정보를 이용하여 실시간 대중교통정보를 제공한다. 모든 대중교통이 운행하는 오전 및 오후 시간대의 경우 최적경로와 동일한 결과를 나타내며 노선별 운행이 제한되는 새벽이나 심야시간대의 경우 운행이 중단되는 구간에 대해 이용가능한 우회노선을 탐색한다. 23시에는 운행이 중단되는 102번 버스노선을 대체하기 위해 보행 및 지하철 노선이 활용되었으며, 23:30분에는 102번 버스노선과 105번 버스노선 모두 운행이 중단되는 시간으로 보행과 지하철, 그리고 해당시간에 운행하는 다른 버스노선을 통해 목적지까지 도달하는 경로를 나타내었다. 00시에는 인근 대중교통이 모두 운행이 제한되므로 보행을 통한 경로가 탐색되었으며 이 결과는 대중교통 운행이 재개되는 새벽시간 이전까지 유효하다.

## 5. 결론

대중교통은 경제적, 사회적, 환경적 요소를 모두 만족하는 지속가능한 교통의 개념과 가장 잘 부합하는 교통수단이다. 이 대중교통은 자가 승용차와는 달리 운행시간이 제한적이라는 특징을 가지지만 현재 웹을 통해 제공되는 대중교통 정보안내 서비스들은 이 특징을 반영하지 못하여 경우에 따라 사용자에게 잘못된 정보를 제공하고 있다. 이러한 기존 시스템의 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 운행정보를 적용하기 위한 시공간 데이터 모델로서 최근 소개된 STP모델을 적용하였다. STP모델은 포인트 단위로 구성된 데이터를 계층적으로 구성하여 공간객체를 표현하는 모델로 다양한 형태의 동적인 시공간 데이터를 표현할 수 있고 이들의 연산

을 가능하게 한다는 점에서 실시간 대중교통 운행 정보를 위한 모델로 선정하였다. 그리고 이러한 기초 모델을 바탕으로 대중교통 운행정보를 구성하였고 환승을 고려하기 위해 도로, 버스, 지하철로 구성된 대중교통 통합 네트워크와 연계할 수 있도록 설계하였다. 또한 설계된 모델에 따라 대전광역시를 대상으로 데이터를 구축하였고 이를 이용한 경로탐색 시스템을 구현하였다. 설계된 모델이 대중교통의 운행정보를 반영하는지 확인하기 위해 대중교통 운행정보가 변화하는 심야시간대를 대상으로 경로탐색 결과를 비교하였다. 그 결과 시간대와 관계없이 항상 같은 결과만 제공하는 기존 시스템과는 달리 본 연구에서 구현한 시스템은 시간에 따라 변화하는 대중교통의 운행정보를 반영하여 해당시간에 가장 적합한 경로를 안내하였다. 즉 새로운 데이터 모델을 통해 기존 시스템이 갖고 있던 한계점을 극복하였다.

대전광역시의 경우 대중교통의 운행이 시작하는 시간에서 모든 대중교통이 운행하는 시간 즉, 대중교통의 운행이 전환하는 것에 약 5시간 정도의 시간이 소요되었다. 이는 대중교통의 운행이 제한되기 시작하는 시간에서 모든 대중교통의 운행이 중단되는 시간에도 적용되므로 하루 총 10시간에 해당된다. 이 시간동안은 노선마다 운행정보가 시시각각 변화하기 때문에 운행시간을 고려한 대중교통정보 안내 시스템의 활용도가 높은 시간대이다. 이를 다수의 지하철 노선과, 광역버스, 지선버스, 간선버스 등 운행시간의 편차가 큰 수도권 지역에 적용할 경우 활용가치가 높아질 것으로 기대한다. 또한 실시간 교통정보나 시간대별 통행 이력 정보등을 STP 모델에 적용한다면 사용자에게 더 정확도 높은 탐색결과를 제공할 수 있으며 추가적인 기능제공이 가능하다. 시스템적인 측면에서는 대중교통의 운행이 제한되어 보행을 통한 경로를 반환하는 경우, 반환하는 거리에 따라 대체가능한 대중교통수단인 택시의 이용을 선택적으로 나타낸다면 한층 더 다양한 대중교통을 안내할 수 있다.

하지만 본 연구는 기능적 한계를 극복하기 위한 해법을 제시할 뿐 실제적인 서비스를 위한 데이터 모델로 활용하기 위해서는 성능에 대한 검증이 필요하다. 또한 데이터 모델에 대한 성능은 데이터의 연산방법에 따라 달라지므로 새로운 데이터 모델에 최적화된 공간연산 알고리즘의 개발 또한 요구된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Camara, G., Monteiro, A. M. V., Paiva, J. A., Gomez, J., Velho, L., 2000, "Towards A Unified Framework For Geographical Data Models", *Geoinfo 2000 - II Workshop Brasileiro de Geoinformatica*, pp. 37-44.
- [2] Cova, T. J., Goodchild, M. F., 2002, "Extending geographical representation to include . elds of spatial objects", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 16, no. 6, pp. 509-532.
- [3] Goodchild, M. F., 1993, "The State of GIS for Environmental Problem-Solving", In *Environmental Modeling with GIS*, pp. 8-15.
- [4] Kjenstad, 2006, "On the integration of object-based models and field-based models in GIS", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 20, no. 5, pp. 491-509.
- [5] Langran, G., Chrisman, N. G., 1988, "A framework for temporal geographic information", *Cartographica*, vol. 25, no. 3, pp. 1-14.
- [6] Litman, T., 2007, "Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning", *Victoria Transport Policy Institute Paper*, 07-2706.
- [7] Pultar, E., Cova, T. J., Yuan, M., Goodchild, M. F., 2010, "EDGIS: a dynamic GIS based on space time points", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 24, no. 3, pp. 329-346.
- [8] Pultar, E., Raubal, M., Cova, T. J., Goodchild, M. F., 2009, "Dynamic GIS Case Studies: Wildfire Evacuation and Volunteered Geographic Information", *Transactions in GIS*, vol. 13, no. 1, pp. 85-104.
- [9] Worboys, M., 1994, "A Unified Model for Spatial and Temporal Information", *The Computer Journal*, vol. 37, no. 1, pp. 26-34
- [10] Yuan, M., 1996, "Temporal GIS and Spatio-Temporal Modeling", *Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*.

[11] 김수철, 2001, “광역대중교통수단간 연계시설 확충방안”, 국토연구원, 국토, 제239권, pp. 46-56.

[12] 박세진, 2007, “연령에 따른 보행속도 및 보폭에 대한 고찰” 대한인간공학회 2007추계학술대회, pp. 430-434.

[13] 문대진, 2008, “최저 속력 동적 휴리스틱을 이용한 경로탐색”, 한국공간정보시스템학회, 제10권, 제2호, pp. 35-48

[14] 박동선, 2001, “효율적인 시공간 저장구조를 갖는 시공간 데이터모델”, 인하대학교 공학박사논문.

[15] 박진경, 2008, “지속가능한 고속철도망 계획을 위한 투자우선순위 선정에 관한 연구”, 한국철도학회, 제11권, 제1호, pp. 45-53.

[16] 배수강, 1999, “웹기반 대중교통 안내시스템 설계 및 구현”, 정보과학회, 제5권, 제4호, pp. 426-439.

[17] 윤혜정, 2002, “미국의 스마트성장과 도시개발정책의 시사점”, 대한국토도시계획학회, 제37권, 제7호, pp. 7-16.

[18] 이홍로, 2001, “속성 버전화에 기반한 시공간 지리-객체의 객체 지향 데이터 모델”, 전자공학회, 제38권, 제6호, pp. 1-17.

[19] 정우진, 2003, “퍼지논리 및 GPS정보를 이용한 링크통행속도의 예측”, 퍼지 및 지능시스템학회, 제13권, 제3호, pp. 342-347.

[20] 정원일, 2003, “위치 기반 서비스를 위한 시공간 데이터모델에 관한 연구”, 한국공간정보시스템학회, 제5권, 제2호, pp. 5-21.

[21] 정일호, 2003, “지속가능한 교통정책의 추진방향”, 국토연구원, 국토, 제264호, pp. 6-16.

[22] 최병두, 2004, “지속가능한 발전과 새로운 도시화-개념적 고찰”, 대한지리학회, 제39권, 제1호, pp. 70-87.



김 수 호

2008년 인하대학교 지리정보 공학사  
 2012년 인하대학교 지리정보 공학석사  
 2012년~현재 주식회사 에이엠아이 컨  
 텐츠사업부 과장  
 관심분야는 Telematics, LBS, 공간

DBMS



주 용 진

2001년 인하대학교 지리정보 공학사  
 2003년 인하대학교 지리정보 공학석사  
 2004년 한국교통연구원 연구원  
 2009년 인하대학교 지리정보 공학박사  
 2009년~2012년 서울시립대 연구교수  
 2012년~현재 인하공업전문대학 항공지리정보과 조  
 교수

관심분야는 LBS, 공간 DBMS, 공간추론 및 온톨로지



박 수 홍

1989년 서울대학교 지리학과 졸업  
 (학사)  
 1991년 서울대학교 지리학과 졸업  
 (석사)

1996년 Univ. of South Carolina at  
 Columbia 졸업(지리학박사)

1998년~2000년 서울시정개발연구원/연구위원  
 2000년~현재 인하대학교 지리정보공학과 교수

관심분야는 u-GIS Service Model, Spatial Database,  
 Spatial Data Models

논문접수 : 2011.09.23

수 정 일 : 1차 2012.04.06 / 2차 2012.06.15

심사완료 : 2012.06.25