

차량 항법용 원도로 활용하기위한 교통 주제도 데이터 모델 전환에 관한 연구

A Study on Data Model Migration for Transportation Digital Map to be available as a Raw Database of Car Navigation System

함창학* · 주용진**

Hahm, Chang Hahk · Joo, Yong Jin

要 旨

본 연구의 목적은 차량항법용 지도데이터 중 가장 핵심이 되는 NDRM을 구축하기위해 현행 교통주제도 데이터 모델의 전환(Migration) 방안을 제시하고 데이터 모델을 설계·구축하는 것이다. 본 연구를 통해 제시된 교통 주제도의 데이터 모델은 공공부분에서 구축된 교통목적의 범용 도로망을 이용하여 경로안내 서비스에 활용 가능한 데이터의 제공이 가능하고, 보다 효율적이고 경제적으로 항법 서비스용 맵을 생성할 수 있음을 확인할 수 있다.

핵심용어 : 교통 주제도, 차량항법용 수치지도, 모델 전환, 계층 구조

Abstract

The aim of this paper is to come up with a methodology of migration for current transportation digital map in order to construct NDRM, which is the most essential map data for car navigation system. The model suggested through our study is able to efficiently produce navigable service map for route finding and guidance as well as to make the best of general road network developed by KOTI.

Keywords : Transportation, Digital Map for Car Navigation, Model Migration, Hierarchical Structure

1. 서 론

차량항법시스템은 차량 내 단말기에 항법용 전자지도, GPS, 항법 소프트웨어 등을 통해 지도상에 차량의 현재 위치를 표시와 목적지까지의 안전운행, 도로 및 주변 안내 등을 제공하는 장치이다(김대식, 2004). 이러한 차량 항법 시스템은 경로탐색, 경로안내, 맵 매칭 등 항법 서비스 핵심기능에 직접적인 영향을 미치는 도로망 데이터인 NDRM(Navigable Digital Road Map)의 신뢰성 확보를 위해 정기적이고 연속성이 있는 구축이 요구된다(한국전산원, 2003). 지도제작 사업이 업체별로 제각기 추진되고 있어 지형지물 변화에 따른 업그레이드 비용만도 매년 30~50억 원 규모의 투자가 중복되고 있으며 향후 수치지도 업그레이드 비용의 낭비를 줄이기 위해서 기본도를 공동 제작하는 등의 노력이 시급한 것으로 지적되고 있다. 한국교통연구원의 국가

교통조사분석사업단에서는 교통체계효율화법에 근거하여 국가교통DB구축사업을 통해 각종 교통계획과 정책을 위한 다양한 교통 정보(차선 수, 제한속도, 회전규제 등)를 GIS DB로 구축한 교통주제도를 제공하고 있다(최정민, 2004; 한국교통연구원, 2004). 이러한 교통 주제는 각종 교통시설투자사업 평가의 신뢰성 확보를 위한 시계열 교통자료로 활용되고 있으며, 업데이트 비용 절감 측면에서 차량 항법용 데이터를 위한 원도로의 활용이 요구되어 지고 있다. 또한 현재 교통부문에 관한 표준화된 기본지리정보 구축과 데이터 일관성 유지를 위한 모델이 제시되고 있으나(국토지리정보원, 2004; 한국정보통신기술협회, 2004), 이러한 모델들은 차량 항법 서비스를 위한 기하 모델 및 데이터 구성 체계, 계층적 DB 접근 및 관리 체계와 속성의 부재 등 모델의 상이함으로 인해 차량항법서비스에 바로 연계하기에 한계를 가지고 있으며 아직까지 실무적인 방안이 제시

2010년 8월 2일 접수, 2010년 8월 28일 채택

* 정회원 · 인하공업전문대학 지형공간정보과 교수(chhahm@inhac.ac.kr)

** 교신저자 · 서울시립대학교 도시과학연구원/융합도시연구센터 연구교수(yjjoo75@uos.ac.kr)

되지 못하고 있다. 이에 본 연구의 목적은 차량항법용 지도데이터 중 가장 핵심이 되는 NDRM을 구축하기 위해 현행 교통주제도 데이터 모델의 전환(Migration) 방안을 제시하고자 한다. 구체적으로 우선, 현행 항법용 전자지도 데이터 표준 물리저장 포맷(PSF: Physical Storage Format)인 키위(KIWI)와 한국교통 연구원의 교통 주제도를 대상으로 데이터 구성 요소, 네트워크 구성 체계, 노드 링크 속성 및 기하 모델 측면에서 비교 분석을 한다. 둘째, 차량용 항법 서비스를 위한 교통 주제도의 데이터 모델 설계를 위해 주행 안내 및 POI 서비스 유형에 따른 구축 항목 별 속성 정보를 설계하고 현행 교통 주제도의 테이블 스키마와 도메인을 재설계한다. 또한 피쳐 유형별 노드, 링크 체계와 데이터 모델 및 기하 구조의 설계를 하고, 마지막으로 차량 항법용 서비스 기능 정의와 이를 지원하는 어플리케이션 프로그램 인터페이스(API)의 구현하여 구축된 데이터를 실제 어플리케이션에 변환 적용하여 교통주제도의 항법용 지도 데이터로서의 확장 가능성을 검증한다.

2. 주행 안내 서비스를 위한 현행 표준 모델 분석

2.1 KIWI 데이터 모델

본 절에서는 국외 문헌 및 표준 사양 분석을 통해 현행 주행 안내 서비스용 데이터 모델에 관한 방법론을 탐색정립하여 문제점과 개선방안을 정립하고자 한다. 이를 위해 KIWI의 데이터 구성과 모델 분석을 통해 향후 주행 안내 서비스 유형에 따른 구축 항목 별 속성과 논리모델을 설계에 활용하고자 한다. 현재 차량 주행 안내를 위해 사용하는 서비스용 데이터 모델은 KIWI, NAVIKEN Format, GDF와 같이 물리적인 저장형식(PSF : Physical Storage Format)에 따라 설계되어 있다. 이는 모바일 기반 위치 응용 서비스는 휴대용 단말기 성능 면에서 CPU 성능과 메모리, 사용 전력이 제한적이며 무선 인터넷 환경면에서 연결 안정성과 대역폭이 낮고 지연 시간이 높은 제약을 가지고 있기 때문이다. 따라서, 이러한 모바일 환경에서 차량 항법 및 최적 경로 계산 등의 항법 추적 서비스는 전자 지도 데이터에 최적화된 빠른 접근을 위한 구조로 설계된 파일 시스템 기반으로 응용이 개발되고 있다. 이러한 구조는 대용량의 GIS 원시 데이터를 작은 용량으로 압축하고 빠른 매체 접근이 가능하도록 변환된 서비스용 지도 포맷이다. 또한 모바일 단말 환경에 적합한 경량화된 구조와 읽기 위주의 신속한 접근을 가능하게 한다(Joo, 2006).

KIWI에서의 데이터 구성은 그림 1과 같다. 우선, 지도 데이터는 파셀 영역에서 취급하는 것이 효율적인 지도 표시, 위치표시, 경로 유도의 각 기능에 이용되는 데이터로 계층 구조를 가지고 있다(FUJIMOTO, 2001). 지도 표시 및 포지셔닝을 위한 주요지도 데이터는 정규 파셀이라는 임의의 사각형으로 구성된 동일 파셀 들의 집합으로 관리된다. 또한, KIWI의 데이터 구조는 계층적 구조로 이루어져 있어 단계적으로 필요한 축척 내 일정 범위의 지도 데이터 취득이 가능하다. 즉, KIWI 지도 데이터는 관리 단위에 따라 파셀들이 상위 레벨에서 통합되며 레벨에 따라 상위 레벨의 1개의 파셀은 하위 레벨의 복수개의 파셀들과 대응된다. 또한 경로 계산 데이터는 일정한 데이터 사이즈와 전 영역에 대응하는 도로 네트워크 정보를 효율적으로 이용하기 위한 데이터의 집합이다. 마지막으로 색인 데이터를 통해 경로 계산의 목적지를 선정하기 위한 주소 검색과 POI 검색을 지원한다.

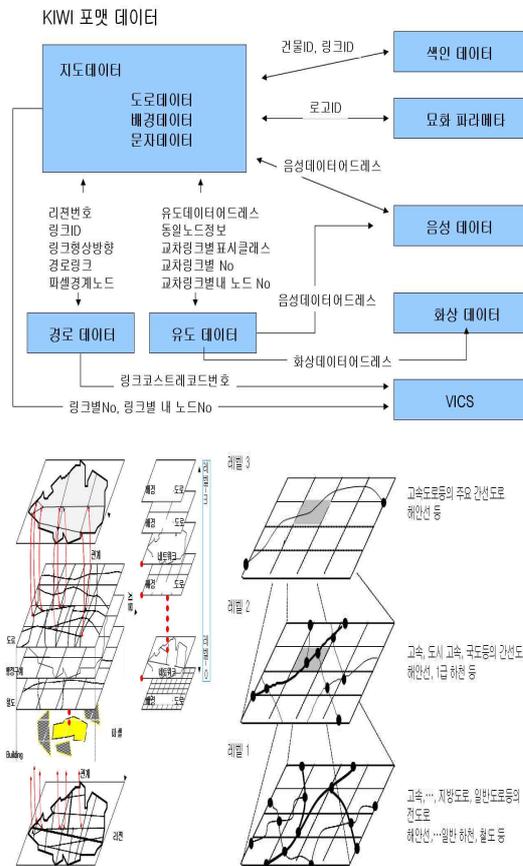


그림 1. KIWI 데이터 모델 구성(FUJIMOTO, 2001)

표 1. 교통주제도와 KIWI 데이터 모델 비교

구분	표준 CNS Map (KIWI)	현행 교통주제도
구축 목적	- 대용량 항법 데이터를 작은 용량으로 압축하고 빠른 매체 접근이 가능하도록 변환된 서비스용 지도	- NGIS 수치지도를 기반으로 도로/교통 분야의 정보를 특성화한 교통주제도를 구축 - 각종 교통계획 및 교통 분석용 네트워크 구축의 기초데이터로 사용
도엽 관리 체계	- 임의 사각형으로 구성된 동일 정규 과셀의 집합으로 관리 - 1: 25,000 기준 2차 메쉬코드 번호사용 - 2차 도엽의 크기를 정규화 하여 사용하는 좌표계로 실거리 사용	- 도엽은 1:25,000 기준 - 수치지도 인덱스 번호 사용 - 기준타원체 : 베셀타원체 - 단일원점 체계:128E, 38N 축척계수 : 0.9999 - 원점좌표 : X(N)= 600,000,Y(E)= 400,000
DB 모델	- KIWI(일본 항법 맵 표준, ISO 제안) - PSF (ISO/TC204 WG3) - 항법 DB의 시스템용 미디어 저장 중점	- GDF Feature 카탈로그 부분적 부합 - 도로 데이터베이스 정의와 교환 중점
DB 구성 체계	- 경로 탐색/안내용 네트워크, 회전규제 - 디스플레이용 배경, 주기, 도로, POI - 계층구조, 필요한 축척 일정범위의 지도 데이터 취득 가능 - 주요 도로 데이터와 경로 탐색과 경로 안내 데이터 사이에 상호 연계 - 도로중심선의 양방향 링크구조	- 교통망 : 노드, 링크 - 주기, 행정경계, 교통 시설물, 지형, 수계 - 배경 레벨 구성 체계 없음 - 현재 지역, 권역간, 지역내, 상세 교통 분석과 목적에 따라 2-4레벨 존재 - 도로 중심선의 양방향 링크구조
DB갱신 주기	- 각 자사별 일정 주기별 갱신 구축	- 수도권 및 광역시를 포함한 전국의 포장된 2차선 이상의 도로, 1년 단위의 교통조사/문헌조사
ID 부여 체계	- 링크 ID는 최하위 레벨의 링크에서 설정된 식별번호로 링크 내 연속된 수로 오름차순 부여	- 도엽코드(NGIS 1:25,000), 갱신년도, 일련번호 세 가지 식별자로 구성

2.2 교통주제도와 KIWI 모델 비교

KIWI와 현행 교통주제도를 지도 데이터 일반 사항, 모델의 구조와 유지관리 측면에서 상호 비교를 하였으며 비교 분석 결과는 표 1과 같다.

3. 교통 주제도의 데이터 모델 설계

3.1 CNS Map Migration 설계 시 고려사항

KIWI 지도 데이터베이스와 교통주제도의 비교를 통해 도출된 CNS 적용 방안은 다음과 같다. 우선 데이터 모델 설계-구축 측면에서 현재 교통 주제도는 중앙선이 있는 양방향 2차선 포장도로만을 대상(레벨2)으로 도로망 데이터를 구축하고 있다. 하지만, CNS Map에서 지도 디스플레이, 지도 매칭(Map matching)과 Door-to-Door 주행 안내 등을 가능하게 하기위해 이면 도로를 포함하여 현재 보다 상세한 레벨에 대한 정의와 데이터 설계가 요구된다. 특히 교통 주제도의 데이터 모델은 GDF Feature 카탈로그를 부분적으로 부합하고 있으나 이 모델은 항법 서비스를 위한 모델이기 보다 ITS 용 도로 데이터베이스 정의와 교환에 적합하다. 그러므로 데이터 모델 설계 측면에서 항법 서비스를 위한 국제 표준 분석을 통해 적용 가능한 속성 및 스키마 도

출하고 항법 서비스 유형에 따른 노드/링크 체계와 상세한 데이터 모델의 정립이 요구된다. 둘째, 항법 서비스 운영-제공 측면에서 현 교통 주제도는 네트워크 위주의 갱신이 이루어지고 있어 지도 표출(Map Display)을 위한 레벨별 배경 데이터 구축 역시 고려되어야 할 부분이다. 또한 POI(Point of Interest)는 지도상에 주요 심볼, 시설명 텍스트 등을 표시하기 위한 DB로서 목적지 검색과 주변 시설물 검색에 사용되는 데이터로 구축이 필요하다. 가장 핵심적인 POI검색은 주소검색, 초성(명칭), 항목별 지역별 검색, 전화번호 검색 등으로 이것에 대한 기본적인 POI 속성 항목의 구축이 되어야 한다. 특히 네트워크의 계층적 구조를 제작하기위한 자동화된 방법론 정립, 즉 경로탐색/안내, 탐색 경로의 결과 디스플레이를 위해서는 네트워크의 레벨(계층 구조)과 계층 간 링크 위상 구조의 연계 방안 역시 요구된다.

3.2 교통 주제도 데이터 모델 설계

교통주제도 스키마는 그림 2와 같이 AD0022(도로 중심선), 단위 도로의 주요 변화 지점인 AD0102(도로 교차점), TURN_INFO(회전규제), TOWAD_NAME(방면명칭)와 POI 엔터티로 구성된다.

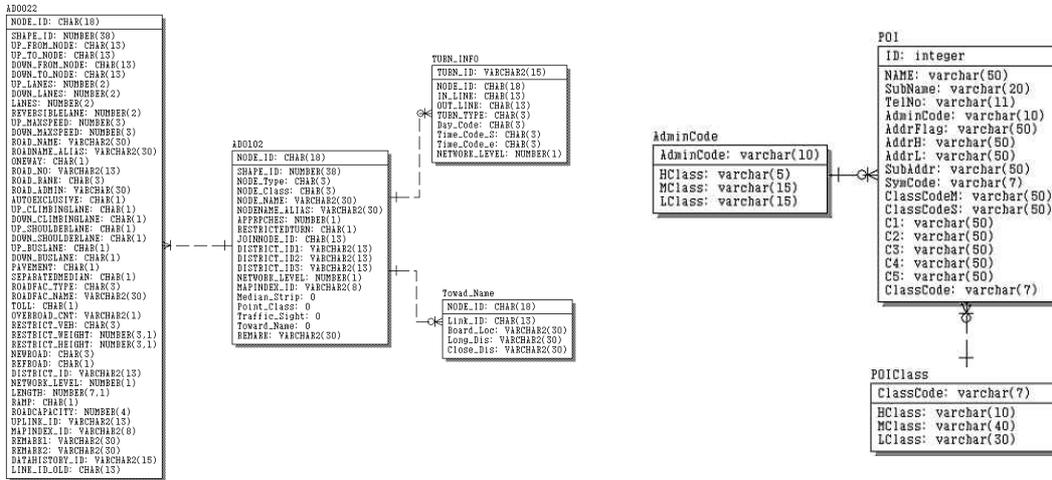


그림 2. 교통주제도 DB 스키마 설계

3.2.1 도로 교차점

도로 교차점은 도로상의 주요 교차점이나 선형의 변화 지점으로 포인트 데이터이다. 노드의 경우 아이디, 레벨, 종별, 인접 링크 수 등으로 구성된다. 노드 아이디는 하나의 도엽 내에 유일한 값으로 일련번호로 부여한다. 노드의 레벨은 인접 링크의 최상위 레벨을 부여하며, 링크의 레벨은 0~4레벨로 구성된다. 모델 적용을 위한 노드의 유형과 종별 모델링은 표 2와 같다.

3.2.2 도로 중심선

도로의 연결성을 표현하여 도로 위 차량의 흐름을 표현하는 도로 중심선 엔터티는 아이디, 시점과 종점 노드 아이디, 레벨, 일방통행 유무, 차선 수, 속도, 도로등급과 노선번호 등으로 구성된다. 노선번호는 지방도 이상의 모든 도로에 부여되며 도로등급이 같은 도로가 중용되는 경우 노선번호가 낮은 것을 입력으로 한다. 도로등급이 다른 도로들이 중첩되는 도로 구간에 대해서는 도로등급이 높은 것을 우선으로 한다. 설계된 링크 데이터의 유형과 종별 모델링은 표 3과 같다.

3.3 도로 네트워크 계층적 구조 설계

본 연구에서 교통 주제도 레벨은 지도 축척에 따라 표현할 지리적 대상을 계층화하고 공간적 중요도에 따라 분류한 네트워크 객체의 상세 수준을 의미한다. 또한 레벨은 링크에 부여된 도로 등급 속성을 이용하여 구분된 축척별 네트워크 데이터를 의미한다. 이는 교통주제도를 다양한 교통 분석에 이용함에 있어 활용 범위와 목적에 적합하도록 단순화 수준을 정의하기 위함이다. 교통주제도 레벨 간에는 위치정보에 의한 상호연관

성이 존재한다. 상호연관성은 속성으로서 정의되며, 레벨 2는 레벨 3과 연관성을 갖으며, 레벨 3은 레벨 4와 연관성을 갖아야 한다. 따라서 속성 데이터의 일관성과 유지보수의 용이성을 위해 레벨 2의 데이터가 변경되면 레벨 3과 4에도 변경내용이 반영될 수 있도록 하며 레벨 4는 레벨 3의 데이터와 연관성을 가지며 레벨 3을 단순화한 형태로 제작되어야 한다. 이를 위해 도로 본선의 레벨은 링크에 부여된 도로등급 속성을 이용하여 1 - 4 레벨의 값으로 전체 4 레벨로 구분된 상세 수준별 네트워크 데이터로 구성한다.

특히, 고속도로 본선과 고속도로가 아닌 도로가 접속된 고속도로의 연결로의 경우, 네트워크의 레벨링을 통한 표면처리 시 불필요한 데이터를 표시 하지 않고 계층화된 위상 구조의 네트워크 추출을 위해서 연결로의 레벨 설정은 중요하다. 도로등급과 레벨이 다른 도로끼리의 연결로의 경우, 도로등급은 연결된 도로등급 중 상위 도로인 본선의 등급을 부여하되, 레벨은 하위 도로의 레벨을 부여한다(그림 3-A). 도로 데이터를 계층화할 때 상위 레벨의 노드는 하위 레벨에도 존재하도록 하기 위해 노드의 레벨은 연결되어 있는 도로 선형의 최상위 레벨을 입력한다. 즉, 노드 A와 C에 연결된 도로 선형의 레벨이 3이므로 노드 A와 C는 3벨이 부여된다. 노드 D에 연결된 도로 선형의 레벨이 4이므로 노드 D의 레벨은 4로 부여된다. 하지만, 노드 B는 연결된 도로 선형의 레벨이 3, 4이므로 상위 레벨인 4를 부여한다(그림 3-B). 따라서 부여된 노드와 링크의 레벨을 이용하여 레벨 간 네트워크의 계층적 상하 관계와 인접관계를 위한 데이터를 구성할 수 있다.

표 2. 노드 유형별 모델링

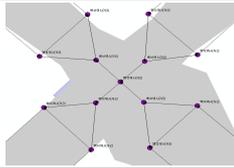
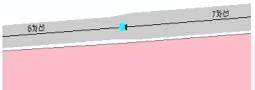
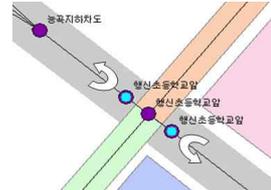
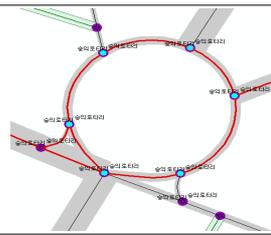
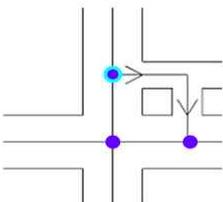
코드	종 별	조 건	노드 종별 모델
1	교차점	- 도로와 도로가 교차하는 지점 중앙선을 횡단 또는 교차하지 않고 우회전만 허용하는 경우도 포함하며 이 지점에 노드를 발생	
2	더미 노드 종별	루프 도로점, 교통 통제점 (요금소, 사고다발지역) 등 특정 의미를 가지는 지점 추가 시 노드 발생	
3	도로 운영 변환점	단위도로의 속성이 변화(차선수, 속도 등)는 지점에 속성 변환 지점 조사 노드를 생성	
4	도로 종료점	링크의 시작점 또는 도착지점에 서로 다른 링크가 연결되지 않은 노드	
5	도엽 경계점	1/25,000 단위의 도엽의 도엽 경계로 구분되는 지점에 발생하는 노드 의미	
6	U-Turn점	도로의 교차지점에서 발생하는 U-TURN을 제외한 도로에서 U-TURN이 발생하는 지점에 노드를 발생	
7	레벨 분할점	레벨이 분할로 인해 발생	
8	지도 한계점	실제로는 도엽경계점이나 인접하는 도엽이 없을 경우 설정	
9	로터리 점	로터리에 연결되는 도로의 노드에만 적용되는 노드	
10	P턴 점	P턴을 위해 우회전 하는 도로와 교차되는 노드를 조사 입력	

표 3. 도로 링크 교차로 모델링

내용	도로	도로 종별 모델
일반교차로 (우회전전용)		
노드 유 턴		
로터리		
단선도로의 쌍선 분리		
고가/지하 도로		
쌍선 고가/지하 도로		
노드 유 턴		

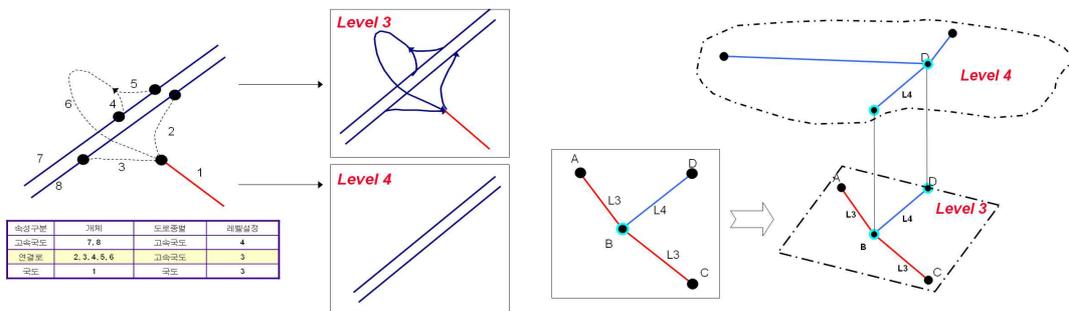


그림 3. 연결로의 도로등급, 레벨 부여(A) 연결로에서의 노드 레벨 부여(B)

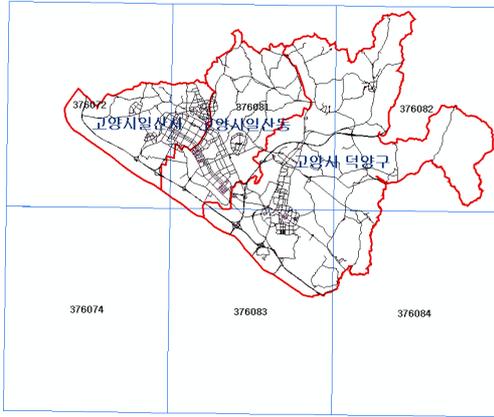


그림 4. 연구 대상지역 DB 구축 결과

4. 마이그레이션 모델의 적용과 평가

4.1 레벨 1 교통주제도 구축

연구 지역으로 경기도 고양시 일산시, 고양시 일산동, 고양시 덕양구를 대상지역으로 설계된 DB 스키마를 이용하여 항법용 원도로 사용할 수 있는 레벨 1 노드와 링크, 회전제한, POI 정보를 전수 조사를 실시하여 선형 및 속성을 구축하였으며 결과는 그림 4와 같다.

4.2 주행 안내 시스템의 주요 서비스 적용

구축된 교통 주제도 도로망, POI와 현행 항법용 배경 DB를 함께 사용하여 레벨 별 데이터를 구축하고 프로토 타입 형태의 차량 항법용 시스템을 구현하여 구축된 교통 주제도 모델의 효율성과 적용 가능성을 평가하고



그림 5. 교통주제도를 이용한 차량 항법 서비스 적용 사례

자 하였다. 이를 위해 주행안내를 위한 지도표시, POI 검색, 경로탐색과 안내 등 유형별 서비스 기능과 이를 지원하는 어플리케이션 프로그램 인터페이스(API)를 구현하였으며, 구축된 데이터를 실제 어플리케이션에 변환 적용하여 설계된 교통주제도 모델의 CNS Map으로 확장 가능성과 문제점과 개선 방안 도출이 가능하다. 첫째, 축척별 지도 데이터 레벨링을 적용하여 연구 대상지역의 레벨 정의에 따른 배경 및 네트워크 지도 표시 결과는 그림 5-A와 같다. 둘째, 목적지 설정을 위한 POI 검색은 명칭, 주소, 전화번호를 이용하여 검색이 가능하며 그림 5-B는 행정구역 명칭과 지번(‘경기도 고양시 마두동 815번지’)을 이용하여 ‘일산동구청’을 조회한 결과를 나타낸다. 마지막으로 차량 현재위치(탐색 지점)와 목적지 선택(탐색 종점)에 따른 최단거리검색과 탐색결과를 토대로 차량 주행 시뮬레이션을 통한 경로 안내가 적용 가능하였다(그림 5-C).

5. 결론

본 연구에서 차량항법용 지도데이터 중 가장 핵심이 되는 NDRM을 구축하기 위한 현행 교통주제도의 마이그레이션 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 첫째, 항법용 전자지도 데이터 표준(KIWI)와 교통 주제도와 데이터 구성요소, 네트워크 구성 체계, 노드 링크 속성 및 기하 모델 측면에서 비교 분석하고 둘째 서비스 유형에 따른 구축 항목 별 속성 정보를 설계하고 현행 교통 주제도의 테이블 스키마와 도메인의 재설계하였다. 셋째 피쳐 유형별 노드, 링크 체계와 데이터 모델 및 기하 구조의 설계를 통해 항법용 지도 데이터 구축을 위한 방안을 제시 하였다. 마지막으로 차량 항법용 서비스 기능 정의와 이를 지원하는 어플리케이션 프로그램 인터페이스(API)의 구현하여 구축된 데이터를 실제 어플리케이션에 변환적용함으로써 시범연구를 통한 교통주제도의 항법용 지도 데이터로서의 확장 가능성을 검증하였다. 본 연구를 통해 재설계된 교통 주제도의 데이터 모델은 기존 교통 부문 데이터 모델과 달리 주행안내 서비스 위한 데이터의 항목과 계층적 위상 기하구조를 가져 공공부분에서 구축된 교통목적의 범용 도로망을 이용하여 차량 항법 목적에 활용 가능한 데이터의 제공이 가능하고, 보다 효율적이고 경제적으로 차량항법 서비스용 원도를 생성할 수 있는 차별화된 장점을 가진다고 판단된다. 향후 마이그레이션 모델의 다양한

모바일 응용 서비스의 적용 안정성을 검토를 위해 대용량 지도 데이터의 저장 및 압축, 탐색 및 지도 표시의 질의 처리 성능 및 공간 인덱스 적용 방안 역시 주요하게 다뤄져야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2009학년도 인하공업전문대학 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. 국토지리정보원, 2004, *기본지리정보 데이터 생산 사양 - 교통(도로)분야*.
2. 김대식, 김명복, 이덕준, “차량항법용 수치지도 디스플레이 데이터의 자동 배치 방안”, 한국자동차공학회 2004년도 춘계학술대회 논문집, pp.1515-1523.
3. 최정민, 주용진, 최애심, “분석용 네트워크구축을 위한 교통주제도 품질확보방안”, 한국GIS학회, pp 61-76.
4. 한국교통연구원 국가교통DB센터, 2004. 국가교통DB구축사업 교통시설물조사교통주제도 및 교통분석용 네트워크 구축 보고서, 한국교통연구원.
5. 한국전산원, 2003, 기존 GIS DB를 활용한 모바일 서비스용 GIS DB구축 지침 연구, 한국전산원.
6. 한국정보통신기술협회, 2004, 교통부문 기본지리정보 데이터모델.
7. 한국정보통신기술협회, 2004, 기본 지리정보 데이터 모델 설계지침.
8. Hidetoshi FUJIMOTO, 2001, “World Wide Vehicle Navigation System Using KIWI Format”, *デジソ. テクニカルレビュー*. Vol. 6 No. 1.
9. ISO/IEC TC 204/SC, 2004, *Requirements and Logical Data Model for Physical Storage Format (PSF) and Application Program Interface (API) and; Logical Data Organization for PSF used in Intelligent Transport Systems (ITS) Database Technology*.
10. Yong-Jin Joo, Soo-Hong Park, 2006, “Design and Implementation of Map Databases for Telematics and Car Navigation Systems using an Embedded DBMS”, *The Journal of GIS Association of Korea*, Vol 14. No.4.