

동적 경로안내시스템에서 벡터 지오데이터의 관리를 위한 다중 해상도 모델

A Multi-Resolution Database Model for Management of Vector Geodata in Vehicle Dynamic Route Guidance System

주용진* · 박수홍**

Joo, Yong Jin · Park, Soo Hong

要 旨

본 연구의 목적은 벡터 도메인 안에 대규모 도로 선형 사상을 대상으로 실시간 데이터 변경, 관리가 가능한 네트워크의 다중 표현 데이터베이스 모델을 구축하는 것이다. 즉, 최상위 레벨의 네트워크 데이터로부터 이에 대응하는 하위 베이스 네트워크 데이터로 순차적으로 데이터 통합과 자동 매칭을 수행하는 상의하달 방식(top-down)을 기초로 하는 프레임워크를 제시하며, 이를 통해 변화 가능한 축척(variable-scale)의 지도를 생성하는 모델을 제안하였다. 구현된 MRDB(Multi-Resolution Database) 모델을 차량 항법 서비스에 적용하여 실제 동적 경로 안내 시스템에 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 다중 해상도 모델, 위상 데이터 모델, 동적 경로 안내 시스템

Abstract

The aim of this paper is to come up with a methodology of constructing an efficient model for multiple representations which can manage and reconcile real-time data about large-scale roads in Vector Domain. In other words, we suggested framework based on a bottom-up approach, which is allowed to integrate data from the network of the lowest level sequentially and perform automated matching in order to produce variable-scale map. Finally, we applied designed multi-LoD model to in-vehicle application.

Keywords : Multi-Resolution Model, Topological data model, Dynamic Route Guidance System

1. 서 론

1.1 연구 배경과 필요성

다중 표현이란 동일한 공간 객체를 다양한 축척·목적·해상도에 따라 표현하는 것을 말한다(Dogru, 2004). 이러한 다중 표현은 대용량의 원시 데이터 집합에서 지도 요소들의 공간적 우선순위에 따라 효과적인 시각화와 데이터 교환을 가능하게 하는 다중 LoD (Level of Detail)를 유도(derivation)할 수 있게 한다. 최근 다중 표현과 관련한 벡터 모델(vector model)의 LoD 모델 연구는 모바일 공간 정보 시스템의 데이터 전송 모델과 차량 항법의 응용 부분에서 진행되어 왔다 (Wang, 2007; Follin, 2005; Ulugtekin, 2004; Han,

2004; Michel Bertolotto, 1999). 기존 연구에서의 LoD 모델은 모바일 환경에서 시각화를 목적으로 선형 일반화 (generalization)를 통한 객체 사이에 기하적인 단순화 (simplification)만을 고려하고 있으며, 다중 LoD의 자동적인 유도와 네트워크 공간 분석과 응용에 실제적인 적용이 되지 않고 있는 실정이다. 또한, 현행 텔레매틱스용 지도 데이터베이스에서 네트워크 데이터의 실시간 갱신과 이를 통한 위상(topology) 구조의 유지·관리는 가장 어려운 문제이다.

이는 네트워크 다중 LoD의 생성은 상세 수준의 도로 선형 사상으로부터 일반화를 통해 구축된다. 이러한 과정에서 필연적으로 발생하는 기하 구조(geometric structure)의 단순화는 개체 집합 사이에 공간 관계의

2010년 11월 4일 접수, 2010년 12월 1일 채택

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

** 교신저자 · 인하대학교 지리정보공학과 부교수(shpark@inha.ac.kr)

규칙성과 일관성(consistency)을 저하시켜 다중 표현 조회 결과에 영향을 줄 수 있다. 뿐만 아니라 위상과 속성 정보의 변형 또한 발생하여 데이터의 무결성(Integrity)을 보장하지 못하게 한다. 결국 도로 네트워크의 다중 LoD 객체 생성을 위한 일반화¹⁾는 객체 사이의 위상 관계의 일관성을 유지하기가 어렵고(Han, 2004), 다중 LoD 집합에서 동일한 객체를 탐색하고 이들 사이의 연관 관계를 정의하기 위한 매칭 절차는 복잡한 과정 중 하나이기 때문이다(Ceccconi, 2003). 이러한 문제를 해결하기 위해 우선, 네트워크 다중 표현을 위한 지도학적 일반화와 네트워크의 위상의 계층적 관계를 동시에 구조화하기 위한 LoD 모델에 관한 연구가 필요하다.

1.2 연구 목적과 방법

기존 다중 LoD 모델이 시각화 목적을 위한 단순화²⁾된 도로 선형 사상을 자동 생성해 내는 기능이었지만 이와 달리 연구에서 제시하고자 하는 네트워크 LoD 모델은, 시각화를 위한 다중 표현 뿐 아니라 데이터의 일반화와 변형이 발생해도 다중 LoD 사이에 일관성 있는 대응 관계와 계층적 위상 정보를 유지함으로써 교통망의 경로 안내와 연결성 분석 등 다양한 네트워크 공간 분석에 효과적으로 활용될 수 있게 하고자 한다. 따라서 본 연구의 목적은 벡터 도메인 안에 대규모 도로 선형 사상을 대상으로 실시간 데이터 변경, 관리가 가능한 네트워크의 다중 표현 데이터베이스 모델을 구축하는 것이다. 즉, 기존 네트워크 LoD 모델의 문제점과 구축상의 한계를 보완할 수 있는 새로운 모델을 설계하고, 다중 LoD의 관리와 다중 표현에서 효율적인 모델 구축 방법론을 제시하고자 한다. 이를 위해 다중 LoD 선형 데이터를 위한 구조를 설계하고, 지도 축척에 따라 표현할 지리적 대상을 계층화하고 검색할 수 있는 구조로 공간적 중요도에 따라 레벨 간 다중 표현이 가능하도록 네트워크 노드와 링크에 대한 표현 레벨을 정의하였다. 이들 사이의 기하학적 대응 관계를 정의하기 위해 의미적 매칭과 위상적 매칭 정보를 이용하여 1:N (one-to-many relation) 계층적 연계 방법을 설계하였다.

- 1) 지도학에서 일반화는 대축척 지도로부터 소축척의 지도를 생산하는 과정(Cartographic Generalization) 또는 데이터베이스에서 자세한 표현으로부터 덜 자세한 표현을 이끌어 내는 과정(Model Generalization)을 말한다. 축척에 따라 자료 구조를 변화시키기 위한 자료 축소 연산법, 수치화된 선들 중 필요 없는 좌표를 제거하여 평활하게 하는 기능을 의미함. 자료 : GIS 용어사전
- 2) 자료의 중요한 특성의 결정, 중요하지 않는 세부 사항의 제거, 중요한 특성의 보유 등을 포함하는 지도 제작 일반화의 요소 중 하나임. 일반화처럼 단순화도 보통 축척에서 축소와 결합되어 사용됨.

다중 LoD의 갱신을 위한 일반화 모듈로써 동적 분할 기법을 사용하여 하위 레벨 관계로부터 순차적으로 상위 개체를 생성하기 위한 추론 절차를 제시하였다. 마지막으로 설계된 다중 LoD 네트워크 모델을 데이터베이스에 구현하기 위해 SQLite에 적용하여 물리적 스키마를 구현하고 공간 데이터베이스를 구축하였다. 또한 구현된 MRDB(Multi-Resolution Database) 모델을 차량 항법 서비스에 적용하여 실제 응용에 활용 가능성을 분석하기 위해 본 연구에서 제시하는 다중 LoD 모델을 자동 일반화, 실시간 갱신 관리 그리고 계층적 위상 구조 정립 기능을 이용하여 차량 항법용 네트워크 데이터 동기화와 이를 통한 동적 경로 탐색 서비스에 적용하였다.

1.3 다중 표현 데이터베이스 개념

MRDB와 관련된 용어들 간의 상관관계는 다음과 같다. 우선 다중 표현은 상세 수준의 데이터 집합으로부터 일반화를 통해 축척과 수준 별로 단순화되어 유도되며, 이 때 공간 데이터의 기하 구조와 위상 정보의 변형이 뒤따르게 된다. 유도된 다중 LoD는 MRDB에 저장·관리되고 사용자 질의에 의해 제공된다. 다중 LoD (Multi-LoD)는 지리적 형태 변화에 따라 동일한 지리 개체가 서로 다른 표현을 갖는 것으로, 다중 표현 사이에 명확한 연결을 유지하기 위해 계층적 데이터 구조로 저장된 공간 객체이다(Han, 2004). 이러한 다중 LoD는 기존 데이터 집합(Base Data Set)의 상호적인 일반화에 의해 유도되며 데이터베이스 내에서 객체의 양적 변화 뿐 아니라, 객체에 포함된 기하학적 정보와 위상 정보의 변형 모두를 의미한다(Bertolotto, 1999). 이러한 다중 표현을 위한 데이터를 생성하고, 유도된 다양한 상세 수준 데이터들을 하나의 데이터베이스에 저장·관리하여 이들 사이의 상호 연계(connectivity)와 정보의 검색을 가능하게 하는 데이터베이스를 다중 표현 데이터베이스라 한다(Beard, 1988; Paiva, 1998). 즉, MRDB는 동일한 현실 공간을 다양한 정밀도, 해상도, 축척 수준에 따라 공간 형태로 저장하기 위한 공간 데이터베이스의 집합이다(Kilpelainen, 1997). 또한 이는 데이터 관리 및 자동적인 일반화와 지도 생성에 대한 다중 표현의 현재 이슈들을 해결하기 위한 데이터베이스 접근 방법으로 제시되고 있다.

2. 다중 LoD 모델 설계와 적용

2.1 LoD 네트워크 레이어 설계

2.1.1 엔터티 및 속성 도출

베이스 네트워크 객체를 위한 지도 스키마를 설계하

표 1. 베이스 네트워크 객체 스키마

스키마 구성	속성 내용
O	• 기준 객체 ID 식별자로 최하위 레벨에서 설정된 식별 번호
G	• 폴리라인 객체의 지오메트리 정보
L	• 객체 표현을 위한 상세 수준 범위 설정
R	• $r = r_1, r_2, \dots, r_n$ • 객체 속성 집합을 위한 문자 또는 숫자 값

표 2. 상위 네트워크 객체 스키마

스키마 구성	속성 내용
O_i	• 대응하는 하위 레벨 기준 객체 ID 식별자 중 가장 작은 값
O_j	• 대응하는 하위 레벨 기준 객체 ID 식별자 중 가장 큰 값
G	• 폴리라인 객체의 지오메트리 정보
L	• 객체 표현을 위한 상세 수준 범위 설정

기 위해 객체 P^n 는 (O, G, L, R)로 정의한다. 상세 레벨의 베이스 네트워크는 식별자, 객체의 지오메트리 정보, 표현 레벨 그리고 객체의 특성을 기술하기 위한 다양한 속성으로 구성된다. 객체 P^n 을 위한 스키마 구성 내용은 표 1과 같다.

베이스 네트워크와 대응되는 상위 LoD 네트워크 객체 P^{n+1} 은 (O_i, O_j, G, L)로 정의한다. P^{n+1} 의 식별자는 O_i 는 베이스 네트워크의 시작 아이디 i 와 종료 링크의 아이디 j 의 조합으로 이루어진 그룹 아이디로 구성된다. 이 그룹 아이디를 이용하여 다중 LoD 객체 사이의 의미적 매칭을 수행하기 위한 대응 관계를 연결하는 키

값으로 활용된다. 이외에도 세밀도 표현을 위한 레벨과 객체의 기하 정보를 포함한다. 객체 P^{n+1} 을 위한 스키마 구성 내용은 표 2와 같다.

2.1.2 LoD 레이어, LoD 객체를 위한 관계 설정

LoD 레이어 들에 포함된 LoD 객체는 2개 혹은 그 이상의 연속적인 레벨 사이에서 연계되어질 수 있다. 객체들이 두 개 서로 다른 LoD에서 표현될 때, 매칭 구성(matching configuration)은 동일한 실세계 개체들의 매칭된 LoD 표현들의 수와 대응한다. 본 연구에서의 LoD 표현을 위한 선형 개체의 매칭은 [1 : n]을, 포인트 개체의 매칭은 1:1 의 경우를 고려하여, 다수의 베이스 네트워크 객체의 단일 선형 개체와의 대응을 위한 관계를 설정한다.

기준 레벨의 도로 네트워크 각 사상은 상위 레벨의 도로 네트워크 사상에 대응관계를 가지거나 대응하지 않는 경우로 나누어진다(zero-to-one relation). 반면에 상위 레벨의 도로 네트워크 각 사상은 기준 레벨의 선형 사상에 최소 하나 이상 대응해야 한다(one-to-many relation). 또한 기준 레벨의 도로 노드는 상위 레벨의 노드 대응관계를 가지거나 대응하지 않는 경우로 나누어진다(zero-to-one relation). 반면에 상위 레벨의 노드 각 사상은 기준 레벨의 노드에 반드시 하나 개체와 대응해야 한다(one-to-one relation).

2.2 다중 LoD 연계를 위한 연산자 구성

그림 1은 본 연구에서 LoD 선형 사상에서 다중 표현 사이의 대응관계를 보여준다. 노드 N_i^j 는 폴리라인 P^i 의 인덱스 i 번째에서의 노드 N 을 표현한다. 그림에서 폴

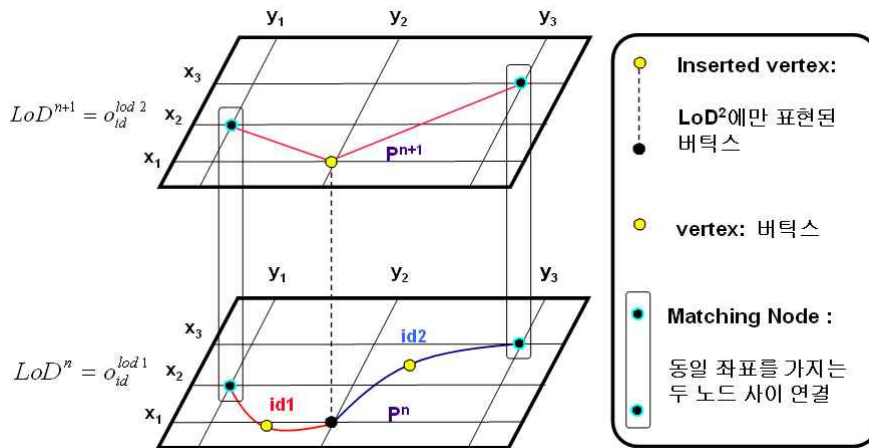


그림 1. 다중 LoD 선형 사상의 대응관계

리라인이 2개 LoD 사이에 표현되고 있다. 이 때 $LoD^1(n = 1)$ Pⁿ의 노드들(인덱스 1, 2, 3 즉, N_1^n, N_2^n 과 N_3^n)은 $LoD^2(n = 2)$ 의 Pⁿ⁺¹의 노드 (인덱스 1, 3 즉, N_1^{n+1}, N_3^{n+1})와 동일한 좌표와 아이디를 가지는 것을 표현한다. 또한 두 개의 LoD 표현은 Pⁿ과 Pⁿ⁺¹안에 매칭(공유)된 노드와 이 사이의 통합된 링크로 구성된다. 매칭된 2개의 표현 Pⁿ과 Pⁿ⁺¹에서 만약 N_i^n 과 N_j^{n+1} 이 매칭 된다면 이 노드들은 $N_i^n, N_j^{n+1} = (N_i^n, N_j^{n+1})$ 로 나타낼 수 있다. 두 개 LoD의 차이는 폴리라인의 구성과 속성에 연관되어 달라질 수 있다.

이 때, 동적 분할 프로시저는 벡터 데이터 집합의 2개 연속적인 LoD사이에 차이를 대응시키고 링크 통합 절차에 참여하기 위한 링크 객체와 연관된 LoD 연산자로 정의될 수 있다. 이를 수식으로 나타내면 아래와 같다.

$$Simplification(DynamicSeg(O_{id}^{LoDn}, \sum_{N=i}^j \Delta Link_{id}^{LoDn, LoDn+1})) = O_{id}^{LoDn+1}$$

O_{id}^{LoDn} 는 상위 LoD 객체를 추출하기 위한 입력 베이스 네트워크 객체를 의미하고, $\sum_{N=i}^j \Delta Link_{id}^{LoDn, LoDn+1}$

는 다중 LoD 객체 사이에 연계를 위한 순차적인 링크 아이디로 이루어진 일련의 섹션의 집합으로, 동적 분할에서 상위 LoD 객체인 라우트를 생성하기 위한 필수적인 파라미터로 입력된다. 이 때 라우트의 대상이 되는 섹션의 집합을 결정하기 위해 상위 LoD와 대응 관계를 가지는 i에서 j번째까지의 링크의 집합을 선형 이벤트 집합으로 구성한다. 동시에 계층적 LoD를 구성함에 있어 베이스 네트워크의 기능적 특성을 반영하는 중요 요소인 노드는 네트워크의 형태적 대표점이므로 네트워크 전체적인 형태를 유지하면서 단순화 되도록 상위 레벨에 버텍스로 유지하도록 하고 이외 중요도가 낮은 점들은 제거해 나가도록 단순화 방법을 적용한다. 마지막으로 일반화 연산자의 결과로 O_{id}^{LoDn+1} 상위 LoD가 생성된다.

2.3 다중 LoD 모델 구현을 위한 추론 절차

추론절차의 설계란 다중 LoD의 갱신을 위한 일반화 모듈로써 자동화된 모델 일반화 연산을 사용하여 하위 레벨 관계로부터 순차적으로 상위 개체를 생성하기 위한 규칙을 정의하는 것을 말하며, 이는 MRDB에 완전한 기능성을 제공하는데 필수적인 구성요소이다 (Kilpelainen, 1997). 본 절에서는 이러한 추론 절차로

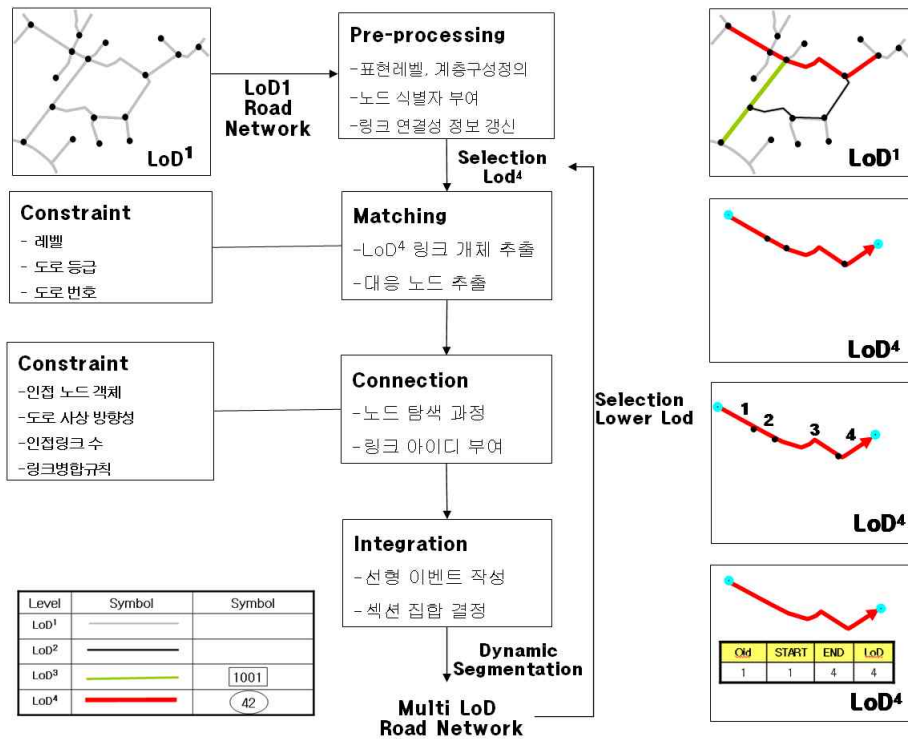


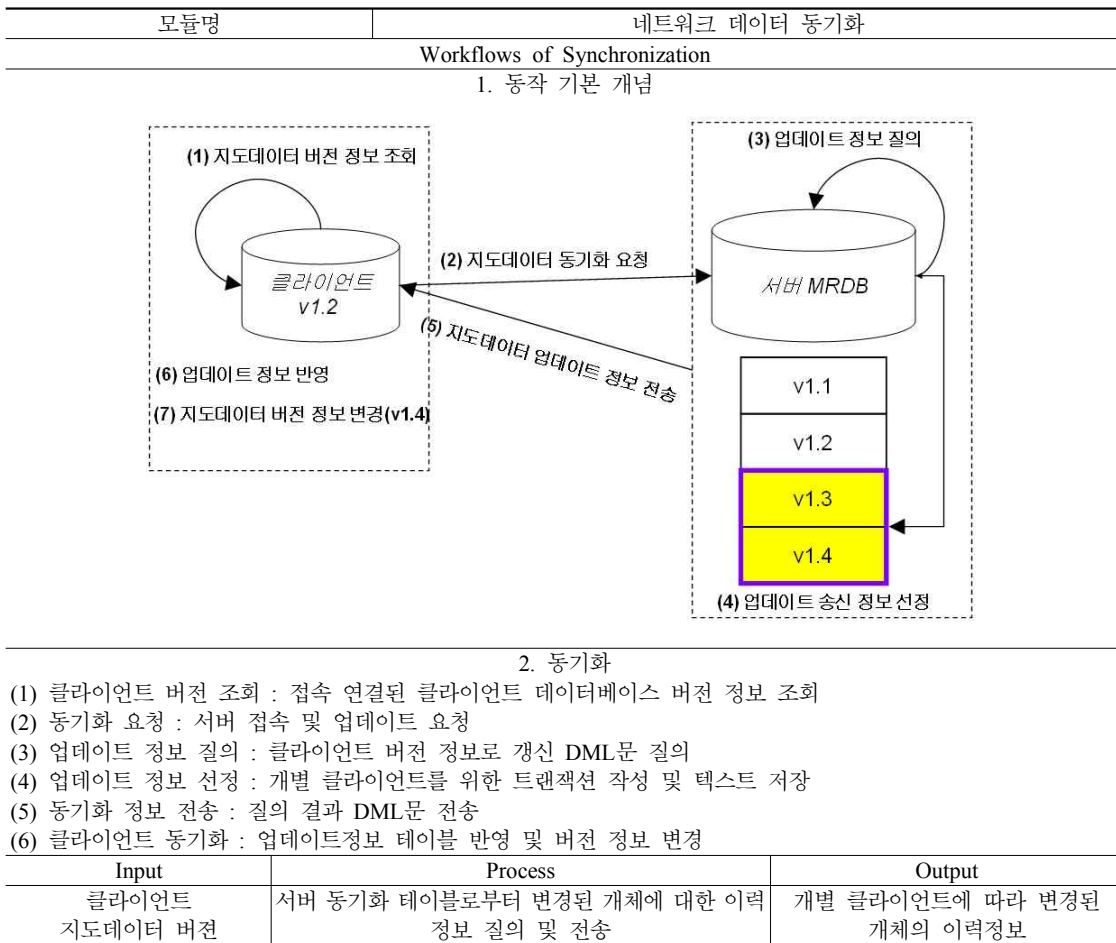
그림 2. 다중 LoD 생성을 위한 추론 절차

서 최상위 레벨의 네트워크 데이터로부터 이에 대응하는 하위 베이스 네트워크 데이터로 순차적으로 데이터 통합과 자동 매칭을 수행하는 상의하달 방식(top-down)을 기초로 하는 프레임워크를 제시하며, 이를 통해 변화 가능한 축척(variable-scale)의 지도를 생성하는 모델을 제안한다.

본 연구에서 제시하는 다중 LoD 생성을 위한 추론 단계는 그림 2처럼 네 단계의 과정이 요구된다. 첫 번째는 노드를 대상으로 유일한 아이디를 가지도록 식별자를 부여하고 링크의 연결성 정보를 갱신하는 전처리를 과정을 거친다. 두 번째는 상위 LoD의 링크와 매칭하는 링크의 집합을 생성하고, 다음으로 이 노드들의 탐색 과정을 통해 링크 통합을 위한 섹션을 결정하는 단계로 선형 이벤트 집합을 결정한다. 마지막 단계는 선형 이벤트의 축척값을 이용하여 동적 분할 절차를 통해 다중 LoD를 위한 새로운 라우트들을 생성한다. 이

때, 상세한 레벨의 LoD의 입력 네트워크가 고려되며, 연속적인 갱신 연산의 집합으로 구성된 동적 분할 프로시저를 통해 상세 수준의 네트워크를 상위 레벨의 통합된 네트워크로 일반화 시킨다. 상위 LoD 대응과 자동 매칭을 위해 하위 LoD 여러 링크 데이터가 공통 속성을 가진 상위 LoD 그룹 데이터에 대응되도록 계층적으로 재구성한다. 이 때 상위 레벨 구성을 위한 링크의 공통 속성은 노선이 정의된 연결성이 있는 도로 등급과 도로 번호로서 부여된다. 최하위 레벨의 링크는 최소성(Not Null)과 유일성(Unique)을 가지도록 번호를 부여하며, 오름차순으로 링크 아이디(Link ID Based Increment)를 부여한다. 상위 LoD 링크는 통합화된 하위 레벨의 시점 링크 ID와 종점 링크 ID로 정의된 Group_ID로써 상·하위 레벨 간에 1:n의 관계성을 가지는 번호로 식별된다.

표 3. 항법 데이터 동기화 실행 과정



3. MRDB 사례 연구 적용

구현된 MRDB 모델을 차량 항법 서비스에 적용하여 실제 응용에 활용 가능성을 분석하였다. 본 연구에서 제시하는 다중 LoD 모델을 자동 일반화, 실시간 갱신 관리 그리고 계층적 위상 구조 정립 기능을 이용하여 차량 항법용 네트워크 데이터 동기화와 이를 통한 동적 경로 탐색 서비스에 적용하였다.

3.1 MRDB 모델의 항법 서비스 적용

데이터 동기화 실행을 위한 절차는 표 3과 같다.

그림 3은 서버와의 동기화 기능을 이용한 네트워크 LoD가 갱신된 제주대학 앞 6차선 서사로 네트워크 동기화 결과를 보여준다. 갱신된 네트워크에 대한 위상 정보 구조화되었으며 동기화 전후의 네트워크 최단 경로의 동적인 변화를 확인할 수 있다.

3.2 MRDB의 항법 서비스 적용 결과 분석

본 연구에서 구현된 MRDB 모델은 데이터베이스가 가지는 데이터 변경 관리 기능(트리거, DML)과 LoD 모델이 가지는 네트워크의 동적 위상 관리 기능을 통해 네트워크 상세 레벨을 수정함으로써 발생하는 다중 LoD의 자동 일반화와 실시간 갱신 관리가 가능하였다.

이는 주로 제한된 통신 대역폭을 가지는 모바일 항법 시스템에서 변경된 지도 데이터를 실시간 동기화와 단순화를 통해 지도를 생성하고, 레벨링과 그래픽 요소를 설정하여 효과적인 데이터 시각화에 적용할 수 있었다. 즉, 대용량의 지도 데이터를 고려하여 신설, 변경된 지도 정보만을 효율적으로 갱신시켜 데이터베이스 서버와 단말기간의 데이터 일관성을 일치 시키는 작업을 수행할 수 있었다.

모바일 클라이언트와 무선 네트워크 기술을 기반으로 다양한 형태의 지도 또는 위치 데이터를 서버를 통해 수집할 수 있으며, 기존에 어려웠던 복잡한 위상관계를 가진 항법 데이터를 바로 수집하여 동적 주행안내 서비스에 적용이 가능하였다. 특히 다양한 상세 수준에서 변경된 네트워크 객체를 동적으로 분류하고 계층적 대응 관계에 대한 위상 구조를 자동으로 유지함으로써 도로 선형의 다중 표현 뿐 아니라 수정된 네트워크의 경로를 대상으로 탐색 영역을 동적으로 재구성할 수 있다.

이를 통해 대규모 도로망의 경로 탐색의 경우 네트워크의 계층성을 이용하여 효과적으로 탐색 영역과 탐색 대상 노드를 줄여 탐색 속도 향상과 메모리의 사용량을 줄여 성능 향상을 기대할 수 있다. 또한 낮은 통신 대역폭을 가지는 모바일 시스템에서 다중 표현은 지도 데이터를 전송 시 서버 측 다중 LoD 관리와 사용자 질의에 의한 전송량을 줄여 데이터의 재활용을 증대시킬 수 있다. 즉, 다중 LoD를 이용하여 표시 레벨에 따라 전송되는 공간 데이터의 양을 조절할 수 있기 때문에 공간 데이터 전송과 이를 활용한 공간분석을 가능하게 한다.

4. 결론

본 연구에서는 벡터 도메인 안에 대규모 도로 선형사상을 대상으로 다중 표현데이터베이스를 구축하였다. 기존 도로망 모델의 문제점과 구축상의 한계를 보완할 수 있는 새로운 다중 LoD 모델을 설계하고 검색과 다중 표현 효율적인 모델을 구축하기 위한 방법론을 정립하고자 하였다. 지도 생성 과정에서 상세 레벨의 다수 공간 객체 집합을 동적으로 분류하고, 또한 이와 대응하는 유도 데이터와의 연결성과 기하 및 속성 스키마를 통합하며 이를 다중-축척 데이터베이스 내에 모형화하기 위해 다중 LoD 모델을 정의였다. 다중 LoD를 위한 갱신을 위한 일반화 모듈로써 자동화된 모델 일반화 연산을 사용하여 하위 레벨 관계로부터 순차적으로 상위 개체를 생성하기 위한 추론절차를 설계하였다. 설계된 다중 LoD 네트워크 모델을 공간 데이터베이스에 구축하고, 제시된 다중 LoD 링크 생성 알고리즘과 네트워



그림 3. 네트워크 동기화를 통한 동적 경로 탐색 결과

크 계층 모델에 대한 효율성 실험을 실시하였다. 이러한 네트워크 데이터의 실시간 교환을 가능하게 하는 LoD 모델을 통해 대용량의 지도 데이터를 고려하여 신설·변경된 지도 정보만을 효율적 갱신할 수 있다. 따라서 네트워크 데이터 갱신의 용이성은 신규도로 건설이 많은 우리나라의 경우 특히 요구되는 서비스 모델이다. 이러한 서버와의 실시간 데이터베이스 동기화 서비스는 실시간 DB 갱신과 정보처리 용이성 제공할 수 있고, 데이터의 일치성과 안전성을 보장할 수 있게 된다. 또한 갱신된 네트워크의 위상 정보를 이용하여 동적 경로 탐색이 가능하게 되어 보다 현실적인 주행 안내 서비스를 제공할 수 있게 된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보-B01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 이강원, 함창학, 2003, *지리정보시스템(GIS) 용어 사전*, 구미서관, pp.262.
2. Bertolotto, M. and M. J. Egenhofer, 1999, "Progressive Vector Transmission", 7th ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems, Kansas City, ACM Press, pp.152-157.
3. Beard, K., 1988, "How to Survive on a Single Detailed Database". AutoCarto 8, Baltimore, MD, pp.211-220.
4. Cecconi A. and R. Weibel, 2001, "Map Generalization for on-demand mapping", Interna-

- tional Journal for Geomatics GIM, May 2001, 15 (5), pp.12-15.
5. Dogru, A. O., N. Ulugtekin, 2004. "Junction Modeling in Vehicle Navigation Maps and Multiple Representations", Proceedings of the XXth Congress of ISPRS, Vol:35, Part B4, Com.IV, Istanbul, Turkey, pp.244-248.
6. Follin, J. M., 2005, "Multi-resolution extension for transmission of geodata in a mobile context", Computers & Geosciences, 31, pp.179-188.
7. Han Qiang and M. Bertolotto, 2004, "A multi-level data structure for vector maps", GIS 2004, 214-221.
8. Kilpelainen, T., 1997. "Multiple Representation and Generalization of Geo-Databases for Topographic Maps", PhD Thesis, Finnish Geodetic Institute, Finland.
9. Liu, X., Y. Wang, H. Meng, 2007, "Linking Multi-Scale Representation In a navigable Database", ISPRS Workshop on Updating Geo-spatial Databases with Imagery & The 5th ISPRS Workshop on DMGISs.
10. Paiva, J. A., 1998, "Topological Equivalence and Similarity in Multi-representation Geographic Databases", Ph.D. Dissertation, Department of Surveying Engineering, University of Maine.
11. Ulugtekin, N., A. O. Dogru and R. Thomson, 2004. "Modelling Urban Road Networks Integrating Multiple Representations of Complex Road and Junction Structures", Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics, pp.757-764.