

웹 지도서비스를 위한 다축척 지도 데이터셋 자동생성 기법 연구 Automated Generation of Multi-Scale Map Database for Web Map Services

박우진¹⁾ · 방윤식²⁾ · 유기윤³⁾
Park, Woo Jin · Bang, Yoon Sik · Yu, Ki Yun

Abstract

Although the multi-scale map database should be constructed for the web map services and location-based services, much part of generation process is based on the manual editing. In this study, the map generalization methodology for automatic construction of multi-scale database from the primary data is proposed. Moreover, the generalization methodology is applied to the real map data and the prototype of multi-scale map dataset is generated. Among the generalization operators, selection/elimination, simplification and amalgamation/aggregation is applied in organized manner. The algorithm and parameters for generalization is determined experimentally considering Töpfer's radical law, minimum drawable object of map and visual aspect. The target scale level is five(1:1,000, 1:5,000, 1:25,000, 1:100,000, 1:500,000) and for the target data, new address data and digital topographic map is used.

Keywords : Web Map Service, Multi-Scale Map Database, Map generalization, Selection/Elimination, Simplification, Amalgamation/Aggregation

초 록

웹 환경에서의 지도서비스 및 위치기반서비스를 제공하기 위해서는 다축척 지도 데이터베이스를 구축하여야 하나, 제작과정이 아직까지 수동편집에 의존하는 경우가 많았다. 본 연구에서는 기본 지도 자료로부터 다축척 지도 데이터베이스를 자동으로 구축하기 위한 지도 일반화 기법을 제안하고 이를 실제 지도 데이터에 적용하여 프로토타입의 다축척 지도 데이터셋을 생성하고자 한다. 지도 일반화 기법으로는 선택 및 삭제, 단순화, 병합 등의 연산자를 조합하여 적용하였으며, 각각 연산자의 알고리즘과 파라미터들은 Töpfer's radical law, 지도의 최소도화 기준, 시각적 표현정도 등을 종합적으로 고려하여 실험적으로 결정하였다. 목표 축척수준은 1:1,000, 1:5,000, 1:25,000, 1:100,000, 1:500,000 의 5단계로 설정하였으며, 대상이 되는 기본 지도 자료는 도로명주소 전자지도와 수치지도를 사용하였다.

핵심어 : 웹 지도서비스, 다축척 지도 데이터베이스, 지도 일반화, 선택, 단순화, 병합

1. 서 론

최근, 지도서비스와 위치기반서비스가 큰 인기를 끌면서, Google과 Apple사를 중심으로 웹 또는 모바일 지도서비스/위치기반서비스를 위한 지도 자체 제작 경쟁이 가속화되고 있다(최호섭, 2012). 국내에서도 네이버, 다음 등의 포

털사이트에서 제공하는 지도서비스를 비롯하여 경로안내 서비스(링크웨어의 아이나비, SK의 Tmap, KT의 올레 navi 등), 위치기반 소셜네트워크 서비스(씨온, 아임인 등), 주변상점찾기 서비스(윙스폰, 플레이맵 등) 등 다양한 위치기반 서비스가 인기를 얻고 있다. 이러한 지도서비스 및 위치기반서비스를 제공하기 위해서는 다양한 축척수준으로

1) 정회원, 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(E-mail:woojin1@snu.ac.kr)
2) 정회원, 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(E-mail:bangys1004@snu.ac.kr)
3) 교신저자, 정회원, 서울대학교 건설환경공학부 부교수(E-mail:kiyun@snu.ac.kr)

지도 데이터베이스(Multi-Representation/Resolution/Scale Database, MRDB 또는 MSDB)를 구축하는 작업이 필수적으로 요구된다. 대부분의 업체들은 타사에서 제작한 지도 데이터베이스를 오픈 API⁴⁾ 형태로 끌어와 활용하기도 하나, 다수의 업체에서는 고유의 지도를 직접 생산하여 사용하기도 한다. 그러나 다축척의 지도 데이터베이스를 생산하는 작업이 아직까지 수동편집에 의존하는 부분이 많아 지도의 생산과 갱신에 상당한 시간과 비용이 소요되며, 지도의 균질성을 확보하지 못한다는 문제가 있다.

벡터 형태의 지도 데이터를 웹 환경에서 서비스하기 위해서는 일반적으로 다양한 축척수준에 따른 지도 데이터셋을 구축한 후, 각각을 래스터 형태의 맵 캐시로 데이터베이스화 해놓고 사용자의 요청에 따라 해당 맵 캐시를 서버에서 전송해주는 방식을 쓰고 있다(Jones 와 Ware, 2005). 단일 축척의 기본 지도 데이터에서 다축척 지도 데이터셋을 구축하기 위한 방법으로 대부분의 지도생산 업체에서는 현재 수동편집 방식에 의존하고 있다. 지도 일반화(Map Generalization) 기술은 다축척의 지도 데이터를 이용하여 지도 상 객체에 적절한 기하학적 변환을 적용하여 소축척 지도를 생성하는 기술이다. 즉, 기본 지도 데이터에 지도 일반화 기법을 적용함으로써 다축척 지도 데이터셋을 생성하는 과정을 최대한 자동화할 수 있다.

지도 일반화 기법을 이용하여 다축척 지도 데이터베이스를 생성하기 위한 연구는 국내외적으로 많은 연구가 진행되고 있다. 정규상 등(1997)은 기본 데이터 도면으로부터 일반화 편집기를 이용해서 응용목적에 맞는 축척의 새로운 데이터 도면과 모델을 만들기 위한 방안을 제시한 바 있다. 이재기 등(2000)은 수치지도를 일반화하여 1/5,000 축척의 수치지도로부터 1:25,000 수치지도를 생성할 수 있는 일반화 작업공정을 제안한 바 있다. 그러나 이 연구는 수치지형도에 국한된 연구로서, 일반화 규칙이 수치지형도 작성 규정에 대부분 의존하고 있어, 수치지형도 이외의 데이터를 기본지도로 사용한다거나 다양한 사용자의 의도를 반영한 지도 데이터베이스를 생성하는 데에는 한계가 있다.

Choe 등(2007)은 공간 데이터베이스의 일반화에 있어서 여러 객체 클래스에 따라 연산자의 적용 순서를 조정하여 일반화의 효율성과 정확성을 향상시키는 연구를 수행하였다. Neun 등(2009) 역시 건물 객체클래스에 대해 다양한

연산자와 제약조건의 조합을 통해 보다 효율적이고 정확한 일반화 방법론을 탐색하였다. 그러나 Choe 등과 Neun 등의 연구에도 다양한 객체 클래스에 대한 다축척 데이터셋을 구축하지는 않았다.

김남신(2009)은 인터넷 환경에서 좌표변형과 LoD(Level of Detail) 기법에 의한 일반화를 적용하여 다축척 지도의 활용 가능성을 검토하였다. 이 연구에서는 수치지형도를 기본지도로 하여, 선택 및 제거, 축약화, 단순화 및 완만화 연산자를 적용하여 3단계의 LoD로 다축척 데이터셋을 제작하였으며, SVG(Scalable Vector Graphic) 문서형태로 변환하여 웹환경에서의 시각화를 시도하였다. 그러나 이 연구는 객체 클래스에 따른 일반화 규칙을 자세하게 서술하기 보다는 SVG 문서 변환에 초점을 맞추고 있다.

그 외에도 건물 데이터에 대한 일반화, 선형 데이터에 대한 일반화, 도로 데이터에 대한 일반화, 하천 데이터에 대한 일반화 등 매우 방대한 일반화 기법들이 개발된 바 있다(Mackaness 등, 2007). 그러나 상기 연구사례들은 특정 객체 클래스에 제한적으로 적용할 수 있는 기법을 제안하는데 그치는 경우가 많아, 다양한 객체 클래스에 대해 일반화 기법을 적용하고, 이를 웹 지도서비스에 적용 가능하도록 온전한 형태의 프로토타입 다축척 데이터셋을 구축한 사례는 많지 않다.

본 연구에서는 웹 지도서비스의 근간이 되는 다축척 지도 데이터베이스를 생성하는데 있어서, 도로명주소 전자지도, 수치지형도 등 기구축된 국가 공간 데이터를 기반으로 하여 지도 일반화 과정을 적용함으로써, 생산과정을 최대한 자동화하기 위한 일련의 방법론을 설계하고 제안하고자 한다. 또한, 이러한 방법론을 실제 샘플데이터에 적용하여 프로토타입 형태의 다축척 지도 데이터셋을 생성해 보고자 한다.

2. 지도 일반화 기법

지도 일반화 기법은 크게 모델 일반화 과정(Model Generalization Process)과 지도학적 일반화 과정(Cartographic Generalization Process)으로 나눌 수 있으며 선택 및 삭제, 단순화, 완만화, 병합, 이동, 과장, 심볼화 등 다양한 연산자의 조합으로 이루어진다. 이러한 다양한 연산자를 복합적으로 적용함으로써 보다 완결성이 높은 지도를 생산할 수 있으나 복잡한 계산으로 인해 처리시간과 비용이 수반되는 문제가 있다. 따라서 지도 일반화를 통한 지도 제작에 있어서 지도의 완결성과 지도 생산의 효율성 간에 적절한

4) 오픈 API: 인터넷 이용자가 일방적으로 웹 검색 결과 및 사용자인터페이스 등을 제공받는 데 그치지 않고 직접 응용 프로그램과 서비스를 개발할 수 있도록 공개된 API.

수준에서의 타협은 불가피하다.

본 연구에서는 다양한 지도 일반화 연산자 중 선택 및 삭제, 병합, 단순화의 세 가지 연산자를 적용하여 웹 지도서비스에서 활용할 수 있는 프로토타입의 다축척 지도 데이터셋을 생성해보고자 한다.

선택 및 삭제 연산자(Selection/ Elimination Operator)는 해당 축척수준에서 지형지물의 크기가 작거나 중요도가 낮아 지도상에서 굳이 표현할 필요가 없는 개체들을 선택하여 삭제시키는 과정이다. 여기에서는 어떤 객체를(which) 몇 개 정도로(how many) 남길 것인가가 가장 핵심적인 문제이다. 어떤 객체를 선택하고 삭제할 것인가는 개체의 기하학적 특성, 의미론적 특성, 개체들 간의 분포 특성 등을 고려하여 객체의 중요도를 측정함으로써 이루어질 수 있다. 몇 개의 객체를 선택하고 삭제할 것인가는 지도의 목표 축척수준, 목적, 생산자의 의도 등에 따라 결정되는데, 일반적으로 Töpfer's radical law, 최소도화객체(Minimum Mapping Unit, MMU) 크기를 이용한다. Töpfer's radical law(Töpfer 와 Pillewizer, 1966)는 입력 지도 자료와 목표 지도 자료의 축척계수를 이용하여 선택되어야 할 개체의 개수를 계산해주는 수학적 모델이다(식 1).

$$n_f = n_a \times C_b \times C_z \times \sqrt{\frac{M_a}{M_f}} \quad (1)$$

여기서 n_f 는 결과 지도의 개체 수, n_a 는 입력 지도의 개체 수, C_b 는 심볼과장계수, C_z 는 심볼형태계수, M_a 는 입력 지도의 축척계수, M_f 는 결과 지도의 축척계수이다. 지도의 목적, 객체의 특성에 따라 심볼과장계수를 조절함으로써 사용자의 의도를 반영할 수 있다.

최소도화객체는 목표 지도 자료에서 표현할 수 있는 가장 작은 크기의 객체를 의미하며, 객체의 면적, 또는 객체의 폭 등으로 표현된다.

단순화 연산자(Simplification Operator)는 지도 객체를 구성하는 절점들 중 불필요한 절점들을 제거하여 지도 객체를 단순한 형태로 표현하는 연산자이다. 지도 일반화 연산자 중 가장 연구가 많이 진행되었으며 1970년대부터 지금까지 꾸준히 알고리즘이 개발되어 오고 있다(Douglas 등, 1973; Wang 등, 1998; 최병길 2001; Shi 등, 2006; 박우진 등, 2009; Park 등, 2011). 불필요한 잉여점들을 사용자가 원하는 축척수준에 맞게 빠르고 정확하게 탐색하는 것이 알고리즘의 핵심이다. 또한 객체를 형성하는 절점의 개수를 최소화하는 동시에, 단순화 전후 객체 형태의 차이가 최소화되

어야 한다. 단순화 알고리즘의 임계치를 결정하는 부분은 매우 어려우나, 본 연구에서는 일차적으로 지도상 위치최대오차를 정하고(0.7mm) 이에 각 축척수준을 고려하여 적용하였다. 이차적으로는 위의 단순화 결과를 바탕으로 지도학적 오류나 형상의 변화양상을 파악한 후 단순화 임계치를 적절히 증가시키거나 감소하는 방식으로 실험적인 임계치를 결정하였다.

병합 연산자(Amalgamation/Aggregation Operator)는 지도상의 객체들 중 일정 거리 내에 있거나 인접해 있는 이웃 객체들을 하나로 묶어서 표현하는 연산자이다. 여기서 접합(Amalgamation)은 서로 인접한 객체 그룹을 하나의 객체로 병합하는 것을 의미하며, 그룹화(Aggregation)는 근접해 있는 객체 그룹을 하나의 객체로 병합하는 것을 의미한다.

3. 일반화 기법의 적용

본 연구에서 다축척 지도 데이터셋을 구축하기 위해 사용되는 주요한 기본 지도 데이터는 도로명주소 전자지도이다. 도로명주소 전자지도는 건물과 도로가 가장 잘 구축되어 있고 최신의 정보를 담고 있으며, 등고선을 제외한 대부분의 지형지물이 포함되어 있어 다축척 지도 데이터셋 생성을 위한 기반지도로 활용도가 매우 높다. 그러나 건물과 도로 이외의 지형지물에 대해서는 구축완성도가 수치지형도에 비해 다소 떨어진다는 단점이 있다. 따라서 건물과 도로 이외의 지형지물에 대해서는 기본적으로 도로명주소 전자지도 내의 객체정보를 우선적으로 이용하되 부족한 부분에 대해서는 수치지형도를 이용하여 보완하였다.

구축대상은 크게 건물(건물, 건물군), 교통(실폭도로, 터널, 교량, 단지 내 도로, 철도 및 지하철 등), 수계(하천, 호수 등), 녹지(논, 밭, 초지, 목초지, 공원, 등고선), 기타(행정경계)로 이루어져 있다. 일반화 기법을 적용하고자 하는 대상 데이터는 서울시 지역에 대한 도로명주소 전자지도(2011년 11월 제작)와 수치지형도(1:1,000, 1:5,000, ver. 2.0)로 하였다. 서울시는 건물, 교통, 수계, 녹지 등 다양한 지형지물이 복합적인 형태로 분포하는 지역으로, 일반화 기법을 테스트하기에 적절한 지역이라고 할 수 있다. 다축척 지도 데이터셋의 목표 축척수준은 가장 대축척 수준(level 0)을 1:1000으로 설정하고, 서울시가 한 화면에 보이는 정도의 축척수준인 1:500,000을 가장 소축척 수준으로 설정한 후, 그 사이에 3단계의 축척수준(1:5,000, 1:25,000, 1:100,000)을 추가하였다(표 1).

표 1. 지도일반화 세밀도 레벨(Level of Detail)과 목표 축척수준

레벨	축척수준	특 징
0	1:1,000	한 화면에 10개 내외의 건물이 보이고 골목길과 지천, 소규모 공원, 논밭 등 원 데이터에 포함된 모든 지형지물이 보임
1	1:5,000	한 화면에 1~2개 행정동이 보이는 정도
2	1:25,000	한 화면에 1~2개 행정구가 보이는 정도
3	1:100,000	한 화면에 몇 개의 행정구가 보이는 정도
4	1:500,000	한 화면에 서울시 전체와 주요 도로, 대하천, 국립공원, 등고선 등이 보임

지도 일반화 과정은 선택 및 삭제, 병합, 단순화의 연산자를 객체 클래스에 따라 적절히 조합하여 적용하였다. 지도의 표현은 가독성을 해치지 않고 지도의 최소 위치정확도를 보존하는 범위 내에서 최대한 단순하고 정리된 선형 형태로 가공되며 지도학적 오류를 최소화 하는 것을 원칙으로 하였다. 이러한 원칙에 맞추어서 각 과정에서의 파라미터들이 실험적으로 결정되었다. 일반화 과정의 구현은 기본적으로 ArcGIS 10.0 SW의 toolbox와 model builder를 이용하였다.

3.1. 건물

건물 데이터는 도로명주소 전자지도 데이터베이스 중 건물 데이터를 추출하여 건물 일반화 기법을 적용하여 선형을 단순화하였다. 건물 단순화 기법은 건물의 개수를 줄이는 선택 및 삭제와 건물을 이루는 절점들 중 불필요한 절점을 제거하는 선형 단순화 과정으로 이루어진다. 건물의 선택 및 삭제를 위해 각 건물 객체의 상대적 중요도를 건물의 면적, 높이, 도로와의 이격거리 등을 고려하여 표준화된 가중평균 방식으로 계산하였다(식 2). 여기서 w_1, w_2, w_3 는 각 요소의 가중치인데 본 연구에서는 동일하게 0.33을 적용하였다.

$$\begin{aligned}
 \text{건물 중요도} = & \\
 & (w_1 \times \frac{\text{면적}}{\max(\text{면적})} + w_2 \times \frac{\text{높이}}{\max(\text{높이})} \\
 & + w_3 \times \frac{\text{인접도로 이격거리}^{-1}}{\max(\text{인접도로 이격거리}^{-1})}) \times 100 \quad (2)
 \end{aligned}$$

중요도 임계치를 결정하는데 있어서, 일차적으로 Töpfer's radical law를 적용하여 축척수준에 따른 적정 개수를 계산한 후, 적정 개수의 객체가 남을 때까지 중요도가 낮은 객체들을 차례로 제거하였다. Töpfer's radical law를 적용하는데 있어서, 심볼과장계수를 1:5,000에서 0.33, 1:25,000에서는 0.48을 적용함으로써 중요도 임계치를 표 2와 같이 결정하였다.

단순화는 가장 일반적으로 사용되는 Douglas-Peucker 알고리즘(Douglas and Peucker, 1973)을 적용하였으며, 이때의 임계치는 지도의 도상 최대위치오차를 0.7mm로 가정하고 여기에 각 축척수준의 축척계수를 곱한 수로 적용하였다(표 2). 적용 결과 중 자기교차(self-intersection) 또는 인접객체와 겹치는 등의 기하학적 오류가 발생한 객체들만을 선별하여, 단순화 임계치를 감소시켜서 적용하는 과정을 반복함으로써 기하학적 오류를 최소화하였다.

건물군 데이터는 아파트단지, 학교와 같이 몇 개의 건물이 하나의 그룹을 이루는 경우에 그 그룹의 경계선을 나타내는 도로명주소 전자지도의 한 레이어이다. 원래 각 개체가 크기가 크고 개체수가 많지 않아 축척별 데이터를 따로 만들지는 않았으며, 1:1,000, 1:5,000, 1:25,000 수준까지만 표현하고 이 이하 축척수준에서는 표시하지 않았다. 표 2는 축척수준에 따른 건물과 건물군 데이터에 대한 일반화 규칙을 정리한 표이다.

표 2. 축척수준에 따른 건물, 건물군 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	건 물	단순화 임계치 (m)
0	모든 건물	0.7
1	중요도 점수 상위 20%	3.5
2	중요도 점수 상위 6.5%	17.5
3	-	-
4	-	-

3.2. 교통

교통 데이터는 도로명주소 전자지도 '실폭도로', '도로구간', '터널', '교량', '자동차전용도로', '고가도로', '지하차도' 레이어를 기본으로 하고 있다. 교통 데이터는 1:1,000 축척수준에서는 실폭도로 레이어를 그대로 이용하고, 그 이하의 축척수준에서는 도로구간 데이터의 속성정보인 도로 폭 정보를 이용하여 버퍼를 수행하여 실폭도로 데이터를 형성하였다. 축척별 교통 데이터를 구축하기 위해 도로의 위계구분(GRADE_SE) 도로

위계 기능구분(GRADE_SE)⁵⁾, 도로구간 종속구분(RD_IN_SE) 도로구간 종속구분(RD_IN_SE)⁶⁾와 폭 정보(RD_BT)를 이용하여 축척수준에 맞게 선택 연산자를 수행하였다. 터널과 교량 데이터는 실제보다 구축이 될 된 부분이 있어 이러한 부분은 수치지형도 1:5,000 데이터로부터 가져와서 병합하였다. 뿐만 아니라, 1:1,000 축척 수준에서 보다 세밀한 도로의 표현을 위해 민간 내비게이션 업체인 SK C&C에서 제작한 네트워크 데이터 중 ‘단지 내 도로’ 데이터를 추출하여 추가하였다. 표 3는 축척수준에 따른 교통 데이터에 대한 일반화 규칙을 정리한 표이다.

표 3. 축척수준에 따른 교통 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	도 로
0	실폭도로 전체 + 단지내도로 + 기타도로(자동차전용도로 + 터널 + 교량 + 고가차도 + 지하차도)
1	도로구간 버퍼 일부 ("GRADE_SE"='01' '02' '03' '04' AND "RD_IN_SE"='0' AND "RD_BT">4) + 기타도로
2	도로구간 버퍼 레벨 2 중 일부 ("RD_BT">10) + 자동차전용도로 + 터널 + 교량
3	도로구간 버퍼 레벨 3 중 일부 ("GRADE_SE"='01' '02' AND "RD_BT">18) + 자동차전용도로 + 터널 + 교량
4	도로구간 버퍼 레벨 4 중 일부 ("RD_BT">25) + 자동차전용도로 + 교량

3.3. 수계

수계 데이터는 도로명주소 전자지도의 ‘하천호수’ 레이어를 기본자료로 이용하였다. 같은 개체명을 가지고 있고 인접해 있으나 다른 개체로 분리되어 있는 경우는 병합 연산자를 적용해서 하나의 개체로 만들어 주었다. 축척 별 일반화를 위해 수계망 개체의 평균 폭과 길이를 이용하여 중요도를 계산한 후, 축척별로 중요도가 낮은 개체를 삭제해주는 방식을 적용하였다(Thomson 과 Brooks, 2002; 차상화 과 권기욱 2001). 수계망 개체의 중요도를 계산하는 식은 다음과 같다(식 3). 여기서 w_1, w_2 는 각 요소의 가중치인데 본 연구에서는 동일하게 0.5를 적용하였다.

$$\begin{aligned} \text{수계 중요도} = & \\ & (w_1 \times \frac{\text{width}}{\max(\text{width}) - \min(\text{width})} \\ & + w_2 \times \frac{\text{length}}{\max(\text{length}) - \min(\text{length})}) \times 100 \end{aligned} \quad (3)$$

또한 하천의 경계에 표현되어 있는 굴곡 중 폭이 좁고 긴 굴곡을 제거하기 위해 선형 단순화 알고리즘(Bend Simplify, Douglas-Peucker 알고리즘)을 적용하고 동시에 하천경계 내에 표현된 하도 중 크기가 작은 하도들을 제거하기 위해 폴리곤 제거 알고리즘을 적용하였다. 축척수준에 따른 수계 데이터 중요도의 임계치 기준과 선형 단순화 알고리즘 임계치, 그리고 하도 폴리곤 제거 임계치는 표 4와 같다.

표 4. 축척수준에 따른 수계 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	중요도 임계치	하도 폴리곤 제거 임계치 (m ²)	Bend Simplify 알고리즘 임계치 (m)	Douglas-Peucker 알고리즘 임계치 (m)
0	0	0	0	0
1	1	10000	35	3.5
2	5	50000	100	10
3	10	250000	170	17
4	20	1000000	320	30

3.4. 초지

초지 데이터(논, 밭, 목초지 등)는 수치지형도 1:1000 자료로부터 경지계(d001) 레이어를 추출해서 기본자료로 이용하였다. 1:1,000 축척수준의 초지 데이터는 서로 떨어져 있는 다양한 크기의 폴리곤의 모음으로 이루어져 있어, 목표 축척수준에 따른 병합 연산자와 단순화 연산자가 적용될 필요가 있었다. 초지 폴리곤의 병합은 폴리곤 간의 최소거리가 일정 이하인 두 폴리곤을 병합시켰다. 병합된 결과 폴리곤 중 폴리곤 최소면적 기준에 미치지 못하는 크기의 폴리곤은 삭제하였고, 폴리곤 내 홀(hole)의 최소 크기 기준에 미치지 못하는 홀 역시 삭제하였다. 폴리곤 간 최소거리 임계치는 도상 최대위치오차(0.7mm)에 축척 계수를 곱한 값을 산정하였으며, 폴리곤 최소면적과 폴리곤 내 홀의 최소면적 기준은 폴리곤 간 최소거리의 제곱 값을 적용하여 산정하였다. 단순화 연산자로는 Douglas-

5) 도로위계 기능구분(GRADE_SE) : 도로의 기능에 따른 분류, 00: 고속도로, 01:주간선, 02:보조간선, 03:집산도로, 04:소로, 05:골목길

6) 도로구간 종속구분(RD_IN_SE) : 도로구간의 종속 여부에 따른 구분, 0:주도로(메인도로) 1:1차종속도로, 2:2차 종속도로

Peucker 알고리즘과 Bend Simplify 알고리즘(Wang 과 Müller, 1998)을 순차적으로 적용하였으며, 임계치들은 도상 최대위치오차와 축척계수를 곱한 값을 기본으로 하되, 실험적으로 약간씩 조정해서 산정하였다. 레벨 4(1:500,000)에서는 초지의 표현에 의미가 없어 표시하지 않았다. 표 5는 축척수준에 따른 초지 데이터에 대한 일반화 규칙을 정리한 표이다.

표 5. 축척수준에 따른 초지 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	폴리곤 간 최소거리 (m)	폴리곤 및 홀 최소 면적 (m ²)	Bend Simplify 알고리즘 임계치 (m)	Douglas-Peucker 알고리즘 임계치 (m)
0	0	0	0	0
1	3.5	12.25	7	3.5
2	17.5	306.25	35	8
3	70	4900	140	35
4	-	-	-	-

3.5. 공원

공원 데이터는 도로명주소 전자지도에서 ‘공원’ 레이어를 추출하여 기본자료로 이용하였다. 공원 레이어에는 같은 이름을 가지면서 접해 있는 데이터가 있어 이러한 폴리곤들은 하나의 객체로 병합시켰다. 축척별로 최소면적 이하의 객체들을 선택 후 단순화 알고리즘(Douglas-Peucker 알고리즘)을 적용시켰다. 단순화 임계치는 도상 위치최대오차(0.7mm)를 적용하여 산정하였다.

레벨 4(1:500,000)에서는 공원의 표현에 의미가 없어 표시하지 않았다. 표 6는 축척수준에 따른 공원 데이터에 대한 일반화 규칙을 정리한 표이다.

표 6. 축척수준에 따른 공원 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	최소면적 (m ²)	단순화 임계치 (m)
0	0.49	0.7
1	12.25	3.5
2	306.25	17.5
3	4900	70
4	-	-

3.6. 등고선

웹 지도서비스를 위해서는 지형의 표현이 매우 중요한데, 도로명주소 전자지도에는 지형의 고저에 대한 정보를 알 수 있는 레이어가 없다.

수치지형도의 등고선을 추출하여 추가할 수 있는데 끊어진 부분이 많아 그대로 이용하기에는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 수치지형도 1:5,000 데이터로부터 등고선 데이터(f001)를 추출하여 5m 간격의 DEM(Digital Elevation Model)을 생성하였다. 이를 바탕으로 다시 등고선 생성함으로써, 끊어진 등고선으로 인한 문제를 보완하고자 하였다.

이렇게 생성된 등고선은 폴리곤화하여 각 폴리곤에 높이값을 입력하고 높이에 따라 채움색을 달리하여 높이를 표현하였다. 축척수준에 따른 등고선 간격은 표 7와 같다.

표 7. 축척수준에 따른 등고선 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	등고선 간격
0	5m
1	10m
2	50m
3	50m
4	100m

3.7. 행정경계

행정경계 데이터는 도로명주소 전자지도에서 ‘행정구역시도’, ‘행정구역시군구’, ‘행정구역읍면동’ 레이어를 추출하여 기본자료로 이용하였으며, 해당 축척수준에 맞는 행정경계 레이어를 지정하여 표현하였다(표 8).

표 8. 축척수준에 따른 행정경계 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	행정경계 레이어
0	행정구역읍면동
1	행정구역읍면동
2	행정구역시군구
3	행정구역시군구
4	행정구역시도

3.8. 철도 및 지하철

철도 및 지하철 데이터는 도로명주소 전자지도에서 ‘지하철선로’, ‘지하철역사’, ‘철도선로’, ‘철도역사’ 레이어

를 추출하여 기본자료로 이용하였다. 추출한 레이어는 특별히 일반화 연산자를 적용하지는 않고 축척 수준에 따라 표현 유무만을 결정하였다(표 9).

표 9. 축척수준에 따른 철도 및 지하철 데이터의 일반화 및 표현 규칙

레벨	철도 및 지하철
0	지하철선로 + 지하철역사 + 철도선로 + 철도역사
1	지하철선로 + 지하철역사 + 철도선로 + 철도역사
2	지하철선로 + 철도선로
3	지하철선로 + 철도선로
4	철도선로

4. 적용 결과 및 평가

본 연구를 통해 생성한 다축척 지도 데이터셋의 효용성을 평가하기 위해 다음과 같은 평가항목을 설정하였다. 첫째, 현재 포털 사에서 제공하고 있는 기존의 웹 지도 서비스(다음, 구글)와 본 연구의 결과물을 비교하여 지형지물의 표현의 상세한 정도가 축척수준에 맞게 일반화되었는지를 시각적, 정성적으로 평가하였다. 둘째, 지도 데이터셋 상의 객체 레이어가 축척수준이 변화함에 따라 적절하게 일반화가 되는지를 데이터 축소율을 이용하여 정량적으로 평가하였다. 즉, 축척수준이 소축척으로 될수록 지형지물의 일정한 비율로 일반화되어야 사용자 입장에서 자연스럽게 축척수준의 변화를 느낄 수 있기 때문에, 이러한 조건을 만족하는지를 정량적으로 분석하였다.

4.1. 정성적, 시각적 평가

표 10은 각 축척수준에 맞게 일반화한 결과 데이터셋을 시각화한 것이며 다음, 구글의 지도서비스에서 제공하는 해당 축척에서의 지도화면과 비교하였다. 축척수준에 따른 지도상에 표현된 상세함의 정도를 정성적으로 평가해보면 다음과 같다. 레벨 0(1:1,000)에서는 모든 지도 데이터셋에서 공통적으로 일반화가 거의 되지 않은 전체 데이터를 보여주고 있다. 본 연구에서의 일반화 결과에는 다른 데이터셋에 비해 공원과 등고선, 산지 내 도로 등이 비교적 자세히 표현되어 있는 것을 확인할 수 있다. 그러나 도로 위 시설물이 일부 누락되어 있는 면이 있었는데 이는 원 데이터(도로명주소 전자지도) 자체에 누락되어 있는 데이터

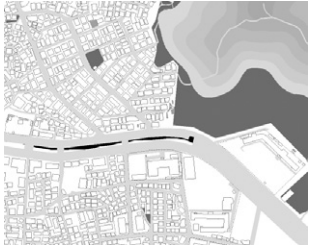






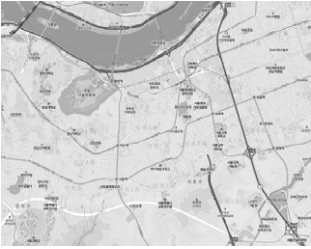


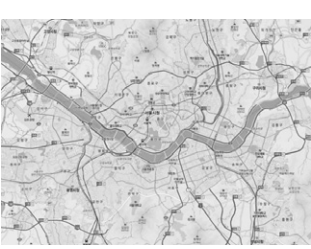




인 경우이며, 다음, 구글의 경우에는 직접조사를 통해 구축하기 때문에 이런 면에서 다소 유리하다. 레벨 1(1:5,000)에서는 비교적 많은 수의 건물이 포함되어 있으나 시각적으로 큰 문제는 없을 것으로 보인다. 도로의 경우에는 비교적 삭제가 많이 적용되었으나 공원, 등고선 데이터는 표현이 상세한 것으로 나타났다. 레벨 2에서는 큰 공원에서의 공원 내 도로가 빠져있는데, 이는 레벨 2에서 ‘단지 내 도로’를 일괄적으로 삭제하였기 때문이다. 공원, 초지의 표현은 다음지도보다는 자세하고 구글지도와는 유사한 수준을 보이나 등고선의 표현은 두 지도보다 자세하다. 레벨 3에서는 도로 표현에 있어서 다음보다 상세하고 구글지도와 유사한 수준을 보인다. 공원, 초지의 표현은 레벨 2에서처럼 다음지도보다는 자세하고 구글지도와 유사한 수준을 보이고 등고선의 표현도 두 지도보다 자세하다. 레벨 4에서는 도로와 수계의 표현에 있어서 다음지도와 유사한 수준의 상세함을 보이며, 구글지도에서는 보다 많은 도로를 표현하고는 있으나 수계의 표현은 덜 상세하다. 결론적으로 현재 서비스 중인 다음, 구글의 축척 별 지도 데이터셋과 비교하였을 때, 축척수준에 따른 상세함의 정도는 객체 레이어별로 약간의 차이는 있으나 웹서비스를 하는데 있어서 크게 무리가 없을 것으로 보인다.

4.2. 정량적 평가

표 11은 축척수준에 따른 각 데이터셋의 데이터크기의 변화를 나타내는 표이다. 이를 통해 대축척 자료가 소축척으로 일반화되면서 데이터 축소율이 어느 정도인지를 파악할 수 있다. 분석결과, 레벨 0에서의 데이터셋 크기는 총합 305,390KB였으며, 레벨 1에서 110,272KB, 레벨 2에서 21,831KB, 레벨 3에서 14,795KB 그리고 레벨 4에서 5,104KB를 나타내었다. 원자료 대비 데이터 축소율은 레벨 1에서 레벨 4까지 차례대로 36.11%, 7.15%, 4.84%, 1.67%를 나타내었다.

표 12와 그림 1은 건물, 교통, 수계, 초지, 공원 데이터에 대한 축척수준 간의 일반화 정도를 나타내는 표와 그래프이다. 이 다섯 개의 객체 레이어만을 따로 분석하는 이유는 다른 객체 레이어에 비해서 다소 복잡한 일반화 규칙이 적용되었기 때문에, 축척수준에 따른 일반화 정도를 분석하기에 적절하기 때문이다. 그래프 상의 축척수준에 따른 데이터 축소율 변화 양상을 보면, 교통 데이터를 제외한 대부분의 데이터들은 유사한 비율로 데이터가 축소된 것을 확인할 수 있다. 즉, 축척별 지도 데이터셋에서 대부분의 객체 레이어들은 서로 유사한 수준으로 일반화가 이루어졌

표 10. 축척수준 별 결과물 및 다른 지도 서비스와의 비교

레벨	일반화 결과	다음 지도	구글 지도
레벨 0(1:1,000)			
레벨 1(1:5,000)			
레벨 2(1:25,000)			
레벨 3(1:100,000)			
레벨 4(1:500,000)			

다고 볼 수 있다. 레벨 1에서 교통 데이터가 비교적 일반화가 약하게 이루어진 것은 해당 축척수준에서 교통 데이터를 보다 강조하기 위한 지도제작자의 의도가 반영된 것이

라고 볼 수 있으며, 전체적인 일반화 수준의 흐름에 큰 영향을 미치지 못하는 정도로 보인다. 또한 표 12에서 축척수준 간 일반화 수준(레벨 대비 데이터 축소율)을 살펴보

표 11. 축척수준에 따른 데이터셋 크기 (단위: KB)

	레벨 0	레벨 1	레벨 2	레벨 3	레벨 4
	1:1k	1:5k	1:25k	1:100k	1:500k
건물	96,050	15,617	5,111	-	-
교통	51,594	21,914	4,021	2,462	631
수계	585	120	41	18	8
초지	20,081	2,081	420	86	-
공원	278	71	16	7	-
등고선	132,435	66,102	11,539	11,539	4,312
행정 경계	2,596	2,596	605	605	136
철도 및 지하철	1771	1771	78	78	17
총합	305,390	110,272	21,831	14,795	5,104
데이터 비율 (%)	100.00	36.11	7.15	4.84	1.67

표 12. 건물, 교통, 수계, 초지, 공원 데이터셋에 대한 축척수준 간 일반화 정도

	레벨 0	레벨 1	레벨 2	레벨 3	레벨 4
건물, 교통, 수계, 초지, 공원 데이터 크기 총합 (KB)	168,588	39,803	9,609	2,573	639
데이터 비율(%)	100	23.61	5.70	1.53	0.38
전 레벨 대비 데이터 축소(%)	-	23.61	24.14	26.78	24.83

면 23~26% 수준으로 일정한 비율을 유지하면서 일반화되고 있음을 알 수 있다.

결과 지도 데이터셋을 정량적으로 평가하는데 있어서, 또 하나 중요한 요소라고 할 수 있는 부분은 축척수준 별 최소도화기준이다. 이 부분에 대해서는 각 객체 레이어를 일반화하는 과정에서 일반화 알고리즘의 임계치를 산정

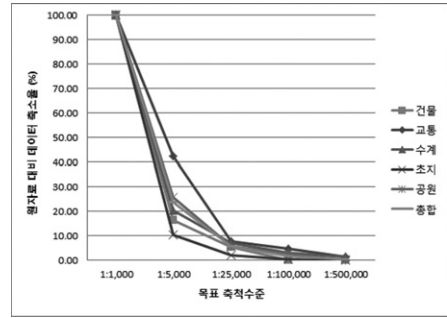


그림 1. 축척수준에 따른 데이터 축소율

할 때 도상 위치최대오차를 공통적으로 반영하였기 때문에 기준 크기 이하의 객체는 모두 제거되었다고 할 수 있으며, 정량적 평가를 따로 하지는 않았다.

5. 결론

본 연구에서는 도로명주소 전자지도를 기본지도로 하고 수치지형도를 보조자료로 하여 웹 지도서비스를 위한 다축척 지도 데이터셋을 자동으로 생성하고자 하였다. 이를 위해, 지도 일반화 기법을 적용하여 프로토타입 데이터셋을 생성하였다. 1:1,000(레벨 0)부터 1:5,000(레벨 1), 1:25,000(레벨 2), 1:100,000(레벨 3), 1:500,000(레벨 4)까지 5단계의 목표 축척수준을 설정하였으며, 건물, 교통, 수계, 녹지, 기타 데이터에 대하여 선택 및 삭제, 단순화, 병합 등의 적절한 일반화 연산자를 조합하여 적용하였다. 각 객체 클래스에 대한 일반화 규칙은 Töpfer's radical law와 지도의 최소도화기준, 시각적 표현 등을 고려하였으며, 객체의 속성적, 위상적 특성 등을 이용하여 객체의 상대적 중요도를 산정하고 이를 일반화의 기준으로 활용하였다.

일반화 기법을 적용한 결과 데이터셋을 목표 축척수준에 맞게 시각화하여 다음, 구글 등의 웹 지도서비스와 비교하였을 때에도 축척에 따른 상세함의 차이가 크게 없는 것으로 파악되었다. 또한, 축척수준에 따른 일반화 정도의 차이를 정량적으로 분석한 결과, 객체 레이어 간에 큰 차이 없이 일정한 비율을 유지하면서 일반화됨을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구를 통해 생성된 다축척 지도 데이터셋은 축척수준에 따라 적절한 지도 일반화가 적용되었다고 볼 수 있으며, 웹 지도서비스를 위한 다축척 지도 데이터베이스로서의 역할을 하는 데에 큰 무리가 없을 것으로 예상된다.

여기에 보다 다양한 지도 일반화 연산자를 적용함으로

써, 지도학적 오류를 최소화하는 동시에 지도의 시각적 표현을 증대시키는 연구가 추가적으로 이루어져야 하며, 이에 대한 부분은 추후 연구과제로 남기기로 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업-차세대 Hyper-Live Map 기반기술 개발과제의 연구비지원(11첨단도시 G10)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

김남신 (2009) 웹환경에서 LoD와 좌표변형에 의한 지도일
 반화, 한국지역지리학회지, 제 15권, 제 2호, pp. 307-315.

박우진, 박승용, 조성환, 유기윤 (2009), 수치지도 작성을
 위한 건물외곽선 단순화기법 연구, 한국측량학회지, 제
 27권, 제 1호, pp. 13-22.

이재기, 최석근, 박경열, 박경식 (2000) 수치지도 일반화시
 스템 개발, 한국지형공간정보학회지, 제 8권, 제 2호, pp.
 35-46.

정규상, 박상미, 이기준, 최병남 (1997) 다중 축척 수치 지
 도를 위한 공간 데이터 모델링에 관한 연구, 한국정보과
 학회가를 학술발표논문집, Vol. 24, No. 2. pp. 225-228.

차상화, 권기욱 (2001), GIS를 이용한 하천유역의 프랙탈
 특성 분석, 한국지리정보학회지, 제 4권, 제 4호, pp. 51-
 60.

최병길 (2001), 수치지도 일반화에 있어서 단순화에 관한
 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 19권, 제 2호,
 pp. 199-208.

Choe, B. and Kim, Y. (2007), Framework and Workflows for
 Spatial Database Generalization, Transactions in GIS, Vol.
 11, No. 1, pp. 101-14.

Douglas-Peucker, D. H. and Peucker, T. K. (1973), Algorithms
 for the Reduction of The Number of Points Required to
 Represent a Digitized Line or its Caricature, The Canadian
 Cartographer, Vol. 10, No. 2, pp. 112-122.

Jones, C. B. and Ware, J. M. (2005), Map Generalization in the
 Web age, International Journal of Geographical Information
 Science, Vol. 19, No. 8-9, pp. 859-870.

Mackaness, W. A., Ruas, A. and Sarjakoski, L. T. (2007),
 Generalisation of Geographic Information: Cartographic
 Modelling and Applications,” Elsevier

Neun, M., Burghardt, D., and Weibel R. (2009), Automated pro-
 cessing for map generalization using web services,
 Geoinformatica, Vol. 13, pp. 425-452.

Park, W. and Yu, K. (2011), Hybrid Line Simplification for
 Cartographic Generalization, Pattern Recognition Letters,
 Vol. 32, pp. 1267-1273.

Shi, W. and Cheung, C. (2006), Performance Evaluation of Line
 Simplification Algorithms for Vector Generalization. The
 Cartographic Journal, Vol. 43, No. 1, pp. 27-44.

Thomson, R. C. and Brooks, R. (2002), Exploiting Perceptual
 Grouping for Map Analysis, Understanding and
 Generalization: The Case of Road and River Networks,
 Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2390, pp. 148-157.

Töpfer, F. and Pillewizer, W. (1966), The Principles of
 Selection, The Cartography Journal, Vol. 3, No. 1.

Wang, Z. and Muller, J. C. (1998), Line generalization based on
 analysis of shape characteristics, Cartography and Geographic
 Information systems, Vol. 25, No. 1, pp. 3-15.

Wilmer, J. and Brewer, C. (2010), The Application of the
 Radical Law in Generalization of National Hydrography Data
 for Multiscale Mapping, ASPRS/CaGIS conference

최호섭 (2012) [애플/구글] ①지도전쟁 “공간을 지배하라,
 블로터닷넷, <http://www.bloter.net/archives/119861>

(접수일 2012. 08. 13, 심사일 2012. 08. 27, 심사완료일 2012. 10. 15)