

의사결정 지원을 위한 사용자 중심의 수치지도 User-Oriented Digital Maps for Supporting Decision Making

이동천¹⁾ · 이용욱²⁾ · 박기석³⁾

Lee, Dong-Cheon · Lee, Young-Wook · Park, Ki-Surk

Abstract

Map is information media for human life. Recently, innovative map making technology has been developed and most updated various data are provided to map users. In consequence, use of maps is rapidly increasing in various applications. One of the examples is car navigation map because navigation maps provide reliable and necessary information with convenient way. Therefore, maps are to be changed to user-oriented from map making-oriented design. The main goal of spatial data infrastructure is to allow various users to access the real world information easily for decision making. However, most of the digital maps are focused on map making aspect such as providing up-to-date data, acquisition of accurate data with state-of-the-art technology, and addition of layers (For example, ortho-images and DEMs). If map data processing tools are to be provided with the digital maps, users could utilize maps for decision making without professional software or knowledge. Therefore, objective of this paper is to propose scheme of the digital map data processing service with application examples.

Keywords : Digital map, User-oriented, Spatial data infrastructure, Map data processing

초 록

지도는 인간생활에 필수적인 정보의 매체로서 최근에는 지도제작 기술의 획기적인 발전뿐 아니라, 최신의 다양한 데이터를 사용자에게 제공하여 여러 분야에서 지도의 활용도가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 활용도가 높은 지도의 예는 차량항법 지도이다. 차량항법 지도의 사용이 많은 이유는 사용자가 원하는 신뢰성 높은 다양한 정보를 편리하게 제공하고 있기 때문이다. 이와 같이 지도는 제작 중심이 아닌 사용자 중심으로 변모해야 한다. 최근 국내외에서 구축되고 있는 공간 데이터 인프라의 궁극적인 목적은 사용자에게 필요한 실세계 정보를 용이하게 제공하는 것이다. 그러나 대부분의 수치지도의 구축은 최신의 데이터 제공을 위한 지도갱신 방안, 정확한 데이터 구축을 위한 첨단 측량기술 도입, 많은 데이터 제공을 위한 레이어(정사영상, DEM 등) 추가와 같은 주로 제작 중심으로 이루어지고 있다. 지도 사용자를 위한 지도 데이터 프로세싱 툴이 제공된다면, 전문적인 소프트웨어나 전문적 지식이 부족한 일반 사용자도 용이하게 원하는 정보를 추출하여 다양한 의사결정에 활용할 수 있다. 이에 본 논문은 지도 사용자를 위한 프로세싱 서비스에 관한 방안을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

핵심어 : 수치지도, 사용자 중심, 공간 데이터 인프라, 지도 데이터 처리

1. 서 론

본 논문은 2007년부터 2008년까지 세종대학교에서 수행한 “차세대 수치지도 구축 기술개발 제 1, 2차년도 연구보고서”(국토해양부, 2008)를 기반으로 작성되었으며, 향후 본 사업의 핵심 연구 중 하나인 차세대 수치지도

활성화를 위한 사용자 중심의 수치지도 시스템 구축에 필요한 시스템의 개요 및 핵심기술에 대한 연구임을 밝힌다.

지도는 “공간현상에 대한 모델”로 정의되며 3차원 공간에 존재하는 지형지물의 지리적 정보를 정해진 규격을 기반으로 체계적으로 그래픽으로 2차원 평면에 묘사

1) 정희원 · 세종대학교 공과대학 지구정보공학과 교수(E-mail:dclee@sejong.ac.kr)

2) 정희원 · 인덕대학 토목환경설계과 교수(E-mail:leeyoungwook@empal.com)

3) 교신저자 · 정희원 · 공간정보기술 연구소 소장(E-mail:kspark@git.co.kr)

한 것이며, 지도제작은 축척, 투영법 및 좌표체계를 기준으로 표준화된 규정 및 생산사양에 의하여 수행되어야 한다(Robinson 등, 1984; Thompson, 1981). 최근에는 지도 및 지리정보에 대한 수요는 2차원에서 3차원으로 급속하게 증가하고 있으며, 항공 레이저 스캐너(ALS), 항공 디지털 사진기 및 고정밀 위성영상과 같은 첨단 데이터 수집 시스템에 의한 수치지형도 제작 및 갱신기술의 발전으로 3차원 지도에 대한 요구와 다양한 분야에서의 활용이 증가하고 있다(박지혜 등, 2005; 이강원, 2004; 이동천 등, 2005, 2006).

3차원 공간상에 존재하는 실세계의 객체들을 2차원적으로 묘사한 지도로부터 정확하게 공간정보를 획득하고 분석하는 것은 거의 불가능하므로, 실제의 지형적인 특성과 지리적 현상 및 3차원 위상관계를 파악하고 유추하는 것은 한계가 있다. 그러므로 최근에 “지능형국토정보 기술혁신사업”의 “차세대 수치지도 구축 기술개발”에서는 3차원 수치지도의 효율적인 구축, 신속한 갱신 및 활용을 위한 시스템 요구사항 분석, 데이터 모델의 생산 사양 결정, 다축적 3차원 동시갱신 및 일반화, 수치지도 활성화와 사용자를 위한 데이터 프로세싱 서비스 등 다양한 연구와 기술개발이 수행되고 있다(국토해양부, 2008).

최근 국내외적으로 공간정보의 효율적인 구축과 체계적인 관리 및 활용의 극대화를 위하여 공간데이터 인프라(SDI) 및 공간데이터 웨어하우스(SDW)에 대한 연구와 개발이 지속적으로 수행되고 있으며, 이는 위치정보를 기반으로 하는 지도가 중추적인 역할을 하고 있다. 특히 SDW의 최종 목표는 서비스 중심의 의사결정 기반을 마련하여 다양하고 복잡한 행정업무의 혁신과 대민 서비스의 향상을 추구하는 것이다. 외국의 경우, 유럽연합의 INSPIRE(Infrastructure for Spatial Information in the European Community), 캐나다의 CGDI(Canadian Geospatial Data Infrastructure), 영국의 Master Map, 미국 USGS의 National Map 등의 궁극적인 목표는 사용자를 위한 데이터 및 서비스를 조화롭게 개발하여 공간분석에 의한 다양한 지도기반 솔루션(Map-based solution) 및 위치기반 정보(Location-based information) 제공이다.

지도의 기본이 되는 지형도는 지표면의 형태, 수계, 도로, 건물 및 시설물과 같은 여러 인공 구조물에 대한 정확한 정보를 제공하는 지리정보의 기반매체이다. 그러므로 지도의 역할은 실세계를 유추하여 다양한 의사결정에 필요한 정보를 용이하게 제공하는 것이다. 이를

위해서는 정확한 데이터 획득과 신속한 최신 데이터의 제공 뿐 아니라, 전문적인 지식이 없는 사용자도 원하는 정보를 추출하고 최종적으로 의사결정을 할 수 있는 지도 데이터 처리 기능이 수치지도와 함께 제공되어야 한다. 그러므로 사용자 중심의 수치지도 제작을 위해 고려할 주요 사항은 다음과 같다.

- *User demands and applications*: 사용자 요구사항 및 활용분야 분석
- *Data model and specification*: 데이터 모델 및 생산사양
- *Simultaneous and rapid updating*: 최신의 데이터를 제공하기 위한 축척별 동시갱신
- *Presentation and display*: 수치지도상의 객체의 표현과 디스플레이
- *Spatial algorithm for information extraction*: 정보추출을 위한 공간연산 알고리즘 구현
- *Supporting decision making*: 전문적인 소프트웨어를 사용하지 않고 필요한 정보를 추출하고 의사결정을 지원할 수 있는 기능

그러므로 수치지도의 활용성 향상을 위해서는 다양한 공간 데이터만을 제공하는 것이 아니라 필요한 정보를 용이하게 획득할 수 있는 기능을 동시에 제공할 수 있는 공간정보 시스템이 되어야 한다. 본 논문은 지도제작 중심이 아닌 사용자 중심의 수치지도 구축의 중요성과 수치지도 데이터를 처리하여 사용자가 요구하는 정보를 제공할 수 있는 방안을 제시함으로써 궁극적으로 지도가 의사결정 지원 시스템으로서의 역할을 추구하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 외국의 사용자 중심 공간정보 인프라 구축

최근 유럽연합, 캐나다, 영국, 미국 등 선진 외국에서는 미래 공간정보의 새로운 전망과 발전 방향을 계획하고 체계적으로 공간정보 데이터 인프라(SDI)를 구축하고 있다. 사용자 요구에 부합하기 위하여 최신성, 완성도, 일관성 및 정확도가 보장된 정보를 체계적이고 지속적으로 제공하기 위해 여러 기관과의 협조체계 모색이 필요함을 제시하고 있다. 지역적 특성 및 사용 목적에 따른 다양한 데이터를 생성하고 사용자에게 제공할 수 있는 융통성 있는 시스템 구현이 필요하다.

일률적이고 획일화된 데이터베이스의 구축을 지양하고, 특성적, 차별적, 적응적 및 융통적인 데이터의 구축

및 활용을 위한 다양한 서비스 제공이 필요하며, 이를 기반으로 사용자는 목적에 필요한 데이터를 용이하게 이해하고 원하는 정보를 추출하고 용이하고 효율적으로 활용할 수 있는 수치지도 시스템 구축이 요구된다. 특히 전문가뿐만 아니라 일반 사용자도 수치지도 데이터와 프로세싱 기능을 제공받아 궁극적으로 다양한 의사결정을 지원 받을 수 있는 시스템의 구축 및 개발을 위해 장기적인 계획 하에 연구 개발에 많은 투자를 하고 있다 (국토해양부, 2008; 김정현 등, 2008).

2.1 유럽연합의 공간정보 인프라(INSPIRE)

유럽 연합(EU)의 공간 정보 인프라(INSPIRE; Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) 구축의 주요 목적은 공간데이터의 생성과 공간정보의 제공이다. 유럽연합의 탄생으로 인하여 각 나라의 서로 다양한 인간 활동과 다른 조건의 환경간의 부작용, 복잡성 및 상호작용의 조화로운 이해를 도모하기 위해 고차원적인 공간정보의 필요성을 인식하여 자연스럽게 통합 공간정보 구축의 중요성에 대한 공감대가 형성되었다. 유럽의 공간정보를 기반으로 한 데이터베이스를 제공함으로써 여러 국가에 분산되어 있는 다양한 대량의 데이터의 불일치를 감소시키고, 신속한 공간 데이터의 획득과 효율적인 데이터 관리가 가능하다. 이는 국가차원에서 공간 데이터를 수집하고 모든 부문에서 공유할 수 있다는 것을 의미한다.

INSPIRE는 정책 결정권자 및 정책 입안자, 중앙 및 지방정부의 공무원, 일반시민 및 여러 기관 등을 포함한 다양한 사용자들이 공간정보를 용이하게 사용할 수 있도록 설계되고 있으며, 이를 기반으로 여러 응용분야에서 다양한 서비스를 제공받을 수 있다. 또한 공공기관의 정보를 재사용하거나 상업화에 이용하는 것도 주목해야 할 사항이다. INSPIRE 구축을 위한 기본 원칙은 다음과 같다.

- 신속한 데이터의 획득과 효율적 관리
- 다양한 공간데이터의 연속적인 통합과 공유 및 유통
- 데이터 사용의 제약 및 규제의 해소
- 적재적소에 데이터가 사용될 수 있도록 적합성 평가
- 데이터에 요구되는 다양한 조건을 용이하게 파악

위와 같은 목적을 실현하고 궁극적으로 공간데이터와 사용자를 위한 서비스를 제공하기 위해서는 분산된 공간데이터를 통합할 수 있는 표준방안 채택과 상호 호환성 및 상호 운용성을 고려하여야 한다. INSPIRE를 시행

하기 위한 구체적인 규정은 메타데이터, 데이터 사양, 네트워크 서비스, 데이터 공유 및 모니터링에 적용되고 있다 (INSPIRE, 2008).

국내의 기존 수치지도와 비교하여 INSPIRE에 추가적으로 포함된 항목은 지적, 보호지역, 표고데이터, 지질, 토양 및 지표피복도, 정사영상, 주소, 통계데이터, 환경, 생태계, 천연자원 및 에너지 자원, 해양, 기상조건 및 기후특성, 자연재해 위험지역, 공공위생 및 치안, 공공설비, 산업시설, 농업 및 수산시설, 인구분포 및 인구통계 데이터 등이며, 이를 통하여 다양한 정보 및 의사결정을 제공받을 수 있다. 이를 위하여 INSPIRE 시스템 구성의 핵심요소는 프로세싱 서비스와 비즈니스 서비스이며 이를 기반으로 의사 및 정책결정을 지원받을 수 있다. 그림 1은 INSPIRE 시스템의 아키텍처를 보여주고 있으며, 사용자를 위한 서비스가 핵심임을 알 수 있다 (Portele, 2007).

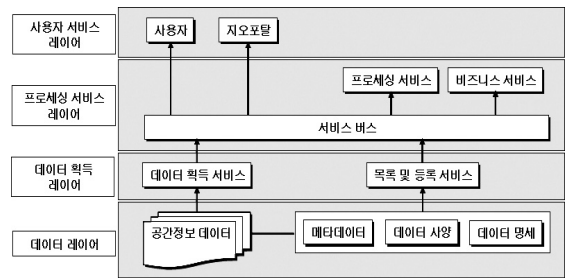


그림 1. INSPIRE 시스템 아키텍처 구성도

또한 INSPIRE에서 중요한 사항으로 고려하고 있는 메타데이터의 Use case diagram은 그림 2와 같으며, 기존 및 향후 메타데이터의 기반 솔루션인 원시 데이터 탐색, 사용 가능한 데이터의 평가와 적합한 데이터를 통합할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 메타데이터의 주요 목적은 데이터 기록 및 보관, 데이터 평가와 관리, 데이터 탐색, 데이터 전송 및 유통에 있다. 서비스 지향 아키텍처(Service-Oriented Architecture; 그림 3 참조)를 위한 메타데이터의 역할은 활용에 필요한 기능을 강화하여 융통성 있고 향상된 유지 관리를 가능하게 한다. 이러한 메타데이터는 다음과 같은 항목에 필요하다.

- 데이터: 데이터는 디지털 정보이며 데이터베이스에서 관리
- 데이터 서비스: 데이터의 사용을 가능하게 하며, 데이터 생성, 변경, 삭제 또는 관찰을 할 수 있는 기능이고, 데이터 서비스는 WMS(Web Mapping

Service), WFS(Web Feature Service) 등

- **비즈니스 서비스:** 메타데이터는 비즈니스 요구를 충족
- **표현(또는 묘사):** 사용자와 상호작용을 위한 것으로 응용 서비스에 대한 정보 제공
- **데이터 처리:** 기타 서비스를 사용할 수 있게 하는 것으로서 편성, 비즈니스 프로세스 관리, 작업관리 등에 관한 메타데이터
- **서비스 관리:** 사용자의 요구를 적시에 만족시킬 수 있는 새로운 서비스의 생성 및 기존의 서비스 변경 등

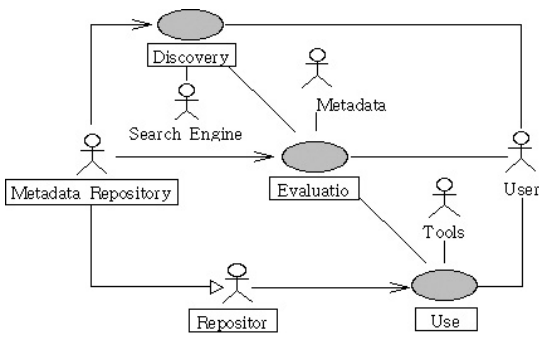


그림 2. INSPIRE의 메타데이터 Use Case Diagram

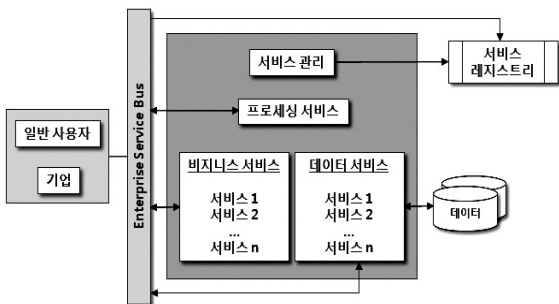


그림 3. 지형공간데이터 인프라 구축을 위한 서비스 지향 아키텍처(SOA)

지형공간정보의 경우는 다음과 같은 3개의 레지스트리 서비스가 있다.

- **Discovery 서비스:** 메타데이터 또는 데이터에 관한 기본정보 (예: 식별자, 지역, 품질, 특성 타입, 좌표계 및 유통)
- **Publishing 서비스:** 서비스에 대한 설명으로서 서비스에 대한 기본 정보 (예: 서비스의 종류 및 데이터 사양)

- **Register 서비스:** 객체목록, 응용 스키마, 코드항목
 - ▷ 정보색인: 코드 항목과 유사하지만 추가적인 정보 포함
 - ▷ 좌표기준: 기준좌표계, 데이터 및 좌표변환
 - ▷ 측정단위: 데이터의 단위
 - ▷ 공간객체 식별자: 다양한 객체에 대한 식별의 유일성을 보장하기 위한 방법
 - ▷ 표현(또는 묘사)규칙: 지도상의 객체를 묘사하는 방법
 - ▷ 기호: 지도상의 객체의 형태를 정의하기 위한 것으로서 묘사규칙이 필요

메타데이터는 사용자의 요구를 충족시켜야 하며, 사용자가 직접 데이터의 특성을 분석하고 이해하는 대신 시스템에 의해 더욱 많은 메타데이터가 분석될 것으로 예상된다. 지형공간 웹(Geospatial Web)은 급속도로 발전하고 있으며, 대중적인 플랫폼의 예로는 구글어스, 마이크로소프트 버추얼어스 및 NASA World Wind 등이다. 전 세계적으로 디지털 지형공간 정보의 혁신적인 발전의 배경에는 Web 2.0에 기반을 둔 Geo-tagging, Semantic web, Open source 및 Open data 등을 기반으로 성장하고 있다. Web 2.0에서의 메타데이터는 기존의 메타데이터 개념과 다른 관점에서 출발하고 있으며, Web 2.0의 메타데이터 개념은 다음과 같은 사항에 중점을 두고 있음을 고려하여야 한다.

- 온톨로지에 의한 개념적 데이터 및 정보탐색
- 지형공간 데이터를 태깅하고 메타데이터를 구축하기 위하여 일반 대중으로부터 제공되는 정보를 활용(PPGIS: 일반인이 참여하는 GIS)
- 태그된 객체를 웹기반에서 공유하고 검색 및 브라우징

2.2 캐나다의 지형공간데이터 인프라(CGDI)

캐나다가 최근에 구축하고 있는 지형공간데이터 인프라(Canadian Geospatial Data Infrastructure)는 풍부하고 다양한 위치기반 정보를 온라인으로 제공하고 있으며, 궁극적인 목적은 업무를 개선하고 효율성을 향상시키기 위한 의사결정을 지원하기 위함이다. 지리정보를 포함하고 있는 대축척의 수치지도, 고해상도 위성영상 등을 기반으로 동향분석, 영향평가, 위험감소, 응급대처 등을 위한 의사결정이 가능하게 한다. 또한 CGDI는 수치지리정보의 효과적인 활성화를 위해 하드웨어와 소프트웨어를 연계하고 이를 기반으로 실제계의 여러 가지 문제를

해결하는 데 기여한다. 이를 위한 전략은 상호 운용성과 국제표준에 따른 범세계적인 서비스의 구현이다.

CGDI는 사용이 쉽고 발전된 온라인 정보 소스로서 다음과 같은 사례에서 의사결정권자가 귀중한 혜택을 받을 수 있다.

- 공공안전 분야: 도로, 교량, 전기시설, 상하수도, 건물 등과 같은 객체에 대한 정보를 지도로부터 획득하여 응급 및 재난에 대처하기 위한 개선된 계획을 수립할 수 있다.
- 공중위생 분야: 위치기반 정보를 이용하여 정확한 전염병의 경로추적, 추세분석 및 공공보건 모니터링 등에 활용할 수 있다.
- 인간활동 분야: 인간과 사회간의 관계 및 미래동향, 기회분석 등에 필요한 의사결정에 활용할 수 있다.
- 환경보전 및 친환경적 개발 분야: 토양과 수자원 관리의 개선, 환경영향 평가, 생태계 모니터링 등에 관련된 의사결정에 이용할 수 있다.

CGDI의 핵심 사항은 최신의 표준화된 데이터를 통합한 효율적인 의사결정, 다양한 데이터들의 중첩에 의한 통찰력 확장, 데이터 공유에 의한 비용 절감, 의사결정의 개선, 개발 부문 및 정보제공 부문 양자에 혜택을 부여하는 것이다(그림 4참조; GeoConnections, 2008). 공간 데이터를 기반으로 다양한 분야에서 의사결정 지원 시스템을 구축하기 위해서는 표준에 의한 데이터 통합과 데이터 공유와 정보추출을 위한 다양한 응용개발이 필수적임을 제시하고 있다.

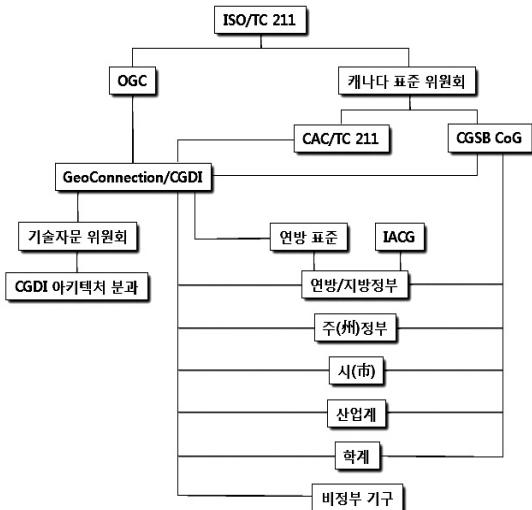


그림 4. CGDI의 표준채택 및 관련기관

그림 5는 CGDI의 시스템 구성 요소를 보여주고 있으며, INSPIRE와 같이 사용자에게 서비스의 제공이 핵심 요소임을 알 수 있다. 서비스 부분에서는 주요 서비스와 이에 관련된 기술을 다음과 같이 정의하고 사용자가 지형공간정보를 용이하게 접근할 수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있다. 특히 서비스는 정보의 검색, 시각화, 분석, 변환 및 통합을 기반으로 공간정보의 사용을 효과적이고 용이하게 한다.

- *Catalog 및 Registry*: 서비스 및 정보를 검색하고 직접 접근할 수 있는 기반 기술
- *Web Coverage Service(WCS)*: 벡터, 래스터 및 다양한 형태의 지형공간 데이터셋을 제공할 수 있는 서비스 기술
- *Web Feature Service(WFS)*: 개별적인 객체를 탐색, 복원 및 편집할 수 있는 서비스 기술
- *Map Style Service 및 Symbol Library*: 간편하고 용이한 웹매핑을 위한 서비스 기술
- *Event Notification Service*: 기준 데이터셋 또는 다양한 변화에 따른 서비스 활용 통보
- *Geographic Measurement DB*: 측량 및 조사를 통해 획득하고 집적된 데이터베이스 구축 및 정보제공 기술
- *Spatial Reference System Directory*: 다양한 기준좌표계 및 지도투영법의 사용을 제공하는 기술

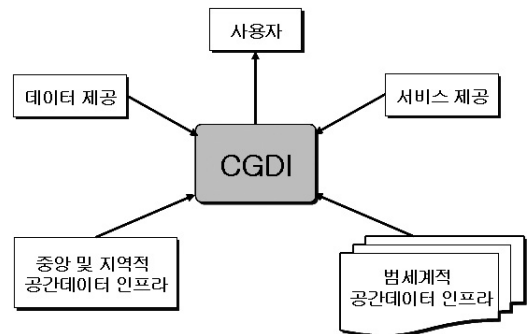


그림 5. CGDI 시스템 구성 요소

2.3 영국의 국가기본도 (Ordnance Survey Master Map)

영국 Ordnance Survey(OS)의 Master Map은 사용자들의 다양한 요구사항에 부합된 최신의 정확한 지리정보 및 지도 서비스를 제공하기 위하여 제작되고 유지 및 관리되고 있다. 사용자들에게는 온라인 데이터 및 서비스가

용이하게 제공된다. 데이터는 연속적이고 레이어별로 데이터베이스를 구축하고 있다. 최종 목표는 사용자에게 최대의 혜택을 제공하는 것이다. Ordnance Survey는 지리정보의 사용을 확대시키기 위한 semantic 데이터 통합에 대한 연구를 수행 중에 있으며, 이를 위해 지형 온톨로지 (Topographic ontology) 구축이 semantic 데이터 통합에 어떻게 적용될 수 있는가에 대한 연구에 중점을 두고 있다. 공간연산에 의한 의사결정 (Spatial reasoning)을 위하여 semantic 기술의 확장 및 공간 데이터베이스와 분야별 온톨로지 (Domain-level ontology)를 연계하는 교량 역할을 할 수 있는 데이터 온톨로지의 사용 방안이 중요한 사항이다.

Ordnance Survey는 기본지리정보의 제공뿐 아니라 지리정보를 활성화하는 역할을 한다. 이를 기반으로 공간 정보 인프라의 주요 목적인 지리정보의 유통과 통합을 실현하고 있다. 그러나 이를 실현하기 위해서는 지리정보의 비전문가인 일반 사용자의 측면이 배제되면 안 된다. 더욱 중요한 사항은 지리정보 기술이 여러 다른 정보분야를 연결시키는 역할과 공간데이터의 복잡성을 고려하여야 한다. 기술적으로 어려운 문제 중 하나는 상이하고 다양한 정보를 하나의 체계적인 과정으로 통합하는 방법이다. 이러한 문제는 중요함에도 불구하고 지속적으로 과소평가 되고 있으며, 그 이유는 정보가 여러 분야에 미치는 근본적인 영향을 분석하기 보다는 대부분의 경우 소프트웨어 및 하드웨어 통합에 더 많은 관심을 기울이기 때문이다.

데이터는 최신성을 유지하고 중복을 배제하고 높은 위치 정확도 수준을 보장하며 수집된 데이터의 해상도와 정확도는 지리적이고 지역적인 특성에 부합되어야 하며, 이를 반영한 Master Map의 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 연속 데이터: 연속적인 데이터베이스로 변환되면서 기존의 타일기반 구조에 의해 분리된 객체를 연속된 하나의 객체로 재구성되며, 사용자에게 데이터 제공시 연속된 하나의 객체 및 폴리곤 데이터를 제공
- 주제에 의한 데이터 접근: 객체가 가지고 있는 주제에 대한 속성을 이용하여 사용자가 주제에 따른 객체 데이터를 제공받음
- 객체기반 데이터: 객체의 속성 및 변화정보와 정확도를 제공한다. 이를 위하여 객체기반으로 구성되고, 데이터베이스에서 메타데이터도 객체의 속성

형태로 구성

Ordnance Survey에서 제공하는 기본 정보는 많은 정보 통합이 필요한 응용분야에서 중요하고 유용한 요소이다. Ordnance Survey의 Geosemantic Research Group에서는 semantic 기술을 사용하여 실세계와 획득한 데이터 사이의 의미적 간격을 줄이고 정보통합을 지원하기 위하여 다음과 같은 연구를 진행하고 있다.

- 지형기반 응용분야에서의 온톨로지 구축 방안
- 정보통합을 지원하기 위한 semantic web 기술의 활용
- 통합에 최적인 정보를 생성하기 위한 공간 데이터의 표현 및 편집방법

지형 온톨로지 구축의 목적은 실세계와 데이터간에 존재하는 의미적 격차를 줄이는 것이며, 사용자가 공간 데이터의 활용을 위하여 의미적 묘사를 특정하고 공유할 수 있도록 중추적인 역할을 한다. Ordnance Survey가 구축하고 있는 지형 온톨로지는 기본적으로 모듈(독자적 기능을 가지고 있으며 또한 교환이 가능한 구성 요소)로 이루어져 있으며, 교통모듈, 건물과 장소 및 토지 피복을 포함하고 있다. 사용자는 지도 데이터와 서비스 시스템의 분석기능을 사용하여 다양한 의사결정에 활용할 수 있다. 그림 6은 Master Map의 시스템 구성을 보여주고 있다.

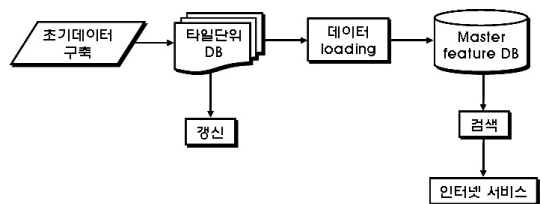


그림 6. Master Map 시스템 구성도

2.4 미국의 국가기본도 (USGS National Map)

US Geological Survey(USGS)의 National Map은 차세대 지리정보에 대한 새로운 전망을 제시하고, 일관성 있고 정확한 최신의 통합 공간 데이터베이스(Seamless integrated DB)를 용이하게 제공하는 것을 목적으로 구축되고 있다. National Map은 국가 기본지형도로서 기본 지리정보 데이터베이스 역할을 하며 2005년까지 각 분야에서 기술 검증을 위한 시범연구를 수행하였으며, 2006년부터 2010년까지 개발을 계획하고 있다. 사용자들은 National Map을 이용하여 공간정보를 쉽고 일관성 있게 획득하여

활용하고 정보를 공유하고 통합할 수 있는 공간정보 인프라의 역할을 할 수 있도록 구축하고 있는 지도이다.

National Map의 목표는 “Border to border and coast to coast geographic information for the Nation” (국가 전역의 모든 지역에 대한 지리정보 제공)이며, 이를 위하여 차세대 지리정보의 새로운 전망을 제시하고 항상 접근이 가능하며 일관성 있고 정확도 높은 최신의 공간정보 제공, 지리 및 지도 정보가 요구되는 다양한 분야에 서비스 제공을 추구하고 있다. 향 후 발전 단계는 공간정보 처리, 모델링 및 GIS 활용을 위한 분석기능 포함, 국토의 묘사와 모니터링 및 실제세계에서 발생하는 문제 해결을 위한 기반 구축, 더 나아가 향상된 의사결정 시스템과 미래에 대한 예측을 위한 단계로 발전을 계획하고 있다. 또한 연속적으로 통합된 데이터베이스를 온라인으로 제공하고 있다.

National Map의 주요 활용분야로는 국토 및 자원관리, 경제 및 사업기반 계획과 관리 등 여러 분야에 대민 서비스이며, GIS의 활용, 공간정보처리 및 모델링을 위한 분석기능도 포함하고 있다. 이를 통하여 국토를 표현하고 다양한 모니터링과 문제해결을 위한 기반을 구축하고 있다. 특히 지표면 변화에 대한 개선된 의사결정 및 예측에 중점을 두고 있다. 그러므로 National Map의 역할은 다양한 측면에서 중요하며, 특히 상호 협력적인 지형도 제작, 원격탐사, 지리분석 및 모니터링 계획을 포괄하는 상위 개념으로서 여러 관련 기관간의 정보기술에 대한 연구를 기반으로 하고 있다.

즉 새로운 개념, 방법 및 기술의 이해를 정립하고 장기적으로 기본도에 기반한 실용적인 국가 공간정보구축 달성을 추구한다. National Map는 다양한 활용분야에 사용될 뿐 아니라, 효율적인 공간정보 서비스 유통, 정책 수립 및 위기관리에 대한 의사결정 지원에 중요한 시스템이다. 특히 위치를 기반으로 한 의사결정을 지원하고 정책을 수립하는데 수치지도의 역할은 중요하다. 이를 위하여 효율적인 공간정보 서비스 및 정보유통은 수치지도의 활용성을 확대시키고, 사용자가 수치지도를 사용하는데 편익을 제공하게 된다. National Map의 기본 데이터 구성은 다음과 같다.

- 고해상도 수치정사영상
- 수심을 포함한 고정밀 수치표고 데이터
- 지형지물에 대한 벡터 데이터
- 구조물 및 시설물
- 행정경계 및 지명

● 토지피복 분류정보

National Map 데이터의 특성은 연속 데이터 기반의 일관성 있는 분류체계가 확립되었으며, 사용자가 원하는 지역에 대하여 정보를 추출하고 분석이 가능하게 하고 또한 지역의 특성 및 사용자의 요구사항에 적합하고 정확하고 완성도가 향상된 차별화된 데이터를 제공하고 있다(USGS National Map, 2006). National Map은 GIS를 기반으로 실제 구현된 지형공간정보 인프라이며 동시에 시스템으로서 핵심 요소는 다음과 같다 (그림 7 참조).

- 데이터 획득 및 관리: 공간정보 데이터베이스의 생성, 관리, 갱신 및 활용;
- 통합 데이터: 여러 곳에 분산되어 있는 데이터, 인프라 및 시스템의 통합 및 상호운영;
- 웹 기반 서비스: 사용자에게 온라인으로 정보 및 서비스 제공

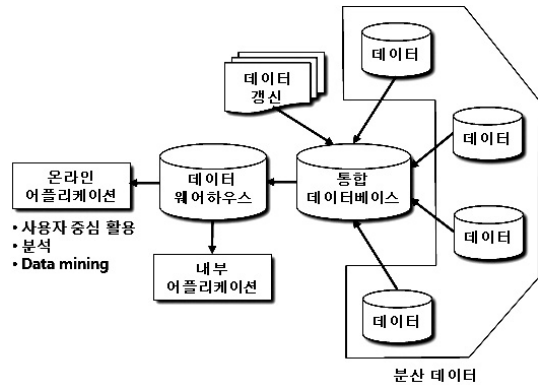


그림 7. USGS National Map 시스템 구성도

3. 외국 공간정보 인프라 구축 사례의 시사점

최근 지도제작은 데이터 획득 및 처리는 첨단장비와 기술로 획기적으로 진보하고 있으며, 다양한 데이터가 여러 형태 또는 다양한 정보의 융합 응용기술(Mashup service)을 통하여 사용자에게 제공되고 있다. 이와 같은 기술개발의 목적은 사용자를 위한 유용한 정보의 효율적 제공이며 이를 기반으로 의사결정을 지원하기 위함이다. 또한 최근의 기술개발의 추세는 데이터 획득 단계부터 Mashup과 공간기술을 고려하여 시스템과 활용분야에 적용하고 있다. 이는 다양한 데이터 소스(Multiple source)로부터 콘텐츠(또는 정보)를 생성하고 새로운 공간정보 활용 및 서비스를 창출해 내는 것이다.

Semantic 웹 기반의 공간정보(Geospatial semantic Web)는 선진외국에서 구축하고자 차세대 공간정보 시스템이다. 이를 구현하기 위해서는 geospatial(지형공간) 부문, semantic 부문 및 웹 부문에 관련된 기술의 조화롭고 융통성 있는 융합이다. 지형공간의 핵심은 지도제작과 지도의 시각화, 객체생성과 객체의 기하적인 특성, 또한 지리 및 시공간 관계이다. 즉, 지도의 콘텐츠인 지형지물에 대한 데이터 생성과 속성적인 특성 및 위치기반의 다양한 관계정보를 기반으로 하여야 한다. 특히 주목할 만한 중요한 사항은 "semantic"이다. "의미적"인 뜻의 semantic 부문은 특정 분야의 지식(Domain knowledge)과 이를 필요로 하는 사용자간의 정보유통을 위한 상호 운용성(Interoperability), 정보와 규정/규약(Information and rule)의 표현, 적응성이 향상된 융통적 소프트웨어, 사용자가 필요로 하는 정보에 유연성 있게 대응하고 자동으로 의사결정을 지원할 수 있는 기능 구현을 위한 핵심이 된다.

위와 같은 사항은 차세대 지도의 역할과 기능 및 지도 제작에 중요하게 고려해야 할 점들을 제시하고 있다고 사료되며, 다음과 같은 주요 원칙을 기반으로 하고 있다.

- 독립적인 데이터 포맷 (즉 포맷에 제약을 받지 않음)
- 서비스 중심 아키텍처(SOA)의 구현
- 표준의 필요성
- 실시간 공간 메타데이터의 동기화
- GIS 컴포넌트의 제공

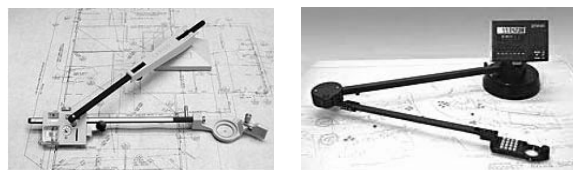
이를 구현하기 위한 기본 가정은 데이터 자체에 대한 신뢰성 보장과 데이터의 일관성 및 최신성에 대한 보장이다. 또한 여러 곳에 분산되어 있는 데이터와 데이터 처리에 필요한 시스템이 충족되어야 한다. GIS 컴포넌트의 제공은 사용자가 공간데이터 처리와 필요한 정보를 추출할 수 있도록 하기 위한 목적이며, 다양한 소스로부터 획득한 데이터를 통합하고 융합함으로써 활용기반(Application-oriented) 또는 서비스기반(Service-oriented)의 정보를 생성하고 제공하여 사용자 중심의 공간정보 인프라를 위한 시스템을 구축할 수 있다.

4. 정보추출을 위한 지도데이터 프로세싱

지도로부터 정보를 추출하기 위해서는 기본적인 측정이 요구되며 지도상에서 측정하여 계산하여 정량화하는

것을 지도측정학(Cartometry)이라고 한다. 종이지도상에서 나침반, 자, 컴퍼스, 구적기(Planimeter) 등을 이용하여 방향, 거리, 반경, 면적 등을 측정하여 다음과 같은 분야에 활용하고 있다. (1) 건설공사의 계획 및 시공에 있어서 적정 계획면 설정, (2) 도로건설 및 택지조성 시 절토 및 성토 등 토공량 산정, (3) 수문조사를 위한 유역 면적 산정, (4) 저수지 및 댐의 담수량 산정, (5) 침수지역 예측, (6) 특정지역의 면적계산, (7) 경사도 계산, (8) 가시권 및 조망권 분석 등. 기존에는 종이지도와 다음과 같은 방법으로 지도로부터 필요한 측정을 수행하였다.

- (1) 관측방법에 의한 분류
 - 종이 지도상에서 구적기를 이용하는 방법 (그림 8, 그림 9 참조)
 - 도해적인 방법을 이용하는 방법
- (2) 계산방법에 따른 분류
 - 수치계산법: 삼각형법, 지거법, 다각형법, 좌표법
 - 도해법: 방안법, 구적기법, 광학적 주사법
- (3) 면적의 선형에 따른 분류
 - 가. 직선에 둘러싸인 면적법
 - 삼각형법: 삼사법, 2변 협각법, 삼변법
 - 좌표법: 합위거법, 합경거법
 - 배형거법
 - 나. 곡선에 둘러싸인 면적법
 - 지거법, 사다리꼴 공식 (Simpson 법칙)
 - 구적기법
 - 방안법: 모눈종이 사용 (면적=모눈개수*모눈 한 개 크기*지도축척)



(a) 아날로그 구적기 (b) 디지털 구적기

그림 8. 구적기의 종류

그러므로 지도측정은 지도로부터 정보를 추출하는 기술로서 다양한 기하학적 및 위치정보와 위상정보를 바탕으로 국토개발 및 도시계획, 위치기반의 행정업무 및 정책결정, 교통, 건설, 환경평가, 지형분석 등 인간활동과 생활에 필요한 여러 활용목적에 사용하고 있다 (Maling, 1989).

영상은 지도제작의 원시 데이터로서 암시적인 잠재정

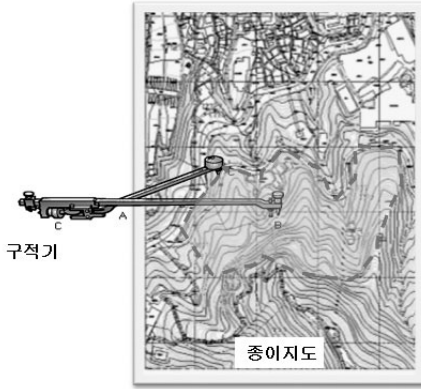


그림 9. 중이지도와 구적기를 이용한 면적산정

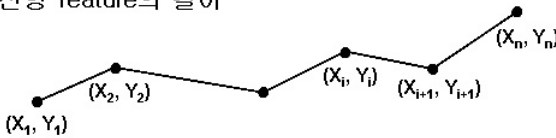
보(Implicit information)를 내포하고 있다. 반면 지형도는 영상이 포함하고 있는 정보와 달리 기준좌표계를 기반으로 지형지물들이 묘사되므로 지형지물 및 객체들의 정확한 절대위치 및 다양한 속성과 같은 명시적인 정보(Explicit information)를 제공하고 있다. 그러므로 지도는 사용 목적에 필요한 정보를 전문적 지식이 없어도 용이하게 추출하고 결과를 분석할 수 있는 기능이 제공되어야 활성화 될 수 있다. 또한 추출된 정보는 재사용 되어

반복적인 과정을 수행하지 않도록 정보의 저장과 공유가 필요하다. 즉 데이터의 중복 구축뿐 아니라 도출된 정보의 중복을 배제하여 자원 및 인력의 낭비를 최소화 하여야 하며, 사용자의 요구를 수용할 수 있는 방안을 마련하여 지속적인 수치지도 시스템의 개선 및 향상을 추구하여야 한다.

최근에는 오픈소스를 활용한 시스템 개발이 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 이와 마찬가지로 수치지도로부터 추출된 다양한 정보를 제공하고 공유할 수 있는 “오픈공간정보” 체계가 필요하다. 그러므로 반복적인 정보추출 과정을 배제하고 비전문가도 용이하게 사용할 수 있는 지적이고 기능적인 수치지도의 구축이 필요하다. 최근에는 친환경적이고 쾌적한 도시 및 주거환경 조성을 위한 3차원 소음 분석지도, 도심지 및 주택지의 통풍방향 및 경로 예측, 도심지역의 열섬현상 분석, 조망권 및 일조권 등 다양한 정보추출 및 분석에 활용할 수 있도록 기본적인 측정 기능이 수치지도 시스템에 추가되어야 한다.

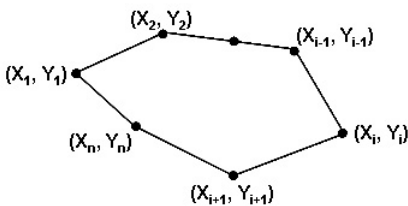
그림 10과 그림 11은 지도에서 측정에 필요한 기본 요소인 길이, 면적, 체적계산과 경사 및 주향계산을 보여 주고 있다 (식 1, 식 2 참조). 그림 12는 실제 수치지도의

• 선형 feature의 길이



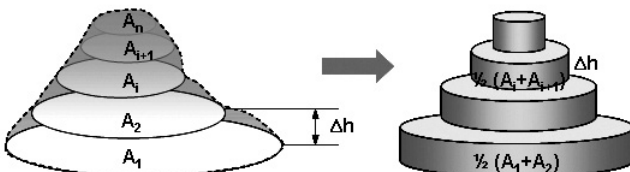
$$L = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2]^{1/2}$$

• 다각형의 면적



$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=2}^{n-1} Y_i | (X_{i+1} - X_{i-1}) |$$

• 체적



$$V = \sum_{i=1}^{n-1} [\frac{1}{2} (A_i + A_{i+1})] \Delta h$$

Δh: 등고선 간격

그림 10. 수치지도의 기본 측정

등고선에 대한 길이, 면적 및 체적을 산정하기 위해 구현한 예를 보여주고 있다. 그림 13은 DEM(Digital Elevation Model) 데이터로부터 계산한 경사와 주향을 시각화 한 것으로 지형의 특성을 시각적으로 분석할 수 있는 정보를 제공하고 있다. 향 후 수치지도에는 3차원 지형 데이터인 DEM 레이어가 추가될 것이므로 DEM을 이용한 여러 활용분야에서 수치지도의 사용이 증가할 것이다. 그림 14와 그림 15는 DEM을 기반으로 한 가시권 추정의 개념과 알고리즘(식 3 참조)을 가시적으로 보여주고 있으며, 그림 16은 가시권 분석 결과의 예를 보여준다. 그림 17, 그림 18 및 그림 19도 수치지도에 DEM 데이터가 포함됨으로써 가능한 활용분야이다. 그림 17은 댐 건설시 예상되는 침수지역 및 댐의 담수량을 산정할 수 있는 기능을 보여주고 있으며, 그림 18은 건물을 포함한 3차원 데이터를 이용하여 도심지의 통풍 모델링을 보여주고 있다. 그림 19는 3차원 수치지도를 이용하여 도심지역 및 주거지역의 소음지도를 생성한 것으로서 소음의 강도 및 분포를 도시공간모델에 3차원적으로 시각화한 결과로서 주거지역의 소음문제를 분석하고 해결방안을 모색하기 위한 의사결정 지원에 활용할 수 있는 사례이다(오소정 등, 2008). 이는 도시 및 건설 계획 시 건물이나 시설물 시공 전에 다양한 시뮬레이션을 수치지도를 기반으로 수행할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 그러므로 향 후 수치지도는 실제공간과 가상공간을 동시에 구축할 수 있는 기반이 될 수 있다.

향 후 구축될 수치지도에 새로운 데이터 또는 레이어만 추가적으로 제공되고 이를 이용하여 정보를 추출하고 생성할 수 있는 기능이 제공되지 않는다면, 데이터량만 증가되고 사용이 저조할 것으로 판단된다.

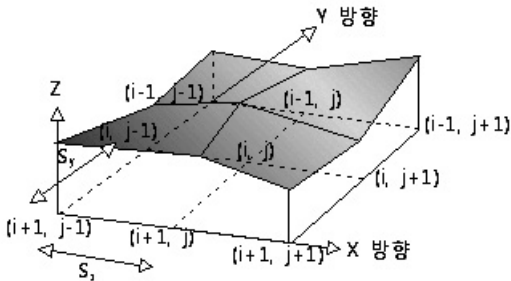


그림 11. 3차원 수치지도의 DEM 레이어로부터 경사 및 주향 계산

격자점 (i, j)에서 경사도 계산

X 방향의 평균 표고변화 계산:

$$\begin{aligned} \Delta Z_{X1} &= Z(i-1, j+1) - Z(i-1, j-1) \\ \Delta Z_{X2} &= Z(i, j+1) - Z(i, j-1) \\ \Delta Z_{X3} &= Z(i+1, j+1) - Z(i+1, j-1) \\ \Delta Z_x &= [\Delta Z_{X1} + \Delta Z_{X2} + \Delta Z_{X3}] / (3S_x) \end{aligned}$$

Y 방향의 평균 표고변화 계산:

$$\begin{aligned} \Delta Z_{Y1} &= Z(i+1, j-1) - Z(i-1, j-1) \\ \Delta Z_{Y2} &= Z(i+1, j) - Z(i-1, j) \\ \Delta Z_{Y3} &= Z(i+1, j+1) - Z(i-1, j+1) \\ \Delta Z_y &= [\Delta Z_{Y1} + \Delta Z_{Y2} + \Delta Z_{Y3}] / (3S_y) \end{aligned}$$

최종 경사계산:

$$\begin{aligned} S &= [(\Delta Z_x^2 + \Delta Z_y^2)^{1/2}] / 2 \\ \text{if } S \leq 1, \text{ slope}(\%) &= S \times 100 \\ \text{if } S > 1, \text{ slope}(\%) &= 200 - 100/S \\ \text{Slope}(\text{degree}) &= \tan^{-1}(S) \times 180/\pi \end{aligned}$$

(1)

X 방향의 평균 표고변화 계산:

$$\begin{aligned} \Delta Z_{X1} &= Z(i-1, j+1) - Z(i-1, j-1) \\ \Delta Z_{X2} &= Z(i, j+1) - Z(i, j-1) \\ \Delta Z_{X3} &= Z(i+1, j+1) - Z(i+1, j-1) \\ \Delta Z_x &= [\Delta Z_{X1} + \Delta Z_{X2} + \Delta Z_{X3}] / 3 \end{aligned}$$

Y 방향의 평균 표고변화 계산:

$$\begin{aligned} \Delta Z_{Y1} &= Z(i+1, j-1) - Z(i-1, j-1) \\ \Delta Z_{Y2} &= Z(i+1, j) - Z(i-1, j) \\ \Delta Z_{Y3} &= Z(i+1, j+1) - Z(i-1, j+1) \\ \Delta Z_y &= [\Delta Z_{Y1} + \Delta Z_{Y2} + \Delta Z_{Y3}] / 3 \end{aligned}$$

경사방향:

$$\begin{aligned} \theta' &= \tan^{-1}(-\Delta Z_x / \Delta Z_y) \rightarrow \text{주향: } \theta = \pi + \theta' \text{ (radian)} \\ \theta &= (\pi + \theta') \times 180/\pi \text{ (degree)} \end{aligned}$$

(2)

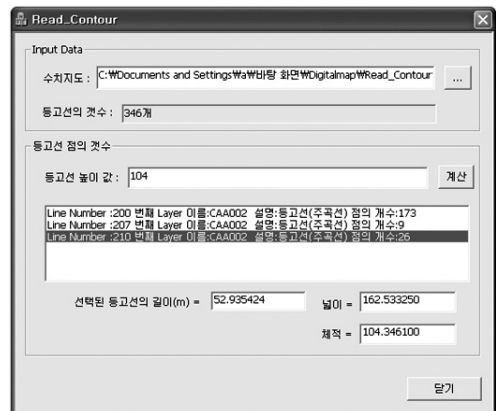


그림 12. 수치지도의 특정 등고선의 길이, 면적 및 체적 산출

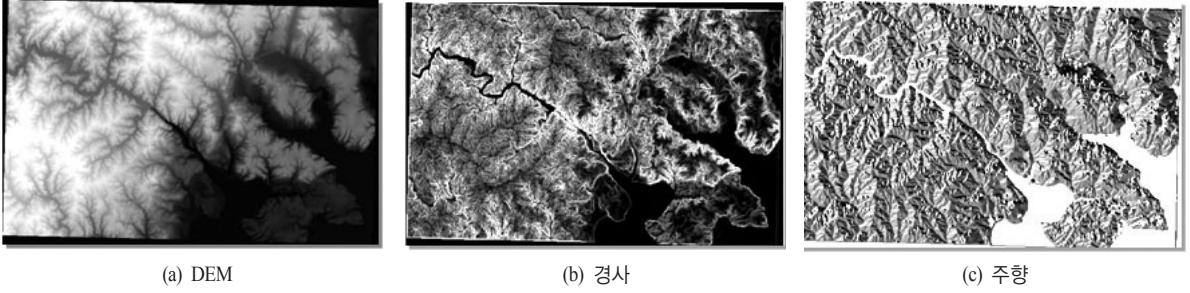


그림 13. DEM 데이터로부터 경사와 주향 계산 및 가시화

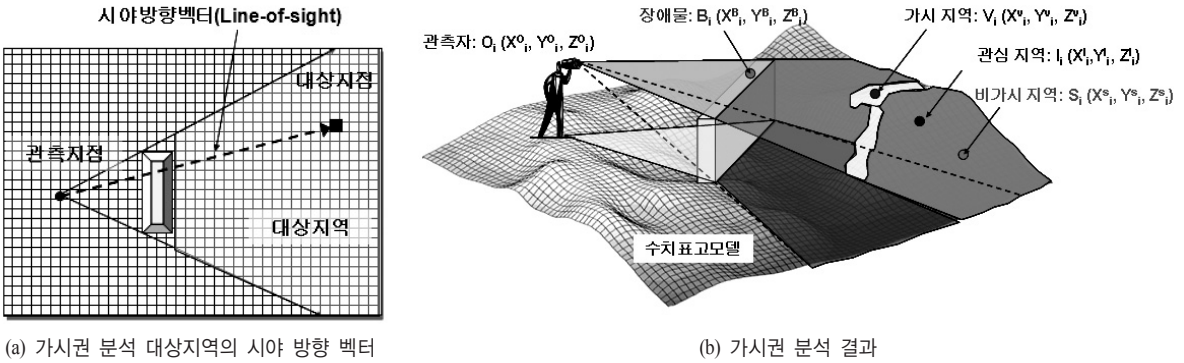


그림 14. 가시권 분석 개념

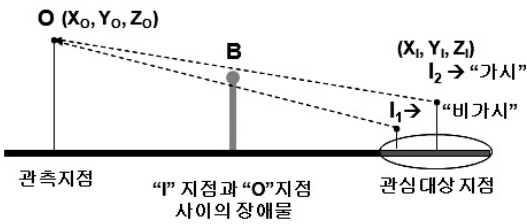
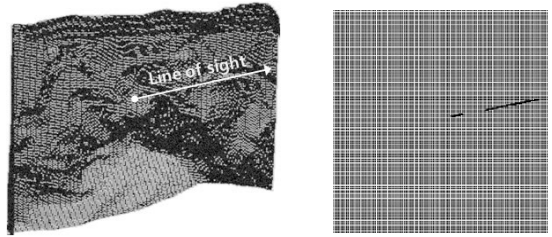


그림 15. 가시권 분석 알고리즘



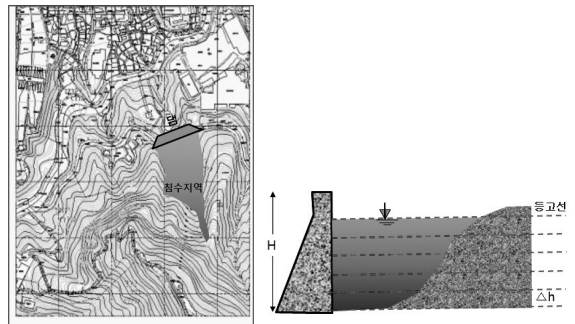
(a) DEM과 시야방향(LOS) 벡터 (b) 가시권 분석결과

그림 16. 가시권 분석 예

가시권 분석 알고리즘은 다음과 같은 식으로 구현할 수 있다.

- Line equation of the viewing vector projected to 2D plane:
 $Y = (Y_0 - Y_j) / (X_0 - X_j) * (X - X_j) + Y_j$
- Point list on the profile:
 $B(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2), \dots, (X_n, Y_n, Z_n)$
- Examine Z values of the points on the profile:
 if $(B(X, Y, Z) \geq \text{elevation along viewing vector})$
 "shadow" (비가시)
 else
 "visible" (가시)

(3)



(a) 침수예상 지역 산정 (b) 댐의 담수량 추정

그림 17. 댐 건설에 의한 침수예상 지역 및 담수량 산정

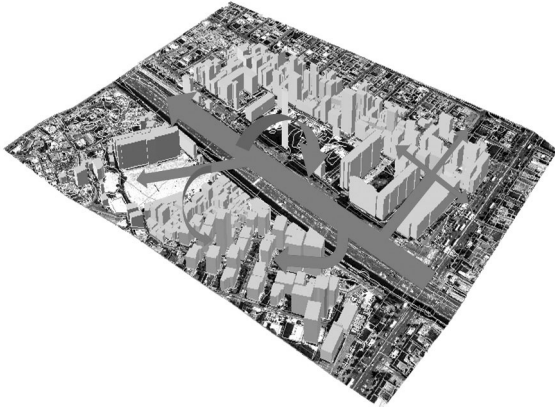


그림 18. 3차원 수치지도를 이용한 도심지역의 통풍 모델링

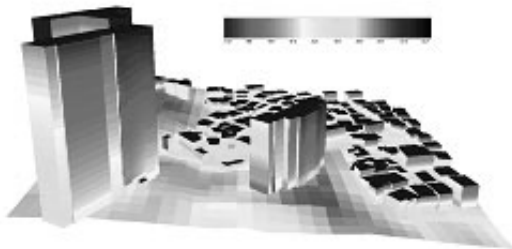


그림 19. 도심지역 및 주거지역의 3차원 소음지도
(제공: 서울시립대학교 공간정보공학과)

지도데이터 프로세싱 결과의 정확도는 원시데이터의 정확도 및 지도축척에 의하여 결정되며 국토지리정보원이 정한 정확도에 부합되어야 한다. 그러므로 사용자의 정확도 요구조건 및 활용목적에 따라 특정 축척의 지도 데이터를 이용하여 프로세싱하여야 한다. 가시권 및 조망권의 정확한 분석은 3차원 수치지도에서만 가능하고 현재 지도상에 표현되지 않는 수목 및 식생 등이 포함되어야 한다. 향후 수치지도는 기존의 종이지도에 적용되고 불연속적 축척(Discrete map scale)이 아니라 연속적 축척(Continuous map scale) 개념, 즉 정해진 제한된 축척(예: 1/1,000; 1/5,000; 1/25,000 등)이 아니라 사용자가 원하는 임의의 축척의 지도를 제공받을 수 있다. 이를 위해서는 3차원 일반화에 대한 연구가 필요하다.

5. 결 론

수치지도는 제작 중심이 아닌 사용자 중심으로 전환되어야 한다. 공간 데이터 구축과 지도제작의 효율성도 중요하지만, 사용자의 요구조건에 부족하거나 지도로부

터 원하는 정보를 추출하는 과정이 복잡하면 많은 시간과 예산을 투자하여 구축한 데이터와 시스템의 활용이 저조할 수밖에 없다. 공간정보기술, 컴퓨터 기술, 통신 및 웹 기술 등과의 접목을 통하여 차세대 수치지도는 지능적인 정보의 플랫폼이 될 수 있다. 수치지도의 수요는 전 세계적으로 증가하고 있으며, 공간정보의 활용이 여러 분야로 확장됨에 따라 국가 기본도의 제작은 중요한 과제이며 사용자가 원하는 분야에 효과적이고 용이하게 활용할 수 있도록 지형 및 지물에 대한 정확하고 신속한 정보를 제공하여야 한다.

새로운 개념의 수치지도는 기존의 지도의 주요 기능인 지형 및 지물 데이터의 제공 및 도시화하여 보여주는 역할에서 탈피하여 수요자 요구에 필요한 정보를 추출하여 지식을 제공해 줄 수 있는 차원으로 획기적인 발전이 필요하다. 즉 수치지도는 사용자가 원하는 정보를 추출하는 기능과 의사결정을 지원하는 기능이 포함되어야 한다. 외국의 경우 공간데이터로부터 정보추출의 자동화(Automated spatial reasoning)를 위해 인공지능 소프트웨어가 활용되어 공간데이터에 의사결정 기능을 추가한 사례도 있다. 그러나 이와 같은 기능을 구현하기 위해 선행적으로 고려해야 할 사항은 표준에 관한 연구이다. 표준이 설정되기 전에 다양한 기능을 설계하고 시스템을 구현하는 것은 차후 실제 사용에 제약이 따르게 되며, 제한된 범위에서 일부 사용자에게만 제약적인 사용이 가능하여 실효성 및 활용성이 감소하게 된다.

특히 주목할 만한 사항은 최근에 정부가 발표한 “신성장 동력”의 궁극적인 목적인 녹색성장은 친환경, 생태계, 에너지 자원, 기상 및 기후를 기반으로 하고 있으며, 이와 같은 개념은 유럽연합의 INSPIRE에 이미 포함된 것을 주시할 필요가 있으며, 이를 위하여 공간정보산업이 다양한 분야에서의 인프라적 역할과 기여를 극대화하기 위한 요소기술인 데이터 획득, 데이터 처리, 데이터 구축, 시스템 개발 및 사용자가 필요로 하는 의사결정 지원 기술개발 등에 획기적인 발전이 요구된다. 그러므로 사용자 중심의 새로운 개념의 수치지도는 지능적인 의사결정 시스템을 위한 기능적 역할을 수행할 수 있어야 한다. 최근 국내외에서 고정밀 인공위성영상, 고해상도 항공영상 및 수치지도가 다양한 속성정보와 함께 웹을 통하여 제공되고 있다.

선진외국의 경우는 지도는 데이터만 제공하는 것이 아니라 사용자 편의를 위해 효율적으로 의사결정에 활용할 수 있는 시스템을 구축하고 있다. 이는 지도데이터

프로세싱 서비스를 제공함으로써 실현될 수 있다. 그러므로 미래의 수치지도는 다양한 데이터를 이용하여 사용자가 요구하는 정보를 추출하고 의사결정에 효과적으로 활용할 수 있는 툴이 동시에 제공되어야 하며, 이를 위하여 지도제작 측면에만 치우치지 않고 사용자를 위한 다양한 프로세싱 중심으로 변모하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형 국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(07국토정보 C02)에 의하여 수행되었다.

참고문헌

건설교통부 (2006), 2차원에서 3차원로의 지도학적 차원의 변화모색 연구보고서, 한국건설교통기술평가원.

국토해양부 (2008), 차세대 수치지도 구축개발 제 1, 2차년도 연구보고서, 한국건설교통기술평가원, 지능형 국토정보기술혁신사업단.

김정현, 이진형, 이동천 (2008), 공간데이터 인프라 구축 사례 분석을 통한 차세대 수치지도 요구사항 도출, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 301-306.

박지혜, 이임평, 최윤수, 김성준 (2005), 다중 데이터를 융합한 3차원 건물 모델링 자동화 방안, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 259-266.

오소정, 이임평, 김성준, 최경아 (2008), 3차원 소음지도 제작을 위한 도화원도와 수치지도를 이용한 도시공간 모델 생성, 대한원격탐사학회지, 대한원격탐사학회, 제 24권 제 2호, pp. 179-188.

이강원 (2004), 측량 및 GIS 관련 신기술 - 측량과 IT기술, 제3회 Geomatics Forum, 대한측량협회, pp. 191-209.

이동천, 염재홍 (2005), LiDAR 데이터를 이용한 수치지도의 건물 및 등고선 레이어 생성, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 23권 제 3호, pp. 313-322.

이동천, 유근홍, 손은정, 김호성, 문용현 (2006), 도화원도 데이터를 이용한 3차원 수치지도 생성과 편집 시스템 개발, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 359-367.

GeoConnections (2008), <http://cgdi.gc.ca/en/aboutcgdi.html>

INSPIRE (2008), <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

Maling, D. (1989), *Measurements from Maps: Principles and Methods of Cartometry*, Pergamon Press, Oxford, p. 577 .

Portele, C. (2007), INSPIRE-Harmonised Spatial Data for Europe, *GeoWeb 2007*, Vancouver, Canada.

Robinson, A., Sale, R., Morrison, J. and Muehrcke, P. (1984), *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons, N.Y., pp. 3-403.

Thompson, M. (1981), Maps for America, *U.S. Geological Survey*, Washington, D.C. pp. 216-232.

USGS National Map (2006), <http://nationalmap.gov/>

(접수일 2008. 3. 27, 심사일 2009. 4. 13, 심사완료일 2009. 4. 15)