

2차원 지도용 시계열 공간 데이터 모델과 구축방법 Spatio-temporal Data Model for 2D Map and It's Implementation Method

황진상* · 김재구** · 윤홍식***

Hwang, Jin Sang · Kim, Jae Koo · Yun, Hong Sik

要 旨

현재 국내에서 제작되고 있는 2차원 지도는 제작 시점의 최신 정보만을 포함하고, 과거의 이력은 포함하지 않기 때문에 지형지물의 변화이력을 파악하기 어렵다. 본 연구에서는 시간의 경과에 따른 지형지물의 변화이력을 구축·관리할 수 있는 시계열 공간 데이터 모델을 개발하였으며 경기도 광고지구를 대상으로 시범 구축을 수행함으로써 개발된 모델의 적합성을 평가하였다. 또한 다년간 동일 지역을 대상으로 주기적으로 갱신된 지도를 이용한 시계열 지도 데이터베이스를 제작 절차를 정립함으로써 다년간 제작된 국가기본도를 이용한 전국 범위의 시계열 변화 지도 구현 방법을 제시하였다.

핵심용어 : 시계열 공간 데이터 모델, 시계열 데이터베이스, 국가기본도

Abstract

Domestic 2D maps includes only most up-to-date information at the time of production without historical information. Therefore, it is hard to identify the change history of real world objects. In this research, Spatio-temporal model for 2D map were developed and it's compatibility was verified through the pilot project conducted on the Gwanggyo area of Gyeonggi province. Also, the procedure to generate 2D spatio-temporal database using maps made periodically on the same target area was introduced for showing the possibility of realizing nation wide spatio-temporal 2D map using the national base map updated periodically.

Keywords : Spatio-temporal Data Model, Temporal Database, National Base Map

1. 서 론

국가기본도는 국가공간정보의 기준으로서 그 가치와 역할이 매우 중요하며, 현행 국가기본도인 1/5,000 수치지도의 경우 품질 및 정확도의 한계로 인하여 기초 공간정보로서의 역할을 충분히 수행하지 못하고 있으며, 이에 대한 보완 방안이 요구된다(Lee, 2010).

현재 국내에서 벡터데이터 형식으로 제작되고 있는 대부분의 2차원 지도는 지형지물의 가장 최근 정보만을 표현하고 있으며 과거의 이력정보는 포함하고 있지 않다. 국가기본도는 국토지리정보원에서 제작하고 있는 대표적인 2차원 지도로 관련 작업규정에 따라 제작

당시의 지형지물에 대한 위치와 형상만을 표현하도록 제작되고 있으며 과거 지형지물에 대한 정보의 경우 구축·관리의 대상이 아니다(National Geographic Information Institute, 2013). 또한 국가기본도를 가공하여 제작되는 여러 민간 서비스용 지도들의 경우에도 가장 최근의 정보만을 포함하고 있다.

시계열 이력구조는 특정 정보원(information source)이 생성하는 현재와 과거의 정보들을 시간을 기준으로 연계하여 관리할 수 있는 구조를 말하며, 다양한 정보의 연계활용과 정보의 신뢰도 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 정보원들이 생성하는 정보는 시간에 따라 변화하기 때문에 시간을 기준으로 연결된 이력구조

Received: 2015.05.26, revised: 2015.06.02, accepted: 2015.06.10

* 정희원 · 성균관대학교 건축토목공학부 겸임교수(Member, Adjunct Professor, School of Civil and Architectural Engineering, Sungkyunkwan University, gpsboy@skku.edu)

** 교신저자 · 지오펍스소프트 연구소장(Corresponding author, Chief Technology Officer, GEOMEXSOFT., LTD, Jaekoo@geomex.com)

*** 정희원 · 성균관대학교 건축토목공학부 교수(Member, Professor, School of Civil and Architectural Engineering, Sungkyunkwan University, yoohns@skku.edu)

를 적용함으로써 보다 정확하고 다양하게 활용할 수 있다. 정보원의 시간에 따른 변화 경향과 특성을 시계열 분석에 의해 파악할 수 있게 된다. 여러 종류의 정보를 연계하여 분석할 때에도 시간을 기준으로 매칭함으로써 보다 정확한 결과를 생성할 수 있다. 또한 정보 사용자의 입장에서 볼 때에 특정 정보에 포함된 시간정보를 통해 정보의 최신성과 신뢰성을 확인할 수 있다. 벡터 데이터 형식의 2차원 지도 또한 하나의 정보이기 때문에 지형지물의 현재와 과거 정보를 모두 포함하는 시계열 이력구조를 적용하여 보다 다양하고 정밀하게 활용할 수 있다.

2차원 지도에 시간과 이력데이터 구조를 적용한 대표적인 예로는 영국 Ordnance Survey에서 제작하고 있는 Mastermap을 들 수 있다(Ordnance Survey, 2010). Mastermap의 서비스 데이터에는 가장 최근의 지도 데이터만 포함되어 있으나 각각의 지도 객체에는 시계열 변화정보가 포함되어 있어서 지형지물별 변화 이력을 조회할 수 있다. 유럽연합이 공간정보 인프라 개발·구축을 목적으로 설립한 INSPIRE(Infrastructure for Spatial Information in the European Community)에서 공간객체 모델 또한 실세계 객체의 생애주기를 반영하기 위해 시간과 이력에 관련된 다양한 애트리뷰트들을 포함하여 제시하고 있다(INSPIRE, 2013). 국내의 경우 국가기본도에 사용할 새로운 데이터 모델 개발을 위해 수행된 황진상 등(2014)의 연구에서 2차원 지도에 적용할 수 있는 시간과 이력 애트리뷰트 및 활용모델을 시범적으로 제시한 사례가 있다. 이러한 기존의 연구들은 공간정보에 적합한 시계열 이력구조의 필요성을 제시하고 있으며, 해외의 경우 전구를 대상으로 하는 지도정보의 활용성을 향상시키기 위하여 시계열 이력 정보를 구축·관리하고 있음을 시사하고 있다.

본 연구에서는 지도객체에 적용할 수 있는 보다 실용적인 시계열 이력구조를 개발하기 위하여 황진상 등(2014)의 연구를 보완하고 구체화 하였다. 이를 위하여 최근에 도시개발이 이루어진 수원의 광고지구를 대상으로 시범구축을 수행하였으며, 개발된 모델의 적합성과 전국범위의 2차원 벡터지도 서비스에 대한 적용 가능성을 평가하여 개선된 모델을 제시하였다. 또한 다년간 주기별로 제작된 국가기본도를 이용하여 시계열 이력정보가 포함된 시공간지도 제작 방법을 개발하고 그 유효성을 평가하였다.

2. 2차원 지도용 시계열 공간 데이터 모델

이력 데이터베이스(temporal database)는 시간을 나

타내주는 애트리뷰트가 첨가된 데이터베이스로서 시계열 이력정보의 관리를 지원하는 데이터베이스(Shin and Sung, 2002)이며, 시계열 공간 데이터베이스(spatio-temporal database)는 공간정보에 대한 이력관리 기능을 지원하는 데이터베이스이다. 2차원 벡터 지도에 대한 시계열 공간 데이터베이스를 구축하기 위해서는 적합한 시계열 공간 데이터 모델의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 기존 연구(황진상 등, 2014)에서 제시한 모델을 개선하여 관리와 서비스에 보다 적합한 시계열 공간 데이터 모델을 제시하였다. 시간이력 정보를 다중값 속성정보(multivalued attribute)로 구현한 기존의 설계에서는 공간 객체의 수, 즉 레코드의 수가 많을수록 관계형 데이터베이스를 구현하기가 어렵기 때문에 이를 객체 간 연결구조로 대체하였다. 또한 시계열 이력구조에서는 공간객체에 부여되는 유일식별자가 중복되는 경우가 발생하기 때문에 이를 보완하기 위하여 관리 목적의 새로운 키 애트리뷰트를 추가하였다. 본 연구를 통해 보완된 시계열 공간 데이터 모델의 논리적인 구조를 정리하면 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에 정리한 논리적인 데이터 모델을 구성하는 엔티티는 크게 세 가지로 구분된다. 첫 번째 구성요소는 Fig. 1의 좌측에 배치되어 있는 지도객체 테이블로서 지형지물의 위치와 형상을 나타내는 지오메트리 데이터가 기본적으로 포함되며, 시계열 변화이력, 영구식별자(Permanent Identifier) 등 모든 지도객체가 공통적으로 가지고 있는 기본적인 애트리뷰트만을 포함하도록 구성하였다. 지도객체는 지오메트리 데이터의 종류에 따라 폴리곤 데이터를 포함하고 있는 TopographicArea, 폴리라인 데이터를 포함하고 있는 TopographicLine 등 최소한의 수로 구분하였다. 지도객체의 시계열 조회를 위해 객체별로 부여된 시계열 애트리뷰트들의 종류와 기능을 정리하면 Table 1과 같다.

두 번째 구성요소는 Fig. 1의 우측에 배치되어 있는 상세 정보 테이블들이다. 이 테이블들은 많은 수로 구성되어 다양한 지형지물의 종류별 상세 정보를 포함하도록 하였다. 예를 들어 BuildingInfo 테이블에는 층수, 건물명, 용도 등 건물과 관련된 애트리뷰트들이 포함되어 있으며, RoadLinkInfo 테이블에는 도로 중심선에 대한 정보가 포함되어 있다. 상세 정보 테이블에는 버전과 버전날짜에 대한 애트리뷰트를 부여하여 시간의 경과에 따른 특성 정보의 변화를 조회할 수 있도록 하였다.

세 번째 구성요소는 Fig. 1의 중간에 배치되어 있는 시계열 식별자 테이블로서 시계열 공간 데이터베이스의 핵심부분이라고 할 수 있다. 이 테이블에서는 지형

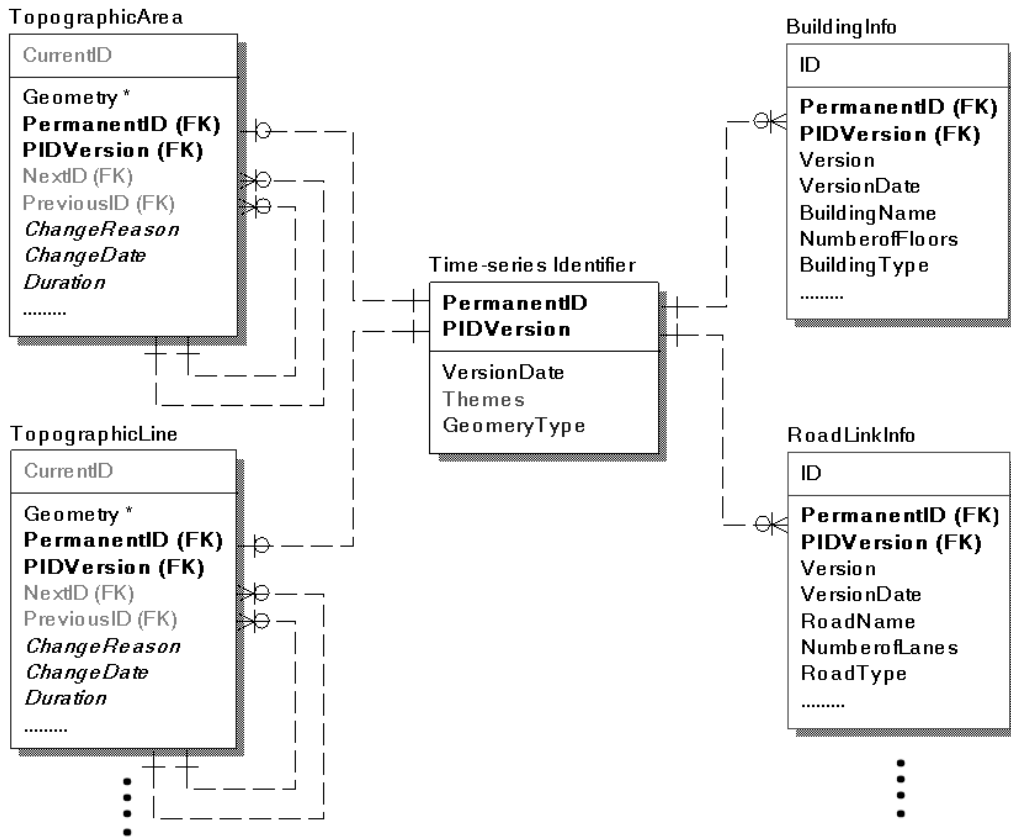


Figure 1. Logical data model for spatio-temporal database of 2D map

Table 1. Time-series attributes of map feature

Group	Attributes	Description
Time series relation attributes	CurrentID	Identifier representing current state of a feature
	NextID	Identifier relating next state of a feature
	PreviousID	Identifier relating previous state of a feature
Time series history attributes	ChangeReason	Reason of change occurrence
	ChangeDate	Date of change occurrence
	Duration	Duration between changes

Table 2. Attributes of time-series identifier entity

Group	Attributes	Description
Permanent identifier attributes	PermanentID	Permanent identifier of a feature
	PIDVersion	Version of permanent identifier
	VersionDate	Date of issuing PIDVersion
Table relation attributes	Themes	Name of specific information table related to PermanentID
	GeometryType	Name of map feature table related to PermanentID

지물 영구식별자인 PermanentID와 그 버전 정보인 PIDVersion이 함께 기본 키 역할을 수행하고 있는데 이는 단일한 PermanentID가 부여된 지도객체가 시간에 따라 변화하는 경우 각 변화시기별 지도객체를 식별하기 위한 것이다. PermanentID와 PIDVersion이 하나의 결합 키(composite key)를 구성하여 다른 엔티티들에 외래 키(foreign key)로 포함되도록 함으로써 각 엔티티간의 연계성을 부여하였다. 시계열 식별자 테이블에는 연계된 타 엔티티를 신속하게 검색하기 위한 두 가지 애트리뷰트가 부여되어 있다. Themes 애트리뷰트에는 연관된 상세 정보 테이블에 대한 정보가 포함되어 있으며, GeometryType 애트리뷰트의 경우 연계된 지도객체 테이블에 대한 정보가 포함되어 있다. 이러한 시계열 식별자 테이블을 구성하는 주요 애트리뷰트들을 정리하면 Table 2와 같다.

3. 국가기본도를 이용한 2차원 시계열 공간데이터 구축방법

국토지리정보원은 주기 및 수시수정 작업을 수행하여 국가기본도를 지속적으로 갱신하고 있기 때문에 특정 지역에 대하여 서로 다른 시기에 제작된 다수의 지도를 취득할 수 있다.

특정 시점의 지형지물 정보만을 저장할 수 있는 현행 지도모델을 사용하는 경우 제작시기별 도면을 중심으로 시계열 데이터를 관리할 수 있다. 즉, 제작시기 정보가 부여된 다수의 도면을 보관한 후 원하는 시기에 제작된 도면을 선택하여 조회하는 방식으로 시간의 경과에 따른 지형지물의 변화를 파악할 수 있다. 이러한 방식은 특정 지도객체의 연속적인 변화를 파악하는 것이 어려울 뿐만 아니라 변화발생 여부를 자동적으로 검출하는 것이 어려운 점 등 여러 부분에서 취약하다고 할 수 있다.

본 연구에서 제시한 시계열 공간 데이터 모델은 지도객체에 시간정보가 부여되고 동일 지형지물에 대한 시기별 지도객체들 간의 연계정보를 저장할 수 있기 때문에 자동적인 변화이력 조회와 변화 탐지 및 시계열 정보 연계가 가능하다.

현재 국내에서 제작되는 국가기본도에는 지도객체별 생성, 변화 등의 이력과 변동 날짜 등의 정보가 포함되어 있지 않다. 따라서 도면에 부여되는 성과고시 날짜를 도면 내의 지도객체에 일괄 적용하여 시간 정보로 활용하고 이 정보를 기반으로 개략적인 시계열 공간정보를 제작할 수 있다.

동일 지역을 대상으로 서로 다른 시기에 제작된 국가

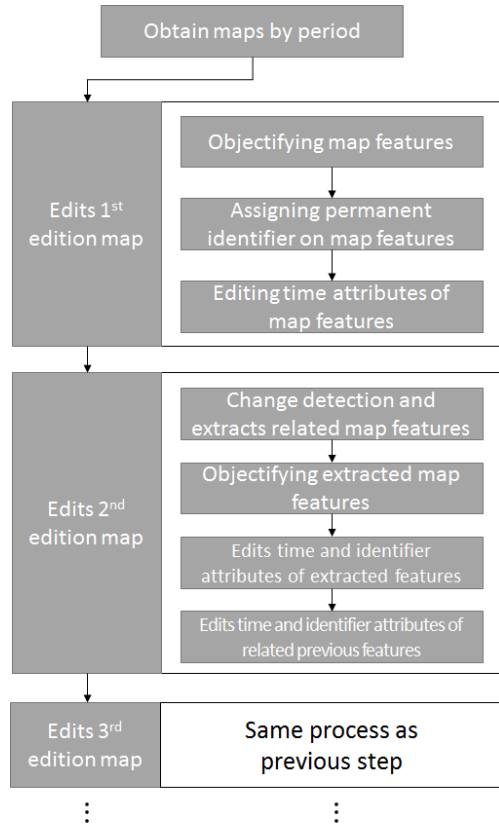


Figure 2. The process for building time series 2D spatial information

기본도를 이용하여 본 연구에서 제시한 2차원 시계열 공간 데이터를 제작하는 절차를 정리하면 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에 정리한 2차원 시계열 공간정보 구축절차는 취득된 자료 중 가장 과거에 제작된 국가기본도에 대한 편집작업으로부터 시작된다. 지도객체들이 실제계의 단위 지형지물별로 구분되도록 객체화 편집을 수행한 후 고유식별자 애트리뷰트와 시간 애트리뷰트를 엄밀하게 입력하여 첫 단계에서의 작업을 완료한다.

두 번째 단계에서는 다음 시기에 제작된 국가기본도를 이전 시기 지도정보와 비교하여 변화가 발생한 부분의 지도객체를 추출한 후 객체화 작업을 수행한다. 다음으로는 추출된 객체 및 이와 연관된 과거의 지도객체에 대한 고유식별자 애트리뷰트와 시간 애트리뷰트를 편집하여 상호 연계되도록 한다.

시간 애트리뷰트 편집작업의 예를 정리하면 Fig. 3과 같다. 지도 객체에 변화가 발생한 날짜와 원인 및 다음 변화까지의 지속시간을 나타내는 애트리뷰트인 ChangeDate와 ChangeReason 및 Duration을 지도객체

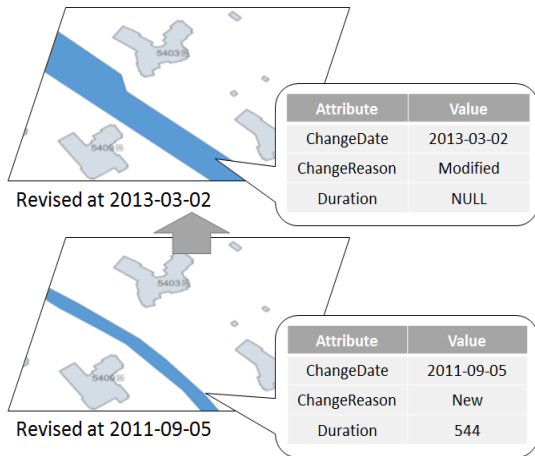


Figure 3. Examples on editing time attributes of map features

의 변화에 맞게 편집한 것을 확인할 수 있다. ChangeDate는 객체가 변한 날짜를 의미하나 현행 지도제작 체계에서는 정확한 날짜를 알 수 없으므로 지도의 업데이트 날짜를 입력하였다. 2011년 9월 5일에 업

데이트 된 객체들은 다음 업데이트 날짜인 2013년 3월 2일까지 유효하므로 Duration 속성의 속성값은 유효일수인 544일로 편집하였다. 반면에 2013년 3월 2일에 업데이트된 객체들의 경우 이후의 업데이트 날짜가 없으므로 Duration 속성의 값을 NULL로 하였다.

동일한 지형지물에 변화가 발생하는 경우 시계열 변화를 단일한 데이터베이스에 저장하려면 복수의 지도 객체가 저장되어야 한다. 이러한 시계열 지도객체들에는 동일한 영구식별자(PermanentID)를 부여하되 서로 다른 버전을 입력함으로써 통일성 있는 시기별 정보연계 기준으로 활용할 수 있도록 하였다. 또한 객체들 간의 연계성을 구현하기 위해 시계열 연계속성을 입력하였다. 객체별로 현재 상태를 나타내는 CurrentID를 부여하며 PreviousID에는 과거 상태를 나타내는 객체의 CurrentID를 저장하고 NextID에는 미래 상태를 나타내는 객체의 CurrentID를 저장하였다. Fig. 4의 TopographicArea 엔티티를 보면 이러한 시계열 연계속성이 부여된 예를 확인할 수 있다. 동일한 건물의 형상 변화를 표현하기 위해 3개의 지도객체가 데이터베이스에 저장되었으며 이 객체들은 시계열 연계속성을 통해 시간의 흐름을 따라 상호 연결되도록 하였다. 또

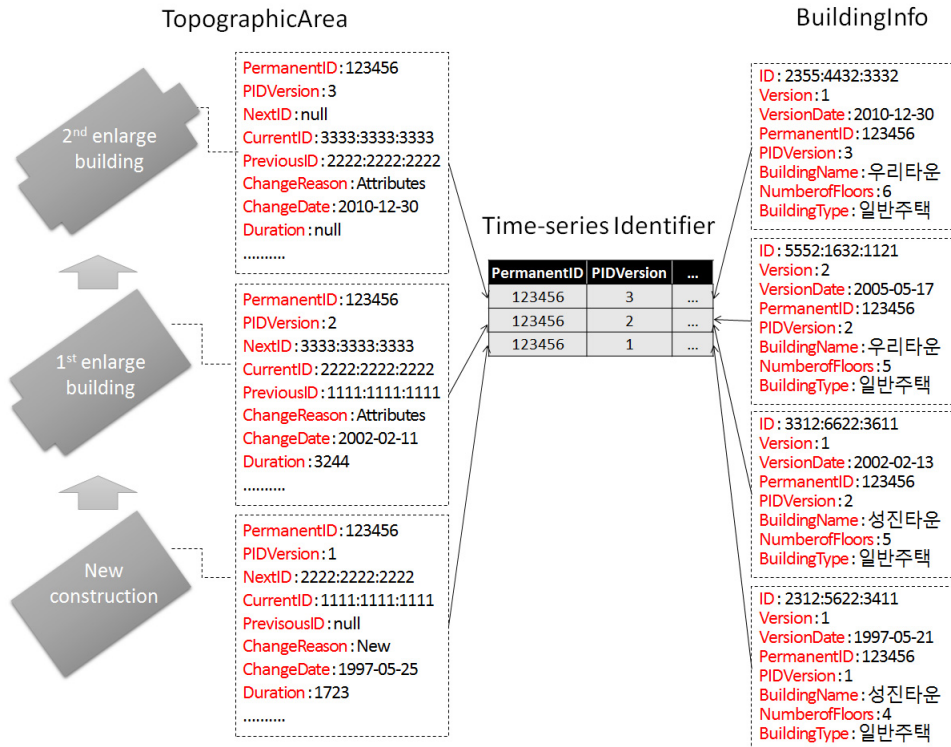


Figure 4. Sample 2D spatio-temporal database representing the changes of a building

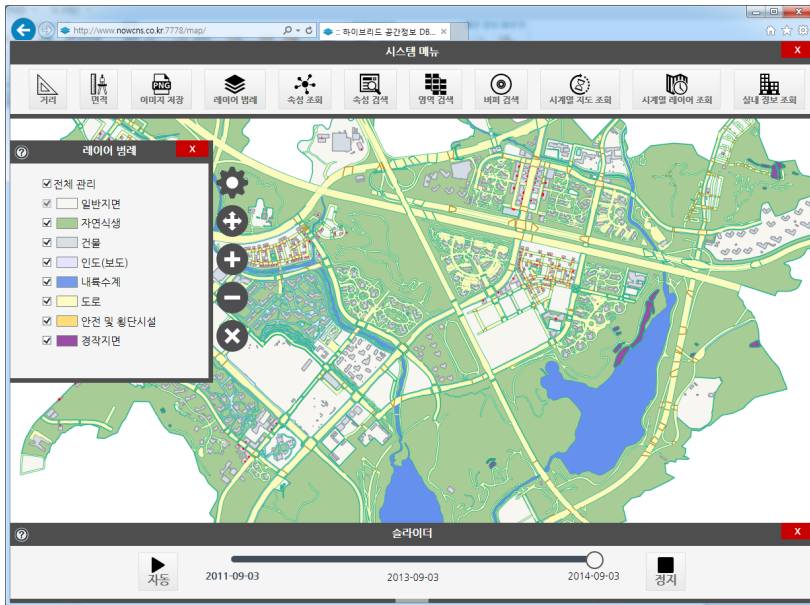


Figure 5. Web GIS for displaying sample 2D spatio-temporal database

한 지형지물의 형상 변화 외에 애트리뷰트 정보의 시계열 변화를 반영하기 위하여 별도의 BuildingInfo 테이블이 시계열 구조로 구성된 것을 확인할 수 있으며, 영구식별자의 변화를 나타내는 Time-series Identifier 테이블을 구성하여 도형정보의 변화를 나타내는 TopographicArea와 애트리뷰트 정보의 변화를 나타내는 BuildingInfo가 상호 연계되도록 하였다.

4. 시범구축 결과

본 연구에서는 기 구축된 국가기본도를 활용하여 광고지구를 대상으로 하는 2차원 시계열 공간 데이터를 시범적으로 구축함으로써 사용자가 원하는 시점의 지도정보를 조회할 수 있도록 하였다. 시범구축에 사용된 국가기본도는 국토지리정보원에서 2011년, 2013년 및 2014년에 제작한 1:5,000 축척의 수치지도이다.

Fig. 5는 광고지구를 대상으로 시범구축한 2차원 시계열 공간 데이터와 이를 웹 브라우저에서 표출할 수 있도록 개발한 웹 GIS 시스템을 나타낸 것이다. 시스템 하단부를 보면 시점 설정 슬라이더가 배치되어 있으며 사용자는 이를 이용하여 원하는 시점의 지도데이터를 조회할 수 있다.

지형지물의 형상변화를 반영할 수 있는 시계열 공간 데이터를 구축하기 위하여 지도객체별 애트리뷰트의 정보를 정밀하게 구축하였다. Fig. 6은 동일한 지형지

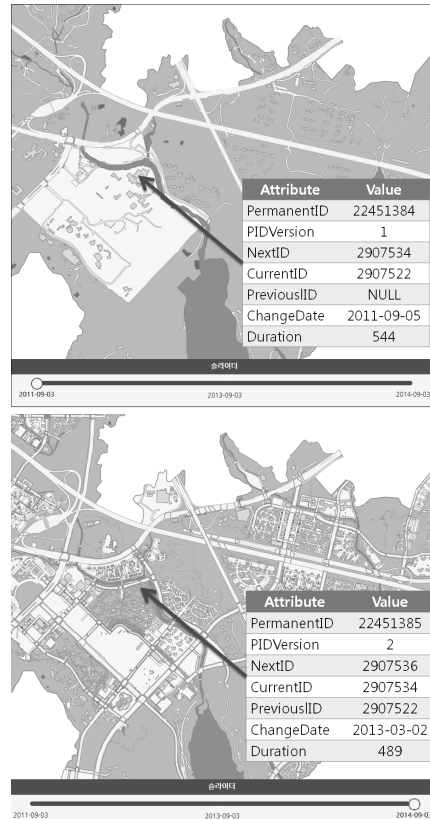


Figure 6. Object history data using time series attributes

물의 시계열 변화를 나타내는 두 개의 지도객체를 2012년과 2014년을 기준으로 조회한 결과를 예시한 것이다. 애트리뷰트 조회를 통하여 2013년 9월 3일에 변화가 발생한 것을 확인할 수 있으며 객체의 PermanentID 속성값을 통하여 두 지도객체는 동일한 건물임을 확인할 수 있을 뿐만 아니라, PIDVersion 속성을 통하여 두 객체 사이에는 한 번의 변화가 일어났음을 확인할 수 있다. 또한, 서로 다른 시기의 동일 지형지물을 표현하고 있는 지도객체들을 CurrentID, PreviousID, NextID를 통해 명시적으로 연결하여 지도객체의 시계열 변화 이력을 신속하게 조회할 수 있도록 구성된 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 2차원 지도용 시계열 공간 데이터를 단일한 데이터베이스에 저장하기 위한 데이터 모델과 그 구축방법을 다루었다. 본 연구는 전국을 대상으로 하는 2차원 공간정보에 이력 데이터베이스 구조를 적용하고 이를 웹에서 표출할 수 있도록 구축한 최초의 연구사례인 점에서 중요한 의미를 갖고 있다고 사료된다.

본 연구에서는 황진상 등(2014)의 기존 데이터베이스 구조를 정규화하여 공간객체, 상세 특성 정보, 시계열 식별자 등의 3가지 부분으로 모델링하여 개선하였다. 이를 통해 데이터 저장 영역을 보다 효율적으로 사용할 수 있었으며, 데이터를 입력, 조회, 수정하는데 필요한 자원의 낭비를 절할 수 있었다.

본 연구에서 제시한 데이터 모델의 적합성을 평가하기 위하여 경기도 광교지구 전체를 대상으로 제작된 3개 버전의 국가기본도를 편집하여 단일한 2차원 시계열 공간데이터를 구축한 결과 광교지구 전체에 발생한 3년간의 시공간 변화를 효율적으로 저장하고 표출할 수 있었다.

공간정보 서비스 측면에서 본 연구에서 제시한 모델의 적합성을 평가하기 위하여 시범적으로 웹 GIS 시스템을 구성하고 그 성능을 평가한 결과 방대한 지역에 대한 시계열 공간 데이터의 효과적인 표출이 가능하였으며 이를 통해 광역을 대상으로 하는 본 시계열 공간 데이터 모델의 적용이 가능함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토공간정보연구사업 연구비 지원(13도시건축A02)에 의해 수행되었습니다.

References

- 1 INSPIRE-BU, 2012, Vol. III, No. 2, Data Specification on Buildings.
2. Lee, H. J., Koo, D. S. and Park, C. H., 2010, Advanced national base map by using high-resolution digital aerial photograph, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 18, No. 1, pp. 135-143.
3. National geographic information institute, 2012, 12, 31. Aerial photogrammetry operations regulations.
4. Ordnance Survey, 2010, OS MasterMap Topography Layer User Guide and Technical Specification.
5. Shin, S. P. and Sung, J. G., 2002, Temporal database design for highway CAD drawings and attributes, KSCE Journal of Civil Engineering Proceedings of Conference, Korean Society of Civil Engineers, pp.1071-1074.