

시공간분석을 위한 4 차원 GIS 의 효율적인 구현

김성수⁰ 김경호 이성호 박종현
한국전자통신연구원
(sungsoo⁰, kkh, sholee, jhp)@etri.re.kr

Efficient Implementation of 4D GIS for Spatio-Temporal Analysis

Sung-Soo Kim⁰ Kyong-Ho Kim Seong-Ho Lee Jong-Hyun Park
Spatial Information Technology Center, ETRI

요 약

대부분의 상용 GIS 소프트웨어에서는 시공간분석 결과를 2 차원상에 가시화 하거나 해당 분석결과를 단순히 출력해 주는 형태이다. 3 차원상의 질의 볼륨에 대한 3 차원 공간분석 또한 이론 및 실험적으로 많은 연구가 이루어져 왔으나, 3 차원상의 공간분석 결과 가시화 기능을 통합한 시스템은 아직까지 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 3 차원상의 공간연산 및 3 차원에 시간속성을 부가한 4 차원 시공간 연산을 처리할 수 있는 4 차원 GIS 시스템을 소개한다. 제안된 기법은 2 차원 수치지도와 3 차원 부가속성을 가진 데이터베이스를 이용하여 2 차원, 3 차원, 미디어 데이터간의 상호연계 및 통합된 가시화 프레임워크를 제공한다. 또한 가상세계 매핑기법을 이용하여 수작업에 의존한 별도의 이미지 프로세싱 과정 없이도 비디오상의 특정 프레임의 건물에 대한 속성질의 및 2D/3D 간의 상호 연계 기능을 제공할 수 있다.

1. 서론

3 차원 GIS 소프트웨어는 제반 요소 기술들이 종합적으로 적용되는 고부가가치 통합 개발 기술로 국내 자체 개발의 필요성이 급격히 대두되고 있다. 특히 최근 들어 기존의 2 차원 GIS 가 갖는 한계를 극복하고 새로운 솔루션을 제공하기 위하여 지하시설물 관리 시스템, 이동통신 기지국 관리 시스템, 차량 주행 시스템, 위치기반 서비스 등 다양한 응용분야에서 3 차원 지리정보의 처리 및 활용이 활발히 모색되고 있다.

3 차원 GIS 소프트웨어의 개발에는 다음과 같은 몇 가지 고려할 사항이 있다.

첫째로는 소프트웨어 재사용성 및 데이터 구축의 용이성이다. 관련 표준을 준수하고 재사용을 지원하는 소프트웨어를 컴포넌트화 함으로써 응용 소프트웨어 구축 시간과 비용을 최소화할 수 있다. 데이터는 기존의 지자체나 개별 업체 등에서 구축된 2 차원 지리정보를 최대한 활용할 수 있고 부가적인 3 차원 속성정보를 쉽게 구축할 수 있는 방법의 마련이 필요하다.

두 번째로 다양한 분석 방법의 제공이 필요하다. 단순히 3 차원 지형이나 시설물을 브라우징하는 단계에 머무르지 않고 유용한 공간분석 기능을 제공할 수 있어야 여러 가지 응용 분야에서 의사 결정 지원 시스템으로써 활용이 가능해질 것이다. 특히 공간 정보뿐만 아니라 시간 정보까지 연동하여 관리하고 분석할 수 있다면 그 활용도는 더욱 높아질 수 있다.

세 번째 고려사항으로는 다양한 사용자 인터페이스의 지원이다. 2 차원 뷰와 3 차원 뷰를 연동하여 제공함으로써 최적화된 직관력을 제공할 수 있고 비디오에 기반한 지리 정보 검색 등의 기능으로 향상된 현실감을 나타낼 수 있다.

본 논문에서는 언급한 사항을 고려한 컴포넌트 기반의 3 차원 GIS 엔진 구현 및 응용 시스템 구현 기법을 소개한다.

또한, 본 연구에서 가상세계 매핑기법을 이용한 4 차원 GIS 시스템은 2 차원, 3 차원, 비디오간의 상호 연동을 통하여 공간정보를 제공 받을 수 있는 국내 최초의 비디오 GIS 시스템을 구현함으로써 기존의 지리정보시스템 분야의 새로운 패러다임을 제시한다는 데 큰 의미가 있다.

2. 관련연구

3 차원 GIS 소프트웨어 관련 기술은 1980 년대에 3 차원 지형의 2 차원적인 분석기술, 3 차원 지형 가시화 및 분석 등의 기술이 연구되었으며, 1990 년대에는 3 차원 가상도시 및 웹 기반 3 차원 GIS 등으로 발전되어 왔다. 2000 년 초에는 실세계 비디오등과 같은 멀티미디어정보와 공간정보가 통합된 형태의 멀티미디어 GIS 또는 하이퍼미디어 GIS 기술이 될 것으로 예측되며, 2005 년 이후에는 급속한 컴퓨팅 환경 고급화로 사용자가 편제된 컴퓨팅 환경에서 멀티미디어 공간정보를 서비스 받을 수 있는 Ubiquitous GIS 분야의 연구가 활발해 질 것으로 예상된다 (그림 1).

상용 3D GIS 소프트웨어로는 ERDAS 사의 IMAGINE Virtual GIS, 네델란드의 Delft 대학에서 개발된 KARMA IV, ESRI 의 ArcView 3D Analyst, 중국 SUPRESoft 사의 VirtuZo 등이 있다. 이러한 시스템들은 지형에 대한 다양한 분석기능을 제공하는 반면에 시설물에 대한 분석기능이 미약하다는 단점이 있다.

역사적으로 볼 때 비디오와 지리정보를 결합한 최초의 연구는 1978 년에 MIT 에서 개발한 Aspen Movie Map 프로젝트가 있다. 이 시스템은 두 개의 스크린을 이용하여 비디오와 지도를 볼 수 있는 단순한 시스템이었다[3].

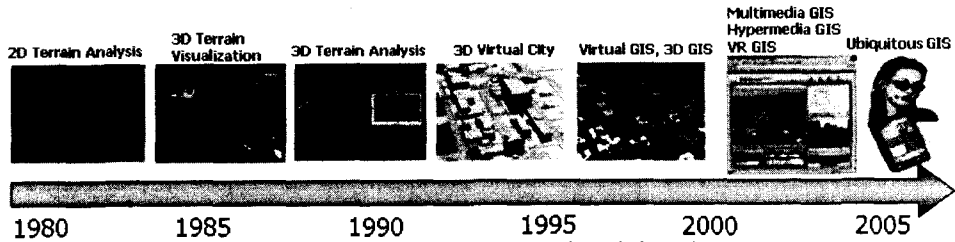


그림 1.3 3차원 GIS 소프트웨어 기술 발전 추세

최근 Navarrete[2]는 비디오와 지리정보를 통합하기 위한 방법으로 비디오 내의 지리객체를 이미지 프로세싱 과정을 통해 비디오 세그멘테이션하는 기법을 제시했다. 하지만, 이 방법은 비디오 세그멘테이션을 위한 이미지 프로세싱의 처리에 소요되는 비용 및 정확도 등의 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 앞서 비디오 GIS를 위해 소개되어진 여러 접근방법과는 달리 별도의 이미지 프로세싱 과정 없이도 2차원 수치지도와 3차원 부가속성을 가진 3차원 데이터 베이스를 이용하여 다양한 시공간분석이 가능하고 비디오와 지리정보를 연계할 수 있는 새로운 기법을 제시하고자 한다.

3. EDGE: 4차원 GIS 시스템

3.1. 시스템 구조 (System Architecture)

본 연구에서 제안하는 4차원 GIS 시스템은 크게 3차원 GIS 컴포넌트 [4, 6]와 GeoVideo 서버와 비디오 동영상 브라우저용 위한 GeoVideo 클라이언트를 구성된다. 그림 2는 4차원 GIS 시스템은 EDGE (ETRI's Distributed Geospatial Engine) 컴포넌트를 이용하여 통합한 시스템을 보여주고 있다.

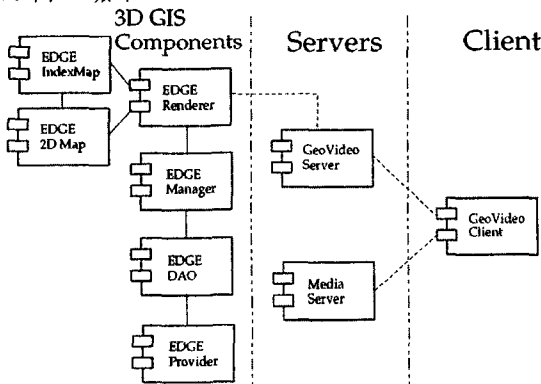


그림 2. EDGE: 4차원 GIS 시스템 컴포넌트 다이어그램
서로 다른 데이터 소스로부터 동일한 인터페이스를 통해 데이터 접근을 제공하는 데이터 제공자 (EDGEProvider, EDGEDAO) 컴포넌트와 데이터 제공자로부터 전달 받은 데이터를 내부 시스템 구조에 따라 관리하는 데이터관리자 (EDGEManager) 컴포넌트, 인덱스맵 (EDGEIndexMap) 컴포넌트, 2차원 맵 (EDGE 2DMap) 컴포넌트, 3차원 장면을 표현하고 모델링하기 위한 장면그래프를 관리하는 렌더러 (EDGERenderer) 컴포넌트로 구성된다.

EDGE 시스템은 2차원, 3차원, 비디오간의 상호 연동을 통하여 공간정보를 제공 받을 수 있는 국내에서는 최초의 비디오 GIS 시스템이다. 비디오를 통한 지리정보서비스를 위해서는 GeoVideo 서버와 GeoVideo 클라이언트 컴포넌트

로 구성이 되며, RPC (Remote Procedure Call) 의 방화벽 문제를 해결하기 위해 서버와 클라이언트는 http 프로토콜과 IPC (Inter-Process Communication)를 통해 통신이 이루어진다.

3.2. 시공간분석 및 가시화

본 논문의 4차원 GIS 시스템에서 사용되는 데이터는 2차원 수치지도에 3차원 부가속성(건물의 DEM 상 밀면 높이, 건물의 높이)을 구축한 3차원 데이터베이스와 4S Van을 통해 획득한 비디오에 대한 카메라정보(위치, 자세) 데이터가 있다[1].

데이터 제공자에서 공간 색인을 위해서 R* 트리 [8]를 구현하여 사용하였으며, 3차원 공간 분석에는 OpenGIS [7]의 2차원 기하 객체 모델에서 제시하고 있는 2차원 위상 연산 조건을 3차원으로 확장하여, Disjoint3D, Touches3D, Crosses3D, Within3D, Overlaps3D, Contains3D, Intersects3D로 재정의하였다[5]. 따라서, 2차원상의 윈도우(window) 질의가 데이터베이스 DB로부터 모델링 된 모든 점 P에 대해 3차원상의 위상조건 δ_p 를 만족하는 볼륨 질의로 확장되었다(그림 5).

$$Q = (x_{min}, y_{min}, z_{min}, x_{max}, y_{max}, z_{max})$$

$$SpatialQuery3D(DB, Q, \delta_p) = \{ P \in DB \mid \delta_p(P, Q) = true \}$$

현재 시설물에 대한 이력데이터는 별도의 데이터구축이 이루어지므로 시공간분석의 경우 별도의 시간정보를 지닌 테이블을 연관하여 수행하였다. 따라서, 공간과 시간조건을 동시에 만족하는 데이터에 대해 질의결과로 출력하게 된다. 버퍼링 분석은 임의의 지점과 반경을 질의 입력으로 받아 EDGEDAO 컴포넌트에서 입력 구 S에 대한 MBB(Minimum Bounding Box) MBB(S)를 이용해 DB의 모든 객체 O_i 에 대해 여과(filter) 단계를 수행하고 EDGEManager는 여과 결과 R_f 에 대해 실제 구에 속하는지 정제(refinement) 단계를 수행하여 버퍼링 결과 R_b 를 계산하였다(그림 3).

$$PointBufferQuery3D(DB, S, \delta_m) = \{ P \in DB \mid \delta_m(P, S) = true \}$$

$$Filter\ step: R_f = \{ O_i \mid O_i \in MBB(S) \text{ for } \forall O_i \}$$

$$Refinement\ step: R_b = \{ O_j \mid O_j \in S \text{ for } \forall O_j \in R_f \}$$

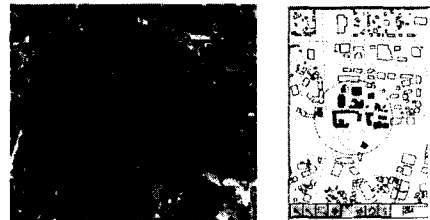


그림 3. 버퍼링 연산 가시화 결과 (3D/2D)

3.3. 비디오 지리정보 서비스

구축된 3차원 데이터베이스를 이용하여 EDGEManager 컴포넌트에서 제공하는 실시간 합성 모델링을 통해 시설물을 다단계 3차원 모델링 한 가상세계를 만들어 낼 수 있다[4].

본 논문의 비디오 GIS 부분의 기본적인 아이디어는 4S Van을 통해 구축된 실세계 카메라정보 (위치 $P_c(x_c, y_c, z_c)$, 자세 $O_c(\omega_c, \phi_c, \kappa_c)$)를 가상세계의 카메라에 적용하여 픽킹 연산을 통해 해당 속성정보를 얻어 올 수 있다는 것이다. 이 방법을 가상세계 매핑기법 (Virtual World Mapping) 이라고 부르자 (그림 4).

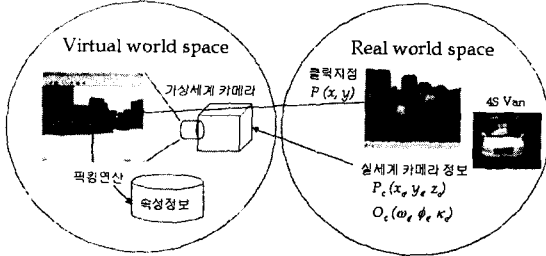


그림 4. 가상세계 매핑기법

이와 같이 비디오 공간과 3 차원 가상공간을 주어진 카메라 정보를 통해 연계할 수 있으므로, 만약 역으로, 3 차원 가상 세계에서 카메라 정보를 이용하여 공간을 네비게이션하다가 임의의 카메라 위치에 해당하는 비디오 영상도 쉽게 검색해 낼 수 있다.

4. 실험결과 및 분석

본 논문의 실험을 위해 서울시 중구 지역 7655 개의 시설물에 대한 3D 데이터베이스를 이용하였으며, 4S Van을 통해 서울시 중구 세종로 일대 10 개의 비디오에 대한 미디어 데이터베이스를 사용하였다. 초기 데이터 획득 후 일반 캠코더의 카메라 내부파라미터 (focal length, FOV) 및 외부파라미터 (O_c) 등을 적용하여 카메라 정보를 보정하여 사용하였다.

3 차원 컴포넌트는 ATL/COM 컴포넌트로 구현하였고, GeoVideo 서버는 C++와 OpenGL 을 이용하여 구현하였으며, GeoVideo 클라이언트는 MS 의 ActiveMovie 컨트롤을 확장하여 ActiveX 컨트롤 형태로 구현하였다.

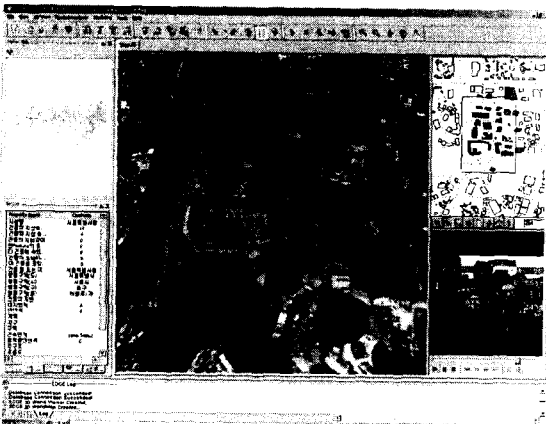


그림 5. 2차원, 3차원, 비디오 연계된 사용자 인터페이스

정확도 실험을 위해 클라이언트에서 이미지상에서 70 회 이상 일정각도로 픽킹연산을 수행하였다. 표 1은 그림 5에서 보여주는 비디오에서 수행한 픽킹연산에 대한 에러행렬이며, 에러행렬을 이용하여 전체적인 정확도를 계산하면, $(80+60+50+62+64)/390 = 81\%$ 의 정확도를 얻을 수 있었

다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 2 차원 수치지도와 3 차원 부가속성을 가진 3 차원 데이터베이스를 이용하여 시공간분석을 제공하고 비디오와 지리정보를 연계할 수 있는 4 차원 GIS 시스템을 구현하였다. 또한, 2 차원, 3 차원, 미디어 데이터간의 상호연계 및 운용기능을 제공함으로써 기존의 지리정보시스템 분야의 새로운 패러다임을 제시하였다.

제안한 기법은 비디오에 대한 이미지 프로세싱 작업이 요구되지 않는다는 장점이 있지만, 3 차원 데이터베이스가 요구되고, 4S Van 데이터의 정확도에 의존적이며 정확도를 높이기 위해 초기 보정 작업이 요구된다[9].

향후 연구과제로는 카메라 오차 보정을 위한 초기 보정 작업을 자동화 해 줄 수 있는 알고리즘과 3 차원 가상세계와 비디오 영상간의 오차를 계산할 수 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

in/out	1	2	3	4	5	row total
1	80	24	0	0	0	104
2	4	60	0	0	0	64
3	0	0	50	0	2	52
4	0	0	0	62	4	66
5	0	0	24	16	64	104
column total	84	84	74	78	70	390

표 1. 정확도 측정을 위한 에러행렬

참고문헌

[1] Seung-Young Lee, Byoung-Woo Oh, Eun-Young Han, A Study on Application for 4S-Van, In *Proceedings of ISRS(International Symposium on Remote Sensing) 2001*, pp. 124-127, Oct. 2001.

[2] Toni Navarrete, Josep Blat, VideoGIS: Combining Video and Geographical Information, *Research Report, Dept. of Computer Science, University of Pompeu Fabra*, 2001.

[3] Lippman, A., Movie Maps: An Application of the Optical Videodisc to Computer Graphics, In *Proceedings of SIGGRAPH'80*, pp. 32-43, July 1980.

[4] Sung-Soo Kim, Seung-Keol Choe, Jong-Hun Lee, Young-Kyu Yang, Rule-Based Modeler Component Design for 3D GIS Software, In *Proceedings of ISRS(International Symposium on Remote Sensing) 2001*, pp. 89-94, Oct. 2001.

[5] Seong-Ho Lee, Kyung-Ho Kim, Seung-Keol Choe, Sung-Soo Kim, Young-Kyu Yang, Extension of OpenGL OLE/COM SFS for 3-Dimensional GIS, In *Proceedings of ISRS(International Symposium on Remote Sensing) 2001*, pp. 248-251, Oct. 2001.

[6] 김성수, 김광수, 이성호, 최승걸, 김경호, 이종훈, 양영규, 규칙기반 모델링을 이용한 Mapbase 컴포넌트 3 차원 확장, *한국멀티미디어학회 추계학술발표논문집*, pp. 493-495, 2001.

[7] Open GIS Consortium, OpenGIS Simple Feature Specification for OLE/COM, *OpenGIS Project Document 99-050*, Revision 1.1, 1999.

[8] Dimitris Papadias, Timos Sellis, Yannis Theodoridis, Max J. Egenhofer, Topological Relations in the World of Minimum Bounding Rectangles : A Study with R-trees, In *Proceedings of ACM SIGMOD'95*, pp. 92-103, 1995.

[9] 변기중, 이동춘, 김주완, 박찬용, 장병태, 증강현실을 이용한 차량항법 시스템에 관한 연구, *한국정보과학회 가을 학술발표논문집*, 제 28 권, 2 호, pp. 493-495, Oct. 2001.