
건축설계 지원을 위한 GIS 데이터 활용 시스템

A system on using GIS data to support architectural design

주저자

김언용 (Kim, Eon Yong)

한국가상현실

교신저자

김언용 (Kim, Eon Yong)

한국가상현실

eonyong@kovi.com

목차

1. 서론

- 1-1. 배경
- 1-2. 목적
- 1-2. 범위 및 방법

2. 관련 연구 분석

- 2-1. Virtual Globe를 이용한 GIS 활용
- 2-2. CAD/BIM/GIS 융합

3. 건축설계 지원을 위한 GIS 데이터 활용 시스템

- 3-1. Vworld 데이터 및 API 분석
- 3-2. 시스템 설계 및 구축

4. 결론

참고문헌

(요약)

건축설계 초기 단계에서 대상 대지에 대한 지리 공간 정보의 사용은 필수적이다. 하지만 현재까지 이러한 정보의 취득은 상당한 시간 및 노력이 요구되는 일이다. 본 연구는 이러한 GIS 정보의 효과적 취득을 위해 현재 국토교통부 주관으로 서비스 되고 있는 국가공간정보유통시스템인 Vworld의 정보를 건축설계에 이용하는 방법을 제시한다. 제시하는 방법은 Vworld 에서 제공하는 Open API를 이용하여 건축설계 초기단계에 필요한 지형 형상, 지적도 및 토지의 용도, 개발제한 사항 등을 BIM 설계용 소프트웨어에서 검색 및 즉시 활용 할 수 있는 BIM/GIS통합 방법이다. 이를 통해 BIM 분야에서는 GIS분야에서 구축한 도시설계관련 정보를 활용 할 수 있고, GIS는 건축분야에서 구축한 건물관련 정보를 이용함으로써 지리 및 공간정보를 풍성하게 구축 및 지속적인 유지관리가 가능하게 할 수 있다. 또한 본 연구를 통해 구축된 시스템은 BIM소프트웨어를 이용하여 설계하는 건축설계자들이 프로젝트관련 지리공간정보를 취득하는데 많은 시간과 노력을 절약할 수 있다는 사실을 확인할 수 있다.

(Abstract)

Using geospatial information in the early design phase is crucial because it requires considerable time, money, and effort. We use VWorld, part of the National Spatial Information Distribution system provided by the Korean Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, for providing geospatial information to building designers. We provide methods to adopt VWorld geospatial information to building design and develop plugins for a BIM authoring tool to transform and construct necessary BIM data in a user-friendly format. BIM users are benefitted from extra design information supplied from sibling disciplines such as urban design. GIS users are benefitted by feedback building information continuously supplied from building projects based upon standard GIS coordinates. It is clear that an architectural designer with BIM tool can save time and efforts to obtain the geospatial information related a project using the developed system as result of this research.

(Keyword)

CAD/BIM/GIS, GIS, Architectural Design, BIM, CIM(City Information Modeling)

1. 서론

1-1. 배경

건축설계의 시작은 대상 대지의 분석에서 시작된다고 볼 수 있다. 지금까지 대상대지의 정보는 다양하게 분산된 정보원을 통하여 취득하고 있다. 이러한 이유로 관련정보의 취득은 많은 노력과 시간이 요구된다. Virtual Globe¹⁾의 한 종류인 Google Earth²⁾의 출시 이전까지는 인공위성 사진 등을 일반인이 입수하기가 용이하지 않았으나, Google Earth의 출시로 인해 이러한 자료 취득이 용이해 졌다. 또한 Google이 Google Earth상에 건물모델을 자신만의 힘으로 구축하기에는 불가능하다는 점을 인지하고 제3자의 참여를 유도하고자 Sketchup이라는 3D 모델링 소프트웨어에서 Google Earth의 3차원 지형 및 인공위성사진정보를 사용할 수 있는 기능을 탑재하여 무상으로 제공함으로써 건축설계자가 자유롭게 상기의 정보를 사용할 수 있게 되었다. 이는 건축설계를 위한 대상대지를 분석할 수 있는 지리정보를 이전과 비교하여 손쉽게 취득할 수 있는 혁신적 방법이다. 즉, Google Earth와 같은 Virtual Globe의 등장은 GIS정보를 건축설계분야에서 사용할 수 있는 계기가 되었다고 할 수 있으며, 또한 설계의 범위를 단일건물에서 도시 또는 국가차원의 광역범위로 확대하는 계기를 제공하게 되었다.

또한, 건축계에 도입된 BIM개념은 건물정보의 측면을 강조하고 건물전생명주기를 고려하는 관계로 GIS의 도입을 자극한 측면이 있다. 이러한 이유로 해외에서는 CAD/BIM/GIS융합에 대한 논의가 활발하며, 이러한 논의의 중심은 건물유지보수 측면에 관심이 맞추어져 있다. 국내의 경우 인천국제공항 통합공간관리시스템³⁾ 사례가 CAD/BIM/GIS 융합사례라고 볼 수 있다. 인천국제공항의 경우 180개의 관리대상건물이 영종, 용유도 일대에 분산되어있기 때문에 이를 관리하기 위한 GIS개념의 사용이 필요했다고 볼 수 있다, 하지만 인천공항의 주안점은 건물의 외부와 실내공간관리에 중점을 둔 이유로 기존에 사용되던 Virtual Globe가 실내공간의 처리에 적합하지 않기 때문에 독자적 시스템을 연구/개발/구축 하였다. 해외의 CAD/BIM/GIS융합 최초의 사례로는 미국 해안경비대의 BIM적용사례라고 볼 수 있으며, 이 또한 미국해안경비대가 보유하고 있는 시설물이 미국전역에 퍼져있어 인천공항과 같은 관리적 측면 이라고 할 수 있지만, 실외공간처리는 Google Earth를 사용 하였고 실내공간처리는 별도의 프로그램을 개발하여 처리하였다. 하지만, GIS 정보의 이용 측면에서 본다면 Virtual Globe의 가치를 간과할 수 없다. 이러한 이유로 국내에서도 Virtual Globe를 이용한 지리공간정보의 효율성을 인지하고 국토교통부주관으로 국가공간정보유통시스템⁴⁾을 위한 Vworld⁵⁾서비스가 운영 되고 있으며, 이서비스는 Virtual Globe형태와 Web service형태로 제공되고 있다.

건축설계 지원을 위한 GIS데이터 활용시스템개발연구는 GIS데이터를 이용하여 BIM데이터를 구축하여 건물정보의 효율성과 관리의 효율성을 높이고자하는 CAD/BIM/GIS융합 관련연구에서

1) 디지털 가상 지구를 이용하여 지리정보를 검색할 수 있게 하는 시스템을 Virtual Globe로 분류한다. Virtual Globe는 3차원 기반으로 사용자가 자유롭게 가상환경 내에서 시점을 이동할 수 있는 기능을 제공하며, 지도, 위성사진 등의 다양한 정보를 제공할 수 있다. 광범위하게 사용되는 온라인 Virtual Globe로는 NASA의 World Wind, Google의 Google Earth 등이 있다. - Wikipedia, Virtual Globe, Wikipedia Homepage, http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_globe, 2015

2) Google Earth는 Google사에서 개발한 소프트웨어이지만 Google사에서 Google Earth의 데이터포맷인 XML형태의 KML(Keyholes Markup Language)을 2008년 OGC에 모든 권리를 기증하여, 현재 개방형GIS 표준포맷이다. OGC, OGC Approves KML as Open Standard, OGC Press releases, <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/857>, 2008

3) 김연용, 인천국제공항 통합공간관리 시스템 프로젝트를 통한 3D 공간관리시스템에 관한 연구, 한국 CAD/CAM학회 동계학술대회, 2015. 02, pp. 316-321

4) 국토교통부, 국가공간정보유통시스템, <http://www.nsic.go.kr>, 2015

5) 국토교통부, 브이월드 맵 서비스, <http://map.vworld.kr/map/maps.do>, 2015

시작되었으며, 또한 국내지리공간정보를 국토교통부에서 Vworld 서비스를 통하여 지도데이터 및 국가 공간DB를 Open API를 이용하여 제3자가 가공하여 사용할 수 있게 공개한 것이 계기가 되었다. Vworld는 Google Earth에서 제공되는 정보뿐만 아니라, 국토교통부를 포함한 다양한 국가기관에서 구축한 위치기반 지리공간정보를 통합된 시스템을 통해서 제공함으로써, 이러한 정보를 BIM용 소프트웨어에 사용할 수 있다면, 건축설계를 위한 정보제공 측면에서 도움을 줄 수 있을 것이다.

1-2. 목적

본연구의 목적은 공개적으로 제공되는 GIS서비스를 이용하여 BIM기반 건축설계를 위한 지리공간정보를 제공하는 것이다. 건축설계 초기단계에서 필요한 GIS정보는 형상정보 측면에서 3차원 지형, 지형과 일치하는 위성사진 또는 지도이미지가 필요하다. 현재 이러한 형상정보는 Google Earth를 이용하여 취득이 가능하며, 건축설계를 위한 BIM관련 소프트웨어에서 사용하기 위해서는 각 소프트웨어용 플러그인이 필요하다. BIM용 소프트웨어로 많이 사용되고 있는 Autodesk의 Revit을 위한 플러그인으로는 AMC Bridge의 CADtoEarth⁶⁾라는 소프트웨어가 있다. 이 소프트웨어는 Google Earth에서 3차원지형데이터를 Revit으로 전달하고 Revit에서 작성한 건물 모델을 Google Earth로 내보내는 기능을 한다. 만약 플러그인이 제공되지 않는 소프트웨어에서 사용하기 위해서 Sketchup을 이용하여 우회적으로 사용할 수 있다. Sketchup은 Google Earth의 위성사진이 맵핑된 DEM 또는 DTM이라는 디지털지형데이터를 이용한 GIS정보를 사용할 수 있는 기능을 제공한다. DWG와 같은 호환포맷형태로 변환하여 다른 소프트웨어에서 사용할 수 있다. 하지만 Google Earth를 이용한 사례들은 위성사진, 디지털지형데이터의 GIS좌표정보만이 제공되며, 또한 국내의 디지털지형데이터의 경우 해외지형데이터보다 해상도가 낮아 사용하기에는 문제가 존재한다.

건축설계 초기단계에서 필요한 설계대상지 관련정보는 상기의 형상정보 이외에도 다양한 정보들이 필요하며 현재까지 이러한 정보를 취득하기 위해서는 분산된 정보원을 사용하여야 가능하다. 이러한 정보로는 설계대상지에 대한 지적도 및 지적관련정보, 지구지역정보, 도시계획정보, 행위제한 사항 등이 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 정보를 바탕으로 건물의 규모 즉, 용적률 및 건폐율의 산정 등이 가능하다. 이러한 정보를 상기의 형상정보와 통합적으로 제공하는 Vworld서비스는 Google Earth와 차별화되는 특징이라고 볼 수 있다. 또한 Vworld는 이러한 지리공간정보를 자체 플랫폼으로만 제공하는 것이 아니라 Open API를 제공하여 다양한 환경에서 사용할 수 있는 방법을 제공하며, 이를 이용한 제3자 소프트웨어의 개발을 적극 권장하고 있다.

본 연구는 Vworld에서 제공하는 지리공간정보 서비스를 가공하여 BIM소프트웨어에서 직접 사용할 수 있는 정보의 형태로 제공하는 것을 목적으로 하며, 이를 통하여 CAD/BIM/GIS통합을 위한 방법중 건축설계를 위한 GIS데이터의 BIM에서의 활용방법기초연구수행 및 이를 위한 Middleware 기본 형태를 구축하는 것을 목적으로 하고 있다.

1-3. 범위 및 방법

본 연구는 건축설계지원을 위한 GIS데이터 활용시스템개발을 위해 적용대상을 Vworld와 Revit으로 한정하고 있다. 현재까지 Vworld를 제외하고는 형상정보와 이와 연관된 토지 관련속성정보를 통합적으로 제공하는 서비스는 존재하지 않는 것으로 파악되고 있으며, 다양한 BIM소프트웨어가 존재하지만 가장 점유율이 높은 Revit을 개발대상플랫폼으로 범위를 한정한다. 하지만

6) AMC Bridge, CADtoEarth for Autodesk Revit User's Guide, http://cadtoearth.amcbridge.com/cadtoearth_manual.pdf, 2015

GIS관련정보 및 데이터베이스는 지리공간정보관련 국제표준화기구인 OGC에서 제안하는 표준을 준수하고 있는 관계로 향후 이를 다른 서비스와 BIM소프트웨어에 적용하는 것은 본 연구를 통해 축적된 방법을 이용하여 충분히 가능할 것으로 판단된다. 다만 다른 서비스와 BIM소프트웨어가 필요한 API와 SDK(Software Development Kit)를 제공하여야 한다. 또한 개발된 시스템을 건축설계에 적용하기 위해서는 실제건축설계종사자들의 피드백이 필요하지만 본 연구에서는 이를 향후 연구대상으로 하고 있다. 즉 시스템의 목표완성도의 도달 및 안정화 작업이 완료된 후 이를 배포하여 피드백을 받고자 한다.

본 연구의 연구진행방법은 3단계로 진행되었다. 기존의 CAD/BIM/GIS융합관련동향, Virtual Globe를 이용한 CAD/BIM/GIS융합사례분석, 대규모 3D데이터처리동향을 조사했으며, 이를 통해 BIM/GIS Middleware의 필요성을 조사하였다. 두 번째로는 시스템 구축을 위하여 Vworld에서 제공하는 지리공간정보의 분석과 제공API를 분석하고 활용하는 방법에 대한 조사 및 연구가 진행되었으며, 이를 위해 Vworld에서 제공하는 문서와 활용예제를 이용하였으며, 개발자세미나에 참석하여 정보취득 및 개발 시 문제점에 대한 해결방안에 대해 조언을 구하였다. 세 번째로 Middleware 개발방향설정을 위하여 기존 Google Earth를 이용한 시스템을 분석하여 참조하였으며, Sketcup의 Google Earth 연동부분, Revit상에서 구현되는 AMC Bridge의 CADtoEarth의 구현내용 분석이 진행되었다. 마지막으로 상기의 분석내용을 바탕으로 Middleware개발 및 활용을 위한 시스템설계를 진행하였으며, 이를 바탕으로 시스템을 개발하였다. 또한 시스템구현 개발과정을 통해 문제점 및 개선방향을 파악하는 검증과정을 진행하였다.

2. 관련 연구 분석

2-1. Virtual Globe를 이용한 GIS 활용

Virtual Globe는 3차원기반GIS정보 검색플랫폼으로서 가상지구라고 할 수 있으며, 그 편의성과 몰입성으로 인해 비전문가의 GIS정보에 대한 접근성과 사용성을 극대화 시켰다고 할 수 있다. 이러한 이유로 Virtual Globe를 활용한 다양한 사례들이 보고되고 있다. 이중 BIM과 관련된 사례로는 남극과학기지 웹기반 3차원시설·장비관리시스템개발 사례가 있다. 이 사례는 한국극지연구소의 남극과학기지 유지 및 관리를 위하여 BIM데이터를 구축한 후 개방형포맷인 IFC로 변환한 후 NASA의 Virtual Globe인 World Wind를 기반으로 하는 개발환경인 WWJ(World Wind Java)를 사용하여 구축한 시스템으로서 GIS/BIM 통합시스템 구축 사례다. 이 시스템은 시각적으로 외부 공간, 건물, 실내 공간, 설비 등을 관리할 수 있는 기능을 제공한다.⁷⁾

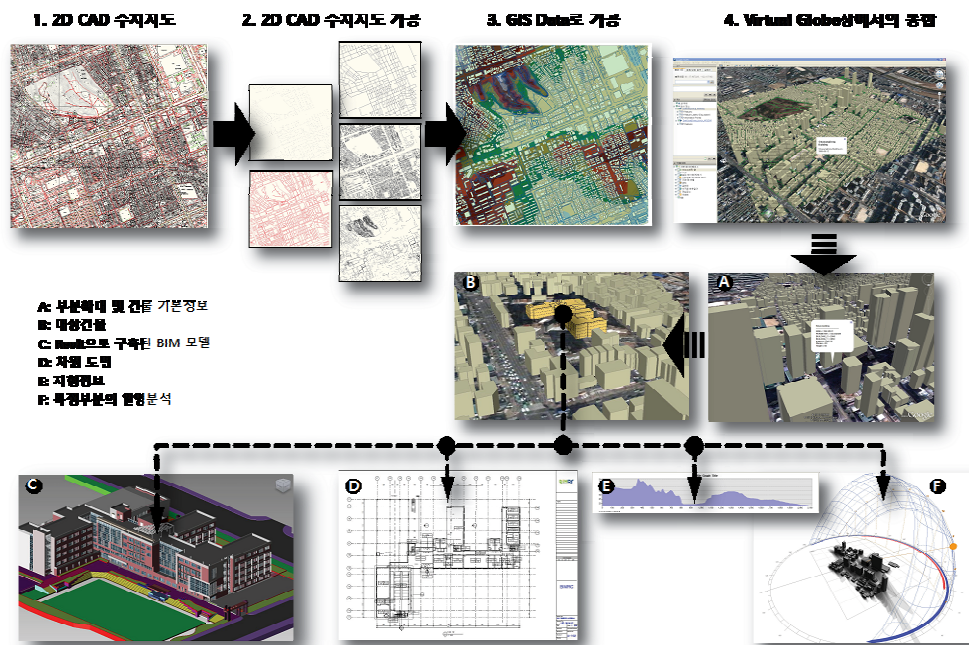
Virtual Globe를 위치기반 건물정보를 관리하는 플랫폼으로 사용하기 위한 연구사례⁸⁾에서 Virtual Globe상에 BIM데이터를 이용하여 건물정보를 구축하는 방법을 제시하고 있다. 이 연구 사례에서는 건물의 매스모형을 Google Earth의 정보와 건물의 높이만으로 구축하는 방법과 수치지도를 이용하여 수치지도에서 제공하는 GIS좌표, 건물의윤곽선, 지면, 층수, 명칭을 이용하여 수천 개의 건물매스모형을 포함한 건물정보를 자동 구축하는 방법, 그리고 BIM모형을 이용하여 Google Earth상에 건물정보를 구축하는 방법을 제시하였다. 이 연구에서 건물의 외관모형만을 사용 하였을 때에는 Google Earth상에서 원활한 작동을 하지만 BIM모형을 변환하였을 때에는 모델의 크기로 인해 원활한 작동이 이루어지지 않았다. 이문제의 해결을 제시한 연구⁹⁾에서는

7) 가이아3D, BIM on GIS project, <http://www.gaia3d.com/ko/?work=bim-on-gis>, 2015

8) 김언용, 주성일, 전한중, 위치정보기반 디지털 건축모델링, 대한건축학회 학술발표대회, 2008. 10, pp. 37-40

9) Eonyong Kim, HyunAh Choi, Hanjong Jun, Creating and Sharing GIS based City Information for the Architectural Design Using a Virtual Globe, International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, 2008. 10 pp.880-884

Google Earth에서는 건물의 형태를 식별할 수 있는 수준의 모델을 사용하고 상세한 건물모델은 외부 BIM뷰어와 연동이 효율적이라고 제안하고 있다. 그림1은 BIM과 GIS를 Virtual Globe상에서 통합하는 방법을 보여주고 있다. 수치지도 형태로 제공되는 GIS데이터를 기반으로 건물의 외관을 생성하고, 이를 별도의 인터넷상에서 구동하는 BIM뷰어를 이용하여 BIM모델과 연동하는 방법이다. 이를 통하여 도시지역안의 수천 개의 건물매스모델을 자동 생성하여 각건물의 다양한 상세정보를 인터넷뷰어를 통하여 검색, 확인할 수 있는 방법이다. 하지만 이 상기사례들은 BIM데이터에 GIS좌표를 부여하여 Virtual Globe상에 BIM데이터를 확인하는 방법일 뿐, GIS데이터를 BIM기반 건축설계에서 활용할 수 있는 사례는 아니라고 볼 수 있다. 본 연구는 이러한 한계점을 인식하고 GIS데이터를 BIM기반 건축설계에서 적극적으로 사용하는 방법을 제시하고자 한다.



<그림 1> Virtual Globe를 이용한 BIM/GIS 통합 방법 예시(Eonyong Kim의 논문 내용을 재구성)

2-2. CAD/BIM/GIS 융합

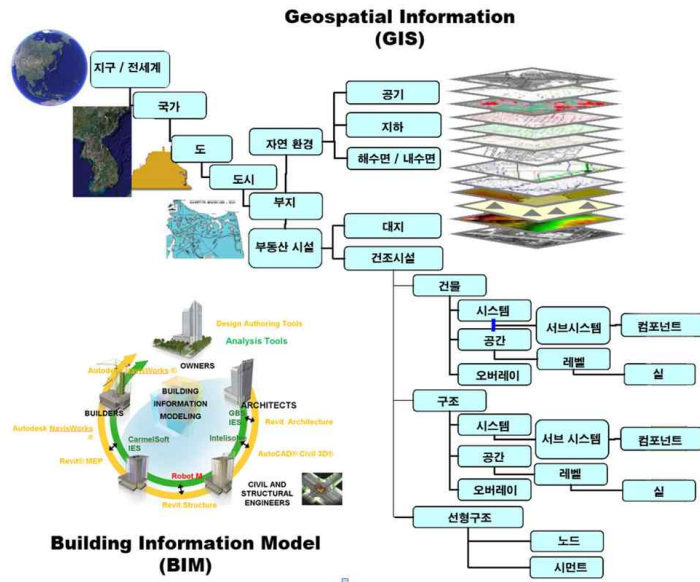
국제 비영리지리공간표준화단체인 OGC(Open Geo-spatial Consortium)는 건물과 기간시설 (Infrastructure)의 전생애주기 동안에 만들어지고 사용되는 설계, 시공, 유지보수 등의 정보를 상호운영하기 위해 CAD/BIM/GIS융합이 필요하다고 설명하고 있다¹⁰⁾. 또한 미국의 BIM 표준을 제시하고 관리하는 기관인 National Institute of Building Science가 발간한 미국 국가BIM표준(National BIM Standard)에서는 건물정보의 범위를 건물의 최소단위정보에서 전 세계단위정보까지 확장되어야 한다고 주장하며, 이를 위해 그림2와 같이 정보범위의 계층구조를 제시하고 있다. 이러한 이유로 CAD/BIM/GIS융합의 필요성을 주장하고 있다¹¹⁾.

CAD/BIM/GIS의 융합을 위해서는 대량의 3차원 모델기반 건물데이터의 처리가 필수적이므로 이러한 대규모정보처리문제의 해결이 필요하다. 이를 해결하기 위해서는 National BIM Standard에서 제시된 계층구조범위에 따른 형상정보표현수준을 위한 LOD(Level of Detail)의

10) OGC, "OWS-4 CAD/GIS/BIM", <http://www.ogcnetwork.net/node/236>, 2010

11) National Institute of Building Science, National Building Information Modeling Standard, Version 1.0, Part1, National Institute of Building Science, 2007

정의와 이를 기반으로 하는 형상정보의 효율적인 분리가 필요하다. CAD/BIM/GIS융합은 도시 및 국가 단위가 지구차원의 정보를 구축하기 위해 필수적이거나, 현재까지 도시의 필수요소인 건물에 관련된 정보가 배제된 기간시설 구축에 초점이 맞춰져 있다. 또한 현재까지 구축된 Google Earth기반의 3D-City의 사례들¹²⁾¹³⁾은 건물의 외관형태만 구축되어져 있으며, 건물의 정보는 결합되어있지 않은 문제점을 가지고 있으며, 이는 앞에서 언급한 대규모 3차원데이터의 처리문제 때문 이라고 볼 수 있다.



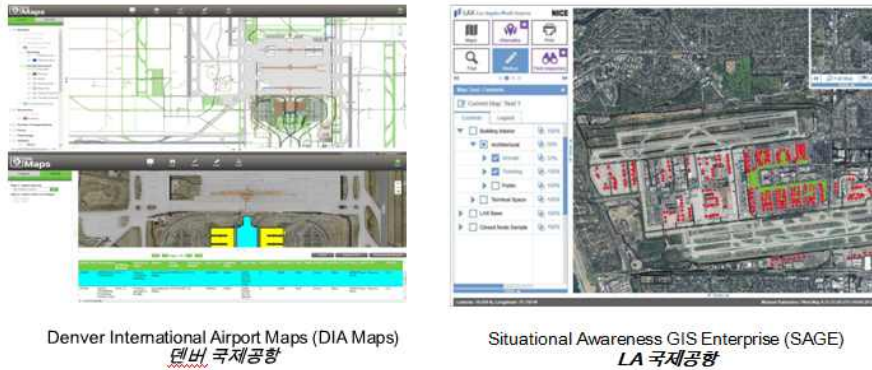
<그림 2> National BIM Standard의 CAD/BIM/GIS 융합을 위한 데이터 계층구조(National Building Information Standard의 내용 한글로 번역)

상기의 대규모 3D데이터처리문제를 해결하기 위한 노력들은 공항관리를 위해 구축한 공항시설물관리시스템 사례에서 확인할 수 있다. 미국 덴버국제공항과 LA국제공항은 BIM을 도입하면서 공항부지 안에 분산되어있는 건물들과 시설들을 관리하기 위해 GIS를 도입하였으나 3차원데이터처리문제로 인해, 3차원데이터기반 관리시스템이 아닌 2차원데이터기반 관리시스템을 운영하고 있다(그림 3). 덴버국제공항과 LA국제공항은 시스템의 개발을 위해 BIM은 Autodesk의 Revit을 GIS는 ESRI의 ArcGIS를 사용했는데, 상기의 소프트웨어들이 제공하는 기능만으로는 공항시설 전반에 관한 3차원데이터를 실시간으로 처리할 수 없었다고 한다. 상기의 공항들의 사례와 비교하여 다른 접근방법을 사용한 사례는 인천국제공항의 통합공간관리시스템이 있다. 인천국제공항의 접근방법은 기존 상업용 소프트웨어를 사용하는 대신 전용소프트웨어를 개발하고 이를 바탕으로 새롭게 경량화된 3D데이터 파일포맷을 개발하였고, 여러 가지 시행착오를 거쳐 최적화된 LOD의 정의를 수립하였다. 이러한 파일포맷 및 최적화된 LOD를 이용하여 대규모 3D데이터처리문제를 해결할 수 있었다고 한다. 또한 실제 관리업무를 수행하는 최종사용자의 시스템 몰입도를 높이기 위하여, 3차원 시각화방법을 기존의 건축용 3차원뷰어를 사용하는 대신 실시간 렌더링이 가능한 3D게임엔진을 이용한 자체뷰어를 개발하여 해결하였다고 한다. 또한 GIS 부분은 상기시스템이 인천공항 내부용인 관계로 상기에 개발된 시스템을 기반으로 동일한 환경에서 작동할 수 있게 상기의 뷰어에 통합하여 처리하였다고 한다.¹⁴⁾ 인천공항의 사례는 그림 4

12) Döllner J., Hagedon, B., Integrating Urban GIS, CAD, and BIM Data By Service-Based Virtual 3D City-Models, Urban Data Management Symposium, 2007. 10 pp.157-170

13) Takase, Y., Sho N., Sone A., Shimiya K., Generation of Digital City Model. Journal of the Visualization Society of Japan, 2003 pp. 21-27

에서 확인할 수 있다.



<그림 3> 덴버국제공항과 LA 국제공항 사례 (김언용, 2015)



<그림 4> 인천국제공항 통합공간관리 시스템(김언용, 2015)

3. 건축설계 지원을 위한 GIS 데이터 활용 시스템

3-1. Vworld 데이터 및 API 분석

Vworld는 Google Earth에서 사용하는 KML데이터 포맷도 사용되고 있으나, 지도형상관련포맷은 Google Earth에서 사용하는 Collada포맷을 사용하지 않고 Real3D Model라는 자체포맷을 사용하고 있다. Real3D Model은 항공영상과 LIDAR를 이용하여 실제영상과 레이저로 스캔한 데이터를 이용하여 구축한 3D건물모델이다. 고화질 텍스처를 제공하고 네트워크상에서의 효율적인 데이터스트리밍을 위하여 자체포맷을 개발하여 사용하고 있다고 한다. 또한 지형정보를 처리하기 위해 DEM(Digital Elevation Model)을 사용하고 있으며, DEM은 지리정보시스템(GIS) 구축을 위해 사용되는 지형을 3차원좌표로 나타낸 자료형태이다. DEM 이외에도 DTM(Digital Terrain Model)과 DTD(Digital Terrain Data), DTED(Digital Terrain Elevation Data)등의 유사자료형태가 있다. 위성사진의 처리를 위해서 일반적인 이미지포맷을 사용하지 않고 DDS(Direct Draw Surface)라는 포맷을 이용하고 있는데 이 포맷은 Microsoft DirectX에서 지원하는 파일포맷으로서 이 파일포맷의 장점은 비디오메모리상에서 압축된 형태로 사용되기 때문에, 한정된 자원인 비디오메모리를 아낄 수 있다. 하지만 해상도가 낮은 문제가 있으며, 이 포맷은 일반적으로 사용되는 포맷이 아니기 때문에 이의 변환방법이 필요하다. 본 연구에서 개발하는 시스템에서는 현재 이미지파일변환서비스¹⁵⁾를 이용하여 DDS를 PNG로 변환하여 사용하고 있

14) 김언용, 인천국제공항 통합공간관리 시스템 프로젝트를 통한 3D 공간관리시스템에 관한 연구, 한국 CAD/CAM학회 동계학술대회, 2015. 02, pp. 316-321

다. 향후 시스템 내에서 포맷을 자동으로 PNG로 변환하는 내장변환도구개발을 위해 DDS포맷에 대한 분석을 진행중이다.

또한 Vworld는 132개 항목의 다양한 지리공간정보를 제공하며, 이정보들은 국토교통부를 포함한 14개 국가기관에서 제공하고 있으며, 건축설계와 연관된 국토교통부에서 제공하는 정보들은 개발행위허가, 국가교통정보, 도시계획시설, 산업입지, 용도구역, 용도지구, 용도지역, 지구단위계획, 기타 9종류와 이와 관련된 40개의 세부정보로 구성되어 있다.

Vworld는 외부개발자가 Vworld에 접근할 수 있게 8종류의 OpenAPI(Application Programming Interface)¹⁵⁾를 제공하고 있으며 2종류의 데이터리스트를 제공하고 있다. 이중 2D지도, 3D지도, 배경지도 API를 통하여 지리형상이나 지도이미지를 제공한다. WMS/WFS API는 WMS/WFX layer list상의 데이터를 주제도의 형태로 제공하는 API이며, 나머지 API는 검색을 지원하는 API이다. 이를 통해 주소나, 명칭을 이용하여 GIS위치좌표로 변환하는 Geocoding기능을 제공하고, 추가적으로 도로명주소체계의 새건물주소를 검색할 수 있는 API를 제공하고 있다. 표1은 Vworld에서 제공하는 OpenAPI를 정리한 것이다.

<표 1> Vworld에서 제공되는 OpenAPI의 종류 및 내용

API종류	내용
2D 지도 API	오픈플랫폼이 제공하는 2D지도를 제공
3D 지도 API	오픈플랫폼이 제공하는 3D지도를 제공
배경지도 API	오픈플랫폼이 제공하는 배경지도 및 영상지도, 하이브리드 지도를 제공
WMS WFS API	오픈플랫폼이 제공하는 다양한 종류의 공간정보를 제공합니다
WMS,WFX Layer List	오픈플랫폼이 제공하는 다양한 종류의 주제도를 2D/3D 지도형태로 제공
Data List	* 132 개 항목에 대한 Data 제공
Data API - 새건물주소	도로명주소 체계의 새주소 건물위치 및 건물번호
Data API - 단지경계	유한한 국토공간의 토지이용을 제고하고 국가경제발전의 기틀을 마련하기 위한 산업의 생산 및 활동공간을 확보하는 정책을 목적으로한 공간정보
Search API	검색엔진을 이용한 주소 및 장소 검색 Geocoding 과 역Geocoding 을 제공
Static MAP API	오픈플랫폼의배경지도및영상지도,하이브리드지도를 이용하여 위치표시 및 정보공유가 가능하도록 구현

API사용방법 및 반환되는 데이터의 구조는, DataList API중 지적도 검색기능을 대상으로 분석 내용을 설명한다. 지적도의 형태관련정보는 Vworld에서 별도의 파일형태를 가지고 있지 않고 좌표값의 형태로 제공된다. 이러한 이유로 지적도관련정보를 요청하면 XML형태로 데이터가 수신되며, 수신된 XML파일 안에 지적도 폴리곤정보 및 속성정보가 같이 존재한다. 아래의 코드는 "N 서울타워 국립극장 주차장"을 요청하는 방법을 보여준다.

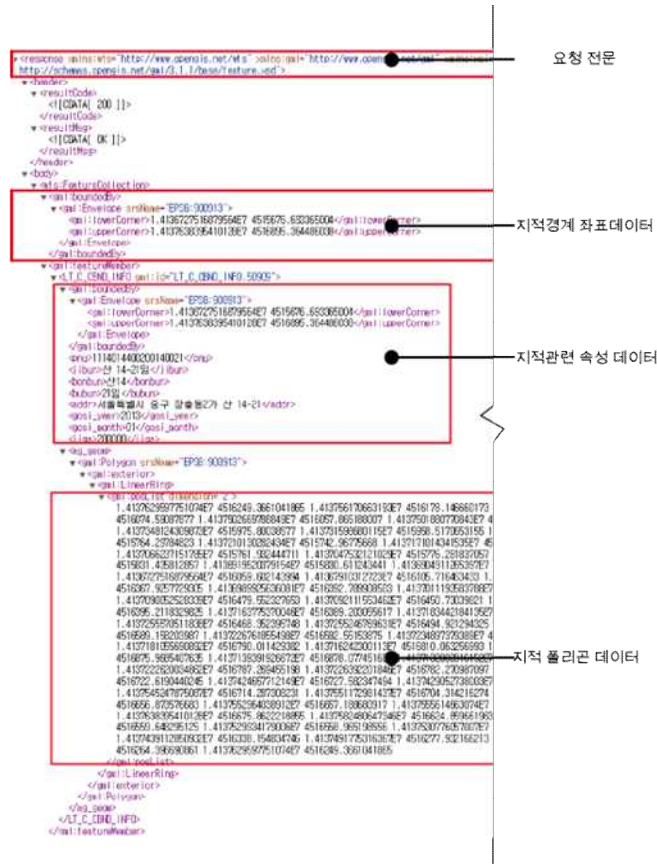
```
http://apis.vworld.kr/2ddata/cadastral/data?apiKey=46E68FFB-2557-3DB3-AA5E-DA1479542A6D&domain=http://corp.kovi.com&geometry=point(14137619.6359031%204516255.06244297)&output=xml&srsName=EPSG:900913&pageIndex=1&pageUnit=100
```

상기의 요청전문의 내용은 사전에 주소 또는 장소 키워드를 이용해 반환된 장소의 좌표를 이용하여 검색키워드로 사용하고, 반환된 결과는 XML형태로 수신하며, 좌표계는 EPSG:900913좌표계를 이용하라는 의미이다. 이중 APIkey는 API를 사용하기 위해서 필수적으로 Vworld에서 발급받아야 하는 사용권한 ID이다. 그림 5는 이 전문을 이용하여 수신된 XML파일을 보여주고 있

15) <http://image.online-convert.com/convert-to-png>

16) 국토교통부, Vworld open API, <http://dev.vworld.kr/dev/api.do>, 2015

다. 수신된 XML파일에는 지적경계를 표시하는 좌표데이터, PNU, 지번주소, 공시지가를 포함하는 지적관련 속성데이터, 지적폴리곤데이터의 3가지 종류로 구성되어 있다. 이중 지적폴리곤데이터는 분석을 통해 지적도를 Revit상에 객체화시키기 위한 기본데이터로 사용된다.



<그림 5> Vworld API를 통해 검색된 지적관련 정보의 XML 파일 내용

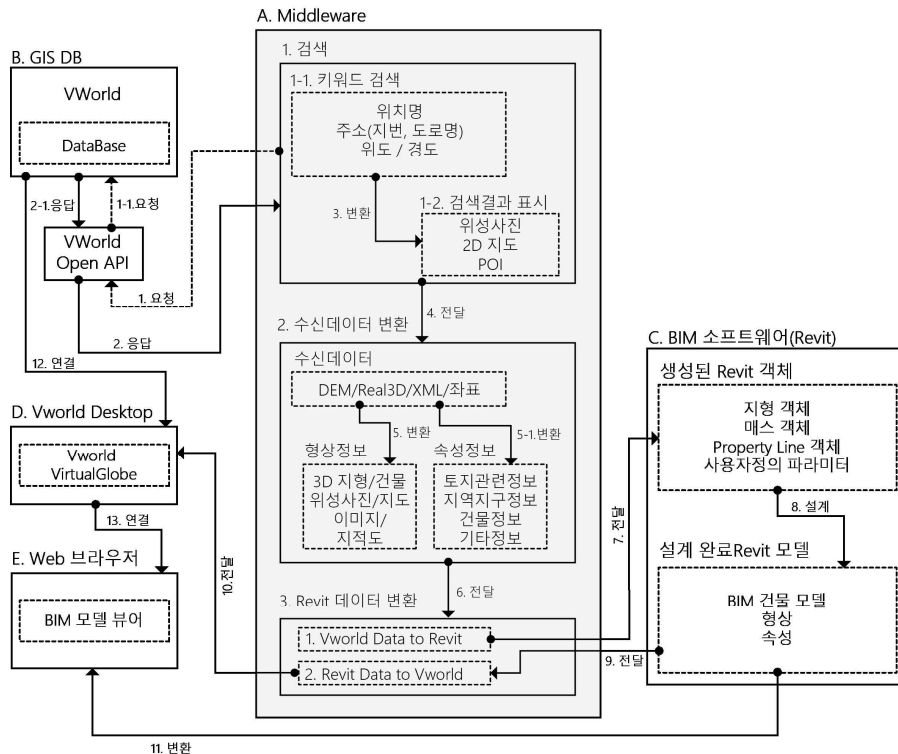
3-2. 시스템 설계 및 구축

이 시스템은 앞에서 분석된 CAD/BIM/GIS융합 사례분석결과를 통해 GIS데이터를 건축설계과정을 위한 데이터로의 변환사례가 미흡하다는 판단을 기반으로 이를 해결하고자하는 목적으로 설계 및 구축되었다. 또한 건축분야에서 GIS데이터가 필요하듯이 GIS분야에서도 건물데이터를 필요로 한다는 판단 하에 BIM으로 구축된 건물데이터를 GIS분야에서 활용할 수 있는 방법을 제시하는 것도 시스템설계 및 구축단계에서 반영되었다.

본 연구에서 개발된 결과는 Vworld의 GIS데이터와 BIM소프트웨어인 Revit을 연결해주는 Middleware를 개발하고 이를 활용하는 시스템을 구축하는 것이며, 이중 시스템의 핵심인 Middleware는 Revit상에서 구동되는 플러그인 형태로 구현된다. 이 Middleware의 주요한 기능은 건축물설계를 위한 대상대지를 지번주소, 도로명주소, 좌표17)(WGS84 좌표계 또는 국내에서 사용되는 카텍(Katec)좌표계)를 이용하여 검색을 하면 시스템이 입력된 키워드를 해당되는

17) GIS용 지구좌표계는 현재 다양한 좌표계가 사용되고 있으며 여러 형태의 이름으로 표시되며 이를 표준 코드화 한 것은 EPSG(European Petroleum Survey Group)이다. 현재 국립지리원은 국내에서 사용되는 모든 좌표계를 EPSG에 등록해 왔으며, VWorld에서 사용되는 좌표계는 경위도좌표계인 WGS84 (EPSG:4326), 구글 지도에서 사용하는 Google Mercator(EPSG:900913), KATEC 계열인 UTM-K(Bessel, EPSG:5178)등이 사용되고 있다. 이좌표의 변환은 VWorld open API에서 제공하고 있다.

Vworld OpenAPI를 이용하여 VWorld시스템에 요청한 후 반환된 데이터를 건축설계에 필요한 형상과 속성정보를 Revit객체로 변환 및 생성 하는 것이다. 또한 이를 기반으로 설계된 Revit모델을 VWorld Desktop상에서 사용할 수 있게 변환하여 매쉬업하는 기능으로 구성된다. 본 시스템의 구성은 그림 6의 시스템구성과와 같이 구성되어있다. 시스템을 구성하는 중요요소들은 시스템구성도상에 A, B, C, D로 구분되어 있으며, 이 시스템의 핵심인 Middleware, GIS DB라고 할 수 있는 VWorld시스템, BIM소프트웨어인 Revit, Virtual Globe의 일종인 VWorld Desktop, Web상에서 구동되는 BIM Viewer중 하나인 Revit모델을 위한 A360으로 구성되어있으며 각각의 요소들은 Middleware를 중심으로 연결된다. Middleware는 VWorld에 데이터를 요청하는 검색부분, 반환된 데이터를 Middleware가 처리할 수 있는 형태로 변환하는 수신데이터 변환부분, 변환된 데이터를 Revit객체로 생성하고, Revit 모델을 VWorld Desktop에서 사용할 수 있는 데이터로 변환하는 Revit데이터 변환부분으로 구성되어있다. 검색부분에서 요청을 위한 키워드는 다양한 형태를 사용할 수 있으나 토지와 관련된 정확한 결과를 위해서는 지번주소를 이용함이 적합하다. 이는 지적도정보의 취득과도 관련 있다. 검색부분은 키워드를 이용해서 검색한 결과를 목록과 이미지(2D 지도와 위성사진)를 이용해서 사용자가 확인할 수 있게 해준다. 검색결과를 승인하면 수신데이터 변환부분에서 수신된 다양한 데이터(DEM, Real3D, XML, 좌표)를 형상정보와 속성정보로 분리하여 내부적으로 사용할 수 있는 형태로 변환한다. 이때 형상정보는 3D지형, 3D건물, 위성사진, 지도이미지, 지적도를 포함하고, 속성정보는 토지관련, 지역지구관련, 건물, 기타정보로 구성된다. 변환된 수신데이터들은 Revit데이터 변환부분에서 Revit객체로 변환 및 생성된다. 이렇게 생성된 Revit객체들은 지형객체, 건물을 위한 매스객체, 지적도를 위한 Property line객체이며, 속성정보들은 관련된 객체에 사용자정의 파라미터로 저장 된다.



<그림 6> 시스템 구성도

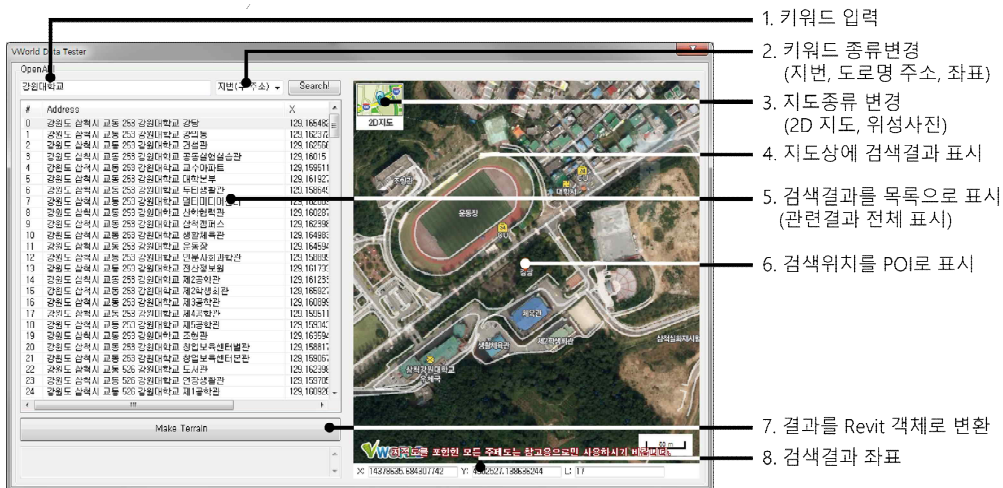
Middleware를 통해 구축된 Revit객체를 이용하여 건축설계자들은 설계 작업을 수행하고 수행된 결과는 다시 Middleware의 Revit데이터 변환부분을 이용하여 VWorld Desktop을 위한 데이터로 변환된다. 이때 상세한 Revit모델을 VWorld로 보낼 수 없다. 이러한 이유로 상세한 Revit 모

텔은 Web상에서 구동되는 BIM모델뷰어를 통해 제공한다. BIM모델뷰어를 위한 데이터의 생성은 Middleware를 거치지 않고 Revit에서 직접 수행한다. 이 문제에 관한 내용은 “2장 1절 Virtual Globe를 이용한 GIS 활용”에 설명되어 있다.

상기의 시스템 구조를 바탕으로 구현된 Middleware는 검색과 Revit객체 생성의 2가지 부분으로 구성되어 있다. 검색부분의 구성과 제작된 기능은 표 2와 같다. 검색부분의 기능은 검색과 검색결과 표시로 구분된다.

<표 2> VWorld 데이터 요청용 검색 관련 기능 목록

구분	기능	설명
검색	MainLogic::SearchAddress()	검색결과 다이얼로그를 생성하며, 선택지형에 대한 GeoPoint 정보 값을 설정하며, 이 값은 향후 지형생성 시에 사용됨
	RibbonUI::Callback_TextBox_AddressSearch_EnterPressed()	TextBox에 입력된 지역정보를 키워드로 사용하여 검색 요청
	VWorld_OpenAPI_Wrapper::AddressSearchResultParseFromXML	쿼리된 검색결과를 파싱 후 정의된 결과를 구조체 리스트 로 가공
	VWorld_OpenAPI_Wrapper::ConvertAddress2Coordinate()	주소를 좌표로 변환, Vworld에서 데이터를 요청 시 좌표를 사용하여야함
	http://apis.vworld.kr/jibun2coord.do?[과라미터]&callback=[func] WebBrowser::InvokeScript()	변환된 좌표와 Mash-up 스크립트를 사용하여 Map 브라우저 갱신, 사용되는 파라미터는q=[지번주소], apiKey=[인증키], domain=[도메인], output=[리턴타입], epsg=[좌표계]
검색 결과 표시	UI_Search_List::BTN_ADDRESS_SEARCH_Click()	검색키워드를 브이월드 래퍼함수를 사용해 검색 후, 검색 결과를 리스트 컨트롤에 출력
	VWorld_OpenAPI_Wrapper::AddressSearch()	검색 URL을 통해 Poi/Jibun/Juso 타입 또는 xml 형식으로 요청, http://map.vworld.kr/search.do/result/poi를 이용하여 검색된 지명개수를 구하며, 검색된 지명개수와 페이지 연산 등을 통해 페이지 전체리스트 표시하도록 처리
	UI_Search_List::LISTVIEW_ADDRESS_RESULT_ItemSelectionChanged()	검색결과가 표시된 리스트 중 항목을 선택하면, 선택된 항목의 좌표정보를 사용하여 검색창의 지도표시 창에 지도 매시업(Mash-up)을 이용하여 표시
	Mashup_Script::SetPositionCoordinate()	VWorld apiMap의 x,y 위치설정 및 마커생성설정



<그림 7> 구현된 VWorld 데이터 검색 창 구성

이 기능들을 이용하여 구축된 검색창의 구성은 그림 7과 같다. 검색창은 그림과 같이 8개의 부분으로 구성되어 있으며 검색결과는 목록(그림상의 5)과 2D지도와 위성사진을 제공하는 이미지(그림상의 4)로 제공된다. 키워드입력과 키워드종류 변환부분을 통해 키워드를 입력할 수 있으며(그림상의 1, 2), 그림으로 검색된 결과를 표시하는 부분에서 2D지도와 위성사진으로 결과 표시내용을 변경할 수 있는 버튼(그림상의 3)이 있어 사용자가 2D지도와 위성사진을 필요시 선택

택 할 수 있다. 이미지에서 선택한 장소는 POI형태로 표시되어 사용자가 정확한 위치를 파악할 수 있게 도와준다(그림상의 6). POI로 표시된 선택장소의 좌표는 이미지표시부분 하단에 표시한다(그림상의 8). 모든 것이 확인 및 결정되면 수신된 데이터를 Revit객체로 변환 생성한다. Revit객체 생성부분을 위한 기능은 데이터처리, 객체생성, 속성생성부분으로 구분되면 이에 대한 자세한 내용은 표 3과 같다.

<표 3> 검색결과를 Revit 객체로 변화 및 생성을 위한 기능 목록

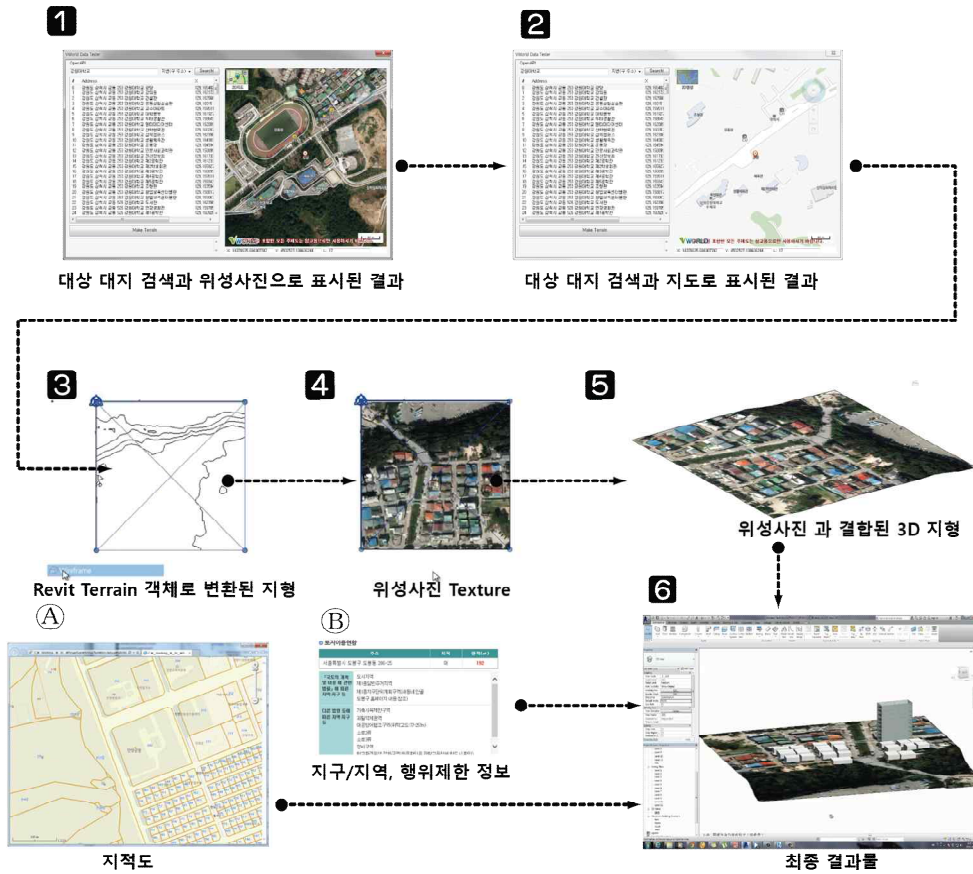
구분	기능	설명
데이터 처리	MainLogic::GetNodeData()	선택된 지번리스트의 기본좌표(GeoPoint)를 이용하여 영역내의 DataNodeInfo3D 리스트 요청
	VWorld_OpenAPI_Wrapper.DataSearchRequest()	영역과 레벨기준으로 DEM 정보를 요청하고, 정보리스트를 반환받음
	VWorld_OpenAPI_Wrapper::DataNodeListParseFromXML()	반환된 검색 결과를 파싱(Phrasing) 후 정의된 결과를 구조체리스트로 가공
	VWorld_OpenAPI_Wrapper.LayerNodeDataRequest()	DEM 인덱스정보와 레벨기준으로 지형데이터 및 이미지데이터를 수신하고 저장처리
객체 생성	MainLogic::MakeTerrain()	선택 지역정보에 대한 DEM정보를 요청하고, 반환 값을 사용하여 지표면 객체생성을 Revit에 요청
	DEM_Manager::AddDEMData()	저장된 지형정보를 파싱(Phrasing)하여 DEM_Storage 구조체리스트로 할당
	Map_Manager::AddTileMap()	저장된 이미지정보를 TileMapImage 구조체리스트로 할당
	MainLogic::MakeTerrain()	GetNodeData()를 통해 생성된 DEM정보를 통하여 지형표면정보 설정, 반환된 DEM정보에 대해 65X65루프를 돌며 각 포지션별 높이값을 구하여 Autodesk.Revit.DB.XYZ 클래스 배열에 세팅
	RevitSDK::TopographySurface::Create()	셋팅된 Autodesk.Revit.DB.XYZ 구조배열을 전달하여 Revit 상의 지표면객체를 생성
속성 생성	VWorld_OpenAPI_Wrapper.Ref2D_Data_Request()	속성정보 요청 및 처리

그림 8은 시스템 구현결과를 보여주고 있다. 그림 8의 1과 2는 VWorld Middleware의 시작화면이자 검색창이다. 1 과 2의 차이는 검색위치를 확인하기 위해 보여주는 지도의 종류이며, 1은 위성사진, 2는 2D지도를 이용한 것이다. 3은 검색결과에서 선택한 위치를 Revit지형객체로 변환한 결과를 배치도상에 표현된 결과이며, 4는 지형객체상의 위치를 구분하기 위해 사용될 위성사진이미지이다. 5는 생성된 지형객체에 위성사진이 맵핑된 결과를 보여주고 있다. 그림의 A는 검색된 지적도, B는 검색된 토지의 속성정보이며, 토지속성정보는, 주소, 면적, 개발행위제한 내용, 지역 및 지구정보, 토지 공시지가를 포함하고 있다. 최종적으로 이러한 정보들이 통합된 결과는 6이다. 6은 취합된 정보를 바탕으로 건물의 초기규모산정을 시행한 결과이다.

본 연구를 통해 개발된 Middleware와 현재 사용되고 있는 유사사례를 비교한 결과는 표 4에서 확인할 수 있으며, 가장 큰 차이점은 토지관련 정보와 같은 지리공간속성정보의 제공여부 이다.

표 4 개발된 시스템과 기존 시스템 비교

	Middleware(본연구)	Sketchup GE plugin	CADtoEarth
GIS 정보 관리주체	한국 정부	미국 Google	미국 Google
GIS 속성정보 제공(지적, 지역지구등)	제공	제공안함	제공 안함
3D지형 및 위성/지도이미지	제공	제공	제공
지적도	제공	미제공	미제공
3D 건물	제공	미제공	미제공
적용 플랫폼	Revit	Sketchup	Revit / Autocad



<그림 8> 시스템 구현결과 및 작업 프로세스

4. 결론

GIS정보는 건축설계 초기단계에서 대상대지와 관련된 정보를 쉽게 사용할 수 있는 방법을 제공하며, 설계 대상건물의 주변상황 이해를 빠르게 할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 건축설계 단계에서부터 GIS정보의 사용은 정밀한 건물정보를 GIS에서 사용할 수 있는 가능성을 제공한다. 건축분야와 GIS분야는 서로 다른 분야로 인식되고 상호정보에 접근이 어렵다는 선입관 때문에 정보를 상호 사용하는 것이 심각하게 고려되지 못한 상황이다. 하지만 상호운용의 필요성에 대한 인식과 정보의 측면으로 건축설계를 수행하는 BIM개념의 도입은 CAD/BIM/GIS통합의 필요성을 제안하는 계기가 되었다. 하지만, 건축설계를 위한 GIS정보를 구축하기 위해서는 많은 비용, 시간, 노력이 필요한 관계로 공개된 정보를 취득하는 것은 용이한 일이 아니다. 이러한 이유로 국토교통부의 Vworld는 CAD/BIM/GIS융합을 위한 정보기반시설이라는 측면에서 의미가 있다. 정보주도하에서 국가지리정보를 일반에게 공개적으로 제공하는 경우는 그 사례를 해외에서도 찾기가 어렵다. 사실 VWorld를 Google Earth를 모방한 시스템이라고 폄하하는 사례가 있으나, 이는 VWorld가 제공하는 정보가 Google Earth와 비교하여 풍부하다는 사실을 인지하지 못했기 때문이다. VWorld서비스와 같은 뛰어난 IT기술과 통신기반시설을 가지고 있는 국내의 환경은 CAD/BIM/GIS통합실험을 위한 완벽한 환경을 제공한다고 볼 수 있다. 본 연구는 건물정보를 위한 건물, 도시, 국가차원으로 분리된 이종 간의 정보를 단절 없이 효과적인 통합을 위한 초기연구의 하나이다.

BIM은 3D 및 2D형상과 이와 관련된 속성으로 이루어진 정보를 처리함으로써 건축계 내에서도 서로다른분야로 인식되어 통합이 이루어지지 않던 건축, 구조, 설비를 통합할 수 있는 기반을

제공했다. 또한, 이러한 상황은 BIM과 GIS통합을 통하여 BIM의 적용범위를 단일건물에서 도시, 국가, 지구차원으로 확장이 가능할 것이라는 기대를 촉발하였다. 본 연구를 통해서 CAD/BIM/GIS통합을 BIM을 중심으로 BEIM(Building Environment Information Modelling: 건물환경정보모델링)개념을 제안한다. BEIM은 독립된 단일분야에 초점을 맞추는 것이 아니라, 건조 환경의 형상과 속성을 다양한 이종분야 사이의 협력 및 통합 방법에 중점을 둔다. 이는 정부 주도의 VWorld와 같은 GIS서비스에서 제공하는 정보량과 수준을 고도화하고 이를 바탕으로 주변 환경에 적절히 대응하는 건축설계를 진행하고 이 결과물을 다시 GIS서비스의 고도화에 사용한다면 선순환결과를 이끌어낼 수 있다.

본 연구는 상기의 개념과 기대를 위한 첫걸음으로 토지 또는 지리공간관련 프로젝트정보를 필요로 하는 건축설계자들에게 GIS정보를 직접 제공하는 Middleware를 개발하는 것과 이를 활용하는 시스템을 구축하는 것을 목표로 하였다. 이 목표를 달성하기 위하여 VWorld에서 제공하는 프로젝트관련 정보인 지형객체, 위성사진, 지도이미지 및 3D건물외부모델, 지적도상의 대지경계선 같은 다양한 종류 및 수준의 지리공간형상정보 그리고 토지에서 건물규모를 계획하기 위한 기초정보인 용적률 및 건폐율계산을 위한 지구/지역정보 등의 속성정보를 BIM소프트웨어에 즉시 사용할 수 있는 형태로 제공하는 방법을 연구, 실험 및 구현하였다. 하지만, 본 연구에서 개발된 Middleware는 연구단계의 시스템으로서 최종사용자가 사용하기에는 부족한 점이 있다. 연구 중에 발견된 Middleware의 개선점으로는 첫째, 현재 일부지역의 지형정보가 수신되지 않고 있다. 이 문제는 Vworld측과 협의하여 해결해야 하는 것으로 판단된다. 둘째, 지형을 선택할 때 사용자가 임의로 범위를 지정할 수 없으며, 일부지역에서 선택한 위치가 표시되지 않는 문제가 발생한다. 이 문제의 발생원인은 Vworld에서 지형데이터를 일정하게 구획된 타일형태로 제공하고 있기 때문이다. 이를 해결하는 방법을 연구 중이며, 일부지역에서 선택한 위치가 표시되지 않는 이유도 타일의 경계선상에 선택위치가 존재하는 경우로 판단되어 1x1타일을 수신하는 대신 2x2타일을 수신하는 방법으로 해결하였으나, 근본적인 문제를 해결하는 방법을 연구 중이다. 셋째는 자동화문제이다, 현재 수신된 위성사진의 변환 및 맵핑, 3D지형의 프로젝트 레벨 상으로의 변환, 2x2타일로 분리된 지형객체의 결합은 수작업으로 진행되어야한다. 이문제의 해결을 위한 방법은 향후 처리할 계획이다.

위와 같은 개선사항이 존재하지만, 현재까지 본 연구를 통해 구축된 시스템은 BIM소프트웨어를 이용하여 설계하는 건축설계자들이 프로젝트관련 지리공간정보를 취득하는데 많은 시간과 노력을 절약할 수 있다는 사실을 확인할 수 있다. 즉, 대상지의 주소만 가지고 있으면, 분산되어 있는 정보제공 사이트들을 개별 방문하여 정보를 확인하고 별도로 기록 및 관리하는 시간과 노력을 윈스톱으로 처리할 수 있으며, 취득한 정보를 설계를 위해 가공하는 작업이 필요 없게 됨으로서 설계업무의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 특히 설계업무종사자보다 상대적으로 프로젝트정보의 취득에 어려움을 느끼는 건축설계관련학생들에게는 이 시스템의 효과는 기대이상일 것이라고 예상이 가능하다.

참고문헌

논문

- 주성일, 전한중, 위치정보기반 대학 캠퍼스 공간관리 시스템 구축에 관한 연구, 디자인융복합 연구, 디자인융복합학회, 2011, pp. 79-90
- Takase, Y., Sho N., Sone A., Shimiya K., Generation of Digital City Model. Journal of the Visualization Society of Japan, 2003 pp. 21-27

학술대회 및 세미나

- 김언용, 주성일, 전한중, 위치정보기반 디지털 건축모델링, 대한건축학회 학술발표대회, 2008. 10, pp. 37-40
- 김언용, 인천국제공항 통합공간관리 시스템 프로젝트를 통한 3D 공간관리시스템에 관한 연구, 한국 CAD/CAM학회 동계학술대회, 2015. 02, pp. 316-321
- Döllner J., Hagedon, B., Integrating Urban GIS, CAD, and BIM Data By Service-Based Virtual 3D City-Models, Urban Data Management Symposium, 2007. 10 pp.157-170
- Eonyong Kim, HyunAh Choi, Hanjong Jun, Creating and Sharing GIS based City Information for the Architectural Design Using a Virtual Globe, International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, 2008. 10 pp.880-884

인터넷 사이트

- 가이아3D, BIM on GIS project, <http://www.gaia3d.com/ko/?work=bim-on-gis>, 2015
- 국토교통부, 국가공간정보유통시스템, <http://www.nsic.go.kr>, 2015
- 국토교통부, 브이월드 맵 서비스, <http://map.vworld.kr/map/maps.do>, 2015
- 국토교통부, Vworld open API, <http://dev.vworld.kr/dev/api.do>, 2015
- OGC, OGC Approves KML as Open Standard, OGC Press releases, <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/857>, 2008
- OGC, "OWS-4 CAD/GIS/BIM", <http://www.ogcnetwork.net/node/236>, 2010
- AMC Bridge, CADtoEarth for Autodesk Revit User's Guide, http://cadtoearth.amcbridge.com/cadtoearth_manual.pdf, 2015
- Wikipedia, Virtual Globe, Wikipedia Homepage, http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_globe, 2015

보고서

- OGC, Request For Quotation and Call for Participation in the OGC Web Services 4 Initiative. Annex B: OWS-4 Architecture, 2006
- National Institute of Building Science, National Building In-formation Modeling Standard, Version 1.0, Part1, National In-stitute of Building Science, 2007