

BIM으로부터 가상도시 구축용 건축물정보의 추출

고 일 두* · 최 중 현** · 김 이 두*** · 정 연 석**** · 이 재 민*****

Extracting Building Geometry from BIM for 3-D City Model

IL-du Goh* · Joong-hyun Choi** · E-doo Kim*** · Yeon-suk Jeong**** · Jaemin Lee*****

요 약

본 연구는 다양한 형상과 정보를 가질 뿐만 아니라 신축 및 재건축을 통하여 끊임없이 갱신되는 건물에 대해 3-D GIS를 구축하기 위한 기초자료를 효율적으로 획득하고 관리하기 위한 방법을 제시한다. 먼저 건물정보모델(BIM)과 지리정보시스템(GIS)의 정보모델의 특징들을 비교해 보고, 가상도시 구축을 위한 정보모델인 CityGML과 건물표현을 위한 세밀도를 살펴본 다음, BIM으로부터 CityGML에 따른 건물정보를 추출하기 위한 프로토타입을 구현하여 실행사례를 보인다. 본 연구의 접근방법은 건축설계 및 건축관련 엔지니어링 사무소, 또는 건설회사에서 CAD로 작성한 기존의 건물 및 부지에 관련한 2, 3차원 정보뿐만 아니라 새로운 추세로 자리잡는 IFC 정보를 활용할 수 있어 국가 지리정보시스템내에 건물 외형과 내부 모델을 구축하기 위한 많은 노력을 절감할 수 있다는 장점이 있다.

주요어 : 가상도시, 건물정보모델, 지리정보시스템, IFC, CityGML

ABSTRACT : This study proposes a method for acquiring and managing basic information on building, which is continuously updated through construction and re-construction, in order to implement 3D-GIS based on geometric shape information and building information. First of all, distinctions between BIM and GIS information models are described, and then an overview of CityGML for virtual city and its Level of Detail are introduced. At last, a prototype for extracting building geometry from BIM data in accordance with CityGML is presented for demonstration. By using IFC data from BIM, this approach enables a lot of firms and

*서울산업대학교 건축공학과 교수(gid@snut.ac.kr)

**우송대학교 건축학부 교수

***울산대학교 건축대학 교수

****조지아텍 건축대학 선임연구원

*****조지아텍 건축대학 박사과정

contractors in building industry to utilize their 2D/3D data on sites and buildings, and also to save many efforts for generating exterior and interior building models which are inevitable for implementing National GIS.

Keywords : virtual city, building information modeling, geographic information systems, industry foundation classes, CityGML

1. 서 론

GIS(Geographic Information System)는 지리관련 정보, 즉, 위치를 기반으로 하는 자료를 획득하여 저장하고, 필요한 항목을 검색, 분석하고, 표현할 수 있는 시스템을 의미한다. 우리나라는 이러한 GIS에 관련한 산업을 미래 성장동력으로 간주하여 1995년부터 제1,2차 국가 GIS 구축사업을 수행하여 지형도, 지적도, 도로, 하천, 건물 등의 기본지리정보체계를 구축하였다. 또한 이 사업의 일환인 국토해양부의 3차원 국토공간정보 구축사업과 국토지리원의 다차원 공간정보구축사업에서는 시범도시를 선정하여 3차원 가상도시 시스템을 구축하였고, 이를 신규 건축물의 인, 허가시에 설계된 건축을 가상도시내에 배치해봄으로써 주변경관과의 조화, 조망권, 가시권, 일조권 등의 객관적인 판단자료를 제공하는 것을 비롯한 도시계획, 도시개발, 도로건설 등에 모의실험용으로 활용함으로써 과학적이고 합리적인 의사결정을 지원할 수 있도록 추진되고 있다(국토해양부, 2005).

이러한 성과에 따라, 2005년부터 2010년까지 진행되는 제3차 국가GIS 기본계획에서는 수요자중심의 기본지리정보 구축을

완료하여 국가GIS활용을 고도화하고 내실화하면서 표준화된 고품질의 기본지리정보를 공공 및 민간 차원으로 제공함으로써 유비쿼터스 국토실현을 위한 기반을 조성하는 것을 그 목적으로 하고 있다. 지능형 국토공간정보기술개발을 목표로 하는 u-GIS사업은 국토공간정보의 가공, 관리, 유통에 필요한 IT기반의 핵심기술을 개발하여 이러한 국가GIS구축사업을 성공적으로 추진하기 위한 주요사업이다. 이러한 u-GIS를 구현하기 위해서 2-D GIS에 3차원 자료모델링, 컴퓨터 그래픽스에 의한 시각화기법 등이 추가된 3-D GIS에 기반한 지리정보의 구축과 갱신이 필수적이다(장문현 2007).

건축물은 3-D GIS를 바탕으로 국가GIS를 구축하기 위한 기본지리정보로 주요한 구성요소들 중의 하나이다. 건물은 다양한 형상과 정보를 가질 뿐만 아니라 신축 및 재건축을 통하여 끊임없이 갱신되기 때문에 GIS로 그 자료를 구축하기 위해서는 효율적으로 자료를 획득하고 관리하기 위한 방법이 요구된다. 본 연구는 건축설계 및 건축관련 엔지니어링 사무소, 또는 건설회사에서 CAD/BIM으로 작성된 건물 정보로 가상국토 또는 가상도시 구축을 위한 3-D 건물모델을 생성하는 방법을 제시한다.

2. BIM과 GIS의 연계


2.1 BIM과 GIS의 특징

BIM (Building Information Modeling) 기술은 2002년 Autodesk 사에 의해서 소개된 이후로 건축계획, 설계, 엔지니어링, 시공, 유지관리, 에너지 등 건설산업의 전 분야에 걸쳐 광범위하게 적용되어가고 있으며, 기존의 2차원 기반의 도면 정보체계를 건물의 실제 형상과 정보를 가지는 3차원 파라메트릭 솔리드 모델링 기반의 정보체계로 건설산업의 패러다임을 변화시키고 있다. 대부분의 BIM용 프로그램들은 국제표준 데이터모델인 IFC(Industry Foundation Classes)

데이터를 읽고 저장하는 기능을 지원한다. BIM용 프로그램은 건축계획 단계를 위한 ArchiCAD, Revit Building, Bentley Architecture, 그리고 Digital Project 등과 엔지니어링 단계를 위한 Graphisoft Constructor, Revit Structure, Bentley Structural, 그리고 Tekla Structures 등으로 대별된다.

이러한 BIM은 표 1에서 보는 바와 같이 건물의 내부공간을 주로 다루며, 위상구조가 없이 건물의 주요 구성요소인 벽체, 슬라브, 보, 기둥 등의 부재단위로 도면표현, 재질, 형태 등의 세부정보를 가지도록 모델링된다. 반면에 GIS는 지리정보를 다루기 때문에 건물인 경우에는 그 외형이나 건물주변의 외부공간을 주로 다루며, 점,

<표 1> BIM과 GIS의 특성비교(건축물 위주)

구분	BIM	GIS
주요 표현대상	건물의 내부공간	건물의외형 및 외부공간
표현요소	위상구조 없음, 벽체, 슬라브, 보, 기둥 등의 건물의 부재단위로 도면표현, 재질, 형태 등 세부정보를 가짐	위상구조를 가짐, 점, 선, 면의 공간객체와 속성자료의 연계
이용 분야	건축설계, 실내공간분석, 물량산출, 시공, 유지관리	지리공간분야(지형, 지적), 도시계획, 교통계획, 시설물계획, 환경관리, 자원관리, 재난관리
상용 프로그램	GraphiSoft ArchiCAD, Autodesk Revit, Bentley Architecture, Gehry Technologies Digital Project	ESRI ArcGIS
BIM과 GIS의 통합과 활용분야	건물단위 ← 지역단위 / 도시단위 → 국토단위 (Interior Model) (City/Site Model) (Regional Model)	
		
건축계획 및 설계, 단지계획 및 설계, 도시경관분석, 도시계획, 도면관리, 시설물관리, 보안관리, 재난관리, 관광, 텔레매틱스 등		

선, 면으로 구성되는 위상구조로 각 위상 요소에 관련한 속성자료를 테이블형태로 가진다. 이러한 GIS는 지리공간분야(지형, 지적), 도시계획, 교통계획, 시설물계획, 환경관리, 자원관리, 재난관리 등에 널리 활용되고 있다.

따라서, 건물단위의 세부정보를 표현하는 BIM과 국토 및 지구단위의 지리정보를 가지는 GIS를 통합하면 지리공간을 기반으로 하는 지역 및 도시단위의 정보를 효율적으로 관리하고 분석할 수 있다. 즉, BIM에서 모델링된 건물정보를 GIS와 통합하여 가상도시를 구축하면, 건축계획 및 설계, 단지계획 및 설계, 도시경관분석 및 도시계획, 공간정보 위주의 도면관리 및 시설물관리, 보안관리, 재난관리 등의 업무가 고급화되고, 효율적이며 많은 비용을 절감할 수 있다. 뿐만 아니라, 시티투어 등의 관광, 차량과 보행인 길안내, 중계국위 치 선정 등의 텔레매틱스분야 등의 공공 및 민간분야의 여러 산업분야를 위한 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

2.2 CityGML의 건물모델

GML(Geography Markup Language)은 3차원 가상도시모델의 저장 및 교환을 위한 XML기반 데이터모델로, OGC(Open Geospatial Consortium)에 의해 개발되는 ISO 19136의 국제표준이다. 그러나 GML은 메타형식으로 그 구체적인 교환형식은 CityGML(City Geography Markup Language)과 같은 응용스키마에 의해 구현된다. CityGML은 도시 및 지역에 관한 모델에서 주제가 되는 지리정보요소에 대한 객체와 객체들의 관계

를 3차원 기하, 3차원 위상, 의미(semantics) 및 표현(appearance) 등의 속성들로 정의하여, 도시모형, 도시자료마이닝, 시설물관리, 그리고 주제검색과 같은 여러 응용분야에서 복잡한 분석업무를 수행할 수 있는 3-D 가상도시모델을 가능하게 한다(OGC, Gerhard Gröger와 2007). 이를 위하여 CityGML에서는 도시를 구성하는 요소들을 위해 48개의 그룹과 12,500의 객체로 분류되는 VOTT(Visual Objects Taxonomy/Thesaurus)를 제시하고 있다. 이러한 3차원 모델의 라이브러리는 <http://visism.uwf.edu>에서 참고할 수 있다.

한편, 우리나라의 3차원 국토공간정보 사업에서도 핵심적인 공간구성요소로 21개의 핵심항목을 설정하여 단위도로면, 도로교차면, 단위철도면, 입체교차부, 교량, 터널 등의 교통; 일반주택, 공동주택, 문화/교육시설, 의료;복지시설,서비스시설,기타 복지시설,공공기관,산업시설 등의 건물; 유적, 건축물군, 기념물 등의 문화재, 하천부속물, 제방, 호안 등의 수자원, 그리고 DEM의 지형 등을 표현하고 있다. 건물에 대해 우리나라의 3차원 국토공간정보 사업에서 설정한 세밀도와 CityGML에서 설정한 세밀도의 관계는 표 2와 같다(국토지리원, 2006).

표 2에 나타난 바와 같이, CityGML에서는 건물을 표현하기 위하여 5단계의 세밀도(LoD 0 - LoD 4)를 제공하고 있다. LoD 1은 지붕의 실제형태를 고려하지 않고 박스형태로 묘사하며, LoD 2는 벽, 지붕, 지표면 등을 실제형태를 고려하고 있으며, LoD 3은 창문 및 출입문까지 세부적인 건물모델을 표현한다. 건물을 가장 세밀하게

<표 2> 건축물세밀도의 비교(국토지리원, 2006)

3차원 국토공간정보		LOD 구분		CityGML	
			LoD 0		2.5D의 수치지형모델(DTM)
	지붕없는 단순블록	Level 1	LoD 1		블록 형태
	층구분, 기본 color 표현	Level 2	LoD 2		벽, 지붕, 지표면 표현
	지붕, 창문, 출입문 표현	Level 3	LoD 3		창문, 출입문까지 표현
	건물의 재질까지 정교하게 표현	Level 4	LoD 4		층내부, 방, 내부 가구, 내부 벽, 천장까지 표현
			LoD 4		층내부, 방, 내부 가구, 내부 벽, 천장까지 표현

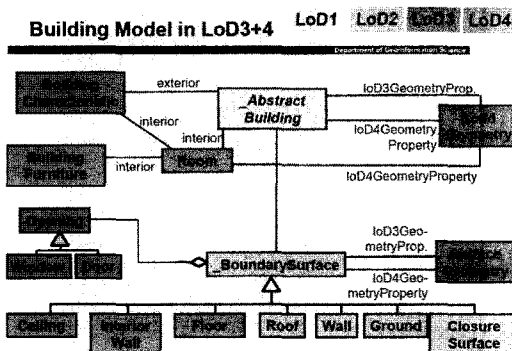
표현하는 LoD 4는 내부벽체, 층, 천정, 실내공간과 가구 등까지 묘사할 수 있다. LoD 4로 표현되는 건물의 내부모델은 재난관리를 위한 피난경로계획이나 로봇의 움직임을 제어하는 데 사용될 수 있다. 그림 1은 CityGML에서 제시한 건축물 표현을 위한 LoD 3과 LoD 4의 정보모델을 UML(Unified Modeling Language)형태로 보

여준다. 하나의 건물은 동시에 여러 개의 세밀도로 표현될 수 있으며, 이러한 건물 정보의 세밀도는 필요에 따라 적정하게 조정될 수 있어 도시차원의 시각화과정에서 대상건물의 원근에 따라 사용될 수 있다 (이현숙·문정옥외, 2006).

2.3 BIM과 GIS의 통합방식에 대한 기존의 연구동향

BIM과 GIS를 통합하려는 노력은 크게 NIBS (National Institute of Building Sciences)의 NBIMS (National BIM Standard)와 BuildingSmart Alliance, IAI(International Alliance for Interoperability), OGC(Open Geospatial Consortium Inc.) 등을 들 수 있다. 또한 USACE(US Army Corps of Engineers)에서도 BIM과 GIS의 통합에 의해 업무효율을 추구하기 위한 여러 프로젝트들을 진행하고 있다(NIBS; IAI; USACE). 이러한 연구들에서 BIM과 GIS를 통합하기 위한 방식은 다음과 같이 3가지로 대별된다.

- 1) BIM을 GIS로 연계 - 건축도면(CAD/BIM)에 포함된 건물, 지형, 지적, 도로, 단지 계획 등의 정보를 GIS로 전달하여 3차원 공간정보를 구축하는 방식으로 가상도시 구현에 이용된다. 예를 들면, 스케치업으로 구성한 모델을 Google Earth상에서 시각화하는 경우이다. 일반적으로 BIM에는 건물에 관한 충분한 정보를 가지고 있으므로 가상도시 구축을 위한 CityGML의 높은 세밀도(LoD 3 또는 LoD 4)의 건물을 표현할 수 있다. 따라서 CityGML의 건물모델에서도 IFC의 공간



[그림 1] CityGML의 LoD 3 & 4의 정보모델 (Thomas H. Kolbe, 2007)

(Space)객체를 실내공간(room)객체로, 속성집합(Property Set)을 범용속성(Generic Attribute, ADE)으로 활용하고 있다. 그러나 정보가 BIM에서 GIS로 한방향으로만 진행되므로, 도시의 지리정보에 대한 정보를 BIM에서 활용할 수 없다는 단점이 있다.

- 2) GIS를 BIM으로 연계 - BIM에서 GIS로부터 제공되는 정보를 통합하는 방식으로, BIM을 사용하는 건축계획, 엔지니어링, 시공 등의 업무에서 주변 여건에 관한 정보를 획득하기 위하여 GIS를 활용할 수 있다. 예를 들면, GIS로부터 상하수도, 전력, 통신, 가스 등의 기본 지리정보를 받아 건물계획 및 설계하는 과정에서 참조하거나 지구단위 계획에 사용하는 경우이다. 이처럼 주변여건에 관한 지리정보는 BIM에서 건물정보를 구축하기 위한 기본자료가 되기도 한다. 우리나라의 국가GIS구축사업을 이러한 기본지리정보를 제공하려는 목표로 추진되고 있다.
- 3) BIM과 GIS의 데이터베이스 공유 - 통합 데이터베이스를 구축하는 방식으로, BIM의 사용자는 자신의 데이터외에 GIS의 정보를 활용할 수 있고, GIS측면에서도 필요한 BIM의 정보를 즉시 활용할 수 있다. 이러한 방식으로 BIM과 GIS를 통합하려는 사례로는 NBIMS, IFC의 IFC/ifcXML의 공통모델 등을 들 수 있다. USACE에서는 BIM데이터를 관계형 데이터베이스에 저장하여 BIM과 GIS에서 동시에 사용될 수 있는 모델을 제시하고 있다. BuildingSmart Alliance에서도 OGC와 협

력하여 기존의 IFC모델을 확장하여 GIS와 연계한 통합데이터모델을 구축하려는 노력을 하고 있다(NIBS; IAI; USACE).

한편, 이처럼 최근 빠르게 진행되고 있는 BIM/IFC 기술과 기존의 GIS 시스템과의 연계 및 통합을 위한 연구는 다양한 프로젝트 형식으로 추진되고 있으나, 학술적인 연구는 아직 초기단계에 있다. IFC 데이터 모델을 GML 데이터 모델로 변환하는 Wu와 Hsieh의 연구에서는 IFC의 정방형 Swept Solid 모델을 GML의 B-rep 모델로 변환하는 방법을 제시한 후에 텍스트 기반으로 선택된 IFC 객체들에 대해 객체단위로 전체좌표계로 변환된 GML 정보를 생성한다(Wu and Hsieh 2007). 그러나 이 연구는 보, 기둥 그리고 슬라브 부재로만 모델링 된 단순한 구조물에 대한 시연을 보여주는 초보단계의 연구이며, CityGML의 세밀도별 정보추출은 고려하지 않고 있다. 가상도시 구축을 위하여 건축물을 비롯한 도시 구성요소들의 정보모델을 구축하려는 CityGML 개발팀은 베를린공과대학의 Thomas H. Kolbe 교수를 주축으로 활발히 연구를 진행시키고 있으며, 가상도시 구축을 위해서 세밀도에 따른 건물의 3차원 모델들의 특성을 정의하고 평가하기 위하여 자바언어로 된 프로토타입을 개발하여 Aristoteles Viewer를 제공하고 있다(CityGML.org). 이 뷰어는 GML 3.x형식으로 주어진 데이터를 가시화하고, 편집하고, 업데이트 할 수 있다. 이러한 CityGML의 정보모델은 현재 국제표준으로 채택되기 위한 최종단계에 있다(OGC, Gerhard Gröger의 2007).

이에 본 연구에서는 건물의 생애주기 동안에 발생하는 정보를 포함하는 IFC 데이터를 GIS에서 국제표준으로 활용될 CityGML에서 활용가능한 형상정보로 변환함으로써 IFC에 포함된 다양한 건설정보를 GIS와 통합하기 위한 기저를 제공한다.

3. BIM으로부터 건물정보의 추출

3.1 BIM/IFC와 GIS/CityGML간의 정보모델 변환

일반적으로 BIM용 프로그램들은 내부 모델이 표현하고 있는 정보를 다양한 형식으로 내보낼 수 있는 기능을 제공하고 있

다. 예를 들면, Autodesk의 Revit과 Graphisoft의 ArchiCAD는 DXF, DGN, IFC/IFCXML 등의 형식으로 저장할 수 있다. 본 연구에서는 대부분의 BIM용 프로그램들이 IAI의 국제표준모델인 IFC를 지원하는 현실을 고려하여 BIM으로부터 IFC파일을 생성하고 이를 바탕으로 CityGML에서 제시한 세밀도에 따른 건물모델을 표현할 수 있는 형상자료를 추출하는 방법을 제시한다. 본 연구에서는 표 3과 같이 BIM/IFC가 갖는 다양한 정보 중에서 CityGML에서 제시한 건물의 세밀도에 관련한 항목들의 3차원 다각형 정보만을 우선적으로 추출한다. 본 연구에서는 이러한 정보는 추후 ArcGIS의 지리정보데이터베이스에서 지원하는 다각형기반의 TriangleStrip, TriangleFan, Ring, MultiPatch

<표 3> IFC에서 CityGML으로 변환되는 건물모델정보

* 아래 표에서 LoD 3+와 LoD 4+는 본 연구에서의 분류임

CityGML 건물모델 수준	IFC로부터 추출되는 정보	용도
LoD 0	2.5차원 수치지형모델 TINs(Triangulated Irregular Network), Grids, 3D Break-lines, 3D Mass Points 등	Regional model
LoD 1	지붕모델이 없는 블록모델 건물의 입면을 구성하는 외부벽체로부터 입면정보를 추출하고, 이로부터 2.5차원의 입체를 구성(필요시 면에 질감을 표현하여 상세표현 구현)	City/ Site model로 도시계획 및 설계, 외부공간 표현, 네비게이션 등에 활용
LoD 2	지붕모델을 갖는 건물모델 건물의 입면을 구성하는 외부벽체에 대한 개별 입면, 지붕에 관한 면, 바닥면 등의 정보로 3차원 입체를 구성(필요시 면에 질감을 표현하여 상세표현 구현)	
LoD 3	상세한 건축외형모델 LoD 2의 정보에 창문과 문과 같은 개구부를 감안한 건물의 입체정보 구현(창의 형상까지 질감표현 가능)	LoD 2의 용도이외에 도시경관 검토 등에 활용이 가능
	LoD 3+	상세한 건축외형모델 이외에, 건물의 모든 물리적 구성요소(빌딩, 지붕, 슬라브, 벽체, 보, 기둥, 문, 창문 등)에 대한 3차원 입체구성을 포함 건물의 구조체에 대한 정보를 제공하므로 방재 등에 활용이 가능
LoD 4	실내정보를 갖는 건물모델 LoD 3의 정보 이외에 내부벽체, 슬라브, 천정, 실내공간(실, 가구)의 건축적 구성요소를 표현	건축 실내공간의 표현 및 관리 등에 응용
	LoD 4+	실내정보를 갖는 건물모델 이외에, LoD 3+에 엔지니어링 도면(건축,구조,설비,시공,유지관리 등)대한 상세도와도 연계 건물정보에 대한 통합관리가 가능

등의 벡터데이터를 구성하는 데도 활용될 수 있다.

3.2 IFC파일로부터 CityGML을 위한 기하형상의 구성

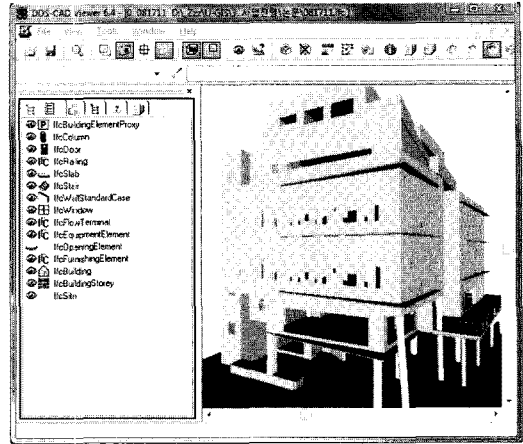
BIM용 프로그램인 ArchiCAD로 모델링된 신축 건축물을 대상으로 본 연구의 개념을 설명한다. 이 건물은 울산광역시 무거동에 위치한 규모가 7층이고 외형이 비정형인 근린상가이다. ArchiCAD로 모델링된 이 건물을 IFC2x3 파일로 저장한 다음, IFC 가시화 프로그램인 DDS-CAD Viewer에서 읽어들이는 모습은 그림 2와 같으며, 건물의 사진은 그림 3과 같다.

이 건물모델을 가상도시를 구축하기 위한 CityGML의 LoD 3 수준, 즉, 실제 지붕과 개구부를 고려하는 벽체로 표현되는 정밀도의 건물의 외관을 보이기로 한다. 이러한 목적을 위하여 IFC 파일을 입력으로 건물정보모델을 가시화하고 검토해볼 수 있는 Solibri 회사의 Solibri Model Checker 프로그램을 사용하였다(Solibri, Inc. 2008). 그림 4는 IFC 파일에 저장된 정보로 건물의 외관을 구성하는 외부 벽체만을 탐색하여 와이어 프레임 모델로 가시화시킨 사례이다.

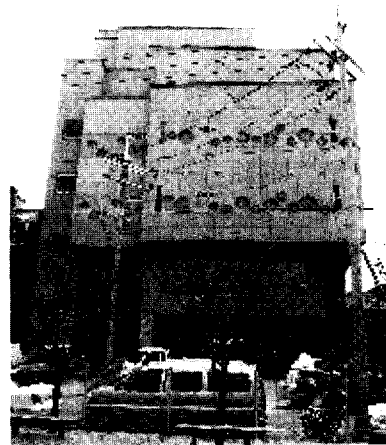
3.3 프로토타입의 구현

1) 시스템의 구성

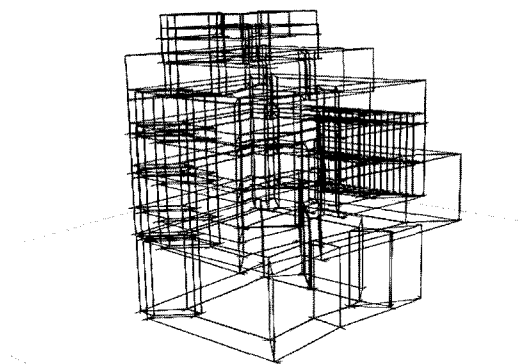
본 연구는 BIM 정보를 GIS 정보로 변환하기 위한 첫 번째 연구단계로, BIM용 프로그램



[그림 2] IFC 파일의 가시화



[그림 3] 건물의 실제 사진



[그림 4] LoD 3 수준의 정보 가시화 사례

램에서 저장된 IFC파일을 읽어들이며 CityGML에서 요구되는 다각형기반의 기하형상을 추출하는 응용프로그램을 제시한다. C++ 프로그래밍 환경에서 개발된 본 프로그램은 그림 5에서 보는 바와 같이 크게 두 개의 응용모듈로 구성된다.

첫 번째 응용모듈은 BIM으로부터 생성된 건물정보를 변환 프로그램인 IFC2GIS로 읽어들이는 모듈이다. 이 모듈은 IFC 데이터 구조를 응용프로그램 상에서 다룰 수 있도록 지원하는 C++ 클래스가 요구된다. 본 연구에서는 이러한 C++ 클래스를 생성하기 위해서 EXPRESS 스키마 컴파일러인 ST-Developer를 사용하였다. ST-Developer는 IFC EXPRESS 스키마로부터 C++ 클래스들을 생성해주는 데, 이러한 클래스들은 건물정보를 기본적으로 메모리상에서 다룰 수 있도록 구성자(Constructor), 데이터 필드(Field) 및 함수(Method) 등을 제공한다(Steptools, Inc., 2008). 따라서 BIM 툴로부터 생성된 건물모델의 데이터 인스턴스(Instance) 값들을 IFC2GIS 프로그램으로 업로드시켜줄 수 있다.

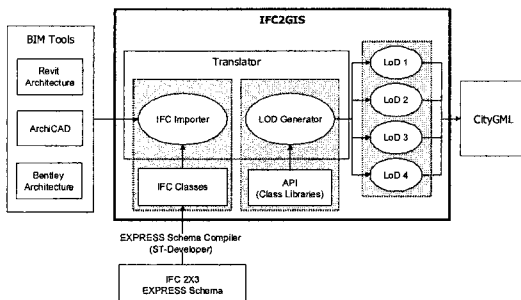
두 번째 응용모듈은 업로드된 건물정보를 CityGML에서 제시한 건물의 세밀도 별로 기하형상을 가공하는 모듈이다. 현재

이 모듈은 IFC에 포함된 건물정보로부터 CityGML의 LoD 3에 따른 건물형상정보를 생성한다. 일반적으로 IFC의 벽체는 층별과 기둥간의 벽체들 또는 커튼월과 같은 단일 벽체로 모델링되므로, 2.5차원 또는 3차원 형상을 갖는 LoD 1과 2의 입면과 일치하지 않는다. LoD 1과 2에 해당하는 형상정보를 추출하기 위해서는 CAG(Constructive Area Geometry) 방법론에 의해 각 LoD 별로 건물정보를 가공하기 위한 기능이 요구된다. 3차원 Solid 모델의 CSG(Constructive Solid Geometry)처럼 2차원 기하형상에 대해서 불리언연산을 수행할 수 있는 CAG 방법을 활용하여 각 외벽의 3차원 정보를 2차원으로 투영시킨 후에 불리언연산을 수행하여 건물의 외벽을 둘러싸는 입면을 생성하는 기능은 추후 확장될 예정이다.

2) IFC파일로부터 건축물 모델 구성을 위한 다각형 생성 방법과 가시화

IFC 파일로부터 LoD 3 모델로 변환하기 위하여, 본 절은 건물정보를 표현하는 기하형상정보를 추출하는 과정과 추출된 정보를 GIS 시스템 상에서 사용가능한 다각형 정보형태로 변환하는 과정을 다음과 같이 4단계로 상세히 설명한다.

단계 1) IFC 파일로부터 건물 형상정보 추출 - IFC에 포함된 건물의 객체정보로부터 CityGML의 각 수준단계별로 요구되는 형상정보를 추출할 수 있다. IFC는 건물의 형상정보를 표현하기 위해 다양한 종류의 솔리드모델(Solid model) 표현방법, 즉, IfcManifoldSolidBrep, IfcSwepAreaSolid, IfcCsg-



[그림 5] 건물모델정보 변환 프로그램 개발을 위한 시스템 아키텍처

Solid, IfcSweptDiskSolid 등을 제공하고 있다. 이 중에서 IfcExtrudedAreaSolid는 IfcSweepAreaSolid의 하위 객체로, 단면이 특정 축방향으로 전개된 형태의 객체, 예를 들면 벽이나 기둥과 같은 부재형태를 표현하는데 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 IfcExtrudedAreaSolid를 이용해서 표현된 건물의 부재를 가시화한다.

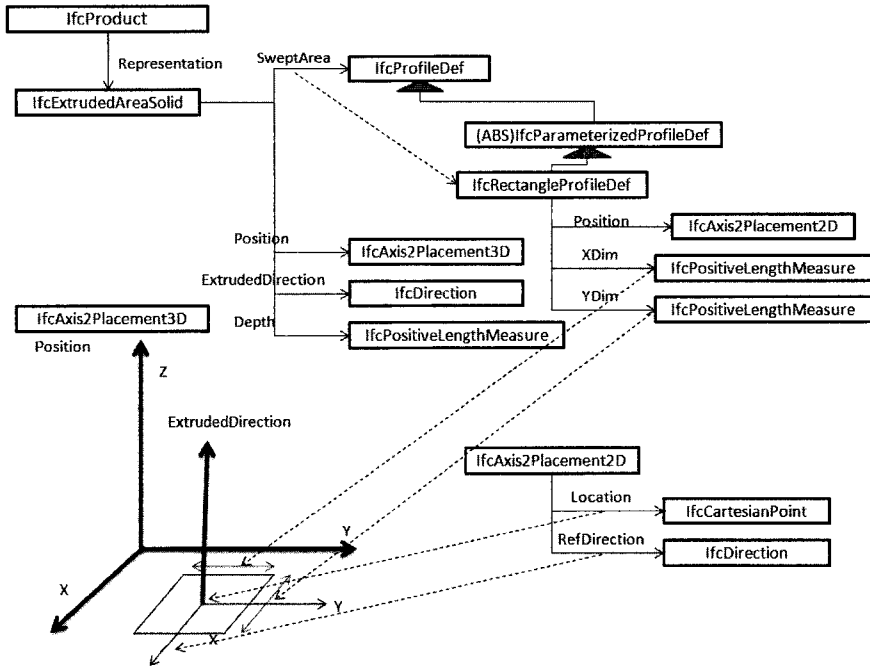
IFC에서 Ifcproduct는 건물의 형상과 위치정보를 표현하는 중요한 객체이다. 건물의 모든 물리적 요소들은 이 객체의 하위 클래스로 정의되어, 형상과 위치 정보를 표현하고 있다. Ifcproduct의 속성 중, 형상 정보는 Ifcproductrepresentation의 하위 객체를 가리키는 Representation 속성을 이용하여 표현하고, 위치정보는 IfcLocalPlacement를 가리키는 ObjectPlacement를 이용하여 정의된다.

단계 2) 로컬좌표계에서의 형상정보 추출 - Ifcproductrepresentation의 하위 객체중의 하나인 IfcExtrudedAreaSolid의 경우 형상정보를 단면형상(IfcProfileDef), 로컬좌표계내에서의 위치(IfcAxis2Placement3D), 단면을 전개하는 방향(Extruded direction) 그리고 전개길이(Depth)를 이용해서 표현한다. 또한 단면의 형상은 IfcAxis2Placement2D를 이용하여 로컬좌표계의 X-Y 평면내에서 위치를 나타내고 있다. 따라서 이러한 로컬좌표계 내에서의 위치변환을 고려한 로컬형상정보는 IfcProfileDef에서 정의된 단면의 좌표정보를 PD로 정의할 경우에 위치변환을 나타내는 매트릭스(M1, M2)를 이용하여 다음의 식 (1)로 계산된다.

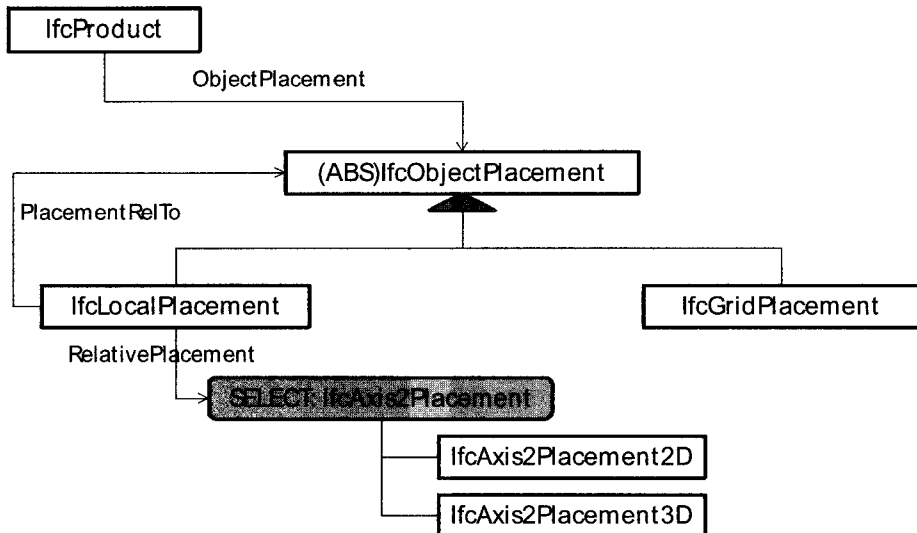
$$\begin{aligned}
 &M1 : \\
 &IfcProfileDef \text{ 내의 } IfcAxis2Placement2D \text{를} \\
 &\text{나타내는 행렬} \\
 &M2 : \\
 &IfcExtrudedAreaSolid \text{ 내의 } IfcAxis2Placement3D \\
 &\text{를 나타내는 행렬} \\
 &P_L = M2 * M1 * P_D \\
 &(P_L: \text{단면의 로컬좌표}, P_D: \text{단면의 좌표})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

단계 3) 글로벌좌표계로의 변환 - IfcProduct는 Representation의 속성값으로 프로파일의 위치를 나타내는 변환좌표계 뿐만 아니라 글로벌좌표계 내에서 프로파일의 위치를 나타내는 변환좌표계를 나타내는 속성인 IfcLocalPlacement를 가지고 있다. 이 엔티티를 통해서 각각의 객체가 글로벌좌표계에서 어떤 위치인지를 계산할 수 있다. IFC는 글로벌좌표계에서 여러 개의 로컬좌표계들로의 변환을 지원하기 위해서, 그림 7에서 보여지는 것과 같이 IfcLocalPlacement가 중첩되어 정의되도록 하여 여러 개의 로컬좌표계 전환을 표현할 수 있도록 하고 있다. 따라서 글로벌좌표계로부터 로컬좌표계 변환을 나타내는 행렬을 순서대로 M_n, M_{n-1}, \dots, M_1 이라고 정의하면 표현하고자 하는 객체의 최종 글로벌좌표계 P_w 는 위의 변환행렬과 IfcExtrudedAreaSolid에서 정의된 단면정보를 이용하여 식(2)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 &P_w = M_n * M_{n-1} * \dots * M_1 * P_L \\
 &(P_w: \text{글로벌좌표}, P_L: \text{단면의 로컬좌표})
 \end{aligned}
 \tag{2}$$



[그림 6] IfcExtrudedAreaSolid 로컬좌표계에서의 형상 표현



[그림 7] IfcLocalPlacement를 이용한 글로벌좌표표의 변환

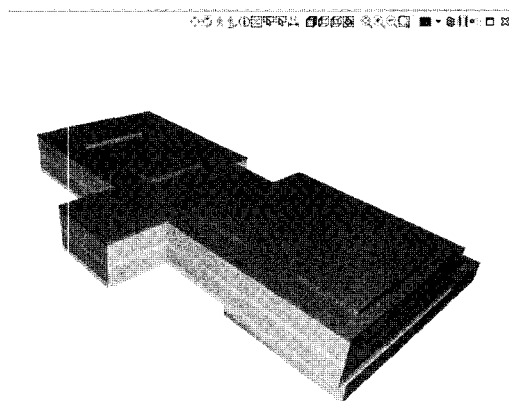
단계 4) OpenGL을 이용한 다각형의 가상시화 - IFC 파일로부터 이전 3 단계들을 통해 생성된 다각형을 가상시화하기 위해서,

본 연구에서는 OpenGL 라이브러리를 사용하였다. 가상시화 모듈은 독립적으로 프로그램이 실행될 수 있도록 MFC 기반으로 개

발되었다. 가시화 모듈에서 IFC 파일을 읽어오기 위한 GUI가 제공되며, OpenGL에서 제공하는 그리드와 가시화된 객체를 이동, 회전, 확대 및 축소할 수 있는 기본적인 기능을 제공한다.

3) 실행 사례

본 연구에서 개발된 응용프로그램에 의한 실행사례를 보이기 위하여, 그림 8과 같이 지붕, 각 층별 슬라브 및 벽체를 가진 건물모델의 IFC파일로부터 그림 9와 같이 CityGML에서 활용가능한 3차원 다각형을 가지는 형상정보를 가시화하였다.

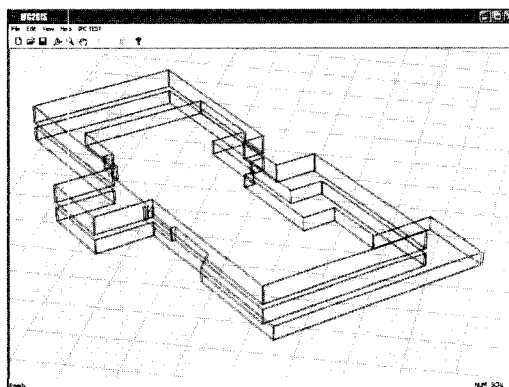


[그림 8] Solibri Model Checker를 통한 예제건물 가시화

4. 결론 및 후속 연구

본 연구에서는 가상도시구축을 위한 건물정보를 기존 건축관련 업무에서 생성되거나 보관된 BIM으로부터 자동으로 생성할 수 있는 방법을 제시하고, 건물정보를 추출하기 위한 프로토타입을 구현하여 실행사례를 보였다. 이러한 접근방법은 건축 설계 및 건축관련 엔지니어링 사무소, 또는 건설회사에서 CAD로 작성한 기존의 건물 및 부지에 관련한 2,3차원 정보뿐만 아니라 새로운 추세로 자리잡는 BIM 정보를 활용할 수 있어 국가GIS 구축을 위해 건물 외형과 내부 모델을 생성하기 위한 많은 노력을 절감할 수 있다는 장점이 있다.

그러나, 본 연구의 결과에 의해 IFC로부터 CityGML을 위한 형상정보를 실제적으로 사용하기 위해서는 LoD 1과 2를 위한 입면의 구성방법에 대한 효율적인 알고리즘의 개발이 필요하며, LoD 3과 4의 표현



[그림 9] IFC2GIS를 이용한 LoD 3 수준의 가시화 사례

을 위해서는 벽체, 슬라브, 지붕, 창문과 문 등의 모든 IFC 객체들에 대해 3차원 입체구성을 위한 추가적인 연구가 요구된다. 아울러 이러한 IFC의 객체들로부터 구성된 건물형상과 정보이외에도 건물의 외형에 대한 질감표현, 지형 및 지적, 도로를 비롯한 도시공간 구성요소 등을 표현하고 관리할 수 있는 3-D GIS용 가시화 모듈을 구축하기 위한 후속연구가 필요하다. 이러한 후속 연구이외에도 BIM이 GIS로 활용되기 위해서는 그 목적에 적합한 건물모

델링가이드가 제시될 필요가 있다. 예를 들면, LoD 4 수준의 건물모델을 완성하려면, BIM용 프로그램에서 건축 실내공간 및 가구까지 협의된 규칙에 따라 모델링하여야 한다. 그리고, IFC 파일에는 가상도시 차원이 아닌 건축실무를 위한 많은 정보가 포함되어 있으므로 건축주, 건축가 및 건축관련 엔지니어, 건설회사, 시설물 유지관리 등의 측면에 부합하도록 건물정보에 관한 표준화된 체계를 구축하여야 그 활용성이 높을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

국토지리정보원, 2006, “기본지리정보 사용자 가이드”
 국토해양부, 2005, “제3차 국가지리정보체계 기본계획”
 장문현, 2007, “3D-GIS 위상관계를 활용한 도시 경관정보 가시화 방안 연구”, 한국GIS학회지 제15권 제1호, pp. 35-52.
 이현숙·문정옥·이기준, 2006, “3차원 공간정보 시스템 데이터의 효율적 전송을 위한 세밀도 모델”, 한국GIS학회지 제14권 제3호, pp. 321-334.
 CityGML, <http://www.citygmlwiki.org>
 Data Design System, 2008, DDS-CAD Viewer Ver. 6.4, <http://www.dds-cad.com>

Gerhard Gröger-Thomas H. Kolbe-Angela Czerwinski, 2007, “Candidate OpenGIS® CityGML Implementation Specification”, OGC 07-062, Open Geospatial Consortium Inc.

IAI(International Alliance for Interoperability), <http://www.iai-international.org>

Jürgen Döllner-Thomas H. Kolbe-Falko Liecke-Takis Sgouros-Karin Teichmann, 2006, “The Virtual 3D City Model Of Berlin - Managing, Integrating and Communicating Complex Urban Information, 25th International Symposium on Urban Data Management UDMS 2006 in Aalborg, Denmark.

NIBS(National Institute for Building Sciences) FIC (Facility Information Council), <http://www.building-smartalliance.org>

OGC(Open Geospatial Consortium), <http://www.citygml.org>
 Solibri, Inc., 2008, Solibri Model Checker, <http://www.solibri.com>

Steptools, Inc., 2008, ST-Developer, <http://www.steptools.com>

Thomas H. Kolbe, 2007, “CityGML Tutorial”, 1st Joint Workshop on the Sino-Germany Bundle Project “Interoperation of 3D Urban Geoinformation“ in Urumqi, China, 27th of August, 2007

US Army Corps of Engineers US Army Corps of Engineers (USACE), CADBIM Technology Center, <http://www.erd.usace.army.mil>

Wu, I.-C. and Hsieh, S.-H., 2007, Transformation from IFC data model to GML data model: methodology and tool development, Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 30, No. 6, pp. 1085-1090.

접수일 (2008년 6월 18일)

수정일 (2008년 7월 24일)

게재확정일 (2008년 7월 24일)