

BIM과 GIS간 공간정보 상호운용성 개발 전략에 관한 연구

A study related to interoperability development strategy between BIM and GIS

강태욱¹⁾, 윤준희²⁾, 이우식³⁾, 최현상⁴⁾

Kang, Tae Wook¹⁾ • Youn, Junhee²⁾ • Lee, Woo Sik³⁾ • Choi, Hyun Sang⁴⁾

Received March 8, 2013 / Accepted March 20, 2013

ABSTRACT: The purpose of the present study is to suggest the strategy for interoperability between BIM and GIS. For this, we analyzed the interoperability issue including the neutral information model such as CityGML, LandXML, IFC and identified the structure differences as the viewpoint of use-case, object, geometry, property by using UML(Unified Modeling Language) and reverse engineering. To solve the interoperability problem between BIM and GIS model which is the neutral GIS format, We proposed the consideration including converter, information mapping filter based on ontology dictionary, automation by using API.

KEYWORDS: IFC, BIM, GIS, Neutral model, Interoperability, strategy

키워드: BIM, GIS, 중립 모델, 상호운용성, 전략

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 건설업계는 건설사업 수행체계 선진화와 기술인력 생산성 향상을 목표로 건설표준화, 건설엔지니어링 글로벌화, 건설정보화 확장을 꾀하고 있다. 이와 같은 움직임은 기존에 단일 건축물 위주로 이루어지던 것에서 GIS와의 연계를 통해 좀 더 큰 범위에서 시설물 관리, 분석 및 시뮬레이션, 도시기반 에너지 최적화, Outdoor / Indoor 연계 네비게이션과 같은 유스케이스(Usecase) 실행을 위한 플랫폼 연구 및 개발의 필요성이 커지고 있다.

본 연구는 플랫폼 핵심 기술인 BIM과 GIS 정보의 상호운용성 검토를 위해, 현재 건설 산업에서 일반적으로 국제적 표준으로 통용되고 있고 최근 국토해양부 및 조달청과 같은 국내 정부 기관에서도 표준 체계로서 활용하고 있는 Industry Foundation Classes(IFC)과 다른 GIS관련 정보 모델간의 연계 가능성을 검토하여 건설데이터와 GIS데이터 간 상호운용을 위한 고려사항

을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 BIM과 GIS에 대표적인 중립 모델인 CityGML, IFC, LandXML을 분석하고 상호운용 개발 전략을 제안하는 것으로 연구 내용 및 방법론은 다음과 같다. 주제와 관련된 연구동향을 살펴보고 CityGML, LandXML, IFC에 대한 구조를 UML(Unified Modeling Language)를 이용해 정적 구조를 분석한다. 정적 구조는 형상 및 속성 정보 구조를 포함한다. 구조 분석시 각 파일 구조를 역공학해야 하는 데 IFC의 경우 EXPRESS언어로 표현된 스키마 파일을 분석하고 LandXML의 경우에는 XML포맷 뿐 아니라 개발자에게 제공되는 SDK(Software Development Kit) 소스파일을 통해 분석하였으며 CityGML의 경우 기존 자료를 참고하였다. 이를 바탕으로 각 모델 구조의 특징을 도출하고 상호운용성 전략을 제안한다.

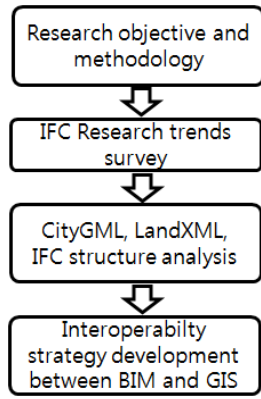
본 연구에서 각 표준 파일 포맷을 분석하기 위한 도구로 사용된 UML은 은 객체지향 모델링 산업계 표준언어로서 객체지향

¹⁾정회원, 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원 (ktw@kict.re.kr)

²⁾정회원, 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원 (younj@kict.re.kr)

³⁾정회원, 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원 (wslee@kict.re.kr)

⁴⁾정회원, 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구위원 (hyunsang@kict.re.kr) (교신저자)

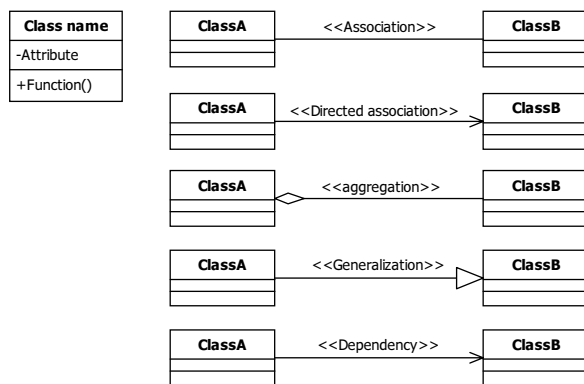


〈그림 1〉 Research flow

분석, 설계, 구현을 동일한 심벌 기호로 컴퓨터 코드 수준까지 자세히 표현할 수 있게 해준다.

UML은 범용적인 모델링 언어이기 때문에 문법이 많으나, 기본적으로는 매우 단순하다. 많이 사용되는 문법만 살펴보면 다음과 같다.

모델의 개념을 표현하는 클래스는 사각박스로 표현된다. 맨 위에 칸은 클래스 이름, 그 다음 칸은 해당 클래스 속성(Attribute), 그 다음 칸은 해당 클래스의 함수를 표시한다. 속성은 속성타입을 지정할 수 있으며, 정수(integer), 실수(float, double), 문자열(string) 등이 될 수 있다. 함수는 입력 파라미터(parameter)와 리턴타입(return type)을 지정할 수 있으며, 입력변수는 괄호안에 콤마로 구분한다. 클래스로 표현되는 개념과 개념과의 관계는 개념을 의존(Dependency)하는 관계, 개념간에 연관(Association)이 있는 관계, 개념간에 집합(Aggregation)이 있는 관계, 개념간에 일반화(Generalization)가 있는 관계에 따라 기호로 표시될 수 있다. 한 개념에서 다른 개념의 멤버를 접근하는 권한을 구분하기 위해 클래스를 구성하는 멤버의 이름 앞에는 공개 접근자('+'), 비공개 접근자('-'), 파생관계 접근자('#')로 기호를 표시한다. 아래 다이어그램은 이를 UML 기호로써 표현한 예이다.



〈그림 2〉 UML diagram notation

2. IFC 활용 배경 및 연구 동향

2.1 IFC 활용 배경

건설 산업에서의 정보 호환의 필요성 및 요구가 점점 증가됨에 따라 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 IAI(International Alliance for Interoperability)라는 조직이 구성되었으며, 1994년 개발이 시작되어 현재 BuildingSMART협회에서 2X3 버전까지 개발 및 관리하고 있다.

국내에서는 2010년에는 IFC 포맷으로 결과물을 제출해야 하는 Open BIM 기반으로 진행된 최초의 현상설계 프로젝트인 전력거래소 현상설계 프로젝트가 발주되었으며, 2011년 디지털방송컨텐츠 터키 프로젝트 등 지속적으로 관련 프로젝트가 발주되고 있으며, 앞으로도 IFC 포맷을 표준 포맷으로 하는 다양한 프로젝트가 발주될 것으로 예상된다. 또한 지난 2006년부터 2011년까지 국토해양부 건설기술혁신사업의 일환으로 진행된 가상 건설 시스템 개발 연구단에서는 건설 프로젝트 참여 주체 간에 IFC를 이용한 원활한 정보 교환을 위하여 IFC 서버를 개발하고, 지난 2011년에는 IFC기반 모델링 솔루션 개발과 관련된 과제가 발주되는 등 업계 뿐 만이 아니라 학계에서도 지속적인 연구가 이루어지고 있다.

2.2 IFC 연구 동향

국내의 관련 연구 동향을 보면, 국내에는 김지원이 건축모델을 중심으로 IFC를 통한 BIM데이터 상호연동 시 문제점을 도출하고 개선방향에 대해 연구하였으며(김지원 등, 2009), 임재인은 ArchiCAD, Revit, MicroStation과 같은 건축 상용 3D CAD간 호환성 테스트를 IFC기반으로 수행해 호환성 문제점을 지적하였다(임재인 등, 2008). 최종식은 IFC 속성정보에 대한 호환성 테스트를 위해 ArchiCAD, Revit, Digital Project 에 대해 호환성 테스트를 하여 문제점을 도출하였다(최종식 등, 2011). 김인한은 IFC를 기반으로 모델러 간 건축부재 파라미터 호환성 문제를 해결하기 위해, IFC파일에서 특정 정보를 모델러에 맞게 소숫점 정밀도나 파라미터셋(Parameter set) 문법을 조정해 변환하는 방식으로 문제 해결을 시도하였다(김인한 등, 2010). 강훈식은 합리적인 IFC모델 호환성 검사 방법 제안하는 기초연구를 하였다(강훈식 등, 2008). Fisher와 Kam이 헬싱키대학교 오디오리움 홀 600(HUT-600) 프로젝트의 시공과 시공과정에서 ArchiCAD, LightScap 등 다양한 상용프로그램과 IFC포맷 호환 여부를 실험하였으며, Pazlar와 Turk는 주요 건축 모델러인 ArchiCAD, Allplan Architecture, Architectural Designtop의 IFC포맷에 의한 데이터 호환여부를 테스트하여 문제점을 도출하였다(Fisher 등, 2002).

국내에서는 가상건설연구단에서 광범위하게 건축과 구조 분야에 대해 IFC호환성에 대한 연구가 수행되었으며, 건축 설계분

아에서는 IFC 호환성 테스트를 대표적인 건축설계 소프트웨어인 ArchiCAD와 Revit을 사용하여 상용 소프트웨어의 IFC 파일 입출력을 통한 호환성 테스트 방법을 통해 구조 문제 관점의 문제점을 발견하고 원인을 규명할 목적으로 진행하였다(임재인 등, 2008).

이러한 IFC 호환성 테스트 연구는 소프트웨어 간 상호운용성 관점에서 빌딩스마트협회를 중심으로 발전해온 IFC 구조적 특징과 모델러 구조상 불일치 문제, Vendor사의 호환성 개발 노력 부족 문제가 IFC호환성에 문제를 일으키는 것으로 분석되었다. (임재인 등, 2008) 다만, UML을 이용해 IFC, LandXML, CityGML 모델간 구조적 분석 및 비교를 한 선행연구는 부족한 상황이다.

본 연구에서는 BIM과 GIS 중립 모델의 구조적 특징을 역공학을 통해 분석하여, 좀 더 일반적인 상호운용성 플랫폼을 개발하기 위한 전략을 제안한다.

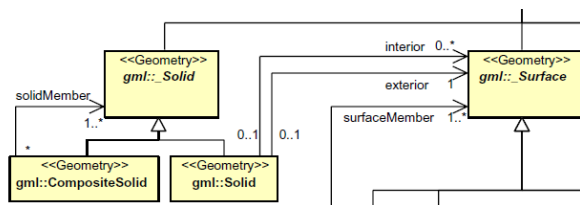
3. GIS모델과 IFC간 상호운용 위한 구조 분석

본 연구에서는 GIS분야에서 3차원 형상 및 위상 모델의 대표적인 중립 모델인 CityGML과 엔지니어링분야 중립 모델인 LandXML, 그리고 IFC의 구조적 특징을 형상 표현 방식, 객체 구조, 속성 관리 방식 관점에서 비교, 분석해 보았다.

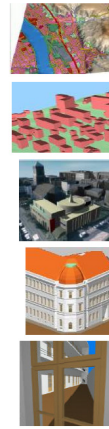
3.1 CityGML 구조적 특징

GML(Geography Markup Language)은 OGC(Open Geospatial Consortium, 1994)에 의해 개발되는 ISO 19136의 국제 표준이며 CityGML은 이를 바탕으로 3D가상도시모델이 가능하도록 개발된 국제 표준이다. CityGML의 구조는 그림 3과 같이 서페이스(Surface)로 3차원 형상(Solid)이 표현되며, 형상과 관계(Relation-ship)이 외부(Exterior) 서페이스와 내부(Interior) 서페이스들의 집합으로 처리된다.

형상 구조가 서페이스들의 집합으로 표현되므로 그림 4와 같이 LOD(Level Of Detail)처리를 쉽게 처리할 수 있다. CityGML의 형상 LOD는 삼각화와 같은 메쉬 처리 방식을 이용해 생성할 수 있다.



〈그림 3〉 CityGML Shape structure (CityGML UML Diagram, OGC)



LOD 0—Regional Model

Digital terrain model

LOD 1—City model

Block model, no roof structures

LOD 2—City/Site model

Roof structures, optional textures

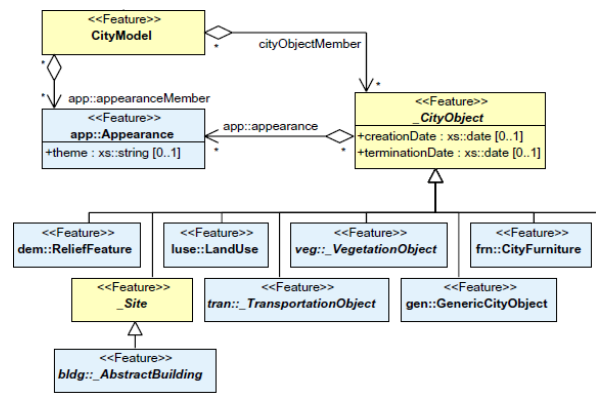
LOD 3—Site model

Detailed architectural model

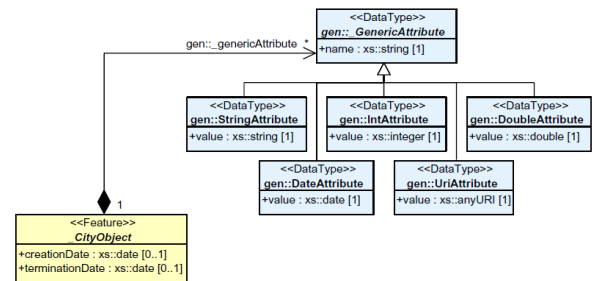
LOD 4—Interior model

Walkable interior spaces

〈그림 4〉 CityGML Shape LOD (CityGML UML Diagram, OGC)



〈그림 5〉 CityGML object structure (CityGML UML Diagram, OGC)



〈그림 6〉 CityGML property structure (CityGML UML Diagram, OGC)

CityGML의 객체 구조는 그림 5와 같다. CityModel이 도시를 이루는 객체인 CityObject를 1대 다관계로 관리하고 있으며, CityObject에서 도시를 이루는 대상물의 유형에 따라 Site, LandUse, TransportationObject 등으로 구분되어지며, Site에서 건물 추상 클래스가 파생 받아 진다.

각 기본 클래스에서 파생된 도시 객체들은 시설물 사용자 관점에서 Tin, TrafficArea, Building와 같이 모델링되어 있다.

CityGML의 속성은 그림 6과 같이 CityObject에 집합관계로 설정되어 있어, 사용자가 필요한 속성들을 속성 데이터 타입에 따라 추가하고 관리할 수 있다.

3.2 LandXML 구조적 특징

LandXML은 측량, DTM, 선형, 횡단 객체를 엔지니어링이 가능한 정도로 표현한 정보 모델이며 US DOT EAS-E와 Autodesk에 의해 개발되었다. 이 파일포맷은 공간객체 정보 표준화 기관인 OGC에서 GML체계인 LandGML로 통합되고 있다.

LandXML은 엔지니어링 관점에서 개발된 중립 모델이므로, 교통이나 부지와 관련된 대상물들의 표현이 엔지니어링 설계 및 분석이 가능할 정도로 상세화되어 있다.

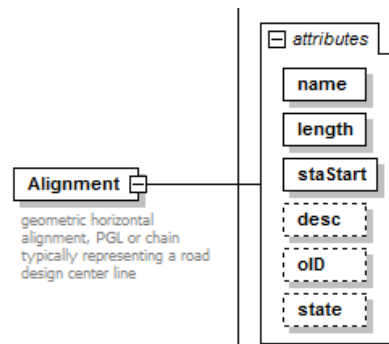
객체를 표현하는 형상의 경우, 각 객체가 형상을 바라보는 관점에 따라 정의되어 있으며, CityGML과 같은 중립 모델처럼 일반화되어 있지 않다. 예를 들어, 선형의 경우 그림 7과 같이 선형을 구성하는 곡선 교점의 경우 집합관계로 Start, Coord-Geom클래스에 의해 표현된다. 이런 형상 관련 클래스는 지형, 횡단, 종단에 따라 다른 이름과 스키마로 표현된다.

객체 구조의 경우에는 엔지니어링 설계 및 분석에 맞도록 상세히 정의되어 있으며, 도로의 경우 선형, 횡단, 종단의 집합으로 표현되고, 횡단의 경우 횡단계획 및 지반단면을 포함하고 있는 식으로 상세화되어 있다. 이런 정보들을 이용해 속도와 편경사에 따른 주행 안전성 분석이나 연료 및 탄소 배출량 시뮬레이션 등의 엔지니어링 정보를 기반으로 한 분석과 시뮬레이션이 가능하다.

속성 구조의 경우, 각 클래스별로 정의되며, 선형의 경우 그림 8과 같이 존재한다.

있도록 되어 있다. IFC는 CityGML과는 다르게 B-Rep(Boundary Representation) 솔리드 모델 구조를 가지고 있어 다양한 곡면을 가진 형상을 표현할 수 있으며, B-Rep 구조를 통해 체적, 면적, 도심과 같은 형상관련 물성을 직접 계산해 얻을 수 있다.

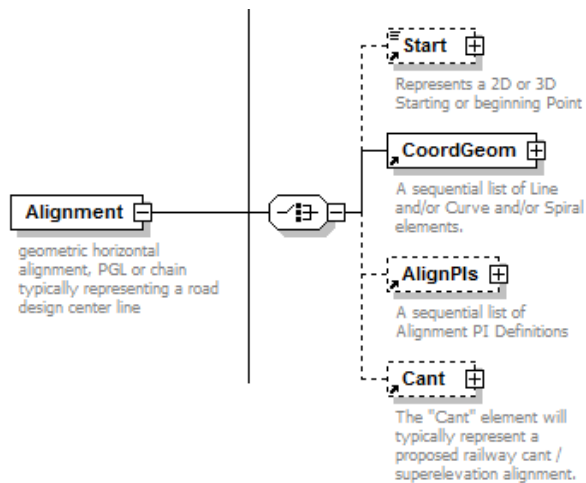
객체 구조는 건물 모델링, 수량, 공정, 시설물 관리까지 지원할 수 있도록 클래스와 관계가 정의되어 있으며, 현재 IFC2x3파일 버전업 전에 미리 공개된 IFC2x4의 경우 700개 이상의 클래스로 구성되어 있으며, 재 활용성을 높이기 위해 주로 기본적으로 활용되는 객체 유형을 모아둔 Resource 클래스 패키지와 IfcObject와 같이 기본 클래스들을 모아둔 Kernel 클래스 패키지를 중심으로 하위 클래스들이 파생 받고 있으며, IfcObject-Definition같은 기본 클래스가 객체 간의 관계를 관리하게 되어



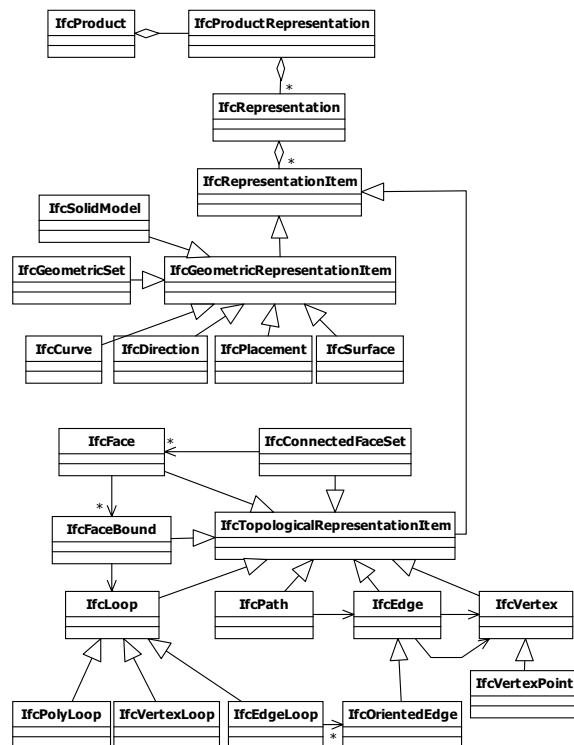
〈그림 8〉 LandXML property structure (LandXML schema 1.2, LandXML.org)

3.3 IFC 구조적 특징

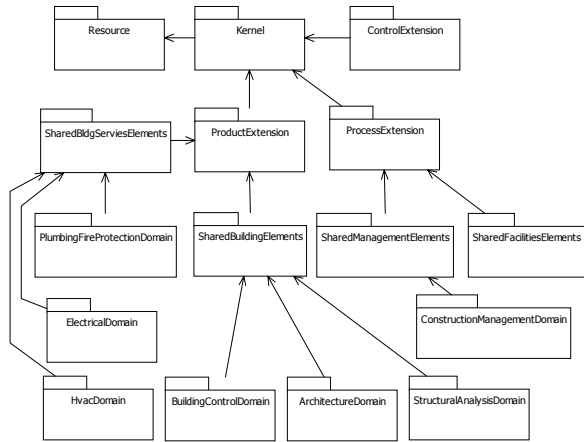
IFC는 형상 정보를 표현하기 위해 그림 9와 같이 기본 클래스가 Representation 클래스를 집합관계로 관리하고 있어, 파생된 클래스가 Representation 클래스 구조를 그대로 재활용할 수



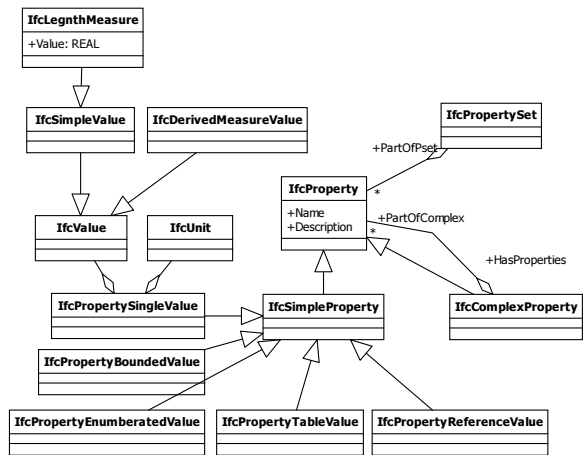
〈그림 7〉 LandXML shape structure (LandXML schema 1.2, LandXML.org)



〈그림 9〉 IfcRepresentation structure



〈그림 10〉 Resource and Kernel reuse structure (Package diagram)



〈그림 11〉 IfcPropertySet structure

있어 확장성 있는 구조를 가지고 있는 대신에 소프트웨어 개발사가 사용하기에는 구조가 복잡한 문제가 있다. 그림 10은 이를 표현한 패키지 다이어그램이다.

속성 구조는 그림 11과 같이 기본 클래스에 집합관계로 속해져 있는 IfcPropertySet에서 속성 유형을 일반화하여 관리하고 있다.

3.4 정보 모델 구조 분석 결과

앞서 설명한 IFC, LandXML, CityGML 정보 모델 구조를 분석한 결과는 표 1과 같으며, 유스케이스에 따라 구조가 서로 다르지만, 공통적으로 대지, 지형, 건물과 같은 클래스들이 존재하며, 속성 구조의 경우 IFC와 CityGML은 구조를 일반화하여 재사용성을 높이도록 설계되어 있다.

분석된 결과와 같이, BIM-GIS간 상호운용을 위해서는 각 시스템이 필요한 정보의 관점을 정의하고 필요한 정보를 변환하는 과정이 필요함을 알 수 있다. 이런 변환은 변환기나 매핑 규칙을 정의할 수 있는 Python과 같은 스크립트 언어로 표현이 가능하며, 매핑 규칙은 정보 사용 관점에 따라 정의되거나 상호운용 플랫폼

〈표 1〉 Comparison between BIM and GIS Standard Information model

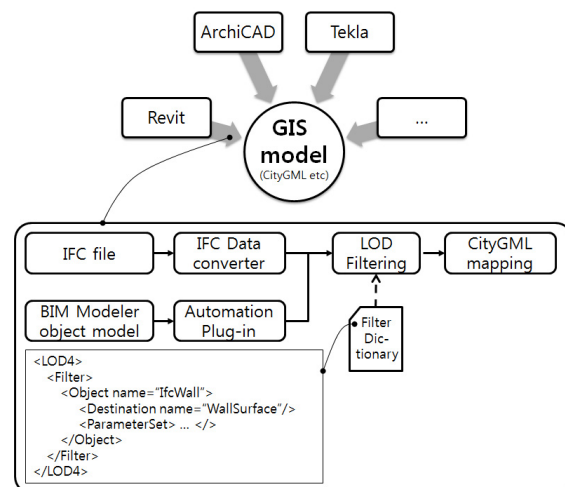
Item	IFC	LandXML	CityGML
Use-case	Architectural engineering	Civil engineering	Urban object management based on 3D
Shape structure	Surface structure including faces	Object based shape structure	B-Rep solid model including a vertex, edges, faces, body, shell etc
Object structure	Object based on architecture Ex) Window, Beam, Slab, HVAC etc	Object based on civil engineering Ex) Alignment, Cross-section etc	Object based on urban facility Ex) Building, Road etc
Property structure	Property set with flexibility	Property set depending each objects	Property set with flexibility

에 어답터(Adapter)처럼 추가되고 확장될 수 있어야 한다.

4. GIS-IFC 상호운용 적용 전략 및 활용방안

4.1 상호운용 적용 전략

연구결과 IFC를 기반으로 한 공간정보 상호운용성을 위해서는 많은 부분에서 확장이 필요하며 특히 확장을 통해 실행하고자 하는 유스케이스에 따라 확장의 방법 또한 달라져야 하는데, 이는 각 중립 모델별로 형상, 속성, 객체를 표현하는 구조가 다르기 때문이며, 모델 간 정보 상호운용 시 이런 점을 고려해야 한다. 예를 들어 GIS 중립 모델인 CityGML은 LOD별로 상세 정보를 관리하고, Surface기반의 형상정보만 표현하지만, IFC는 B-Rep 솔리드 모델을 기반으로 정보를 표현하고 있는 등의 차이점이 있다. 또한 객체 구조나 속성 구조는 매핑이 1대 1이 아닌 1대 다 관계가 될 수 있다. 이를 고려해 그림 12와 같이 IFC 상호



〈그림 12〉 Interoperability development strategy between BIM and GIS

운용 개발 전략을 제안한다.

첫째, 모든 정보 매핑을 사전 매핑으로 처리하기가 어려우므로 BIM 모델러 별 IFC 변환기를 두어, GIS에서 사용할 IFC모델의 품질이 균일하도록 변환될 필요가 있다. 이는 매핑 규칙이 프로그래밍된 변환기에 의해 이루어진다.

둘째, GIS에서 정보 활용 목적에 부합하는 수준별 필수 정보만 추출하도록 IFC 정보 LOD 필터가 필요하다. 필터링할 정보는 IFD(International Framework for Dictionaries)와 유사한 온톨로지 사전에 정의한다. 온톨로지 사전은 사용자가 편집할 수 있도록 XML과 같이 읽을 수 있는 언어로 표현될 수 있다. 이 온톨로지 사전은 매핑 규칙과 함께 BIM에서 GIS로 정보를 매핑하는 역할을 한다.

셋째, IFC에서 직접 추출하지 못하는 정보가 필요할 수 있다. 이런 경우, API(Application Program Interface)를 통해서 직접 모델러로부터 필요한 정보를 추출할 수 있도록 상호운용 플랫폼에 변환기의 일종인 아답터를 제공할 수 있어야 한다. 즉, 각 모델러마다 출력되는 데이터에 대해 이런 변환기를 제공해야 한다.

4.2 활용방안

도출된 상호운용 전략을 활용한다면 현재 수행 중인 BIM/GIS 플랫폼기반 건설공간정보 통합운영기술 개발 연구에 파일럿으로 진행 중인 GIS와 BIM기반 시설물관리 데이터베이스와의 연계를 좀 더 수월하게 할 수 있다.

기존 방식은 연계할 데이터 소스 별로 각자 데이터를 목적지 데이터베이스에 맞게 추출하고 변환하는 부분을 모두 프로그래밍해야 했지만 이 방식을 이용하면 간단한 데이터 소스, 목적지, 변환 함수 설정만으로 이러한 데이터 매핑과정을 처리할 수 있다.

예를 들어 데이터 파일 추출, 파라미터셋 변환, CityGML 속성으로 매핑하는 부분을 XML기반으로 모듈화하여 이 과정을 플랫폼화하는데 활용될 수 있으며 플랫폼의 유연성과 확장성을 높이는 데 기여할 수 있다. LandXML의 경우에는 CityGML과 정보 상세수준 및 관점이 다르므로 인해 선형과 같은 일부 객체 정보는 매핑이 가능하나 횡단 지반과 같은 경우는 CityGML에서 형상은 서페이스로 매핑하고 수량은 속성으로 변환할 수 밖에 없음을 고려해야 한다.

5. 결론

본 연구는 BIM과 GIS 정보가 상호 활용되는 유스케이스를 위한 플랫폼 핵심 기술인 BIM과 GIS 정보의 상호운용성 연구를 위해, BIM 중립 파일 포맷인 IFC를 기반으로, GIS와의 연계하여 상

호운용 가능성을 검토하기 위해 아래와 같이 연구를 진행하였다.

첫 번째로 LandXML, CityGML, IFC 정보 모델 구조를 객체, 속성, 형상 관점에서 UML로 역공학하여 분석해 차이점을 분석하였다.

두 번째로 GIS와 상호운용성 개발을 위한 전략을 제안하였다. IFC는 범용 포맷이므로, 정보 모델 구조가 모델러 종류에 따라 의존되는 현상이 있다. 이를 고려하여 IFC변환기, 온톨로지 사전 기반 필터링, API를 이용한 오토메이션 개발을 제안하였다.

향후, 제안된 상호운용성을 위한 개발 전략을 기반으로 각 모델러나 이기종 시스템간에 생성된 파일이나 데이터베이스로부터 유스케이스 관점에 따라 필요한 정보를 추출하고 변환해 제공하는 프로토타입 구현과 이의 유용성을 검증하는 추가 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 2013년 주요사업(BIM/GIS 플랫폼기반 건설공간정보 통합운영기술 개발)의 연구비지원에 의해 수행되었음.

REFERENCES

- Choi Jungsik, Kim Inhan (2011,4), Interoperability Tests of IFC Property Information for Open BIM based Quality Assurance, Journal of CAD/CAM, Vol 16, No 2, pp. 92-103.
- CityGML UML diagrams, OGC.
- Fischer, Martin and Kam, Calvin, (2002), PM4D Final Report, CIFE Technical Report Number 143, CIFE Stanford University.
- Kang Hoon Sig, Lee Ghang, Shin Yun Ah (2008), A Framework for the IFC Interoperability Test Method to Support BIM, Korea Institute of Construction Engineering and Management, pp. 674-677.
- Kim Inhan, Lee Jiah, Park Seunghwa (2010), A Translator for Parametrized Building Component Interoperability among Open BIM Support Software, Journal of CAD/CAM, Vol 15, No 6.
- Kim Ji-Won, Ock Jong-Ho (2009), A Study on the Development of the Problem Improvement Directions in Enhancing BIM Data Interoperability through IFC, Korea Institute of Construction Engineering and Management, Vol 10, No 6.

Lim Jae-In, Kim Jae Woo, Kwon Hyuk Do, Yoon Su Won,
Kwon Soon Wook, Chin Sang Yoon (2008), IFC test
between commercial 3D CAD application using IFC,
Korea Institute of Construction Engineering and Man-
agement, Vol 9, No 3, pp. 85-94.

LandXML Schema 1.2, LandXML.org.

Pazlar, Tomat and Turk, Ziga. (2008), Interoperability in
Practice: Geometric Data Exchange Using the IFC
Standard, ITcon, Vol 13, pp. 362-380.