

BIM과 GIS간 정보상호운용을 위한 외부 BIM 참조 모델 제안

The External BIM Reference Model Suggestion for Interoperability Between BIM and GIS

강 태 욱* 홍 창 희** 황 정 래*** 최 현 상****
Tae Wook Kang Chang Hee Hong Jung Rae Hwang Hyun Sang Choi

요약 본 연구는 BIM과 GIS간 상호운용성을 위해 외부 BIM 참조 모델을 제안한다. 이를 위해 BIM과 GIS간 상호운용성과 관련된 연구 현황과 유즈케이스들을 조사하였다. 그리고 이러한 상호운용성 지원을 위한 CityGML 모델 확장을 위해 IFC와 CityGML의 구조를 분석하였다. 이런 결과를 바탕으로 IFC로부터 CityGML로 맵핑하는 규칙을 정의한 메타 데이터를 포함한 외부 BIM 참조 모델을 제안하였다.

키워드 : IFC, CityGML, 상호운용성, 메타데이터, 맵핑, 참조 모델

Abstract The purpose of the present study is to suggest the external BIM reference model for interoperability between BIM and GIS. After we surveyed the research progress and usecases related to the interoperability to do this, we analyzed the architecture of the neutral model such as IFC, CityGML to identify the differences between these and expand CityGML model. By using this result, we proposed the external BIM reference model including the metadata which defines mapping rules from IFC to CityGML.

Keywords : IFC, CityGML, Interoperability, Metadata, Mapping, Reference model

1. 서론

최근 시설물 관리, 인허가 범위 검토, GIS 정보를 활용한 다양한 분석 및 시공 시뮬레이션 등 건축 모델링시 GIS를 연계한 유즈케이스 실행의 필요성이 증가되고 있다. 이런 유즈케이스는 BIM 과 GIS 모델을 사용한 정보 쿼리 시 상호운용성을 필요로 하고, 이를 위해서 두 정보모델간의 참조 관계를 효과적으로 지원해야 한다. BIM 정보는 LOD(Level Of Detail)⁴ 이상의 정보량이 포함되므로 이를 기존 GIS 플랫폼에 띄우면, 성능이나 리소스 관리 등 여러 가지 문제가 발생한다.

해결 방안을 얻기 위해 이와 관련된 연구 동향을 조사한 후 BIM과 GIS간의 상호운용성과 관련된 유즈케이스를 고찰하고 각 분야의 대표적인 중립 모

델인 IFC(Industry Foundation Class)와 CityGML의 구조적 특징과 공통 구조를 고찰한다. 이 후 이런 문제에 대한 다른 접근법으로 메타데이터를 이용한 외부 BIM 참조 모델을 제안한다.

2. BIM-GIS 간 상호운용성 연구 동향

BIM과 GIS 중립 모델간의 관련 국내연구는 주로 GIS에서 건축모델을 추출하고 활용하는 관점에서 접근되고 있다. 이와 관련해 건물에 대한 3D GIS를 구축하기 위한 기초자료를 효율적으로 획득하는 방법을 BIM 모델에서 추출하는 방법이 연구되었으며 [7], 유비쿼터스 도시 운영과 관련해 GIS기술과 OGC(Open Geospatial Consortium)기술을 통합하여 시설물을 관리하는 방안에 대한 연구가 있었

† 본 연구는 한국건설기술연구원의 '(12주요)BIM/GIS 플랫폼기반 건설공간정보 통합운영기술 개발'과제의 연구성과입니다.

* 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원 ktw@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원 chhong@kict.re.kr

*** 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원 jrhwang@kict.re.kr

**** 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구위원 hyunsang@kict.re.kr(교신저자)

다.[8] 김이두는 IFC로 부터 건물상세모델을 구축하고, 3차원 지형을 포함한 3D GIS용 캠퍼스 모델을 구축하였다.[9]

해외에서는 IFC데이터에서 GML데이터로 변환하는 방법 및 <그림 1>과 같은 변환 도구 개발에 대한 연구가 진행되었으며, <그림 2>와 같이 건물 상수도 네트워크 분석 및 관리와 관련하여 IFC에서 CityGML로 정보를 추출해 적용한 사례 연구가 있었다.[3, 4]

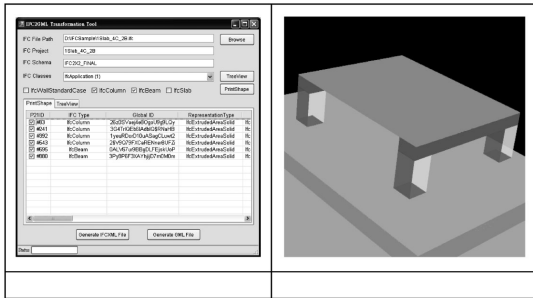


그림 1. IFC2GML3[3]



그림 2. Water Utility network application[4]

이외에 CityGML을 확장한 GeoBIM 모델 개발에 대한 연구가 있었고 CityGML과 IFC모델에 관한 차이를 기술하고 <그림 3>과 같이 모델 확장 방안을 제안하였다.[5]

지금까지는 GIS에 건물을 표현하기 위해 CityGML 모델을 이용하고, 확장 시 필요한 정보는 IFC에서 형상과 속성정보를 변환해 CityGML로 변환하는 것에 관한 연구가 대부분이다. 이러한 연구는 CityGML 모델 스키마로 IFC를 변환할 때 어느 정도 정보 손실이 있으며, 변환된 파일 크기가 10배 이상 증가하며[5], IFC모델이 업데이트될 때 다시 변환해 줘야 하는 등의 문제가 발생한다. 본 연구에서는 이와는 다른 관점에서 외부 BIM 모델을 참조함으로써 이런 문제를 해결하는 방안을 연구해 본다.

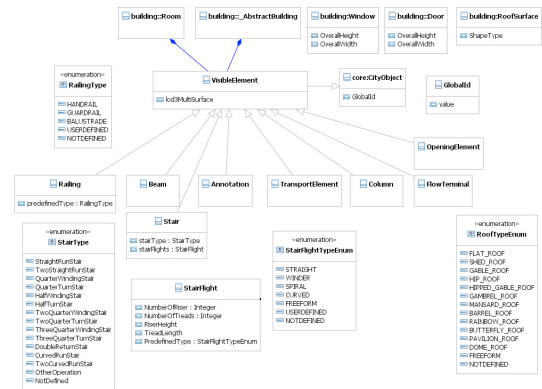


그림 3. The GeoBIM extension (ADE) for CityGML[5]

3. BIM-GIS 간 상호운용성과 모델 특징

3.1 BIM-GIS간 상호운용성 특징

상호운용성은 특정 객체에 대해 정보를 바라보는 관점이 다른 이해당자들 간 정보 교환이 필요할 때 발생한다. BIM-GIS간 정보 상호운용은 건설 프로세스 단계별 이해당사자간의 정보교환 필요성에 의해 발생하며, 현황 조사, 토목 엔지니어링은 GIS정보 활용 중심인 유즈케이스이고, 건물 디자인, 건물 시설물 관리는 BIM정보 활용 중심인 유즈케이스이다. 각 유즈케이스를 수행하기 위해서는 서로간의 정보교환이 필요하다. 내용은 다음 그림과 같다.

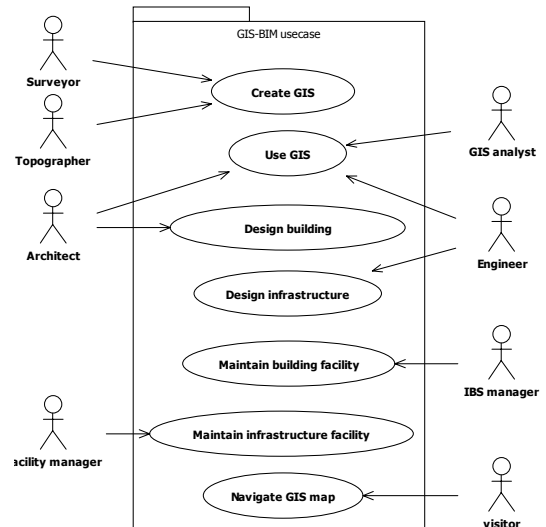


그림 4. GIS-BIM 유즈케이스 다이어그램

아래는 이와 관련된 시나리오 기술이다.

표 1. GIS-BIM 유즈케이스 기술

액터	유즈케이스	기술
Surveyor	Create GIS	GIS 정보를 조사/측정하고 구조화한다.
Architect	Use GIS	건축가는 대지나 도로와 같은 인프라스트럭처, 주변 환경을 고려한 건물 디자인을 위해, GIS 정보를 활용한다.
GIS analyst	Use GIS map	GIS 분석가는 분석에 필요한 정보를 추출하기 위해 GIS 정보를 사용한다.
Architect	Design building	발주자 요구에 맞는 형상, 위상, 속성을 포함한 건물 정보 모델을 디자인한다.
Engineer	Use GIS map	엔지니어는 GIS 정보에서 인프라스트럭처 디자인에 필요한 정보를 사용한다.
Engineer	Design infrastructure	지형정보, 환경, 지하시설물과 같은 GIS정보를 활용해 인프라스트럭처를 디자인한다.
IBS manager	Maintain building facility	건물 내 시스템, 시설물, 조명과 같은 Fixture를 에너지 효율적으로 유지관리한다.
Facility manager	Maintain infrastructure facility	인프라스트럭처 시설물을 유지관리한다.
visitor	Navigate GIS map	GIS 정보를 이용해 경로나 관련 정보를 탐색한다.

이외에도 Field BIM과 같이 현장 관리를 위한 BIM 기술은 위치기반의 GIS 정보의 도움을 받아야 한다.

3.2 IFC 특징

BIM 대표적 중립 모델인 IFC에는 빌딩스마트가 전 생명 주기 동안에 필요한 건축 모델 정보를 객체지향적인 개념에 따라 개발하여 구조화하였으며, 초기의 릴리즈는 Architectural Design, HVAC Engineering Design, Facilities Management, 및 Cost Estimating 안에서의 프로세스를 지원하는 모델을 포함하고 있으나, 프로젝트 모델 범위 중 일부만을 표현하고 있어 초기 릴리즈에 대한 보완 사항이 요구되었고, IFC 2.0부터는 IFC Object Model의 도메인 범위를 확장하고, 건축, 건적, FM,

설비, 법규 등 도메인 프로세스가 포함되었다. IFC는 건축 모델링, 건적, 시설물 관리 소프트웨어가 특정 프로그램과 상관없이 BIM 모델로부터 각종 데이터의 추출 및 분석이 가능해 지는 것을 목표로 한다. 현재 IFC 2X4의 개발이 진행되고 있다.

국내에서는 2008년 4월 한국빌딩스마트협회가 출범하며 국내에서 본격적으로 IFC가 활용되기 시작하였다. 특히 지난 2010년에는 IFC 포맷으로 결과물을 제출해야 하는 Open BIM 기반으로 진행된 최초의 현상설계 프로젝트인 전력거래소 현상설계 프로젝트가 발주되었으며, 앞으로도 IFC 포맷을 표준 포맷으로 하는 다양한 프로젝트가 발주될 것으로 예상된다. 또한 지난 2006년부터 2011년까지 국토해양부 건설기술혁신사업의 일환으로 진행된 가상건설 시스템 개발 연구단에서는 건설 프로젝트 참여 주체 간에 원활한 BIM 정보 교환을 위하여 CPLM (Construction Project Lifecycle Management)를 개발하였고, 이와 관련 IFC ORDB 서버가 개발되었다. 지난 2011년에는 IFC기반 모델링 솔루션 개발과 관련된 World Best Software 과제가 발주되는 등 업계 뿐 만이 아니라 학계에서도 지속적인 연구가 이루어지고 있다.

IFC의 구조적 특징은 다음과 같다.

3.2.1 객체지향적 구조

IFC는 객체지향적인 구조로 개발되어 클래스가 패키지 묶여져 있으며, Kernel 패키지를 Extension 패키지가 객체지향적으로 파생 받아 활용하는 식으로 계층적 구조를 가지고 있다.

3.2.2 유연한 객체 관계성

IFC 객체 간 관계는 속성으로 미리 정의되어 있지 않고, 그림 4와 같이 IfcObjectDefinition이 IfcRel*로 시작되는 클래스 관계(Relationship)를 관리한다. 이런 이유로 유연한 클래스 간 관계처리가 가능해진 반면에, 모델러가 클래스 관계를 생성하는 방식에 따라 서로 다른 버전의 IFC파일이 생성되므로, 모델 간에 호환성 문제가 발생할 수 있다.

3.2.1 확장성있는 속성 구조

IFC는 그림 5와 같이 확장성 있는 속성구조를 가지고 있다. 속성은 IfcPropertySet에서 관리하는 데 IfcPropertyResource 패키지에 정의된 IfcProperty 클래스를 가진다. IfcProperty는 정수, 실수와 같은 단

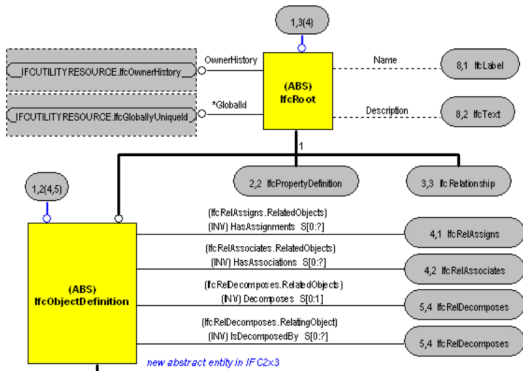


그림 5. IfcObjectDefinition 클래스와 Relationship(EXPRESS-G, IFC 2x4, BuildingSmart [2])

일 값이나 행렬과 같은 테이블 값, 리스트 형태 값 및 이와 같은 속성 값이 복합적으로 적용된 값과 같은 속성을 다룰 수 있다. 벽체와 같은 건축 요소들은 여러 개 범주로 IfcPropertySet을 가질 수 있으며, 이 객체는 IfcObjectDefinition에서 파생받은 IfcTypeObject에서 관리한다.

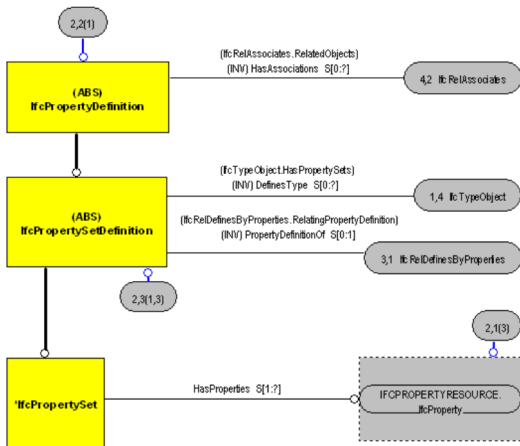


그림 6. IfcPropertySet 구조(EXPRESS-G, IFC 2x4, BuildingSmart [2])

3.2.4 솔리드 모델 표현

IFC는 B-Rep 솔리드 모델 구조로 물체를 표현한다. 솔리드는 크게 위상정보와 형상정보로 나뉘는데, 위상정보는 아래 그림과 같이 형상을 구성하는 Vertex, Edge, Loop, Face로 구성되며, 형상은 곡선 및 곡면을 수학적으로 표현할 수 있는 매개변수로 구성되며, 형상은 다양한 종류의 곡선이나 곡면으로

표현할 수 있다. 이런 구조로 인해, 곡면 요소도 평면으로 나누어 조합하는 방식으로 형상을 처리할 수 있으므로 이에 따라 수량이 원본 모델과 차이가 발생할 수도 있다.

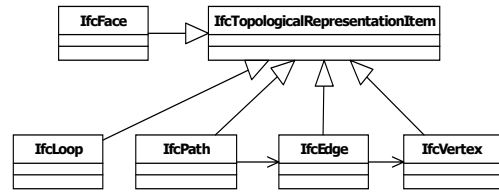


그림 7. IFC 위상정보(UML)

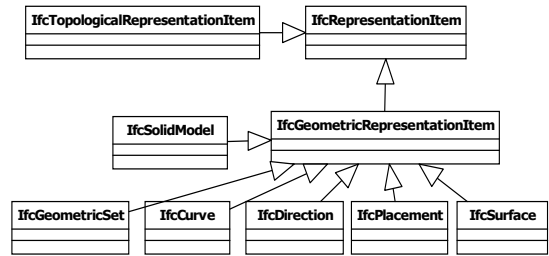


그림 8. IFC 형상정보(UML)

이런 솔리드 모델 구조를 이용해 표현된 벽체와 같은 건축요소는 다음 그림처럼 표현된다.

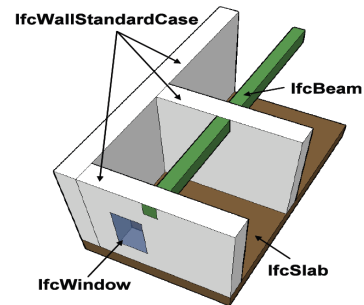


그림 9. IFC 형상 표현[6]

IFC 모델은 소프트웨어 개발 회사 간의 이해 관계를 비롯하여 다양한 이유에서 최근의 IFC 발전은 IFC 2X3 이후로 정체된 상황이다. 이런 구조적 특징으로 인해 범용적인 포맷이 되었으나, 반면에 BIM 소프트웨어 별로 동일한 유형의 3D 객체의 형상을 표현하는 방법이 서로 다름에 따라 IFC 2X3 체계 하에서 모델러 간 호환성이 결여되거나 오류가 발생하고 있다.

3.3 CityGML 특징

CityGML은 OGC에서 개발하는 GIS 기반 개방형 객체 정보 모델이며, 도시 객체 모델 정보 상호운용성을 위한 포맷으로 GML기반 응용스키마이다. CityGML은 GML에서 부족한 모델을 보강하여 3차원 공간모델링을 보다 효율적으로 하기 위해 개발이 되었다. CityGML의 구조적 특징은 다음과 같다.

3.3.1 Surface 구조

CityGML에서 형상은 다음 그림과 같이 형상, 재질, 객체(feature) 모델 및 그들 간의 위상적 관계로 정의된다.

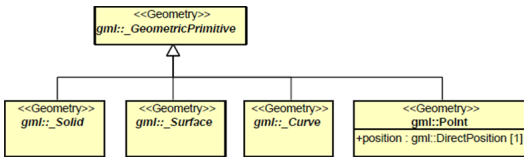


그림 10. CityGML 구조(Geometry 예)[1]

CityGML의 형상은 표면으로 정의되며, 예를 들어 벽체와 같은 경우 아래 그림과 같이 내벽면, 외벽면으로 표현되게 된다.

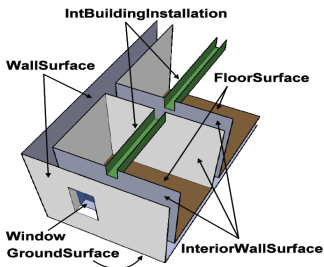


그림 11. CityGML 형상 표현[6]

이는 채워진 솔리드 모델로 표현되는 IFC와는 차이가 있다.

3.3.2 LOD 구조

형상은 모델의 추상화와 처리 성능을 고려해 다음 그림과 같이 LOD(Level Of Detail) 방식으로 정보를 표현하고 있다. 이는 거리에 따른 정보 가시화를 통한 추상화와 처리 성능을 고려한 방식이다.

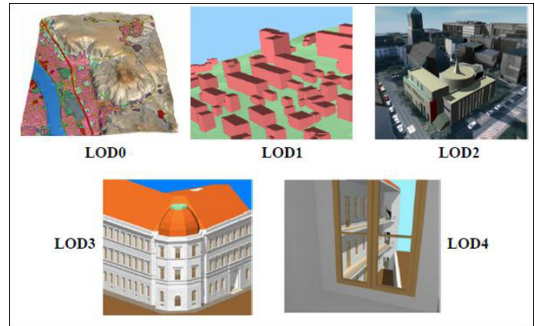


그림 12. LOD 표현방식(CityGML, OGC)[1]

3.3.3 확장성 있는 객체 구조

객체 모델은 다음 그림과 같으며, gml::_Feature를 기본 클래스로 하여, CityModel이 _CityObject를 Composite pattern 으로 관리하고 있어, 확장성을 고려하고 있다.

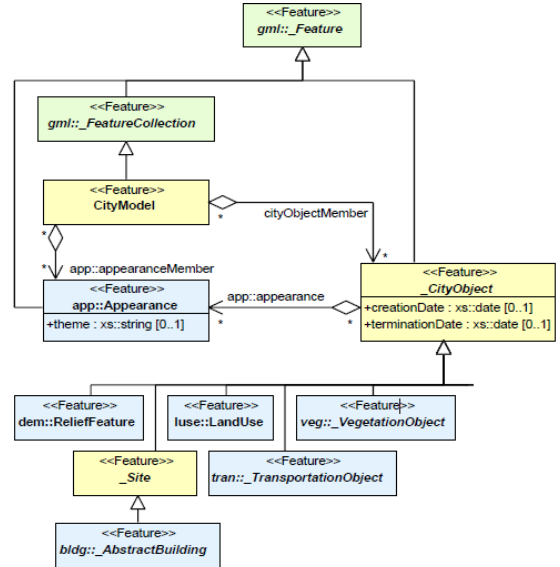


그림 13. CityGML(OGC)[1]

3.4 IFC와 CityGML 비교

아래는 앞서 분석한 IFC와 CityGML구조를 바탕으로 차이점을 나타낸 표이다.

표 2. IFC와 CityGML 차이점 분석

구분	IFC	CityGML
객체 구조	건축 중심으로 수량과 건적이 가능한 정도로 자세한 객체 구조를 가짐	도시 객체를 중심으로 처리 성능을 고려한 대 규모 3D 객체 가시화 및 객체 확장 용이한 구조
LOD	형상 모델로부터 정확한 도면, 수량이나 물성을 추출하는 방법을 고려하여, LOD방식은 고려하지 않음	형상 추상화에 따른 처리 성능을 고려하여 LOD수준에 따른 형상을 관리
형상 표현	채워진 솔리드 모델 방식	Surface방식
지원 객체	지형모델이나 도로와 같은 부분을 제외한 대부분의 건축요소지원	지형, 도로와 같은 인프라스트럭처는 지원하나 세부 건축요소들은 지원하지 않음

5. IFC 참조 모델

5.1 고려사항

앞서 언급한 바와 같이 지금까지 연구들은 대부분 CityGML에서 AbstractBuilding을 확장하거나, 기존의 IFC모델 중 형상정보를 추출하여 CityGML LOD수준에 따라 맵핑하는 방식으로 상호운용성을 접근하였다. 이런 방식은 다음 표와 같은 이슈를 가져온다.

표 3. 맵핑 방식의 상호운용성 이슈

구분	내용
정보 손실	IFC에서 CityGML 모델 스키마로 정보 변환 시 서로 모델 구조가 다름. 이로 인해 정보 손실이나 차이가 발생할 수 있음.
파일 크기	일반적으로 IFC는 Text기반 중립 포맷이므로, Revit과 같은 모델러에서 저장하였을 경우 10배 이상 크기가 증가하는 문제가 있음. 이대로 IFC에서 CityGML로 변환하였을 경우 CityGML 모델 활용이 어려울 수 있음.
오버 헤드	IFC모델이 업데이트될 때 다시 변환해 줘야 하는 문제가 발생. DBMS처럼 데이터를 넣어진 후에 정보 쿼리만 할 경우에는 큰 문제가 되지 않으나, 엔지니어링과정에서 IFC 정보가 빈번하게 수정될 경우 CityGML과 동기화를 위한 변환작업에 오버헤드가 있음.

5.2 IFC 참조 모델 제안

이러한 부분을 고려해, 모든 IFC정보를 CityGML

로 변환할 것이 아니라, CityGML에서 정보 쿼리 시 IFC파일에서 필요한 정보를 추출할 수 있도록 메타 데이터(Metadata)만 관리하도록 한다. 메타데이터는 IfcPropertySet에서 유즈케이스 관점에 따라 필요한 정보를 CityGML관점에서 추출할 수 있도록, UsecasePerspective를 추가하고, 여기에 맵핑 사전 (Mapping Dictionary)를 정의하였으며, 실제 메타데이터는 이를 참조하도록 한다. 또한 IfcModelLink를 통해 IFC파일을 얻을 수 있도록 URL를 관리하며, IFC파일이 CityGML과 동일한 좌표계에 놓이도록 좌표변환행렬을 참조하도록 한다. 이를 표현한 구조는 다음과 같다.

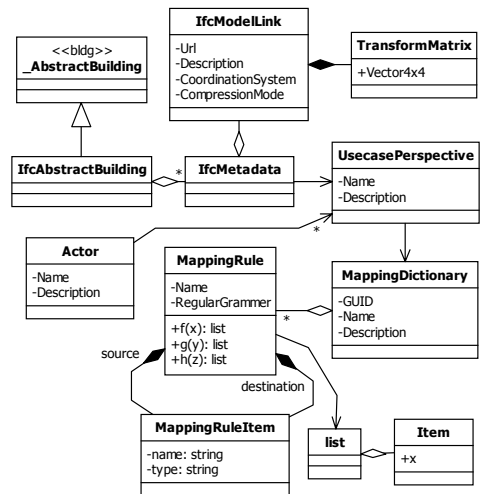


그림 14. 제안된 IFC 참조 모델

맵핑 사전은 맵핑 규칙을 포함하는 데, IFC와 CityGML간에 맵핑하는 속성 정보의 종류, 개수가 다르기 때문이다. 이런 규칙을 정의하기 위해 다음과 같이 정의한다.

$$h \circ g_b \circ f_a(x) = h(g_b(f_a(x)))$$

$$f: I \rightarrow G$$

$$I = \{I_i \mid 0 < i < n, \text{parameters of IFC}\}$$

$$I_{sub} = \{x \mid x \subset I\}$$

$$G = \{G_j \mid 0 < j < m, \text{parameters of CityGML}\}$$

$$\text{parameters} = \{\text{parameter}\}$$

$$\text{parameter} = \{\text{name, type, value}\}$$

$$\text{type} = \{\text{umber, string, stringlist}\}$$

$f_a(x)$ 는 맵핑 규칙을 정의한 함수이며 아래와 같다.

표 4. $f_a(x)$ 정의

a	Function
1	$I_i \rightarrow G_j$
2	$I_{sub} \rightarrow G_j$

$g_b(y)$ 는 type 변환 규칙을 정의한 함수이며 아래와 같다.

표 5. $g_b(y)$ 정의

b	Function	Example
1	함수 입력 그대로 출력	{123} → {123}
2	type이 숫자이면 문자열로 변환	{123} → {"123"}
3	type이 문자열이면 숫자로 변환	{"123"} → {123}
4	type이 문자열 집합이면 ','로 구분된 문자열리스트로 변환	{"123", "456"} → {"123, 456"}

$h(z)$ 는 value 변환 규칙을 정의한 함수이며, regular grammar에 따라 변환된다. 이런 규칙이 포함된 변환 함수를 이용해, 각 유즈케이스 별로 필요한 정보를 IFC에서 추출하여, Actor가 Query시 정보를 적절히 추출할 수 있다.

6. 결론

본 연구는 BIM과 GIS간 정보 상호운용성을 연구하기 위해, 이와 관련된 연구 동향을 조사한 후 BIM과 GIS간의 상호운용성과 관련된 유즈케이스를 고찰하고 각 분야의 대표적인 중립 모델인 IFC(Industry Foundation Class)와 CityGML의 구조적 특징과 공통 구조를 살펴보았다. 이 후 이런 문제에 대한 다른 접근법으로 IFC와 CityGML이 공통적으로 겹쳐지는 부분에 대해 확장한 후, 확장된 클래스에 메타데이터를 정의하여, 유즈케이스에서 필요한 정보만 CityGML에서 IFC로 정보 질의를 지원 하도록 IFC에서 CityGML로 맵핑할 수 있는 구조와 맵핑 규칙 함수를 제안하였다.

다만, 본 제안 모델에서는 캐쉬 기법과 같이 맵핑되어 추출된 속성들을 보관하여 빈번한 정보 쿼리시 빠르게 처리하거나, 추출된 속성들을 압축하여

파일 크기를 줄이는 등의 압축 기법은 고려하지 않았다. 이에 관한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] CityGML UML diagrams as contained in CityGML Encoding Standard Version 1.0.0, OGC
- [2] IFC2x4, BuildingSmart, <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/alpha/html/index.htm>
- [3] I-Chen Wu and Shang-Hsien Hsieh, 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.
- [4] Ihab Hijazi, Manfred Ehlers, Sisi Zlatanova, Umit Isikdag, "Institute for Geoinformatics and Remote Sensing", University of Osnabruck, Osnabruck, Germany.
- [5] Leon van Berlo, Ruben de Laat, 2010, "Integration of BIM and GIS: The development of the CityGML GeoBIM extension", International 3D GeoInfo Conference.
- [6] Nagel C, Stadler, A, Kolbe T, 2009, "Conceptual Requirements for the Automatic ReBIM / VDCreation of Building Information Models from Uninterpreted 3D Models, Academic Track of Geoweb 2009 Conference", Vancouver.
- [7] 고일두, 최중현, 김이두, 정연석, 이재민, 2008, "BIM으로부터 가상도시 구축용 건축물정보의 추출", 한국공간정보학회지, 제16권, 제2호, pp. 249-261.
- [8] 김인한, 2009, "유비쿼터스 도시에서의 BIM", 대한건축학회지, 제53권, 제1호, pp. 27-30.
- [9] 김이두, 고일두, 2011.6, "건물상세정보를 포함한 3-D GIS용 캠퍼스 모델의 구축", 한국도시설계학회지, 제12권, 제3호, pp. 15-26.
- [10] 신인수, 김정준, 장택수, 한기준, 2012.2, "USN 환경을 위한 공간 센서 데이터베이스 시스템의 설계 및 구현", 한국공간정보학회지, 제20권, 제1호, pp. 59-69.

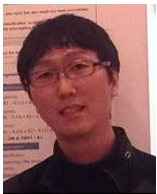
논문접수 : 2012.09.09
 수정일 : 2012.10.25
 심사완료 : 2012.10.30



강 태 욱

2005년 숭실대 소프트웨어공학 공학석사
 2009년 중앙대 건설환경공학 공학박사
 2010년~2011년 중앙대 건설환경공학과 겸임교수

2011년~2012년 (주)한길아이티 BIM사업본부장
 2012년~현재 한국건설기술연구원 수석연구원
 관심분야는 BIM, CAD, GIS, 데이터 마이닝, Media art



홍 창 희

1997년 인하대학교 공학사
 1999년 인하대학교 대학원 공학석사
 2006년 서울대학교 대학원 공학박사수료

1999년~현재 한국건설기술연구원 수석연구원
 관심분야는 3차원 공간정보, BIM/GIS, u-City



황 정 래

2007년 부산대학교 대학원 지형정보공학과 공학박사
 2008년~2009년 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소
 기금교수

2008년~현재 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원
 관심분야는 공간데이터모델, 3차원 공간정보, BIM/GIS



최 현 상

1998년 경북대학교 대학원 공학석사
 2002년 경북대학교 대학원 공학박사
 2002년~현재 한국건설기술연구원 연구위원

2010년~현재 한국공간정보학회 상임이사
 관심분야는 3차원 공간정보, BIM/GIS, u-City