

# CityGML ADE를 이용한 실내공간 데이터모델 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of Indoor Spatial Data Model Using CityGML ADE

강 혜 영\*                      황 정 래\*\*                      이 지 영\*\*\*  
Hye Young Kang              Jung Rae Hwang              Ji Yeong Lee

**요약** 최근 3차원 공간정보에 대한 구축 및 활용이 높아짐에 따라 실내공간 기반의 공간정보 관리 및 활용에 대한 중요성도 함께 증가하고 있다. 특히, 건설기술의 발달에 따라 건물의 대형화 및 복잡화로 인하여 재난 및 재해를 대비한 실내 내비게이션 등과 같은 실내공간 기반의 서비스를 제공하는 연구가 진행되고 있다. 따라서, 복잡한 실내공간을 대상으로 하는 공간정보의 관리 및 서비스 활용을 효과적으로 하기 위해서는 실외를 중심으로 개발된 3차원 공간모델 및 서비스 등을 실내공간으로 확장 및 발전시키는 것이 필요하다. 본 연구에서는 대규모 실내공간에 대한 공간정보 구축을 지원하고 위상정보를 통한 실내공간 위치기반의 서비스를 지원하기 위한 3차원 실내공간 데이터모델을 개발하였다. 본 연구에서 제시하는 3차원 실내공간 데이터 모델은 CityGML 확장 객체모델과 객체간의 위상관계를 표현하는 IndoorGML을 참조하는 위상모델로 구성된다.

**키워드** : 실내공간 데이터모델, 3차원 데이터모델, CityGML

**Abstract** With the recent increasing build and application for 3D spatial information, the importance of management and application for spatial information based on indoor space has been increased. Especially, Due to the increasing of the scale and complexity of the building according to the development of construction technologies several studies have been conducted to provide the services based on indoor space such as indoor navigation for disaster. Therefore, to efficient manage and service for information of complicated indoor space, it is necessary to extend and develop 3D spatial model and services that have been developed for outdoor space. In this paper, Indoor Spatial Data Model(ISDM) is developed to support building spatial information for complicated indoor space and location based services through topological information. ISDM contains a feature model which is a CityGML Application Domain Extension(ADE) model and a topology model that refers the IndoorGML

**Keywords** : Indoor Spatial Data Model, 3D Data Model, CityGML

### 1. 서론

최근 세계적으로 3차원 공간정보와 위치기반서비스에 대한 관심이 증가하면서 다양한 3차원 도시모델이 개발되고 있다. 이러한 가상모델들은 도시계획, 재난관리, 관광 등을 목적으로 다양한 응용분야의 기반모델로 사용되고 있다. 특히, 2001년 미국 뉴욕에서 발생한 911테러, 2005년 영국 런던에서 발생한 지하철 테러를 계기로, 실외뿐만 아니라 실내 공간정보 구축에 대한 필요성이 대두되었다. 더불어

획, 재난관리, 관광 등을 목적으로 다양한 응용분야의 기반모델로 사용되고 있다. 특히, 2001년 미국 뉴욕에서 발생한 911테러, 2005년 영국 런던에서 발생한 지하철 테러를 계기로, 실외뿐만 아니라 실내 공간정보 구축에 대한 필요성이 대두되었다. 더불어

<sup>†</sup> This research was supported by a grant(11 high-tech Urban G11) from High-tech Urban Development Program funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government.

\* Hye-Young Kang, Research Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, hyezero@gmail.com  
\*\* Jung-Rae Hwang, Senior Researcher, ICT Convergence and Integration Research Division of KICT, jrhwang@kict.re.kr

\*\*\* Ji-Yeong Lee, Associate Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, jylee@uos.ac.kr (Corresponding Author)

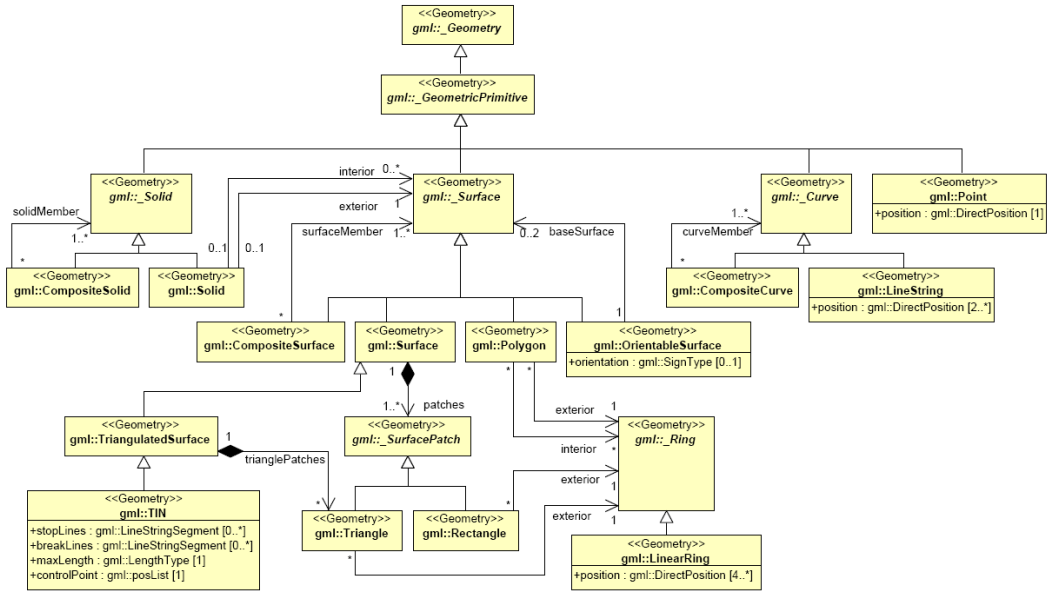


Figure 1. UML diagram of CityGML geometry model(Primitives and Composites)[5]

어, 킨텍스(KINTEX), 코엑스(COEX) 등과 같은 대규모 건축물들의 복잡한 실내공간을 대상으로 한 방재 및 길안내 등의 서비스를 제공하기 위한 기초적인 연구가 이루어지고 있다[5, 8, 11]. 하지만, 복잡한 실내공간을 대상으로 효율적인 관리 및 활용을 위해서는 단위적인 서비스를 위한 연구보다는 실외를 중심으로 개발되어온 3차원 공간정보 및 서비스 등을 실내공간으로 확장 및 발전시킴으로써 광범위한 서비스 및 활용이 가능한 데이터모델 개발이 필요하다. 특히, 실내공간에 대한 3차원 공간정보 구축 및 위치기반 서비스를 제공하기 위하여 가장 중요하고 기본이 되는 것은 실내공간에 대한 3차원 데이터 모델이다. 기존의 공간정보 및 응용 서비스들은 주로 실외 공간을 대상으로 개발되었으며, 데이터 모델 또한 실외 공간에 초점을 맞춰 정의 및 개발되어 왔다. 또한, 객체의 표현적 측면을 중심으로 개발됨으로써 속성정보에 대한 정보가 미비하여 공간분석에 활용하는데 있어 한계를 갖고 있다. 따라서 3차원 실내공간 데이터와 GIS기술을 이용한 서비스를 지원할 수 있는 실내공간 데이터 모델이 필요하다. 이러한 데이터 모델은 기본적으로 실내공간의 시각적 정보를 제공해야 하며, 공간분석이 가능해야 한다. 본 연구에서는 대규모 실내공간 정보를 표현하고, 실내공간의 위상정보를 활용한 위치기반 서비스를 지원할 수 있는 3차원 실내공간

데이터모델을 개발하고자 한다.

## 2. 관련연구

본 장에서는 실내공간 데이터모델과 관련된 기존의 공간 데이터모델에 대하여 살펴본다.

### 2.1 CityGML

CityGML[10]은 OGC(Open Geospatial Consortium)의 표준으로 제정된 대표적인 개방형 데이터모델로 XML을 기반으로 하는 가상 3차원 도시모델의 저장과 교환을 위한 데이터 포맷이다. CityGML의 개발 목적은 다른 응용분야들 간에 공유할 수 있는 3차원 도시 모델의 공통 기본 항목(entity), 속성(attribute), 관계(relation)들을 정의하는 것이다[8]. CityGML은 GML응용스키마로 구현되기 때문에 ISO 19100 시리즈를 기본으로 참조하고 있으며, W3C의 XML 표준에 관한 여러 문서들을 참조하고 있다. CityGML은 기하모델(Geometry model)과 주제모델(Thematic model)로 이루어지며, 기하모델은 그림 1과 그림 2와 같이 3D 도시모델 내에 있는 공간객체의 지형적 및 위상적인 속성에 대한 정의를 하도록 하고 있다[10]. 또한, CityGML에서는 세밀도(Level-of-Detail)에 따라 공간 객체를 표현하는 수준이 다르며, 실내공간을 위한 객체는 세밀도 4에

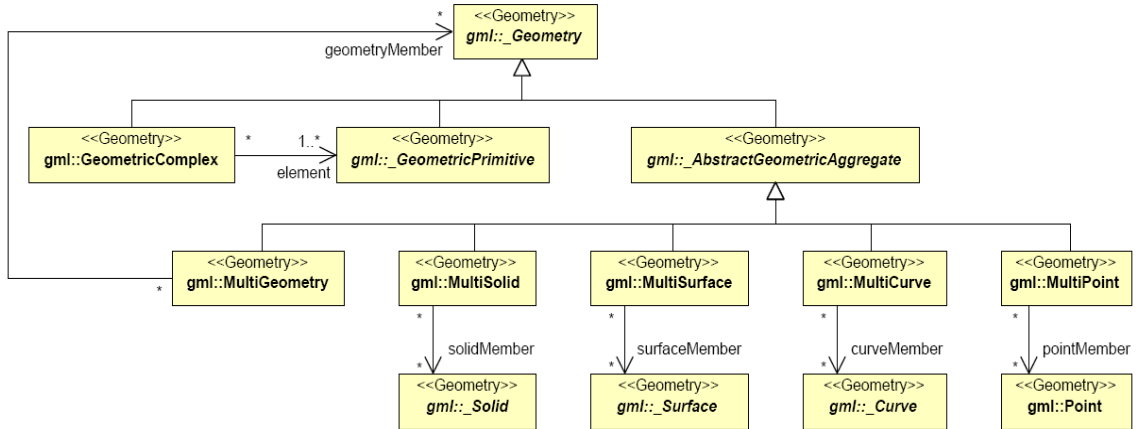


Figure 2. UML diagram of CityGML geometry model(Complexes and Aggregates)[10]

서 제공하고 있다.

이러한 CityGML을 이용하면 실내공간을 표현할 수는 있으나, 그 실내공간의 객체들 간의 위상적 관계에 대한 표현은 이루어지지 않고 있다. 따라서, CityGML만을 이용해서는 실내 공간에 대한 공간분석 기능을 제공하기는 힘들다.

## 2.2 IFC

건설데이터모델은 여러 가지가 있으나 현재 대표적인 표준으로 자리잡고 있는 것이 IFC(Industry Foundation Classes)[1]이다. IFC는 XML을 기본 표현 방법으로 채택하고 있으며, 이 표준 데이터 모델은 빌딩스마트(BuildingSMART, IAI (International Alliance for Interoperability))에서 개발된 것으로써, 건축, 엔지니어링, 시공 분야(AEC) 간의 상호 운용성을 지원하기 위해 만들어졌으며, ISO/PAS 16739[4]로 등록되어있다. IFC는 건축물을 객체지향 기법을 적용하여 분석한 것이며, IFC구조는 건축물의 구성요소인 건물, 지붕, 벽, 문 등의 객체와 그 객체들 간의 다양한 관계로 구성되어 있으며, 이를 효과적으로 표현하기 위하여 Express(데이터 모델링 표준 언어로 ISO10303-11 로 등록)[2]를 이용하여 객체지향 방식으로 표기되었으며, 보다 용이한 이해를 위하여 Express-G로 표현한다. 객체지향 특성을 가지기 때문에 UML로도 표현이 가능하다.

IFC는 건물과 건물의 공간 관계의 구성을 나타내는 데이터 요소를 정의하며, 구성의 공간적 범위에 관련된 정보를 포함한다. IFC 스키마가 개발 원칙의 두 개의 메인 카테고리인 모델링 프로세스와 모

델 클래스의 기본적인 요구사항에 따라 설계 되었다. 그림 3은 4개의 계층구조를 가진 IFC 스키마 아키텍처를 보여주고 있다.

IFC의 경우 건물 내부의 객체에 대하여 세밀한 표현이 가능하다는 장점을 가지고 있지만, 단순 객체로만 표현되고 있어서, 객체들간의 위상관계를 표현하지 않는다. 따라서, 실내 공간기반의 서비스를 위한 가시화 모델로서는 사용가능 할 수 있으나, 공간분석을 위해서는 한계를 가진다.

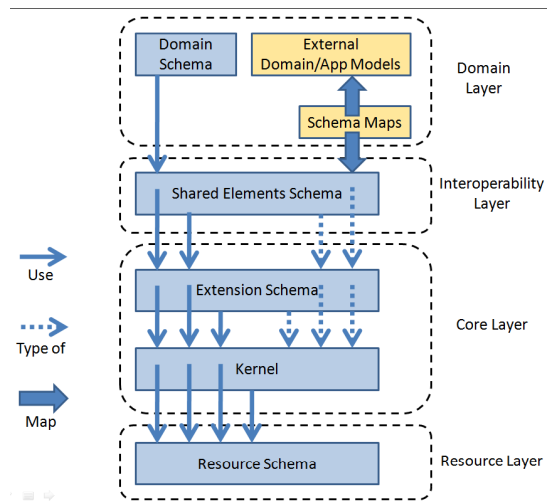


Figure 3. IFC Architecture Layer[1]

## 2.3 IndoorGML

IndoorGML[9]은 실내 네비게이션 시스템을 구축하고 작동시키기 위해 요구되는 지형공간 정보를 표

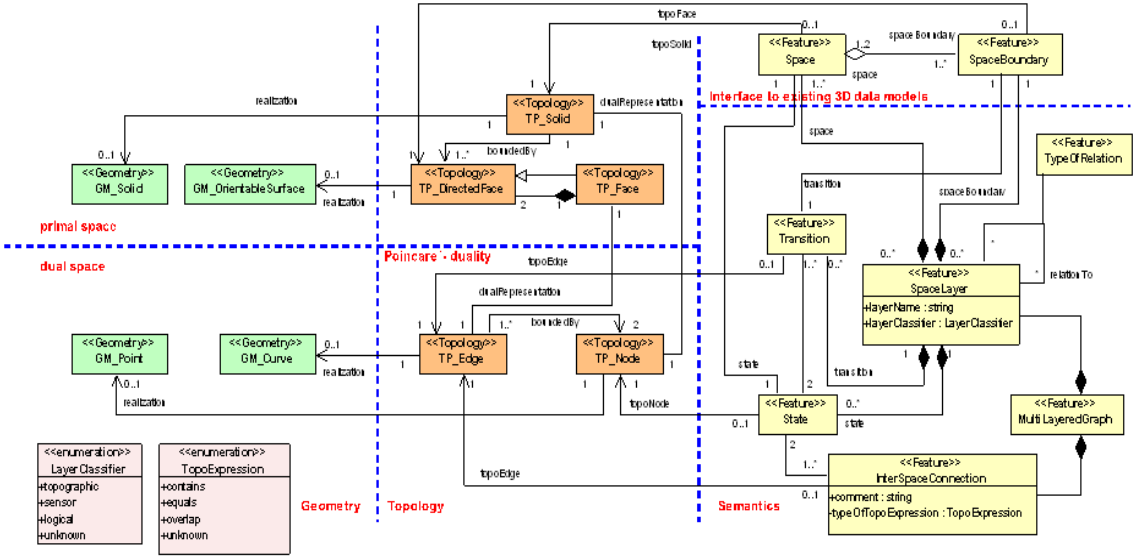


Figure 4. Conceptual data model of IndoorGML core module[9]

현하고 교환하기 위한 스키마로 현재 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 표준으로 제정하기 위해 준비 중인 실내공간 데이터모델이다. 특히, IndoorGML은 지형적 실내공간의 의미모델과 연결하기 위하여 잘 정의된 인터페이스를 지원하며, CityGML과 IFC와 같은 3차원 데이터 모델과 상호 보완적인 표준으로, 3차원 데이터모델에 제약받지는 않는다[9]. IndoorGML에서 공간은 객체화되어 표현되는데 공간을 노드로 공간과 공간 사이의 관계를 예시로 하는 네트워크 구조를 기본으로 한다. 또한 다중 계층모델을 제공하여 같은 물리적인 공간에 공간의 속성에 따라 다른(센서공간, 보행공간, 휠체어 이동가능 공간 등) 공간 레이어들을 구성하고 이들 레이어 사이의 관계를 정의하여 다양한 응용이 가능하도록 한다. 이는 또한 실내공간과 실외공간을 연결해 주어 끊임없는 이동이 가능하도록 한다. 그림 4는 IndoorGML 핵심 모듈에 대한 개념적 모델을 나타내고 있다[9]. IndoorGML 핵심모델은 시맨틱을 포함하고 있으며, 시맨틱 정보가 위상정보를 내포하고 있다.

IndoorGML은 3차원 실내공간의 위상정보를 매우 잘 표현할 수 있는 위상모델로써, 모델의 가시화를 위해서는 3차원 공간객체를 표현하기 위한 객체 모델과 함께 사용되어야 한다.

본 장에서 살펴본 바와 같이, 기존의 관련 연구들은 실내공간의 객체의 기하를 표현하는데 중점을 두거나, 혹은 위상정보를 표현하는데 치우쳐 있다. 이

에 본 연구에서는 실내공간을 표현하는 기하와 위상정보를 모두 포함하고 있는 실내공간 데이터 모델을 제안하고자 한다.

### 3. 실내공간데이터모델(ISDM)의 기본개념

#### 3.1 CityGML기반의 데이터 모델

본 연구에서 제안하는 실내공간데이터모델은 기존의 국제표준과의 호환성을 고려하여 CityGML ADE (Application Domain Extensions) 형태이다. 이는 CityGML의 CityObject, Building, Transportation 모듈에 실내공간을 표현하기 위해 필요한 객체들과 관계들을 추가로 정의하여 실내공간을 표현하기 적합하도록 확장한 모델이다.

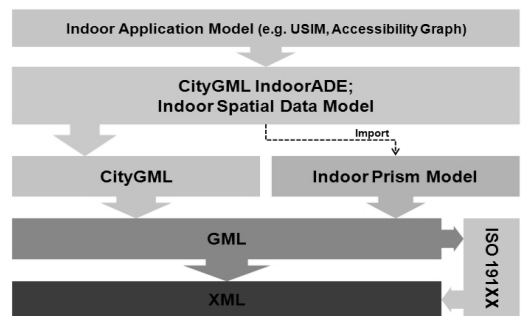


Figure 5. Basic concept of development for Indoor Spatial Data Model

그림 5는 본 연구에서 개발하고자 하는 실내공간 데이터모델의 기본적인 개념도를 보여주고 있다.

### 3.2 NRS(Node-Relation Structure) 개념

실내공간데이터모델은 센서와 이동객체를 고려한 위치기반 공간분석을 지원한다. 이에 3차원 객체간의 연결성, 인접성 등과 같은 위상적 관계를 표현하기 위해서 네트워크 구조 개념인 NRS(Node-Relation-Structure)[7]를 이용한다. NRS는 건물 내의 방들과 같은 실내 환경의 3차원 단위 공간들 간의 복잡한 위상관계를 추상화하고, 단순화하여 표현한다. 그림 6에서는 3차원 객체들은 노드로 표현되며, 3차원 객체들 간의 관계성은 에지로 표현하고 있음을 보여주고 있다.

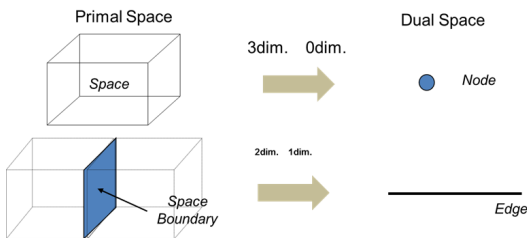


Figure 6. Representation of connectivity and adjacency between 3D indoor objects[7]

NRS는 위상 네트워크 모델에 의해 3차원 객체간의 복잡한 공간 관계를 단순화시키기 위하여 Poincare Duality를 활용한다.

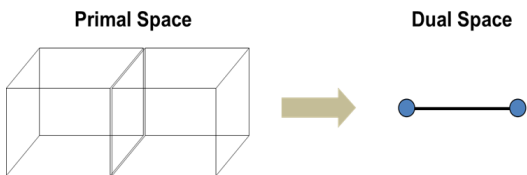


Figure 7. Poincare duality of 3D objects and relationship between 3D objects[7]

2개의 3차원 공간은 그림 7과 같이 Poincare Duality 변환에 의해 NRS의 노드로, 3차원 공간들이 인접하고 있는 2차원 면은 NRS의 에지로 변환된다.

이와 같은 NRS개념은 IndoorGML에서도 사용되고 있다.

### 3.3 기하모델

프리즘 모델[6]은 3차원 공간표현을 위한 기하모델로써, 다각형 프리즘을 제공하여 공간 분석에 높은 성능을 나타낸다. 그림 8에서 보는 것과 같이 프리즘 모델은 ISO 19107[3]보다 단순한 기하구조를 가지므로 데이터 자체가 GML보다 가볍고, 데이터 교환 및 연산 수행 속도가 빠르다[6]. 이에 본 연구에서는 3차원 솔리드 표현을 위한 기하모델로 프리즘 모델을 참조하여 실내공간데이터 모델을 정의하였다.

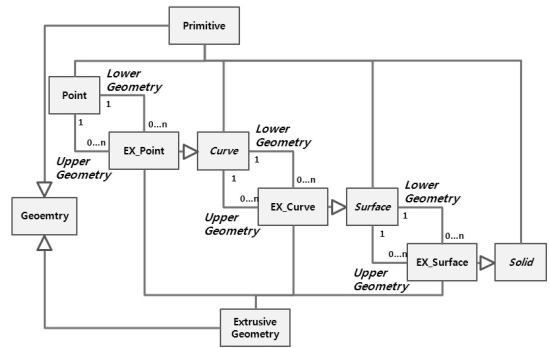


Figure 8. UML diagram of Prism geometry model for 3D spatial object[6]

## 4. 실내공간데이터모델(ISDM)

실내공간데이터모델은 CityGML에 정의된 피쳐(feature)를 기반으로 하여, 3차원 실내공간을 표현하기 위하여 필요한 피쳐들을 추가로 정의하여 구성하였다. 본 연구에서 제안하는 실내공간 데이터 모델은 3차원 실내 공간을 표현하기 위한 코어모델인 Core Indoor Model, 건물 내부의 실내공간 객체들을 표현하기 위한 Building Indoor Model, Sensor Model, 실내공간 객체들간의 위상을 표현하는 3D Topology Model로 구성된다.

### 4.1 Core Indoor Model

Core Indoor Model은 3차원 실내공간을 표현하기 위한 상위클래스들을 정의한 모듈이다.

그림 9에서 보는 바와 같이 ISDM의 코어모듈은 CityGML의 코어모듈과 Building, Transportation, Furniture 등의 테마모듈들을 참조하여 실내공간을 표현할 수 있도록 정의되어 있다. 이후 본 연구에서 제시하는 모델에 관한 UML 다이어그램에서 녹색

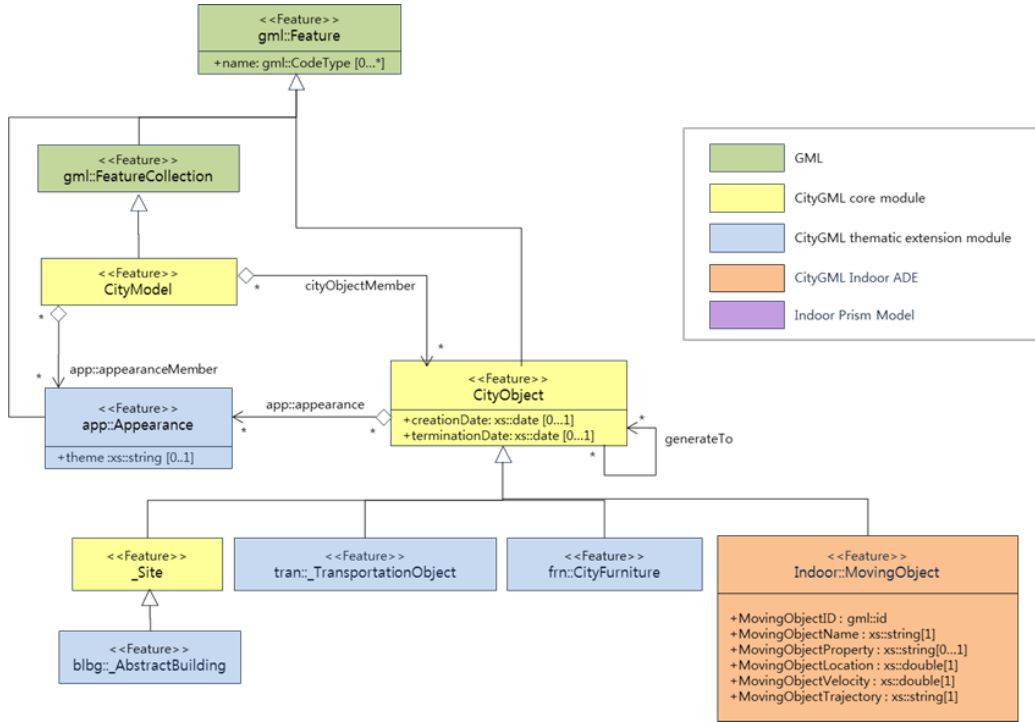


Figure 9. Core indoor model of ISDM

박스는 GML 클래스, 노란색 박스는 CityGML 코어 클래스, 하늘색 박스는 CityGML의 주제 모델 클래스, 분홍색 박스는 IndoorGML 클래스, 보라색 박스는 Prism 클래스를 나타내며, 주황색 박스는 본 연구에서 추가적으로 정의한 피처를 나타낸다.

#### 4.2 Building Indoor Model

본 연구에서 제시하는 Building Indoor Model은 건물을 표현하기 위해 필요한 요소들과 관계를 정의한다. CityGML의 Building 모듈을 기본으로 정의하였으며 건물 내부공간과 외부공간을 구분하기 위하여, 그림 10과 같이 *ExteriorBuildingObject*와 *InteriorBuildingObject*를 추가하였고, 건물의 세부 단위로 층을 표현하기 위해 *Story*를 추가하였다. *ExteriorBuildingObject*는 건물의 외부를 표현하는 피처 클래스로 CityGML의 *CityObject*로부터 상속받아 정의되며, *BuildingPart*, *BuildingInstallation*과 연관관계(Aggregation)를 갖는다. *BuildingPart*와 *BuildingInstallation*은 IndoorGML에서 정의되는 *SpaceObject* 클래스를 참조하는데, 이는 공간의 특성을 정의하고 속성을 결정한다. 공간으로 표현 가능한 클래스의 기하정보는 인도어프리즘 모델

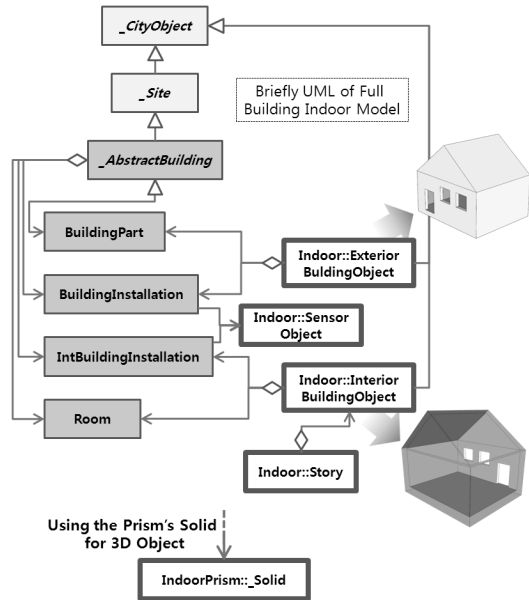


Figure 10. Building indoor model of ISDM

의 *\_Solid*를 참조하며 표현하였으며, 공간분석에 활용하기 위해, *\_BoundarySurface*가 IndoorGML의 *AbstractSpaceBoundary*를 참조하도록 하였다.

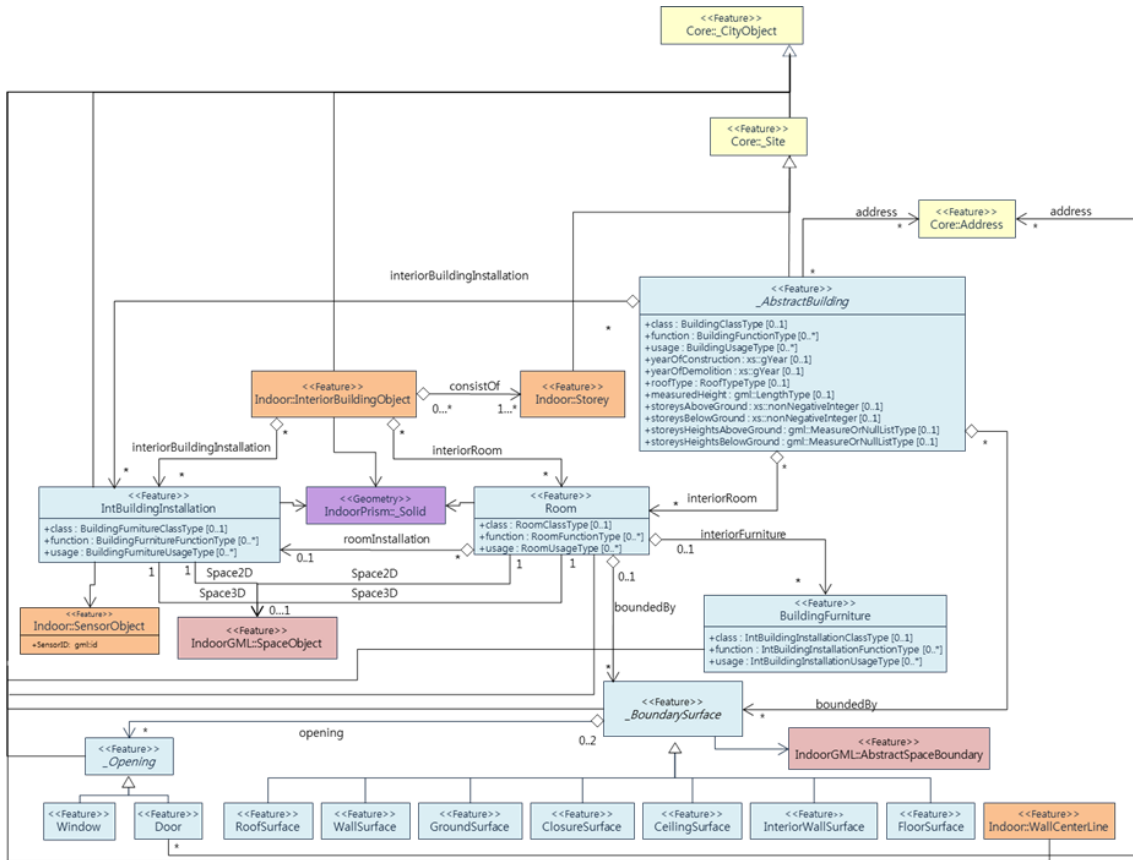


Figure 11. Interior Building part

본 연구에서 추가적으로 정의한 각 클래스에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

*InteriorBuildingObject*는 건물 내부를 표현하는 피쳐 클래스로, 역시 CityGML의 *CityObject*로부터 상속받아 정의되며, *Room*, *IntBuildingInstallation*과 연관관계를 갖는다. 속성으로는 건물 내부객체를 구분하는 ID, 건물 내부객체의 종류는 나타내는 class, 기능을 표현하는 function, 현재의 사용 용도를 나타내는 usage를 갖는다. 각 속성은 코드리스트를 참조하여 표현된다.

*IntBuildingInstallation*은 움직이지 않는 전등, 센서 등과 같은 건물 내부의 설치물이고, *Room*은 방, 복도 등과 같은 건물 내부공간을 나타내며, 용도에 따라 속성이 다르게 정의된다.

*Story* 클래스는 건물의 한 층을 나타내는 클래스이며, *InteriorBuildingObject*의 집합으로 구성된다. *Story*는 층을 구별하는 ID, 그리고 층의 이름을 표현하는 name을 속성으로 가진다.

### 4.3 Sensor Object Model

본 연구에서는 실내공간에서 움직이는 객체를 인지하기 위한 *SensorObject* 클래스를 추가로 정의하였다. 그림 12는 ISDM에서 정의한 *SensorObject*를 UML로 표현한 것이다. *SensorObject*는 CityGML에 정의된 클래스 중, 센서가 될 수 있는 클래스인 *CityFurniture*, *IntBuildingInstallation*, *BuildigInstallation*을 참조한다. 또한, 센서의 위치를 표현하는 *SensorLocation* 클래스와 센서가 인지할 수 있는 2차원적 공간범위를 표현하는 *SensorCoverage*를 하위클래스로 갖는다.

### 4.4 3D Object Topology Model

본 연구에서 제시하는 마지막 모듈은 3차원으로 표현된 공간객체들 간의 관계를 나타내는 모델인 3D Object Topology Model이다.

최상위 클래스인 *3DTopologObject*는 *RoomObject*와 *RoomRelationObject*를 하위클래스로 가

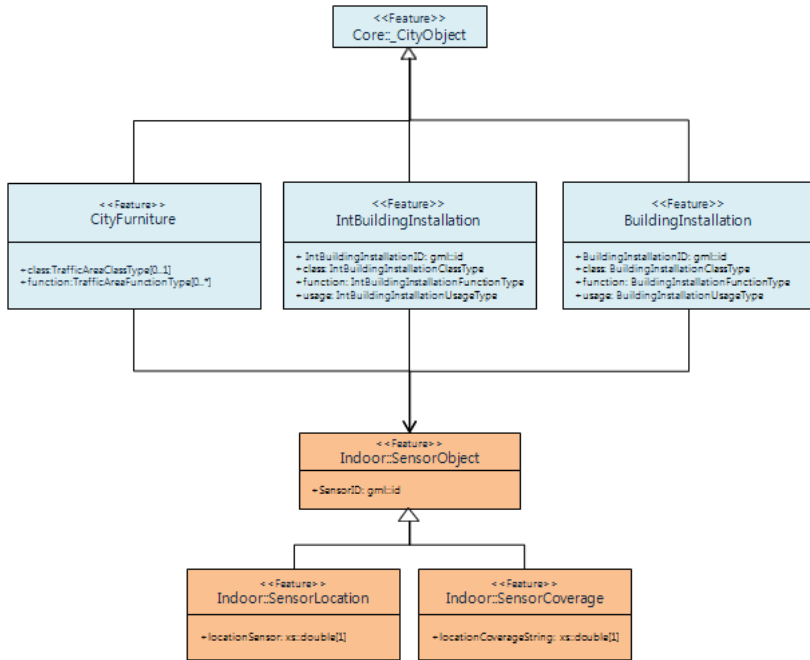


Figure 12. CityGML Indoor ADE, Sensor Object

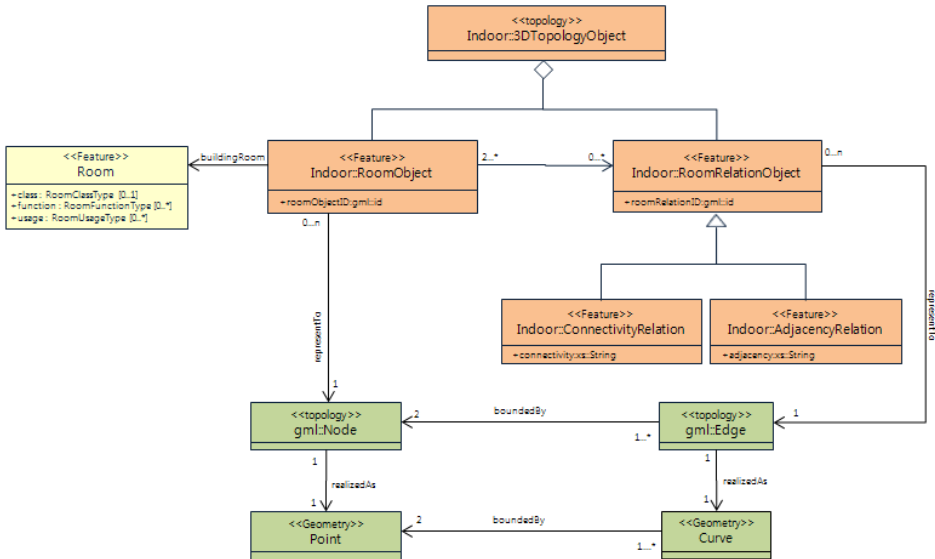


Figure 13. CityGML Indoor ADE, 3D Object Topology Model

지며, Generic Attribute를 갖는다. RoomObject는 건물 내부 공간을 3차원으로 표현한 Room 클래스를 참조하며 Topology Primitive인 노드로 표현된다.

3차원으로 표현된 각 공간들은 각 공간간의 관계를 가지며, 이러한 관계들은 면으로 나타낼 수 있

다. 면으로 표현되는 공간관계들은 에지로 유도 가능하므로, ISDM에서는 공간객체들 간의 관계를 에지로 유도하여, RoomRelationObject 클래스로 표현한다. RoomRelationObject는 연속성을 가지는 관계로 정의되는 ConnectivityRelation과 인접성을 가지는 관계로 정의되는 AdjacencyRelation을 하위



```

<xs:schema xmlns="http://www.citygml.org/ade/indoor_de" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:core="http://www.opengis.net/citygml/1.0"
  xmlns:indoorgml="http://www.u-indoor.org/indoorgml/0.1"
  xmlns:frn="http://www.opengis.net/citygml/cityfurniture/1.0"
  xmlns:tran="http://www.opengis.net/citygml/transportation/1.0"
  xmlns:veg="http://www.opengis.net/citygml/vegetation/1.0"
  xmlns:blde="http://www.opengis.net/citygml/building/1.0"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
  targetNamespace="http://www.citygml.org/ade/indoor_de" elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:import namespace="http://www.opengis.net/gml" schemaLocation="./3.1.1/base/gml.xsd"/>
  <xs:import namespace="http://www.u-indoor.org/indoorgml/0.1" schemaLocation="http://www.u-indoor.org/indoorgml/0.1/Indoorgml.xsd"/>
  <xs:import namespace="http://www.opengis.net/citygml/1.0" schemaLocation="http://www.citygml.org/citygml/1.0/cityGMLBase.xsd"/>
  <xs:import namespace="http://www.opengis.net/citygml/transportation/1.0" schemaLocation="http://www.citygml.org/citygml/transportation/1.0/transportation.xsd"/>
  <xs:import namespace="http://www.opengis.net/citygml/vegetation/1.0" schemaLocation="http://www.citygml.org/citygml/vegetation/1.0/vegetation.xsd"/>
  <xs:import namespace="http://www.opengis.net/citygml/building/1.0" schemaLocation="http://www.citygml.org/citygml/building/1.0/building.xsd"/>
  <xs:import namespace="http://www.opengis.net/citygml/cityfurniture/1.0" schemaLocation="http://www.citygml.org/citygml/cityfurniture/1.0/cityfurniture.xsd"/>
  <!-- ----- Moving Object ----- -->
  <!-- ----- -->
  <xs:complexType name="MovingObjectType" >
    <xs:complexContent>
      <xs:extension base="core::AbstractCityObjectType">
        <xs:sequence>
          <xs:element name="MovingObjectID" type="gml:id" minOccurs="1"/>
          <xs:element name="MovingObjectName" type="xs:string" minOccurs="1"/>
          <xs:element name="MovingObjectProperty" type="xs:string" minOccurs="0"/>
          <xs:element name="MovingObjectLocation" type="xs:double" minOccurs="1"/>
          <xs:element name="MovingObjectVelocity" type="xs:double" minOccurs="1"/>
          <xs:element name="MovingObjectTrajectory" type="xs:string" minOccurs="1"/>
          <xs:element ref="GenericApplicationPropertyOfMovingObject" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        </xs:sequence>
      </xs:extension>
    </xs:complexContent>
  </xs:complexType>

```

Figure 14. An example of XML Schema

클래스로 가진다.

#### 4.5 XML 스키마 정의

앞선 절에서 UML클래스 다이어그램을 사용하여 실내공간데이터모델의 구조와 구성요소들의 관계를 표현하였다. 본 연구에서 정의한 ISDM을 문서로 조직하고 구조화하기 위하여 XML 표준화 기구인 W3C에서 제공하는 XML 스키마 기술을 바탕으로 본 모델에 대한 XML 스키마를 설계하였다.

XML은 데이터베이스, 웹문서 작성 및 개발, 전자 문서 교환 등 여러 분야에 적용되고 있으며, 본 연구에서 개발한 모델의 교환문서를 작성하기 위하여 지리정보를 묘사하기 위해 사용되는 XML기반의 마크업 언어인 GML을 사용하였다. 따라서, 본 모델의 XML스키마는 다른 공간모델로의 교환포맷으로 활용 가능하다.

그림 14는 앞서 제시한 UML 모델을 기반으로 하여 만든 XML스키마중의 일부분이다. 클래스 다이어그램으로 표현한 각 모델의 클래스들은 XML 스키마로 문서화할 경우, 스테레오 타입에 따라 데이터 타입이 결정된다. 특히 상위 클래스를 상속받는 클래스의 경우에는 자신의 상위 클래스의 데이

터 타입을 기반으로 확장하여 정의한다. 본 모델의 UML에서는 두 가지의 스테레오타입을 사용하여 정의하였다. <<feature>>는 ISO 19109의 정의에 따라 시멘틱 피처를 표현하는 것으로, 추상 GML 형식(Abstract GML type)인 <AbstractFeature> 타입을 기반으로 한다. <<topology>>는 객체간의 위상관계를 표현하는 클래스를 나타내는 스테레오타입으로, 추상 GML 형식인 <AbstractTopology Type>을 기반으로 한다.

본 연구에서 추가로 정의한 <MovingObject>는 XML스키마에서 복합 데이터형으로 정의하고, 이는 CityGML core모듈의 <AbstractCityObjectType>을 기반으로 하였다. 본 연구는 CityGML의 ADE로 설계되었으므로, 그림 14의 예시에서 나타나는 것과 같이 본 연구에서 정의한 모든 클래스들은 City GML을 응용하여 정의하였다. 또한, XMLSpy에서 유효성을 검증하였다.

#### 5. 실내공간데이터 테스트 구축 및 가시화

앞선 4장에서는 본 연구에서 제시한 실내공간데이터모델을 UML로 표현하고, 이를 기반으로 XML

스키마를 정의하였다. 본 장에서는 제안한 ISDM의 타당성을 검증하기 위하여 ISDM의 XML 스키마를 기반으로 구축된 데이터가 3차원 실내공간객체의 기하와 위상을 정확하게 표현하는가를 살펴본다. 이를 위하여 실제적인 건물의 3차원 실내공간을 본 연구에서 제시한 ISDM의 XML스키마를 기반으로 실제 구축하고, 이를 가시화할 수 있는 ISDM뷰어를 개발하였다.

### 5.1 XML Instance 적용

본 절에서는 앞서 4.5절에서 정의한 XML 스키마를 기반으로 XML데이터 문서를 작성하였다. 구축 대상 건물은 서울시립대학교 21세기관으로, 1층부터 4층까지 총 4개의 층에 대하여 구축하였다.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" standalone="yes"?>
<isdm xmlns="http://3dgis.uos.ac.kr/isdm/0.1"
  xmlns:core="http://www.opengis.net/citygml/1.0"
  xmlns:frn="http://www.opengis.net/citygml/cityfurniture/1.0"
  xmlns:tran="http://www.opengis.net/citygml/transportation/1.0"
  xmlns:vgf="http://www.opengis.net/citygml/vegetation/1.0"
  xmlns:bdg="http://www.opengis.net/citygml/building/1.0"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
  xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:indoorprism="http://www.u-indoor.org/indoorprism/0.1"
  xmlns:indoorgml="d:/project/indoorgml.xsd">
  <core:CityObject>
  <core:Site>
  <core:AbstractCityObject>
  <- 1 floor ->
  <bdg:Room gml:id="r1001">
  <gml:name>r1001</gml:name>
  <class>roomClassCodeList</class>
  <function>roomFunctionCodeList</function>
  <usage>roomUsageCodeList</usage>
  <gml:Solid>
  <gml:exterior>
  <gml:CompositeSurface>
  <gml:surfaceMember>
  <gml:Polygon gml:id="#r1001ceilingSurface1">
  <gml:exterior>
  <gml:LinearRing>
  <gml:posList srsDimension="3">1079504 166833 3000</gml:posList>
  <gml:posList srsDimension="3">1076529 166833 3000</gml:posList>
  <gml:posList srsDimension="3">1076529 162833 3000</gml:posList>
  <gml:posList srsDimension="3">1079504 162833 3000</gml:posList>
  <gml:posList srsDimension="3">1079504 166833 3000</gml:posList>
  </gml:LinearRing>
  <gml:exterior>
  <gml:Polygon>
  <gml:surfaceMember>
  <gml:surfaceMember>
  <gml:Polygon gml:id="#r1001wallSurface1">
```

Figure 15. An sample XML data

그림 15는 대상건물의 1층부터 4층까지의 실내공간을 표현한 XML문서의 일부분이다. 건물의 3차원 실내공간을 방, 복도, 층계 등으로 표현하여 구축하였다.

본 연구에서 제시한 ISDM의 XML스키마를 기반으로 그림 15와 같이 구축한 데이터의 오류검증을 위하여 가시화를 위한 뷰어를 개발하였다. 뷰어를 통해 ISDM의 기하적 표현력 뿐만 아니라, 공간간

의 관계성에 대한 표현력을 가시적으로 확인할 수 있다.

그림 16은 대상 건물에 대한 XML문서를 개발한 뷰어로 열었을 때를 나타낸다. 대상 건물의 공간 정보 데이터를 가시화 하여 보여준다. 뷰어에서는 본 연구에서 제시한 XML스키마에 따르는 예시 데이터를 불러왔을 시에 각 층별로 실내공간을 표현하며, 그림 17과 같이 층별 데이터의 선택도 가능하다.

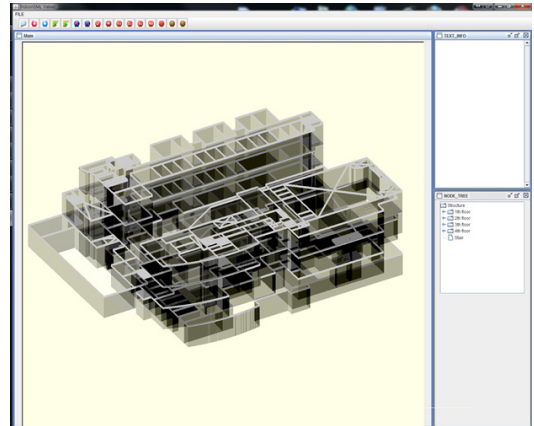


Figure 16. ISDM Viewer: Sample data

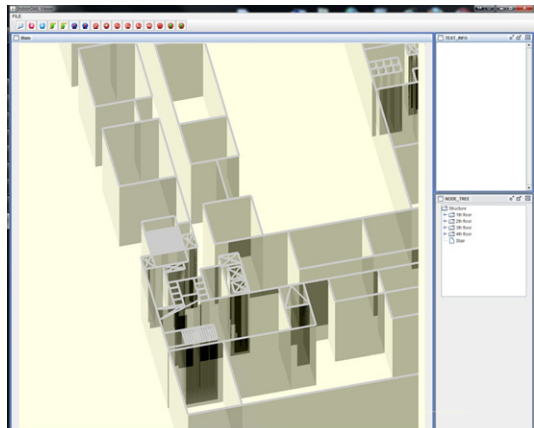


Figure 17. ISDM viewer: Selected floor view

그림 16과 그림 17에서 보이는 바와 같이 ISDM의 XML스키마를 기반으로 구축된 3차원 실내공간 데이터는 실제 3차원 실내 공간의 기하표현을 명확하게 할 수 있을 뿐만 아니라, 각 공간객체간의 관계성도 정확하게 표현하고 있다.

## 6. 결론

최근 건설기술의 발달에 따라 대형화 및 고층화 되어가고 있는 건물들로 인하여 실내공간에 대한 관리의 중요성이 높아짐에 따라 이를 효율적으로 활용하기 위한 실내공간 데이터모델링 연구가 필요하다. 현재까지 개발된 다양한 3차원 도시모델 중에서, CityGML은 실내를 표현할 수 있는 확장 모델을 포함하고 있으나, 단순히 외형적인 표현만 가능하고, 실내공간에 대한 표현 및 서비스를 지원하기에는 부족하다. 이에 본 연구에서는 기존의 3차원 도시모델인 CityGML 기반의 응용도메인 확장 모듈인 ISDM을 제안하였다. ISDM에서는 CityGML의 여러 확장 모듈들을 기반으로 하여, 실내공간을 표현하는 데 필요한 피쳐 클래스들을 추가로 정의하였다. 또한, 공간분석에 활용할 수 있는 3차원 실내공간에 대한 위상 모델도 IndoorGML을 참조하여 정의하였으며, 이를 기반으로 XML스키마를 작성하였다. 본 모델을 기반으로 설계한 XML스키마는 실내공간을 기하학적으로 표현할 수 있을 뿐만 아니라, 위상표현도 가능하여 공간 분석까지 가능하다. 본 연구에서 제안한 ISDM은 위상관계를 포함하고 있지만, 추후 IndoorGML이 국제 표준으로 제정될 것이므로, ISDM과 IndoorGML간의 호환을 위하여, ISDM의 위상정보를 기반으로 IndoorGML을 유도할 수 있는 변환도구 개발을 수행하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] IAI(International Alliance for Interoperability), [www.iai-international.org](http://www.iai-international.org).
- [2] ISO 10303-11:2004, Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual.
- [3] ISO 19107:2003, Geographic information - Spatial schema.
- [4] ISO/PAS 16379:2005, Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification.
- [5] Kwak S. Y; Nam, H. W; Jun, C. M. 2010, An Indoor Pedestrian Simulation Model Incorporating the Visibility, Journal of Korea Spatial Information Society, 18(5):133-142.
- [6] Kim, J. S; Kang, H. Y; Lee, T. H; Li, K. J. 2009, Topology of the Prism Model for 3D Indoor Spatial Objects, Proc. International Workshop on Indoor Spatial Awareness, pp. 698-703.
- [7] Lee, J. Y. 2004, A Spatial Access Oriented Implementation of a Topological Data Model for 3D Urban Entities, GeoInformatica, 8(3): 235-262.
- [8] Lee, S. J; Lee, J. Y. 2011, Navigable Space-Relation Model for Indoor Space Analysis, Journal of Geographic Information System Association of Korea, 19(5):75-86.
- [9] Nagel, C.; Becker B.; Kaden, R.; Li, K-J.; Lee, J.; and Kolbe, T. H. 2010, Requirements and Space-Event Modeling for Indoor Navigation, OGC 10-191r1.
- [10] OGC. 2008, City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, OGC 08-007r1.
- [11] Park, I. H; Jun, C. M; Choi, Y. S. 2007, 3D-GIS Network Modeling for Optimal Path Finding in Indoor Space, Journal of the Korea Society for GeoSpatial Informaton System, 15(3):27-32.

---

논문접수 : 2013.02.04

수정일 : 2013.04.10

심사완료 : 2013.04.11