

CityGML과 IndoorGML의 비교

-실내공간정보 구축 사례 고찰-

Comparison of CityGML and IndoorGML

-A Use-Case Study on Indoor Spatial Information Construction at Real Sites-

이기준* · 김태훈** · 유형규*** · 강혜경****

Ki-Joune Li · Tae-Hoon Kim · Hyung-Gyu Ryu · Hae-Kyong Kang

요약 실내 공간정보의 중요성이 증대됨에 따라 여러 가지 실내 공간정보를 위한 국제표준이 최근에 만들어졌다. 그 대표적인 것이 OGC에서 표준으로 만든 CityGML과 IndoorGML이다. CityGML은 3차원 도시모델을 위한 표준으로 상세도 4가 실내공간을 대상으로 하고 있고, IndoorGML은 실내공간을 주목적으로 만들어진 표준이다. 특히 IndoorGML은 CityGML의 약점을 보완하기 위하여 만들어진 것으로, CityGML과 통합되어 사용될 때, 그 효용가치가 높아진다. 그러나 이 두 가지 표준의 약점과 장점에 대한 이해가 정확하지 않아, 어떻게 통합하여 사용할 것인지에 대한 분명한 기준이 마련되어 있지 않다. 즉, 이 두 가지 표준을 효과적으로 결합하여 사용하려면 먼저 각각의 장단점에 대한 분석이 선행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 실제 적용사례를 분석하여 두 가지 표준의 차이점과 장단점을 분석한다. 실제 적용 사례는 롯데월드몰과 종로5가 지하철역을 대상으로 하고 있으며, CityGML 및 IndoorGML 데이터를 구축하여 그 특징을 비교한다. 뿐만 아니라, 몇 가지 적용사례에 대한 시나리오를 정의하여 각각의 표준이 어떻게 이용될 수 있고, 그 장단점이 무엇인지를 분석한다. 이를 통하여 각 표준의 장단점을 분석하여 이 두 가지 표준을 어떻게 적절하게 사용할지 결정하는데, 본 연구의 결과를 활용할 수 있도록 한다.

키워드 : 실내 공간정보, CityGML, IndoorGML, CityGML과 IndoorGML의 연결

Abstract Due to recent increase of indoor spatial information demands, several international standards have been published for indoor spatial information. OGC has also recently published two standards for indoor space; CityGML and IndoorGM. CityGML aims to provide a standard for 3D city modeling and the level of details (LoD) 4 covers the indoor space. IndoorGML focuses only on indoor space and provides several functions to complement the weakness of CityGML. It is therefore recommended to apply IndoorGML as a combination with CityGML. However since the weakness and strengths between these standards are not yet fully studied and understood, there is no well-defined guideline to apply them in a proper way. It means that we need to carry out a comparative study between them for their proper integration. For this reason, we discuss the pros and cons of these standards from two use-cases. The sites for the use-cases cover Lotte World Mall and Jongno-5 subway station, respectively. We studied these use-cases to compare CityGML and IndoorGML through the data construction of CityGML and IndoorGML for these sites. And based on several application scenarios, we also analyzed the weakness and strengths of each standard from different viewpoints. We expect that these comparative studies will be helpful to make a guideline on the application and integration between CityGML and CityGML.

Keywords : Indoor Spatial Information, CityGML, IndoorGML, Linking CityGML and IndoorGML

† This work was partly supported by a grant(11 High-tech Urban G11) from High-tech Urban Development Program and by a grant(14NSP-B080144-01) from National Land Space Information Research Program funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government, This work was also partly supported by the ICT R&D program of MSIP/IITP[14-824-10-005, Development of In-Memory based 3D spatial DBMS for Spatial Convergence Industry].

* Ki-Joune Li, Professor, Dept. of Computer Science, Pusan national University. lik@pnu.edu (Corresponding Author)

** Tae-Hoon Kim, Ph.D Student, Dept. of Computer Science, Pusan national University. tae-hoon.kim@pnu.edu

*** Hyung-Gyu Ryu, Master Student, Dept. of Computer Science, Pusan national University. tae-hoon.kim@pnu.edu

**** Hae-Kyong Kang, Senior Researcher, KRIHS, hkkang@krihs.re.kr

1. 서 론

현대 생활에서 대부분의 시간을 실내공간에서 보내게 된다. 특히 도시의 인구가 집중되면서 최근 대형건물이 늘어나고, 그 내부는 매우 복잡하여 지고 있다. 따라서 복잡하고 대형화된 실내공간에 대한 적절한 공간정보가 구축되고 활용되면, 여러 가지분야에 매우 도움이 될 것으로 기대된다. 특히 실내공간정보의 표준 정보가 제공되면 그 효용성은 배가 될 것이다. 이러한 배경에서 공간정보의 국제표준화 기구인 OGC (Open Geospatial Consortium)[12]에서는 최근 실내공간정보 표준 두 가지를 만들었다. 첫 번째는 CityGML[8]이다. CityGML은 5가지의 상세도(LoD: Level of Detail)를 정의하고 있으며, 상세도 4는 실내공간을 대상으로 한다. IndoorGML[10]은 실내공간정보에 대한 표준모형을 제공한다. 셀공간모델(Cellular Space Model)을 기반으로 정의된 것으로, 셀의 기하, 의미적 정보 및 셀 사이의 위상 정보를 제공한다. 특히 대부분의 실내공간정보 서비스에서 요구되는 사항을 지원하기 위하여 개발된 표준이다.

이 두 가지 표준은 모두 공간정보의 표준모델인 ISO 19107과 공간정보 표준 언어인 GML[9]을 기반으로 만들어졌지만, 서로 다른 목적을 가지고 있다. CityGML은 주로 건축물이나 실내공간에 존재하는 객체를 서술하는 정보를 표현하는데 주목적이 있다면, IndoorGML은 실내에 벽이나 문, 계단통로 등으로 만들어지는 공간을 표현하는 것이 그 목적이다. 따라서 이 두 가지 표준은 서로 다른 배경에서 만들어졌다. 그러나 IndoorGML은 CityGML과 가능한 영역이 겹치지 않도록 만들어져서, CityGML에서 표현하지 못하거나 제한적으로 표현되는 정보를 보완할 수 있도록 모델이 설계되어 있다[4]. 그러므로 CityGML의 단점과 이를 보완하는 IndoorGML의 장점, 그리고 반대로 IndoorGML에서는 제대로 표현될 수 없는 반면 CityGML에서는 잘 지원되는 모델의 특징이 무엇인지를 정확하게 이해하는 것이 중요하다.

비록 개념적으로는 IndoorGML에서 그 장점 및 CityGML을 보완하기 위한 여러 가지 개념들이 설명되어 있지만, 실제로 이를 적용하고 구체적인 사항을 분석한 사례가 지금까지 없었다. 따라서 본 논문에서는 실제 실내공간정보 구축 및 활용 사례를 중심으로 CityGML 및 IndoorGML이 어떻게 구축되고, 각각 장단점이 무엇인지를 살펴본다. 이를 위하여 서울에 위치한 롯데 월드몰과 서울 중로5가 지하철역의 데이터를 실제 사례로 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2장에서는 기존의 연구를 살펴보고, 본 연구의 동기를 서술한다. 3장에서는 실제 사례로 구축된 롯데월드몰 및 서울중로 5가 지하철역 데이터의 개요와 CityGML 및 IndoorGML 구축 사양과 과정에 대하여 간략하게 살펴본다. 4장에서는 데이터 구축과정에서 관찰된 두 가지 표준의 차이를 분석하며, 5장에서는 주어진 서비스 시나리오를 바탕으로 두 가지 표준의 기능을 비교하고 분석한다. 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2014년 12월에 OGC가 제정되어 공표한 IndoorGML은 본격적인 실내공간정보 표준이다. 그러나 이 이전에 이미 실내공간을 다루는 공간정보 표준이 있었다. 이전의 OGC에서 만든 CityGML 그리고 BuildingSmart International가 만든 IFC(Industry Foundation Classes)[1]는 실외와 실내의 도시모델 또는 건축물에 대한 모델 정보를 표준으로 정의한다. 그 외 Google에서 사용하다 OGC의 표준이 된 KML 2.0[11]가시화를 위한 3차원 공간객체정보 표준으로 실내를 대상으로 포함시킬 수 있다. 이 중에서 본 논문에서 집중적으로 다루고 있는 두 가지 표준인 CityGML과 IndoorGML에 대하여 알아보기로 한다.

2.1 CityGML[8]

CityGML은 독일의 3차원 공간객체 연구그룹인 SIG3D (Special Interest Group for 3D)가 정의한 공간객체 모델을 기반으로 2000년대 초반에 시작되었다. OGC에 표준화그룹을 만들어 작업을 하여 2008년에 CityGML 1.0을 완성하여 표준화하고, 2012년에 CityGML 2.0으로 발전시킨 후 사용 중이다.

CityGML에서는 상세도(Level of Details: LoD) 개

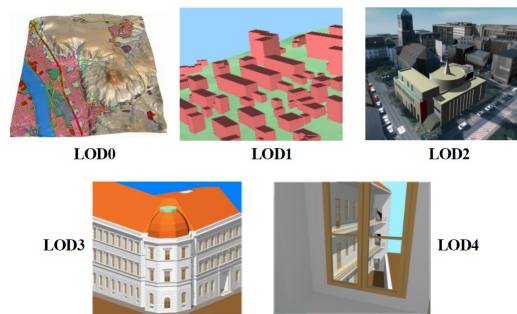


Figure 1. LoD in CityGML (source: IGG Uni Bonn)

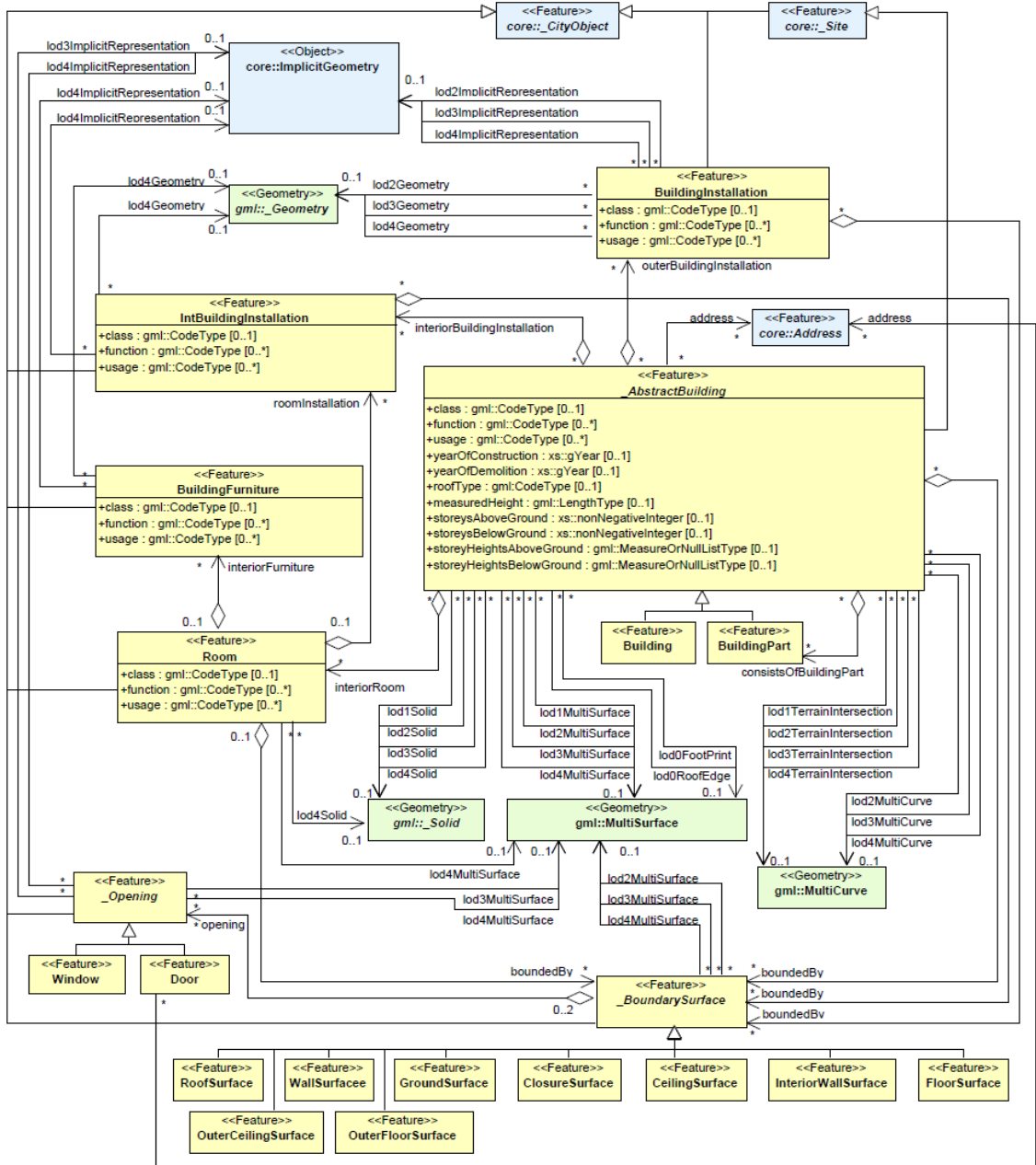


Figure 2. CityGML Building Model[7]

념을 도입하고 있다. 아래의 Figure 1과 같이 상세도 0에서부터 상세도 4까지를 구별한다. 상세도 0은 지표 모델에 해당되며, 상세도 1은 지형지물을 단순한 상자 형태로 확장한 3차원 기하객체로 표현한 것이며, 상세도 2는 지중과 벽면에 대한 간단한 표현을 포함하며, 상세도 3는 창문과 같은 세부적인 벽면 정보와 실제

텍스처를 표현하며, 상세도 4는 실내공간을 대상으로 한다. 따라서 본 논문에서 초점을 가지고 보는 내용은 상세도 4에 해당된다.

그런데 모든 모듈이 상세도 4를 가지고 있는 것은 아니며, 건물모듈, 터널 모듈만 상세도 4를 가지고 있다. 그 중에서도 특히 건물모듈은 자세한 상세도 4 모

델을 제공하고 있는데, 이를 UML 다이어그램으로 표현하면 아래의 Figure 2와 같다. 이 모델은 본 논문에서 다루고 있는 IndoorGML과 CityGML의 비교 및 결합을 위하여 가장 핵심이 되는 데이터모델이다. 여기서 `_AbstractBuilding`은 상제도 1부터 상제도 4까지 모두 표현 가능하지만, Room과 같이 실내에만 존재하는 객체는 상제도 4에만 존재하도록 모델이 정의되어 있다.

현재 CityGML 표준화 그룹은 3.0을 정의하기 위하여 작업 중이며, 이를 위하여 여러 개의 소위원회가 만들어져 작업 중이다. 2016년에 CityGML 3.0을 발표할 것으로 예정하고 있다.

CityGML은 단순한 공간모델링과 가시화를 위하여서는 훌륭한 표준이다. 그러나 몇 가지 중요한 단점을 가지고 있다. 첫 번째, 실내공간을 모델링하는 것이 아니라, 실내공간의 객체를 모델링하는 것이다. 따라서 실내공간의 객체가 속한 공간을 탐색하는 기능이 매우 떨어진다. 두 번째, CityGML로 공간을 표현하는 유일한 방법은 Room을 이용하는 것인데, Room의 기하가 닫힌 다면체인 `gml::Solid`가 아닌 `gml::MultiSurface`로도 표현이 가능하여 실내공간분석에 부적절하다. 세 번째 단점은 CityGML에서는 위상적 연결성의 표현이 제한되어 있다. 마지막 단점은 다양한 관점에서 실내공간의 해석이 불가능하다는 것이다. 이러한 단점은 본격적으로 실내공간정보를 통한 다양한 응용을 구축하는데 매우 심각한 장애로 작용한다.

2.2 IndoorGML[10]

IndoorGML은 CityGML 등 이전의 실내공간정보 표준이 가지고 있는 단점을 보완하기 위하여 정의된 표준이다. IndoorGML은 CityGML과 달리 실내공간의 객체를 표현하기 위한 것이 아니라, 셀로 구별되는 공간을 표현하기 위한 것이다. 셀로 구성된 공간은 셀공간모델(Cellular Space Model)로 표현된다. 이는 아래와 같이 정의된다.

정의 - 셀공간모델

주어진 실내공간 U 에 대한 실내공간 S 는

$S = \{c_i | i = 1, 2, \dots, n\}$ 로 정의되며, 다음의 조건을 만족한다.

- 1) $c_i \cap c_j = \emptyset (i \neq j)$ 이며,
- 2) $\bigcup c_i \subseteq U$
- 3) 각각의 셀은 셀 식별자 $c.id$ 를 가진다.

위의 정의에서 셀은 서로 겹치지 않으며, 모든 셀의 영역은 전체 실내공간영역의 부분집합이라는 사실을 확인할 수 있다. 즉, 주어진 실내공간에서 어느 셀에도

포함되지 않는 영역이 존재할 수 있다는 것이다. 이는 센서 가시영역을 셀로 표현할 때 발견되는 예이다.

이 셀공간모델을 상세하게 표현하기 위하여서 IndoorGML에서는 아래와 같이 네 가지 사항을 정의한다.

- 셀 기하
- 셀 간의 위상관계
- 셀의 의미
- 다중 레이어 공간모델

이 네 가지의 특성을 통하여 IndoorGML의 기본적인 개념을 설명할 수 있다. IndoorGML의 데이터모델은 위의 개념을 UML 클래스 다이어그램으로 표현하여, 이를 XML 스키마로 정의한 것이다. 보다 자세한 내용은 IndoorGML 표준문서를 참조하기 바란다.

3. 실내공간정보 구축 사례

3.1 실내공간정보 대상 지역

본 연구를 위하여 실제 건물을 선택하여 실내 공간 정보를 구축하였다. 선택된 곳은 서울 송파구에 위치한 롯데 월드몰과 서울 종로5가 지하철역이다.

이 장소는 Figure 3과 같이 123층의 롯데 월드타워 옆에 위치한 네 개의 상업용 건물 중 시네마를 제외한 3개의 건물로 각각 8층 및 11층 규모로 만들어져 있다. 대상 건물에는 123층의 롯데 월드타워가 제외하였다.

이 실내공간의 특징은 백화점과 같은 상업공간으로 특화되어 있다는 것이다. 예를 들어, 건물의 가운데에는 여러 개의 층을 통과하는 커다란 홀이 있으며, 그 홀을 중심으로 여러 개의 에스컬레이터와 같은 시설물이 위치하여 있다. 특히 다른 실내공간과 차별되는 것은 가운데에 있는, 가운데 커다란 홀 주위로 층별로 이동 공간과 상업공간이 서로 혼재되어 있다는 것이다. 이는 나중에 살펴볼 공간의 분할문제에 심각한 어려움을 주는 경우가 된다.

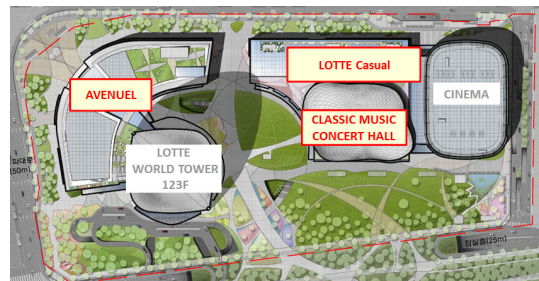


Figure 3. Use-case site-Lotte World Mall

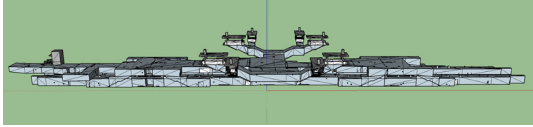


Figure 4. Use-case site - Jongno 5 subway station

또한 종로5가의 지하철역은 전형적인 지하철역의 형태를 가지고 있다. Figure 4와 같이, 2층의 구조로 이루어져 있어, 지하 1층은 이동 공간, 지하 2층은 플랫폼으로 되어져 있다. 본 연구를 위한 구축 영역은 업무지역이나 보안지역을 제외한 일반인이 이동 가능한 구간으로 정하였다. 구축된 공간의 특징은 모든 공간이 물리적인 셀 구별 없이, 하나의 연결된 공간으로 되어 있다는 것이었다. 이는 다음 장에서 살펴볼 공간의 분할에 많은 어려움을 가지고 있다.

3.2 실내공간정보 구축 방법

위의 지역을 대상으로 실내공간정보 구축은 두 가지 방법으로 개발되었다. 먼저 롯데쇼핑몰 데이터를 위하여서는 국내 빌딩정보모델링 전문기업이 개발한 GongBuilder[12]에 CityGML 출력기능을 추가로 개발하여 이루어졌다. 먼저 기하 및 위치 데이터는 롯데쇼핑몰의 경우 도면으로부터 만들어졌으며, 종로5가역은 레이저스캐너로부터 취득된 것이다. 그 후 주어진 실내공간의 실제 객체를 공빌더로 수작업으로 구축한 후, 이를 본 연구를 통하여 정의된 사양에 맞추어 CityGML 데이터로 변환하는 작업을 하여 데이터를 구축하였다. 그리고 종로 5가역의 데이터 구축을 위하여서는 Google에서 제공하는 Sketchup에 Ruby 언어를 이용하여 자체 개발된 플러그인 CityGML 편집 및 변환도구를 사용하였다. 이 두 가지 사례를 위하여 적용한 데이터 사양을 정리하면 아래와 같다.

[CityGML 사양 1] CityGML의 건물모듈의 상세도 4에 해당되는 부분을 구축한다.

[CityGML 사양 2] 건물모듈에서 포함되는 타입은 CityGML의 Door, Room, ClosureSurface, CeilingSurface, FloorSurface, InteriorWallSurface, InteriorBuildingInstallation과 이들을 포함하기 위한 상위 타입[8]이다.

[CityGML 사양 3] Room의 기하요소는 gml:_Solid로 하며, 그 외는 gml:MultiSurface로 정의한다[9].

[CityGML 사양 4] 에스컬레이터와 같이 고정된 시설물은 InteriorBuildingInstallation[9]으로 정의한다.

[CityGML 사양 5] 좌표체계는 건물의 한 점을 원점으로 하는 상대좌표체계를 사용한다.

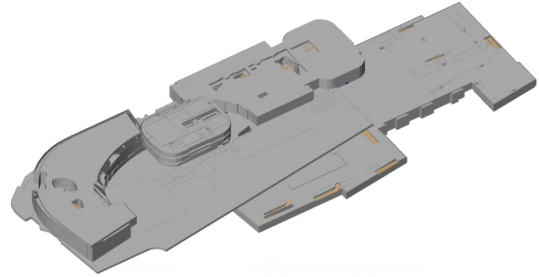


Figure 5(a). CityGML Data at Lotte World Mall

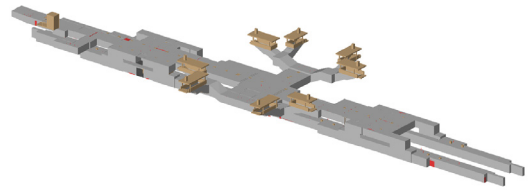


Figure 5(b). CityGML Data at Jongno 5 Subway

위에서 나열한 사양은 기본적인 것만을 서술하며, 세부적인 사항은 다음 절에서 논의하도록 한다. 단, 상세도 4로 표현하기 위하여서는 상세도 0부터 3까지의 데이터가 먼저 정의되어야 하나, 본 연구에서는 데이터 구축비용 및 시간을 고려하여 이를 생략하였다. 이 사항은 현재 CityGML 3.0을 위하여 논의되고 있는 사항이기도 하다. 구축된 롯데 월드몰과 종로 5가역의 CityGML 데이터의 일부를 가시화하면 Figure 5와 같다.

CityGML과 별개로 IndoorGML 데이터도 함께 구축되었다. 구축과정은 우선 IndoorGML 표준화 그룹에서 제공하는 Sinedt 편집도구를 이용하여 단순한 네트워크를 구축하였으며, 또한 셀 및 셀 경계의 기하요소는 CityGML의 데이터를 변환하여 구축하였다. 데이터 구축을 위한 주요 사양은 아래와 같다.

[IndoorGML 사양 1] 셀의 기하는 2차원 다각형 (GM_Surface)으로, 셀 경계의 기하는 1차원 선(GM_Curve)으로 표현한다.

[IndoorGML 사양 2] 승강기 통로나 계단 공간은 각 층 별로 구별하여 셀로 정의하며, 에스컬레이터는 단순한 시설물로 간주하여 별도로 표현하지 않는다.

[IndoorGML 사양 3] 앵커 노드는 건물의 출입구로 정의한다.

[IndoorGML 사양 4] 좌표체계는 건물의 한 점을 원점으로 하는 상대좌표체계를 사용한다.

구축된 롯데월드몰의 IndoorGML 데이터의 일부를 가시화하면 Figure 6과 같다.

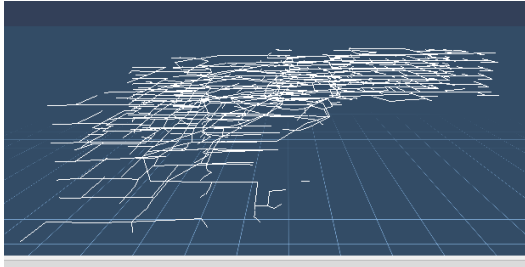


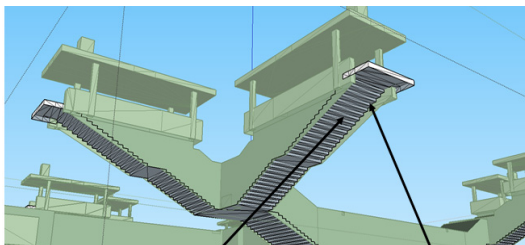
Figure 6. A Part of IndoorGML Data

4. 실내공간정보 구축을 통한 표준 비교

본 연구를 위하여 실제 건물을 선택하여 실내 공간 정보를 구축하였다. 구축된 데이터를 중요한 관점에서 두 가지 표준의 관점에서 비교하여 보도록 한다.

4.1 단위 공간의 폐합 여부 - 계단의 표현

CityGML에서는 단위공간을 별도로 정의하지 않고, 단순히 방(room)을 통하여서만 표현 가능하다. 그런데, 이 방은 GM_Solid로 표현이 될 수도 있지만 단순히 GM_MultiSurface로도 표현가능하기 때문에 다양한 표현이 가능하다. 예를 들어, Figure 7과 같이 계단을 표현하기 위하여, CityGML은 계단을 건물 내부 설치물(InteriorBuildingInstallation)으로 표현하고, 별도의 바닥면을 표현하지 않아도 된다. 사실 이 경우 바닥면을 표현하는 것이 애매모호하다. 또한 계단이 있는 공간은 폐합된 공간으로 하지 않아도 되며, 만일 폐합된 공간으로 하려면 폐합면(ClosureSurface)를 이



CityGML
 - Staircases: IntBuildingInstallation.
 - Additional FloorSurface is not mandatory.
 - We may close it by ClosureSurface.

IndoorGML
 - Staircases: not included in IndoorGML data.
 - Additional CellSpaceBoundary is required under the staircases to make the space closed

Figure 7. Issue 1: Closed Area - Staircase

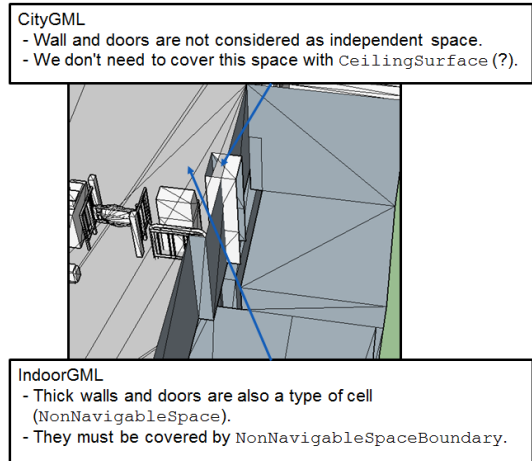
용하여야 한다.

반면에 IndoorGML에서는 이 계단은 별도의 객체로 표현하지 않는다. 그것은 IndoorGML의 목적이 객체 자체를 표현하기 위한 것이 아니기 때문이다. 반면에 계단이 위치한 공간은, 셀의 기하로 3차원 다면체 또는 2차원 다각형으로 표현되어 폐합된 공간이 된다.

4.2 벽과 문의 경계면 표현

CityGML에서는 벽면이나 문의 경계면은 표현이 되지만 벽이나 문 자체는 표현하지 않는다. 이는 CityGML의 기하표현 방식이 경계위주 표현(B-Rep)[8]에 기반하기 때문이다. 이러한 이유로 아래의 그림 Figure 8(a)에서와 같이, 문의 윗면은 열린 상태로 남아있다.

Figure 8(b)을 자세하게 보면 문의 바닥면이나 위의 면에 아무런 기하 요소가 정의되어 있지 않은 것도 확인할 수 있다. 그러나 IndoorGML에서는 벽이나 문도 두께 있는 벽 모델(Thick-Wall Model)[10]으로 표현할 경우, 하나의 셀로 표현되므로, 3차원 또는 2차원적 기하요소가 포함되어야 한다. 따라서 바닥이나 천정의 면이 함께 표현된다.



CityGML
 - Wall and doors are not considered as independent space.
 - We don't need to cover this space with CeilingSurface(?).

IndoorGML
 - Thick walls and doors are also a type of cell (NonNavigableSpace).
 - They must be covered by NonNavigableSpaceBoundary.

Figure 8(a). Issue 2: Wall and Door

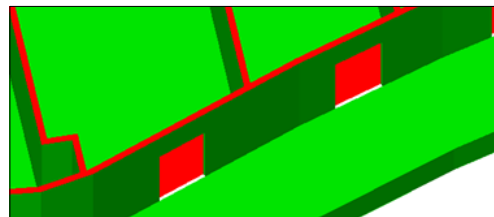


Figure 8(b). Issue 2: Door without FloorSurface

4.3 방안의 방

CityGML은 방에 대한 별도의 기하 제약이 없다. 따라서 Figure 9와 같이 방안에 또 다른 방이 포함되어도 아무런 문제가 없고, 커다란 방은 안의 작은 방의 기하 요소가 가지는 공간으로 포함하여 기하를 정의하게 된다. 반면에 IndoorGML에서는 셀이 중첩되면 안 된다는 셀의 조건 때문에 방안의 방은 다른 방식으로 표현되어야 한다. 즉 바깥의 방은 안의 방의 공간을 제외한 구멍이 있는 다면체로 표현되어야 하며, 안의 방은 별도의 셀로 표현이 되어야 한다.

4.4 셀의 분할

본 연구에서 사용한 두 가지 사례 모두 Figure 10(a)

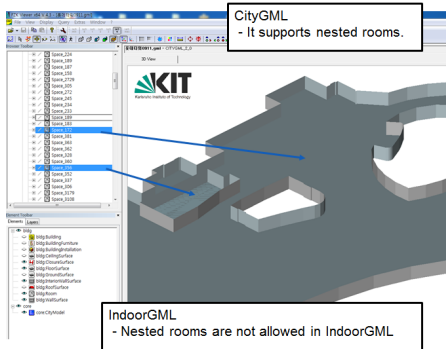


Figure 9. Issue 3: Nested Rooms

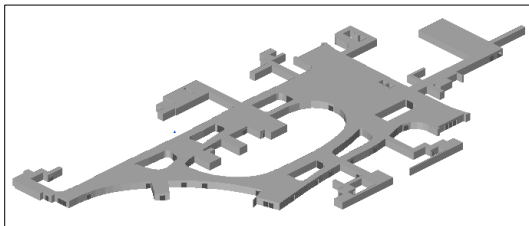


Figure 10(a). Issue 4: Big Cell (Lotte World Mall)

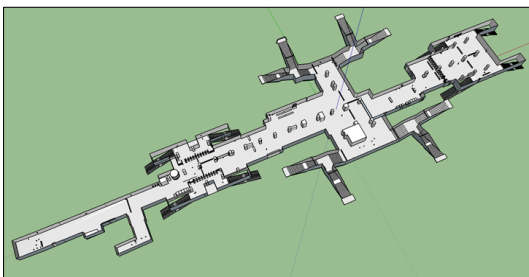


Figure 10(b). Issue 4: Big Cell (Jongno-5 Subway)

와 Figure 10(b)와 같이 매우 커다란 공간이 가운데 위치하고 있다. 그런데, CityGML의 경우 이 공간에 대한 별도의 처리가 불필요하지만 IndoorGML은 이러한 공간이 하나의 셀로 정의되기에는 너무 크며 무의미하다. 따라서 의미가 있는 여러 개의 작은 셀로 구별하는 것이 매우 중요하다. 즉 IndoorGML에서는 커다란 공간의 분할이 매우 중요한 요구조건이 된다.

그러나 커다란 공간을 분할하는 방법은 응용분야의 요구조건에 따라 서로 다르게 주어진다. 예를 들어, Figure 10(a)와 같은 상업공간에서는 작은 상점의 입구를 중심으로 분할을 하는 것이 적절하다. 그리고 Figure 10(b)와 같은 지하철 역 내부는 객차구 전후 또는 출구 및 승강기 지역 등을 고려하여 셀을 분할하는 것이 적절하다. 반면에 CityGML의 경우에는 별도로 방으로 이 공간을 표현하지 않는 이상, 셀의 분할과 같은 작업은 필요하지 않는다.

4.5 가상 벽의 표현

CityGML에서는 문을 양쪽의 실내벽면에 구멍을 내고, 이를 다시 문으로 채우는 방식으로 표현한다. 이때, 문은 양쪽의 벽면에 각각 소속시키기 위하여 두 개의 서로 다른 방향을 가지는 면으로 각기 표현되어야 한다. 그러나 롯데월드몰과 같은 상업시설의 경우, 문이 단순히 상점과 복도의 경계선 역할만 하는 경우가 많다. 이 경우 CityGML에서는 동일한 객체에 대하여 양면의 방향을 가지는 면을 표현한다. 반면에 IndoorGML에서는 종이벽 모델(Paper Door Model)을 적용하여야 하므로, 하나의 셀 경계면(CellBoundary)로 표현된다.

4.6 이동 불가능 지역의 표현

4.2절에서 논의한 바와 같이 CityGML에서는 벽과 같은 이동 불가능 지역을 별도의 객체로 표현하지 않는다. 그 결과 Figure 11과 같은 방식으로 CityGML 데이터가 구축된다. 여기서는 층과 층 사이의 공간은 이동가능한 지역이 아니므로 아무런 객체가 표현되지 않고 빈 공간으로만 남아있게 된다.

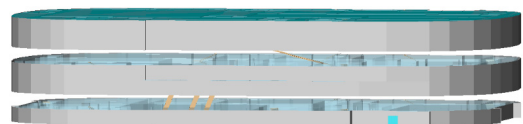


Figure 11. Issue 5: Non-Navigable Space (CityGML)

그러나 IndoorGML에서는 이동 가능한 지역뿐 아니라, 이동 불가능한 공간(Non-Navigable Space)도 셀로 표현되는 공간에 포함시켰고, 따라서 표현이 가능하다. 물론 본 연구의 대상이 된 롯데 월드몰이나 종로 5가역에 대하여서는 이동 가능한 지역만을 대상으로 하였으나, 이동 불가능한 지역으로 셀의 범위를 확장하는 것은 가능하다. 이는 벽면을 통과하는 파이프나 전선과 같은 객체를 표현할 때도 요구되는 기능이기도 하다.

4.7 벽의 텍스처와 재질의 표현

CityGML은 모든 벽면을 독립된 객체로 표현하는 것이 가능하다. 따라서 벽면을 가시화를 위한 텍스처 또는 실사사진을 붙일 수 있다. 반면에 IndoorGML에서는 벽면은 단순히 두 개의 셀의 경계면으로만 존재하기 때문에 방향성의 정의가 불가능하고 따라서 가시화를 위한 텍스처나 재질에 대한 속성을 정의할 수 없다.

5. 실내공간정보 활용을 통한 표준 비교

앞의 절에서는 실내공간정보의 구축 측면에서 CityGML과 IndoorGML을 비교하였다. 본 절에서는 이렇게 구축된 정보가 활용되는 관점에서 두 가지 표준을 비교하고자 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 대표적인 활용 사례를 시나리오로 정의하였다. 이 시나리오는 구축된 실내공간정보가 활용될 때, 두 가지 표준의 장단점을 비교하고, 또한 결합하기 위한 요구조건을 분석할 때 기본으로 사용될 것이다. 참고로 여기에서 제시되는 시나리오는 실제 응용시스템이 구축된 것이 아니라, 기능적인 분석을 위하여 가상적으로 정의한 것이다.

[사례 1] 집객지점 가시도 분석

대규모 상업지역에서는 고객이 너무 빠르게 이동하지 않도록 흐름을 제어하고, 일정한 장소에 오래 머무르도록 하는 것이 요구된다. 예를 들어 간단한 공연을 하던지, 행렬을 하여 고객의 시선을 끌고, 흐름을 제어한다. 이를 집객지점, 또는 집객경로라고 부른다. 이때 중요한 것은 이 집객지점을 볼 수 있는 지역을 계산하는 것이다. 예를 들어, 집객지점이 잘 보이는 상점은 그 만큼 유리한 지점으로 간주될 수 있다. 이는 집객지점의 가시도 분석으로 가능한데, 3차원적인 가시도 분석이 필요하며, 중앙의 수직공간도 함께 고려되어야

한다.

[사례 2] 집객경로의 가시도 분석

사례 1과 마찬가지로 가장 행렬과 같은 공연의 경로에 위치한 상점을 파악하기 위하여서는 집객경로의 가시도도 분석되어야 한다.

[사례 3] 두 집객지점의 경로 분석

고객은 임의로 움직이는 것이 아니라, 일정한 목적지를 설정하고 움직인다. 주로 만남의 장소나 집객지점 사이를 기준으로 움직인다. 따라서 두 개의 집객지점 사이의 경로에 상점은 그렇지 않는 상점에 비하여 유리할 수 있다. 예를 들어, 1층 출입구와 1층의 집객지점 사이에 위치한 상점은 매우 유리한 위치에 있다고 간주될 수 있다.

[사례 4] 고객 이동경로 및 패턴의 분석

고객의 이동 경로를 분석하는 것은 대규모 상업시설의 마케팅 전략을 수립하는데 상당히 중요하다. 특히 이동경로와 경로 상의 상점과의 관계를 분석하는 것은 많은 도움이 된다. 또한 단순한 이동 경로를 분석하는 것이 아니라, 각 지점에 머무른 시간 또는 이동 속도의 패턴을 분석하는 것도 필요하다.

위의 네 가지 사례를 중심으로 CityGML과 IndoorGML이 어떻게 사용되는지를 각각 살펴보기로 한다.

5.1 집객지점의 가시도 분석

집객지점의 가시도 분석을 위하여서는 여러 가지 기능이 필요하다. 이 기능을 각각 살펴보고 각 기능에 대하여 CityGML과 IndoorGML이 어떻게 사용될 수 있는지에 대한 분석을 하면 다음과 같다. 편의상 집객지점은 점으로 주어진다고 가정한다.

- **가시지역 분석:** 집객지점이 보이는 가시지역(Viewshed)를 분석하는 기능이 필요하다. 가시지역은 3차원으로 이루어지는 것이 필요하다. 특히, 중앙의 수직 홀은 가시지역을 넓히는데 중요한 역할을 하므로 반드시 고려되어야 한다. IndoorGML은 단순히 공간에 대한 표현만을 제공하므로 가시지역 분석을 만족시켜 주지는 못한다. 반면에 CityGML은 각 개별 객체에 대한 기하 정보를 제공하여 주므로 CityGML이 사용되는 것이 적절하다.

- **가시지역의 상점 분석:** 가시지역이 CityGML을 통하여 분석되고 나면, 그 지역 내에 있는 상점을 찾아야 한다. 그런데 지역이라는 것은 구체적인 객체로 주어지는 것이 아니라, 영역으로 주어지므로 CityGML의 객체모델링보다는 IndoorGML의 셀공간 개념으로 분

석이 오히려 효과적이다. 특히 상점이 물리적인 방에 위치하면 CityGML로도 어느 정도 분석될 수 있지만, 복도 공간에 위치한 상점을 CityGML로 표현하는 것은 제한적이고, IndoorGML의 셀과 셀 영역의 표현으로 제공될 수 있다.

5.2 집객경로의 가시도 분석

집객지점의 가시도 분석과 비슷하게 집객경로의 가시도도 분석될 수 있다. 따라서 집객지점의 가시도 분석 기능에 추가로 다음의 기능이 요구된다.

- **집객경로의 표현:** 집객지점과 달리 집객경로는 이동지점의 연속으로 표현되어야 한다. CityGML을 이용할 경우 단순한 좌표의 연속으로 경로가 표현되며, IndoorGML은 좌표의 연속과 더불어, 경로 상의 노드를 이용하여서도 표현이 가능하다. 경로 상의 각 지점에서 가시지역 분석을 위하여서는 좌표와 CityGML의 3차원 객체정보가 필요하다. 반면에 IndoorGML의 노드를 이용하면 노드에 대응되는 셀을 분석하여 보다 많은 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

5.3 두 집객지점의 경로분석

집객지점의 경로 분석은 집객경로와는 다르다. 집객경로는 집객의 행위가 경로를 통하여 이루어지는 것이라면, 집객지점 사이의 경로분석은 방문객의 경로를 분석하는 것이다. 일반적으로 두 지점의 경로분석은 실내공간 경로분석의 일반적인 요구사항이다. 구체적인 기능을 나열하고 두 표준을 비교하면 아래와 같다.

- **실내 경로 탐색:** IndoorGML은 처음부터 경로탐색을 그 중요한 활용목적으로 정하여 개발되었다. 실내 경로분석은 IndoorGML에서 제공하는 위상네트워크를 통하여 쉽게 분석될 수 있다. 반면에 CityGML은 간접적으로 경로계산을 위한 위상정보가 제공된다. 예를 들어, 하나의 방에 있는 벽면이 문을 포함하고 있고, 이 문이 복도의 벽면에 붙어 있는 면과 공유되고 있으면 이 문을 통하여 통과가 가능하고, 결과적으로 경로계산이 가능하다. 그러나 문의 두께가 있는 경우, 복도의 내부벽 면에 붙어있는 문과, 방 내부벽 면에 붙어있는 문은 서로 다른 기하요소로 정의되므로, 이를 통하여 연결정보를 계산하는 것이 불가능하다.

- **경로 상의 상점분석:** 경로가 분석되면, 상권분석을 위하여 이 경로 상에 존재하는 상점을 파악하는 것이 필요하다. 5.1절에서 살펴본 바와 같이, 상점의 위치는 물리적으로 분명하게 정의된 경우를 제외하고는

CityGML로 표현하는 것이 불가능하다. 반면에 IndoorGML의 셀 영역을 통하여서는 가능하며, 이는 경로에 포함되어 있는 노드와도 연계되어 있어, 경로가 주어지면, 쉽게 경로상의 상점을 파악할 수 있다.

이 두 가지 기능적 요구사항을 통하여 실내의 경로 분석은 IndoorGML이 CityGML에 비하여 유리하다는 것으로 관찰된다.

5.4 이동경로 분석

앞의 절에서 살펴본 것이 두 지점 사이의 이동 가능한 경로를 분석하는 것이라면, 실제로 방문객이 이동한 다량의 이동경로 데이터를 분석하는 것도 필요하다. 이를 위한 기능적 요구사항별 CityGML과 IndoorGML의 비교는 다음과 같다.

- **실내 이동궤적 표현:** 실내공간을 방문하는 고객의 이동궤적을 표현하는 것에는, 단순히 시간에 따른 좌표의 연속 $(x, y, t)^*$ 으로 표현하는 것과 시간에 따른 셀번호 연속 $(c_{id}, t)^*$ 로 표현하는 방법이 있다. 그런데 단순한 좌표는 아무런 의미적 정보를 포함하지 않고, 이동 궤적에 포함된 상점의 이름이나 종류와 같은 정보가 더욱 도움이 된다. CityGML은 셀의 개념을 제공하지 않으므로, IndoorGML이 실내이동궤적의 표현에 더욱 적절하다.

- **실내공간 맵매칭:** 실내 이동궤적 분석과 같은 기능에서 요구되는 기능은 주어진 좌표가 어느 셀에 속하여 있는가를 찾아내는 것이다. 이를 실내공간의 맵매칭[4]이라고 한다. 이는 $f(C; p) = c_{id}$ 의 함수로 표현되는데, 여기서 C 는 실내공간의 셀구성, p 는 좌표, 그리고 c_{id} 는 하나의 셀번호를 말한다. 이 맵매칭의 기능을 위하여서는 셀 구성 C 가 필요한데, 이는 IndoorGML에서 CellSpace로 주어지는 정보에 해당하며 CityGML에는 존재하지 않는다. 결국 실내공간의 맵매칭을 위하여서는 IndoorGML이 유리하다.

- **실내 이동경로 분석:** 다량의 이동궤적 분석을 위하여 지금까지 개발된 방법은 주로 유클리디언 공간을 가정하고 있다. 예를 들어 비슷한 이동궤적을 clustering하는 방법[7]이나, 주어진 이동궤적에서 중심궤적을 찾아내는 방법[6] 등 모두 유클리디언 공간의 좌표를 통하여 분석을 하는 방법이다. 이러한 방법을 그대로 실내공간에 적용할 경우 CityGML이나 IndoorGML의 차이는 없다. 그러나 앞에서 표현방법과 같은 셀기반 이동궤적 표현방법을 이용하여 다량의 이동궤적을 분석할 경우에는 셀 개념을 제공하는 IndoorGML만이 가능하다.

위의 기능을 통하여 살펴보면, 실내공간의 이동 궤적을 좌표 연속으로 표현할 것이냐 아니면 셀번호의 연속으로 표현할 것인가에 따라 CityGML과 IndoorGML이 큰 차이가 없거나, IndoorGML이 유리할 수도 있다.

5.5 방문객의 상황분석

본 연구의 대상으로 삼은 롯데월드몰은 대형 상가이다. 따라서 실내공간 정보를 마케팅에 활용하는 것은 매우 중요한 요구사항이다. 여러 가지 서비스나 기능이 실내공간정보와 이동객체의 정보를 이용하여 제공될 수 있는데, 이들에게 공통적으로 요구되는 기능은 현재 방문객이 어떤 상황에 있는가를 파악하는 것이다. 예를 들어, 방문객이 커피숍에서 쉬고 있는가 혹은 어떤 상품을 사기위하여 관련된 상점들을 방문하고 있는가를 파악하는 것이 매우 중요하다. 이를 위하여 가장 기본이 되는 기능은 다음과 같다.

- **이동/정지 상황 분석:** 방문객의 상황을 분석하기 위하여 가장 먼저 하여야할 분석은 방문객이 특정 시간, 또는 현재시간에 이동 중인가 아니면 정지하여 있는가를 판단하는 것이다. 예를 들어 복도를 따라 이동 중인 경우, 잠깐 멈추는 것을 정지 상황으로 간주할 수는 없다. 이를 위하여 가능한 방법은 속도가 일정 값 이하로 주어진 시간이상을 지속하면 정지로 가정하거나, 혹은 하나의 셀에 일정시간이상 머무르면 정지로 가정하는 방법이 가능하다. 첫 번째 방법은 단순한 좌표를 이용하므로 CityGML과 IndoorGML의 차이는 없으며, 두 번째 방법은 앞에서 언급한 실내공간의 맵매칭이 필요하므로, IndoorGML이 유리하다.

- **주위의 상황분석:** 고객이 정지하고 있던지 이동하고 있던지, 주위의 상황을 분석하는 것은 마케팅에 매우 중요하다. 예를 들어, 방문객이 주로 어떤 종류의 상점에 정지를 하는가를 판단한다면, 보다 적절한 마케팅 전략을 수립할 수 있다. 이동의 경우도 마찬가지이다. 이를 위하여서 요구되는 기능은 각 공간에 의미를 부여하는 것인데, 이는 IndoorGML의 셀공간 개념을 이용하는 것이 훨씬 도움이 된다. 즉 쇼핑공간을 단위 셀로 구별하고, 각 셀에 상점의 종류와 같은 유형 속성을 부여하면 쉽게 주위 상황 분석이 가능하다.

- **집단 상황분석:** 경우에 따라서는 개별 방문객의 상황뿐 아니라, 여러 방문객의 상황을 함께 파악하는 것이 도움이 된다. 예를 들어, 하나의 상점에 몇 명의 방문객이 있는가, 또는 현관이나 에스컬레이터에 몇 명이 통과하는가와 같은 정보를 분석하기 위하여서는 집단적 상황이 중요하다. 만일 하나의 공간영역에 대

한 방문객의 통계적 수치를 분석한다면, 공간영역을 셀로 표현하고 있는 IndoorGML이 유리하다.

방문객의 상황분석, 특히 마케팅을 위한 분석에는 보다 공간에 대한 의미적 분석이 필요하고, 이는 셀공간모델을 제공하는 IndoorGML이 CityGML 보다 더 효과적이라는 것을 의미한다.

6. 결 론

OGC에서 개발된 두 개의 표준인 CityGML과 IndoorGML은 모두 실내공간정보를 다루고 있다. CityGML에서는 상세도 4가 실내공간을 대상으로 하고 있으며, IndoorGML은 실내공간을 위하여 만든 표준이다. 그런데 이 두 가지는 서로 다른 목적과 특성을 가지고 있어, 활용에 따라 차별적으로 사용될 수 있다. 이를 위하여서는 각 표준의 장단점을 파악하고 있어야 한다.

본 논문에서는 이를 위하여, 실제 실내공간정보를 CityGML 상세도 4와 IndoorGML로 롯데 월드몰의 대형 상업공간과 종로 5가역의 교통공간을 대상으로 구축하고, 그 과정에서 분석한 구체적인 사례를 분석하였다. 첫 번째로 구축과정에서 분석된 두 표준의 차별점을 비교하였고, 두 번째 실제 활용사례를 중심으로 각 표준의 장단점을 분석하고 비교하였다. 이 비교된 결과를 개괄적으로 요약하면 Table 1과 같다.

본 연구에서는 실내공간을 다루고 있는 CityGML의 상세도 4와 IndoorGML 두 가지 표준을 중점적으로 비교하였다. 그러나 그 외 실내공간을 다루고 있는 표준인 IFC나 KML도 비교의 대상에 포함시킬 수 있으나 본 연구에서는 제외하였다. 비록 IFC와 KML이 CityGML과 유사한 측면이 있을 것으로 예상되나, 앞으로 이들과 IndoorGML을 비교하는 것도 필요할 것으로 예상된다. 또한 본 연구에서는 두 가지 표준의 차이점에 대하여서만 분석하였으나, 앞으로의 연구에

Table 1. Summary of Comparison between CityGML LoD 4 and IndoorGML

| Viewpoint | CityGML LoD 4 | IndoorGML |
|--------------------|---------------|------------------|
| Model | Feature Model | Cell Space Model |
| Visualization | Excellent | Not Support |
| Geometric Analysis | Excellent | Bad |
| Route Analysis | Bad | Excellent |
| Context Analysis | Bad | Excellent |

는 두 표준을 효과적으로 결합하는 것도 포함되어야 한다.

Received : 2015.04.06

Revised : 2015.08.25

Accepted : 2015.08.26

References

- [1] buildingSmart, IFC (Industrial Foundation Class), <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>, IFC4, 2013.
- [2] ISO, Geographic Information - Spatial Schema, <http://www.isotc211.org>, ISO 19107:2003, 2003.
- [3] ISO, Geographic Information - Rules for Application Schema, <http://www.isotc211.org>, ISO 19109:2005, 2005.
- [4] Kim, J. S; Yoo, S. J; Li, K. J. 2013, A Study on Practical Use of CityGML for IndoorGML, Journal of KSIS, 21(6):33-43.
- [5] Kim, T. H; Li, K. J., The Study on Trajectory-based Map Matching by Indoor Network and Hidden Markov Model, Korea Spatial Information Society Fall Conference, 2014.
- [6] Kreveld, M. V; Wiratma, L. 2011, Median trajectories using well-visited regions and shortest paths, ACM SIGSpatial Conference 2011, 241-240.
- [7] Lee, J. G; Han, J; Whang, K. Y. 2007, Trajectory Clustering: a partition-and-group framework, ACM SIGMOD Conference 2007, 593-604.
- [8] OGC, CityGML 2.0 <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>, 2012.
- [9] OGC, Geographic Markup Language 3.1, Accessed August 10. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>.
- [10] OGC IndoorGML 2014, Accessed August 10 <http://www.opengeospatial.org/standards/indoorgml>.
- [11] OGC, KML 2.2.0, Accessed August 10 <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>.
- [12] OGC, Open Geospatial Consortium, Accessed August 10, <http://www.opengeospatial.org>.
- [13] Virtual Builders, GongBuilder, Accessed August 10, <http://www.vbuilders.co.kr/products>.
- [14] Ojeda, L; Borenstein, J. 2007, Non-GPS navigation with the personal dead-reckoning system, SPIE Defense and Security Conference 2007.