실내공간 표준인 IndoorGML의 개념 및 활용

Basic Concepts of Indoor Spatial Information Candidate Standard IndoorGML and its Applications

이 기 준* 이 지 영**
Ki Joune Li Ji Yeong Lee

요 약 실내공간은 공간정보 서비스의 새로운 대상이다. 최근 실내공간 측위 기술의 발달과 스마트폰 등 이동기기의 보편화로 실내공간도 위치기반 서비스와 같은 서비스가 가능하여지고 있다. 따라서 실내공간 정보의 교환 및 공유를 위한 표준화도 중요한 요구사항으로 떠오르고 있다. 이러한 배경에서 국제공간정보 표준화기구인 OGC에서는 실내공간정보 표준인 IndoorGML 표준화 작업반을 2012년에 조직하고 2013년 9월 표준화를 목적으로 현재 작업 중이다. IndoorGML은 특히 실내공간의 위치기반 서비스를 제공하기 위하여 가장 기초가 되는 네트워크 위상을 표현하는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서는 첫 번째로 현재 표준화되고 있는 IndoorGML의 기본 개념을 설명한다. 두 번째로 IndoorGML의 모델의 구체적인 사항을 살펴보고, 세 번째 간단한 응용 사례를 제시한다.

키워드 : 실내공간정보, 공간정보 표준, IndoorGML, 실내 이동의 연결성

Abstract Indoor space is a new horizon of spatial information services. With recent progress of indoor positioning technologies and mobile devices such as smart phones, indoor spatial information services become available and an emerging market. Accordingly, exchanging and sharing indoor spatial information between independent services become an important issue. For this reason, a standardization working group, called IndoorGML has been launched last year in OGC with the aim of publishing IndoorGML standard by September, 2013. Its primary goal is to provide a framework for representing network topology in indoor space, which is a fundamental element of indoor LBS. In this paper, we will explain the basic concepts of indoorGML and discuss the modeling issues. And several application use-cases of IndoorGML will be also presented in this paper.

Keywords : Indoor Spatial Information, Geospatial Standards, IndoorGML, Symbolic Space, Network Topology

1. 서 론

도시화로 인하여 인구의 집중은 지속되고, 공간의 경제적 사용을 위하여 건물의 대형화는 계속되고 있다. 특히 우리나라와 같이 높은 인구밀도와 도시 집중화가 높은 지역에서는 건물의 고층화가 불가피하다. 건물의 대형화와 고층화에 따른 실내공간의 복잡화는, 사용자에게 많은 불편함을 줄 뿐 아니라,

화재 등의 재난에 효과적으로 대처하기 어려워지게 하며, 실내공간의 다양한 시설을 관리하는 것을 비효율적으로 만든다.

따라서 실외공간과 마찬가지로 실내공간도 공간 정보 활용의 대상이 된다. 그러나 실내공간은 실외공간과 다른 몇 가지 특성을 가지고 있다[14]. 첫 번째로, 실내공간은 기본적으로 비유클리디언 공간이다. 즉 두 점 사이의 거리가 직선거리가 아닌 벽,

[†]This work 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

* Ki-Joune Li, Professor, Dept. Computer Science and Engineering, Pusan National Univ., lik@pnu.edu(First Author)

** Jiyeong Lee, Associate Professor, Dept. Geoinformatics, University of Seoul, jlee@uos.ac.kr

문, 계단 등으로 제한을 받는 일종의 제약공간이다. 두 번째로, 실내공간은 실외공간과 달리 좌표를 통하여 위치를 지정하기 보다는 방 번호와 같은 단위 공간의 명칭을 통하여 위치를 지정한다. 이러한 공간을 기호적 공간(Symbolic Space)라고 한다.

이와 같은 본질적인 차이로 인하여, 실내공간 정보의 활용 서비스 개발을 위하여서는 실내공간의 기초이론, 데이터모델, 표준, 관리시스템, 활용 서비스 개발 등 다양한 부분의 새로운 개발 및 정의가 필요하다[9]. 물론 실내공간에 대하여 기존의 노력이 전혀 없었던 것은 아니다. 특히 표준화를 위하여 몇 가지 노력이 있었다. 예를 들어, 공간정보의 국제 표준화기구인 OGC(Open Geospatial Consortium)에서는 도시 3차원모델 표준인 CityGML[5]에서 상세도 4 (LOD 4: Level of Detail 4)를 통하여 실내공간의 기하 및 의미적 모델 표준을 제안하였고, 건축 정보화 기구 BuildingSmart에서는 IFC(Industrial Foundation Classes)[2]를 표준으로 정의하여 실내공간의 건축적 요소를 객체모델로 표현할 수 있도록 하였다.

그러나 CityGML이나 IFC는 실내공간의 정보를 표현하는데 제한적이다. 특히 이동을 위한 연결 위상은 제한적으로 표현된다. 각 실내공간의 기하 정보와 객체 속성에 관한 정보는 잘 정의되어 있으나, 예를 들어 방과 복도의 연결성과 같은 정보는 별도로 정의되어 있지 않다. 이러한 제약으로 실내공간 정보 서비스를 CityGML이나 IFC를 통하여 표현하는데 한계가 있고, 표현이 되지 않는 부분에 대한 데이터모델과 표준이 필요하다. IndoorGML [17]은 CityGML과 IFC가 제공하지 못하는 위상적 연결성을 표현할 수 있는 표준모델을 정의하고, 이를 통한 XML 기반의 교환포맷을 표준화한다.

IndoorGML은 실내공간의 정보서비스를 위하여 중요한 프레임워크를 제공할 것으로 기대된다. 따라서 이를 바탕으로 많은 후속 연구와 개발이 필요하다. 본 논문에서는 IndoorGML의 다양한 활용을 위한 첫 번째로 IndoorGML의 기본 개념을 소개한다. 두 번째로 IndoorGML을 다양한 분야에 활용하기 위한 방법론을 제시한다. 세 번째로 간단한 적용 사례를 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2장에서는 실내공간정보 표준화의 배경을 살펴보고 표준화 요구사항을 정리한다. 3장에서는 IndoorGML

의 기본적 개념을 기하, 위상, 의미적 모델로 각각 나누어 살펴보고, 실외공간과 구별되는 중요한 차별점인 기호공간의 개념과 다중공간모델을 살펴본다. 4장에서는 IndoorGML의 기본적 모델을 알아본다. 그리고 5장에서는 간단한 적용사례를 소개하며 6장에서 결론을 내린다.

2. 실내공간정보 표준화 배경

2.1 관련 공간정보 표준

실내공간을 다루고 있는 대표적인 공간정보 표준은 크게 CityGML, IFC, 그리고 KML로 정리된다. 먼저 CityGML은 도시의 3차원 공간모델에 대한 표준이다. 이는 XML 기반의 GML(Geographic Markup Language) 3.1의 응용스키마로 정의된 표준이다. 따라서 공간정보 표준 데이터모델인 ISO 19107 [6]과 응용스키마 정의 표준인 ISO 19109 [7]의 규칙에 따라 정의되었다. 그런데 CityGML은 아래의 그림과 같이 상세도 (LOD: Level of Detail)을 5 단계로 구별하여,

LOD 0: 지표모델

LOD 1: 상자형 단순화 3차원 모델

LOD 2: 지붕 등 단순 기하 특성의 표현모델

LOD 3: 창문, 벽 등 상세 표현 모델

LOD 4: 실내공간 모델

을 제시하고 있다 [1]. 여기서 LOD 4는 실내공간에 대한 모델이다.

Figure 1. Levels of Detail in CityGML [5]

그런데 Fig. 2에서 표시하는 것과 같이, CityGML의 실내공간에 대한 표현은 주로 기하 요소와 의미적 요소로 구성된 모델링에 제한된다. Fig. 2은

City GML에서 실내공간에 대한 요소를 모델링한 것이다. 이 그림에서 나타나듯이 실내공간 요소는 주로 방, 가구, 실내설치물, 문, 창문, 천정, 벽, 및 바닥으로 구별하여 표현한다.

Figure 2. CityGML LOD 4-Interior Space[5]

이러한 의미적 구별은 적절하나, 몇 가지 중요한 약점을 가지고 있다. 첫 번째로 CityGML에서는 위상적 특성을 충분하게 표현하고 있지 못하다. 예를 들어 Fig. 3에서와 같이 방 R1 에서 R3 로 이동하려고 할 때, 문 d1, d2, d3 를 통과하여야 한다. 그런데, 문이 방과 구별되는지, 통과 가능한 것인지에 대한 정보가 있어야하지만 CityGML은 이와 같은 다양한 경우를 표현하는 데는 한계가 있다.

Figure 3. Routing and Topology

두 번째로 다양한 위상을 기하적인 정보로부터 유도하는 것은 많은 계산을 요구한다. 특히 3차원 공간정보를 통하여 위상정보를 유도하는 것은 매우 어렵다.

IFC도 CityGML과 유사한 문제점을 가지고 있다. 더욱이 IFC는 건축적인 측면에서 정의된 것이므로 경로계산과 같은 용도로 사용하는데 한정적이다. 예를 들어, 방과 같은 실내공간객체가 독립적인 객체로 정의되지 않고 여러 개의 벽으로만 정의될 수도 있다. 또는 바닥이나 천정이 방으로 구별되지 않고 하나의 층 전체를 하나의 객체로 정의할 수 있다.

물론 이러한 문제는 IFC 데이터를 구축하는 제작자가 정확한 사양을 정의하고, 그에 따라 구축하여 어느 정도는 완화할 수 있다. 그러나 대부분의 경우 제작자의 방식에 따라 다양한 구축이 가능하고, 결과적으로 실내공간에 대한 서비스를 제공할 수 있는 데이터와는 거리가 먼 데이터로 구축될 수 있다. KML은 3차원 모델을 제공하고 있으나, IFC나 CityGML보다도 더욱 가시화에 초점이 맞추어져 있어, 실내공간정보를 활용한 응용서비스 개발에는 매우 부적절하다.

2.2 실내공간의 특성

실내공간은 실외공간과 중요한 몇 가지 차이가 있다. 첫 번째로 실내공간은 실외공간과 달리 유클리디언 공간이 아니며 일종의 제약공간 (Constrained Space)다. 두 개의 점사이의 거리가 직선거리로 정의되는 유클리디언 공간과 달리, 벽이나 층 등으로 제한되어 있는 실내공간은 두 점사이의 거리가 직선거리로 정의되지 않는다[14]. 따라서 실내공간은 벽과 문, 계단과 같은 제약에 의하여 결정되는 공간으로 제약공간이 된다. 참고로 제약공간의 다른 예는 도로에 의하여 제약되는 도로 공간이 있다. 그러므로 실내공간정보 표현의 가장 기본적인 사항은 실내의 제약을 어떻게 표현하는가이다.

실내공간과 실외공간의 두 번째 차이점은 실내공간은 일종의 기호적 공간 (Symbolic Space)라는 것이다[1,10,13,19]. 여기서 기호적 공간은 위치를 지정하는 것이 좌표가 아니라 방 번호나 번지수와 같은 기호로 되는 공간을 말한다. 예를 들어, 실내공간을 이동하는 보행자가 자신의 위치를 알릴 때, 대부분 방 번호나 복도의 이름 등을 사용한다. 이는 매우 중요한 특징이다. 인접성, 교차, 포함 등과 같은 일반적인 위상은 좌표공간에 표현된 객체의 기하적 특성을 이용하여 유도할 수 있는 반면, 기호적 공간은 위상관계를 명시적으로 표현하지 않으면 달리 유도할 수 있는 방법이 없다. 따라서 아래의 Fig. 4와 같이 주어진 내부공간을 기호적 공간으로 표현하게 되면, 각 방과 복도 등의 연결성을 나타내는 위상정보는 일종의 그래프가 된다. 이러한 그래프는 위상적 그래프 또는 노드-관계 그래프 (NRG: Node-Relationship Graph) [12] 라고 부른다.

Figure 4-a. Indoor Space

Figure 4-b. NRG

2.3 IndoorGML의 배경 및 목적

IndoorGML의 목적은 실내공간정보의 표현과 교환을 위한 기본적 프레임워크를 제공할 수 있도록 데이터모델과 XML 스키마를 정의하는 것이다. 이를 위하여 다음과 같은 사항을 고려하였다. 첫 번째로, 앞에서 서술한 실내공간의 특징을 충분하게 반영한다. 즉 제약공간을 표현하기 위하여서는 문이나 복도, 계단, 엘리베이터와 같은 연결성을 정의하는데 중요한 역할을 하는 객체를 적절하게 표현할 수 있는 방법을 고려한다. 또한 실내공간을 기호공간으로 표현할 수 있는 데이터모델을 사용한다. 두 번째로, 현재 실내공간정보 서비스의 가장 중요한 요구사항이 실내이동이므로, 실내이동을 지원하는 데이터모델과 스키마 정의에 초점이 맞추어졌다 [18].

3. IndoorGML의 기본 개념

IndoorGML을 이해하기 위하여서는 아래에 나열된 핵심적인 개념을 알아야 한다. 본 장에서는 이 핵심적 개념을 각각 살펴본다[16].

- 기호공간
- 기하적 특성
- 위상적 특성
- 다중공간
- 실외/실내의 연결

3.1 기호 공간

실내공간정보의 대부분 응용분야에서는 위치에 대한 개념이 좌표공간보다는 단위공간(또는 셀:Cell)에 가깝다. 예를 들어 실내에서 자신의 위치를 알릴 때 “422호”와 같이 방의 위치를 통하여 알려준다. 또한 공간적 질의를 만들 때, “[(x₁, y₁, z₁), (x₂, y₂, z₂)]”와 같은 좌표를 통하여 영역을 지정하기보다는 “사파이어볼룸”과 같은 공간이름을 통하여 영역을 지정한다[10,19]. 이와 같이 좌표가 아닌 이름(예. 사파이어볼룸)이나 기호 (R422)로 위치를 지정하는 공간을 기호공간이라고 정의한다. 좌표공간도 사실은 공간의 위치를 2차원 실수공간 $\mathbb{R}^2$ 또는 3차원 실수공간 $\mathbb{R}^3$ 로 주어지는 기호를 통하여 위치를 지정하는 기호공간의 일종이다. 단 실수체계가 가지는 특성을 추가로 가지고 있다. 일반적인 기호 공간의 예를 살펴보면 우편번호로 주어지는 공간, 지번으로 주어지는 공간 등이다.

그런데 가장 기본적인 기호공간은 좌표공간과 달리 실수체계가 가지고 있는 특성이 없으므로 각 위치 사이의 관계는 명시적인 위상관계를 표현하지 않으면 알 수 없다. 따라서 기호공간에서는 위상에 대한 표현이 매우 중요하다. 물론 좌표공간은 명시적 위상 요소를 표현하지 않아도 실수 공간의 특성을 이용하면 위상 요소를 찾아낼 수 있지만, 모든 기호공간이 이렇지는 못하다. IndoorGML에서는 이러한 이유로 위상요소를 명시적으로 표현하여 주어야 하며 그 방법은 3.3 절에서 설명된다.

3.2 기하 특성

IndoorGML의 공간적 특성은 우선 ISO 19107에서 정의된 공간정보 모델을 기반으로 하고 있다. 따라서 기하적 특성도 ISO 19107 [6]에서 제시하는 모델을 따른다. 그런데 실내공간의 기하적 요소와 의미적 요소는 이미 CityGML이나 IFC에서 자세하게 묘사되고 있다. 따라서 불필요한 중복을 피하기 위하여 IndoorGML에서는 최소한의 기하 요소만을 다음과 같이 표현한다.

첫 번째로 방이나 복도와 같은 실내의 각 공간을 대표하는 점의 좌표를 표현한다[18]. 참고로 여기서 실내의 각 공간은 실내의 단위공간을 말하며 기본적인 개념은 3.1절에서 설명하는 기호적 공간을 참조하기 바란다. 이 점의 좌표가 반드시 필요한 것은

아니다. 이 점의 좌표를 생략한 채 순수한 위상 특성 (3.3절 참조)만을 가지고 실내공간을 표현할 수 있다. 그러나 정확한 경로계산을 위하여서는 각 실내공간의 대표점 좌표를 표현하는 것이 바람직하다.

두 번째로 기하 요소는 각 실내공간을 연결하는 경로에 관한 것이다[18]. 아래의 Fig. 5에서와 같이, 각 단위 실내공간을 점으로 표현하면 점을 연결하는 경로는 선의 기하 요소로 표현된다. 이 선의 기하 요소는 ISO 19107의 Curve로 정의된다. 그리고 이 선도 반드시 필요한 것은 아니지만 앞의 점의 경우와 마찬가지로 정확한 경로계산을 위하여 표현하는 것이 바람직하다.

Figure 5. Point and Curve Geometry of IndoorGML [6]

세 번째 기하 요소는 각 단위 공간의 기하 표현이다[18]. 예를 들어, 단위 공간이 방일 경우 방의 기하를 표현하는 것이다. 이 단위 공간의 기하적 표현은 2차원이 될 수도 있고 3차원이 될 수도 있다. 그러나 앞에서 서술한 바와 같이 이와 같은 2차원 또는 3차원적 표현은 이미 CityGML의 LOD 4나 IFC에서 이미 제공하기 때문에 중복적일 수 있다. 만일 CityGML이나 IFC 데이터와 연계되어 IndoorGML이 사용될 경우, 이 기하적 요소는 불필요하다. 즉 CityGML이나 IFC와 연계된 없이 독립적으로 IndoorGML이 사용될 경우에만 단위 공간의 기하적 요소가 표현될 수 있다.

네 번째 기하 요소는 각 단위 공간이 인접하여 있을 경우, 인접된 면 또는 선의 기하 요소이다[18]. 예를 들어 두 개의 3차원적 방이 붙어 있을 경우, 두 방은 하나의 면을 공유하게 되며, IndoorGML에서는 이 면의 기하적 요소를 표현할 수 있다. 그러나 이것도 CityGML이나 IFC에서 표현이 가능하

로 IndoorGML이 독립적으로 사용될 경우에만 표현되는 기하요소이다.

3.3 위상적 특성

실내공간을 표현함에 있어 가장 기본적인 것은 기하요소와 위상요소이다. 그러나 기하요소는 CityGML이나 IFC에서 표현되므로 IndoorGML에서 특히 중요한 것은 위상 요소이다. 더욱이 실내공간은 좌표공간보다는 앞에서 살펴본 바와 같이 기호공간적인 특성을 가지고 있으므로 위상 요소는 명시적으로 표현되는 것이 바람직하다[3]. 실내공간에서 각 단위 실내공간 사이의 위상 요소는 크게 인접성 (Adjacency)와 연결성(Connectivity)로 나뉘어진다. 물론 이 외에도 다른 위상이 있을 수 있지만 가장 많이 사용되는 것이 이 두 가지이며, IndoorGML에서는 이 두 가지를 표현할 수 있도록 한다.

Figure 6. Layout of an Indoor Space and corresponding Topology in IndoorGML [16]

위의 Fig. 6의 왼쪽과 같이 공간이 주어졌을 때, 위상적인 표현은 Fig. 6의 오른쪽과 같은 그래프로 주어진다. 여기서 표현되는 위상은 점선으로 표현된 인접 위상과 실선으로 표현된 연결위상이다. 예를 들어, R1과 R2는 B3라는 벽으로 서로 인접되어 있으므로, Fig. 6에서는 노드 R1과 R2는 인접을 나타내는 에지로 연결되어 있다. 비슷한 이유로 R1과 R2는 문을 나타내는 D1으로 연결되어 있으므로 Fig. 6의 그래프에서는 D1의 에지로 연결된다. 참고로 위의 그래프에서 연결성만을 표현한 그래프를

연결 그래프(Connectivity Graph)라고 한다 [8].

여기서 재미있는 사실은 연결성을 표현하는 예지에 추가의 정보를 제공함으로써 다양한 상황을 표현할 수 있다. 예를 들어, 문 D1이 오전9시부터 오후 6시까지만 개방된다고 하면, 이러한 제약조건을 D1 예지에 명시하여, 보다 풍부한 실내공간의 정보를 표현할 수 있다.

3.4 의미적 특성과 다중공간모델

실내공간은 실외공간에 비하여 상대적으로 복잡하게 사용된다. 동일한 실내공간도 그 용도에 따라 여러 가지로 다르게 사용될 수 있으며, 결과적으로 각 용도에 따라 다르게 표현될 수 있다. 예를 들어 Fig. 7과 같이, 동일한 실내공간이 있어도 이동 수단에 따라 서로 다르게 해석될 수 있다.

Figure 7. Different Interpretation of Indoor Space [17]

위의 Fig. 7에서와 같이 만일 Room 3의 가운데 약간의 턱이 있으면 일반 보행자에게는 큰 장애가 되지 않아 Room 3을 하나의 공간으로 해석하는 것이 가능하다. 그러나 휠체어를 이용하는 사람에게는 이 턱을 중심으로 Room 3은 Room 3a와 Room 3b로 나뉘어진다. 따라서 동일한 실내공간도 사용자의 용도나 공간의 의미를 다르게 해석하면 다르게 표현될 수 있다.

IndoorGML에서는 이러한 특성을 다중공간(Multi-Layered Space Model) [2]이라는 개념을 통하여 표현한다. 다중공간은 하나의 공간을 여러 의미나 용도에 따라 각각 하나의 레이어(Layer)로 여러 개의 레이어로 구성된 공간으로 표현한다. 이 때 각 레이어는 3.3 절에서 설명한 그래프로 표현하며, 레이어 사이의 연관관계는 레이어간 연결(Inter-Layer

Connection)을 통하여 표현한다.

다중공간을 Fig. 6에 적용하면 Fig. 8과 같이 된다. Fig. 7a와 Fig. 7b는 각기 하나의 그래프를 형성하게 되고, 이 두 개의 레이어사이의 관계를 나타내는 레이어간 연결을 통하여 표현된다. Fig. 7a의 Room 3은 Fig. 7b의 Room 3a와 Room 3b에 대응되며 이 관계는 점선으로 표현된 레이어간 연결로 표시된다. 참고로 레이어간 연결은 다양한 이유로 만들어지지만 IndoorGML에서는 단순성을 위하여 OGC Simple Feature Geometry에서 정의된 Equal, CoveredBy, Cover, Within, Contain의 위상관계로 제한한다.

Figure 8. Multiple-Layered Space of Fig. 7[17]

4. IndoorGML 모델

IndoorGML은 GML 3.2의 응용스키마이다. 따라서 GML에서 정의된 개념을 그대로 사용한다. 본 장에서는 3장에서 소개한 IndoorGML의 기본 개념을 바탕으로 정의된 데이터모델을 살펴본다.

IndoorGML은 Fig. 9와 같이 두 개의 모듈로 구성되어 있다. 첫 번째는 핵심모듈 (Core Module)이고, 두 번째는 핵심모듈을 기반으로 정의한 확장모듈 (Extension Module)이다. 핵심모듈은 응용분야에 관계없이 공통적으로 사용되는 기본적인 데이터 모델이 포함되어 있다.

확장모듈은 응용에 따라 핵심모듈을 확장하여 정의한 것이다[18]. 현재에는 실내공간의 이동을 위한 모듈인 실내주행 확장모듈(Indoor Navigation Extension Module)만이 정의되어 있지만 앞으로 여러 가지 확장모듈이 추가될 예정이다.

Figure 9. Modules of IndoorGML [18]

4.1 핵심모듈

IndoorGML은 일종의 XML 응용스키마이다. 따라서 이 응용스키마의 핵심 개념은 UML의 클래스 다이어그램(Class Diagram)으로 표현이 가능하며, 3장에서 서술한 대부분의 개념은 대부분 핵심모듈에 포함되어 있다. 이들 개념은 아래의 Fig. 9와 같은 클래스 다이어그램으로 표현 가능하다[18].

위의 Fig. 9에서 왼쪽 다이어그램의 모델에서 표현하는 것은 가장 중요한 부분이다. 우선 하나의 레이어를 나타내는 것은 SpaceLayer이며, 이는 노드인 State와 에지인 Transition으로 구성되어 있다. 또한 여러 개의 SpaceLayer가 모여 MultiLayered Graph가 만들어진다. MultiLayeredGraph는 앞에서

설명한 다중공간을 표현한 그래프이며, 여기에는 레이어간 연결을 표현하는 InterSpaceConnection이 포함되어 있다. 단위공간을 나타내는 State에는 필요에 따라 기하 정보를 표현하는 AbstractSpace가 정의될 수 있는데, 다음의 두 가지 방법이 가능하다.

첫 번째 방법은 In-Line으로 GM_Solid를 GML 문서에 직접 삽입하는 것이고, 두 번째 방법은 XLink로 외부의 객체를 가리키는 것이다. 비슷한 이유로 두 개의 단위 공간 사이의 인접된 면을 표현하는 AbstractSpaceBoundary도 두 가지 방법으로 표현이 가능하다.

Fig. 10에서는 단위공간의 기하를 나타내는 Space가 3차원으로 표현되었다. 그러나 필요에 따라 이는 2차원 객체 (GM_Surface)로도 표현될 수 있으며, 이 경우 SpaceBoundary는 1차원 객체인 GM_Curve로 표현된다.

4.2 확장 모듈 - 실내 주행 확장모듈

현재 IndoorGML에서 정의된 확장모듈은 실내주행 확장모듈이다. 이는 실내공간 서비스에서 가장 많이 요청되고 있다는 점을 고려하여 먼저 정의된 부분이고 앞으로 다른 확장모듈도 추가될 예정이다. 실내주행 확장모델은 Fig. 11과 같다. 우선 이 확장모듈은 핵심모듈을 상속받아 정의되어서 핵심모듈의 모든 내용을 그대로 가지고 있다. Navigable

Figure 10. IndoorGML Core Module [18]

Figure 11. IndoorGML Navigation Extension Module [18]

Space는 실내주행이 가능한 공간을 말하는데, 여기에는 방이나 홀과 같이 머무르며 일정한 활동이 가능한 GeneralSpace와 단지 이동을 위한 TransferSpace로 나누어진다.

또한 TransferSpace는 다시 문과 같이 연결만을 위한 공간인 ConnectingSpace, 현관과 같이 외부와 내부를 연결하여주는 AnchorSpace, 그리고 복도와 계단과 같이 이동을 위한 공간인 TransitionSpace로 나누어진다.

이 모델에서 NavigableSpace는 반복적으로 분할이 가능하다. 예를 들어 하나의 커다란 홀은 그 용도에 따라 세부적인 공간으로 분할이 가능하다. 이를 위하여 Subspacing이 표현되어 있으며[11,18], 전시홀이 세부적인 부스로 구별되는 등의 목적으로 이용될 수 있다. 이들에 대한 예는 Fig. 12과 같다.

5. IndoorGML의 활용

앞에서 소개된 IndoorGML은 매우 광범위한 용도로 활용이 가능하다. 본 장에서는 IndoorGML의 대표적인 활용 사례를 살펴보기로 한다.

5.1 실내 주행

앞에서 언급한 바와 같이, 실내 주행은 IndoorGML의 가장 중요한 응용분야이다. 특히 실내주행 확장모듈은 실내주행을 위하여 설계되었다. 따라서 이동 방법에 관계없이 실내주행 확장모듈을 이용하면 실내 주행을 위한 정보를 쉽게 표현할 수 있다. 그러나 다음의 사항을 고려하는 것이 필요하다.

Figure 12. Example: IndoorGML Navigation Extension [18]

- 이동이나 접근 제약조건 고려
- 공간분할에 따른 단위공간의 설정
- 실내외 연속 이동

첫 번째로 이동 방법에 따라 접근이 가능한 경로를 선택할 수 있도록 Transition의 속성을 설계하여야 한다. 여기에는 시간에 따른 제약이나 사용자의 권한에 따른 제약을 적절하게 표현할 수 있어야 한다. 두 번째 사항인 공간 분할은 정확한 경로계산을 위하여 중요하다. 예를 들어 커다란 전시장을 하나의 단위공간으로 설정하면 경로계산은 부정확해지고 경우에 따라서는 오류가 있는 경로를 안내할 수도 있다. 너무 세분화된 공간분할은 구조를 복잡하게 하여 계산시간이 불필요하게 늘어난다.

세 번째 사항은 실내외를 연속하여 이동할 경우 요청되는 사항이다. 특히 최근에 건물구조가 복잡화되면서 실내외가 서로 연결되는 경우가 많아 더욱 중요하게 되고 있다. 실내외의 연속된 이동을 위하여서는 4-2절에서 설명한 AnchorSpace가 매우 중요한 역할을 하게 된다.

5.2 포털서비스나 실내뷰 서비스의 이동

구글어스 3D나 v-world는 3차원공간을 이동하면서 원하는 정보를 찾는데 매우 효과적인 환경이다. 그런데 이러한 환경은 불행하게도 실내공간의 이동에는 매우 불편하다. 작은 조작 실수도 원하지 않는 엉뚱한 공간으로 이동하게 되는 결과를 만든다. 이 문제를 해결하는 효과적인 방법은 이동경로를 미리 IndoorGML을 이용하여 설정하여 놓는 것이다. 아래의 Fig. 13과 같이 초록색으로 표시된 경로는 IndoorGML로 설정된 이동네트워크이며, 사용자는 이 경로를 따라 이동하면 불편함 없이 원하는 지점까지 쉽게 이동할 수 있다.

Figure 13. Indoor Navigation in Google Earth 3D by using IndoorGML

비슷한 용도로 다음에서 제공하는 스토어뷰나 빙맵에서 제공하는 EveryScape과 같은 파노라믹 영상서비스에 IndoorGML을 활용할 수 있다. 각 파노라마이미지 지점을 일종의 단위공간인 State로 지정하고 각 단위공간 사이의 이동을 Transition으로 설정하여 전체 네트워크를 구성하면 Fig. 14과 같이 된다. 따라서 실내공간의 파노라마 이미지 서비스는 IndoorGML로 표현되며 구현될 수 있다.

Figure 14-a. Image Spot of EveryScape Panoramic Image [7]

Figure 14-b. Navigation between EveryScape Panoramic Images and IndoorGML [16]

6. 결 론

실내공간은 실외공간과 마찬가지로 공간정보 서비스가 매우 효과적으로 사용될 수 있는 지역이다. 특히, 다양한 센서나 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 결합하면 더욱 편리하고 효과적인 서비스를 만들 수 있다. 그러나 실내공간은 실외공간과 달리 몇 가지 중요한 차이가 있고, 실외공간과 구별되는 이론, 시스템, 표준 등이 필요하다. 이러한 배경에서 지난 2012년부터 공간정보 국제표준화 기구인 OGC에서는 IndoorGML이라는 표준화 그룹을 만들고 2013년도 9월 표준제정을 목적으로 현재 활동 중이다.

본 논문에서는 IndoorGML의 기본 개념을 살펴보고 주요 모델링 논점들에 대하여 알아보았다. 그리고 몇 가지 중요한 IndoorGML의 활용방법에 대하여서도 고찰하였다. IndoorGML은 실내의 모든 내용을 독립적으로 표현하는 것보다는 다른 실내외의 건물 3차원 모델과 함께 이용하는 것을 주목적으로 만들어졌다. 특히 기호공간이론을 중심으로 위상 특징을 반영한 네트워크를 표현하는 모델의 표준이며 XML 스키마의 표준이다.

따라서 앞으로 다른 3차원공간데이터 특히 City GML이나 IFC 데이터와의 연계가 매우 중요한 문제가 될 것이다. 앞으로의 많은 연구도 이 부문에

집중될 것이다. 또한 IndoorGML은 실내의 많은 공간정보 서비스에 응용 - 실내주행부터 실내 자원관리, 로봇 주행, 실내재난 계획-에 활용될 전망이다.

References

- [1] Becker, C; Durr F. 2005, On location models for ubiquitous computing. *Personal and Ubiquitous Computing* 9(1): 20 - 31
- [2] Becker, T; Nagel C; Kolbe, H. T. 2009, A Multilayered Space-Event Model for Navigation in Indoor Spaces, *Proc. 3D Geo-Info Symposium, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* 2009: 61-77, Springer-Verlag
- [3] Becker, T; Nagel, C; Kolbe, T. 2010, Discussion of Euclidean space and cellular space and proposal of an integrated indoor space data model, Technical Report. Institute of Geodesy and Geoinformation Science, TU Berlin
- [4] buildingSMART, IFC4 (Industrial Foundation Classes XML 4) RC4, <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifcxml-releases/ifcxml4-release>, 2012
- [5] Open Geospatial Consortium, City Geographic Markup Language (CityGML) Encoding Standard 2.0, Document Number 12-019 OGC, https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842
- [6] ISO/TC211, ISO 19107:2003, Geographic Information - Spatial Schema
- [7] ISO/TC211, ISO 19109:2005, Geographic Information - Rules for Application Schema, 2005
- [8] Jensen, C. S; Lu, H; Yang, B. 2009, Graphic Model Based Indoor Tracking, *Proc. 10th MDM Conf.* May, 2009, Taipei, Taiwan
- [9] Jensen, C. S; Lu, H; Yang, B. 2010, Indoor-A New Data Management Frontier, *IEEE Data Eng. Bulletin*, 33(2): 12-17
- [10] Kang, H. Y; Kim, J. S; Li, K. J. 2010, sTrack: Tracking in indoor symbolic space with RFID sensors, *Proc. 18th SIGSPATIAL Conf.* 2010, San Jose, USA, pp. 502 - 505
- [11] Kim, J. S; Li, K. J. 2012, K-Anonymity using Hierarchical Graph Structure in Indoor Space, *KSIS Journal* 20(4): 93-101
- [12] Lee, J. 2004, A Spatial Access Oriented Implementation of a Topological Data Model for 3D Urban Entities. *GeoInformatica* 8(3): 235-262
- [13] Lee, K. J; Lee, J. 2013, A Geocoding Method on Character Matching in Indoor Spaces, *KSIS Journal* 21(5): 87-100
- [14] Li, K. J. 2008, Indoor space: A new notion of space, *Proc. 8th International Symposium Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS)*, Shanghai, China, 2008, pp. 1 - 3.
- [16] Li, K. J. 2012, IndoorGML - an Overview, IndoorGML Workshop, <http://stem.cs.pnu.kr/indoorGMLWorkshop/Program.html>, Oct. 2012, Seoul Korea
- [17] Nagel, C; Becker, T; Li, K. J; Lee, J; Kaden, R; Kolbe, T. 2010, Requirements and space-event modeling for indoor navigation. Discussion Paper, OGC 10-191r1, Open Geospatial Consortium <http://portal.myogc.org/files/41727>, .
- [18] Open Geospatial Consortium, 2013, IndoorGML v.0.6.4, OGC https://portal.opengeospatial.org/index.php?m=projects&a=view&project_id=399&tab=2&artifact_id=52528,
- [19] Yang, B; Lu, H; Jensen, C. S. 2009, Scalable Continuous Range Monitoring of Moving Objects in Symbolic Indoor Space, *Proc. 18th ACM CIKM Conf.* 671-680, Nov. 2009, Hong Kong.

논문접수 : 2013.05.03
수정일 : 2013.06.13
심사완료 : 2013.06.24