

# IndoorGML 기반 입체주소 데이터 모델 개발 Development of 3D Addressing Data Model Based on the IndoorGML

김지영<sup>1)</sup>  
Kim, Ji Young

## Abstract

The all revision of the Road Name Address Act, which contains the contents to be used by expanding the road name address as a means of indicating the location, has been resolved by the National Assembly. Addresses will be assigned to large-sized facilities (3D mixed-use complex spaces). Here, the 3D (Three-dimensional) address is assigned an indoor path section in the inner passage, dividing the section at intervals. The 3D address will be built on the address information map. For 3D address, data should be built and managed for a 3D complex space(indoor space). Therefore, in this study, the object of the 3D address is defined based on the address conceptual model defined in the international standard, and the 3D address data model is proposed based on IndoorGML. To this, it is proposed as a method of mapping the Core and Navigation module of IndoorGML so that the entity of the 3D address can be expressed in IndoorGML. This study has a limitation in designing a 3D address data model only, but it is meaningful that it suggested a standard for constructing 3D address data in the future.

Keywords : Three-dimensional Mixed-use Complex Space, Point of Interest, Subspacing, Route

## 초 록

도로명주소를 위치를 표시하는 수단으로 확대하여 활용하고자 하는 내용이 담긴 도로명주소법에 대한 전부 개정안이 국회에서 의결되었으며, 개정법에 따라 행정안전부에서는 건물뿐만 아니라 버스정류장이나 택시승강장과 같은 시설물에 주소를 부여하고, 복잡하고 대형화되는 시설물(입체복합공간)에 대해서도 주소를 부여할 계획이다. 여기서 입체주소는 입체복합공간의 내부통로에 실내경로구간을 설정하고, 그 구간을 분할하여 그 간격에 설정된 기초번호를 활용하여 실내경로명과 기초번호로 부여된다. 이렇게 부여된 입체주소는 주소정보기본도에 구축될 예정이다. 입체주소는 입체복합공간(실내공간)을 대상으로 데이터가 구축되고 관리되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 국제 표준에 정의된 주소 개념모델을 바탕으로 입체주소의 개체를 정의하고, IndoorGML을 기반으로 입체주소 데이터 모델을 제안하고자 한다. 이를 위하여 입체주소의 개체가 IndoorGML로 표현이 될 수 있도록 IndoorGML의 Core module과 Navigation module로 매핑하는 방식으로 제안하였다. 본 연구는 입체주소 데이터 모델을 설계만 하였다는 한계가 있으나 향후 입체주소 데이터를 구축하는데 기준을 제시하였다는 의의가 있다.

핵심어 : 입체복합공간, 관심정보, 공간세분화, 경로

Received 2020. 11. 16, Revised 2020. 12. 04, Accepted 2020. 12. 24

1) Member, Research Professor, Social Eco Tech Institute, Konkuk University (E-mail: elliekim@konkuk.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

주소정보라는 개념을 담은 도로명주소법 전부개정법률안 (Ministry of the Interior and Safety, 2020)이 2020년 11월 국회에서 통과되었다. 기존의 사람이나 법인의 거주지나 소재지를 표현하는 주소에서 사람, 시설물, 장소의 위치를 문자로 표현하는 수단으로 그 개념을 확대하고 있다. 가장 대표적인 것이 버스정류장, 택시승강장과 같이 사람들이 모이는 시설물에 대해서도 주소(사물주소)를 부여하겠다는 것이다. 이는 시설물의 위치를 주소로 표현하게 되며, 사물주소를 통하여 주소의 개념이 확대가 된다. 또한 사람의 시간활동 양상(time-activity pattern)과 관련된 각 나라별 선행연구에서 1일 24시간 동안 실외환경에 머무르는 경우가 8% 미만으로 나타났으며(Klepeis *et al.*, 2001; Chau *et al.*, 2002; Leech *et al.*, 2002; Lai *et al.*, 2004; Yoon *et al.*, 2017), 초고층 및 지하연계복합건축물이 2014년 304개 동에서 2016년 323개 동으로 증가하는 추세이다(Ministry of Public Safety and Security, 2016). 이와 같이 대형화되고 복잡한 실내에서 머무르는 시간이 늘어남에 따라 실내에서 체계적으로 위치의 표시할 필요가 증가되고 있다. 이에 실내공간에서 그 위치를 일관되고 체계적으로 식별 및 표시하기 위한 위치 모델이 제시되어 왔다(Becker and Dürr, 2005). 실제 지리적 위치를 나타내는 지리 좌표값을 기반으로 하는 방법, 실제 위치가 아니라 건물이나 방 번호 등의 의미적 기호를 이용하여 공간적 상하 및 포함 관계에 따른 계층적 위치 모델 및 실내공간의 각 부분을 노드집합으로 표현하고 이들의 인접관계를 링크 집합으로 표현한 그래프 기반 위치 모델 등이 있다. 그러나 이들은 기계나 시스템적인 측면에서 그 위치를 표시하기 위한 방법으로 사람이 실내에서 그 위치를 인지하고 설명하는 데는 어려움이 있다. 국제표준기구인 ISO (International Organization for Standardization)에서는 주소(address)를 식별 및 위치 파악을 목적으로 단일 객체(object)를 명확하게 확인할 수 있게 하는 구조화된 정보로 정의하고 있다(ISO, 2015). 여기서 객체는 전자 및 가상인 아니라 실 세계에서 식별이 가능한 것이고, 식별은 사람이 객체를 식별하는데 도움이 된다는 것을 의미한다. 따라서 사람이 실내공간에서 그 위치를 표시하고 객체를 식별하기 위한 방법으로 주소가 활용될 수 있을 것이다. 이에 행정안전부에서는 그 용도가 2개 이상인 지하 및 실내공간(입체복합공간)에 일관되고 체계적으로 위치를 표시하기 위하여 입체주소를 부여하고자 한다. 이를 위하여 이미 2019년부터 시범사업을 진행하고 있다(Jeong, 2019; Hong, 2019). Kim (2020)은 입체주소가 부여된 입체복합공간을 정의하고, 실외의 도로와 같이

주소를 부여하는데 기반이 되는 실내경로를 설정하는 방법을 제시하였다.

현재 도로명주소를 도로명주소기본도를 통하여 관리되고 있는 것과 같이 사물주소, 입체주소가 도입되면 이들 정보도 주소정보기본도(개정법률안에서의 용어)에 구축하고 관리될 것이다. 주소정보기본도에 구축될 입체복합공간은 실내공간에 대한 정보, 즉 실내정보에 해당한다. 실내정보와 관련해서는 OGC (Open Geospatial Consortium)의 CityGML (Geography Markup Language), IndoorGML, 그리고 ISO의 BIM (Building Information Modeling) 데이터모델 포맷인 IFC (Industry Foundation Classes) 등의 국제 표준이 제정되어 있으며, 우리나라도 국토지리정보원에서 실내공간정보에 대한 구축 지침이 마련되어 있다. 그러나 입체주소가 기존의 도로명주소가 채택하고 있는 도로를 기준으로 주소가 부여되는 방식으로 입체복합공간에서 위치를 표시하는 것을 목적으로 하고 있어, 이들 표준 중에서 실내에 대한 표현이나 길찾기 서비스를 위하여 노드-링크 데이터 모델이 제안된 OGC의 IndoorGML이 적합할 것이다. 다양한 실내공간을 표현하기 위한 목적이나 길찾기를 위하여 IndoorGML 기반의 모델링과 관련된 연구가 수행되었다. Alattas *et al.* (2017)은 건물 실내의 소유권이나 사용에 대한 기능적 권리 등을 정의하기 위하여 IndoorGML과 LADM (Land Administration Domain Model)을 융합하는 모델을 제시하였다. 실내 내비게이션 서비스에서 검색이나 위치 안내 등의 기초 인프라인 실내의 공간이나 시설물을 나타내는 실내 관심정보 (POI: Point Of Interest)의 데이터 모델을 IndoorGML과 융합하는 연구 (Park *et al.*, 2016; Claridades *et al.*, 2019; Claridades and Lee, 2020)가 진행되었으며, 장애인을 대상으로 한 실내 내비게이션 서비스를 위한 IndoorGML 확장 모델 (Park *et al.*, 2020)이 제시되어 있다. 또한 전방향 이미지(omnidirectional image)를 이용한 실내 내비게이션 서비스를 위하여 IndoorGML의 개념을 바탕으로 실내공간을 나타내는 전방향 이미지와 실내공간의 위상 데이터를 연결하여 실내 순찰 서비스를 위한 실내공간 응용 데이터 모델을 제시하였다(Jung and Lee, 2017). 나아가 실외와 연결되는 Anchor Space를 중심으로 실외와 실내공간에서의 끊김없는 내비게이션 서비스를 위한 IndoorGML 확장 모델도 제안되었다(Kim *et al.*, 2019; Navarro *et al.*, 2020).

따라서 본 연구에서는 주소 개념모델이 정의된 국제 표준을 바탕으로 입체주소의 개체를 정의하고, 이를 바탕으로 IndoorGML 기반의 입체주소 데이터 모델을 제안하고자 한다. 국제 표준을 준용하여 입체주소 데이터 모델을 제안함으

로써 국제 표준을 준용하여 구축된 데이터와의 연계 활용이 가능하도록 하였다. 또한 한국형 디지털 뉴딜로 구축 및 활용의 확대가 예상되는 디지털 트윈이나 지하공간통합지도에서 구축되고 있는 실내정보나 지하시설물(지하철역사 등)의 객체를 표시(labeling)하기 위한 수단으로 입체주소가 연계되어 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 입체주소 개념 및 모델

행정안전부는 복잡해지고 대형화되는 건물이나 시설물에서 주소를 이용하여 위치를 표시하기 위하여 입체주소를 도입하고자 한다. 이를 위하여 2019년 인천광역시 부평구 부평역사 일대, 경기도 의정부시 의정부역지하도상가에 대하여 시범사업을 진행하였으며, 올해 서울특별시 송파구 잠실역 일대를 대상으로 전국 확산을 위한 제도 마련을 위하여 시범사업이 진행 중이다. 기존의 도로명주소가 도로에 도로구간을 설정하고 그 도로구간에 부여된 도로명과 도로구간에 20m 간격으로 왼쪽에는 홀수, 오른쪽에는 짝수의 기초번호로 주소가 부여되는 방식(도로 방식)이다. 즉 도로(선)를 참조로 하여 주소가 부여되는 개념이다. 이에 도로구간과 기초번호간격은 주소를 부여하기 위한 기준이 되는 중요한 객체이다. 입체주소도 도로 방식이 적용되어 입체복합공간의 내부통로에 실내경로구간을 설정하고 그 실내경로구간에 부여된 실내경로명과 기초번호로 주소를 한다. Kim(2020)은 입체복합공간에 대하여 정의하고, 이들 공간에서 실내경로구간을 설정하는 기준을 제시하였다(Table 1).

실내를 대상으로 부여되는 입체주소는 기존의 상세주소(집합건축물이나 그 외의 건축물에 대하여 동층호)와 혼동될 수 있다. 가장 큰 차이는 입체주소는 앞서 말한 바와 같이 입체복합공간에 부여가 되는 주소이다(Kim, 2020). 다음으로,

상세주소는 도로명주소의 하위주소로 설명될 수 있다. 예를 들어 주소가 '서울특별시 광진구 능동로 120'인 아파트 '101동 101호'에 '서울특별시 능동로 120, 101동 101호'라는 주소(상세주소)가 부여된다. 이에 반하여 입체주소는 실내에 설정된 경로의 실내경로명을 이용하여 주소가 부여되는 개념이다. 다시 말하면 입체주소는 건물 등에 부여된 도로명주소(도로명, 건물번호)가 사용되지 않는다. 마지막으로, 상세주소는 공법상의 주소이지만 입체주소는 입체복합공간의 위치를 표시하기 위하여 부여되는 주소로 그 용도가 상이하다.

도로명주소는 도로에 도로구간과 기초번호간격을 설정하고, 그것에 도로명과 기초번호가 부여되어 건물 등 주소가 부여될 대상의 출입구가 면하는 도로명과 건물번호가 부여된다. 이때, 주소가 부여될 대상의 출입구와 해당 출입구가 면하고 있는 기초번호간격을 연결하는 연결선이 생성된다. 이 연결선은 반드시 기초번호간격으로부터 출입구까지의 실제 도로를 묘사한 선은 아니다. 입체주소도 도로명주소와 같이 입체복합공간의 내부통로에 실내경로구간과 실내기초번호간격이 설정되고, 주소가 부여될 공간이나 시설물의 출입구나 설치위치가 인접한 실내경로명과 실내기초번호가 부여된다. 이때, 주소가 부여될 대상(객체)의 출입구와 실내기초번호간격에는 연결선을 생성한다(Fig. 1). 도로명주소에서는 도로구간과 기초번호간격이 주소를 부여 하기 위한 기반 객체였다면, 입체주소에서는 실내경로구간과 실내기초번호간격이 입체주소를 부여하기 위한 기반 객체이다.

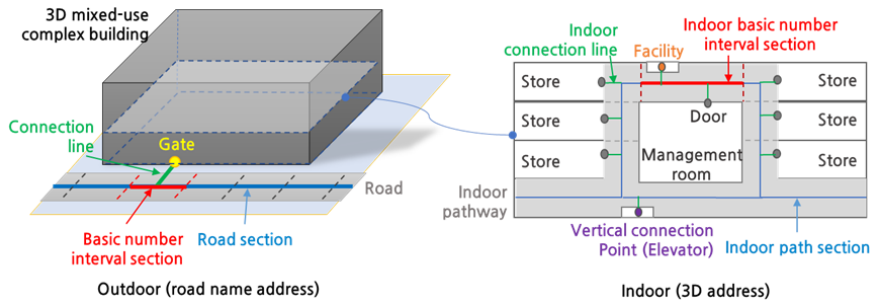
실내에서 주소가 부여되는 대상(객체)는 공간과 시설물로 구분할 수 있다(Table 2). 도로명주소법 전부개정법률안에는 시설물 등에도 주소(사물주소)를 부여하는 내용이 있어 사람이 머무는 호실(room)과 시설물을 주소가 부여되는 객체로 제시하였으며, 제시된 주소가 부여될 객체는 향후 필요에 따라 그 대상이 확대될 수 있다.

Table 1. A 3D mixed-use complex space and a detailed space where 3D address are assigned

Type	Intermediate spaces	Passages
Underground public sidewalk facilities	Megastores in underground shopping mall, underground plazas, outdoor exit among underpass access facilities	Stairs and slopways connected to the outdoor exit, underground walkways, underground connection passages (public connection passage, indoor stairs)
Underground shopping mall		
3D mixed-use transfer facility	Outdoor exit, indoor exit, bus stop, waiting space for bus passengers, concourse (ticket gate), platform	Vertical passages (outdoor stairs, indoor stairs, escalator, wheelchair lift), horizontal passages (indoor passage, moving sidewalk, public connection passage, transfer passage)

**Table 2. Addressable objects in 3D mixed-use complex space for 3D address**

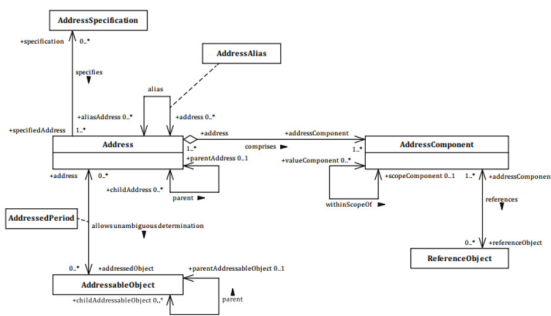
	Room	Facility
Objects	Shop(store), management office, general service management office, customer information center, collaboration office, urban railroad investigation unit and branch office, lost and found center, public toilet, nursing room, wating room(in platform)	Fire extinguisher, relief supplies storage box, ADE (Automated External Defibrillator), vending machine, card charger, deposit refund machine, emergency phone, (portable) emergency lighting, public Wi-Fi, electric vehicle charging station, city bus stop, intercity bus stop, bicycle rack, recycling bin, public phone booth, kiosk, autonomous delivery robot point, fountain



**Fig. 1. Examples of referece and addressable objects in 3D address**

따라서 현재 도로구간, 기초번호간격, 연결선, 건물경계, 출입구의 도형 및 속성정보가 도로명주소기본도에 등록되어 관리되고 있는 것과 같이 입체주소와 관련된 도형(형상) 및 속성 정보가 등록되어야 한다.

ISO 및 국내 표준에 정의된 주소 개념모델로 입체주소 및 그와 관련된 개념을 설명할 수 있다(Fig. 2). 입체주소가 Address, 주소가 부여될 공간이나 시설물인 입체주소 부여 대상이 AddressableObject에 해당한다. 또한 실내경로 구간이나 실내기초번호간격이 ReferenceObject에 해당하며, 이들을 문자로 표현한 실내경로명과 실내기초번호가 AddressComponent가 된다. 여기에 이와 관련된 범법이나 지침 등이 AddressSpecification, 호실이나 시설물 등의 이름이 AddressAlias를 의미한다.



**Fig. 2. Address model overview in UML (ISO, 2015)**

표준에 제시된 주소 개념모델 표준을 기반으로 입체주소에 대한 개체-관계 다이어그램(ERD: Entity-Relation Diagram)을 그리면 Fig. 3과 같다. Address 클래스에 해당하는 입체 주소는 주소 부여 대상에 부여된 주소와 관련된 정보가 관리되는 테이블(텍스트 정보)로 입체주소ID가 기본 키(PK: Primary Key)로 부여되고, 행정구역명, 실내경로명, 건물이나 사물번호 등 AddressComponent에 해당하는 값이 저장된다. 입체주소가 실세계에서 매칭되는 위치(위도, 경도, 층)를 점으로 구축한 것이 입체주소위치로 입체주소와 일대일 관계이다. 이때 입체주소위치는 AddressableObject 클래스에 해당하는 주소 부여 대상인 호실의 출입구나 문의 경계의 중심점 또는 시설물의 진입지점이나 설치위치(시설물의 경계)의 중심점으로 도형정보가 구축된다. 호실이 별도의 문이 없이 개방된 형태일 때에는 실내경로구간과 인접한 지점을 문으로 한다. 주소 부여 대상은 주소가 부여되는 객체의 명칭이나 유형 등이 관리되며, 그 경계를 면으로 구축한다. 호실은 그 호실의 벽으로 이루어진 면으로, 시설물은 시설물이나 시설물들을 포함한 경계를 면으로 표현한다. 호실은 그 외벽이나 내벽 중 하나를 선택하여 단일벽으로 폐합된 면을 생성하여 그 사이에 슬리버 폴리곤(sliver polygon)이 생기지 않도록 한다. 입체주소부여대상에 하나의 입체주소가 부여되므로 일대일 관계이며, 주소 부여 대상에 대한 상세한 속성정보는 그 시설물을 관리하는 기관에서 구축하는 정보와 연계될 필요가 있

다. ReferenceObject 클래스인 실내경로구간은 입체복합공간의 결절공간이나 통로의 경계 사이의 선(Fig. 1)으로 그 시작 지점과 끝지점 정보, 실내경로명 등을 가지며, 하나의 실내경로구간에 다수의 입체주소가 부여되므로 입체주소와 일대다 관계이다. 여기서 결절공간이나 통로의 경계는 호실이나 기둥 등 이동에 방해가 되는 공간이나 시설물을 제외한 영역이다. 계단이나 엘리베이터, 에스컬레이터 등으로 수직으로 이동하는 지점의 위치는 수직연결점이라는 정보로 관리된다. 이는 현재 국가주소정보시스템이 2차원으로 주소와 관련된 정보(SHAPE 파일)를 관리하고 있어 수직으로 이동하는 계단이나 엘리베이터 등은 선이 아니라 층별 수평이동 통로에 설정되는 실내경로구간에 연결된 점(Fig. 1)으로 관리되도록 설계하였다. 따라서 실내경로구간과 연결되며 실내경로구간에 수직 연결점이 없거나 여러 개일 수 있다. 또 다른 ReferenceObject 클래스인 실내기초번호간격은 실내경로구간을 주소 부여 대상의 개수로 나눈 선으로 왼쪽에는 홀수, 오른쪽에는 짝수의 실내기초번호가 부여되어 건물이나 사물번호로 사용된다. 입체주소부여대상의 출입구나 문, 진입지점이나 설치위치 등이 인접한 실내경로구간에 부여된 실내경로와 실내기초번호 간격에 부여된 실내기초번호를 건물이나 사물번호로 입체주소가 부여된다. 따라서 실내경로구간과 실내기초번호간격이 연결되며 하나의 실내경로구간에는 여러 개의 실내기초번호 간격이 있다. 마지막으로 실내연결선은 입체주소가 부여될 때 사용된 실내경로구간과 실내기초번호간격이 입체주소위치와 연결된 선으로, 실내기초번호간격과 일대일로 연결되도록 설계하였다.

입체주소는 입체복합공간인 실내를 그 대상으로 하는 주소로, 실내정보에 대한 국제 표준인 IndoorGML에서 제시하는 정보로 설계될 필요가 있다. 다시 말하면 ISO의 주소 개념 모델과 OGC의 IndoorGML이 연계되게 입체주소 데이터를 모델링함으로써 3차원 및 실내 공간정보와의 연계 활용을 모색할 필요가 있다.

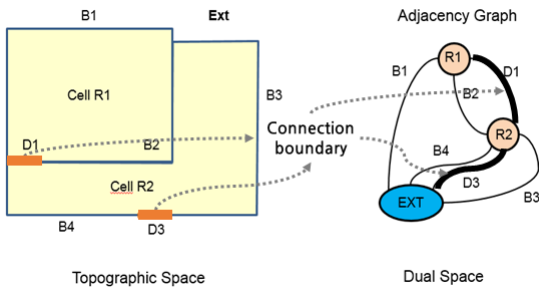
### 3. IndoorGML 기반 입체주소 데이터 모델 개발

IndoorGML은 실내공간 정보에 대한 개방형 데이터 모델 및 XML (Extensible Markup Language) 스키마를 위한 OGC 표준이다. 실내공간정보의 표현 및 교환에 관한 표준으로 지오메트리나 토폴로지를 정의하고 있는 IndoorGML Core module과 Navigation module로 구성되어 대피경로 탐색, 실내 내비게이션 서비스 등에 적용되고 있다. IndoorGML Core module의 primary space에서는 CellSpace나 CellSpaceBounday로 표현되며, 이를 NRG (Node Relation Graph)로 정의하는 dual space에서는 순서대로 노드에 해당하는 State나 에지에 해당하는 Transition과 표현된다. 따라서 본 연구에서는 입체복합공간의 위치를 표시하기 위하여 실내경로구간을 기반으로 주소가 부여되는 입체주소를 IndoorGML을 기반으로 모델링하고자 한다. 이를 위하여 앞서 2절에서 제시된 입체주소 개체와 IndoorGML 클래스를 매핑하는 방식으로 제시한다.

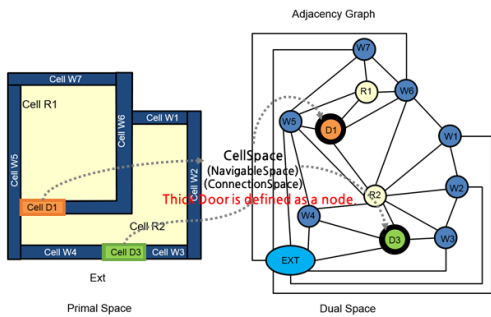


Fig. 3. ERD of 3D-address based on ISO standard (2015)

첫째, 입체주소위치를 점으로 표현하기 위해서는 입체주소부여대상의 출입구나 문, 설치 위치 등이 primary space에서 CellSpace로 모델링되어야 State로 표현된다. 이것들이 CellSpace로 표현되기 위해서는 이들은 thick door model로 모델링되어야 한다(Figs. 4(b) and 5(b)). thin door model에서 문은 ConnectionBoundary에 해당되어 dual space에서 State가 아니라 Transition으로 표현되기 때문이다(Fig. 4(a)).



(a) Doors represented as edge in thin door model



(b) Doors represented as node in thick door model

Fig. 4. Door model in IndoorGML (OGC, 2018)

둘째, 실내경로구간과 실내기초번호간격은 State를 연결하는 Transition으로 표현이 가능하다. 여기서 Table 1에서 정의된 결절공간과 통로가 하나의 CellSpace(Fig. 5(c))가 아니라 입체주소위치 앞의 공간을 세분(subspacing)하여 각각 별도의 CellSpace로 정의하여 각 CellSpace가 State로 표현되게 해야한다(Fig. 5(d)). State가 생성되어야 하는 외부 출입구뿐만 아니라 내부 출입구, 수직연결점도 CellSpace로 정의하고, 이들 앞의 복도나 통로도 세분화한다.

셋째, 실내경로구간은 동일한 실내경로명을 가지는 객체로, Transition 여러 개가 하나의 실내경로구간에 해당한다. 따라서 본 연구에서 실내경로구간은 Navigation module의 Route로 매핑할 수 있다(Fig. 6). 실내경로구간의 시작점과 끝점을 RouteNode의 시작과 끝노드로 설정하고, 이 시작과 끝노드를 연결한 RouteSegment들의 집합인 Route가 실내경로구간(indoor path section)으로 표현될 수 있다. 여기서 Table 1에서 정의된 입체복합공간의 결절공간이나 통로는 Fig. 6에서 GeneralSpace(상점(점포), 지하광장, 대합실), TransitionSpace(수평 및 수직이동통로), ConnectionSpace(입체주소위치에 해당하는 출입구 등, 내부출입구), AnchorSpace(외부출입구, 외부연결 엘리베이터)로 구분되며, 이들 결절공간이나 통로의 유형은 IndoorGML에서 정의하고 있는 Space의 function(usage) 타입으로 활용한다.

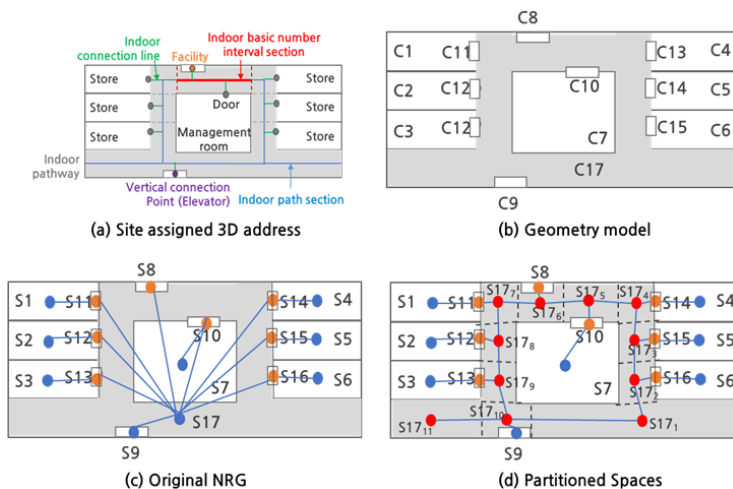


Fig. 5. Subdivision of space – Connectivity NRG



- use of IndoorGML and LADM models, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol. 6, No. 12, pp. 384.
- Becker, C. and Dürr, F. (2005), On Location Models for Ubiquitous Computing, *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 9, pp. 20-31.
- Chau, C.K., Tu, E.Y., Chan, D.W.T., and Burnett, J. (2002), Estimating the total exposure to air pollutants for different population age groups in Hong Kong, *Environment International*, Vol. 27, No. 8, pp. 617-630.
- Claridades, A.R. and Lee, J.Y. (2020), Developing a data model of indoor points of interest to support location-based services, *Journal of Sensors*, Vol. 2020, No. 2, pp. 1-16.
- Claridades, A.R., Park, I.Y., and Lee, J.Y. (2019), Integrating IndoorGML and IndoorPOI data for navigation applications in indoor space, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 37, No. 5, pp. 359-366.
- Hong, W.S. (2019), *Underground City Advanced Address System and Research on the Creation of the 4th Industrial Revolution*, Report, Korea SGT, Seoul, pp. 87-92. (in Korean)
- ISO (2015), ISO 19160-1 Addressing - Part 1: Conceptual model, pp. 6.
- Jung, H.J. and Lee, J.Y. (2017), Development of an omnidirectional-image-based data model through extending the IndoorGML concept to an indoor patrol service, *Journal of Sensors*, Vol. 2017, No. 2, pp. 1-14.
- Jeong, W.R. (2019), *Three-dimensional Building (Bupyeong Station) Address System Development Pilot Project*, Report, Spatial Information Research Institute, Jeonlabuk-do Wanju-gun, pp. 63. (in Korean)
- Kim, J.Y. (2020), Three-dimensional mixed-use complex spaces and setting criteria for road sections for three-dimensional addressing, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 38, No. 5, pp. 455-465.
- Kim, T.H., Kim, K.S., and Lee, J.Y. (2019), How to Extend IndoorGML for Seamless Navigation Between Indoor and Outdoor Space, *Web and Wireless Geographical Information Systems*, pp. 46-62.
- Klepeis, N.E., Nelson, W.C., Ott, W.R., Robinson, J.P., Tsang, A. M., Switzer, P., Behar, J.V., Hern, S.C., and Engelmann, W.H. (2001), The national human activity pattern survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, Vol. 11, No. 3, pp. 231-252.
- Lai, H.K., Kendall, M., Ferrier, H., Lindup, I., Alm, S., Hnninen, O., Jantunen, M., Mathys, P., Colville, R., Ashmore, M.R., Cullinan, P., and Nieuwenhuijsen, M.J.(2004), Personal exposures and microenvironment concentrations of PM<sub>2.5</sub>, VOC, NO<sub>2</sub> and CO in Oxford, UK, *Atmospheric Environment*, Vol. 38, No. 37, pp. 6399-6410.
- Leech, J.A., Nelson, W.C., Burnett, R.T., Aaron, S., and Raizenne, M.E. (2002), It's about time: A comparison of Canadian and American time-activity patterns, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, Vol. 12, No. 6, pp. 427-432.
- Ministry of Public Safety and Security (2016), Statistical data on preventive fire administration in 2016(above), p. 198.
- Ministry of the Interior and Safety (2020), Proposal of all revisions of the Road Name and Address Act, <https://www.lawmaking.go.kr/mob/nsmLmSts/out/2101052/detailR> (last date accessed: 9 December 2020).
- Navarro, R.C., Ruiz, A.R., Chaparro, J.D., Molina, F.V., Romero, M.S., Alises, D.V., and Lopez, J.L. (2020), A proposal for modeling indoor-outdoor spaces through IndoorGML, Open Location Code and OpenStreetMap, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol. 9, No. 3, pp. 169.
- OGC (2018), IndoorGML v.1.0.3 <http://docs.opengeospatial.org/is/14-005r4/14-005r4.html> (last date accessed: 16 November 2020)
- Park, J.H. Kang, H.Y., and Lee, J.Y. (2016), *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 34, No. 6, pp. 609-618. (in Korean with English abstract)
- Park, S.A., Yu, K.Y., and Kim, J.Y. (2020), Data model for indoorGML extension to support indoor navigation of people with mobility disabilities, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol. 9, No. 2, pp. 66.
- Yoon, H., Shuai, J.F., Kim, T., Seo, D.J., Ryu, J.H., and Yang, W. (2017) Microenvironmental time-activity patterns of weekday and weekend on Korean adults, *Journal of Odor and Indoor Environment*, Vol. 16, No. 2, pp. 182-186. (in Korean with English abstract)