

상수도 지하시설물의 논리적 모델 설계에 관한 기초 연구 Basic Study on Logical Model Design of Underground Facilities for Waterworks

정다운¹⁾ · 유선철²⁾ · 민경주³⁾ · 이지연⁴⁾ · 안종욱⁵⁾
Jeong, Da Woon · Yu, Seon Cheol · Min, Kyung Ju · Lee, Ji Yeon · Ahn, Jong Wook

Abstract

This study proposes the logical data model design of a spatial data model that complies with international standards for the waterworks of underground facilities. We conduct a preliminary study related to underground spatial data standards and data models, and review the status of the existing systems. Then, we defined the conceptual design direction of underground spatial data model based on the problems and issues. Next, we defined the terminology, classification, semantic relationships of waterworks. Next, for the conceptual design of the underground spatial data model, we defined the naming criteria for all data according to the waterworks classification. In addition, a logical model is drawn and described using UML (Unified Modeling Language) diagrams. Based on the results, it is expected that the accuracy related to underground facilities data will be improved.

Keywords : Underground, Spatial Data, Data Model, Waterworks Facilities, UML

초 록

본 연구는 지하시설물 중 상수도 부문을 대상으로 국제표준을 준용한 공간 데이터 모델의 논리적 모델을 제시한다. 이를 위하여 국내·외 관련 표준 및 선행연구, 기 구축된 지하시설물통합체계 및 지하공간통합지도에 대한 현황 검토를 수행한다. 이후 선행연구 고찰 및 현황 검토를 통해 도출된 문제점 및 이슈를 토대로 상수도 부문 지하시설물 데이터 모델의 개념적 설계 방향을 마련한다. 설계 방향에 따라 상수도 부문 지하시설물 용어 및 분류 체계 정의, 객체 간의 위상 관계 등을 정의하고, UML (Unified Modeling Language) 다이어그램을 이용하여 국제표준으로 제정된 ISO, OGC 등의 준거 모델에 해당하는 표준들을 참조하여 국내 지하 공간 환경에 적합한 새로운 형태의 참조 모델을 마련한다. 다음으로 상수도 부문 지하 공간 데이터 모델의 개념적 설계를 위해서 상수도 분류 체계에 따라 지하시설물 구축에 필요한 모든 데이터에 작명 기준을 규정하고, 그 기준에 따라 표준 항목 명칭을 부여한다. 또한 UML 다이어그램을 활용하여 논리적 모델을 묘화 및 기술한다. 해당 결과물을 토대로 지하시설물 데이터와 관련된 정확도를 제고할 것으로 사료된다.

핵심어 : 지하, 공간정보, 데이터 모델, 상수도 시설물, UML

Received 2020. 10. 14, Revised 2020. 11. 10, Accepted 2020. 12. 09

1) Member, Dept. of Urban Information Engineering, Ph.D. student, Anyang University (E-mail: daun5342@gmail.com)

2) Dept. of Urban Information Engineering, Research Professor, Anyang University (E-mail: katarsis717@gmail.com)

3) Dept. of Urban Information Engineering, Senior Researcher, Anyang University (E-mail: kjgang@nate.com)

4) Dept. of Urban Information Engineering, M.S. student, Anyang University (E-mail: leejy5655@gmail.com)

5) Corresponding Author, Member, Professor, Dept. of Smart City Engineering, Anyang University (E-mail: ajw0603@anyang.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

공간의 활용은 인류의 역사와 함께 시작되었으며, 지하 공간을 대상으로 한 적극적인 개발과 이용은 역사의 흐름과 함께 점점 활발하게 진행되고 있다. 산업혁명으로 인한 인구의 도시 집중과 자본의 이동은 도시화를 낳았고, 초고층 건물과 그에 수반한 지하 공간의 활용은 오늘날 도시를 입체적으로 바라보도록 만들었다(Kim, 2019).

그러나 최근 도심지에서의 무분별한 굴착, 지하수 개발로 인한 싱크홀(지반 함몰) 발생, 도로 붕괴, 지반 침하 등의 지하 안전사고가 거듭하여 발생하고 있으며, 광역급행철도, 대심도 터널 등 지하 공간에 대한 개발 수요가 급증함에 따라 지하시설물의 증설 및 기본 지하시설물의 노후화가 급속도로 진행되고 있기에 이에 대한 대책 마련이 시급한 실정이다(Jang, 2015). 더불어 최근까지 지하 공간에서의 시설물, 구조물은 다양한 관리 주체들뿐만 아니라 개발 주체들에 의해서 필요에 따라 건설되어 난립된 형태의 지하 집중화로 나타나기 시작했으며, 이에 따른 체계적인 지하정보 구축 및 관리방안의 필요성이 대두되고 있다(Kim, 2019).

이와 관련하여 국내에서는 국가표준인 KS (Korean Industrial Standards)와 단체표준인 TTA (Telecommunications Technology Association) 등의 표준 기구에서 다양한 공간정보와 관련된 표준들이 제정 및 개정되고 있다. 국내 공간정보 표준들은 국제표준화기구인 ISO (International Organization for Standardization), OGC (Open Geospatial Consortium) 등에 제정되어 있는 표준들을 인용 및 준용한 사례가 다수이며, 지하 공간에 대한 표준은 현재까지는 부재한 실정이다. 기존에 TTA 표준으로 제정된 사항(TTA, 1997)도 실효성 및 활용성 측면에서의 문제점으로 인해 폐지되었다. 기관 표준에 해당하는 국토지리정보원의 경우에는 주로 격자 체계, 항공사진, 정사영상 관련 제품 사양 및 데이터 품질 등을 중심으로 공간정보 표준들이 제정되어 활용되고 있으며, KS, TTA와 마찬가지로 지하 영역에 대한 고려는 반영되지 못하고 있는 실정이다. 국외에서는 국제표준인 ISO, OGC를 중심으로 공간정보 준거 모델(또는 참조 모델), 표준의 묘화 및 기술 방법 등에 관한 표준들이 제정되고, 전 세계적으로 광범위하게 활용되고 있다. 최근까지도 이러한 표준들을 토대로 표준 영역에 대한 확장 및 응용 과정을 통해, 활용 목적별로 실효성 있는 공간정보 표준들이 지속적으로 등장하고 있다. 그러나 국내와 마찬가지로, 지하 영역에 대한 표준은 아직 연구 수준에 그치고 있으며, 무엇보다도 국외의 경우에는 실제 구축된 지하 영역에 대한 데이터가 미비

하여 현재 연구되고 있는 표준들이 실효성 및 활용성 측면에서의 한계에 직면하고 있다.

이에 따라 정부에서는 지하 안전 관리의 강화를 목표로 3차원 지하공간통합지도 구축과 함께 2018년 1월에 『지하안전 관리에 관한 특별법』을 제정 및 시행하였다. 3차원 지하공간통합지도 구축 사업은 2020년까지 전국 시(市) 지역에 대하여 지하시설물 및 구조물(총 12종), 지반정보(3종) 등 지하 공간을 구성하는 15종의 지하정보를 3차원 기반으로 통합 구축하는 사업이다. 현재까지 구축된 지하공간통합지도는 지하정보 활용 지원 센터를 통해 서비스되고 있으나 갱신 체계 미흡, 낮은 정확도 등으로 인해 활용성이 낮은 실정이다. 2017년 감사보고서(BAI, 2017)에 따르면, 지하시설물은 속성정보를 3D로 변환하고 이관시키는 것이 전부이고 데이터 관리 권한도 다른 기관에 있어, 오류를 수정하지 못하는 등의 정보에 대한 품질 관리가 미비한 점을 지적했다. 또한 민간 공동구 구축 사업 중 KT 통신선로들이 지나가는 통신구에 네트워크들의 연결 관계, 어디로 통하는지에 대한 정보가 없으며, 위치정보 또한 보안 사항으로 별도의 측량을 실시하지도 않았기에, 지하시설물의 정확도 문제가 지속적으로 발생하고 있다.

전술한 배경과 같이, 지하 공간에는 다양한 공간정보들이 구축되어 있으나 해당 정보들은 개별 기관의 목적에 따라 활용되고 있으며, 기관별 지하 관련 법·제도 및 정보 구축·활용에 관한 한계성이 존재한다. 이에 지하시설물 관련 정확성의 제고, 정보의 활용 활성화 등을 위해서는 표준화된 형태의 지하 공간 데이터 모델이 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 지하시설물 중 상수도 부문을 대상으로, 국제표준을 준용한 상수도 지하시설물의 논리적 모델 설계에 관한 기초 연구를 통해 상수도 시설물의 체계적인 관리와 데이터의 정확성 제고를 가능하게 하는 공간 데이터 모델의 표준 기반을 마련하고자 한다.

2. 국내·외 선행연구 및 동향

2.1 국내·외 관련 선행연구

국내의 경우, 과거 국토연구원에서 1996년부터 2003년까지 수행한 ‘지하매설물 관리체계 개발 계획’, ‘지하시설물 전산화사업 감리사례 연구’, ‘도로와 지하시설물 통합관리 시범사업 연구’ 등의 연구사업들이 주요 사례로써 남아 있으며, 이외에 지하시설물 정보와 관련한 데이터 모델 연구는 현재까지는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 현재 시점에서 데이터 모델 적용성 및 활용성에 따라 공간정보 데이터 모델 관점에서의 국내 선행연구들을 검토하였으며, 그 내용은 다음

과 같다. 김민수 외(2014)는 도시 구성요소의 정보를 표현하고, 실제 데이터 이용이 가능한 CityGML (City Geographic Mark-up Language) 기반의 도시정보모델을 통해 건물을 포함한 시설물의 침수 깊이를 산정하는 방법을 연구하였으며, 대상 지역의 도시정보 모델은 지하 공간을 제외한 지상 객체만을 대상으로 구축하였다. 송민선 외(2014)는 도시정보 모델을 기반으로 침수 발생에 따른 피해정보 관리 가능성을 검토하는 연구를 수행하였으며, 정확하고 일관된 정보를 포함하고 있는 도시 모델 생성에 필요한 데이터 스키마의 정보 항목 및 속성 도출에 대한 절차를 제시하였다. 장영훈 외(2016)는 BIM (Building Information Modeling)과 GIS (Geographic Information System)를 복합적으로 활용하여 재해 예측에 활용하고자 하였으며, 도시를 대상으로 정보 모델을 구성하고 이를 강우 유출 해석에 활용하기 위한 방법을 제시하였다. 류정립(2016)은 개방형 BIM과 GIS 정보 융합을 통한 도시공간정보모델의 개발과 구현에 관한 연구로써 도시공간정보모델 구축을 위해 필요한 실외 공간정보모델은 무인항공기를 이용하여 구축하였으며, Point Cloud 기술을 이용한 실외 공간정보모델과 해당 연구에서 제시한 실내 공간정보모델의 정합성 검증을 제시하였다. 김병선 외(2019)는 도로 공간정보와 관련된 요구사항 조사를 실시하여 3D 도로 데이터 모델 개발에 필요한 표준 요소와 요구사항을 분석하고, CityGML-Transportation model을 기반으로 분석된 요구사항을 반영한 데이터 모델을 설계하였다.

국외의 경우, CityGML의 Utility Network ADE (Application Domain Extension) 모델은 3D 도시 모델에서의 시설물 공급 및 폐기 네트워크를 표현하기 위하여 CityGML을 활용한 사례다. CityGML은 가상 3D 도시 모델의 저장 및 교환을 위한 OGC 데이터 모델 및 XML (Extensible Mark-up Language) 기반 형식이며, CityGML Utility Network ADE는 계층의 3D 지형, 토폴로지 및 기능 모델링을 지원한다. 이를 통해 다중 유틸리티 네트워크의 동질화되고 통합된 시각적 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe)의 Utility Networks 모델은 34개의 INSPIRE 공간 데이터 테마 중에 하나이며, 지속 가능한 개발을 지원하는 광범위한 목적을 위해 공간정보에 보다 쉽게 접근하고, 상호 운용할 수 있도록 지원 및 구축하는 유럽 연합 표준이다. 해당 모델에서 고려된 시설물 정보는 전기 네트워크, 석유, 가스 및 화학 네트워크, 하수도 네트워크, 열 네트워크, 물 네트워크, 통신 네트워크 등이 해당된다. IMKL (Information Model for Cable and Pipes)은 Cable 및 Pipe 정보 교환을 위한 INSPIRE 기반 사양이다. IMKL은 네덜란드

의 토지대장 및 국가지도 작성 기관인 Kadaster에 의해 개발되었으며, 네덜란드 정부 차원의 공간정보 정책 등을 개발하는 Informatie Vlaanderen에 의해 더욱 개선되고 있다. IMKL 데이터 모델은 정보 설명 및 공유를 위한 고유한 모델을 제공하며, 객체 지향 표준이지만 객체가 아닌 정보를 포함할 수 있는 등 기존 표준을 고려한 확장 방식의 적용이 가능하다.

2.2 기존 지하정보 시스템 현황

지하시설물통합체계 구축 사업은 도로를 기반으로 지하에 매설되어있는 6대 지하시설물(상수, 하수, 가스, 전력, 통신, 난방) 정보 통합 사업이다. 해당 시스템에서는 지하시설물 통합 DB를 구축하여 유형별 데이터 품질 검토 등과 같은 정확도 확보를 위한 작업들이 진행되고 있다. 그러나 전술한 바와 같이 지하시설물 관리기관별 정확도 검증 기준이 각각 다르며 원천 정보들이 단순 도면으로 이루어져 있어서, 데이터 정확도 문제 등의 발생 및 공간정보 측면에서의 데이터 모델에 관한 필요성이 부각되고 있다.

지하공간통합지도 구축 사업은 지하 영역에 대한 3D 데이터를 구축 및 운용하며, 다양한 기관으로부터 수집된 정보들을 국가 차원에서 일괄적으로 수정 및 변경 과정을 통해 통일된 형태를 보이도록 가공 활용하고 있다. 2017년도 감사원 지적 사항을 살펴보면, 3차원 지하공간통합지도 구축을 위한 필수 데이터인 지하시설물의 깊이 데이터가 없거나 위치 정확도가 떨어지는 문제, 지하철 출입구 등 일부 지하구조물을 구축하지 않거나 잘못 구축된 문제, 3차원 지하시설물의 속성데이터가 일부 구축되지 않았던 문제 등 전반적으로 지하시설물에 관한 정확성 측면에서의 문제점들이 다수 노출되었다(Fig. 1).

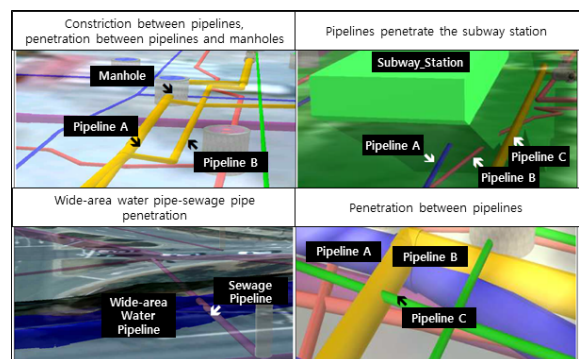


Fig. 1. Problems with existing systems(BAI, 2017)

2.3 시사점

국내에서는 지하시설물 관련 공간 데이터 모델은 현재까지는 부재한 실정이며, IFC, CityGML과 같은 국제표준을 토대로 다양한 분야를 대상으로 한 확장된 데이터 모델에 관한 연구들이 주를 이루고 있다.

국외에서는 지하시설물 중 주요 객체인 관로와 밸브 등을 중심으로 복잡한 상호 의존성을 모델링하고, 네트워크 시물레이션 등의 분석을 수행하기 위한 데이터 모델의 구축 방법과 다양한 시나리오를 제시한 연구들이 주를 이루고 있다. 그러나 대부분 관로의 Node와 Link를 중심으로 한 네트워크형 모델들에 관한 연구이며, 실제 지하 영역에 존재하는 다양한 객체들을 포함시키지는 못하고 있다.

기존 지하정보 시스템의 경우, ‘지하시설물통합체계’는 2D 지하시설물 정보의 구축 및 관리, 조회 등과 관련된 통합시스템 역할을 수행하고 있으나, 객체 간의 기하 및 위상 부정합, 낮은 위치 정확도 등의 문제와 같이 데이터의 정확성 측면에서의 이슈들이 지속적으로 발생하고 있다. ‘지하공간통합지도’의 경우에도 지하시설물 정보를 ‘지하시설물통합체계’로부터 수집 받아서 이를 3D 형태로 시각화하고 있기 때문에, 기존 2D 지하시설물 정보에서 발생하는 문제점들을 그대로 답습하고 있는 실정이다.

3. 논리적 모델 설계 방향 정립

3.1 논리적 모델 설계 절차

공간정보 측면에서 지하시설물은 지상 영역에의 다양한 객체들에 비해 활용도가 상대적으로 낮은 것으로 평가되어, 국가공간정보체계에서의 주요 고려 대상으로 포함되지 않았다. 그러나 지하시설물의 경우 이를 활용하는 국토 개발, 건설 사업 등 관계자 입장에서는 업무나 연구에 필수적으로 사용해야 하는 정보다. 무엇보다도 토지 이용의 고도화에 따른 공간정보의 활용도가 지상은 물론이고 지하 공간에도 중요시되고 있으며, 기 구축 시스템에서 발생하는 단계적 시스템 구축 및 통합화 미비로 인한 표준 부재, 불필요한 인터페이스 데이터 변환 작업 발생, 시스템 간 인터페이스를 위한 Overhead 발생, 업무 부문(기관) 간의 의사소통 어려움, 데이터 항목에 대한 문서화 부족 등의 문제점들을 해결하기 위해서는 표준화된 형태의 지하시설물 공간 데이터 모델이 필요하다.

또한 2장에서 도출된 시사점을 토대로 지하시설물의 정확성 제고 및 데이터 모델로서의 활용성 증대를 위해서는, 데이터 속성에 대한 표준화 및 객체별 기하, 위상 관계 등의 정의

가 우선되어야 한다. 추가적으로 향후 데이터 모델 간의 연계 및 상호 운용성을 확보하기 위해서는 데이터 모델 설계 시 지하시설물에 관한 2차원/3차원 형태를 지원할 수 있는 국제표준 기반의 참조 모델을 준용하여야 한다. 이에 본 연구는 국제표준으로 제정된 ISO, OGC 등의 표준들을 참조하여, 국내 지하 공간 환경에 적합한 새로운 형태의 상수도 지하 공간 데이터 모델의 논리적 모델을 설계한다.

상수도 지하시설물 데이터 모델의 논리적 모델을 설계하기 위하여, 우선적으로 지하 공간에서의 객체들에 대한 용어(국·영문) 및 분류 체계를 정의한다. 이후 객체 간의 기하, 위상 관계를 정의한다. 마지막으로 정의된 내용들을 토대로 UML을 이용하여 상수도 지하시설물 데이터 모델의 논리적 모델을 설계한다(Fig. 2).

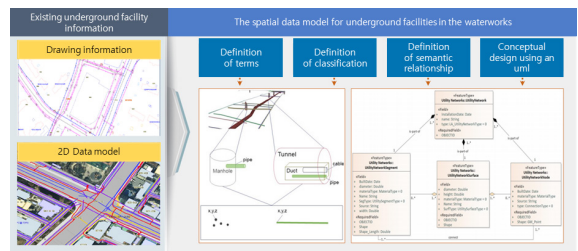


Fig. 2. Procedures of this study

3.2 상수도 지하시설물 용어 및 분류 체계 정의

본 연구는 『지하안전관리에 관한 특별법』 제2조 제4항에 명시된 상수도 부문의 지하시설물을 대상으로 한다. 앞서 서술한 바와 같이 기존 지하정보 시스템의 문제점 중 지하 공간 데이터 모델과 관련된 용어상의 이슈도 존재한다. 구체적으로 살펴보면, 『지하공간통합지도 제작 작업규정』에 따라 지자체별 지하시설물 공간정보 구축 시 제공되는 테이블 설계서에서는 객체들의 명칭을 약어로 표현하게끔 지정되어 있다. 예를 들면, 상수맨홀은 ‘WTL_MANH_PS’, 상수관로는 ‘WTL_PIPE_LM’ 등으로 지정되어 있으며, 이러한 약어 표현은 사용자 하여금 객체에 대한 직관적인 식별이 어렵다. 또한 기존에 제공되는 테이블 설계서 및 기타 문건에서는 각 객체에 대한 기능과 설명(정의) 등의 상세 내용이 부재하며, 이는 객체 간의 관계를 파악하는 데 어려움이 따른다. 전술한 바를 토대로 본 연구에서는 Table 1과 같이 상수도 지하시설물에 관한 객체 간의 분류 체계와 용어 및 설명을 정의하였다.

Table 1. Definition of terms and classification for underground facilities in the waterworks

Division	Classification			Description
	Korean	English	Existing Terms	
상수도/ Water works	수원지	HeadOfRiver	WTL_HEAD_PS	- A place to intake drinking water by designating an area suitable for the water standard
	정수장	Water Purification Plant	WTL_PURI_AS	- A place where the intake of raw water is supplied through a water supply pipe and treated in accordance with drinking water standards
	취수장	WaterGain	WTL_GAIN_PS	- A facility that draws raw water from a river or reservoir and sends it to a water purification plant for tap water
	저수조	Reservoir	WTL_RSRV_PS	- Tanks that store large amounts of water
	배수지	ServiceWater Reservoir	WTL_SERV_PS	- A storage area that temporarily collects purified water for proper drainage according to the amount of demand in the drainage area.
	가압 펌프장	Pressurised PumpingStation	WTL_PRES_PS	- A facility that transfers water or sewage to another place using an artificial power system
	상수관로	ServiceWater Pipe	WTL_PIPE_LM	- Pipeline used to supply and distribute water
	상수관로 심도	ServiceWater PipeDepth	WTL_PIPE_PS	- Means the depth of water pipe installation
	급수관로	SupplyWaterPipe	WTL_SPLY_LS	- A pipeline from the water pipe to the water meter
	스탠드 파이프	StandPipe	WTL_STPI_PS	- Pipes protruding vertically above the ground and connected to the water supply system
	소방시설	FireFighting Facility	WTL_FIRE_PS	- Facilities used for firefighting purposes such as fire hydrants, water towers, and water tanks for fire fighting
	유량계	Flowmeter	WTL_FLOW_PS	- An instrument installed to measure the flow of water
	상수맨홀	ServiceWater Manhole	WTL_MANH_PS	- Facilities for people to enter and exit for inspection or cleaning of water pipes, connection or joining of pipes, etc.
	수압계	WaterPressure Gauge	WTL_PRGA_PS	- Water pressure measuring device
	누수지점 및 복구내역	LeakLocation RepairHistory	WTL_LEAK_PS	- Leakage point and leak recovery history in water supply/water supply pipelines
	급수전 계량기	HydrantMeter	WTL_META_PS	- An instrument that measures the amount of opening and closing of water supply installed in the water supply device
변류시설	Valve	WTL_VALV_PS	- Facilities that can maintain water supply pipes or measuring instruments installed in roads and sidewalks	

3.3 상수도 지하시설물 객체 간의 위상 관계 정의

본 장에서는 주제별 설계도 및 구조도, 개념도 등을 참고하여 실제 상수도 부문 객체에 관한 기하, 객체 간의 위상 관계를 정의하였다. 상수 부문은 수원지, 정수장, 유량계 등 17개의 객체들로 구성되며, 이들 간의 관계와 관련된 예시는 아래 Fig. 3과 같다.

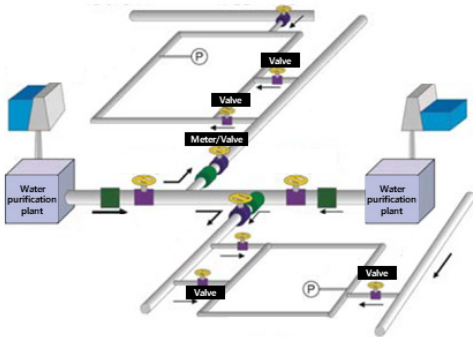


Fig. 3. Examples of waterworks objects (Fukuoka City, 2013)

해당 예시를 기준으로 수원지, 정수장, 유량계, 수압계 등과 관련된 상수도 객체 간의 관계들을 도식화하면 Fig. 4와 같다.

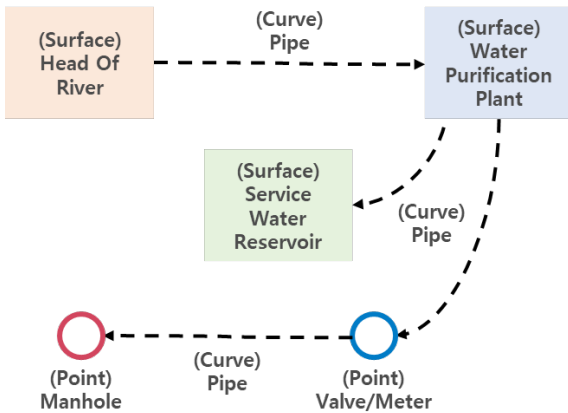


Fig. 4. Definition of geometric and relationships

UML은 소프트웨어와 관련된 그림을 그리거나 표현하기 위한 사실상의 표준 다이어그램 표기법이다. UML은 소프트웨어뿐만 아니라 데이터 모델 정의를 하고 데이터들 간의 관계를 정의하는 데 있어서도 많이 사용된다. 그리고 UML로 정의된 데이터 모델을 기반으로 데이터베이스 디자인, 데이터 제작 등을 하기 위해 사용된다. UML을 통해 정의된 테

이터 모델의 장점은 데이터 모델의 이해를 도와주며 데이터 모델의 표준에 있어 역할을 한다. UML에서는 Aggregation, Association, Composition, Instantiation 등의 표현 방식을 사용한다. Aggregation의 경우 마름모꼴의 사각형으로 표현하며 사각형은 흰색으로 정의한다. Composition과 Aggregation의 표현법에 있어서 도형의 모양은 같으나 도형의 색상 측면에서 차이가 존재한다. Aggregation은 흰색으로 표현하는 반면 Composition은 검은색으로 표현하고 있다. 그리고 Inheritance는 삼각형의 형태로 표현하고 있다. 관계선의 방향은 부모 클래스와 자식 클래스를 연결해주며 부모 클래스에 삼각형을 표현한다. 그리고 Instantiation은 점선으로 표현한다. 그리고 Association은 선으로 연결해주며 Cardinality와 관계를 명세한다.

이처럼 객체의 기하 및 객체 간의 관계 정의의 결과를 토대로 수원지, 정수장, 유량계, 수압계 등의 객체 간의 위상 관계를 UML 기법에 따라 정의한 결과는 Table 2와 같다.

4. 논리적 모델 설계

4.1 참조 모델 선정 및 고찰

상수도 지하시설물 공간 데이터 모델은 ISO 19109에 명시된 GFM (General Feature Model)을 준용하여 논리적 모델의 참조 모델로서 적용하였다(Fig. 5).

GFM은 실제계에 대한 관점을 분류하는 데 필요한 개념 모델이다. 여기에서 지형지물 유형 간의 관계는 지형지물 연관 및 상속으로 표현될 수 있다. 이 모든 개념은 GFM에서 메타 클래스로서 표현되며, GFM은 이러한 지형지물 유형의 메타 모델이다(ISO, 2015).

GMF의 객체들에 대한 구체적인 내용은 Table 3과 같다.

4.2 UML을 이용한 논리적 모델 설계

상수도 지하시설물에 관한 논리적 모델을 설계하기 위하여, 앞서 정의한 상수도 분류 체계에 따라 지하시설물 구축에 필요한 모든 데이터에 작명 기준을 규정하고, 그 기준에 따라 표준 항목 명칭을 부여하였다. 이를 통해 항목 명칭이 중복되지 않고 의미 전달이 명확하도록 명명함으로써 ‘필요한 시점’에, ‘필요한 인원이 ‘필요한 데이터’를 정확하게 활용할 수 있도록 도모하였다. 다음으로는 오픈소스인 StarUML(ver. 3.2.2)을 이용하여 상수도 지하시설물에 관한 지하 공간 데이터 모델의 논리적 모델을 묘화 및 기술하였다. 상수도 부문의 지하 공간 데이터 모델을 UML 다이어그램으로 표현한 Fig. 6은 다음과 같다. 상수도 지하시설물은 3개의 위상 객체들인

Table 2. Definition of semantic relationship of underground facilities in the waterworks

Classes/Geometry	Relationship	Classes/Geometry	Semantic
HeadOfRiver/Surface	—	WaterGain/Surface	- connected
WaterPurificationPlant /Surface	—	WaterGain/Surface	- connected
	—	ServiceWaterReservoir /Surface	- connected
ServiceWaterReservoir /Surface	—	Reservoir/Surface	- connected
	—	PressurisedPumpingStation /Surface	- connected
Reservoir/Surface	—	SupplyWaterPipe/Curve	- connected
PressurisedPumping Station/Surface	—	ServiceWaterPipe/Curve	- connected
ServiceWaterPipe /Curve	—	Valve/Point	- attached
	—	StandPipe/Curve, Point	- connected
	—	FireFightingFacility/Point	- connected
	—	Flowmeter/Point	- attached
	—	ServiceWaterManhole/Point	- intersected
	—	WaterPressureGauge/Point	- attached
	◆—	LeakLocationRepairHistory /Point	- has
	◆—	ServiceWaterPipeDepth (Attribute)	- has
SupplyWaterPipe /Curve	—	WaterPressureGauge/Point	- attached
	◆—	LeakLocationRepairHistory /Point	- has
	—	StandPipe/Curve, Point	- connected
	—	HydrantMeter/Point	- attached

UF_Face, UF_Edge, UF_Node로 표현된다. 이 위상 객체들은 각 위상 유형에 맞는 기하 객체들을 그룹화 한 구조화된 객체이다.

각 객체별 속성에는 『지하공간통합지도 제작 작업규정』의 테이블 정의서에 명기된 사항에 의거하여, 지형지물코드(FTR_CDE), 관리번호(FTR_IDN), 행정읍면동코드(HJD_CDE) 등의 속성들을 일괄적으로 포함되도록 설계하였다. 또한 객체별 특성인 관재질, 관경 등의 속성들을 대상으로 Data type 및 Mandatory/Optional 사항들을 재정의하였다.

추가적으로 행정안전부에서 제공하는 '주민등록주소코드 정보'와 행정표준코드관리시스템에서 제공하는 '기관 코드 정보', 기존 지형지물코드(FTR_CDE) 및 OGC에서 제공하는 시설물 관리 코드(OGC_CDE)를 참조하여 코드리스트를 작성하였으며, 지하정보 관련 코드(CDE), 위험도 구분 코드(RSM, SSR, SDG 등) 등을 별도의 코드리스트로 정의하였다.

5. 요약 및 결론

기존에는 개별 기관의 목적에 따라 다양한 형태의 지하정보들이 구축 및 활용되고 있었으나, 데이터의 정확성 문제 및 정보의 활용 한계 등의 문제로 인해 표준화된 형태의 지하공간 데이터 모델이 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 상수도 부문을 대상으로 지하 공간 데이터 모델의 논리적 모델을 설계하여, 데이터 모델 표준의 기반을 마련하는 데 목적이 있다.

이를 위해 국내외 지하 공간 데이터 모델 관련 표준 여부를 검토하고, 국토지리정보원의 국가기본공간정보 및 OGC의 CityGML, INSPIRE, IMKL 등의 지하정보 관련 선행연구들을 고찰하였다. 또한 지하시설물통합체계 및 지하공간통합지도 등의 기 구축 시스템의 현황을 검토하여 지하 공간 데이터 모델의 설계 방향을 정립하였다. 이후 상수도 부문을 대상으

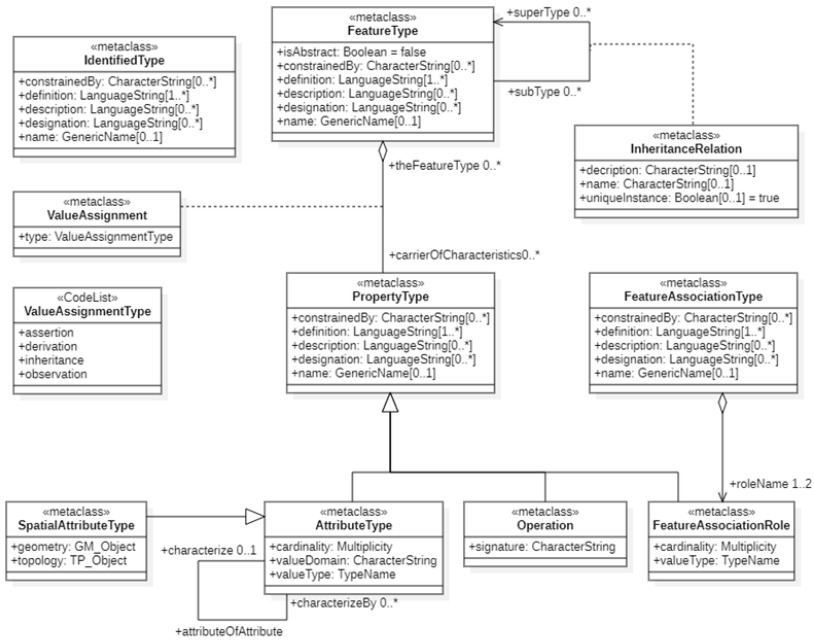


Fig. 5. Reference model of underground spatial data model

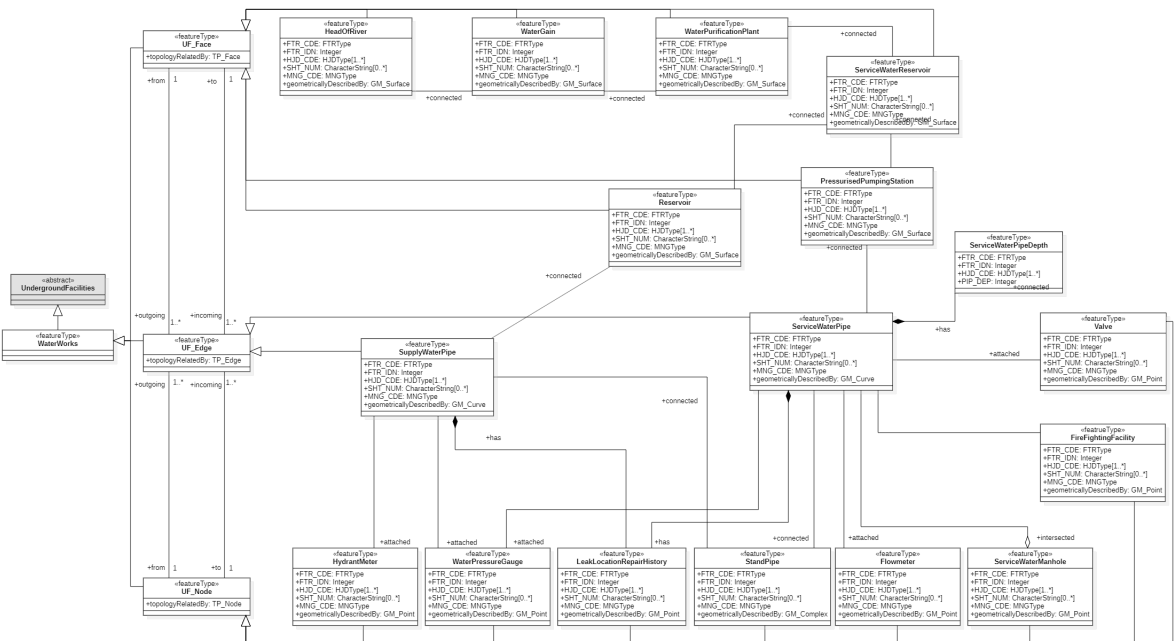


Fig. 6. UML diagram of underground spatial data model in the waterworks

Table 3. Description of GFM Classes

Classes	Description
IdentifiedType	<ul style="list-style-type: none"> - IdentifiedType is a metaclass that inherits some common identification and description properties to other major classes of GFM - IdentifiedType is the supertype of FeatureType, PropertyType and FeatureAssociationType
FeatureType	<ul style="list-style-type: none"> - FeatureType is a metaclass instantiated as a class representing individual feature types - A particular feature type is a class for all instances of that feature type - Instances of classes representing individual feature types are feature instances
PropertyType	<ul style="list-style-type: none"> - PropertyType is an abstract superclass for AttributeType, Operation, and FeatureAssociationRole - It provides characteristics that can be associated with the type of feature - PropertyType inherits properties for identification and description from the abstract metaclass IdentifiedType - Other than that, PropertyType has no additional attributes or associations
SpatialAttributeType	<ul style="list-style-type: none"> - SpatialAttributeType represents a spatial attribute that will be used to express the spatial characteristics of a feature type
AttributeType	<ul style="list-style-type: none"> - AttributeType is a metaclass for defining attributes of a feature type - AttributeType inherits attributes and associations from abstract metaclass PropertyType
Operation	<ul style="list-style-type: none"> - Operation represents a feature-type behavior as a function or method - Operation is a metaclass to describe the behavior of a feature type in terms of computation
FeatureAssociationRole	<ul style="list-style-type: none"> - FeatureAssociationRole is a metaclass of role class and is a part of FeatureAssociationType - FeatureAssociationRole represents the role played by the feature type through association
ValueAssignment	<ul style="list-style-type: none"> - ValueAssignment is an associated metaclass for all processes in which a value is assigned to a feature - If necessary, instances of this metaclass can be used to monitor property value assignments
FeatureAssociationType	<ul style="list-style-type: none"> - FeatureAssociationType is a metaclass that describes the association between features - FeatureAssociationType has the following associations in addition to the attributes and associations inherited from the abstract metaclass IdentifiedType
InheritanceRelation	<ul style="list-style-type: none"> - InheritanceRelation is a class for the relationship between a more general feature type (supertype) and one special feature type (subtype) - Every instance of a particular feature type is also an instance of a general feature type

로 용어와 분류 체계를 정의하고, 실제 사례를 토대로 상수 객체 간의 연관 관계를 파악하여 객체별 지하 및 위상 관계를 정의하였다. 마지막으로 UML을 이용하여 ISO 19109에 명시된 GFM을 확장시켜 참조 모델로 활용하고, 이를 기반으로 한 상수도 부문 지하 공간 데이터 모델을 UML 다이어그램으로 묘화하는 등의 논리적 모델을 설계하였다.

이처럼 본 연구에서는 지하시설물 중 상수도 부문을 대상으로, 국제표준을 준용한 상수도 시설물의 논리적 모델 설계를 통해 지하시설물의 체계적인 관리와 데이터의 정확성 확보를 가능하게 하는 표준화된 공간 데이터 모델의 기반을 제안

하였다. 이를 기반으로 한 물리적 설계를 통해 기 구축 시스템의 문제점인 데이터의 정확도 및 신뢰도를 제고시킬 것으로 판단되며, 무엇보다도 단순 조회 목적에 그치는 것이 아닌 다양한 공간분석에의 활용이 가능한 표준화된 공간 데이터 모델의 역할을 수행할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 연구에서는 논리적 모델의 설계 내용을 토대로 물리적 모델을 개발하고, 개발된 내용의 유효성 검증을 통해 국가 표준 및 단체 표준(TTA) 등의 공식적인 표준으로 발전시킬 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다(과제 번호 20DCRU-B15 8151-01).

References

- Board of Audit and Inspection(BAI). (2017), *Audit Report - Construction and Utilization of National Spatial Data*, the Board of Audit and Inspection.
- Fukuoka City. (2013), *Fukuoka City's Water Technology*, Fukuoka City Waterworks Bureau.
- International Organization for Standardization(ISO). (2015), *ISO 19109:2015 Geographic information — Rules for Application Schema*, ISO/TC 211 geographic information/ geomatics.
- Jang, Y.G. (2015), Measures to improve the legal system for the establishment and utilization of an integrated underground space map, *Real Estate Focus*, Vol. 83, April, pp. 50-71.
- Jang, Y.H., Kim, J.M. and Lee, S.H. (2016), Generation of CityGML based drainage facility information model for rainfall-runoff analysis, *Korean Society of Civil Engineers*, pp. 141-142.
- Kim, B.S., Jeong, D.W., Oh, S.H., Ahn, J.W. and Hong, S.K. (2019), Design and implementation of data model for detailed 3D road data, *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 27, No. 5, pp. 13-23.
- Kim, C.H. (2019), Legal study for efficient management of national underground spatial information, *Korea Public Land Law Association*, Vol. 87, August, pp.163-188.
- Kim, M.S., Seo, K.W. and Lee, S.H. (2014), Calculation of inundation depth in flooding by using CityGML-based city information model, *Korean Society of Civil Engineers 2014 Convention*, pp. 1149-1150.
- Tatjana, K., Ihab, H., Thomas, H.K. (2018), Semantic modelling of 3D multi-utility networks for urban analyses and simulations : the CityGML utility network ADE, *International Journal of 3-D Information Modeling*, Vol. 7, No. 2, pp. 1-34.
- National Geographic Information Institute(NGII). (2015), *A Study on National Basic Spatial Information Data Model and Construction of the Demonstration DB*, National Geographic Information Institute.
- National Geographic Information Institute(NGII). (2017), *A Study on New National Basic Map System*, National Geographic Information Institute.
- Open Geospatial Consortium(OGC). (2017), *OGC Underground Infrastructure Concept Study Engineering Report*, OGC Engineering Report.
- Ryu, J.L. (2016), *A Development and Implementation of Open BIM and GIS Information Convergence based Archi-Urban Spatial Information Model*, Ph.D. dissertation, Kyungpook National University, Daegu, Korea, 184p.
- Song, M.S., Kim, M.S. and Lee, S.H. (2014), Application of open information model for the information management on building flood damage, *Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 27, No. 6, pp. 565-572.
- Telecommunications Technology Association(TTA). (1997), *TTAS.KO-10.0083; A Standard for Underground Facilities Map for National Geographic Information System(NGIS) - Waterworks/Sewer System, Electricity, Communication, Gas, Oil, Pipe, Heating*, Telecommunications Technology Association.