

# Smart City Framework Based on Geospatial Information Standards

Eunbi Ko<sup>†</sup> · Guk Sik Jeong<sup>††</sup> · Kyoung Cheol Koo<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Modern cities are actively adopting smart city services to address various urban challenges. Geospatial information acts as the foundational infrastructure of smart cities, promoting the sustainable development of urban areas. Consequently, as the standardization and utilization of geospatial information increase, the efficiency and sustainability of smart city operations improve. To achieve this, collaboration among diverse stakeholders is crucial for delivering optimal smart city services based on geospatial information. This paper defines smart city services, focusing on transportation and building-energy domains, based on the life cycle of geospatial information technology. Emphasis is placed on the importance of applying and utilizing geospatial information standards. Additionally, this paper proposes the Smart City based on Geospatial Information standards (SCGI) framework to provide insights into standardizing smart city services mapped to geospatial information standards. This research suggests a new paradigm for standardizing smart city services using geospatial information standards to offer customized solutions, thereby discussing the future development possibilities of smart cities.

Keywords : Smart City, Framework, Geospatial Information, Standard

## 공간정보 표준기반 스마트시티 프레임워크

고 은 비<sup>†</sup> · 정 국 식<sup>††</sup> · 구 경 철<sup>†††</sup>

## 요 약

현대 도시는 다양한 도시 문제에 대응하기 위해 적극적으로 스마트시티 서비스를 도입하고 있다. 공간정보는 스마트시티의 기반 인프라로 작용하며, 도시의 지속 가능한 발전을 촉진한다. 공간정보의 표준화와 활용이 증가함에 따라 스마트시티의 효율적인 운영과 지속가능성이 향상되는데, 이를 위해서는 다양한 이해관계자들간의 협력을 통한 최적의 공간정보 기반 스마트시티 서비스 제공이 중요하다. 본 연구에서는 교통 및 건축-에너지 도메인 중심의 스마트시티 서비스를 공간정보 기술의 생애주기 기반으로 정의하고, 이를 공간정보 표준에 적용하고 활용하는 중요성을 강조한다. 또한, 공간정보 표준기반 스마트시티(SCGI, Smart City based on Geospatial Information standards) 프레임워크를 제안하여, 공간정보 표준에 매핑 가능한 스마트시티 서비스의 표준화에 관한 인사이트를 제시하였다. 본 연구는 공간정보 표준을 활용하여 커스터마이징된 솔루션을 제공함으로써 스마트시티 서비스의 표준화를 위한 새로운 패러다임을 제시하며, 스마트시티의 미래 발전 가능성을 논의한다.

키워드 : 스마트시티, 프레임워크, 공간정보, 표준

## 1. 서 론

스마트시티는 ICT(Information & Communication Technology) 및 빅데이터와 같은 첨단 기술을 활용하여 도시의 문제를 해결하며 삶의 질을 향상시키는 개념으로 주목받고 있다[1].

또한, 도시 운영과 서비스의 효율을 극대화하고 시민들과의 연결을 강화하기 위해 공간정보(geospatial information)를 기반으로 데이터를 수집하고 공유하는 것이 중요하게 강조되고 있다. 이러한 데이터는 도시 운영, 에너지 효율, 교통 관리, 환경 모니터링 등에 활용할 수 있어 스마트시티 시스템 구성하는 핵심 역할을 한다.

※ 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음  
(과제번호: RS-2020-KA158608).

† 정 회 원 : 한국정보통신기술협회 표준화본부 선임연구원

†† 정 회 원 : 한국정보통신기술협회 표준화본부 수석연구원

††† 비 회 원 : 한국정보통신기술협회 감사실장

Manuscript Received : December 11, 2023

Accepted : December 18, 2023

\* Corresponding Author : Kyoung Cheol Koo(kckoo@tta.or.kr)

세계적으로 도시의 지속 가능한 발전과 효율적인 관리를 위해 스마트시티의 중요성이 부각되면서, 공간정보를 활용한 스마트시티에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 공간정보는 도시의 다양한 현상과 문제를 정확하게 파악하고, 효과적인 해결책을 제시하는 데 필수적인 역할을 한다. 국내에서도 이러한 가치를 인식하며, 법제도 개선방안 연구[3], 핵심가

치 및 지표 설계 연구[4], 스마트시티와 공간지능에 관한 연구 [5] 등 다양한 관점에서 연구가 진행되었다.

공간정보가 표준화되고 효율적으로 관리될수록, 스마트시티의 성능이 향상된다. 이에, 공간정보를 스마트시티 구축과 운영에 적용하는 연구는 필수적이다. 이를 위해 공간정보 표준과 스마트시티 표준 간의 연계 활용 수요를 체계적으로 분석하기 위해 표준 간 갭 분석을 위한 프레임워크[6]와, 교통분야에서의 스마트시티 서비스 구축을 위한 공간정보 기술 요구사항이 도출되었다[7]. 하지만 아직은 공간정보 표준기반 스마트시티 프레임워크에 관한 연구가 부족한 상황이다.

본 논문의 주요 목적은 공간정보 표준이 스마트시티의 성공적인 서비스 운영에 어떻게 기여하는지를 이해하는 것이다. 또한, 공간정보 표준을 활용하여 스마트시티 환경에서 서비스를 효과적으로 연계하는 방법에 대한 가이드라인을 제시하며, 스마트시티의 미래 발전 가능성을 논의한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스마트시티의 개념과 공간정보와 관련된 표준화 동향에 대해 살펴본다. 3장에서는 공간정보 표준기반의 스마트시티 서비스 프레임워크를 설계한다. 이를 위해 요구사항을 분석 및 도출하고, 아키텍처 관점의 프레임워크를 제안한다. 4장에서는 공간정보 표준기반 스마트시티 서비스를 연계하기 위한 운영 가이드를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 도출하고 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 스마트시티 서비스

최근 스마트시티는 혁신적인 기술과 도시 인프라가 융합된 '도시 플랫폼'으로 진화하며, 교통, 에너지 등 도시의 다양한 도시 문제를 해결하고 새로운 가치를 창출하는 중이다[8]. 이러한 도시 플랫폼은 정보수집, 정보가공, 정보활용 기술을 포함하며, 스마트시티의 기반 구조로서 인프라, 데이터, 서비스로 크게 구성된다[9]. 특히, 이 중에서도 공간정보는 현실 공간과 스마트시티의 가상공간을 효과적으로 융합하는 핵심 인프라로 간주될 수 있다[10, 11].

스마트 도시 기반 시설을 통해 수집된 도시의 주요 기능별 정보는 교통, 에너지, 생활복지, 공공안전, 환경, 경제와 같이 6개 도메인으로 분류될 수 있다[12]. 스마트시티 서비스의 고도화와 상호운용성 확보, 그리고 도시 공간의 효율적인 활용 문제 등은 서비스의 제공에 있어 위치정보의 획득과 공간정보의 구축이 필수적인 요소로 작용할 수 있음이 제시되었다[11]. 따라서 스마트시티의 주요 서비스를 식별하고 해당 서비스에서 필요로 하는 공간정보에 대한 이해가 요구된다.

### 2.2 공간정보 기술

공간정보는 지구상의 자연적 또는 인공적 객체의 위치 정보를 포함하며, 이는 공간에 대한 이해와 의사 결정을 지원하

는 데 필요하다[13]. 생산된 공간정보를 관리하고 활용하는 공간정보 기술은 생애주기(life cycle)에 따라 세 가지 주요 분류로 나뉘어 특정한 역할과 기능을 수행한다[14]. 첫째, 공간정보 취득 및 구축 기술은 위치 결정, 영상정보 획득, 상태 정보 취득, 연계 공간정보 확보, 경로 정보 구축과 같은 다양한 기술로 세분화된다[14]. 이는 데이터를 효율적으로 수집하고 정확한 공간정보를 확보하는 데 중요한 역할을 한다. 둘째, 공간정보 관리 및 가공 기술은 공간정보의 효율적 관리, 융합 서비스에 필요한 정보로 가공, 의사 결정을 지원하기 위한 처리와 분석, 유·무선 통신을 통한 정보 공유 등 다양한 분야로 나뉜다[14]. 이는 체계적으로 데이터를 관리하고 응용 분야에 맞게 가공하여 효과적으로 활용하는 것을 목적으로 한다. 셋째, 공간정보 활용 및 서비스 기술은 공간정보를 현실적으로 가상화하여 다양한 현상을 분석하고 예측하는 기능, 실감 가상화, 콘텐츠 서비스 적용, 서비스 구현을 위한 솔루션 기술, 지능형 서비스 기술 등 다양한 영역으로 구성된다[15]. 이는 수집된 정보를 실제 상황에 적용하여 현상을 분석하고, 다양한 서비스와 솔루션을 개발하는 것에 중점을 둔다. 국내에서는 스마트시티의 생애주기를 고려하여 도시 데이터 관리를 활성화하는 연구가 진행되었으며[16], 스마트시티 서비스 분야에서 필요한 공간정보 기술을 파악하기 위해 공간정보 기술의 생애주기를 활용한 연구도 수행되었다[17]. 이러한 연구들은 도시 환경에서의 데이터 활용을 향상시키고 스마트시티 서비스에 필요한 기술적 요소를 파악하는 데 기여하고 있다.

공간정보는 지형 지리정보를 2차원으로 나타내는 수치지형도(2D), 토지 소유, 경계, 지적 정보와 같은 2차원 공간정보를 제공하는 지적도(2D), 그리고 공간의 높이 정보를 포함하는 3차원 공간정보(3D) 및 건물 내부 정보를 다루는 실내 공간정보(3D) 등으로 나뉜다[18]. 이러한 다양한 형태의 공간정보는 스마트시티 응용 분야에서 핵심적으로 활용되며 도시 및 환경의 효율적인 관리와 최적화에 필수적이다.

스마트시티는 정보통신기술(ICT)을 효과적으로 활용하여 도시 문제를 해결하고 시민의 편의와 안전을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 도시 시설에서 수집된 데이터는 분석되어 도시 운영과 서비스 개선에 활용되며, 이를 위해 공간정보는 필수적인 역할을 수행한다[18]. 특히, 4차 산업혁명의 진전으로 ICT 기술이 다양한 산업에 융합되면서, 공간정보는 현실과 가상을 연결하는 중요한 역할을 하고 있다[19].

스마트시티에서는 센서 정보와 결합된 공간정보를 통해 위치 파악, 공간 상황 이해, 분석 결과의 시각화 등이 필수적으로 이루어져야 한다. 도시의 다양한 시설물이 실제 위치에 존재하므로, 이를 가상 세계에서도 효과적으로 반영하여 현실 세계와의 상호연결성을 확보하여 서비스 제공이 가능해야 한다[19]. 이러한 스마트시티와 공간정보 간의 긴밀한 상호연결은 현대 도시의 지능화와 지속가능성을 위한 핵심적인 요소로 부각되고 있다. 이러한 관점에서, 공간정보 기술은 더욱 발전하고 다양한 응용 분야에서 중요한 역할을 수행할 것으로 기대된다.

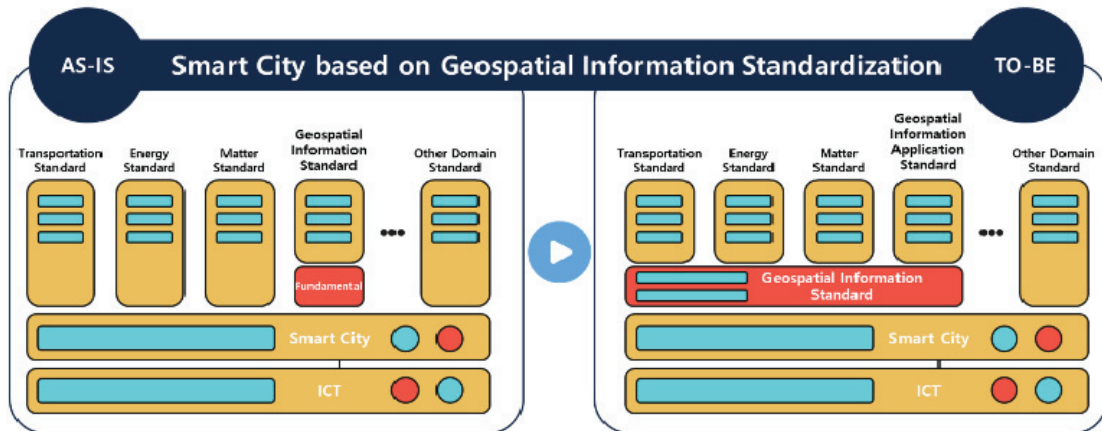


Fig. 1. Concept of Smart City based on Geospatial Information Standardization [20]

### 2.3 공간정보 표준기반 스마트시티

도시는 인프라의 노후화와 급속한 도시화로 인해 다양한 어려움에 직면해 있다. 이러한 도시의 복잡한 문제들에 대응하기 위해서는 지리적인 문제를 이해하고 자원을 효율적으로 관리하며 도시지역을 계획하고 환경을 모니터링하고 더 나은 결정을 내리는 데 도움이 되는 공간정보의 중요성이 부각되고 있다. 따라서 공간정보의 잠재력을 최대한 활용하기 위해서는 스마트시티의 발전을 지원하기 위한 공간정보 표준의 지속적인 연구와 개발이 필수적이다.

스마트시티 서비스를 효과적으로 구현하기 위해서는 다양한 도시 데이터와 서비스의 원활한 연결이 필요하다. 이를 위해, 공간정보에 대한 표준화된 접근 방식이 중요한 역할을 수행할 수 있다. Fig. 1과 같이 공간정보 표준을 기반으로 하는 인프라는 도시 요소의 위치 데이터를 중심으로 구축되어, 이를 통해 다양한 스마트시티 서비스를 지원하는 중추적인 역할을 담당할 수 있다[20].

이러한 표준화된 접근 방식은 스마트시티의 서비스를 위한 공간정보의 상호운용성을 강화하고, 다양한 도시 데이터의 통합 및 효율적인 활용을 가능케 한다. 표준화된 공간정보는 다양한 도시 서비스에서 적용 가능하며, 이는 스마트시티의 지속 가능한 발전을 위한 필수적인 요소로 간주된다. 따라서 표준화된 공간정보의 개발 및 적용은 스마트시티의 미래를 위한 핵심적인 전략 중 하나이다.

## 3. 공간정보 표준기반 스마트시티 프레임워크 설계

### 3.1 프레임워크 정의

스마트시티는 다양한 도메인과 기술을 포함하는 복잡한 시스템으로, 각 도메인의 데이터와 서비스를 효율적으로 연계하는 것이 핵심적이다. 그러나 서로 다른 도메인에서 발생하는 데이터 및 서비스를 통합하고, 상호운용성을 확보하기 위한 연구는 진행 중이지만 아직 초기 단계에 머물고 있으며, 표준

화 측면에서도 체계적인 전략 설계가 필요하다. 이에 따라, 서비스 중심의 개별 표준이 사일로(silo)화된 현 상황에서 벗어나 스마트시티의 생태계에 특화된 표준을 제시하는 프레임워크 방식의 접근이 필요하다.

공간정보 표준기반 스마트시티(SCGI, Smart City based on Geospatial Information standards) 프레임워크는 공간정보 기술을 효과적으로 활용하여 스마트시티 환경 변화에 대응하고, 새로운 가치를 창출하기 위한 스마트시티 서비스의 표준화 항목을 도출하기 위한 도구이다. 이 프레임워크에는 스마트시티 서비스를 지원하는 공간정보 표준개발 프로세스 패턴이 포함된다.

### 3.2 아키텍처 관점의 프레임워크

공간정보 표준기반 스마트시티 프레임워크(SCGI framework)는 서비스 이용자, 기술 개발자, 표준전문가 등 다양한 이해관계자(stakeholders)가 참여할 수 있다. 이러한 이해관계자 간의 상호운용성과 가치 창출 서비스에 대한 공통된 관심사(concern)를 반영하고자 스마트시티의 현재 및 미래 서비스에 표준을 바인딩(binding)하는 방식으로 상호운용성 접근을 아키텍처 관점(architecture viewpoint)으로 모델을 개발하고자 한다.

아키텍처 관점은 구조화된 접근 방식을 제공하여 스마트시티 서비스 및 공간정보 관련 이해관계자의 요구사항을 식별하는 데 도움이 된다. 아키텍처 관점의 프레임워크는 공간정보 기술의 생애주기(life cycle)를 고려하여 스마트시티 서비스에서 활용 가능한 표준화 항목에 대한 지침을 제공하며, 공통된 아키텍처 모델 패턴을 통해 스마트시티 서비스 분야 전반에 걸쳐 적용 가능성을 확보한다.

본 논문에서 제안하는 SCGI 프레임워크의 아키텍처 관점에서의 구성요소는 Fig. 2와 같다.

- 1) 스마트시티 도메인
- 2) 공간정보 기술 생애주기
- 3) 공간정보 유형

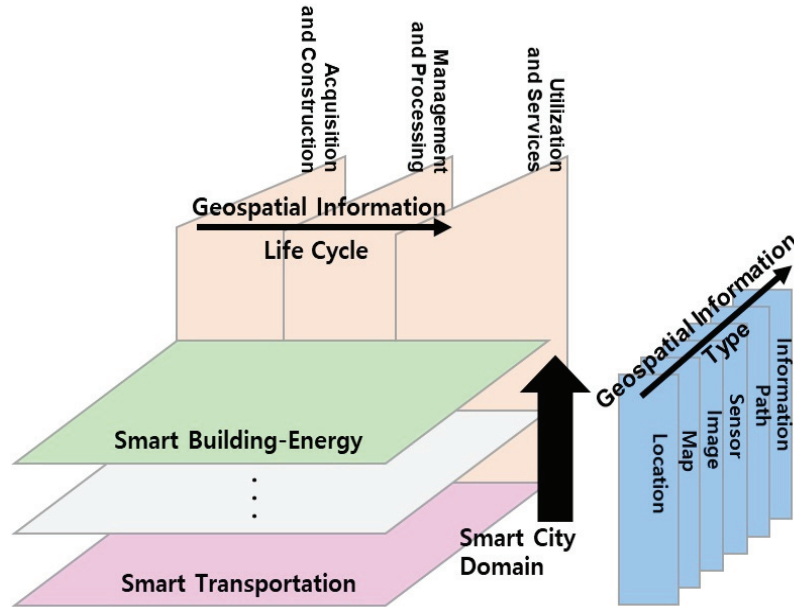


Fig. 2. SCGI Framework Architecture Viewpoint

1) 스마트시티 도메인 및 공간정보 식별

스마트시티는 서비스를 중심으로 도시마다 서로 다른 기술을 적용하고 있어서 도시 간 서비스 차이가 크고 기술적 수요에 대한 파악이 부족한 상황이다. 따라서 스마트시티에서 실질적으로 필요로 하는 기반 기술인 공간정보에 대해 파악하고, 스마트시티에 이를 공통적으로 적용할 수 있도록 공간정보 기술에 대한 표준화된 접근이 필요하다. 이를 위해 국내의 스마트시티 사업 중 국가 시범도시, 혁신성장동력 R&D, 스마트시티 챌린지 사업을 대상으로 스마트시티 교통서비스에서 공간정보기술 수요에 관한 연구가 수행되었다[7]. 이처럼 교통도메인뿐만 아니라 스마트시티의 주요 분야인 건축, 에너지도메인과 연계하여 스마트시티를 지원할 수 있는 표준개발 및 공간 데이터 상호운용성을 보장하는 표준 마련이 시급하다.

본 연구에서는 교통 도메인에서의 결과를 기반으로, 해외 도시의 스마트시티를 조사하고 건축 및 에너지 분야에서 도입되는 서비스를 추가로 분석하여, 스마트시티 서비스별로 필요한 공간정보 기술을 식별하는 연구를 진행하였다. 건축 및 에너지 도메인의 경우 교통 도메인에 비해 서비스 사례가 명확하지 않았으며, 두 도메인 간의 경계가 모호한 실정을 고려하여 건축과 에너지 도메인의 서비스를 통합하여 공간정보 기술을 식별하였다. 그 결과는 Fig. 3과 같이 교통 분야에서는 9개의 서비스, 건축-에너지 분야에서는 10개의 서비스가 도출되었다.

2) 공간정보 기술 생애주기에 따른 표준 분류

스마트시티 교통 및 건축-에너지 도메인의 서비스를 중심으로 식별된 공간정보 기술 외에 스마트시티 서비스에 필요한

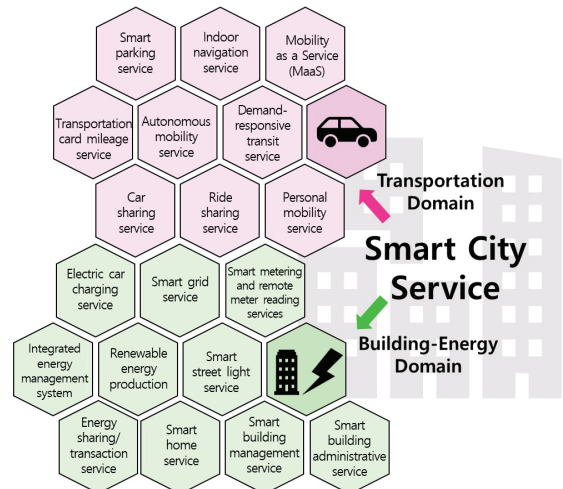


Fig. 3. Representative Services in Smart City Transportation and Building-energy Sectors

전반적인 공간정보 기술도 반영하기 위해 생애주기별 분류체를 적용하여 분야별 공간정보기술 식별을 수행하였다. 우선, 스마트 교통 및 건축-에너지 도메인에서의 서비스 분류에 따른 공간정보 기술을 배치한 매트릭스를 도출한 후, 이를 스마트 교통 및 스마트 건축-에너지 서비스 구축을 위해 요구되는 공간정보 기술의 생애주기에 따라 세부 기술을 분류하고, Fig. 4와 같이 국제 표준화 기구인 ISO(International Standards Organization)와 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 개발된 표준과 매핑하였다. 이때, 국내외의 302건의 공간정보 표준을 대상으로 연구를 진행했으며, 이 중 기본적인 내용을 포함하고 있는 공간정보 표준과 도메인 기반의 공간정보 표준을 범

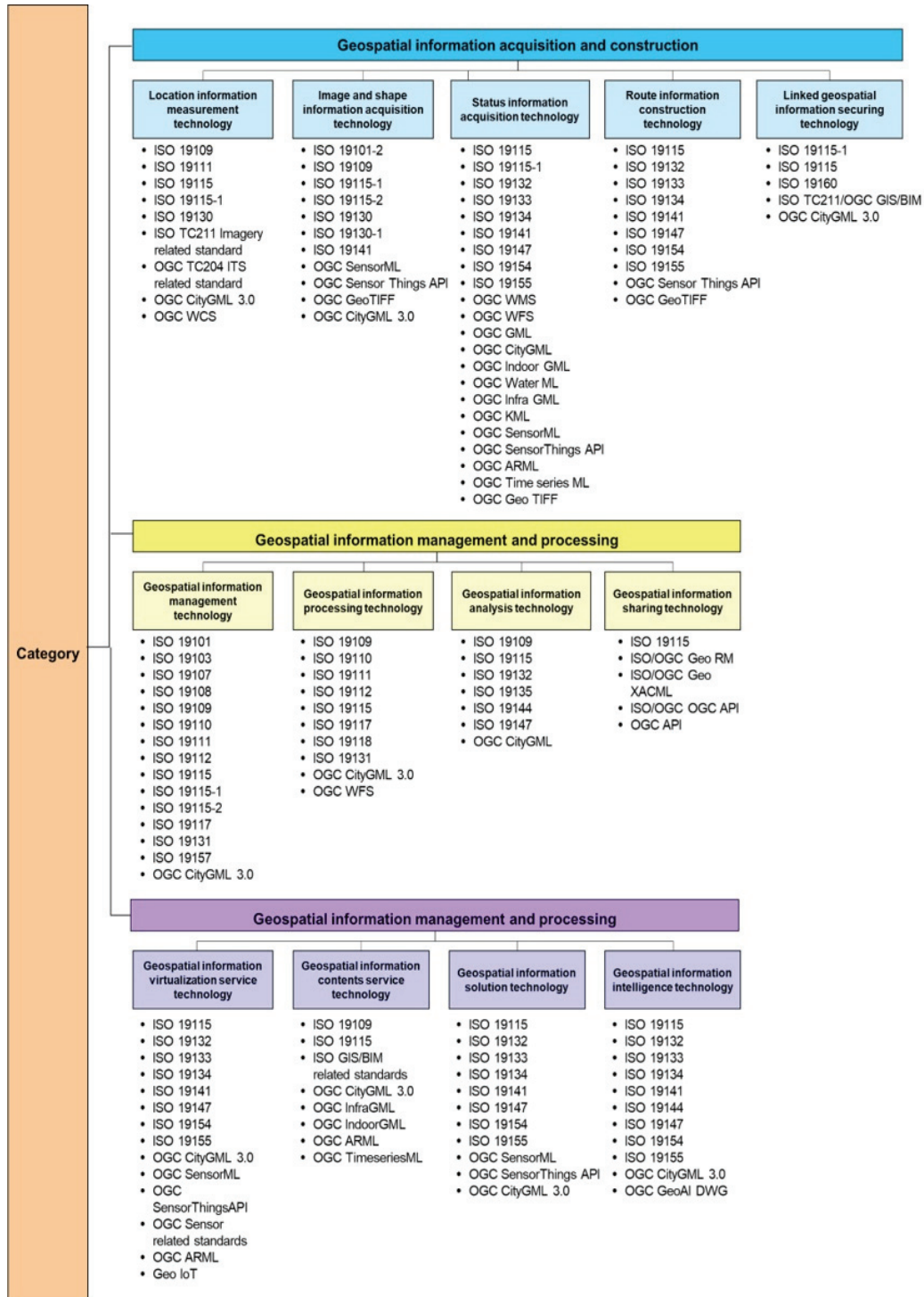


Fig. 4. Standard Configuration According to the Life Cycle of Geospatial Information Technology in the Smart Transportation and Smart Building-energy Sectors

위로 재설정하여 결과적으로 ISO 국제표준 86건과 OGC 표준 153건을 대상으로 연구를 수행하였다. 이번 연구에서 세부 기술별 공간정보 표준 매핑 결과, 생애주기 전 주기에 걸쳐 공통적으로 ISO 19115, OGC CityGML 등이 다수 적용됨을 확인할 수 있었다.

3) 공간정보 유형 분류

스마트시티 서비스를 도메인별로 공간정보 유형을 구분하기 위해 Fig. 3에서 제시한 서비스에 따른 활용 가능한 공간정보를 분석하여 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 이는 스마트 시티 교통 및 건축-에너지 도메인 분야 서비스의 개요 및 범

Table 1. Geospatial Information Utilized in the Transportation Domain for Smart City Services

Smart city service	Geospatial information-related technology (general perspective)	Available geospatial information
Smart parking service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parking lot integrated management and real-time operation technology</li> <li>• IoT sensor technology</li> <li>• CCTV-based video analysis technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) vehicle location information</li> <li>• Parking lot precision road map</li> <li>• Visualization maps (web maps, etc.)</li> <li>• Movement path, routing information, Point of Interest (POI)</li> <li>• Parking lot space information</li> <li>• Surrounding terrain information</li> <li>• Space video information (CCTV) around parked vehicles</li> </ul>
Indoor navigation service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2D/3D spatial information visualization technology</li> <li>• Indoor positioning technology</li> <li>• Indoor map building technology</li> <li>• Path optimization technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Mobile terminal) Indoor and outdoor location information</li> <li>• Visualization maps (indoor maps, etc.)</li> <li>• Indoor and outdoor route and routing information, POI</li> <li>• Congestion information along the route</li> </ul>
Mobility as a Service (MaaS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Payment platform technology</li> <li>• Mobility operation information collection and analysis technology</li> <li>• Optimal route determination technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) vehicle location information</li> <li>• Linked visualization maps for each means of transportation (web maps, etc.)</li> <li>• Movement route by means of transportation, routing information, POI</li> <li>• Transportation-connected area information</li> <li>• Congestion information along the route</li> </ul>
Transportation card mileage service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Public transportation and mobility information</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) vehicle location information</li> <li>• Linked visualization maps for each means of transportation (web maps, etc.)</li> <li>• Movement route by means of transportation, routing information, POI</li> <li>• Transportation-connected area information</li> <li>• Congestion information along the route</li> </ul>
Autonomous mobility service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V2X information linkage between vehicles and infrastructure</li> <li>• Sensor technology for recognizing the driving environment</li> <li>• Precision road map</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) vehicle location information</li> <li>• Precision road maps</li> <li>• Visualization maps (web maps, etc.)</li> <li>• Movement path, routing information, POI</li> <li>• Surrounding precise geographical features information, etc.</li> </ul>
Demand-responsive transit service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Real-time vehicle location collection technology</li> <li>• Optimal dispatch technology</li> <li>• Optimal route determination technology</li> <li>• Movement path optimization technology</li> <li>• Real-time route optimization technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) vehicle location information</li> <li>• Visualization maps (web maps, etc.)</li> <li>• Movement path, routing information, POI</li> <li>• Congestion information along the route</li> <li>• Public transportation stopping area information</li> </ul>
Car sharing service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Real-time vehicle location information collection technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) vehicle location information</li> <li>• Visualization maps (web maps, etc.)</li> <li>• Movement path, routing information, POI</li> </ul>
Ride sharing service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Real-time vehicle location information collection technology</li> <li>• Movement path optimization technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) vehicle location information</li> <li>• Visualization maps (web maps, etc.)</li> <li>• Movement path, routing information, POI</li> </ul>
Personal mobility service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal mobility (PM) location information real-time collection technology</li> <li>• Precise map for PM sharing</li> <li>• Surrounding awareness (pedestrians, safety zones, etc.) technology</li> <li>• Mobility deployment information sharing technology</li> <li>• AI-based video analysis function</li> <li>• Mobile information sharing technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Real-time) PM precise location information</li> <li>• Precision road maps</li> <li>• Visualization maps (web maps, etc.)</li> <li>• Movement path, routing information, POI</li> <li>• Surrounding terrain information</li> <li>• PM deployment area/location information</li> <li>• PM acquired spatial image information</li> </ul>

Table 2. Geospatial Information Utilized in the Building-energy Domain for Smart City Services

Smart city service	Geospatial information-related technology (general perspective)	Available geospatial information
Electric car charging service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electric vehicle charging technology</li> <li>• Fuel cell technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charging facility information, POI</li> <li>• Utility (electricity, gas) management network visualization</li> <li>• IoT (electricity, water) sensing information</li> <li>• De-identified personal information</li> </ul>
Smart grid service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distributed cell technology</li> <li>• Fuel cell technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Distributed resource POI</li> <li>• Utility (electricity, water) management network visualization</li> <li>• (Real-time) electric vehicle charging congestion information</li> <li>• (Real-time) usage (electricity, gas) information</li> </ul>
Smart metering and remote meter reading services	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT sensor collection technology</li> <li>• Remote electricity meter reading technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT (electrical, water) sensor POI</li> <li>• Electricity and water consumption information</li> <li>• IoT (electricity, water) sensing information</li> <li>• De-identified personal information</li> <li>• Utility (electricity, water) management network visualization</li> </ul>
Integrated energy management system	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy consumption data analysis technology</li> <li>• Energy usage patterns and demand prediction technology</li> <li>• EMS linked monitoring technology</li> <li>• Facility life cycle cost analysis technology based on consumption patterns</li> <li>• Facility maintenance technology through energy consumption diagnosis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT and distributed resources (electricity) POI</li> <li>• Utility (electricity) management network visualization</li> <li>• Building and facility information</li> <li>• IoT (electricity) sensing information</li> <li>• Electricity consumption information</li> <li>• Electricity consumption forecast information</li> </ul>
Renewable energy production	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart Energy Meter (AMI)</li> <li>• Energy Management System (EMS)</li> <li>• EMS linked monitoring technology</li> <li>• Energy storage system (ESS)</li> <li>• Maintenance skills</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT and distributed resources (electricity) POI</li> <li>• Utility (electricity) management network visualization</li> <li>• Building and facility information</li> <li>• IoT (electricity) sensing information</li> <li>• Electricity production forecast information</li> </ul>
Smart street light service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT sensor technology</li> <li>• CCTV-based video analysis technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart streetlight POI</li> <li>• IoT sensing information</li> <li>• Surrounding space video information (CCTV)</li> <li>• Surrounding terrain information</li> </ul>
Energy sharing/transaction service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micro grid</li> <li>• Energy Management System (EMS)</li> <li>• Advanced Metering Infrastructure (AMI)</li> <li>• Energy prosumer</li> <li>• Energy block chain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT and distributed resources (electricity, water) POI</li> <li>• Utility (electricity, water) management network visualization</li> <li>• IoT (electricity, water) sensing information</li> <li>• De-identified personal information</li> </ul>
Smart home service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT sensor construction information</li> <li>• 3D construction technology</li> <li>• Data visualization technology</li> <li>• AI-based image recognition technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT sensors and status information</li> <li>• 3D visualization (including data visualization)</li> <li>• Video information on people, objects, and places</li> </ul>
Smart building management service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Building Information Modelling (BIM)</li> <li>• 3D construction technology</li> <li>• Data visualization technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Location information</li> <li>• Building management visualization (2D, 3D)</li> <li>• Building information</li> <li>• Management item status information</li> </ul>
Smart building administrative service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM</li> <li>• 3D construction technology</li> <li>• Data visualization service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Location information</li> <li>• Architectural administration visualization (2D, 3D)</li> <li>• Building information</li> <li>• Building administration and related laws and regulations information</li> </ul>

Table 3. Smart Transportation Service and Geospatial Information Type Matrix

	Smart parking service	Indoor navigation service	Mobility as a Service (Maas)	Transportation card mileage service	Autonomous mobility service	Demand-responsive transit service	Car sharing service	Ride sharing service	Personal mobility service
Location	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Map	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Image	X								X
Sensor									
Path	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Information	X	X	X	X	X	X			X

Table 4. Smart Building-energy Service and Geospatial Information Type Matrix

	Electric car charging service	Smart grid service	Smart metering and remote meter reading services	Integrated energy management system	Renewable energy production	Smart street light service	Energy sharing/transaction service	Smart home service	Smart building management service	Smart building administrative Services
Location	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Map	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Image						X				
Sensor	X	X	X	X	X	X	X	X		
Path										
Information	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

위로부터 도출된 것으로, 해당 서비스에 대한 구체적인 요구 사항, 범위, 설계 및 구현 방법에 따라 달라질 수 있다.

스마트시티를 위한 교통 도메인 서비스 분석 결과, 공간정보는 주로 이동체의 개략적 위치정보, 정밀위치정보, 서비스 대상 지역에 대한 2차원 또는 3차원 가시화 지도, 서비스 대상 지역의 정밀도로지도 및 정밀 공간 표현정보, 서비스 대상 지역의 이동경로 정보, 이동경로 설계를 위한 라우팅 및 POI(Point of Interest) 정보, 서비스 대상 경로의 혼잡도 정보, 주변 지역에 대한 다양한 지형지물 및 인지 지원 정보(CCTV 등)로 분류되었다.

스마트시티를 위한 건축-에너지 도메인 서비스 분석 결과, 주로 활용되는 공간정보는 서비스 대상 지역에 대한 개략적 위치정보 및 POI 정보, 서비스 대상 지역에 대한 2차원 또는 3차원 가시화 지도, 서비스 대상지역의 공간영상 정보, 서비스 대상의 센서 정보, 서비스 대상 정보의 센싱(상태) 정보, 주변 지역에 대한 다양한 지형지물 및 인지 지원 정보(CCTV 등)로 분류되었다.

결과적으로 6개의 유형으로 구분된 공간정보를 기반으로 Table 3 및 Table 4와 같이 스마트시티 교통 및 건축-에너지 서비스의 활용 가능 공간정보 유형별 매트릭스가 도출되었다.

### 3.3 프레임워크 설계

아키텍처는 스마트시티 서비스 도메인, 공간정보 기술 생애주기, 공간정보 유형이라는 세 가지 핵심 관점을 통합하여 SCGI 프레임워크 모델을 구성한다(Fig. 5). 본 연구는 특히 공간정보 표준에 중점을 두어 SCGI 프레임워크 모델을 활용하여 스마트시티 교통 도메인과 건축-에너지 도메인에서의 공간정보 표준화에 필요한 요구사항을 설명하였다.

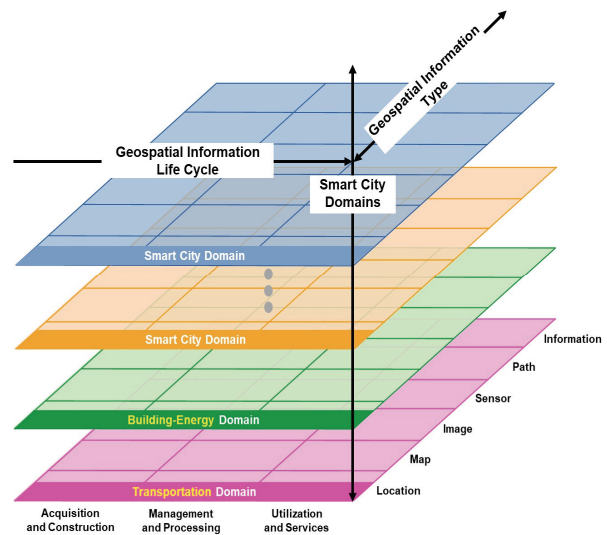


Fig. 5. The SCGI Framework Model

Fig. 6에서 설명하는 이 계층(layer)은 스마트시티 교통 도메인에 대한 연계 참조 가능한 공간정보 표준의 목표를 간략하게 보여준다.

스마트 교통 도메인은 Fig. 3에서 도출된 9가지 스마트 교통 서비스에서 활용 가능한 공간정보 기술을 포함하며, Table 3의 결과를 기반으로 Fig. 3, Fig. 4, Table 1의 내용을 활용하여 각 공간정보 유형별 생애주기에 따라 적용 가능한 공통된 표준을 Fig. 7과 같이 매핑(mapping)하였다.

Fig. 8에서 설명하는 이 계층은 스마트시티 건축-에너지 도메인에 관한 연계 참조 가능한 공간정보 표준의 목표를 요약하여 보여주고 있다.



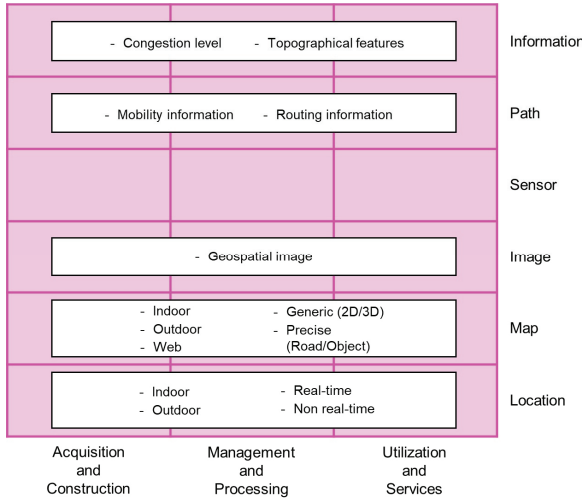


Fig. 6. Smart Transportation Layer Mapped over SCGI Framework Model

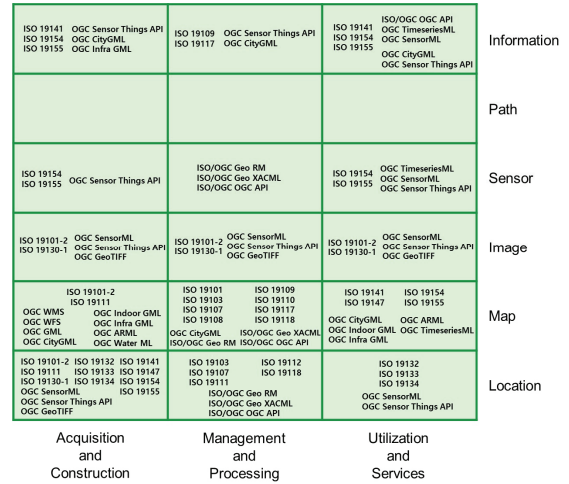


Fig. 9. Smart Building-energy Layer Standards Mapped According to Geospatial Information Life Cycle

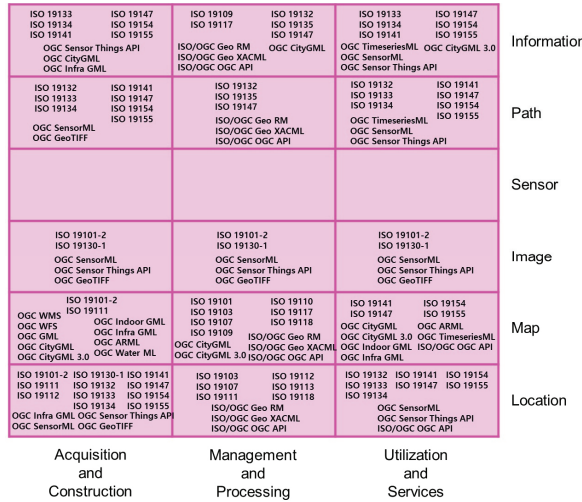


Fig. 7. Smart Transportation Layer Standards Mapped According to Geospatial Information Life Cycle

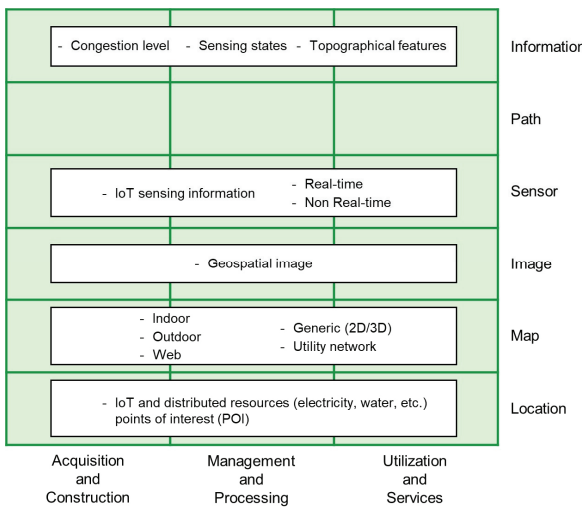


Fig. 8. Smart Building-energy Layer Mapped over SCGI Framework Model

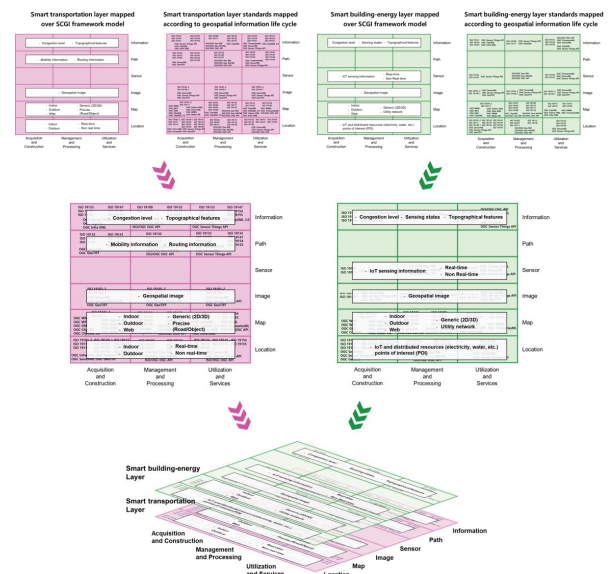


Fig. 10. Standards over SCGI Framework Model

스마트 교통 도메인과 마찬가지로 Fig. 3에서 도출된 10가지 스마트 건축-에너지 서비스에서 활용 가능한 공간정보 기술을 포함하며, Table 4의 결과를 기반으로 Fig. 3, Fig. 4, Table 2의 내용을 활용하여 각 공간정보 유형의 생애주기에 따라 매핑된 표준을 Fig. 9에서 나타내고 있다.

이와 같이 SCGI 프레임워크는 스마트시티 서비스에서 공간정보 기술을 적용하기 위해 그에 해당하는 표준 개발의 범위와 대상을 정하는 근거를 마련하기 위해 시작된다. Fig. 4와 Table 1과 Table 2로부터 도출된 각 교통, 건축-에너지 도메인의 공간정보 기술 생애주기 및 공간정보 유형에 따른 표준의 연계는 향후 스마트시티에서 운용 가능한 공통 표준과 서비스 방향을 찾는다. 이를 위해 각 계층에서 매핑하는 단계를 구체적으로 표현하면 그 결과는 Fig. 10과 같다. 따라서 Fig. 10는 앞서 설명한 스마트시티 교통 도메인 계층과 스마트시

터 건축-에너지 계층을 함께 그룹화하여 SCGI 프레임워크 모델 계층에 결합한 결과를 보여준다. 제안하는 SCGI 프레임워크는 도메인 계층과 연계되어 상호 운용되므로 각 도메인에 따른 표준 갭 분석을 통한 표준맵 정의도 가능하다.

#### 4. 공간정보 표준기반 스마트시티 프레임워크 운영 가이드

스마트시티는 정책적인 요소와 기술적인 요소가 결합되어 있으며, 각 도시는 서비스를 중심으로 서로 다른 기술을 적용하고 있어서 도시 간 서비스 차이가 크다. 스마트시티 관련 표준에 대한 다양한 연구들이 진행되었지만, 현재로는 공간정보 표준을 기반으로 한 스마트시티 도메인과의 연계 활용을 위한 기초연구가 미흡한 실정이다. 스마트시티가 도시건설에 ICT 기술을 적용한 단순한 디지털 도시로 그치지 않고, 사람, 사물, 인프라가 초 연결되어 완전한 스마트시티로 역할을 수행하기 위해서는 건설과 ICT 기술의 기반인 공간정보가 필수적으로 밀반입되어야 한다. 따라서 본 장에서는 스마트시티에서 다양한 서비스에 활용될 공간정보를 기반으로 스마트시티에서의 표준화에 대한 체계적이고 포괄적인 접근 방식을 보장하고자 방법론을 제시한다.

스마트시티는 복잡한 시스템으로 스마트시티 서비스와 연계된 공간정보 및 관련 표준을 다루는 것도 상당히 복잡한 작업이다. 따라서 스마트시티의 교통 도메인과 건축-빌딩 에너지 도메인에서 식별된 서비스를 제공하는 데 사용되는 공간정보 기술을 활용하여 표준을 식별하는 과정(process)을 하나의 패턴으로 Fig. 11과 같이 설계하였다. 현재와 미래에 사용 가능한 표준을 식별하고 기존의 표준과의 갭(gap)을 체계적으로 식별함으로써 스마트시티 서비스 제공에 필요한 표준을 찾는 데 도움이 된다. 이러한 프로세스를 통해 확인된 표준갭은 우선순위 프로세스를 통해 주요 갭부터 선택되며, 사용자에게 갭에 관한 정보를 제공한다. SCGI 프레임워크는 스마트시티 도메인의 다양한 서비스에서 공간정보를 활용하고 연계할 수 있도록 상호운용성(interoperability)을 보장한다. 따라서 SCGI

프레임워크는 스마트시티 공간정보 표준화의 장기적인 전략을 도출하기 위해 활용될 수 있다.

유즈케이스(Use-case)가 SCGI 프레임워크 모델에 사용될 때, 특정 도메인 계층에서의 공간정보 표준 사용의 식별에 도움을 준다. SCGI 프레임워크 모델에서 유즈케이스에 따른 매핑 방법은 도메인 간의 연계 표준 개발의 일반적인 활용을 위해 공간정보 기술의 요구사항을 반영하는 기능적 요소가 적용된다. 또한, 스마트시티 서비스와 연계된 공간정보 기술에 관한 내용으로 표준이 존재하지 않거나, 기존의 표준에 대한 요구사항이 충족되지 않는 경우, SCGI 프레임워크를 통해 표준 갭이 식별되며, 이 갭은 공간정보 표준맵 및 표준화 전략에도 반영된다. 이러한 패턴의 반복은 일관되고 체계적인 스마트시티 서비스를 위한 공간정보 표준화를 보장하는 데 도움을 준다.

이처럼 설계된 SCGI 프레임워크를 운영함으로써 스마트시티 서비스와 연계된 공간정보 기술의 중요성 및 표준화 필요성에 대한 적절한 대응이 가능하다.

Fig. 12는 스마트시티 서비스의 교통 분야에서 활용가능한 공간정보 유형과 스마트시티 서비스 구축에 필요한 공간정보 기술 생애주기 매트릭스를 보여준다. 여기서 하일색 영역은 스마트시티 교통 서비스에 활용가능한 ICT 표준을 나타내고 있다. 녹색 영역에는 공간정보 표준에 대한 이해와 인식을 바탕으로 현재 제공되고 있는 표준들이 있음을 의미한다. 노란색 영역에서는 표준화가 진행되고 있으나, 추가 표준의 확장 개발이 요구되는 상태이다. 빨간색 영역은 특히 시급한 개발이 필요한 공간정보 표준화 항목을 나타낸다.

이러한 일련의 과정을 통해, 공간정보 유형 중 서비스 대상 지역의 정밀 도로 지도 및 공간표현 정보와 관련된 공간정보 유형 생애주기 연계 참조 표준 개발이 필요하다는 결과가 도출되었다. 특히, 이동단말, 차량 등의 정밀한 위치정보에 대한 표준이 여러 서비스에서 요구됨을 시사하고 있다. 도출된 매트릭스를 통해 현재 존재하는 표준 및 추후 개발이 필요한 표준간의 갭이 분석되었고, 이로써 새로운 표준화 항목이 선정되어야 함을 확인할 수 있었다.

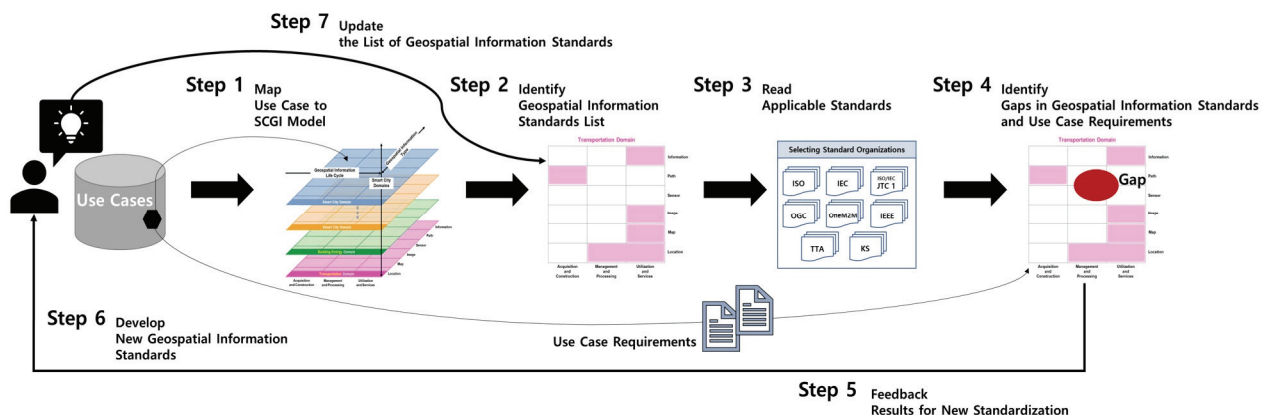


Fig. 11. Identification Pattern for Geospatial Information Standardization Needs Through the SCGI Framework

Smart transportation		Geospatial Information Acquisition and Construction	Geospatial Information Management and Processing	Geospatial Information Utilization and Services	Common (full cycle)
Location	Positioning (general)	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	Positioning (precision)	Red	Red	Red	Yellow
	POI	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Map	Visualization (2D/3D)	Green	Green	Green	Yellow
	Precision (road/object)	Red	Red	Red	Yellow
Image	Geospatial image	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Path	Path (movement/routing)	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Congestion level	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Information	Feature	Yellow	Yellow	Red	Yellow
	etc.	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
		Blue	Blue	Blue	Blue

Fig. 12. Geospatial Information Type and Life Cycle Matrix

결과적으로, 이동체(버스)의 정밀 위치정보 서비스와 관련된 2건의 표준이 TTA 단체표준으로 개발되었으며[21, 22], 현재 2건의 국가표준 초안이 KS X ISO 19154 (지리정보-유비쿼터스 공공 접근: 참조모델)을 참조하여 개발되고 있는 단계에 있다.

### 5. 결 론

공간정보는 스마트시티 산업 정책과 제도적 측면에 기반하여 연계되는 필수적인 요소이다. 스마트시티 정책 계획에 따르면 공간정보를 기반 인프라의 핵심 요소로 간주한다. 스마트시티 기술은 정책적인 요소와 기술적 요소의 결합으로 도시 간 서비스 차이가 크게 나타난다. 또한, 스마트시티 범주에서의 공간정보 표준은 국내 및 국제 표준화 기구를 통해 지속적으로 개발되고 있다[23].

본 연구에서는 스마트시티를 위한 공간정보 표준 개발의 범위와 대상을 정하는 근거를 마련하고, 스마트시티 서비스에 적합한 공간정보 기술을 분석하여 표준화 항목과 전략을 도출하기 위한 방향을 제시하였다. 더불어, 공간정보 유형별 생애주기에 따른 표준을 매핑하는 공간정보 표준기반 스마트시티 프레임워크(SCGI framework) 모델을 설계하고, 이를 운영하기 위한 가이드를 제시하였다. 본 연구 결과는 현재 스마트시티에서 바라보는 공간정보 기술과 표준화에 대한 인식을 확인할 수 있다는 측면에서 두드러진 의미가 있으며, 향후 공간정보 기술의 생애주기 항목, 예를 들어 공간정보를 활용한 디지털트윈 등에 대한 표준화를 위한 추가적인 연구 수행이 필요하다.

### References

[1] J. Hwangbo and S. Kim, "탈탄소화를 위한 스마트시티에서의 교통-에너지 연계 서비스 연구 동향," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol.38, No.9, pp.64-70, 2021.

[2] P. Sharma, R. Singh, and A. Srivastava, "Analyzing the role of geospatial technology in smart city development," *The Urban Book Series*. Springer, Cham., 2021.

[3] K. H. Kim, W. W. Choi, and S. K. Hong, "A study on the legal system improvement for the usage of smart city geospatial data standard," *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol.29, No.4, pp.97-106, 2021. DOI: 10.7319/kogsis.2021.29.4.097

[4] G. Park, H. Park, S. H. Bae, M. K. Kim, and S. Hwang, "A study on the smart city core value and indicator design," *Journal of Korean Society of Industrial and Systems Engineering*, Vol.43, No.4, pp.198-207, 2020. DOI: 10.11627/jkise.2020.43.4.198

[5] E. Chang, J. Lee, and C. Jun, "The discussion on standardization scopes considering smart cities and spatial intelligence," *The Geographical Journal of Korea*, Vol.55, No.4, pp.459-470, 2021. DOI: 10.22905/kaopj.2021.55.4.7

[6] W. W. Choi, S. K. Hong, and J. K. Lee, "Development of standard gap analysis framework for geospatial smart city standards," *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol.29, No.4, pp.73-81, 2021. DOI: 10.7319/kogsis.2021.29.4.073

[7] J. K. Lee, J. H. Tak, S. G. Kim, and S. K. Hong, "A study on the demands on geospatial information technology in smart city services: focusing on transportation," *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 30, No.1, pp.13-21, 2022. DOI: 10.7319/kogsis.2022.30.1.013

[8] 5G Forum, "2021 Smart City White Paper," Korea, 2021.

[9] J. H. Jang, "스마트시티 발전전망과 한국의 경쟁력," *IT & Future Strategy*, Vol.6, Daegu: NIA, Report, 2016.

[10] KRIHS, "Geospatial Information Strategies for the Hyper-connected Smart city," Korea Research Institute for Human Settlements, 2018.

[11] J. Yoo, "스마트시티를 위한 위치, 공간정보 기술 및 표준화 동향," Korea Internet & Security Agency, Monthly Report, Oct. 2020.

[12] MOLIT, "Smart City National Pilot Smart City Service Roadmap 1.0", Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Report, 2019.

[13] Telecommunications Technology Association. TTA ICT Terms [Internet], [http://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word\\_seq=056324-1](http://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=056324-1).

[14] Spatial Information Industry Promotion Agency, "Planning on core technology for geospatial information convergence industry promotion," Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Report 16RDPP-C119866-01, 2017.

- [15] Spatial Information Industry Promotion Agency, “공간정보 기반 융복합산업 발전 전략 마련 및 법제도 개선방안,” Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Report OTKCR K180243, 2017.
- [16] S. J. Park, J. W. An, and M. S. Yi, “A study on the development direction of smart city ordinances to revitalize city data management throughout the smart city life cycle,” *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol.29, No.4, pp.83-95, 2021. DOI: 10.7319/kogsis.2021.29.4.083
- [17] E. Ko, G. S. Jeong, and K. C. Koo, “Smart city service analysis based on geospatial information technology life cycle,” in *Proceeding of the 5th International Conference on Computer & Applications*, Egypt, pp.218-222, 2023.
- [18] M. Kim, “제4차 산업혁명의 시대, 공간정보정책이 나아갈 방향,” *PLANNING AND POLICY*, Vol.423, pp.37-43, 2017.
- [19] MOLIT, “제3차 공간정보산업진흥 기본계획(202~2025),” Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Report OTKCEC211188, 2021.
- [20] E. Ko, G. S. Jeong, and K. C. Koo, “Smart city based on geospatial information: Concept and standardization challenges,” in *Proceeding of the 5th International Conference on Computer & Applications*, Egypt, pp.214-217, 2023.
- [21] TTA.KO-10.1353-Part1, Precise Bus Location Information Service - Part 1: General Requirements and Reference Model, TTA, 2022.
- [22] TTA.KO-10.1353-Part2, Precise Bus Location Information Service - Part 2: Information Interfaces, TTA, 2022.
- [23] E. Ko, G. S. Jeong, and K. C. Koo, “Trends in standardization of geospatial information for smart city,” in *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, Korea, 2023.



### 고 은 비

<https://orcid.org/0000-0002-5550-6741>

e-mail : ebko2211@tta.or.kr

2013년 경북대학교 축산학과(학사)

2015년 경북대학교 축산BT학과(석사)

2021년 국민대학교 컴퓨터공학과

(박사수료)

2022년 ~ 현재 한국정보통신기술협회 표준화본부 선임연구원  
관심분야 : 스마트시티, 빅데이터, 스마트 그리드, IoT 등



### 정 국 식

<https://orcid.org/0009-0006-9826-7812>

e-mail : jgsigi@tta.or.kr

2009년 경희대학교 일어일문/국제경영학과

(학사)

2010년 ~ 현재 한국정보통신기술협회

표준화본부 수석연구원

관심분야 : 스마트시티, 스마트 그리드, IoT, 빅데이터 등



### 구 경 철

<https://orcid.org/0009-0003-7740-6842>

e-mail : kckoo@tta.or.kr

1988년 한양대학교 산업공학(학사)

1992년 한양대학교 산업공학(석사)

2012년 배재대학교 컴퓨터공학(박사)

2001년 ~ 2023년 한국정보통신기술협회

표준화본부 본부장

2024년 ~ 현재 한국정보통신기술협회 감사실장

관심분야 : 스마트시티, 인공지능, 이동통신 등