

# 주요국의 국토·도시 디지털 트윈 정책 동향 및 시사점 (싱가포르, 영국, 호주)

서 기 환 국토연구원 연구위원(khseo@krihs.re.kr)

디지털 트윈은 가트너(Gartner)가 2017년부터 2019년까지 3년 연속으로 10대 전략기술 트렌드로 선정하면서 일찍부터 세계적인 주목을 받기 시작했다. 가트너는 2017년 디지털 트윈이 처음으로 10대 전략기술로 선정될 당시 2021년까지 대형 제조업체의 절반 정도가 디지털 트윈을 도입할 것이라 전망하였고, 그에 따른 편익이 약 10% 발생할 것으로 예측했다. 또, 세계적 전략 컨설팅 회사 액센추어(Accenture)는 2021년 5대 전략기술로 디지털 트윈을 선정한 바 있다.

이와 같이 디지털 트윈은 미래 기술 트렌드로 지속적인 관심을 받고 있다. 제조업에서 보건의료, 건설·환경, 국토·도시 등 다양한 분야로 적용영역을 점차 확대해 나가고 있다. 특히, 세계 각지에서 국토·도시에 대한 디지털 트윈 구현 노력이 급격히 증가하고 있다. ABI research(2019)에 따르면 2025년까지 전 세계 500개 이상의 도시에서 디지털 트윈을 도입할 것으로 전망하였다. 아래는 버추얼 싱가포르(Virtual Singapore)를 비롯해 국가 주도로 디지털 트윈을 국토·도시에 적용하기 위해 노력 중인 영국과 호주의 디지털 트윈 정책을 살펴보았다.

## 버추얼 싱가포르(Virtua Singapore)

싱가포르는 디지털 경제(Digital Economy), 디지털 정부(Digital Government), 디지털 사회(Digital Society) 등 3개 축(key pillars)을 기반으로 국가 디지털 전환을 추진하고자 스마트 네이션(Smart Nation) 전략을 수립하여 추진 중이다. 스마트 네이션 실현을 위해 전략 국가 프로젝트(Strategic National Projects), 도시 생활(Urban Living), 교통(Transportation), 건강(Health), 디지털 정부 서비스(Digital Government Services), 스타트업과 비즈니스(Startups and Businesses) 등 6개 분야를 이니셔티브(Initiatives)로 정하여 추진 중이며, 이 중 도시 생활 구상의 일환으로 버추얼 싱가포르(Virtual Singapore) 사업을 추진하였다.

〈그림 1〉 버추얼 싱가포르



자료: <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore> (2021. 3. 26 접속)

버추얼 싱가포르는 싱가포르 국립연구재단(National Research Foundation)의 주도하에 3차원 가상 도시 모델(3D city model)과 데이터 플랫폼(collaborative data platform)을 구현하는 프로젝트이다. 2014년에 시작해 5년간 약 7,300만 달러가 투자되어 2018년에 1차 사업이 완료되었다. 버추얼 싱가포르는 3차원 도시 모델을 이용해 도시계획을 지원하는 등 가상 도시를 실험실 또는 새로운 서비스를 위한 테스트 베드로 활용하거나, 도시 및 교통계획을 위한 의사결정지원과 연구자를 위한 연구개발 환경지원 등 4가지 주요 기능을 제공하고 있다(<표 1 참고>).

**<표 1> 버추얼 싱가포르의 주요 기능**

기능	적용 예시
가상 실험(Virtual Experimentation)	3G/4G 네트워크의 커버리지 지역을 탐색하고, 커버리지 취약지역에 대한 시각화, 개선 가능 영역에 대한 하이라이트를 3D 도시모델로 제시
테스트 베드(Virtual Test-Bedding)	건물의 비상 시 대피계획 수립을 위해 군중의 분산에 대한 시뮬레이션과 모델링에 활용 가능
계획 및 의사결정(Planning and Decision-Making)	교통 흐름과 보행자 이동 패턴 분석을 위한 어플리케이션 개발 등
연구 개발(Research and Development)	3D 도시모델을 통해 새로운 3D물 연구 및 개발에 활용

자료: 서기환 오창화. 2020. 가상국토 구현을 위한 디지털트윈 정책방향. 23p.  
(<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore> 웹 사이트 내용 정리)

세계 최초로 도시 혹은 국가 전체를 3차원 데이터 모델과 플랫폼으로 구축한 버추얼 싱가포르는 근래까지 우수 사례로 거론되어 왔다. 그러나 2018년 이후 변화된 도시 데이터의 갱신과 플랫폼 커스터마이징 등을 이행하는 과정에 어려움을 겪기도 하였다. 이는 버추얼 싱가포르가 플랫폼 구축을 위해 특정 기업(Dassault Systems)의 제품을 도입해 해당 기업에 기술적으로 종속된 결과로 보인다.

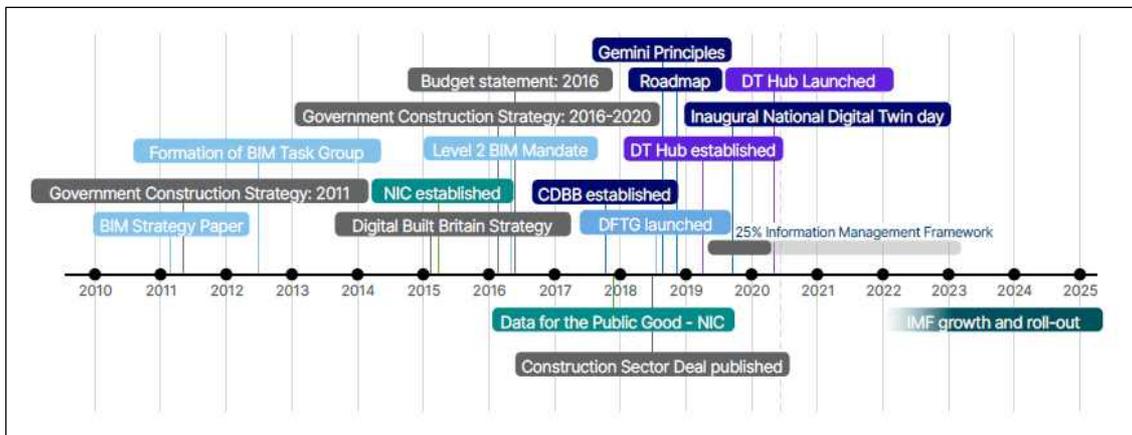
### 영국 국가 디지털 트윈(British National Digital Twin)<sup>1)</sup>

영국은 디지털 트윈을 정책적으로 도입하기에 앞서 2011년 BIM(Building Information Modeling)을 정부의 건설전략으로 채택하였다. 이를 위해 영국 정부는 산업계와 함께 BIM 작업반(BIM Task Group)을 구성하여 산업계에 표준을 지원하고, 우수 사례를 공유하였다. 2011년 수립된 건설전략은 2016년까지 공공부문 프로젝트에 레벨 2 수준의 BIM 사용을 의무화하도록 했다. 그 결과 2013년부터 2014년까지 BIM 도입을 통해 약 8억 8,400만 파운드의 건설 관련 비용을 절감할 수 있었다. 영국은 이러한 초기 성과를 바탕으로 디지털화된 건축 표준을 만들어 건설 전반에 확산하고자 하였으며, 건설 및 인프라 관련 디지털 기술개발에서 세계 최고가 되는 것을 목표로 하였다. 2015년에는 BIM 전략에서 한 단계 발전시킨 디지털 빌트 브리튼(Digital Built Britain)을 미래 전략으로 제시하였다. 디지털 빌트 브리튼은 디지털화된 건설 기술, 스마트 시티, 디지털 경제, 시민들이 생산하는 빅데이터를 이용하여 물리·사회·경제적 인프라와 그들이 제공하는 서비스의 설계·구축·운영 및 통합 방식을 발전시켜 미래 영국 사회를 앞당기고자 하였다.

1) 서기환, 성혜정, 정예진. 2021. 디지털 트윈 국토 추진을 위한 전략 연구. 연구자료.

디지털 빌트 브리튼 전략을 수립한 2015년에 국가인프라위원회(National Infrastructure Commission, NIC)를 설립하였다. 국가인프라위원회는 인프라에 대한 미래구상과 권고사항을 제시하고 있다. 국가인프라위원회는 디지털 빌트 브리튼 전략 추진 기관으로 2017년 디지털 빌트 브리튼 센터(Centre for Digital Built Britain, 이하 CDBB)를 설립하였다. CDBB는 영국 재무부의 지원으로 케임브리지 대학 내 관·산·학 협력체로 구성되었다. 그리고 인프라 및 건설정보 공유를 통한 경제적 성과와 사회적 편익을 추구하기 위해 2017년 국가 디지털 트윈(National Digital Twin, NDT) 프로그램을 제시하였다(NIC. 2017).

〈그림 2〉 영국의 국가 디지털 트윈 타임라인



자료: CDBB. 2020. The approach to delivering a National Digital Twin for the United Kingdom.

CDBB는 디지털 프레임워크 태스크 그룹(Digital Framework Task Group, 이하 DFTG), 공공분야 ISO 전환 워킹그룹(Public Sector ISO Transition Working Group, PSITWG), BIM 상호운용성 전문가 그룹(BIM Interoperability Expert Group), 영연방 워킹그룹(Home Nations Working Group), 건물 고객 그룹(Buildings Client Group), 지방정부 워킹그룹(Local Authorities Working Group) 등 6개의 워킹그룹을 만들어 운영하고 있다. 이중 DFTG는 2018년 건조환경(Built Environment)을 위한 정보관리프레임워크(Information Management Framework)의 개발과 적용을 가이드하기 위해 영국 재무부에 의해 설립되었다. 정부, 학계, 산업계의 전문가로 구성되어 국가 디지털 트윈과 관련하여 가장 중요한 업무를 담당하고 있다.

DFTG는 2018년 설립과 함께 첫 번째 성과로 국가 디지털 트윈과 정보관리프레임워크를 위한 원칙으로 쌍둥이 원칙(Gemini Principles)을 제시하였다. 쌍둥이 원칙의 주요 내용은 <표 2>와 같다. 모든 디지털 트윈의 구축에는 분명한 목적이 있어야 하고, 신뢰할 수 있어야 하며, 반드시 효과적으로 기능해야 한다는 3가지 상위 원칙과 9개의 세부 원칙<sup>2)</sup>을 제시하고 있다. DFTG는 두 번째 성과로 2018년 말에 정보관리프레임워크 도출을 위한 로드맵도 수립하였다.

2) <https://www.cdbb.cam.ac.uk/DFTG/GeminiPrinciples>, The Gemini Principles, CDBB. 2018.

〈표 2〉 영국 국가 디지털 트윈 Gemini 원칙

목적성	공익추구(Public good) - NDT와 프레임워크는 순수한 공익을 위해 사용되어야 함	가치 창출(Value creation) - NDT는 지속적인 가치 창출과 성능 개선, 효과적인 위험관리를 활성화해야 함	통찰력(Insight) - NDT는 건설환경에 대한 의미있는 인사이트를 제공해야 함
신뢰성	보안성(Security) - NDT는 자체 안전성과 보안성이 확보되어야 함	개방성(Openness) - NDT는 가능한 한 최대한 개방적이어야 함	품질(Quality) - NDT는 적절한 품질의 데이터를 기반으로 구축되어야 함
기능성 (효과성)	연합(Federation) - NDT는 표준으로 연결된 집합적인 환경에 기반해야 함	큐레이션(Curation) - NDT의 모든 부분들은 분명한 소유권과 거버넌스 규정을 가짐	진화(Evolution) - NDT와 프레임워크는 기술과 사회 발전에 순응해야 함

출처: 서기환 외. 2021. 디지털 트윈 국토 추진을 위한 전략연구. 일부수정 (원출처: CDBB. 2018. The Gemini Principles, p18~21)

영국의 국가 디지털 트윈은 도시와 같은 건조환경이 하나의 거대한 디지털 트윈으로 구현된 모델이 아니라 여러 개의 개별 디지털 트윈이 데이터 공유를 통해 상호 연결된 연합체라고 정의하였다<sup>3)</sup>. 그리고 국가 디지털 트윈이 가져올 수 있는 편익을 <표 3>과 같이 사회·경제·사업 및 환경 4가지 측면으로 구분하고 있다.

〈표 3〉 영국 국가 디지털 트윈의 편익

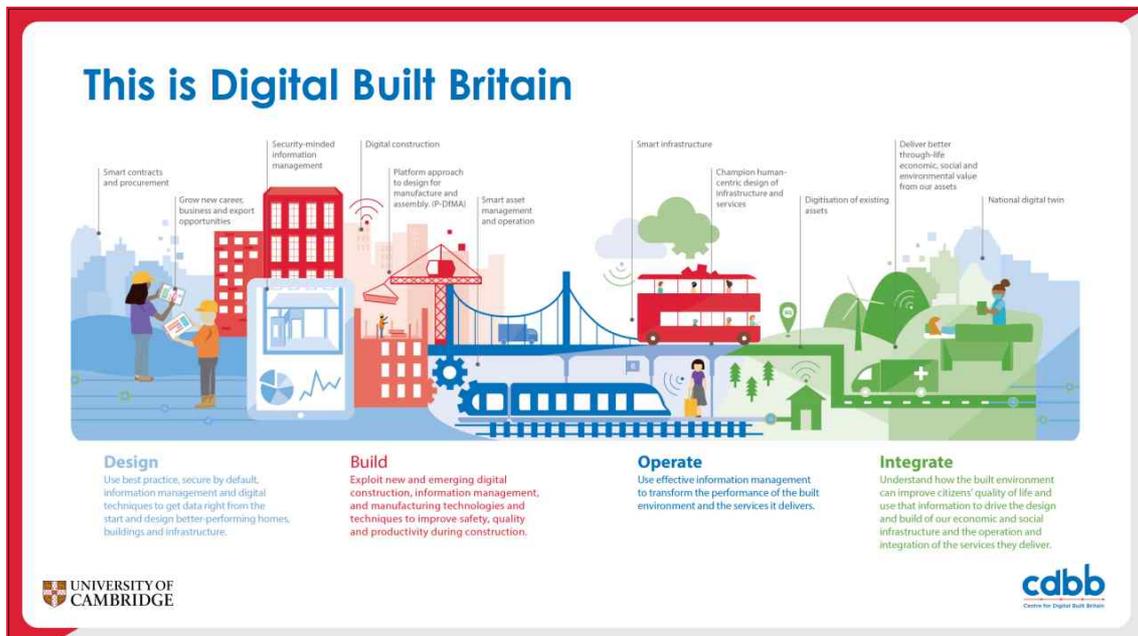
구분	주요 내용
사회적 편익	투명한 이해당사자 간의 참여, 고성능 인프라 및 서비스를 통한 공익 증가
경제적 편익	고성능 탄력적 인프라로 국가 생산성 향상
사업적 편익	새로운 시장, 서비스, 비즈니스 모델에 대한 신규진입자와 고성능 인프라를 통해 비즈니스 효율성 향상 및 불확실성 감소와 더 나은 위험관리가 가능
환경적 편익	사업 중단 및 낭비 감소, 더 많은 재사용이 가능하며 자원의 효율성 증가로 순환 경제 및 탄소중립(net zero) 실현

출처: <https://www.cdbb.cam.ac.uk/what-we-do/national-digital-twin-programme>

지금까지 살펴본 영국 사례는 싱가포르와 달리 정부가 3차원 도시 모델과 플랫폼을 구축하기에 앞서 국가 디지털 트윈의 실현에 필요한 원칙(Gemini Principles)과 추진 전략(Roadmap) 등 주요 지침을 제시하는데 많은 노력을 기울였다는 것을 알 수 있다. 또, 다른 한편에서는 CDBB를 중심으로 다양한 주체가 참여하는 파일럿 프로젝트를 추진하여 디지털 트윈을 통한 인프라의 효율적 관리와 최적화에 따른 비용 절감 수준을 점검하고 있다. 이를 통해 디지털 트윈의 효과를 정량화해 전국 확산에 필요한 정책 방안을 제시하고자 시도 중이다.

3) <https://www.ice.org.uk/news-and-insight/the-civil-engineer/april-2019/national-digital-twin-sounds-exciting>

〈그림 3〉 영국 CDBB의 Digital Built Britain 소개자료



자료: <https://www.cambridgewireless.co.uk/news/2020/mar/4/digital-twins-are-business/>

#### 호주 국가 디지털 트윈(Spatially Enabled Digital Twins)<sup>4)</sup>

호주도 세계적 화두로 떠오른 데이터 경제(Data Economy)와 디지털 전환(Digital Transformation)에 대응하기 위해 디지털 트윈을 구상하고 있다. 호주 정부는 IoT나 빅데이터 같은 디지털 기술 활용에 따른 경제적 편익이 연간 GDP 성장률의 0.5~1% 가량 증가할 것으로 추정하였다. 호주는 2014년에 이미 정부가 보유한 데이터의 직·간접적 가치의 합산이 연간 250억 호주달러가 될 것으로 추정하였다. 호주는 영국 국가 디지털 트윈과 쌍둥이 원칙(Gemini Principles)을 기반으로 호주에 적합한 우선순위나 요구사항을 고려한 원칙과 추진 방향을 제시하였다. 영국 사례를 참고한 만큼 개별 디지털 트윈의 연합(Federation)을 국가 디지털 트윈으로 보고, 디지털 트윈의 구현 목적에 따라 데이터의 상세도 수준(Level of Detail, LoD)과 정확도(Accuracy)를 달리 하도록 안내하고 있다.

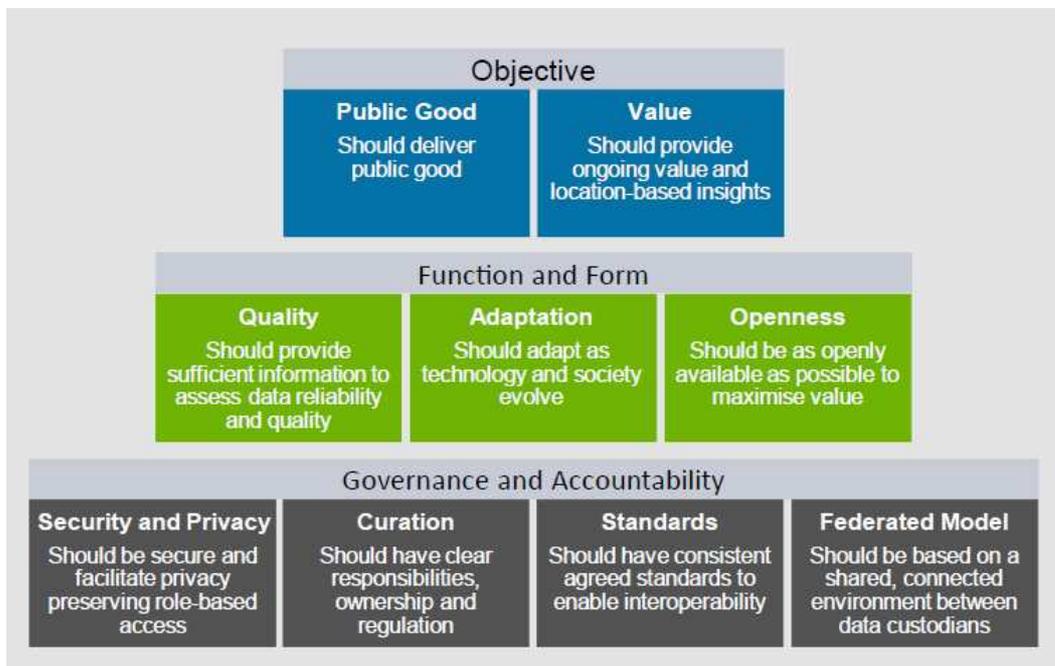
특히, 호주는 공간정보기반(Spatial Data Infrastructure, SDI) 디지털 트윈을 구현하기 위해 공간정보인프라 정책을 관장하는 호주·뉴질랜드 토지정보위원회(The Australia and New Zealand Land Information Council, ANZLIC) 산하 공간정보위원회(Spatial Information Council)가 원칙을 마련하였다. 공간정보기반 디지털 트윈은 지상과 지하의 현실 세계 객체들이 가상공간의 트윈 데이터와 공간(spatial) 및 위치(positioning)정보에 의해 결합된 것을 의미한다. 공간정보기반 디지털 트윈은 1) 지상/지하의 건조 및 자연환경(built and natural environment)을 모두 포함하고, 2) 정확한 위치 체계가 기반이 되며, 3) 기존 및 새로 구축하는 3D/4D(시계열 자료) 데이터, 3D Mesh 데이터, 공간 시스템과 디지털 공학 모델(예: BIM)을 모두 포함하고, 4) 적절한

4) ANZLIC the Spatial Information Council. 2019. Principles for Spatially Enabled Digital Twins of the Built and Natural Environment in Australia.

수준의 정확성과 적절한 공간 단위(scale)에서 실현되어야 한다고 제안하였다. 특히, 공간정보기반 디지털 트윈은 도시화로 인해 복잡하게 얽혀 있는 문제들을 관리하는데 유용한 정보를 제공할 것으로 예상하였다.

호주는 디지털 트윈 생태계의 복잡성을 고려하여 디지털 트윈의 개발과 생태계에 필요한 가이드를 제공하기 위해 국가 디지털 트윈 원칙을 제시하였다. 국가 표준과 국제 표준(OGC, ISO, W3C 등)을 준용해 데이터 재사용성을 높이고, 모든 사용자의 편익을 극대화하고자 하였다.

〈그림 4〉 호주 국가 디지털 트윈 추진원칙



자료: ANZLIC the Spatial Information Council. 2019. Principles for Spatially Enabled Digital Twins of the Built and Natural Environment in Australia. p.14.

〈그림 4〉는 호주 국가 디지털 트윈 추진원칙을 목적, 기능 및 형태, 거버넌스와 책임으로 구분하고 9개의 세부 원칙(공익, 가치, 품질, 적응, 개방성, 보안과 개인정보, 큐레이션(Curation), 표준, 연합모델)을 제시한 것이다. 각각의 원칙에 담긴 목적은 다음과 같다.

- (공익) 디지털 트윈은 승인된 사용자의 접근허용과 호주 경제 전반에 걸쳐 민감하지 않은 데이터에 대한 공개적인 접근을 촉진하는 등 공익을 제공해야 함
- (가치) 디지털 트윈은 산업계, 정부, 연구 부문과 커뮤니티가 건조 및 자연환경을 더 잘 이해하고 관리하는데 활용할 수 있도록 함으로써 호주 경제에 지속적인 가치를 제공해야 함
- (품질) 사용자는 의도된 용도와 관련하여 수집환경, 관련성, 적시성, 정확성, 통일성, 일관성, 해석 가능성, 접근성과 같은 측면을 포함한 데이터의 신뢰성과 품질을 평가할 수 있음

- (적응) 디지털 트윈과 디지털 트윈 생태계는 세계가 진화(예: 사회, 기술, 요구사항, 정보관리, 데이터과학, 사이버 보안)함에 따라 적응하고 발전할 수 있어야 함
- (개방성) 디지털 트윈과 디지털 트윈 생태계는 가능한 한 공개적으로 사용할 수 있어야 함. 즉, 공개 표준에 의한 개방형 또는 공유 데이터로 이루어져야 하고, 경제 전반에 가능한 높은 가치를 부여할 수 있게 생산되어야 함
- (보안과 개인정보) 디지털 트윈과 디지털 트윈 생태계는 데이터 보안, 개인정보 보호와 역할기반 접근이 가능하도록 '설계에 의한 보안'(secure by design)이 되어야 함
- (규레이션) 디지털 트윈과 디지털 트윈 생태계는 관련 데이터의 생성, 관리 및 책임 있는 사용을 지원하기 위해 분명하고 투명한 소유권, 거버넌스, 책임 및 규정을 정해야 함
- (표준) 데이터와 디지털 트윈은 합의된 교차 플랫폼과 플랫폼에 구애받지 않는 아키텍처 모델을 통해 전반적인 상호운용성, 호환성과 기능성을 보장하기 위해 합의된 개방형 표준과 산업 우수 사례를 채택하여야 함
- (연합모델) 디지털 트윈 운영자와 데이터 관리자는 데이터와 서비스를 유연하고 응답성이 뛰어난 방식으로 연결하고 공유할 수 있는 연합모델을 지원해야 함

### 우리의 현실과 해외 사례의 시사점

싱가포르, 영국, 호주 등 디지털 트윈을 통해 혁신을 꿈꾸고, 국가적 디지털 전환에 있어서 세계 최고가 되고자 하는 이들 국가와 비교할 때 우리나라는 어느 위치에 와있을까?

우리나라는 1995년부터 국가공간정보정책을 추진해 오고 있다. 지난 26년간 공간 데이터의 구축과 갱신, 이를 활용한 정보시스템(일반적으로 지리정보시스템 또는 공간 정보시스템이라 칭함) 등의 구축과 관리에 약 5조 원의 정부예산이 투입되었다. 공간 데이터의 구축은 실세계 객체를 주로 2D 기반으로 디지털화하는 것이고, V-World와 같이 일부는 3차원 데이터로 구현하기도 하였다. 다시 말해, 국토·도시와 관련해 상당 부분의 디지털화가 진행되었고, 디지털 트윈을 위한 기초는 어느 정도는 마련되었다고 할 수 있을 것이다. 또한, 정부는 코로나 19로 인한 경제위기 극복을 위해 2020년 7월 한국판 뉴딜 종합계획을 발표하였다. 디지털 트윈은 한국판 뉴딜의 10대 대표과제로 선정되어 중앙부처, 지자체, 공공기관 등 정부의 정책에 대응하기 위해 노력 중이다. 2021년 올해 디지털 트윈 관련 사업이 10여 개가 넘고, 예산도 1,500억 원을 훌쩍 넘어섰다. 그러나 우리에게서 여러 정부 기관이 추진하는 디지털 트윈 사업을 코디네이션 할 전략계획이나 가이드라인이 부재한 것이 현실이다. 해외 사례에서 보면 복잡 다단한 디지털 트윈을 다양한 기관이 추진하더라도 데이터를 효율적으로 공유할 수 있도록 데이터 표준과 거버넌스 등 국가가 정책적 가이드라인과 로드맵을 먼저 수립했다는 것이다. 당장 데이터를 구축하고 플랫폼을 구축하는 사업에 집중하기보다 이러한 사전 계획과 전략 수립이 우선되어야 할 것이다. 물론, 그렇다고 해서 이미 추진 중인 사업을 모두 중지시킬 수는 없는 노릇이지만 조속히 국가 정책이 마련되어야 한다.

다행스럽게도 디지털 뉴딜을 총괄하는 과학기술정보통신부에서 ‘국가 디지털 트윈 전략(안)’을 마련하고 있다는 소식이 있다. 국토교통부도 지상과 지하의 3차원 공간정보를 통합관리하기 위한 전략계획을 수립하고 있다. 또한 본고의 저자도 국책연구기관에서 자체적으로 ‘디지털 트윈 국토 추진을 위한 전략 연구’를 수행하고 있다. 정부의 전략 수립과 다양한 기초연구를 통해 향후 우리 국토와 도시의 디지털 트윈 구현에 작은 보탬이 되기를 기대해 본다.

### <참고자료 및 출처>

서기환 오창화. 2020. 가상국토 구현을 위한 디지털 트윈 정책방향. 23p.

서기환, 성혜정, 정예진. 2021. 디지털 트윈 국토 추진을 위한 전략 연구. 연구자료.

NIC. 2017. Data for the Public Good.

CDBB. 2018. The Gemini Principles, p18~21

CDBB. 2020. The approach to delivering a National Digital Twin for the United Kingdom.

ANZLIC the Spatial Information Council. 2019. Principles for Spatially Enabled Digital Twins of the Built and Natural Environment in Australia.

<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>

<https://www.abiresearch.com/press/transformational-urban-digital-twin-and-city-modeling-deployments-exceed-500-2025/>

<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>

<https://www.cdbb.cam.ac.uk/what-we-do/national-digital-twin-programme>

<https://www.cambridgewireless.co.uk/news/2020/mar/4/digital-twins-are-business/>

<https://www.ice.org.uk/news-and-insight/the-civil-engineer/april-2019/national-digital-twin-sounds-exciting>