

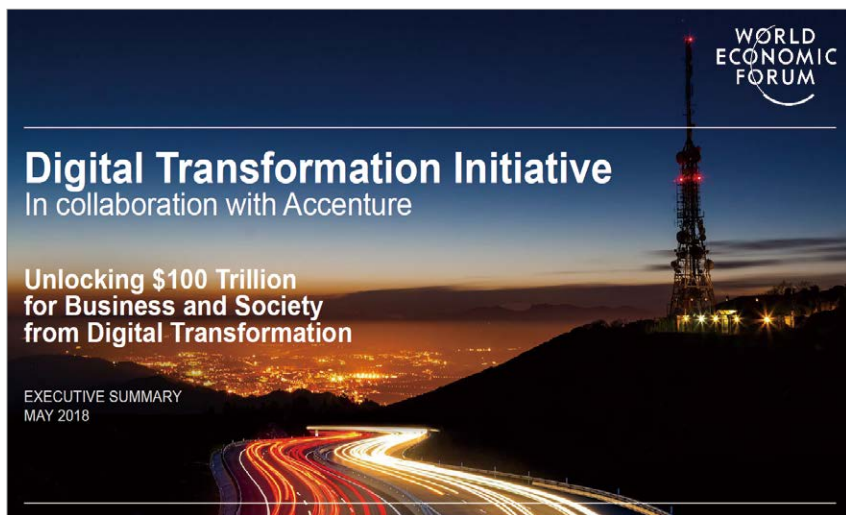
국토공간의 디지털 대전환과 우리의 현주소

서기환 국토연구원 연구위원 (khseo@krihs.re.kr)

들어가며

세계는 새로운 기술에 의해 급속히 변화·발전하고 있다. 기술로 인한 변화는 기업이나 정부에 대한 시민들의 기대 수준을 한층 높이고, 기업과 정부는 이러한 기대에 부응하기 위해 새로운 서비스와 상품을 내놓는다. 이러한 변화는 시민들의 삶과 일하는 방식도 변화시킨다. 디지털 기술의 발전에 따른 이러한 변화를 ‘디지털전환(Digital Transformation)’이라고 부른다. 세계경제포럼(World Economic Forum)에서는 디지털전환이 시민들의 삶을 변화시킬 뿐만 아니라 비즈니스 가치를 넘어서 더 광범위한 사회적 이익을 창출할 수 있는 엄청난 잠재력을 지녔다고 보고, 2015년 디지털전환 이니셔티브(Digital Transformation Initiative)를 출범해 향후 10년간 디지털 기술이 우리 사회에 미칠 영향에 대한 통찰력을 제공하고 있다(〈그림 1〉 참조). 이처럼 디지털전환은 전 세계적으로 기업과 정부, 사회 전반에 일어나고 있는 큰 흐름이자 현상이다.

그림 1 세계경제포럼 디지털전환 이니셔티브



주: 디지털전환은 비즈니스 및 사회에 100조 달러의 경제를 창출할 것임을 예고.
자료: World Economic Forum 2018, p.1.



자료: <https://blog.naver.com/yoonsukyeol/222633868970> (2022년 7월 30일 검색).

우리나라도 세계적인 디지털전환에 대응하기 위해 2020년 7월 ‘한국판 뉴딜’ 종합 계획을 발표하였다. ‘한국판 뉴딜’ 종합계획은 경제·사회 구조의 디지털 대전환 과정에서 세계적인 선도국가로 도약하기 위해 정부가 야심 차게 준비한 전략이다. 디지털 뉴딜과 그린 뉴딜을 양대 축으로 하여 10대 대표과제와 28개 세부과제를 도출했으며, 이 과제들 대부분이 디지털전환과 직간접적인 연관성이 있다. 2021년 7월에는 코로나 19 위기 등으로 1년 사이 급변한 대내외적 환경을 고려해 새로운 대응 방안을 마련하고자 한국판 뉴딜 2.0 계획을 발표하였다. 한국판 뉴딜 2.0 계획에서는 디지털 융복합 및 뉴딜 1.0의 성과를 경제·사회 전반으로 확산하고, 디지털 신산업을 육성하기 위해 ‘개방형 메타버스(Metaverse) 플랫폼 구축’ 등을 포함한 디지털 시대 핵심 기반 기술의 육성을 강조하고 있다(뉴스로 2021). 2022년 5월 출범한 윤석열 정부도 ‘디지털 플랫폼 정부’를 지향하고 있다. 특히 110대 국정과제에 ‘국토의 디지털화(디지털 트윈 국토)’가 포함되었으며, 이를 스마트시티와 연동해 교통, 환경, 방재 등 국토·도시문제 해결에 활용한다는 계획이다.

이 글에서는 인류가 국토공간을 어떠한 방식으로 디지털화해 왔으며, 어떠한 과정을 거쳐 디지털 트윈과 메타버스로 이어지는지, 세계 각국은 국토·도시공간을 어떻게 디지털화하고 있는지 동향을 살펴보고, 우리의 현주소를 파악하여 국토공간의 디지털 대전환을 위한 방향을 제시하고자 한다.

국토공간 디지털전환의 역사와 해외 동향

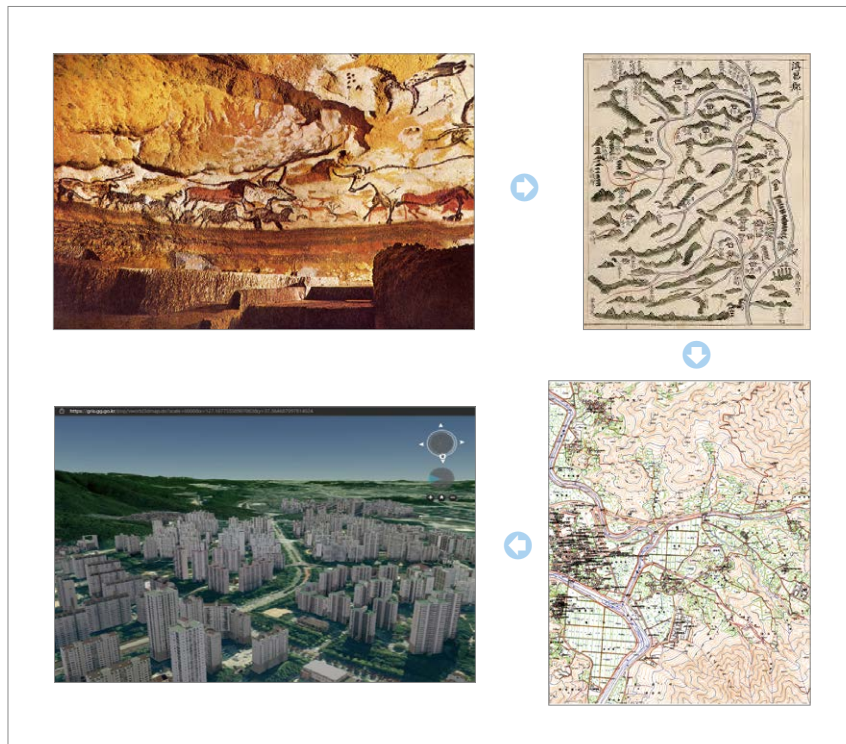
인류의 삶의 터전인 국토는 휴먼 스케일로 접근하기에는 너무나 광대하다. 그래서 인류는 수렵과 채집을 하던 시기부터 벽화나 지도를 그려 주변 환경을 기록하고, 정보를 공유해 왔다. 이후 인류는 문명의 발전과 함께 토지 개발과 경영을 위해, 또, 전쟁과 대항해 시대를 거치며 그들이 살아가는 땅에 대한 정보를 기록하는 지도 제작 기술을

지속적으로 발전시켜 왔다.

기본적으로 지도는 현실 세계의 정보를 2차원 종이 위에 축척(scale)과 추상화(abstract)를 통해 표현한 것이다(국토지리정보원 2015, p.477). 이는 협소한 종이 위에 방대한 현실 공간의 정보를 다 표현할 수도 없거니와, 설사 표현한다고 하더라도 복잡해서 알아볼 수가 없기 때문에 약속된 부호(symbol)로 단순화해 표현함으로써 필요한 정보를 명확히 전달하고자 하는 것이다.

수백 년을 이어오던 종이지도는 1980년대에 접어들어 컴퓨터의 발전과 함께 비로소 디지털로 전환되기 시작하였다. 이 시기의 디지털 지도는 종이지도를 디지털로 단순 변환(digitizing)하는 수준에 불과하였다. 이후 컴퓨터 지도학(Computer Cartography), 지리정보시스템(Geographic Information System), 지리정보과학(Geographic Information Science) 등을 발전시키면서 인류는 국토공간에 대해 더욱 정확하고 정밀한 정보를 생산하여 그 활용성을 높여 왔다(〈그림 3〉 참조).

그림 3 벽화 및 지도를 통한 정보 전달 기술의 발전



자료: 멜번비전스터디 2020; 열린순창 2020; 분시의 조경이야기 2019; UP뉴스 2021.

국토의 디지털전환은 디지털 대전환이 세계적인 흐름으로 자리 잡기 이전인 1980년대부터 꾸준히 진행되어 왔다. 다만 과거에는 기술적인 한계로 종이지도의 개념을 뛰어넘어 현실 세계를 보다 정밀하게 구현하고 활용하는 데 제약이 있었다. 디지털 지도, 항공사진, 위성영상 등 국토 정보를 담고 있는 데이터들은 태생부터 저장

(storage), 처리(processing), 분석(analytics)에 많은 자원이 요구되는 대용량 데이터이다(요즘은 이러한 데이터를 빅데이터(Big Data)라 부른다). 특히 3차원으로 표현된 국토공간 데이터는 현실 세계를 더 잘 묘사하는 만큼 데이터 양(volume)이 많아 2차원 디지털 지도의 저장과 처리, 분석에 비해 훨씬 많은 컴퓨팅 자원이 요구된다. 그래서 3차원 데이터가 유용성과 직관성이 높음에도 불구하고 2000년대 초까지는 2차원 데이터로 표현된 디지털 지도가 대세로 자리 잡았다.

3차원으로 표현된 국토공간 데이터는 2005년 구글(Google)이 구글 어스(Google Earth)를, 2009년 마이크로소프트가 Bing 맵(Bing Maps)을 공개하여 지구 전체를 3차원의 시계열 데이터로 구축하면서부터 주목받기 시작했다. 구글이 이룬 성과의 배경에는 2000년 중반, 구글이 검색엔진을 위해 만든 분산 파일 시스템과 맵리듀스(MapReduce) 기법을 공개하였고(Dean and Ghemawat 2004), 이를 기반으로 2006년에 개발한 하둡(Hadoop)이 있다. 하둡의 등장은 '빅데이터'라는 새로운 IT 트렌드가 탄생하는 배경이 되었고, 빅데이터 기술은 최근 인공지능으로 통칭되는 머신러닝(machine learning), 딥러닝(deep learning)을 위한 기반 기술이 되었다. 그리고 2017년 이후 제조업을 중심으로 '디지털 트윈'이 미래 전략기술 트렌드(Gartner 2016a)로 인식되면서 제조업뿐만 아니라 환경, 에너지, 보건의료, 재난 재해, 도시와 국토 등으로 적용 분야를 넓혀나가고 있다. 종이지도에서 출발한 국토공간 데이터는 2차원 디지털 지도를 거쳐 3차원 디지털 트윈 국토로 진화하며, 빅데이터, 인공지능, IoT 센서, 5G 네트워크 기술 등과 융복합(convergence)하며 발전하고 있다.

한편, 국토공간의 디지털전환과 관련한 해외 사례를 살펴보면 많은 나라들이 디지털 트윈을 스마트시티를 위한 데이터 인프라로 인식하고 있다. 싱가포르는 2014년부터 '스마트 네이션(Smart Nation) 프로젝트'를 국가 정책으로 추진하면서 디지털 트윈 기반의 '버추얼 싱가포르(Virtual Singapore)'를 구축하였다.

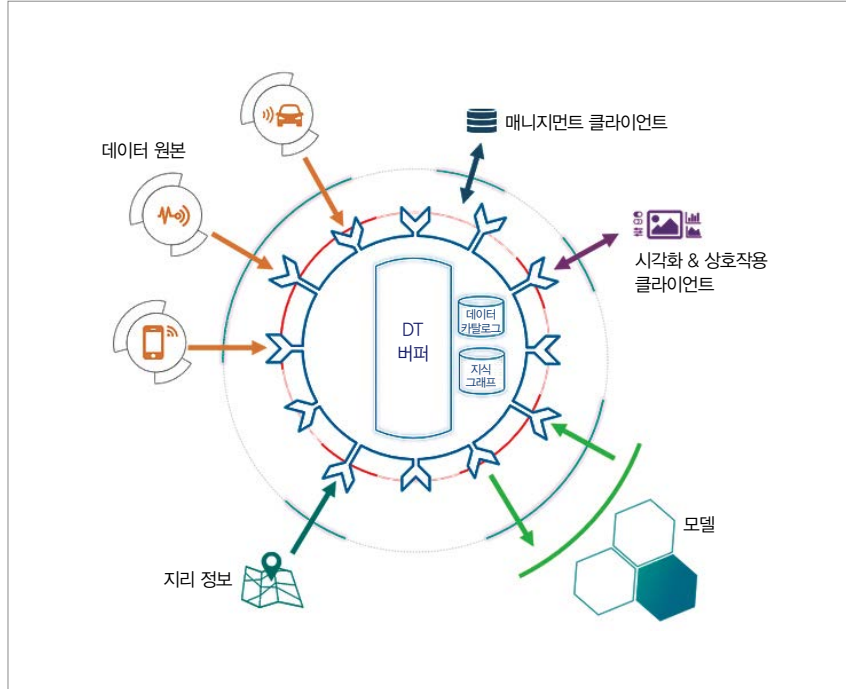
영국도 2017년 노후화된 국가 인프라를 효율적으로 관리하기 위해 빌딩 정보 모델

표 1 버추얼 싱가포르의 주요 기능

기능	활용 예시
가상 실험 (Virtual Experimentation)	3G/4G 네트워크의 커버리지 지역(통신가능구역)을 탐색하고, 커버리지 취약지역에 대한 시각화, 개선 가능 영역에 대한 하이라이트를 3D 도시모델로 제시하는 데 활용
가상 테스트베드 (Virtual Test-Bedding)	건물에서의 비상시 대피계획 수립을 위해 군중의 분산에 대한 시뮬레이션과 모델링에 활용
계획 및 의사결정 (Planning and Decision-Making)	교통 흐름과 보행자 이동패턴 분석을 위한 어플리케이션 개발 등에 활용
연구 개발 (Research and Development)	3D 도시모델을 통해 새로운 3D 툴 연구 및 개발에 활용

자료: National Research Foundation Prime Minister's Office Singapore, Virtual Singapore (<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>), 서기환, 오창화(2020)에서 재인용.

그림 4 DUET 디지털 트윈 플랫폼을 위한 T-Cell 아키텍처



자료: IEEE Internet Computing 2021.

링(Building Information Modeling, BIM) 기반의 디지털 트윈을 구축하고자 ‘국가 디지털 트윈 프로그램(National Digital Twin Programme)’을 국가 정책으로 추진하고 있다. 영국은 국가 디지털 트윈의 원활한 추진을 위해 원칙(principle)과 데이터 프레임 임워크 등 지침을 먼저 마련하였다. 호주는 영국의 국가 디지털 트윈 프로그램을 참조하여 ‘공간정보 기반 디지털 트윈(Spatially Enabled Digital Twins)’이라는 정책을 자체적으로 추진하는 중이다. 호주 국가 디지털 트윈의 특징은 기존의 국가 공간정보 인프라(National Spatial Data Infrastructure) 정책을 담당하는 공간정보위원회(ANZLIC)가 원칙과 지침을 마련하고, 스마트시티 및 BIM위원회가 이를 참조하도록 하고 있다는 것이다. 또한 국가 디지털 트윈을 위한 ‘기반 데이터(foundation data)’를 지정해 국가 공간정보 인프라(NSDI)와 같이 데이터에 대한 접근성 향상과 중복 구축 방지 등을 추구하고 있다. 유럽연합(EU)도 2014년부터 스마트하고 지속 가능한 유럽을 만들고자 ‘Horizon 2020(현재는 Horizon Europe)¹⁾ 프로그램’을 추진 중이며, 이 프로그램의 일환으로 ‘DUET(Digital Urban European Twins) 프로젝트’를 디지털전환을 위한 핵심 사업으로 추진하고 있다. 특히 유럽연합은 역내 3개 도시(벨기에 플랜더스(Flanders), 그리스 아테네(Athens), 체코 필센(Pilsen))를 선정해 스마트시티를 위

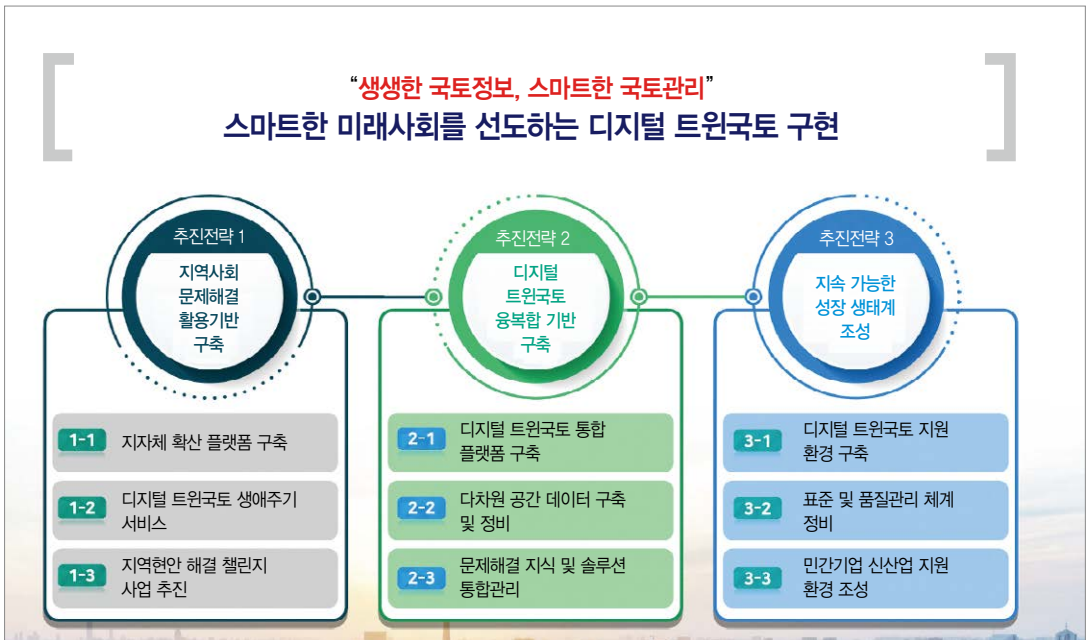
1) European Commission, What is Horizon Europe? https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en (2022년 7월 9일 검색).

한 데이터 기반으로 도시별 특색을 지닌 ‘디지털 트윈 파일럿 프로젝트’를 수행하는 중이다. 이 밖에 핀란드 헬싱키, 스페인 바로셀로나²⁾ 등 많은 국가와 도시에서 디지털 트윈 기반 스마트시티를 추진하고 있다.

대한민국 국토 디지털화의 현주소

우리나라는 1995년 ‘제1차 국가 GIS 기본계획’ 수립을 계기로 국토공간에 대한 디지털 전환을 본격적으로 추진하기 시작하였다. 특히 기존의 종이지도를 디지털화하는 ‘수치지형도 제작사업’에 많은 인력과 예산이 투입되었다. 2022년 말까지 ‘제6차 국가 공간정보정책 기본계획’이 종료될 예정이고, 현재 ‘제7차 국가 공간정보정책 기본계획’ 수립 연구가 진행 중이다. 지난 27년간 우리 정부는 약 7조 7,000억 원(국토교통부 2019, p.18)의 예산을 투입해 국토공간을 디지털화하였고, 이를 바탕으로 중앙과 지방 정부의 각종 행정업무를 전산화하였다(토지정보시스템, 도시계획정보시스템, 건축행정정보시스템, 부동산종합공부시스템 등). 이러한 성과는 행정 효율화와 그에 따른 예산 절감 및 대민서비스 개선으로 이어졌다. 물론 정책을 추진하는 과정이 순탄하지만은 않았다. 불필요한 공간 데이터의 중복생산 및 관리를 줄여 예산 낭비를 방지하기 위한 국가 공간정보 인프라(NSDI)의 핵심 요소인 ‘기본 공간정보(framework data)’는 27년이 지난 현재까지도 그 실체를 찾아보기 어렵다.

그림 5 지상·지하 통합관리 디지털 트윈 체계 정보화전략 계획(ISP) 비전 및 3대 추진 전략



자료: 국토교통부 2021a, p.35.

2) 바로셀로나 시는 2027년까지 도시를 디지털 트윈으로 구현하고, 사물인터넷과 디지털화를 통해 수집된 각종 도시 데이터를 슈퍼컴퓨터(MareNostrum supercomputer)로 분석해 도시계획 변경에 따른 영향을 예측하여 부정적인 결과를 사전에 차단하고자 함(Politto 2022).

이런 상황에서 우리는 또 다시 디지털 트윈과 메타버스(Metaverse)로 대변되는 ‘국토의 디지털 대전환’이라는 변혁기를 맞이하고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 우리 정부는 디지털 뉴딜을 통해 디지털 대전환에 대응하고 있다. 과학기술정보통신부는 정보통신산업진흥원(NIPA)을 통해 ‘5G 기반 디지털 트윈 공공선도 사업(사업기간 ‘20~’22년, 예산 300억 원)’을 추진 중이다. 정부는 2021년 9월 관계부처 합동으로 ‘디지털 트윈 활성화 전략’을 발표하였다. 국토교통부는 ‘지상·지하 통합관리 디지털 트윈 체계 정보화전략계획(ISP)’을 수립(2021)하였고, 이를 바탕으로 2022년부터 ‘디지털 트윈 국토 서비스 기반 구축사업’을 추진할 예정이다. 2021년 하반기에는 공모를 통해 10개 지자체를 선정하였고, ‘디지털 트윈국토 시범사업’도 추진하고 있다. 또한, 2022년부터 4년 9개월간 약 650억 원(국토매일 2022)의 정부 예산이 들어가는 ‘디지털 라이브 국토정보 기술개발사업’도 추진 중이다. 윤석열 정부는 ‘디지털 플랫폼 정부’를 표방하고, 국정과제로 ‘국토 디지털화’를 선정하여 본격적으로 디지털 트윈국토 구축사업에 박차를 가하고 있다(제20대대통령직인수위원회 2022, p.77). 이 외에도 정부는 2025년까지 1:1000 수치지형도와 같은 데이터 구축과 고정밀 위치정보 서비스 강화, 측량 데이터의 융복합 활용 확대 등에 1조 2천억 원의 예산을 투입할 예정이다(국토교통부 2021b, pp.38-41).

디지털 트윈 국토의 구현은 국가 공간정보 인프라(NSDI)와 마찬가지로 범정부 차원에서 협력과 조정, 즉, 거버넌스가 매우 중요한 과제이다. 그러나 현재까지 정부 부처에서 제시하는 정책들이 부처 간 잘 조율되고 다듬어졌는지에 대해서는 다소 의심스러운 부분이 있다. 과학기술정보통신부가 주도한 ‘디지털 트윈 활성화 전략’은 일부 디지털 트윈 관련 신규 사업을 포함하고 있지만, 상당 부분이 관계부처에서 기존에 추진하던 사업을 디지털 트윈으로 포장(?)하여 짜깁기한 모양새다. 전략의 내용 측면에서도 과학기술정보통신부의 시각에서 작성되다 보니 ‘국토의 디지털 대전환’과는 다소 거리가 있어 보인다. 국토교통부가 추진하는 ‘지상·지하 통합관리 디지털 트윈 체계 정보화전략계획(ISP) 수립(2021)’과 ‘디지털 트윈국토 시범사업’이 그나마 국토의 디지털 대전환과 관련성이 높지만, 디지털 트윈국토 데이터 및 플랫폼 구축과 활용 모델 발굴에만 초점이 맞춰져 있다. 국토의 디지털 대전환을 위해서는 이 외에도 담론으로서 디지털 트윈국토 구현을 위한 원칙(principle)과 관련 기술 개발, 부처/부서 간 연계협력 방안, 데이터 표준과 구축 지침, 관련 법제도 개선, 시범사업, 시물레이션 모형 개발, 데이터 보안 및 개인정보보호 대책, 인력 양성 등 다양한 요소가 고려되어야 한다.

국토의 디지털 전환 방향

국토공간의 디지털 대전환은 단순히 3차원 국토공간 데이터의 구축과 플랫폼 개발로 완성되는 것이 아니다. 가트너의 디지털 트윈 구축 3단계 모형(Gartner 2016b)에 따르면 데이터와 플랫폼 구축은 디지털 트윈의 1~2단계 정도로 시작 단계에 불과하다.

진정한 국토의 디지털전환은 디지털로 모사(mirroring)된 가상 국토에서 IoT 센서로 수집한 실시간 현상 데이터를 기반으로 분석·예측·시뮬레이션하여 국토·도시 관리를 과학화, 지능화, 자동화함으로써 완성될 것이다. 정부는 국토의 디지털전환을 실현해 나가는 과정에서 데이터나 플랫폼의 불필요한 중복 구축 및 관리를 방지하고, 국토공간 데이터의 접근성 향상을 위한 정책을 잘 수립하여야 한다. 과학기술정보통신부, 국토교통부, 행정안전부 등 관계부처/부서 간 협업은 정책 성공의 필수 요소이다. 국토의 디지털전환은 데이터 인프라 구축에 초점을 맞춰야 하며, 정부는 이를 기반으로 보다 스마트한 도시와 국토의 이용, 보존 및 관리와 한 단계 성숙된 대한민국 서비스를 제공해야 한다. 한발 더 나아가, 이러한 정책이 디지털 트윈 국토가 기반이 되는 메타버스 세상의 실현으로 이어져 새로운 산업의 창출과 경제 발전의 초석이 되어야 한다. 🍀

참고문헌

- 국민의힘 대통령후보 윤석열 블로그, 2022. 디지털지구 시대, 대한민국을 디지털경제 패권국가로 만들겠습니다. <https://blog.naver.com/yoonsukyeol/222633868970> (2022년 7월 30일 검색).
- 국토교통부, 2019. 2019년도 국가공간정보정책 연차보고서. 세종: 국토교통부.
- _____. 2021a. 또 하나의 대한민국 디지털 트윈국토가 미래를 디자인하다. 지상·지하 통합관리 디지털트윈 체계 정보화전략계획(ISP) 중간보고 자료. 세종: 국토교통부.
- _____. 2021b. 제2차 국가측량기본계획. 6월 14일 발표.
- 국토매일, 2022. 단군 이래 두 번째 '디지털국토정보 기술개발사업' 미워도 다시 한 번. 2월 17일. <http://www.pnnews.co.kr/105560> (2022년 7월 9일 검색).
- 국토지리정보원, 2015. 한국 지도학 발달사. 수원: 국토지리정보원.
- 뉴스로, 2021. 정부 합동 '한국판 뉴딜 2.0 추진계획' 발표. 7월 14일. <https://www.newsro.kr/정부-합동-한국판-뉴딜-2-0-추진계획-발표> (2022년 7월 8일 검색).
- 멜번비전스터디, 2020. 원시시대의 미술 '알타미라 동굴 벽화'. 12월 19일. <https://www.visionstudy.net/entry/원시시대의-미술-알타미라-동굴-벽화> (2022년 7월 9일 검색).
- 서기환, 오창화, 2020. 가상국토 구현을 위한 디지털트윈 정책방향. 세종: 국토연구원.
- 열린순창, 2020. [고지도] 18세기 제작 《지승》 속 '순창군 지도'. 6월 24일. <http://www.openchang.com/news/articleView.html?idxno=32159> (2022년 7월 9일 검색).
- 제20대대통령직인수위원회, 2022. 윤석열정부 110대 국정과제. 서울: 제20대대통령직인수위원회.
- 핀시의 조건이야기, 2019. [수치지도] 수치지형도 활용하기(1)_지도란 무엇인지, 사용이유, 축적종류. 2월 12일. <https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=dgftg&logNo=221464190964> (2022년 7월 9일 검색).
- Dean, Jeffrey and Sanjay, Ghemawat, 2004. MapReduce : Simplified Data Processing on Large Clusters. OSDI'04: Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, San Francisco, CA: OSDI.
- European Commission. What is Horizon Europe? https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en (2022년 7월 9일 검색).
- Gartner, 2016a. Gartner's Top 10 Technology Trends 2017, October 18, <https://www.gartner.com/smarterwith-gartner/gartner-top-10-technology-trends-2017> (2022년 7월 9일 검색).
- _____. 2016b. Use the IoT Platform Reference Model to Plan Your IoT Business Solutions. Setember 17.
- IEEE Internet Computing, 2021. DUET: A Framework for Building Secure and Trusted Digital Twins of Smart Cities. February 24, vol. 26: 43-50.
- Politico, 2022. Barcelona bets on 'digital twin' as future of city planning: New scheme aims to ensure planning is based on solid data, rather than political whim, May 18. <https://www.politico.eu/article/barcelona-digital-twin-future-city-planning/> (2022년 7월 9일 검색).
- UPI뉴스, 2021. 경기부동산포털, 최신 항공사진·3D지도 등 서비스 제공. 8월 12일. <https://www.upinews.kr/newsView/upi202108120002> (2022년 7월 9일 검색).
- World Economic Forum, 2018. Digital Transformation Initiative In collaboration with Accenture, Executive Summary.