

2022
1. 10

KRIHS POLICY BRIEF
No. 849

발행처 국토연구원
발행인 강현수
www.krihs.re.kr



국토정책 Brief

KRIHS POLICY BRIEF

디지털 트윈국토의 가치와 생태계 조성을 위한 추진 원칙



주요내용

- ① **‘디지털 트윈’ 개념** 디지털 트윈은 현실의 객체를 디지털로 재현(복제)하고 IoT(사물인터넷) 센서 등으로 현실 및 디지털 객체를 연결·동기화하여 현실의 데이터로부터 시사점을 얻고 현실 객체에 대한 운영과 의사결정 최적화에 활용하는 기술
- ② **‘디지털 트윈국토’ 개념** 국토·도시 공간에 대한 디지털 트윈으로 자연 및 인공객체(하천·건물·도로 등)에 대한 디지털 복제본을 생성하여 연결·동기화하고 복제본들을 연계·연합하여 현실세계 모니터링, 과거 이력 추적, 분석, 예측, 시뮬레이션, 자율제어 등에 활용함으로써 성과를 얻는 체계
- ③ **디지털 트윈국토의 혜택** 인프라 운영비용의 감소와 위험관리방안이 개선되며 효율적 의사결정이 가능해짐에 따라 국가생산성 향상, 공익 증가, 새로운 시장가치 창출, 자원 활용의 효율성 증가, 시민참여와 이해 향상 등과 같은 혜택을 누릴 것으로 기대
- ④ **디지털 트윈국토 추진의 장애요소** 관계자 인터뷰 결과, ① 디지털 트윈(국토)에 대한 추상적 정의, ② 부처 간 협업체계 미비, ③ 데이터 통합 및 연계(연합)에 대한 인식 부족, ④ 상호운용성의 미비, ⑤ 낮은 기술 수준과 인력 부족 등이 장애요소로 도출

원칙과 정책제언

- ① **디지털 트윈국토 생태계를 위한 원칙** 디지털 트윈국토는 개별 디지털 트윈들이 연합된 데이터 생태계로 이를 위해 목적, 동기화, 연합, 기술·인력, 데이터 통합, 거버넌스, 상호운용, 데이터 품질, 개방, 보안 등에 대한 10대 추진원칙을 제안
- ② **생태계 조성을 위한 협력·공유체계 구축** 디지털 트윈국토(국가디지털트윈) 정책을 선도하는 각 부처로 구성된 협력체계를 구성하여 합동으로 로드맵을 제시하고, 개별 디지털 트윈 추진 주체들이 정보를 공유하고 정책에 대한 이해·합의와 논의가 이뤄지는 환경(또는 플랫폼)을 제공(예: 영국의 디지털트윈 허브, <https://digitaltwinhub.co.uk/>)
- ③ **디지털 트윈국토 구현·운영 표준 마련** 디지털 트윈국토 구현(데이터 구축·연결)과 운영(시뮬레이션·가시화·현실제어 등) 등을 위한 표준 마련과 이를 위한 범부처의 적극적인 협력과 일관성 있는 정책추진 필요

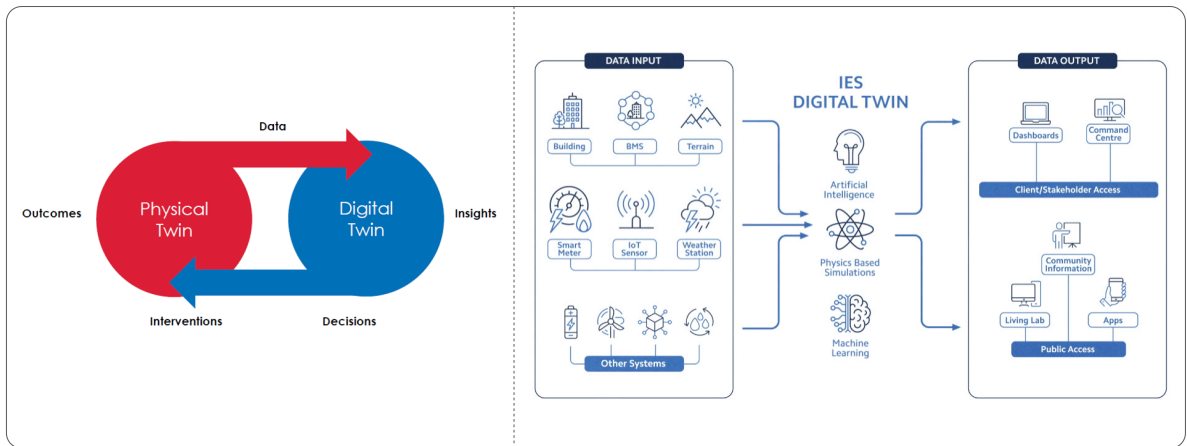
성혜정 부연구위원
임은선 선임연구위원

1

디지털 트윈국토의 개념과 특징

(디지털 트윈) 현실 세계의 물리적 자산, 프로세스, 사람, 장소, 시스템 및 장치의 디지털 복제본(Replica)을 생성하여 현실 객체의 데이터로부터 인사이트를 얻고 현실 문제에 활용함으로써 성과를 얻는 것(Gartner)
 (국토·도시에 대한 디지털 트윈) 현실 세계 모니터링, 문제 분석, 해결방안 모색, 정책의사결정 등에 활용하기 위해 자연 및 인공 환경에 대한 디지털 복제본을 구현하고 현실 객체와 연계하여 국토 및 도시 문제 해결에 활용하여 성과를 얻는 체계

그림 1 디지털 트윈 개념과 건조환경(Built Environment)에서의 디지털 트윈



출처: 성혜정 외 2021, 18 (원자료는 CDBB et al. 2019).

출처: 성혜정 외 2021, 30 (원자료는 IES. Digital Twins for the Built Environment, 2021년 7월 15일 검색).

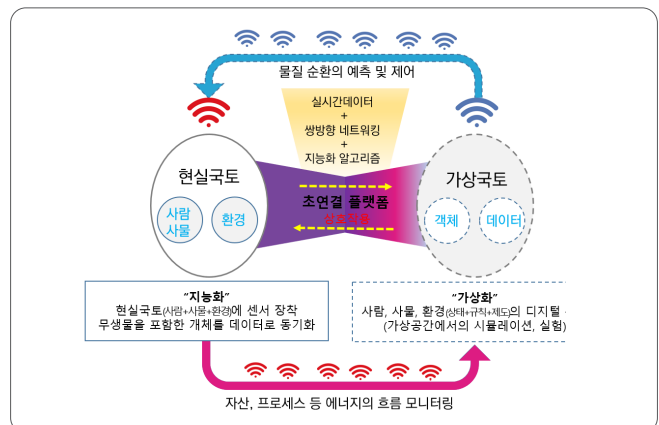
(디지털 트윈의 특징) 현실과 가상공간의 ‘연결(동기화)’과 ‘지능화’로 현실 세계를 가상세계에 현실의 데이터를 활용하여 ① 실감 있게 표현함으로써 현실 문제에 대한 이해를 높이고, ② 가상세계에 시뮬레이션해 봄으로써 현실 세계에 어떤 영향을 끼칠 것인가를 예측하여 의사결정에 활용할 수 있음

- 마이크로소프트사는 디지털 트윈을 통해 현실 세계 모니터링, 과거 이력 추적, 분석, 예측, 시뮬레이션, 자율제어 등이 가능함을 제시(이건복 2021)
- 싱가포르에서는 인허가서비스 및 에너지 생산량 예측 등에 디지털 트윈을 활용하고 있으며(NRF 2021), 스위스 취리히시는 도시개발계획, 도시기후관리, 도시계획절차 시민참여 등에 디지털 트윈을 활용(Gerhard Schrotter et al. 2020)

디지털 트윈국토의 개념

- ‘국토의 인문 및 자연환경에 대한 자산, 활동, 과정(프로세스), 시스템(서비스)들이 초연결된 플랫폼에 재현되고 현실과 동기화되어 인사이트를 제공하는 개별 디지털 트윈들이 연결되어 상호작용하는 지능화된 데이터 생태계로 정의할 수 있음

그림 2 디지털 트윈국토의 개념적 특징



출처: 성혜정 외 2021, 31.

2

디지털 트윈국토의 가치와 생태계

현실 세계와 연결된 데이터의 공유 활용, 의사결정 효율화로 얻는 사회·경제적 가치

디지털 트윈국토(국가디지털트윈)는 가상세계에서 현실과 연결한 실데이터를 다양한 출처에서 제공되는 데이터들과 연계 활용하여 예측·시뮬레이션뿐 아니라 현실제어까지도 가능하게 함으로써 인프라 운영비용의 감소, 효율적 의사결정, 위험관리 개선, 국가생산성 향상, 자원의 효율성 증대, 시민참여 증대 등의 혜택을 제공할 것으로 기대

그림 3 디지털 트윈국토(국가디지털트윈)의 혜택

사회적 혜택	경제적 혜택	사업적 혜택	환경적 혜택
<ul style="list-style-type: none"> • 이해당사자의 투명한 참여 • 고성능 인프라 및 서비스를 통한 공익 증가 	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능, 회복탄력적 인프라로 국가 생산성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 시장, 서비스 비즈니스 모델 창출 • 고성능 인프라를 통한 비즈니스 효율성 향상 • 불확실성 감소 및 더 나은 위험관리 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업중단 및 낭비 감소 • 더 많은 재사용 가능 • 자원의 효율성 증가 → 순환경제

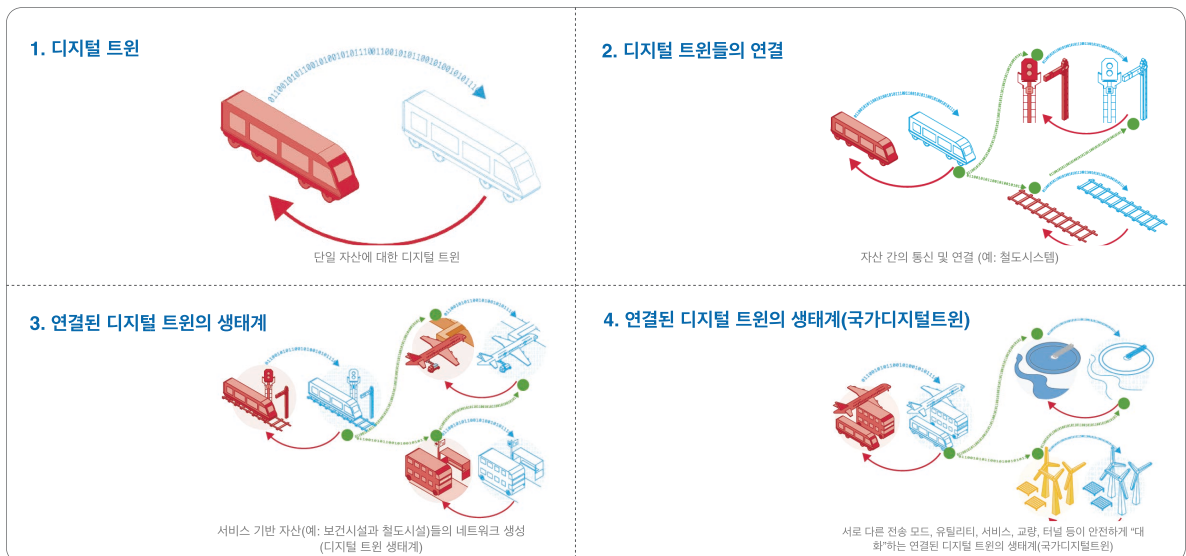
출처: 성혜정 외 2021, 38 (원자료 CDBB, What we do. <https://www.cdbb.cam.ac.uk/what-we-do/national-digital-twin-programme>, 2021년 7월 15일 검색).

디지털 트윈국토는 개별 디지털 트윈들이 연결된 디지털 트윈들의 연합생태계로 조성될 때 가치가 극대화

디지털 트윈국토는 개별 디지털 트윈들이 연결되고, 연결된 디지털 트윈의 연합체가 다시 연결되어 생태계를 이루게 되며(Kirsten 2019), 상호운용성이 있는 데이터들을 공유하고 활용함으로써 가치 창출(ANZLIC 2019)

- 공간정보는 디지털 트윈 생태계에서 각 트윈들이 연결될 수 있는 기반 위치정보를 제공하여 데이터 통합의 주된 역할을 함(ANZLIC 2019)

그림 4 디지털 트윈국토(국가디지털트윈)의 연결된 생태계 모습



출처: Kirsten Lamb 2019, 7-9.

3

디지털 트윈국토 발전단계와 추진 장애요소

디지털 트윈국토의 발전단계는 복제 → 연결 → 최적화 → 통합 → 연합 → 자율운영 단계를 거칠 것으로 예상

개별 디지털 트윈들이 연합하여 이뤄질 디지털 트윈국토는 한 번에 단일한 모습으로 구현하기는 어려우며, 연계 정도에 따라 ① 현실 객체의 디지털 복제, ② 현실과 가상의 연결, ③ 통합 및 최적화, ④ 양방향 통합, ⑤ 상호연계(연합), ⑥ 자율운영 단계의 모습을 거쳐 발전할 것으로 예상

표 1 디지털 트윈국토의 발전단계

발전단계		정의	설명
1. 복제		디지털 트윈객체(2D/3D 모델) 생성	<ul style="list-style-type: none"> 현실 객체의 물리적 특성을 실감형 디지털 객체로 모사 디지털 트윈국토 데이터 기반 조성 실감형 모델 확보
2. 연결		현실 객체와의 연결(IoT, 센서)	<ul style="list-style-type: none"> 네트워크를 통해 현실 객체와 디지털 객체가 연결되고 모니터링이 가능
3. 통합 및 최적화		데이터 통합과 시뮬레이션/최적화	<ul style="list-style-type: none"> 연계할 타 분야/기관/기기 들의 데이터를 통합하고 분석모델 및 시뮬레이션 모델들을 활용하여 사용자가 원하는 예측/최적화
4. 양방향 통합		현실 및 가상 객체 간 양방향 데이터 통합과 상호작용	<ul style="list-style-type: none"> 현실 상태 제어(디지털에서 물리적 제어)도 가능
5. 상호연계		상호 연계된 디지털 트윈국토 체계	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 간 연계(연합)/최적화
6. 자율운영		자율운영·유지관리	<ul style="list-style-type: none"> 초연결 융합플랫폼의 자율운영 및 지능형 국토 완성

출처: 성혜정 외 2021, 57.

디지털 트윈국토 추진 장애요소 도출

디지털 트윈국토 생태계가 건강하게 조성되고 활성화하기 위한 원칙도출에 앞서 디지털 트윈국토 추진상의 장애요인을 도출하기 위한 관계자 인터뷰 결과, ① 디지털 트윈의 추상적 정의, ② 협업체계 미비, ③ 데이터 통합에 대한 인식 부족, ④ 상호운용성 미비, ⑤ 낮은 기술수준과 인력 부족 등이 도출됨

그림 5 디지털 트윈국토 추진 장애요소

<p>정의</p> <ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈(국토)에 대한 정의 불분명 디지털 트윈(국토) 기초연구 부족 	<p>목적과 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈을 만능박스로 생각 디지털 트윈을 통해 무엇이든 다 해결하고자 함 활용처와 목적이 불분명 	<p>거버넌스</p> <ul style="list-style-type: none"> 부처 간 협력 필요: 국토교통부 - 과학기술정보통신부 부처 간 협력 필요: 지자체 내 부서 간 협력 필요 분야 간 협력 필요: 공간정보분야 뿐만 아니라 IoT, AI 등 다양한 분야와의 협력 필요 	<p>데이터 통합</p> <ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈(국토)에 대한 정의 불분명 디지털 트윈(국토) 기초연구 부족
<p>상호운용성</p> <ul style="list-style-type: none"> 상호운용성의 중요성 인식 디지털 트윈 연계와 연합을 위한 표준 마련 및 이행 필요 	<p>기술수준</p> <ul style="list-style-type: none"> 기술력 강화 필요 높은 외산제품 및 기술의존도 	<p>인력수준</p> <ul style="list-style-type: none"> 시각화, 분석, 시뮬레이션 등 인력부족 게임회사로의 3D 인력유출 	<p>보안과 프라이버시</p> <ul style="list-style-type: none"> 보안 중요성에 대해 공감하나 우선순위가 높지 않음 외산 보안 솔루션에 대한 의존 개인정보보호를 위한 원칙 필요

출처: 인터뷰 결과를 토대로 저자 작성.

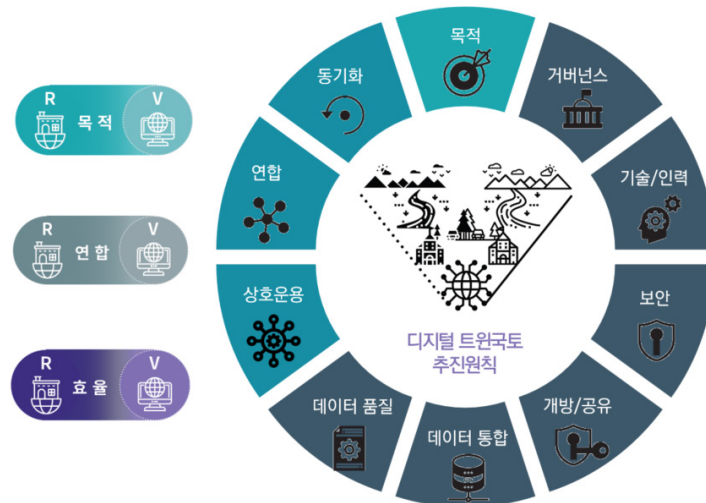
4

디지털 트윈국토 추진원칙

디지털 트윈국토의 가치와 생태계, 발전단계, 추진 장애요소 등을 바탕으로 목적·효율·연합의 3대 방향성을 설정했으며 디지털 트윈국토 가치구현을 위해 이해당사자들이 공유하고 확인해야 할 10개 원칙을 정립

- **(목적: 공익추구)** 디지털 트윈국토는 우리 사회가 지향하는 바람직한 사회구현, 즉, 지속가능한 대한민국을 구현하기 위한 공동체의 이익을 추구하는 의사결정과 문제해결을 위한 목적으로 추진
- **(효율: 경제가치)** 디지털 트윈국토는 데이터의 생산·공유·활용을 통해 각 분야의 경제적 이익을 창출하고, 비용과 소요 시간을 감소시켜 사회시스템의 효율성을 높이는 방향으로 추진
- **(연합: 표준호환)** 다양한 형태의 개별 디지털 트윈을 연결·연합하여 도시 및 국토 차원에서 활용하기 위해서는 위치 좌표계, 데이터 표준, 연계 표준 등을 제공·준수하여 상호운용성을 확보하는 방향으로 추진

그림 6 디지털 트윈국토 가치구현을 위한 원칙



원칙 요소	설명
목적	공동체의 문제해결과 이익 추구를 우선으로 해야 하며, 현실사회 문제를 해결할 수 있는 통찰력 제공하도록 분명한 목적을 설정하여 추진
동기화	현실 세계의 형태와 상태변화를 디지털화된 가상 객체에 가능한 실시간으로 현행화하여 동시성을 최대한 확보
연합	개별 디지털 트윈들을 연계하고 연합하여 디지털 트윈국토를 운영할 수 있는 방향으로 추진
기술/인력	디지털 트윈국토를 위해 공간정보(3D 모델), IoT, 시뮬레이션 등 다양한 기술과 인력을 확보
데이터 통합	현실 객체와 가상 객체와의 데이터 통합, 디지털 트윈 간의 데이터 통합 등을 통해 최적화된 모델링 및 시뮬레이션을 제공
거버넌스	디지털 트윈국토에 연계되는 각 기관의 책임과 역할을 분명하게 규정하고 협력적으로 거버넌스체계를 운영
상호운용	개별 디지털 트윈 간 상호운영(연결/연합)이 가능해야 하며 이를 위해 표준 및 규칙을 준수해야 함
데이터 품질	디지털 트윈국토의 데이터는 그 정확도와 신뢰성을 확보하여야 함
개방	데이터의 소유권, 책임 등을 명확히 인정하고 데이터를 적극 개방하여 장벽 없이 공동으로 활용할 수 있어야 함
보안	개인정보를 보호하고, 접근권한의 설정 및 준수 등 안전한 데이터 활용 환경을 마련해야 함

출처: 성혜정 외 2021, 76의 그림과 74의 내용을 바탕으로 저자 제작성.

5

디지털 트윈국토의 가치 창출을 위한 정책제언

디지털 트윈국토 본연의 가치를 얻기 위해서는 디지털 트윈국토의 체계적인 구현 및 운영, 지속적인 활용이 가능한 생태계 조성을 정책목표로 지향해야 하며, 장기적인 비전과 안목을 가지고 다양한 변화에 적응하며 추진해야 함

영국과 호주 등에서는 디지털 트윈국토와 유사한 개념인 국가디지털트윈을 추진하면서 많은 이해당사자들이 공통으로 이해하고 공감할 수 있는 원칙 제시를 가장 우선 추진했음

원칙 수립과 활용은 당장의 사업성과를 내야 하는 우리나라 정책환경에서 적용이 어려울 수도 있겠지만, 디지털 트윈들의 연합된 생태계인 디지털 트윈국토가 되기 위해서는 단발성의 가시적 성과에 치중하기보다 장기적인 안목을 가지고 추진하는 것이 바람직함. 이를 위해서는 체계적인 정책환경 조성이 우선되어야 함

- **(협력체계 구성 및 합동 로드맵 수립)** 다양한 조직 및 기관이 참여해야 하는 만큼 실질적으로 운영이 가능한 협력체계 구성이 우선되어야 하며, 협력체계에서 합동으로 로드맵을 수립할 필요가 있음
- **(디지털 트윈국토 추진 주체들의 공유의 장 마련)** 디지털 트윈을 추진하는 각 기관이 정보를 공유하고 합의할 수 있는 환경(예: 영국 CDBB의 DT-Hub)을 조성하여 디지털 트윈의 정의, 사업계획, 연계 방법 등 다양한 논의가 이뤄지도록 해야 함
- **(디지털 트윈국토 구현 및 운영 표준 마련)** 디지털 트윈국토가 진정한 가치를 창출하기 위해서는 그 구현(데이터 구축·연결)과 운영(시뮬레이션 및 가시화, 현실제어 등)을 위한 표준 정립 및 준수가 절실하며, 이를 위한 범부처 차원의 적극적인 협력과 일관성 있는 수행체계 마련이 시급함

참고문헌

- 이건복. 2021. 진정한 메타버스의 시작점, 디지털 트윈. 코리아 디지털 트윈 & 메타버스 그랜드 웨비나 2021 발표 자료. <https://www.youtube.com/watch?v=xah8wXk7eJw> (2022년 1월 6일 검색).
- ANZLIC(The Australia and New Zealand Land Information Council). 2019. Principles for Spatially Enabled Digital Twins of the Built and Natural Environment in Australia. Canberra: ANZLIC.
- CDBB, University of Cambridge. 2019. The National Digital Twin - An ecosystem of connected digital twins enabling better decisions faster across the built environment. EU-BIM Task Group 발표 자료. 2019.08.
- _____. Centre for Digital Built Britain <https://www.cdbb.cam.ac.uk/what-we-do/national-digital-twin-programme> (2021년 7월 15일 검색).
- Gartner. Gartner Glossary-Digital Twin. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digital-twin#:> (2021년 4월 14일 검색).
- Gerhard Schrotter, Christian Hürzeler. 2020. The Digital Twin of the city of Zurich for Urban Planning. Newyork: Springer.
- IES. Digital Twins for the Built Environment. <https://www.iesve.com/digital-twins> (2021년 7월 15일 검색).
- Kirsten Lamb. 2019. Principle-based digital twins: a scoping review. Center for Digital Built Britain.
- National Research Foundation(NRF).Virtual Singapore. 2021. <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore> (2021년 4월 15일 검색).

※ 이 브리프는 "성혜정·임은선. 2021. 디지털 트윈국토의 가치와 추진원칙 연구. 세종: 국토연구원"의 결과를 정리한 것임.

• **성혜정** 국토연구원 공간정보사회연구본부 부연구위원
(hjsung@krihs.re.kr, 044-960-0407)

• **임은선** 국토연구원 공간정보사회연구본부 선임연구위원
(esim@krihs.re.kr, 044-960-0413)

