

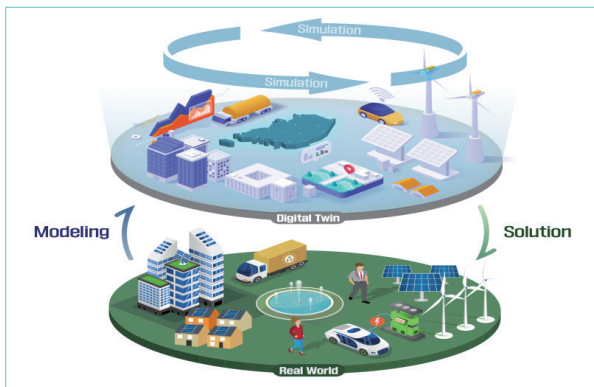
디지털 트윈을 이용한 영국·일본 도로 관리 사례

연치형 국토연구원 연구원

국내 도로교통 분야 디지털 트윈 활용

2020년대에 들어 여러 공공 인프라 분야에서 디지털화의 바람이 불고 있다. 이에 도로교통 분야에서도 도로정보에 대한 디지털화 추진에 대한 필요성이 꾸준히 제기되어 왔으나, 도로법에 따라 11.3만km에 이르는 도로가 소관 도로관리청¹⁾이 각기 다르기 때문에 관리 방법 및 수준이 상이하여 이를 통합하여 시스템으로 운용하기 어려운 실정이었다. 이에 국토교통부는 도로의 신설 및 변경 시 도로대장을 표준화된 디지털 규격으로 작성하여 국토교통부에 제출하도록 함으로써 이를 토대로 전국의 도로정보를 포함하는 통합 디지털 도로대장 시스템을 구축할 예정이다.

▶ 디지털 트윈 개념도



자료: 국토교통부 보도자료(2022)

특히 국토교통부는 '23년부터 세부적인 추진 방안, 법·제도적 기반 등을 마련하여 '27년까지 고속국도, 지방도, 시·군·구도 등의 단계적인 디지털화를 추진하고 향후 전국단위의 디지털 도로대장을 민간에 개방할 계획이며, 디지털 트윈의 구축으로 도로서비스의 향상과 최신 도로정보의 개방이 민간의 신사업 창출 지원으로 이어지기를 기대하고 있다.

이뿐만 아니라 국토교통부는 지역문제 해결을 위해 '디지털 트윈 시범 사업'을 진행하여 7개 지자체에서 교통, 환경 등 다양한 도시 문제를 디지털 트윈 기술을 활용하여 효과적으로 해결할 수 있는 혁신아이디어를 발굴하고 시험하는 등 디지털 트윈이 다양한 행정분야에 활용될 수 있는 가능성을 보여주었다.

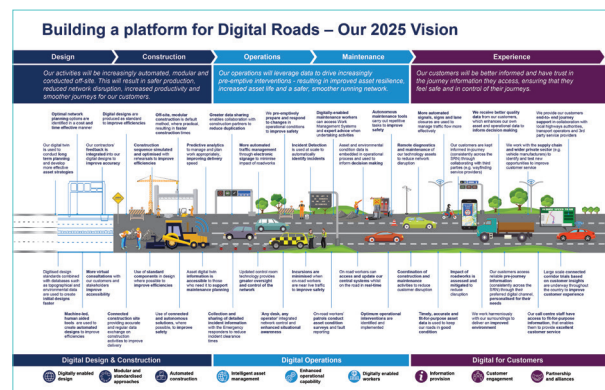
디지털 트윈이 도로 등 인프라의 설계부터 유지관리까지 생애주기 각 단계에 걸쳐 구축과 활용이 가능하며, 기존 설계 및 유지관리 방식에 비해 설계자 및 작업자, 이용자 측면에서 모두 안전하며 탄소중립 및 비용절감, 교통운영관리 효과까지 볼 수 있어 해외에서 많은 각광을 받고 있다.

본 기고문에서는 이와 관련하여 디지털 트윈을 이용한 도로관리 프로젝트 또는 시설을 운용 중인 해외의 사례를 소개하고 기술의 발전과 변화하는 사회에 대응하는 디지털 트윈 도로 유지관리 정책의 방향성에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

영국 Connect Plus, M25 고속도로 디지털 트윈 프로젝트

영국 고속도로 관리기관인 National Highways는 2021년 'Digital Roads' 계획을 수립하였다. 향후 디지털 설계 및 시공, 디지털 자산운영 및 유지보수, 교통안전 부분의 디지털화 등 영국 고속도로 인프라 전반에 걸쳐 건설부터 운영관리까지 디지털로 전환하기 위한 기간을 2025년까지 적용하며, 현재 RIS3(2025~2030)²⁾에 대한 비전 및 접근방식을 계획하고 있다는 특징이 있다. 이러한 과정을 통해 영국 정부는 자동화된 디지털 설계, 표준화된 제품 및 방법론을 기반시설 제공에 포함시키고자 한다.

▶ 영국 Digital Roads 계획의 2025년 로드맵



자료: Digital Roads 계획(2021)

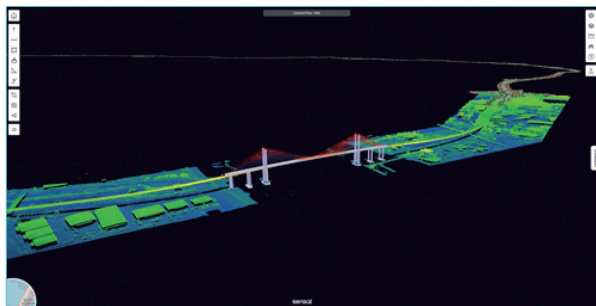
영국의 Connect Plus 컨소시엄은 National Highways로부터 영국에서 가장 혼잡한 고속도로 중 하나인 M25 고속도로와 주요 간선도로 운영을 위탁받아 수행하는 프로젝트에

서 디지털 매핑을 포함한 디지털 트윈을 실제로 구현하였다. 디지털 트윈 구현을 위해 수행사인 Connect Plus社の 기조 데이터와 컨소시엄 내 Osborne社の 운영관리 노하우를 통해 고급 드론 데이터 캡처 및 시각화 기능을 사용하여 30일 동안 230억 개의 데이터 포인트와 85,000개의 고해상도 이미지를 캡처하였다.

구체적으로 민간 항공국(Civil Aviation Authority)의 승인을 받아 M25 고속도로 내에서 드론을 사용하여 물리적 사진 측량 데이터(사진 또는 디지털 사진 이미지를 사용하여 신뢰할 수 있는 측정을 수행하는 알고리즘)를 원격으로 캡처하여 도로 표면과 위에 있는 시설물들 찾는 데 사용되었다. 드론을 이용한 캡처 방식은 교통 관리를 위한 추가적인 시설물이나 차선 폐쇄 없이 안전하고 효율적으로 디지털 트윈을 구현할 수 있는 방법으로서 영국에서 가장 혼잡이 심한 고속도로와 인접 간선도로들에 대해 정확하며 지리적으로 연동된 2D 및 3D 데이터로서 제작되었다.

드론 캡처 데이터는 이미지와 데이터를 도로 네트워크의 3D 모델로 변환하여 '시각화'되었다. M25 고속도로 환경의 디지털 트윈을 만드는 데 사용되어 M25 고속도로에 대한 핵심 데이터로서 운영사의 유지관리 계획 및 의사 결정을 지원하고 궁극적으로 실시간 고속도로 환경에서 직접적인 물리적 측량을 수행할 필요성을 줄였다.

▶ 영국 M25 고속도로 드론 캡처 데이터 시각화



자료: Connected Plus 보도자료

실제로 이러한 디지털 트윈을 이용한 유지관리를 수행하였을 때, 사전 작업을 위한 차선 제한을 줄일 수 있어 혼잡을 완화하고 도로 작업자의 실시간 교통 안전 위협에 대한 노출을 줄였다. 또한, 기존 조사 지점 사이를 이동하는 지상 작업 차량을 줄임으로써 기존 조사 방법에 비해 탄소 배출량을 95% 줄였다고 Connect Plus 컨소시엄은 설명하였다.

UK Connect Plus 컨소시엄은 M25 고속도로 디지털 트윈 프로젝트에 대해 가장 혼잡한 고속도로에 대한 교통 및 유지관리 부문에서 드론 캡처 데이터를 이용한 디지털 트윈을 생성함으로써 유지관리 개선 및 작업 중 혼잡과 탄소 배출을

줄이고, 더 나아가 모든 도로 이용자에게 대한 안전을 강화할 수 있다는 점에서 교통계획, 유지관리 모니터링 및 의사 결정을 지원할 훨씬 더 광범위하고 통합된 디지털 트윈을 만드는 첫 번째 이정표라고 설명한다.

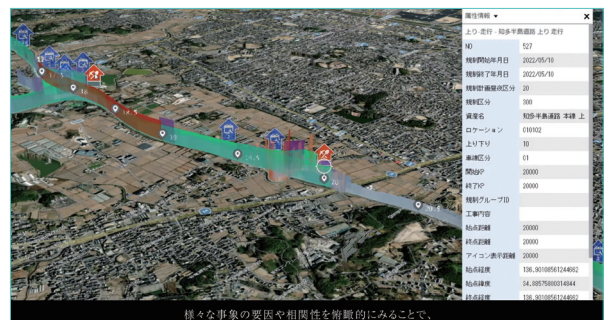
일본 NTT 도코모, 디지털 트윈 도로 운영 실증

현재 일본에서는 고령화와 인구 감소가 가속해 가는 한편, 사회 인프라는 노후화되고 있어 유지관리나 갱신에 드는 비용은 증가하고 있다. 사회 전반에서 일어나는 이러한 문제 해결을 위해 민간 연계 프로젝트들이 특히 일본 내에서 주목받고 있으며, 민간의 기술이나 자금, 노하우를 살려 사회 인프라를 효율적으로 관리하는 것은 최근 들어 일본에서 가장 중요하게 여겨지고 있다. 사회 인프라 중에서도 규모가 큰 도로는 유지관리와 갱신의 효율화가 필수적인 상황이다.

특히 도로 운영 및 유지관리는 도로의 장기적인 유지관리를 위해서 장래의 예측 데이터에 근거하여 10년 단위로 도로 운영과 관련된 항목들에 대해 자원을 배분하고 각 시설물 자산을 언제, 어느 우선순위로 보수할지에 대해 최적의 의사 결정에 의한 '예측 가능한 관리'가 중요하다. 하지만 이러한 장래 유지관리 예측을 위해서는 도로 운영에 관한 다양한 데이터가 필요하며, 이러한 데이터들도 대부분 미흡한 상황이다.

이러한 배경 하에 도코모社, 컴웨어社, 인프로니아社は 도로 운영을 위한 새로운 경영관리 모델인 "Digital Twin Road Management" 구상을 확립하고 도로 운영·유지관리에 필요한 데이터를 취득·분석·가시화함으로써 도로 운영·경영에서의 의사 결정의 고도화를 목표로 하였다. 구상의 핵심은 도로 유지관리에 필요한 각종 데이터로부터 장래 유지관리 소요를 예측해 디지털상에 가시화하는 것으로, 알고리즘에 근거한 합리적인 유지관리 판단을 가능하게 할 계획이다. 구체적으로 도로 시설물의 마모를 예측해 최적의 타이밍으로 보수하고, 포장과 기타 시설물 노후화에 대해 교체 시

▶ Digital Twin Road Management 구상 소개



자료: docomoOfficial 유튜브(<https://youtu.be/LbkidPKMOeA>)

기를 제공하여 일본의 도로 인프라의 유지관리 과제를 해결할 수 있도록 한다. 이에 그치지 않고 축적된 데이터를 바탕으로 교통 정체를 예측하고, 실시간 운영에 반영하는 등 운영 측면에서의 대처를 포함하여 전체적인 디지털 트윈 관리 플랫폼에 의해 최종적으로 지역 전체를 활성화시키고 지속 가능한 사회를 실현하는 것을 목표로 하고 있다.

이러한 목표를 가지고 실증 사업을 진행할 수 있도록 지금까지 도코모社와 인프로니아社는 디지털 전환 협업에 의한 도로 운영 사업의 업무 효율화를 할 예정이다. AI를 통한 이미지 인식으로 도로의 균열 검출, 도로보수 계획의 자동화, 유지관리 계획의 디지털화, 음성 인식을 이용한 민원 대응 업무의 효율화 등 아이치 현의 치타 반도 지역 내 도로에서 2022년 12월 하순부터 관련한 실증사업에 착수하고 있다.

향후 3사 컨소시엄은 각각의 강점을 살려 도로 시설물에 대한 마모 및 교체주기 예측에 의한 중장기 유지보수 계획의 책정을 포함하여 도로의 정체 예측 등 일반적인 생활 내에서 가능한 디지털 트윈 플랫폼을 통해서 도로 운영에서 의사 결정의 고도화뿐만 아니라 지역 경제 활성화와 지속가능한 사회 실현을 목표로 하고 있다.

결론 및 해외사례 시사점

이전부터 국내에도 자율주행, 탄소중립 시대를 대비하기 위하여 도로 분야에서 디지털 트윈을 실제로 실현하고자 하는 노력이 이어져 왔다. 이번에 국토교통부가 진행한 ‘국가도로망 디지털 트윈 구축사업’과 같이, ‘한국판뉴딜 종합계획’에 따른 SOC 디지털화 사업의 성공적인 실현을 위한 디지털 트윈국토 구축을 추진하여 스마트 건설 데이터(도로, 교량)를 디지털 트윈국토 기반에 적용 및 데이터 그물 생성·관리체계 개발 등을 추진하였다. 그러나 아직까지는 지자체 실증 지원 및 플랫폼 구축을 위한 기반데이터 구축을 하고 있는 실정으로, 실질적인 디지털 트윈 구현에는 한계가 있다.

한편 국외에서는 디지털 트윈이 도시의 3차원 공간정보를 구축하여 환경, 재해재난, 도시교통계획 분야에서 모니터링, 분석, 시뮬레이션 등에 활용하는 용도로 사용되고 있다. 특히 도로부문을 살펴보았을 때 디지털 트윈을 이용한 도로 관리 프로젝트는 다가오는 탄소배출 제로 및 고령화, 디지털 시대에 필수적인 정책으로서 시도되고 있다. 탄소중립 목표시점과 초고령화 사회까지 얼마 남지 않은 지금, 전기·수소차량 등 도입과 함께 이용자 측면의 도로 안전을 보장하고 탄소배출을 줄일 수 있는 도로부문의 해답으로서 이제는 행동에 옮겨야 할 시기임을 알 수 있다. 이에 따라 우리나라는

선진국의 사례를 적극 수용하여 SOC부문의 디지털 트윈 시장을 선도해 나갈 수 있도록 다양한 논의가 이루어지기를 기대한다. 🍀

연치형 _ cancal1@krihs.re.kr

- 1) 고속국도와 일반국도: 국토교통부장관, 국가지원지방도: 도지사, 특별자치도지사, 그 밖의 도로: 해당 도로노선을 지정한 행정청 등 (도로법 제23조)
- 2) Road Investment Strategy(RIS): National Highways 등 도로 운영사가 효율적으로 업무를 계획하고 인력과 장비에 투자하는 데 필요한 자금을 위해 영국 정부가 세운 도로 투자 전략, 2015-2020년 RIS1, 2020-2025년 RIS2를 거쳐 2025-2030년 RIS3에 대해 계획 중

참고문헌

1. 국토교통부. (2022). ‘전국 도로정보를 한 눈에, 도로대장의 디지털 대전환’, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?cmspage=1&id=95087459, 2023.04.11. 접속
2. 국토교통부. (2022). ‘지역문제 해결 위해 디지털트윈 시범 도입’, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95087108, 2023.04.11. 접속
3. National Highways(영국 고속도로공사). (2021). Digital Roads.
4. 東京都(도쿄도). (2023). デジタルツインの社会実装に向けたロードマップ 第2版(디지털 트윈의 사회 구현을 위한 로드맵 제2판).
5. ドコモとコムウェアとインフロニア、道路運営の経営管理モデル「Digital Twin Road Management」構想を策定し、実証実験を開始~将来の道路状況を予測し、道路運営・経営における意思決定の高度化をめざす~, NTTドコモ, 2023.04.11. 접속, <https://www.nttcom.co.jp/news/pr23012601.html>
6. Connect Plus and partners digitally map the UK's busiest motorway, Connect Plus, 2023.04.11. 접속, <https://www.connectplusm25.co.uk/connect-plus-and-partners-digitally-map-the-uks-busiest-motorway/>
7. "Digital Twin - Digitising the M25", Octavius, 2023.04.11. 접속, <https://www.octaviusinfrastructure.co.uk/case-study/digital-twin-mapping-the-m25/>
8. 정종홍 외 3인. (2020). [IV 중점분야] 스마트 건설 디지털 플랫폼 구축 및 테스트베드 운영. 건설관리, 21(4), 25-30.
9. 김승엽 외 3인. (2020). 디지털 트윈 구현을 위한 3차원 공간정보 구축 사례 연구. 한국지리정보학회, 23(3), 146-160.