

디지털 트윈 국가투자전략 연구

심진보·원용숙·홍아름·김항석

본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 주요사업인
“국가 지능화 기술정책 및 표준화 연구”를 통해 작성된 결과물입니다.





핵심 요약	1
I. 디지털 트윈의 개념 및 진화 방향	11
1. 디지털 트윈의 개념 및 진화	11
2. 디지털 트윈 국가투자전략 연구의 필요성	15
3. 디지털 트윈 국가투자전략 연구 프레임워크	16
II. 디지털 트윈 정책 현황	22
1. 주요국 디지털 트윈 정책 추진 현황	22
2. 국내 디지털 트윈 정책 추진 현황	29
3. 국내 정책 투자 현황 분석	32
4. 시사점	36
III. 디지털 트윈 산업 동향 및 전망	37
1. 글로벌 시장 전망	37
2. 해외 기업 동향	39
3. 국내 시장 동향	42
4. 시사점	45
IV. 디지털 트윈 기술 동향 및 전망	47
1. 디지털 트윈 기술에 대한 기대감과 이머징 이슈	47
2. 디지털 트윈 기술 구성 및 기술수준 비교	49
3. 디지털 트윈 기술 발전 방향	53
4. 시사점	56
V. 디지털 트윈 국가투자전략 방향 제언	57
참고문헌	65

표목차



[표 1] 디지털 트윈의 개념에 대한 접근방식별 분류	12
[표 2] 정부 R&D 투자방법 관련 국내 주요 연구	17
[표 3] 주요국 디지털 트윈 관련 정책 현황	22
[표 4] 국내 디지털 트윈 관련 정책 현황	31
[표 5] 국내 디지털 트윈 관련 R&D 과제 집행 현황	33
[표 6] 주요 부처 디지털 트윈 관련 R&D 과제 증감현황	33
[표 7] 국내 주요 정책 투자 분야 및 예산 현황(2021년 기준)	35
[표 8] 디지털 트윈 세계 시장 성장 전망	37
[표 9] 주요 해외 기업의 디지털 트윈 현황	40
[표 10] 글로벌 주요국의 디지털 트윈 시장 규모(2019년)	42
[표 11] 국내 디지털 트윈 공급 사례	43
[표 12] 국내 디지털 트윈 수요 기업의 해외 협력 사례	44
[표 13] 분야별 디지털 트윈 기술 기대치 현황	47
[표 14] 디지털 트윈 기술 분야별 기술수준 및 기술격차 현황	52
[표 15] 디지털 트윈 기술 발전단계별 특징	53
[표 16] ETRI가 제시한 디지털 트윈 성숙도 모델	54
[표 17] IITP가 제시한 디지털 트윈 기술발전 5단계	55

그림목차



[그림 1] 디지털 트윈의 유형 및 작동방식	13
[그림 2] 디지털 트윈 기술의 진화 단계	14
[그림 3] 디지털 트윈 기술의 성숙화	15
[그림 4] 디지털 트윈 시장의 급성장	16
[그림 5] 정책적 투자 현황 Framework	19
[그림 6] 산업 및 기술 성숙도 Framework	20
[그림 7] 기술 유망성 및 시급성 Framework	20
[그림 8] 디지털 트윈 국가투자전략 연구 체계	21
[그림 9] 글로벌 정책 투자 현황 비교	32
[그림 10] 부처별 디지털 트윈 관련 R&D 과제 현황	33
[그림 11] 디지털 트윈 적용 분야별 투자 현황	34
[그림 12] 신규 기술 분야 및 IoT 분야에 등장하는 디지털 트윈 이슈	48
[그림 13] 디지털 트윈 구현을 위한 핵심기술	49
[그림 14] 디지털 트윈 기술 구성	50
[그림 15] 국가별 디지털 트윈 기술수준 현황	51
[그림 16] 연구단계별 디지털 트윈 기술수준 격차	51
[그림 17] Gartner가 제시한 디지털 트윈 3단계 구현 모델	54
[그림 18] 3가지 분석 프레임 기반 디지털 트윈 국가투자전략 방향 도출 결과	57
[그림 19] 글로벌 주요국들의 디지털 트윈 산업 및 기술 성숙도 비교	60

핵심 요약



디지털 트윈의 개념 및 진화방향

- 21세기 전반부에 시작된 제4차 산업혁명의 진전에 따라 디지털 전환(DX: Digital Transformation)이 광범위한 영역에서 진행되면서 디지털 트윈(Digital Twin)이 디지털 전환의 핵심기술로 주목받기 시작
- 디지털 트윈의 개념에 대한 기존의 다양한 정의들을 접근방식의 차이점에 기반하여 분류해보자면, 다음과 같은 세 가지의 유형으로 조망 가능
 - (1) 현실 복제에 초점을 둔 접근방식
 - (2) 현실-가상의 융합에 초점을 둔 접근방식
 - (3) 현실 최적화에 초점을 둔 접근방식
- 초기의 디지털 트윈 개념이 주로 현실 세계의 복제에 초점이 맞춰져 있었다면, 최근에는 단순 복제를 넘어 현실의 문제를 시뮬레이션하고 최적화 방안을 도출하는 방향으로 개념 확장 중
- 따라서 본 연구에서는 디지털 트윈을 ‘현실 세계의 물리적 개체를 디지털화하여 가상 세계에 복제함으로써, 현실과 가상 세계를 실시간으로 융합하고, 이를 기반으로 현실 세계를 최적화하는 기술 또는 모델’로 정의
- 디지털 트윈을 지원하는 기술이 계속 발전되면서 빌딩이나 공장, 도시 등 거대한 실체 까지도 재현의 대상이 되고 있을 뿐 아니라, 사람이나 프로세스도 디지털 트윈으로 재현할 수 있다는 의견이 대두하는 등 활용 영역이 지속적으로 확대 중



디지털 트윈 국가투자전략 연구의 필요성 및 분석 프레임

- 디지털 트윈 기술 성숙기 도래, 시장 급성장, 주요국 정책 투자 확대에 따라 글로벌 경쟁이 심화되고 있으며, 향후 5~10년 이내에 디지털 트윈의 성과가 가시화되고, 우리 국민들의 체감이 가능하기 때문에 국가 차원의 투자전략 필요
- 따라서 본 연구에서는 디지털 트윈 분야의 정책, 산업, 기술 동향을 분석하여 향후 효율적인 국가투자전략을 모색하고자 함



- 국가 과학기술 R&D 투자 전반의 포트폴리오 구성이 아닌, 단일 유망기술 분야에 대한 투자전략 수립에 있어서 고민해야 할 문제는 크게 다음의 4가지로 요약 가능
 - (1) (투자 규모의 문제) 현재의 정부 투자 규모를 유지할 것인가? 아니면 확대 또는 축소할 것인가?
 - (2) (투자 활용 영역 우선순위 문제) 정부 R&D 투자가 주로 활용되는 영역을 어디로 정할 것인가?
 - (3) (투자 방향의 문제) 정부 R&D 투자를 통해 관련 산업 육성에 초점을 맞출 것인가, 아니면 기술 육성에 초점을 맞출 것인가? 또한 산업 또는 기술 육성을 위해 어떻게 R&D 투자를 추진하는 것이 바람직한가?
 - (4) (투자 대상 기술 우선순위 문제) 정부가 중점적으로 R&D 투자를 해야 할 기술 분야는 무엇인가?
- 유망기술인 디지털 트윈 분야를 대상으로 상기 문제에 대한 답(방향성)을 모색하기 위해 본 연구에서는 다음과 같이 3가지 분석 프레임을 설계



- (1) 정책적 투자현황 Framework : 글로벌 주요국들의 정책적 투자 관심도(관련 정책 지속기간, 관련 추진 정책의 양, 국가적 투자우선순위) 및 정책적 투자 규모(관련 R&D에 대한 정부 투자 규모)를 비교하여 2차원 Map에 도식화하고, 국내 정책 투자현황을 소관부처별 및 투자 활용 영역별로 분석하여 향후 투자 확대/유지/축소의 방향성 및 중점 투자 활용 영역을 도출하는 프레임
- (2) 산업 및 기술 성숙도 Framework : 우리나라와 글로벌 주요국들의 산업 성숙도 (국가별 관련 시장 규모)와 기술 성숙도(관련 기술의 국가별 보유 수준)을 비교하여 2차원 Map에 도식화하고, 이를 기반으로 기술개발 중심 투자 또는 산업육성 중심 투자 가운데 효과적인 방향을 도출하는 프레임
- (3) 기술 유망성 및 시급성 Framework : 해당 분야와 관련된 핵심 기술분야별로 유망성 (관련 기술의 성장 가능성) 및 시급성(관련 기술의 국산화 필요성 및 기술 확보의 시급성)을 비교하여 2차원 Map에 도식화하고, 이를 기반으로 중점적으로 R&D 투자를 해야 할 기술분야를 도출하는 프레임



디지털 트윈 정책 현황

- 미국, 독일, 영국, 중국, 싱가포르, 일본 등 글로벌 주요국들과 우리나라는 각기 자국의 현실과 강점을 기반으로 디지털 트윈 및 CPS 관련 정책을 추진
- (해외 정책 특징) 먼저 제조업 분야에서 디지털 트윈에 주목하기 시작하여 도시·행정·국토 등 공공사회서비스 부문으로 확대하는 정책을 추진 중
 - 미국, 독일, 중국은 스마트제조를 통한 산업경쟁력 확보 측면에서 디지털 트윈 활용을 강화 중이고, 영국과 싱가포르는 국토 자체의 디지털 트윈화에 관심
 - 중국은 국가 차원에서 강력한 정책적 지원 하에 성장 중이며, 일본은 Society 5.0 구현 수단으로 필요성이 강조되면서 미흡했던 관련 정책이 확대되기 시작
- (국내 정책 특징) 우리나라는 주요국 대비 관련 정책 추진이 늦은 편이나, ‘한국판 뉴딜정책’ 발표 이후 국토 분야를 중심으로 정부 차원의 디지털 트윈 정책과 사업이 급속하게 확대 중

< 주요국 디지털 트윈 관련 정책 현황 >

국가	정책적 특징	주요 정책
미국	- ICT 대기업과 지방정부 주도로 디지털 트윈 활용 확산 - 정책과 사업, 민간 협력체 마련을 통해 연방정부가 지원 - 첨단 제조 경쟁력 확보 분야와 도시교통 분야 활발	Smart America Challenge(2013) Smart Cities Initiative(2015) 첨단 제조업 리더십 확보 전략 (2018)
독일	- 미국 거대 플랫폼 기업들의 패권에 대한 - 인더스트리 4.0의 지속적 추진을 통한 첨단 제조업 육성 중심 - 다양한 민간 협의체가 제조도시 분야에서 적극 활용	High-Tech Strategy 2020(2012) Digital Strategy 2025(2016) Smart-City Charta(2017)
영국	- 국가 공공인프라의 디지털 트윈화 추진 - 주요 도시들을 중심으로 디지털 트윈 프로젝트 운영	National Digital Twin 권고(2017) Gemini Principles(2019)
중국	- 정부의 강력한 정책적 드라이브와 대규모 투자 진행 - 스마트제조 중심 디지털 트윈 확산, 지방정부 중심 디지털 트윈 기반 도시 구축 활발	중국제조 2025(2015) 빅데이터 산업발전 13.5규획(2017) 스마트제조 14.5 발전계획(2021)
싱가포르	- 정보통신기술 기반 기술중심 국가 관리체계 채택 - 도시국가 자체를 디지털 트윈화하는 정책 추진	Smart Nation Initiative(2014) Virtual Singapore(2014~2018)
일본	- 기존 디지털로봇 분야 경쟁력 기반의 디지털 혁신 정책 추진 - 민간 제조 분야와 정부 주도의 국토도시 분야 디지털 트윈 - 미래사회 실현을 위한 디지털 트윈 역할 강조 시작	Society 5.0(2016) 국토교통 데이터 플랫폼 1.0(2020) 제6기 과학기술혁신정책(2021)
한국	- 제조혁신 수단으로 디지털 트윈 주목 - 디지털 뉴딜 5대 대표과제 중 하나로 디지털 트윈 선정 - 디지털 트윈 등 공간정보 분야 신산업 지원 강화	스마트제조 R&D 로드맵(2019) 대한민국 대전환 한국판 뉴딜(2020) 제3차 공간정보산업 진흥 기본계획(2021)



- (주요국 정책적 투자) 미국과 독일은 디지털 트윈 기술 선도국으로서 정책적 투자에서 우위를 점하고 있으며, 디지털 트윈 후발주자인 중국이 국가 차원의 제도적 지원과 투자를 토대로 빠르게 성장하고 있음
 - 미국과 독일은 전통적으로 우세한 제조업과 스마트시티 분야에서 강세를 보이고, 영국과 싱가포르의 국가 정책 비전으로 활용하는 등 정책적 투자 관심이 높으며 완만한 투자 상승세를 나타냄
 - 중국은 빠른 상승세를 나타내고 있으며, 일본의 정책적 투자는 아직 미미한 상황
- (국내 정책적 투자) 국내에서는 약 3,700억 원('15년~'21년)의 디지털 트윈 관련 R&D 투자를 수행했으며, 2021년 한 해에 발표된 디지털 트윈 관련 투자 규모만 약 6,200억 원 수준으로, 투자 규모가 급격히 증가 중
 - 정부 R&D 투자는 '한국판 뉴딜' 정책이 발표된 2020년을 기점으로 급격한 증가 추세에 있으며, 2017년 전후부터 정책반영과 투자 확대가 이루어진 주요국과 비교할 때, 국내의 디지털 트윈 주목은 뒤늦은 측면이 있음
 - 적용 분야별로는 민간영역에서 '제조' 분야와 공공영역에서 '안전'과 '스마트시티' 분야의 비중이 높고 '삶의 질' 영역의 투자는 낮은 편이며, 소관 부처별로는 국토교통부의 성장이 두드러짐
 - 정부 R&D 투자 흐름은 적용 분야와 부처별 변화 추이를 종합적으로 고려할 때, 제조 혁신을 지원하는 민간영역에서 도시·국가 인프라 혁신 등의 공공영역 중심으로 확산 되는 경향이 나타남
- (정책적 시사점) 국내·외 정책 동향과 시장의 기대를 종합적으로 고려할 때 디지털 트윈은 향후 10년 내 디지털솔루션의 지배적 패턴으로 정착하고, 글로벌 경쟁이 심화될 것으로 전망됨에 따라 장기적 안목의 국가투자전략이 필요한 상황
 - 중앙정부의 적극적 정책지원과 민·관 협의체 구축 및 운영이 주요국의 디지털 트윈 활성화 배경으로 작용함에 따라, 정부는 민·관, 산·학·연 등 다양한 형태의 네트워크 구축을 지원하며 디지털 트윈 협업과 가속화를 촉진할 필요가 있음
 - 국내 디지털 트윈은 주요국 대비 기술 육성과 활용 정책 추진이 늦은 편이나, 최근 확대된 정부 정책과 투자, 정보통신기술 보유 수준과 디지털 역량을 고려할 때 정부의 전략적 투자가 이루어진다면 빠른 성장을 기대할 수 있음
 - 전략적 투자 측면에서 국가는 < 국토·교통 등의 스마트 인프라, < 도시·행정 등의 스마트시티, < 재난·안전 등의 공공영역에 중점 투자하고, 제조·물류 등 산업혁신 분야는 민간부문의 투자를 유도하는 것이 바람직함



디지털 트윈 산업 동향 및 전망

- 디지털 트윈은 여러 기술이 중첩되어 있기 때문에 시장의 경계를 확정하기 어려움
 - 디지털 트윈 시장은 디지털 트윈 솔루션 제공기업뿐만 아니라, 원자재 및 센서, IoT 플랫폼, 클라우드/서버, 분석 플랫폼, 시뮬레이션 소프트웨어/플랫폼, ERP 플랫폼, 시스템 통합 기업들과 관련 기관들을 포함하는 광범위한 구조
- (글로벌 시장 전망) 디지털 전환의 가속화 등으로 인해 글로벌 디지털 트윈 시장은 급격히 성장할 것으로 전망됨
 - 다수의 시장조사 전문기관에서는 2020년대에 연평균 최소 24%에서 최대 58%까지 성장할 것으로 전망 중

< 디지털 트윈 세계 시장 전망 >

조사기관	전망
MarketsandMarkets (2020)	2020년 기준 31억 달러이며, 2021년부터 2026년까지 연평균 58% 성장하여 482억 달러에 달할 것으로 전망
Technavio (2021)	2021년부터 2025년까지 연평균 39.5% 성장하여 248.1억 달러 규모에 이를 것으로 전망
IndustryARC (2020)	2021년부터 2026년까지 연평균 24.7% 성장하여 167억 달러 규모로 성장할 것으로 전망
Grand View Research (2021)	2020년 기준 50.4억 달러이며 2021년부터 2028년까지 연평균 42.7% 성장할 것으로 전망
Emergen Research (2021)	2020년 기준 31.9억 달러이며, 2021년부터 2028년까지 연평균 54.7% 성장하여 1,062억 달러에 달할 것으로 전망
Global Market Insight (2021)	2020년 기준 50억 달러이며, 2021년부터 2027년까지 연평균 35% 성장하여 500억 달러에 달할 것으로 전망

- 디지털 트윈은 스마트시티, 스마트공장 등에서 주로 사용되고 있으나, 향후 헬스케어 등 다양한 산업으로 확장될 것으로 보임
- 현재 북미 및 유럽 시장이 높은 점유율을 차지하고 있으나, 향후 아시아-태평양 시장이 크게 성장할 것으로 전망됨
- (해외 기업 동향) 해외 주요 기업들은 기업별 역량을 바탕으로 다양한 지역 및 산업에서 디지털 트윈 시장을 선도하고 있음
 - GE, Siemens, Microsoft, IBM, SAP, PTC, ANSYS, Dassault, Oracle, Bosch, Honeywell, Autodesk, Atair, ABB, Aspen Tech, AVEVA 등 다양한 해외 기업들이 디지털 트윈 솔루션·플랫폼을 제공하고 있으며, 각기 중점 분야는 상이함
 - ※ 기업별 중점 분야: 솔루션(GE, Siemens, SAP, Dassault 등), 플랫폼(Microsoft, PTC 등), 소프트웨어(ANSYS 등)



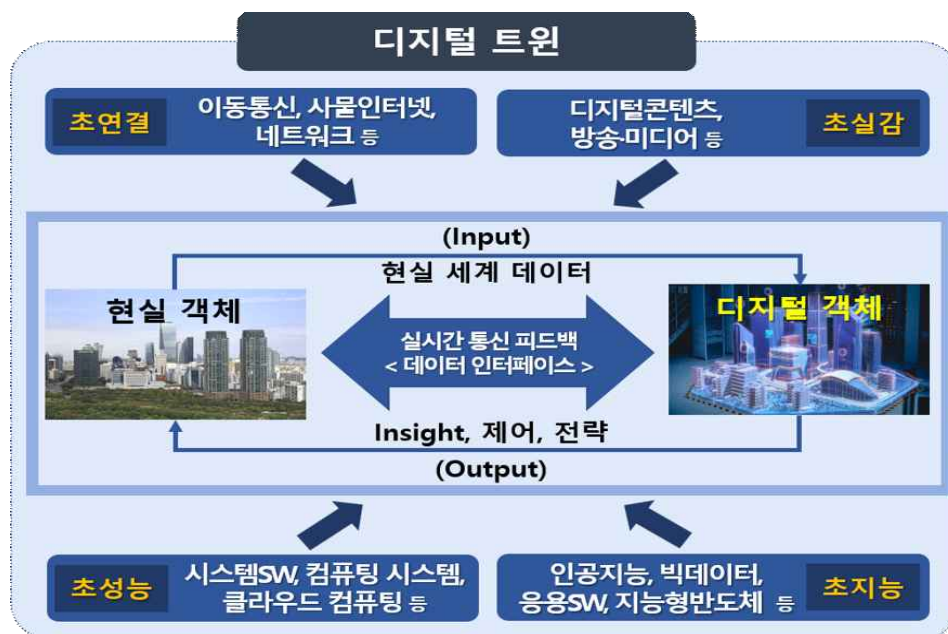
- 해외 기업에서 제공하는 디지털 트윈 솔루션·플랫폼은 실제로 구현 및 적용되어 성공 사례를 창출하고 있음
- GE, Siemens, IBM, PTC, Microsoft, ANSYS 등 해외 기업들은 기업 간 협력을 통해 디지털 트윈 시장에서의 경쟁력을 강화
- (국내 시장 동향) 국내 시장은 현재까지 디지털 트윈 상용화 초기 단계이며, 적용 가능한 솔루션이 부족하여 외산에 의존적인 상황
 - 국내 시장은 2019년 기준 세계 시장의 1.8% 규모이지만 2020년부터 2026년까지 연평균 70% 수준으로 급격히 성장하여 15.3억 달러 규모에 이를 것으로 전망
 - 5G 네트워크를 중심으로 통신사들이 디지털 트윈 시장에 진출하였으며, 삼성 SDS, LG CNS 등 일부 대기업이 스마트시티, 스마트공장 플랫폼을 제공 중
 - 국내 기업들은 디지털 트윈 제작 및 운용에 필요한 기본적 기술은 보유하고 있으나, 아직까지 경쟁력 있는 솔루션 및 비즈니스 모델이 부재한 실정
 - 인력 및 비용 투자 문제로 인해 일부 대기업을 위주로 디지털 트윈 도입을 시도하고 있으며, 그마저도 신속한 보급이 가능한 외산 플랫폼을 선호
 - ※ LG전자는 Siemens, 두산중공업은 Microsoft, 포스코건설은 Dassault, 삼성중공업과 대우조선해양은 Unity와 협력하는 등 국내 주요 기업들은 주로 해외 사업자들과 협력 중
- (시사점) 국내 디지털 트윈 산업 및 시장은 해외 주요국에 비해 뒤처져 있으나, 실증사업, 협력 기반 마련 등의 정책적 투자를 통해 향후 크게 성장할 수 있을 것으로 기대됨
 - 한국은 ICT 강국으로서 디지털 트윈을 위한 기본적인 주변 인프라를 가지고 있으며, 성장 잠재성이 큰 시장임
 - 이미 디지털 트윈이 해외에서 많이 상용화된 만큼 디지털 트윈 실증사업을 확대하여 국내 기업들이 실제 적용 가능한 기술 및 비즈니스 모델을 개발할 수 있도록 해야 함
 - 디지털 트윈의 구축을 위해서는 다양하고 복합적인 기술이 필요한 만큼 실증사업 산출물, 경험, 우수사례 등을 공유하고, 기업 간 협력을 강화할 수 있는 협업플랫폼 마련에 대한 투자가 필요한 상황



디지털 트윈 기술 동향 및 전망

- 디지털 트윈에 대한 기대가 초기에 크게 높았다가 기술적 한계 및 활성화 저해 요인 등으로 인해 점차 하락하는 양상을 잠시 보이고 있지만, 새롭게 도입을 고려하는 분야에서의 기대치는 여전히 높은 수준
- 떠오르는 신규 기술 분야 및 IoT 기술 분야에서 디지털 트윈 기술의 한계를 극복하기 위해 적용 범위를 확장하고 이중 디지털 트윈들의 관리를 위한 새로운 개념들이 등장하고 있음
- (핵심기술) 디지털 트윈 분야는 ICT 주요 기술이 종합적으로 활용되는 복합적 ICT 기술 집합이기 때문에 디지털 트윈을 실제 운용하는데 요구되는 4가지 성능과 관련된 다수의 ICT 기술 분야로 구성

〈 디지털 트윈 구현을 위한 핵심기술 〉



- (국내 기술수준) 디지털 트윈 구현과 관련된 ICT 기술 분야별 국내 기술수준은 최고 수준 기술보유국 대비 약 84%~98% 수준을 형성하고 있으며 주요국 대비 상대적으로 취약한 분야들이 다수 존재
- (기술발전 전망) 디지털 트윈 기술은 단일 객체를 대상으로 한 시각화, 제어, 최적화 3단계에서 발전하여 객체 집단을 대상으로 연립하고 자율 지능화 단계로 발전할 전망



- (1~3단계) 단일 객체 최적화 지향 단계로 현실 객체를 디지털 세계로 시각화하여 모니터링 및 제어를 통한 동적 시뮬레이션을 바탕으로 최적화를 지향하는 단계
- (4~5단계) 객체 집단 지능 자율화 단계로 단일 객체를 넘어 복수의 다양한 분야의 이종 객체들에 대한 상호작용을 고려하며 강력한 인공지능 기반 자율화를 지향

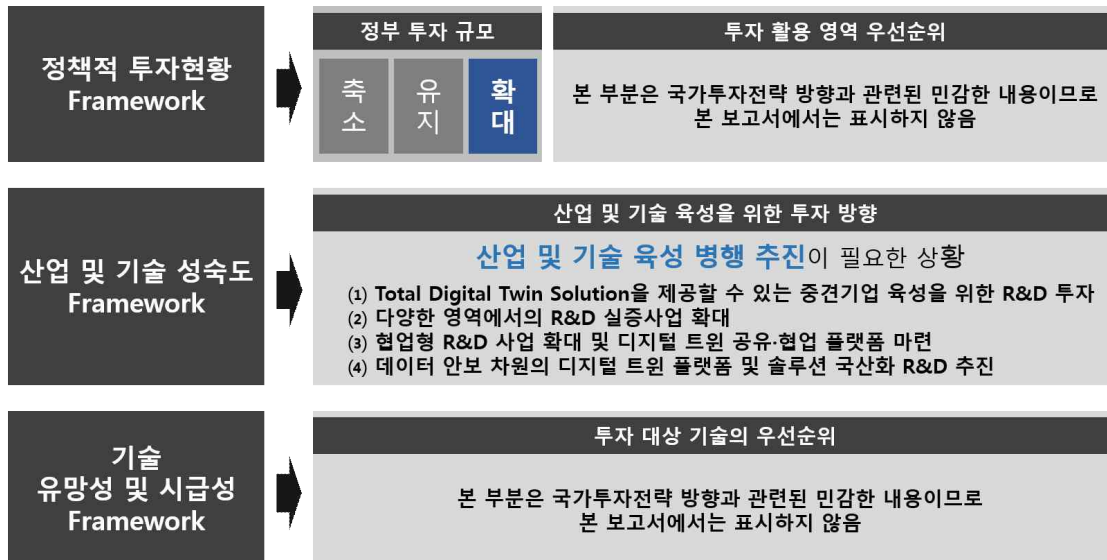
〈 디지털 트윈 기술의 발전 단계 〉

기술 단계	적용 범위	주요 목표	주요 기술 및 특징	한계점
1단계	현실 객체 (단일 객체)	디지털 시각화	2D/3D 모델링	단순 형상 모사 단계
2단계		모니터링 및 제어	현실 객체와 디지털 트윈 간 통신 연결	객체 이동성은 고려되지 않아 동적 시뮬레이션 불가
3단계		최적화	객체 동작 모델을 통한 시뮬레이션	단일 객체에 대한 단계로 이종 도메인 연합 불가
4단계	객체 집단 (복수, 이종 객체 집합)	이종 도메인 상호작용	디지털 트윈 간 연합 동작 모델을 통한 동기화	최종 결정 단계에서 사람의 개입 필요
5단계		지능 자율 자동화	강력한 인공지능을 통한 자율 무인화	-

- (시사점) 디지털 트윈 기술은 ICT 종합 기술로서 각 응용 분야 특성 및 활용 목적에 맞추어 기술들이 조화되어야 하며, 향후 디지털 트윈의 진화 및 활용 영역 확장에 맞추어 국가적 기술수준 향상이 필요
 - 우리나라는 ICT 강국임에도 불구하고 디지털 트윈 관련 기술수준은 현재까지 주요국 대비 낮은 상황이며, 기술격차가 상대적으로 적은 응용 연구 단계보다는 기초 연구 및 사업화 단계에 대한 R&D 투자가 요구됨
 - 디지털 트윈 분야 요소 기술들의 발전과 더불어 현재 걸림돌이 되고 있는 다양한 이종 디지털 트윈들 간의 통합 및 관리 분야의 기술개발이 필요
 - 디지털 트윈 기술발전의 마지막 단계를 위한 인간의 개입이 필요 없는 완전 무인 자율화를 위한 강력한 인공지능 중심 지능정보기술의 기초연구 및 사업화 개발 지원이 선제적으로 필요

디지털 트윈 국가투자전략 방향 제언

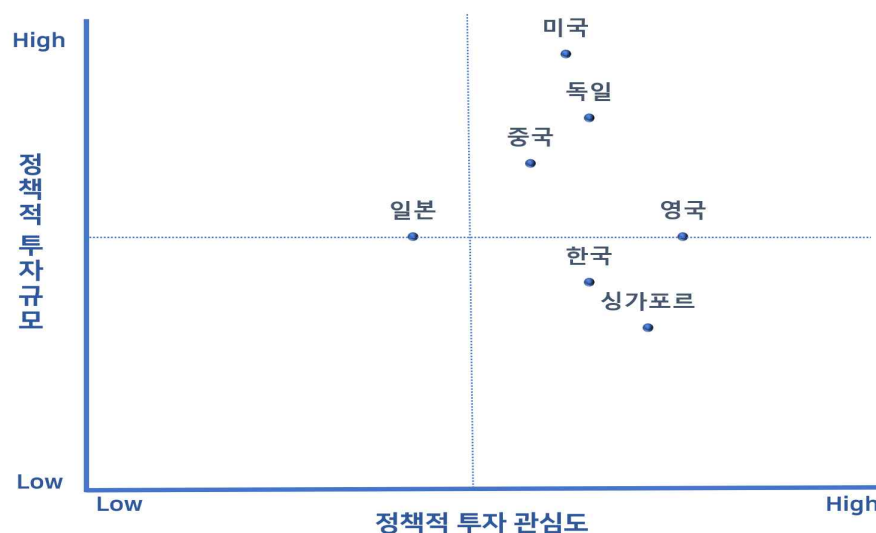
- 지금까지의 연구 결과를 종합하여 3가지 분석 프레임에 따라 정리하면 다음과 같음



- (투자 규모) 디지털 트윈에 대한 정부 R&D 투자는 현 수준보다 확대할 필요성이 높으며, 그 근거는 다음과 같음

- (1) 디지털 트윈 활용영역의 확장 및 기술 진화
- (2) 디지털 트윈 시장의 급성장으로 인해 새로운 성장동력화 가능
- (3) 주요국 대비 디지털 트윈 관련 투자 시작 시기 및 투자 규모의 열세

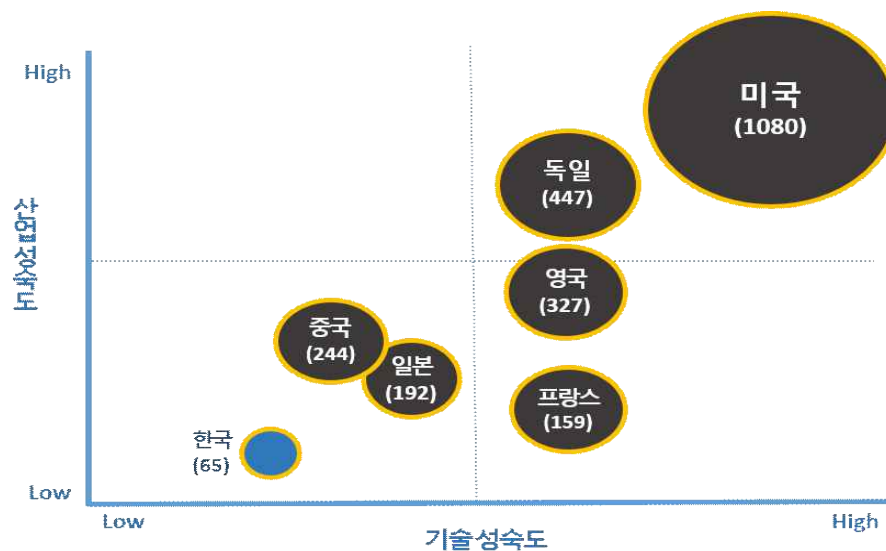
< 글로벌 디지털 트윈 정책 투자 현황 비교 >





- (투자 활용 영역의 우선순위) 본 부분은 국가투자전략 방향과 관련된 민감한 내용이므로 발간용 보고서에서는 해당 내용을 생략하였음을 양지해 주십시오.
- (투자 방향) 산업 및 기술 육성 병행 추진이 필요한 상황
 - 디지털 트윈 산업 및 기술 성숙도를 미국, 유럽, 중국, 일본 등 글로벌 주요국들과 비교해 볼 때, 우리나라는 관련 산업이 아직 성숙되지 않았으며, 기술진화 관점의 기술 성숙도 또한 상대적으로 낮음

〈 글로벌 주요국들의 디지털 트윈 산업 및 기술 성숙도 비교 〉



- 산업성숙도: 국가별 디지털 트윈 시장 규모
- 기술성숙도: 국가별 디지털 트윈 기술 수준
- ※ 괄호 안 수치는 국가별 디지털 트윈 시장 규모(백만달러)

- 따라서 디지털 트윈 산업 및 기술을 육성하기 위한 정부 R&D 투자방향을 다음과 같이 제언하고자 함
 - (1) Total Digital Twin Solution을 제공할 수 있는 중견기업 육성을 위한 R&D 투자
 - (2) 다양한 영역에서의 R&D 실증사업 확대
 - (3) 협업형 R&D 사업 확대 및 디지털 트윈 공유·협업 플랫폼 마련
 - (4) 데이터 안보 차원의 디지털 트윈 플랫폼 및 솔루션 국산화 R&D 추진

- (투자 대상 기술 우선순위) 본 부분은 국가투자전략 방향과 관련된 민감한 내용이므로 발간용 보고서에서는 해당 내용을 생략하였음을 양지해 주십시오.

I 디지털 트윈의 개념 및 진화방향

1 디지털 트윈의 개념 및 진화

- 21세기 전반부에 시작된 제4차 산업혁명의 진전에 따라 디지털 전환(DX: Digital Transformation)이 광범위한 영역에서 진행되면서 디지털 트윈(Digital Twin)이 디지털 전환의 핵심기술로 주목받기 시작
 - 모든 객체들이 디지털 데이터화되고, 물리적 세계(Physical World)와 가상 세계(Cyber World)가 밀접하게 연결되면서 디지털 트윈은 가상 세계를 대표하는 개념으로 부상
 - 최근 ‘메타버스(Meta-verse)’ 개념이 등장하면서 디지털 트윈을 메타버스를 구현하는 기술적 하위 개념으로 바라보는 시각도 많아졌지만, 메타버스가 비즈니스와 마케팅 측면에서 광범위한 가상 세계를 아우르는 개념인 반면, 디지털 트윈은 보다 기술적인 측면에서 현실 세계와 가상 세계를 연결하고 최적화하는 개념으로 사용되고 있음
 - 디지털 트윈의 개념이 처음으로 사용된 시점은 2002년으로, 미국 미시건 대학교의 마이클 그리브스 박사가 제품수명주기관리(PLM: Product Life-cycle Management) 관점에서 다음과 같이 초기 개념을 제시

디지털 트윈은 미시 원자 수준에서 거시적 기하학적 수준에 이르기까지 잠재적 또는 실제 물리적 제조 제품을 완전히 설명하는 가상 정보 구조의 집합. 최적의 상태에서 실제 제조된 제품을 검사하여 얻을 수 있는 모든 정보를 디지털 트윈에서 얻을 수 있음.

The Digital Twin is a set of virtual information constructs that fully describes a potential or actual physical manufactured product from the micro atomic level to the macro geometrical level. At its optimum, any information that could be obtained from inspecting a physical manufactured product can be obtained from its Digital Twin.

- 이후 디지털 트윈은 ‘현실 세계에 존재하는 대상이나 시스템의 디지털 버전’, ‘물리적 기계 혹은 프로세스의 소프트웨어 모델’, ‘물리적 자산에 대한 살아있는 디지털 시뮬레이션 모델’, ‘물리적 객체의 시뮬레이션 모듈’, ‘프로세스 또는 실제 제품의 최신 디지털 프로파일’ 등의 의미로 활용되어 옴(표 1 참고)
- 디지털 트윈의 개념은 국제적으로 공식화되어 있다기보다는 연구자의 관점과 표현방식에 따라 다양하게 정의되고 있는 상황



- 디지털 트윈의 개념에 대한 기존의 다양한 정의들을 접근방식의 차이점에 기반하여 분류해보자면, 다음과 같은 세 가지의 유형으로 조망 가능
 - (1) **현실 복제에 초점을 둔 접근방식** : 현실 세계를 가상의 디지털 공간에 복제(구현·표현)하는 행위나 기술로 바라보는 관점
 - (2) **현실-가상의 융합에 초점을 둔 접근방식** : 물리적 세계와 가상 세계를 융합 또는 통합하는 사이버물리시스템(CPS; Cyber-Physical System)의 일종으로 바라보는 관점
 - (3) **현실 최적화에 초점을 둔 접근방식** : 현실 세계를 가상으로 분석하고, 시뮬레이션함으로써 최적화 방안을 도출하는 기술로 바라보는 관점

표 1 디지털 트윈의 개념에 대한 접근방식별 분류

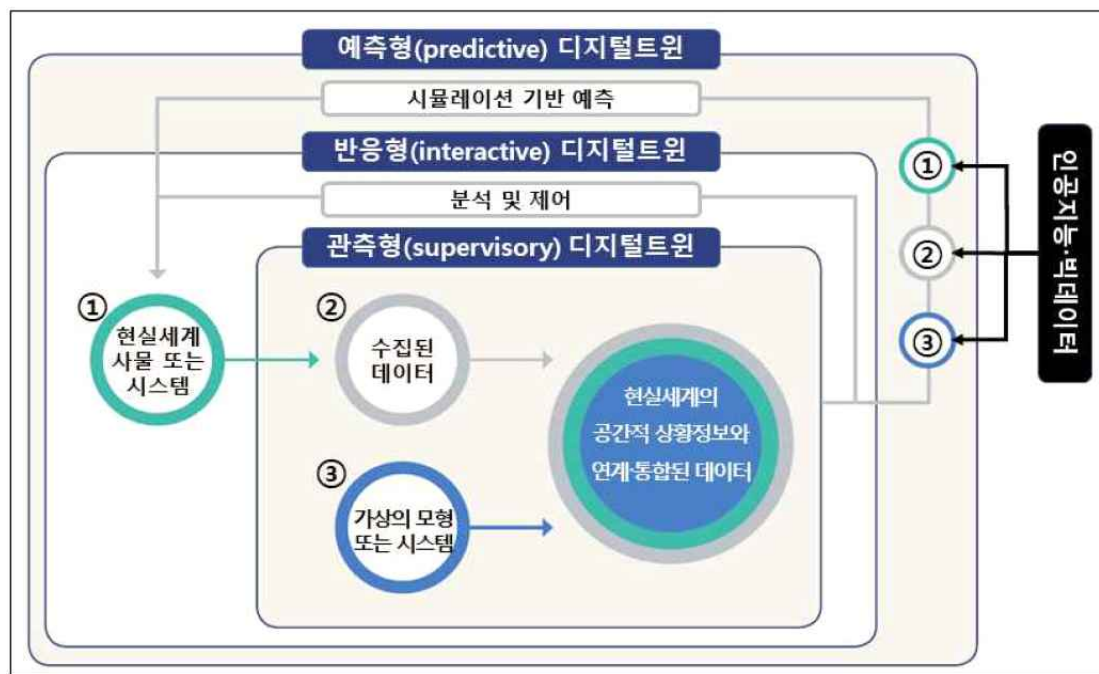
접근방식	연구자 또는 연구기관	디지털 트윈 개념
현실 복제에 초점	이광기·유호동·김탁곤 (2018)	물리적 객체(자산, 프로세스 및 시스템 등)들에 대한 디지털 복제(쌍둥이)로서, 수명주기 전체에 걸쳐 대상 객체 요소들의 속성/상태를 유지하며 이들이 어떻게 작동하는지의 동적 성질을 묘사하는 가상의 모델
	장예지(2019)	물리적 객체를 소프트웨어로 구현한 가상의 모델
	국토교통부(2020)	3차원의 디지털 공간에 현실공간·사물의 쌍둥이(Twin)를 구현한 것
	Gartner (www.gartner.com)	현실 세계의 엔티티 또는 시스템에 대한 디지털 표현
현실-가상의 융합에 초점	유상아·김민혁(2020)	초연결, 초융합, 초지능 기술의 발전에 힘입어 물리적 환경인 현실 세계와 디지털 환경인 가상 세계를 융합한 사이버 물리시스템의 일종으로, 실제 사물이나 시스템, 환경 등을 가상 디지털 공간에 완전히 동일하게 구현함으로써 파생되는 가치를 제공
	한국과학기술기획평가원 (2020)	디지털 트윈은 가상의 세계에 현실을 반영한 모델을 구현하여 데이터의 ‘생성→전송→취합→분석→이해→실행’ 등의 절차로 실제 세계와 가상의 세계를 실시간으로 통합하는 것
현실 최적화에 초점	Deloitte(2017)	사업 실적의 최적화에 도움을 주는 물리적 물체나 프로세스의 과거와 현재 활동이 기록된 진화하는 디지털 프로필
	한국건설기술연구원 (2018)	현실공간에서 발생하는 실시간 데이터를 기반으로 가상공간에서 상황을 분석 및 예측한 결과를 다시 현실공간에 적용하여 최적화하는 기술
	General Electric (www.ge.com)	실시간 분석을 통해 감지, 예방, 예측 및 최적화하도록 설계된 물리적 자산, 시스템 또는 프로세스의 소프트웨어
	위키백과 (https://ko.wikipedia.org)	컴퓨터에 현실 속 사물의 쌍둥이를 만들고, 현실에서 발생할 수 있는 상황을 컴퓨터로 시뮬레이션함으로써 결과를 미리 예측하는 기술
	한국전자통신연구원 (2021)	현실세계에서 수집된 다양한 정보를 가상세계에서 분석하고 최적화 방안을 도출하여 이를 기반으로 현실세계를 최적화하는 지능화 융합기술

- 이상의 디지털 트윈 개념 정의들을 종합해 볼 때, 공통적인 내용은 현실 세계를 디지털화하여 가상 세계에 복제한다는 점이고, 이를 통해 현실 세계와 가상 세계의 융합이 가능해지며, 나아가 현실 세계의 최적화를 가능케 하는 기술 또는 모델이라고 그 개념을 이해할 수 있음
- 또한, 초기의 디지털 트윈 개념이 주로 현실 세계의 복제에 초점이 맞춰져 있었다면, 최근에는 단순 복제를 넘어 현실의 문제를 시뮬레이션하고 최적화 방안을 도출하는 방향으로 개념이 확장되어 가고 있음을 알 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 상기 분석내용에 기반하여 디지털 트윈을 다음과 같이 정의하고자 함

디지털 트윈은 '현실 세계의 물리적 개체를 디지털화하여 가상 세계에 복제함으로써, 현실과 가상 세계를 실시간으로 융합하고, 이를 기반으로 현실 세계를 최적화하는 기술 또는 모델'

- 한편, 디지털 트윈의 개념이 확장되어 감에 따라 유형이 세분화되고, 활용 영역도 비약적으로 확대되어 가는 상황

그림 1 디지털 트윈의 유형 및 작동방식

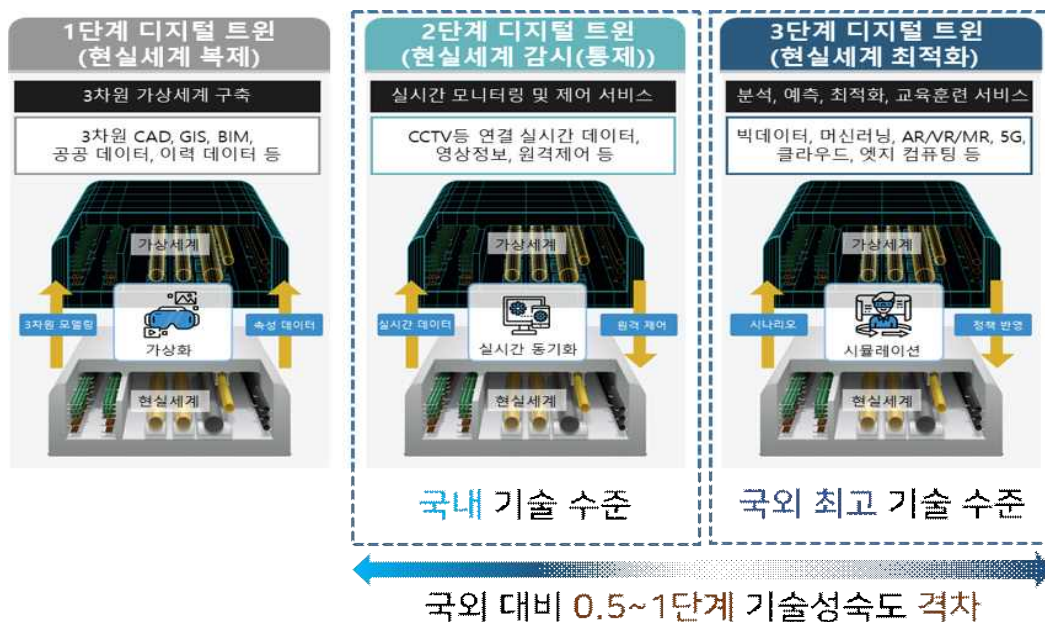


※ 출처: 허용(2019), HVM Catapult (2018)에서 재인용



- HVM Catapult(2018)에 따르면, 디지털 트윈의 유형은 ① 사물인터넷 등의 기술을 이용하여 현실 세계를 모니터링하는 **관측형**, ② 모니터링 데이터를 분석하여 현실 세계를 제어하는 **반응형**, ③ 인공지능이나 빅데이터 기술을 이용한 시뮬레이션 기반 예측을 통해 현실 세계를 최적화하는 **예측형**으로 구분 가능([그림 1] 내용)
- 디지털 트윈이 단순한 관측을 넘어 예측형으로까지 유형이 세분화된 배경에는 현실에 존재하는 모든 것을 가상에 구현하여 필요에 따라 활용할 수 있어서 적용 분야가 넓은 디지털 트윈 기술의 장점이 자리잡고 있음
 - 실시간 데이터를 통해 가상에 구현된 디지털 트윈으로 직관적 모니터링
 - 현실과 연결된 가상의 디지털 트윈을 통해 현실의 개체를 쉽게 제어
 - 실시간 데이터 분석을 통한 시뮬레이션으로 최적화
- 한편, 디지털 트윈을 지원하는 기술이 계속 발전되면서 빌딩이나 공장, 도시 등 거대한 실체까지도 재현의 대상이 되고 있을 뿐 아니라, 사람이나 프로세스도 디지털 트윈으로 재현할 수 있다는 의견이 대두하는 등 그 활용영역 역시 지속적으로 확장 중
 - IoT의 등장과 컴퓨팅 파워의 증대, 최근에는 인공지능, XR 기술 등과 결합하여 다양한 산업을 중심으로 디지털 트윈 기술의 적용 범위 및 적용 사례 급증

그림 2 디지털 트윈 기술의 진화 단계

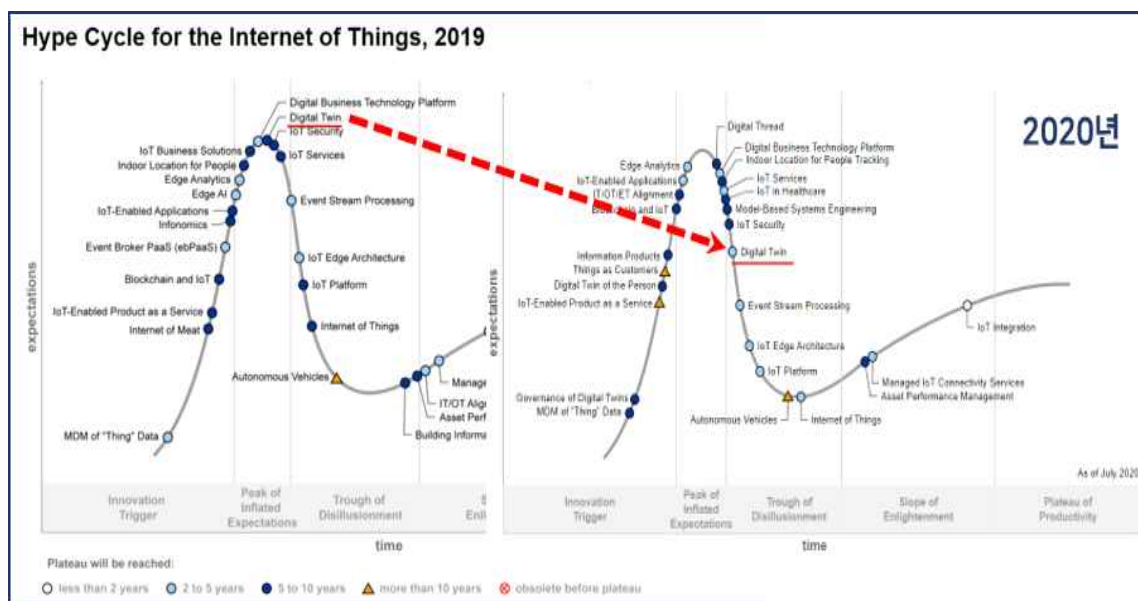


※ 출처: 박종현 외(2021), Gartner(2016b)에서 재인용

2 디지털 트윈 국가투자전략 연구의 필요성

- 디지털 트윈 기술 성숙기 도래, 시장 급성장, 주요국 정책 투자 확대에 따라 글로벌 경쟁이 심화되고 있으며, 향후 5~10년 이내에 디지털 트윈의 성과가 가시화되고, 우리 국민들의 체감이 가능하기 때문에 국가 차원의 투자전략 필요
- 디지털 트윈 기술은 성숙기 단계에 진입하고 있는데, 이는 Gartner의 Hype-Cycle 상에서 디지털 트윈 위치가 2019년에 기대치 거품기(Peak of Inflated Expectation) 단계에서 2020년에 기대치 각성기(Trough of Disillusionment) 단계로 이동한 것을 통해 확인 가능

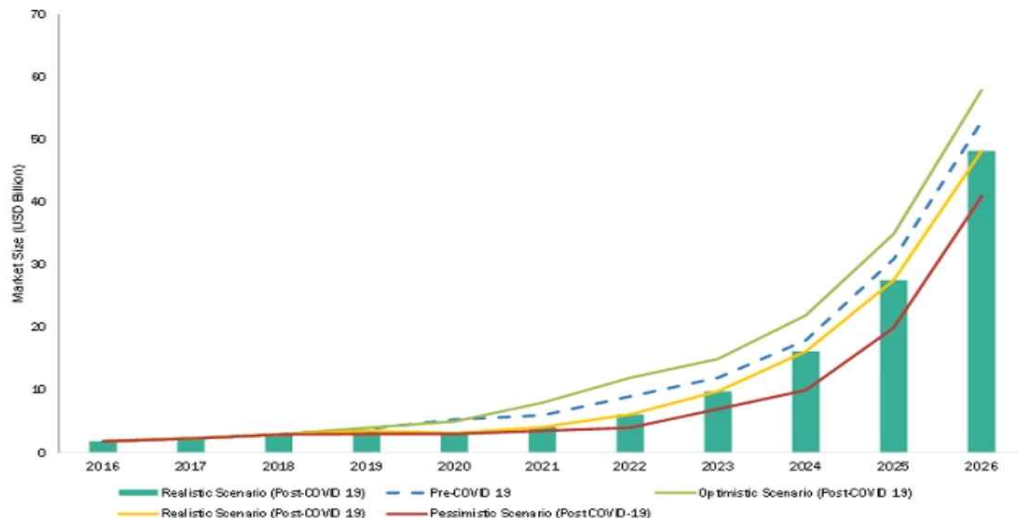
그림 3 디지털 트윈 기술의 성숙화



※ 출처: Gartner(2019c, 2020f), 그림의 저작권은 Gartner에 있으며, Gartner의 동의하에 사용되었습니다. 추후 이용 시 Gartner에 문의하시기 바랍니다.

- 디지털 트윈 시장이 급성장하고, 활용영역의 확대가 가시화되면서 주요국들의 정책적 투자가 확대되는 추세
 - Markets & Markets(2020)의 전망에 따르면, 글로벌 디지털 트윈 시장은 2020년에 31억 달러 규모에서 2026년에 482억 달러 규모로 급성장할 것으로 예상되며, 해당 기간 동안의 CAGR은 58%에 달할 전망
 - 시장의 급성장이 가시화되면서 주요국들의 디지털 트윈 관련 정책 추진 및 투자 확대 현상도 나타나고 있는데, 제조 및 인프라 혁신을 넘어 데이터 연계 기반의 범국가차원 디지털 트윈 정책을 추진하는 국가들이 증가 중

그림 4 디지털 트윈 시장의 급성장



※ 출처: MarketsandMarkets(2020), Digital Twin Market Global Forecast To 2026

그림의 저작권은 MarketsandMarkets에 있으며, MarketsandMarkets의 동의하에 사용되었습니다. 추후 이용 시 MarketsandMarkets에 문의하시기 바랍니다.

- 따라서 우리 정부의 디지털 트윈 관련 R&D 투자 및 관련 산업 활성화 전략이 조속하게 효율화되어야 할 필요성이 증대한 관계로, 본 연구에서는 디지털 트윈 분야의 정책, 산업, 기술 동향을 분석하여 향후 효율적인 국가투자전략을 모색하고자 함

3 디지털 트윈 국가투자전략 연구 프레임워크

- 우리 정부 R&D의 목적 및 성격은 기존의 기술지원, 제품개발, 기술개발 등 산업육성형 연구를 넘어 시장선도형, 미래선도형, 사회문제해결형, 특수목적형 등으로 다변화·복잡화하고 있는 상황
- COVID-19 팬데믹, 기후변화, 제4차 산업혁명의 가속화 등 21세기 전반부의 다양한 격변으로 인해 복지 수요의 증대, 재정 건전성 문제 등 예산 여건을 압박하는 요인이 증가함에 따라 정부 R&D 예산의 대폭적·지속적 확대가 어려운 상황
- 따라서 정부 R&D 효율성 제고를 위한 개별 사업들의 투자-성과 개선 및 비용 절감 노력도 필요하지만, 시대적 요구에 시기적절하게 대응할 수 있도록 정부 R&D의 방향성을 정립하고, R&D 투자 자체를 효율적으로 구성하는 방안이 필요
- 정부 R&D 투자방법에 대한 기존의 국내 주요 연구들을 종합해보면([표 2]), 다양한 방법론들이 활용되고 있음을 확인할 수 있는데, 최근에는 포트폴리오 분석 기반의 접근이 다수를 차지하고 있음

표 2 정부 R&D 투자방법 관련 국내 주요 연구

연구자 또는 연구기관	연도	연구주제	활용 방법론
이동엽	2000	국내 정보통신 국책연구개발 사업의 기술부문별 투자배분 결정에 관한 연구	다목적선형계획법/AHP/STEM
이덕기, 박수억, 김경희, 양종택	2001	MAUT를 이용한 에너지 기술평가 및 선정연구	MAUT
이동엽, 안태호, 황용수	2002	AHP를 이용한 과학기술 부문별 국가연구개발 투자 우선순위 선정	AHP
오정훈, 곽승준	2003	정부 연구개발사업의 평가모형	MAUT/AHP
김선근, 박구선, 류중익	2003	R&D 단계별 상호관계와 국가 R&D 자금배분 방향	SEM (구조방정식모델)
박현준, 오세홍, 김상준	2004	국가연구개발 투자시스템의 레버리지 전략; 시스템 다이내믹스 접근	시스템 다이내믹스
조용곤, 조근태	2004	Delphi와 AHP를 이용한 생명공학분야 미래유망 기술의 R&D 전략 수립	델파이/AHP
이덕주, 배성식, 강진수	2006	DEA/AHP모형을 이용한 R&D프로젝트 선정모형 및 Web기반 R&D프로젝트 선정 시스템 개발	DEA/AHP
권기현, 이흥재, 차용진, 김태영	2006	과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 투자 우선순위 분석	델파이/브레인스토밍 /전문가심층조사
오동훈	2006	정부 R&D 투자우선순위 설정의 전략성 제고 방안	포트폴리오 모형 (2×2 매트릭스)
안태호	2007	R&D 프로젝트 포트폴리오 구성 휴리스틱 기법; 대안을 지닌 프로젝트의 경우	휴리스틱 기법
이국철, 백기철, 강병기	2009	기술 포트폴리오 지도(TPM) 방법론 적용에 관한 연구	TPM (기술포트폴리오지도)
김윤중, 정욱, 임성민	2009	포트폴리오 분석과 계층화분석기법(AHP)을 활용한 정부 IT분야 연구개발 투자 전략 연구	AHP/포트폴리오 모형
김세훈	2011	국가 R&D 투자 우선순위 선정 메커니즘 비교 분석	기존 방법론 비교
김은중, 김무웅, 현병환	2011	바이오분야 국가연구개발사업의 포트폴리오 및 포지셔닝 분석	포트폴리오 모형 /포지셔닝맵
양혜영, 손석호, 한민규, 한종민, 임현	2011	과학지도 작성을 통한 미래기술 발굴 및 정부 R&D의 동적 투자방향성 설정 연구	과학지도 (네트워크분석법)
박석중, 김경화, 정상기	2011	과학기술적 성과 관점에서 정부 R&D사업 효율성 분석에 관한 연구	DEA



연구자 또는 연구기관	연도	연구주제	활용 방법론
황성주, 박문서, 이현수	2013	건설 분야 정부 R&D 투자의 사업별 경제적 파급효과 분석; 정성적 자료 기반의 시스템 다이나믹스 예측모형 개발	시스템 다이나믹스
이철행, 조근태	2013	DEA를 이용한 보건의료기술 R&D 사업의 효율성 분석과 전략적 포트폴리오 모형	DEA/포트폴리오 모형
황기하 외	2014	실무활용형 정부R&D 중기 투자방향 수립 프레임 개발 및 시범적용 연구	시나리오 분석, 델파이
조성호 외	2015	포트폴리오 및 산업연관분석을 통한 국가전략 기술분야 전략적 R&D 자원배분 방안 마련	격차분석, 포트폴리오분석, AHP, 산업연관분석
황기하 외	2017	중장기 투자전략 연계형 기술분야 투자포트폴리오 수립 프레임 연구	우선순위 매트릭스 전문가 설문·검토
문기환, 김승수	2018	연구개발 투자 포트폴리오 분석을 위한 프레임 워크 개발 및 원자력 분야에의 적용	메가트렌드, 국내외정책, 기술수준, 산업기여도 기반 종합평가
박현지, 박인선	2018	국가산업기술 R&D 투자효율성 제고를 위한 전략적 예산배분방법론의 실증적 연구	포트폴리오(매트릭스 기법), AHP분석
KISTI	2019	패키지형 R&D 투자플랫폼(R&D PIE) 개발	AHP, 네트워크분석
박지현 외	2019	농림식품 R&D 전략분야 도출 및 투자 우선순위 설정에 관한 연구	포트폴리오/산업연관분석, 격차분석
김홍영 외	2019	2019년도 글로벌 R&D 투자동향 분석	포트폴리오분석 델파이/AHP
남현동, 오민정, 남태우	2020	OECD 국가 R&D 투자의 효율성: 측정과 제언	Slack Base Model

※ 출처: 심진보 외(2015), '과학기술-ICT융합 R&D 포트폴리오 분석을 통한 정부 R&D 효율성 제고 방안 연구', KISTEP 용역과제 보고서 및 최근 자료 취합

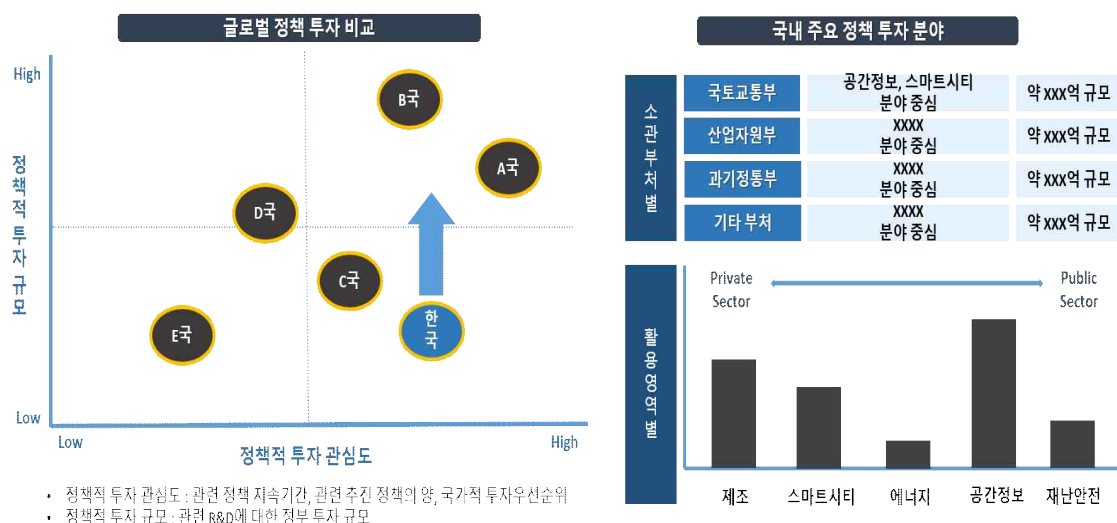
- 포트폴리오 접근법에서 가장 중요한 사안은 X/Y축 요인의 결정인데, 기존 연구들을 종합해보면 정부 R&D 포트폴리오 분석 프레임에서 가장 빈번하게 활용되고 있는 X/Y축 요인은 ① 기술수준 및 기술격차, ② R&D 성과, ③ 기술카테고리의 3가지
 - 일반적으로 정부 R&D 투자 우선순위 선정 시에는 ① 기술성(기술 실현성, 기술 파급성), ② 시장성(시장 수요성, 산업적 파급성), ③ 공공성(국가전략과의 부합성, 정부지원의 타당성, 사회 영향성)의 3가지 측면을 종합적으로 고려
 - 국내 ICT R&D 진흥기관인 IITP는 고유의 R&D 포트폴리오 분석 프레임인 NEPSA (NExt year Project Selection Analysis)를 활용하고 있는데, 이는 투자 우선순위 도출 시 기대성과(Return)/위험(Risk)에 대한 타당성을 검증하는 방식

- 이 밖에, ① 기술분류(분야), ② 지원 부처, ③ 연구단계(기초-응용-개발), ④ 기술실현 시기, ⑤ R&D 수행 기관, ⑥ 미래유망기술 분류, ⑦ 기술수명주기, ⑧ 과제별 경제/사회 목적 등과 같은 다양한 카테고리가 X/Y축으로 활용되고 있음

- 상기 X/Y축 요인 기반의 포지셔닝 기법은 다수의 R&D 과제들을 어떻게 분산투자(포트폴리오)할 것인지를 결정하는데 활용하는 것이 일반적이지만, 디지털 트윈 등 단일 유망기술 분야에 대한 투자전략 구상에도 유용한 것으로 판단하여 다음과 같은 3가지 분석 프레임 설계에 반영

- (1) 정책적 투자 현황 Framework : 글로벌 주요국들의 정책적 투자 관심도(관련 정책 지속기간, 관련 추진 정책의 양, 국가적 투자우선순위) 및 정책적 투자 규모(관련 R&D에 대한 정부 투자 규모)를 비교하여 2차원 Map에 도식화하고, 국내 정책 투자 현황을 소관부처별 및 투자 활용 영역별로 분석하여 향후 투자 확대/유지/축소의 방향성 및 중점 투자 활용 영역을 도출하는 프레임

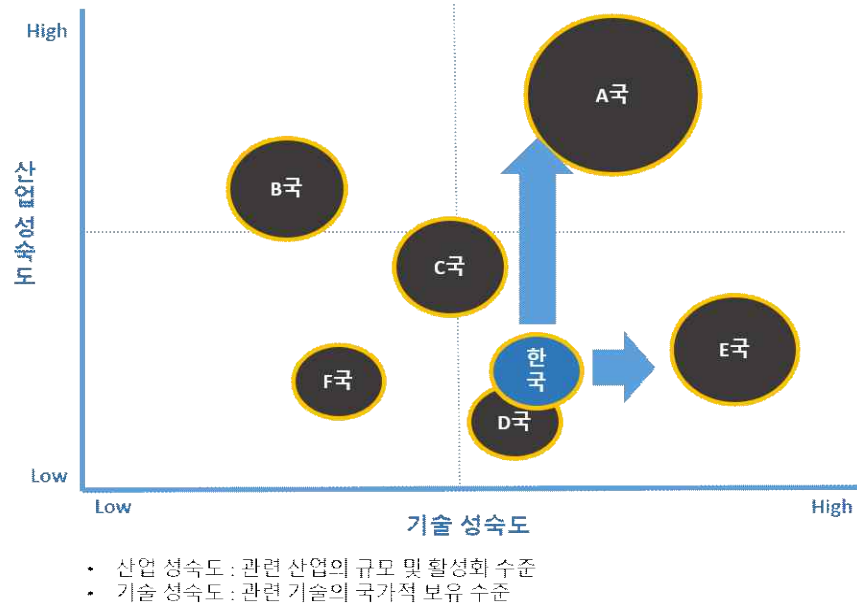
그림 5 디지털 트윈 국가투자전략 연구를 위한 '정책적 투자 현황 Framework'



- (2) 산업 및 기술 성숙도 Framework : 우리나라와 글로벌 주요국들의 산업 성숙도(국가별 관련 산업 규모)와 기술 성숙도(관련 기술의 국가별 보유 수준)을 비교하여 2차원 Map에 도식화하고, 이를 기반으로 기술개발 중심 투자 또는 산업육성 중심 투자 가운데 효과적인 방향을 도출하는 프레임

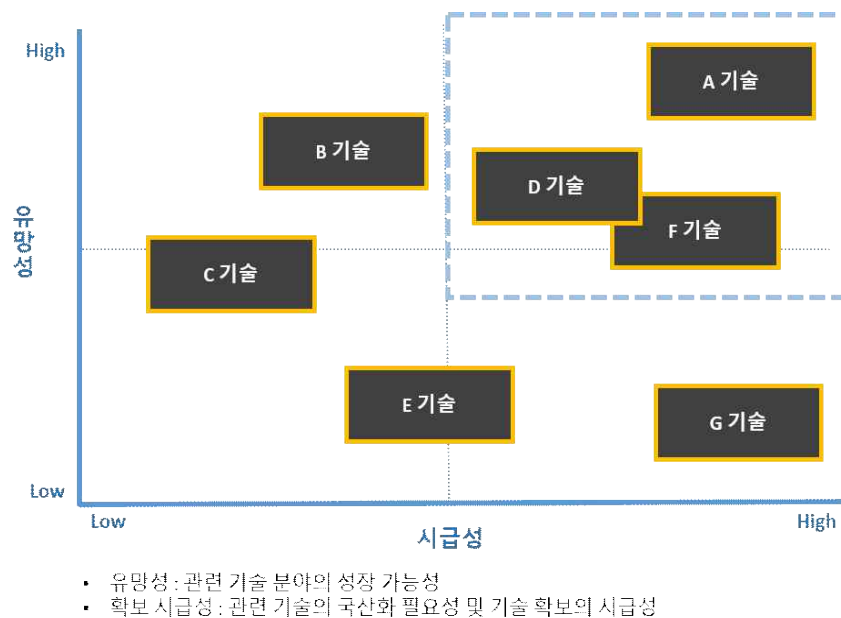


그림 6 디지털 트윈 국가투자전략 연구를 위한 '산업 및 기술 성숙도 Framework'



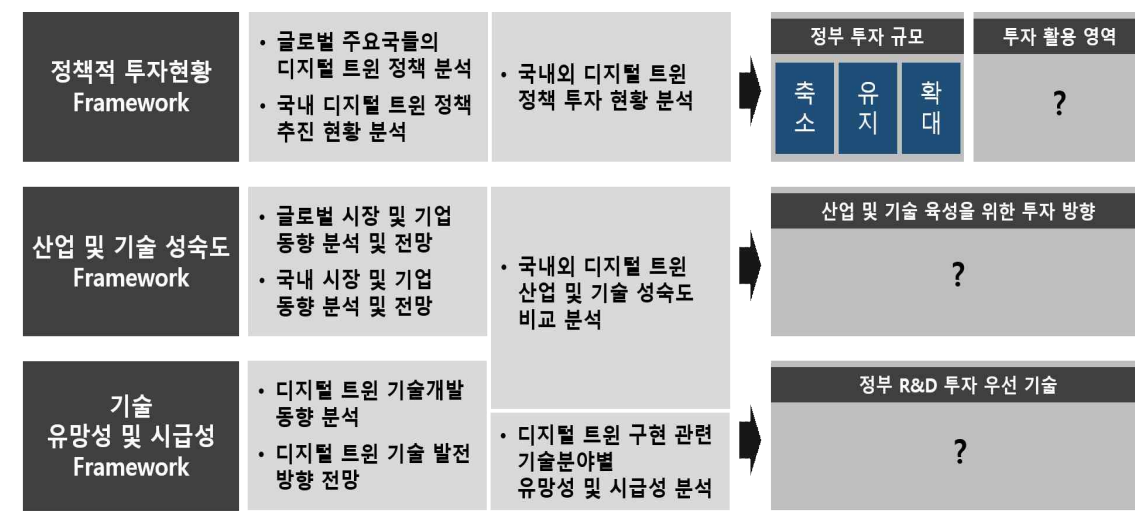
(3) 기술 유망성 및 확보 시급성 Framework : 해당 분야와 관련된 핵심 기술분야별로 유망성(관련 기술의 성장 가능성) 및 시급성(관련 기술의 국산화 필요성 및 기술 확보의 시급성)을 비교하여 2차원 Map에 도식화하고, 이를 기반으로 중점적으로 R&D 투자를 해야 할 기술분야를 도출하는 프레임

그림 7 디지털 트윈 국가투자전략 연구를 위한 '기술 유망성 및 시급성 Framework'



- 따라서 본 연구에서는 디지털 트윈 국가투자전략 방향을 연구하기 위해 상기 3가지 분석 프레임워크를 기반으로 다음과 같이 연구내용을 구성하고자 함

그림 8 디지털 트윈 국가투자전략 연구 체계





II 디지털 트윈 정책 현황

1 주요국 디지털 트윈 정책 추진 현황

- 2017년 Gartner가 ‘디지털 트윈’을 주요 전략 기술로 지목한 후 세계가 디지털 트윈을 주목하고 있음. 이에 국가 차원 디지털 트윈 정책과 투자가 활발한 <미국, <독일, <영국, <중국, <싱가포르, <일본을 대상으로 정부 정책 동향을 살펴보고자 함
- 주요국은 자국의 현실과 강점을 기반으로 디지털 트윈 및 CPS 관련 정책을 추진
 - CPS, 5G, XR 등 디지털 트윈 밀접 기술은 주요국 정책에 이미 높은 우선순위로 반영되어 있고, 디지털 트윈 기술을 공공영역과 산업 전반에 접목하기 위한 제도적·기술적 정책이 다수 추진 중
- 주요국은 제조업 분야에서 디지털 트윈을 주목하기 시작하여 현재는 제조뿐만 아니라 도시·행정·국토 등 공공사회서비스 부문으로 확대
 - 미국, 독일, 중국은 스마트제조를 통한 산업경쟁력 확보 측면에서 디지털 트윈 활용을 강조하고, 영국과 싱가포르는 국가 차원에서 가치를 인식하고 정책에 반영
 - 디지털 트윈 분야 논문 출판 수는 ‘18년 기준 미국이 1위(38건), 독일이 2위(34건)를 차지, 제조업, 스마트시티, 보건의료 순¹⁾

표 3 주요국 디지털 트윈 관련 정책 현황

국가	정책적 특징	주요 정책
미국	• ICT 대기업과 지방정부 주도로 디지털 트윈 활용 확산 • 정책과 사업, 민·관 협력체 마련을 통해 연방정부가 지원 • 첨단 제조 경쟁력 확보 분야와 도시·교통 분야 활발	Smart America Challenge(2013) Smart Cities Initiative(2015) 첨단 제조업 리더십 확보 전략 (2018)
독일	• 미국 거대 플랫폼 기업들의 패권에 대항 • 인더스트리 4.0의 지속적 추진을 통한 첨단 제조업 육성 중심 • 다양한 민·관 협의체가 제조·도시 분야에서 적극 활용	High-Tech Strategy 2020(2012) Digital Strategy 2025(2016) Smart-City Charta(2017)
영국	• 국가 공공인프라의 디지털 트윈화 추진 • 주요 도시들을 중심으로 디지털 트윈 프로젝트 운영	National Digital Twin 권고(2017) Gemini Principles(2019)
중국	• 정부의 강력한 정책적 드라이브와 대규모 투자 진행 • 스마트제조 중심 디지털 트윈 확산, 지방정부 중심 디지털 트윈 기반 도시 구축 활발	중국제조 2025(2015) 빅데이터 산업발전 13.5규획(2017) 스마트제조 14.5 발전계획(2021)
싱가포르	• 정보통신기술 기반 기술중심 국가 관리체계 채택 • 도시국가 자체를 디지털 트윈화하는 정책 추진	Smart Nation Initiative(2014) Virtual Singapore(2014~2018)
일본	• 기존 디지털·로봇 분야 경쟁력 기반의 디지털 혁신 정책 추진 • 민간 협의체 중심의 제조 분야와 정부 주도의 국토·도시 분야 디지털 트윈 운영	Society 5.0(2016) 미래투자전략 2018(2018) 국토교통 데이터 플랫폼 1.0(2020)

1) 신상희(2021), 디지털 트윈 기술 동향과 전망, 국토연구원.

가. 미국

- 미국은 ICT 대기업과 지방정부를 중심으로 디지털 트윈의 활용을 확산하고 있으며, 다양한 민·관 협력체를 통해 솔루션을 공유하고 협력함
 - 2014년 디지털 트윈 상호운용성 정의, 스마트공장 공동 프로젝트 추진 등을 목적으로 ICT 대기업과 200여 개 기업이 참여하는 'IIC(Industry Internet Consortium)'를 설립, IIC 산하 워킹그룹은 산업인터넷과 디지털 트윈의 활용 확산 및 진입장벽 완화를 추진
 - 민간·지방정부 협력 재단인 'OMP(Open Mobility Foundation)'는 디지털 트윈을 이용하여 확장 가능한 도시 모빌리티 솔루션과 오픈소스 개발 지원 중²⁾
- 연방정부는 디지털 트윈 정책과 사업을 통해 지원 중이며, 첨단 제조 경쟁력 확보를 위한 지능형 제조시스템 분야와 도시·교통 분야에서 활발히 추진 중
 - 2013년 미국 연방정부는 'Smart America Challenge' 전략³⁾을 발표, CPS가 어떻게 미국의 일자리, 새로운 비즈니스 기회 및 사회경제적 이익을 창출할 수 있는가에 대한 답을 제시, 현재 도시 교통시스템의 디지털 트윈화 추진
 - 2015년 연방정부는 'Smart Cities Initiative'⁴⁾를 발표, 디지털 트윈과 밀접한 CPS 기반의 스마트시티 R&D 및 협력을 강조
 - 2016년 연방정부가 주도한 'SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition)'는 제조기업, 대학, 정부 연구소 등과 함께 혁신 전략과 경험을 공유하고, 파트너십 지원⁵⁾
 - 2018년 국가과학기술위원회(National Science and Technology Council)는 '미국첨단 제조업 리더십 확보 전략'을 발표, 디지털 트윈 관련 지능형 제조시스템을 포함하는 5대 전략 목표를 제시하고 스마트·디지털 제조 분야에서의 적극적 활용을 장려

- 미국은 주요국 중 가장 먼저 디지털 트윈과 제조업의 접목을 시도하였으며, 제조업을 중심으로 디지털 트윈이 발전함
- 지능형 제조시스템과 도시·교통 분야에서 가장 활발한 정책과 투자가 전개되고 있음
- 민간부문과 지방정부를 중심으로 확대되기 시작했고, 연방정부는 정책과 투자, 민·관 협력체계를 마련하며 지원함

2) <https://www.openmobilityfoundation.org/>

3) <https://smartamerica.org/>

4) <https://obamawhitehouse.archives.gov/>

5) <https://smartmanufacturingleadershipcoalition.org/>



나. 독일

- 독일은 국가 산업혁신전략 ‘인더스트리 4.0(Industrie 4.0)’의 핵심인 CPS의 뒷받침 기술로 디지털 트윈을 주목함
 - 2012년 ‘High-Tech Strategy 2020’ 실행계획의 일환으로 인더스트리 4.0 추진, 2015년 연방정부 주도의 민·관 협의체 ‘Platform Industry 4.0’ 출범으로 스마트제조の実效성을 강화, 2018년 ‘모듈식 생산 시대’를 표방하며 ‘Process Industry 4.0’ 추진, 2019년 글로벌 디지털 생태계 구현을 목표로 ‘Vision 2030 for Industrie 4.0’을 발표
 - 2016년 국가 전반에서의 디지털화 촉진을 위한 ‘Digital Strategy 2025’을 발표⁶⁾ 하고, 디지털 경제 이행을 위한 정책 방향과 과제들을 체계화
 - CPS 기반 스마트팩토리 구축으로 개인 맞춤형 제품의 비즈니스 모델 혁신을 통해 신 시장 창출 및 매출 증대를 도모
 - 다수의 디지털화 시범센터 운영, 중소기업 디지털 자문서비스(Go-Digital), 디지털 표준화 액션플랜 수립 등 디지털 트윈 확산의 기반이 되는 과제를 발굴하여 추진 중
 - 2017년 디지털 기반의 스마트시티 건설을 위한 정책 지침인 ‘Smart-City Charta’를 발표하고, ‘스마트시티 시범사업’을 추진 중⁷⁾
 - 스마트시티 시범사업으로 선정된 총 10개 도시에 약 1억 5천만 유로의 연방 예산 배정 (2019년), 교통·이동·물류·공공서비스 등의 분야에서 CPS 및 디지털 트윈 기술의 적극적 활용을 강조
 - 다양한 민·관 협의체가 구성, 제조 및 도시분야에서 디지털 트윈을 적극적으로 활용함
 - 프라운호퍼는 독일의 대표적 제조업체인 지멘스, 보쉬 등과의 협업을 기업별로 적합한 디지털 트윈 구현 및 AI 데이터 인프라 플랫폼 구축을 추진
 - ‘EUREF Campus’는 시스코, GE, 나이키 등 민간기업과 프라운호퍼, 독일철도청 등 공공이 협력하는 혁신 클러스터로, 디지털 트윈 전력 시스템을 구축하여 스마트시티에 활용
- 독일은 CPS 선도국으로서의 위치를 선점하고자 새로운 기술개발과 첨단 프로세스 도입에 적극적임
 - 미국의 거대 플랫폼 기업들의 패권에 대항하기 위해 ‘인더스트리 4.0’을 추진하면서 디지털 트윈 기술의 활용을 정책적으로 장려함

6) <http://www.bmwi.de/>

7) 송종화(2019), 독일의 4차 산업혁명을 위한 미래형 도시정책 연구, 국토교통부.

다. 영국

- 영국은 정부 차원의 디지털 트윈 도입에 가장 적극적임. 국가 인프라 관리 방향을 ‘국가 디지털 트윈’으로 정하고 데이터 공유의 중요성과 디지털 트윈의 필요성을 강조
 - 2017년 영국 국가인프라위원회(British National Infrastructure Commission)는 ‘국가 디지털 트윈(National Digital Twin) 권고’를 발표⁸⁾
 - ※ 디지털 트윈이 인프라의 성능·서비스·가치 향상과 사회·기업·환경·경제에 혜택 제공, 인프라 자산의 계획·예측·이해를 돕기 위한 디지털 트윈 기술개발을 강조
- 2018년 상기 권고의 구체적 실현을 위해 CDBB(Centre for Digital Built Britain)를 설치, ‘국가 디지털 트윈 프로그램(National Digital Twin Program)’을 통해 국가적 차원의 디지털 트윈 적용 전략 연구
 - CDBB 내 ‘Digital Framework Task Group’에는 디지털 트윈 전문가와 실무자를 비롯한 법적, 정책적 역량을 보유한 전문가가 대거 포진하여 로드맵 수립
 - ‘Gemini Principles’을 통해 국가 디지털 트윈 개발의 원칙과 방향성을 제시⁹⁾
 - ※ 제미니 원칙의 9대 요소 : ◁ 공공성, ◁ 가치, ◁ 통찰력, ◁ 보안, ◁ 개방, ◁ 품질, ◁ 연합, ◁ 큐레이션, ◁ 진화
 - ‘디지털 트윈 허브(Digital Twin Hub)’ 구축을 통해 디지털 트윈을 소유하거나 개발 중인 사람들을 위한 공동 웹 지원과 커뮤니티 운영 중
 - ※ 디지털 트윈 허브는 디지털 트윈 관련 ◁ 학습과 경험 공유, ◁ 혁신 추진 및 전문성 개발, ◁ 표준을 통한 모범사례 식별, ◁ 비즈니스 사례 연구, ◁ 과제 해결을 위한 네트워크 형성, ◁ 작업 목록 제공, ◁ 국가 디지털 트윈 해결과제 식별 및 정의, ◁ 정보 관리 프레임워크 채택 촉진 등을 주요 목표로 함
- 상기 정책 추진이 가시화되며 주요 도시들(런던, 맨체스터 등)에서 디지털 트윈 기반의 3D 모델을 구축하여 교통, 날씨, 환경정보 등 실시간 데이터를 연동하며 도시 운영의 효율화를 도모 중

- 영국은 정부 정책 명에 디지털 트윈을 가장 빠르게 명문화한 국가로, 디지털 트윈 기반의 국가 인프라 재구축을 위해 주요국 중 가장 적극적으로 정책을 추진함
- 주요 도시에 디지털 트윈을 적용하며 도시 운영의 효율화를 꾀하는 중

8) NIC(2017), Data for the Public Good.

9) CDBB(2019), NDT(National Digital Twin) Gemini Principles.



라. 중국

- 중국 정부는 디지털 기술 기반의 산업·사회 혁신 정책을 신속하게 마련하며, 글로벌 제조 강국 도약을 위한 정책에서 디지털 트윈을 활용 중
 - 2015년 발표된 ‘중국제조 2025’은 30년간 3단계에 걸쳐 < 스마트제조 플랫폼 보유 < 글로벌 스마트 제조시장 경쟁력 확보 < 글로벌 무대 석권을 목표로 추진 중¹⁰⁾
 - 2016년 공업정보화부가 발표한 ‘빅데이터 산업발전 13.5 계획’에서 디지털 트윈을 CPS의 데이터 융합 방법으로 인식하고, 5년 뒤 발표된 ‘스마트제조 14.5 발전계획’에서 디지털 트윈 포함 신기술의 혁신응용으로 선진국 수준의 경쟁력 확보 포부를 밝힘¹¹⁾
- 중앙정부 정책지원과 대규모 투자 기반 지방정부의 디지털 트윈 스마트시티 구축 활발
 - 2017년 ‘디지털 트윈 도시’ 개념 도입 이후 각 지방정부의 관련 정책과 사업 증가
 - ‘ET City Brain’은 도시 인프라의 효과적 관리와 도시문제 해결을 위해 디지털 트윈과 첨단 디지털 기술을 접목한 알리바바의 클라우드 기반 서비스로, 항저우에서 처음 시작
 - 허베이성은 빅데이터 자산 관리 체계 구축을 통한 디지털 트윈 도시 추진을 제안, 상하이 후아무 거리와 베이징 상무 중심구에는 디지털 트윈 도시 시스템이 구축, 우한은 디지털 트윈 기반으로 아시아 최대 하수 처리장을 시공¹²⁾
- 정부 연구기관 및 학술계의 디지털 트윈 관련 심층 연구 확대
 - 2019년 중상산업연구원은 디지털 트윈 기술을 ‘중국 스마트제조 10대 트렌드’로 선정, 자동차와 컴퓨터, 통신, 소비자 가전 등의 업종에서 디지털 트윈 기술의 보급 가속화 예측¹³⁾
 - 2020년 중국정보통신연구원은 디지털 트윈시티의 발전 트렌드와 핵심 역량을 고찰한 ‘디지털 트윈시티 백서’ 발간, 기술 중요성 부각, 주요 과제 분석과 향후 추진 전략 제시

※ 디지털 트윈 시티 연구 수행 건수는 2018년 4건에서 2020년 63건으로 크게 증가

- 중국은 국가 차원의 강력한 정책 추진 하에 제도적 지원과 대규모 투자가 이루어지고 있으며, 스마트제조 중심으로 디지털 트윈이 확산 중
- 중국 내 글로벌 기업들의 관심과 투자 증가, 빨라진 디지털 전환의 흐름과 상대적으로 약한 규제환경이 중국의 디지털 트윈 선도국 진입을 앞당길 것으로 전망됨

10) 이코노믹리뷰(2018.07.07.), 미중무역전쟁 슈퍼파워의 격돌, 핵심은 중 스마트제조 2025.

11) 한국과학기술기획평가원(2021), 중국, 스마트제조 14.5 발전 계획 발표.

12) 박가영(2021), 디지털 트윈 도시의 현황과 시사점, 산업연구원.

13) KOTRA 해외시장뉴스(2019.03.11.), 중국, 미래 유망기술 디지털 트윈(Digital Twin) 뜬다.

마. 싱가포르

- 싱가포르는 혁신적인 정보통신기술로 경제성장과 삶의 질 제고를 목표로 2014년 ‘Smart Nation’을 국가 정책 비전으로 선포, 기술중심 국가 관리 체계를 채택함
 - 싱가포르 전역에 걸쳐 디지털 및 스마트 기술의 보편적 도입을 위해 ‘Strategic National Projects’를 발굴, < NDI(National Digital Identity), < E-Payments, < Smart Nation Sensor Platform, < Smart Urban Mobility, < Moments of Life, < CODEX (Core Operations, Development Environment, eXchange) 과제를 도출
- 도시국가 개발 노하우와 혁신적인 정보통신기술을 활용한 ‘Virtual Singapore’ 프로젝트를 추진하여 소기의 성과를 창출함
 - ‘Virtual Singapore’는 도시의 모든 구조물을 3D로 맵핑하여 디지털 트윈을 구현하는 프로젝트로, 도시 계획·물류·교통·환경·시설·환경 등 다양한 분야에서 가상의 플랫폼을 활용
 - ※ 2014년부터 4년간 약 7,300만 달러의 예산이 투입됨
 - 싱가포르의 도시계획 담당자들은 싱가포르 북부의 미니 실리콘 벨리라고 불리는 판골(Punggol) 타운을 설계할 때 Virtual Singapore 플랫폼을 활용하여, 지역 전체의 건물들을 실제 건물이 완공된 것처럼 3D로 구현하고 여기에 바람이 불 때 공기의 흐름이 어떻게 진행되는지 실험을 진행, 실험 결과를 반영하여 각각의 건물 배치를 조정하는 방식으로 전체 지역이 통풍이 잘되도록 설계하여 타운 전체의 대기 질을 향상시키는데 성공¹⁴⁾
- 2011년 정부의 지원 아래 싱가포르의 민간기업과 기관들의 협력 네트워크인 ‘론치 패드(Launch Pad)’가 발족하여 스마트 국가 건설 R&D에 기여 중
 - 싱가포르 국립연구대학과 싱텔 등이 중심이 돼 결성된 론치 패드에는 2019년 현재 14개 액셀러레이터, 23개 인큐베이터, 440개 스타트업, 15개 벤처캐피탈이 참여해 스마트 국가 건설에 필요한 디지털 트윈 등의 혁신기술을 개발

- 싱가포르는 디지털 트윈 기술을 활용하여 도시국가 자체를 디지털 세상에 구현하는 정책을 추진함
- Virtual Singapore는 가장 대표적인 도시형 디지털 트윈 선도모델로 꼽히며, 디지털 트윈이 스마트시티 구현의 혁신적인 도구임을 확인시켜주는 동시에 싱가포르가 디지털 트윈 강국으로 부상하는 데 기여함

14) KBS(2019.05.10.), [스마트시티①] 싱가포르, 3D 가상현실로 스마트 국가 건설



바. 일본

- 2021년 3월 발표한 ‘제6기 과학기술혁신정책 기본계획(일본 내각)¹⁵⁾’은 ‘Society 5.0’ 실현을 재확인하고, 디지털 트윈을 통한 사이버 공간과 물리적 공간의 융합을 강조
 - 교육, 의료, 방재 등 국가의 신뢰할 수 있는 데이터를 토대로 디지털 트윈 구축, AI의 적극 활용으로 물리적 공간을 변화시켜 사이버 공간에 재현하는 선순환의 사회혁신을 추구
 - 장기간의 경기침체 속에서 신성장동력 확보를 위한 디지털 기술육성정책 추진, 첨단 디지털 기술의 육성을 골자로 하는 정책들을 지속적으로 발표
 - 2017년 내각부(종합과학기술 이노베이션회의)는 ‘Society 5.0 실현을 향한 전략적 중요과제’에서 범부처 간 사회·경제적 전략 핵심과제 및 공통과제 분야를 도출¹⁶⁾
 - ※ 전략적 핵심과제로 ‘제조업의 데이터화’ 선정, 디지털 트윈을 통해 구현할 것 명시
 - IoT를 기반으로 제조와 ICT 기술을 결합하고, 기업 간 협업 영역을 통해 ‘상호 연결된 시스템 아키텍처’를 구축하기 위하여 미쯔비시·도요타·파나소닉의 주도로 2015년 IVI(Industry Value-chain Initiative) 협의체 출범¹⁷⁾, 200개 조직 참여
 - 국토교통성은 일본 국토의 디지털 트윈(Digital Twin)을 목표로 하는 ‘국토 교통 데이터 플랫폼 1.0’을 공개(2020년)¹⁸⁾
 - 국토, 경제활동, 자연현상과 연계된 데이터를 연계하여 가상공간에서 관리, 물류, 재난대비, 건축 등 다양한 상황을 시뮬레이션하는 것이 목적
 - 건축물이나 인프라, 관광시설 등 3차원 데이터에 역사와 이벤트 정보를 제공하고, XR 시각화 통해 몰입감을 높이는 관광체험 등 다양한 서비스 구현
 - 도쿄도는 ‘스마트 도쿄 실시 전략’을 수립, 데이터플랫폼 구축 기본방침 공개(2020년)
 - 민·관 데이터 플랫폼 구축과 도시 디지털 트윈을 실현, 관련 웹사이트·아키텍처·환경정비와 거버넌스 설계를 통해 도시의 각종 서비스에 대한 스마트화 추진
- 일본의 디지털 트윈 정책은 주요국 대비 늦은 편이나 제6기 과학기술혁신정책에서 ‘Society 5.0’ 실현을 위한 디지털 트윈의 필요성을 강조하며 전략적 추진을 촉구함으로써 향후 디지털 트윈 관련 정책이 강화될 것으로 예상됨
 - 제조 분야는 민간 협의체를 중심으로 국토·도시 분야는 정부 주도로 디지털 트윈 정책과 사업이 진행 중임

15) 일본 내각(2021), 제6기 과학기술혁신정책.

16) 한국과학기술기획평가원(2017), 일본, Society 5.0을 향한 전략적 중요과제·공통과제 검토

17) <https://iv-i.org/>

18) 한상열·방문영(2020), 글로벌 XR 정책 동향 및 시사점, 소프트웨어정책연구소.

2 국내 디지털 트윈 정책 추진 현황

- 국내 디지털 트윈은 제조에서 시작되어 도시, 행정, 국토 분야를 중심으로 적용되고 있으며, 이외에도 의료, 에너지, 물류 분야로 활용범위가 확대되고 있음. 이에 현재 활발한 정책과 투자가 진행되는 <제조, <국토, <도시·행정 분야의 정부 정책 특성과 투자 현황을 살펴보고자 함
- 국내 디지털 트윈은 ‘대한민국 대전환 한국판 뉴딜’의 대표과제, ‘코로나 이후 디지털 대전환을 선도’하는 5대 과제 중 하나로 꼽히는 등 관련 정책이 급부상함
- (디지털 트윈 제조) 주요국과 같이 스마트제조 분야에서 디지털 트윈의 가치를 인정하기 시작했으며, 산업부를 중심으로 정부 정책에 반영되어 추진됨
 - 2018년 정부의 ‘제조업 혁신 3.0’ 정책에서 제조업과 ICT·SW·서비스·他산업 등과 융합을 기반으로 하는 스마트공장에 주목하고, 스마트 제조기술 개발을 통한 제조업의 부가가치와 성장 동력 창출 추진
 - 2019년 ‘스마트제조 R&D 로드맵’에서 제조업의 고부가가치화, 생산시스템 혁신, 산업구조 고도화 등을 위한 기술로 디지털 트윈을 적시¹⁹⁾
 - ※ 첨단기술(AI, CPS 등)과 시스템의 융합을 추진하고, 디지털 트윈 기반의 스마트 생산 장비 토털 솔루션 구현을 위한 로드맵 구성
 - ‘해양수산 분야 코로나19 이후 대응전략(2020)’에서 AI, IoT센서, 디지털 트윈 기반의 글로벌 물류 경쟁력 확보 계획을 밝히고, ‘스마트 해운물류 확산전략(2021년)’²⁰⁾에서 항만시설과 운영에 디지털 트윈 구축을 추진함
- (디지털 트윈 국토) 3차원 데이터 모델 기반의 가상국토 개념으로 정부 정책·전략 추진과 자원 투입에 있어 현재 가장 활발한 분야임
 - ‘국토부 4차산업혁명과 혁신성장 업무보고(2018년)’에서 디지털 트윈 공간정보, 스마트 공항, 스마트 물류 등의 신규 산업 적극 발굴·육성 의지를 표명²¹⁾
 - ‘대한민국 대전환 한국판 뉴딜(2020)’에서 ‘디지털 트윈’ 기반의 < 전국 3차원 지도, < 지하공간통합지도·지하공동구 지능형 관리시스템, < 정밀도로지도 구축 조기 완료 계획 발표²²⁾
 - 2021년 구성된 ‘디지털 트윈 TF’에서 국토의 정책적 방향성과 관련분야 연계활용 가속화 등 중장기발전전략을 마련²³⁾

19) 산업통상자원부(2019), 스마트제조 R&D 로드맵.

20) 관계부처합동(2021), 스마트 해운물류 확산전략.

21) 기획재정부(2018), 「4차 산업혁명과 혁신성장」을 주제로, 정부 업무보고 실시, 보도자료.

22) 과학기술정보통신부(2020a), 디지털뉴딜, 코로나 이후 디지털 대전환을 선도합니다!, 보도자료.



- ‘제3차 공간정보산업 진흥 기본계획(2021~2025)’에서, 디지털 트윈, 자율주행, 드론 등 공간정보분야의 신산업 지원과 융복합 서비스, 성과 창출을 강조²⁴⁾, “21년 국가공간정보정책 시행계획”에서 안전한 국토·시설 관리를 위한 디지털 트윈 관련 기술개발 등에 투자 확대 명시
- (디지털 트윈 도시·행정) 국내 스마트시티 정책에 디지털 트윈이 적용되기 시작한 것은 2019년으로 타 주요국들에 비해 늦은 편이나, 도시문제 해결의 유력한 기술서비스로 최근 활용도가 급격하게 증가 추세
 - 국토교통부는 ‘스마트도시 종합계획(2019~2023)’에서 국가시범도시의 디지털 트윈 설계 및 개발, 실증에 관한 계획과 예산을 제시
 - (부산·세종 스마트시티 국가 시범도시) 스마트시티 국가 시범도시로 조성되는 부산과 세종은 2019년 ‘디지털 트윈 마스터 플랜 사업’을 통해 도시에 디지털 트윈 기반의 3D 설계기술로 가상도시 구축 중, 향후 도시설계 및 관리에 활용할 예정
 - (버추얼 서울 프로젝트) 국내 기업의 솔루션과 데이터를 활용하여 3D 기반의 디지털 트윈을 구축, 서울시 정책 결정을 지원하고 다양한 시뮬레이션으로 도시문제를 해결
 - ※ 서울을 사이버공간에 3D로 복제한 ‘디지털 트윈 서울 S-Map’을 구현하여 현재 가동 중, 다양한 분석 모형 통한 도시문제 해결과 비대면 서비스 확대, 민간활용을 위한 개방 등에 활용
 - (버추얼 전주 프로젝트) 디지털 트윈 기반의 가상환경을 구축하여 미세먼지 저감, 공기정화 시뮬레이션 등 도시문제 해결 정책에 활용할 계획
 - (충북, 춘천, 새만금) 디지털 트윈을 행정에 접목하여 3차원 지도와 공간정보를 각종 행정 데이터와 융합, 시뮬레이션을 기반으로 도시문제 해법 수단으로 활용
- (기타) ‘디지털 뉴딜 문화콘텐츠산업 성장 전략(2020)’에서는 문화유산을 가상현실로 구현하는 디지털 트윈 구축 계획을 밝힘²⁵⁾

23) 국토교통부(2021c), 디지털 트윈 TF 구성·운영계획.

24) 국토교통부(2021a), 3차 공간정보산업 진흥 기본계획(2021-2025).

25) 문화체육관광부(2020), 디지털 뉴딜 문화콘텐츠산업 성장 전략 발표, 보도자료.

표 4 국내 디지털 트윈 관련 정책 현황

분야	정책 현황	주요 내용
국정기조	대한민국 대전환 한국판 뉴딜(2020)	디지털 뉴딜 5대 대표과제로 디지털 트윈 선정
제조	제조업 혁신 3.0(2018)	제조업과 신기술 융합으로 스마트공장 구축
	스마트제조 R&D 로드맵(2019)	제조혁신 수단으로 디지털 트윈 주목
	해양수산 분야 코로나19 이후 대응전략(2020)	스마트 해운물류 시스템 구축
	스마트 해운물류 확산전략(2021)	스마트물류 R&D 확대, 디지털 기반 안전 확보
국토	국토부 4차산업혁명과 혁신성장 업무보고(2018)	디지털 트윈 공간정보 등 신규 산업 발굴
	디지털 트윈 TF(2021)	디지털 트윈과 국토 정책 방향성 설계
	제3차 공간정보산업 진흥 기본계획(2021)	디지털 트윈 등 공간정보 분야 신산업 지원
	'21년 국가정보정책 시행계획(2021)	디지털 트윈 기술개발 투자 확대 명시
도시·행정	스마트도시 종합계획(2019)	국가 시범도시 디지털 트윈 설계 및 개발
	버추얼 프로젝트(2020)	디지털 트윈 기반 도시문제 해결 정책

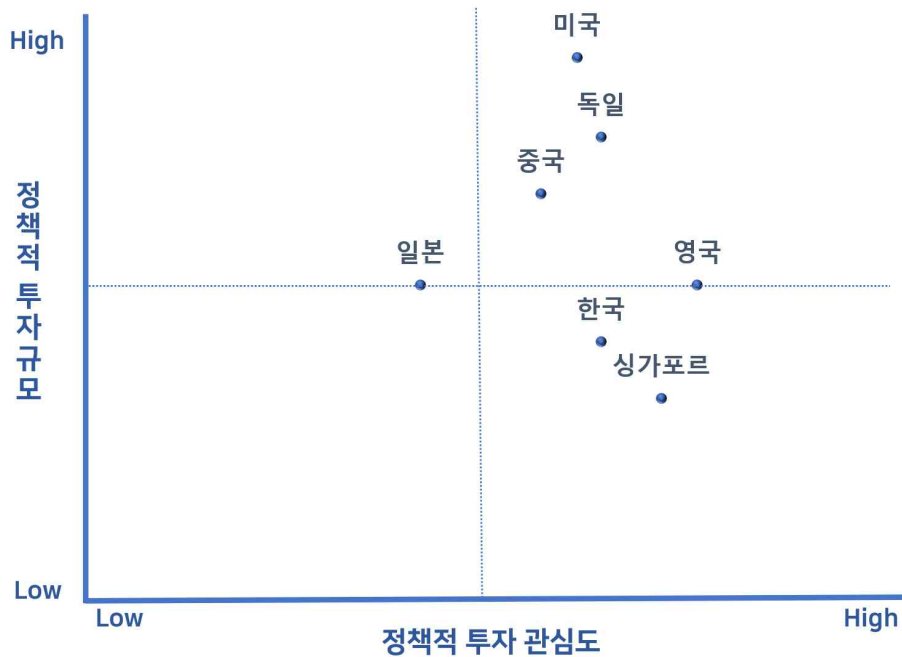
- 국내 디지털 트윈은 주요국과 같이 스마트제조 영역에서 가치를 인정하기 시작했으나, 주요국 대비 제조 관련 정책 추진은 지연된 상황임
- 과학기술정보통신부 산하 도시행정 디지털 트윈, 산업통상자원부와 중소벤처기업부 산하 제조 디지털 트윈, 국토교통부 산하에서 국토 디지털 트윈 정책과 사업이 진행 중
- ‘대한민국 대전환 한국판 뉴딜정책’ 이후 국토 분야를 중심으로 정부 차원 디지털 트윈 정책과 사업이 확대되고 있음



3 국내 정책 투자 현황 분석

- 미국과 독일은 디지털 트윈 기술 선도국으로서 정책적 투자에서도 우위를 점하고 있으며, 디지털 트윈 후발주자인 중국이 국가 차원의 제도적 지원을 토대로 빠르게 성장하고 있음
 - 미국과 독일은 전통적으로 우세를 나타내는 제조업과 스마트시티 분야에서 꾸준한 정책적 투자가 이루어짐
 - 영국과 싱가포르는 국가 정책 비전으로 디지털 트윈을 적용하는 등 정책적 투자 관심은 매우 높으나 투자는 완만한 상승세를 보이고 있으며, 일본의 디지털 트윈에 대한 정책적 관심과 투자는 미미한 상황임
 - 한국은 정책적 투자 관심과 규모 모두 확대되고 있으나, 투자 규모는 주요국 대비 열세를 나타냄

그림 9 글로벌 정책 투자 현황 비교



※ 디지털 트윈 정책 동향 연구 결과를 기반으로 연구진 브레인스토밍을 통해 작성

- 국내에서는 2021년까지 ‘디지털 트윈’과 관련하여 총 761개 R&D 과제(약 3,700억 원 규모)가 수행됨²⁶⁾
 - 정부 R&D 투자는 2018년까지는 미미한 수준이었으며, 2019년부터 확대되기 시작하여 ‘대한민국 대전환 한국판 뉴딜’ 정책이 발표된 2020년을 기점으로 급격히 증가함

26) NTIS(국가과학기술지식정보서비스) ‘디지털 트윈’ 키워드 검색을 통한 정부 R&D 투자 현황 자료 수집 (2015년~2021년)

- 2017년 전후부터 정책반영과 투자 확대가 이루어진 주요국과 비교할 때, 국내의 디지털 트윈 주목은 뒤늦은 측면이 있음

표 5 국내 디지털 트윈 관련 R&D 과제 집행 현황

(단위 : 백만원)

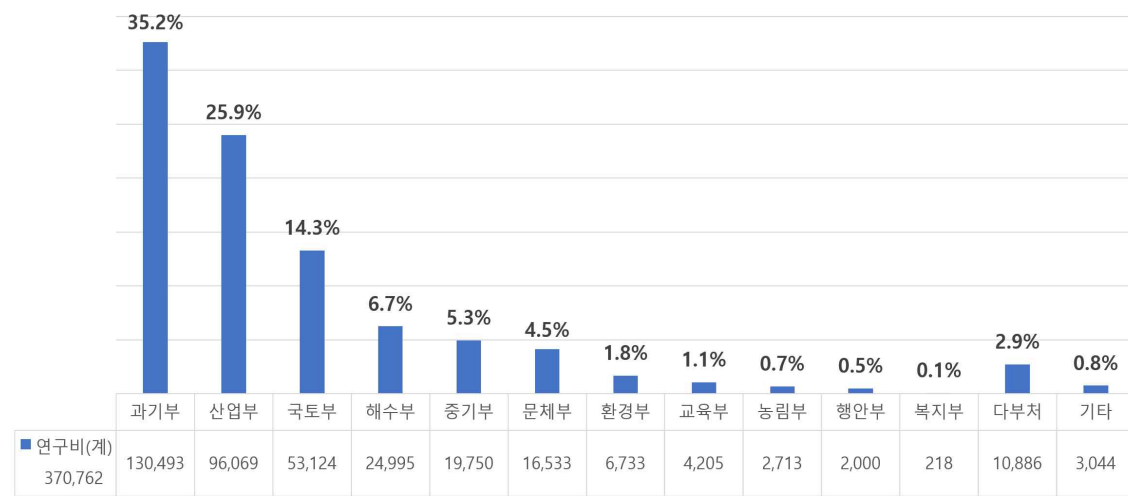
연도	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	계
과제 수	2	1	15	36	128	266	316	761
연구비	229	800	5,053	20,631	48,118	137,166	158,766	370,762

※ 출처: NTIS 데이터 분석 결과(2015년~2021년)를 기반으로 작성

- 부처별 점유율은 R&D 주관 부처인 과학기술정보통신부가 가장 높고, 산업통상자원부, 국토교통부 순으로 나타남([그림 10] 참조). 주요 부처의 증감 추이는 디지털 트윈이 증가하는 시점인 2019년을 기준으로 해양수산부, 국토교통부, 중소벤처기업부 순으로 증가 폭이 컸으며([표 6] 참조), 예산 규모 등을 고려할 때 국토교통부의 성장이 눈에 띈

그림 10 부처별 디지털 트윈 관련 R&D 과제 현황

(단위 : 백만원)



※ 출처 : NTIS 데이터 분석 결과(2015년~2021년)를 기반으로 작성

표 6 주요 부처 디지털 트윈 관련 R&D 과제 증감현황

(단위 : 백만원)

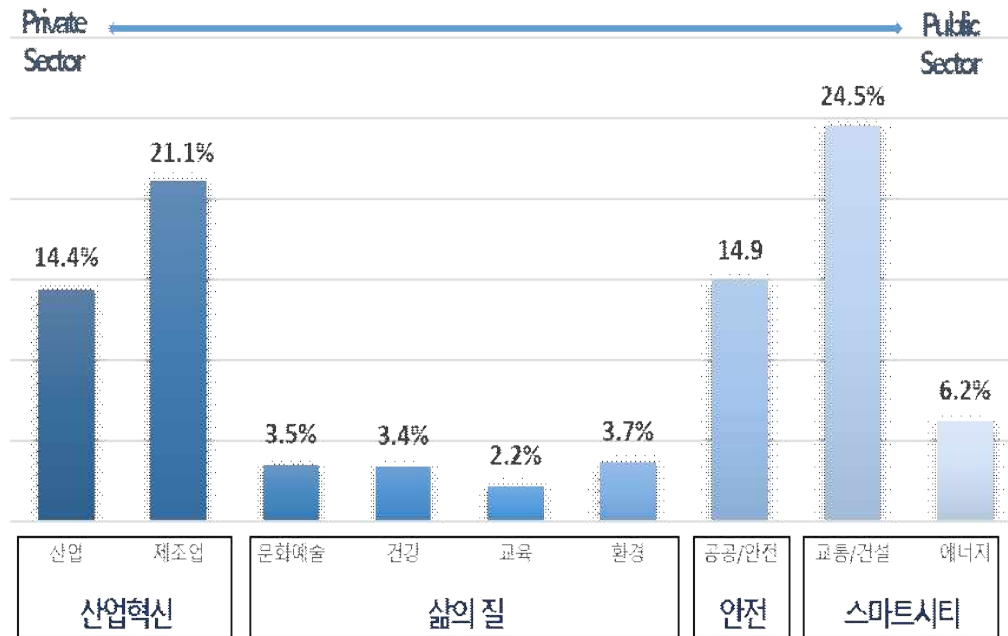
구분	과기부	산업부	중기부	국토부	해수부
2019년 이전(A)	36,875	21,717	3,249	4,218	1,761
2020년 이후(B)	93,618	74,352	16,500	48,906	23,234
증감률(B/A)	254%	342%	508%	1159%	1320%

※ 출처 : NTIS 데이터 분석 결과(2015년~2021년)를 기반으로 작성



- 활용 영역별로는 민간영역에서 ‘제조’ 분야와 공공영역에서 ‘안전’과 ‘스마트시티’ 분야의 비중이 컸으며, < 문화예술, < 건강, < 교육과 같은 ‘삶의 질’ 영역의 투자는 낮은 편([그림 11] 참조)

그림 11 디지털 트윈 활용 영역별 투자 현황



※ 출처 : NTIS 데이터 분석 결과(2015년~2021년)를 기반으로 작성

- 정부는 ‘대한민국 대전환 한국판 뉴딜’에서 ’25년까지 디지털 트윈 구축을 위한 주요 사업에 총 1.8조 원의 국비 투자를 예고함
- 정부 발표 정책을 바탕으로 분석한 ‘2021년 디지털 트윈 관련 국내 주요 정책 투자 규모’는 R&D 사업과 非R&D 사업을 합하여 약 6,200억 원으로 추정되며, 소관 부처 별로는 국토교통부의 투자 규모가 가장 큼
 - 국토교통부는 2021년 6월 ‘제2차 국가측량기본계획(2021~2025)’을 수립하고, 디지털 트윈 국토 실현에 속도를 내는 한편, 2025년까지 1.2조 원의 예산 투입 계획을 밝힘²⁷⁾
 - 국토교통부를 중심으로 공간정보기술을 활용한 디지털 국토 고도화 및 스마트시티 구축을 위한 디지털 트윈 사업을 수행하며, 향후 약 5년 동안 장기적으로 예산이 투입 될 예정임

27) 국토교통부(2021e), 제2차 국가측량기본계획 수립.. 측량의 스마트화 본격 추진, 보도자료.

표 7 국내 주요 정책 투자 분야 및 예산 현황(2021년 기준)

(단위 : 원)

주관 부처	정책 투자 분야 및 사업		관련 예산
국토부	중점투자 분야	공간정보, 스마트건설 기술 분야 중심	약 5,760억
	사업 현황	스마트 건설기술 개발사업	251억 ※ 1,969.8억('21~'25)
		디지털 트윈 기술개발, 고정밀 공간정보 생산 중점 사업	4,368억
		디지털 트윈 기술개발 및 고정밀 공간정보 생산·활용	836억 ²⁸⁾
		디지털 트윈 기반 도시 통합 물관리 기술개발 자원(상하수도 혁신기술)	305억
산자부	중점투자 분야	재생에너지, 제조·물류 분야 중심	약 166억
	사업 현황	재생에너지 디지털 트윈 및 친환경교통 실증연구 기반구축사업 추진	57억
		차세대 수소추진 선박 안전·환경 통합플랫폼 기술개발	109억 ※ 350억('21~'23)토대 추정치
과기부	중점투자 분야	재난안전, 스마트시티 기반 기술 분야 중심	약 274억
	사업 현황	5G 기반 디지털 트윈 공공선도 사업	125억
		디지털 트윈 기반 재난 안전관리 플랫폼 기술개발	23억
		디지털 트윈 기반 XR 제조설비 디지털 운영 시스템 과제	33억 ※ 100억('20~'22)토대 추정치
		스마트시티 기반기술(개방형 데이터허브, IoT, 디지털 트윈) 개발 및 실증	93억
계			약 6,200억

※ 출처 : 정부 정책 발표 자료를 기반으로 2021년 정부 정책 투자 분야 및 예산 정리

- 미국과 독일은 디지털 트윈 기술 선도국으로서 활발한 정책 투자가 이루어지고 있으며, 중국이 빠르게 추격 중
- 한국은 디지털 트윈 관련 약 3,700억 원('15년~'21년)의 R&D를 수행했고, 2021년 약 6,200억 원, 2025년까지 총 1.8조 원의 예산이 투입될 예정으로 급격한 투자 증가 추세에 있음
- R&D 적용 분야와 부처별 R&D 변화 추이를 종합적으로 고려할 때, 정부 R&D 투자 흐름은 제조혁신을 지원하는 민간영역에서 도시·국가 인프라 혁신 등의 공공영역 중심으로 변화·확대되는 경향을 나타냄

28) 국토교통부(2021d), '디지털 트윈'으로 한국판 뉴딜 실현 앞당긴다, 보도자료.



4 시사점

- 정부는 민·관, 산·학·연 등 다양한 형태의 네트워크 구축을 지원하며 디지털 트윈 협업과 가속화를 촉진할 필요가 있음
 - 주요국의 디지털 트윈 활성화 배경에는 중앙정부의 적극적 정책지원과 기술활용 및 다양한 혁신 활동을 위한 민·관 협의체 구축 지원이 영향을 미침
 - 2020년 민간기업이 주축이 되어 지방정부, 학계, 산업계의 긴밀한 연계를 위한 국제적 협의기구 ‘Digital Twin Consortium’이 출범함²⁹⁾
 - 미국의 ‘OMF(Open Mobility Foundation)’와 ‘SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition)’, 독일의 ‘EUREF Campus’, 영국의 ‘DFTG(Digital Framework Task Group)’와 Digital Twin Hub, 싱가포르의 ‘Launch Pad’, 일본의 ‘IVI(Industry Value-chain Initiative)’가 대표적 협력 네트워크
- 국내외 정책 동향과 시장의 기대를 종합적으로 고려할 때 디지털 트윈은 향후 10년 내 디지털솔루션의 지배적 패턴으로 정착하고, 글로벌 경쟁이 심화할 것으로 전망됨
 - 국내 디지털 트윈은 주요국 대비 기술 육성과 활용 정책 추진이 늦은 편이나, 최근 디지털 트윈 관련 정부정책과 투자가 급격히 증가하고 있음
 - 우리가 보유한 정보통신기술 수준과 디지털 역량을 고려할 때, 정부의 적극적인 정책적 지원과 충분한 투자가 이루어지면 빠른 성장을 기대할 수 있음
- 국가는 기술의 효과적 활용과 투자 효율화를 위하여 정책적 투자 우선 분야에 대한 중점 투자가 필요함
 - 국가는 < 국토·교통 등의 스마트 인프라, < 도시·행정 등의 스마트시티, < 재난·안전 등의 공공영역에 대한 전략적 투자를 확대하고, 제조·물류 등 산업혁신 분야는 민간부문의 투자를 유도하는 것이 바람직함
- 디지털 트윈을 구성하는 핵심 기반 기술의 동반 육성과 장기적 안목의 국가투자전략이 중요함
 - ‘지능정보기술’은 현실세계를 복제하는 현재의 디지털 트윈 기술수준을 ‘최적화 단계(Autonomous)’의 발전으로 견인하기 위한 핵심 기반 기술로 동반 육성 등 국가 차원의 활성화 지원 전략이 중요함
- 디지털 트윈은 다른 분야와의 연계·협업이 중요 발전 요소로 다양한 목적의 디지털 트윈 기술 간 융합형 연구 확대가 필요함

29) <https://www.DigitalTwinConsortium.org/>

III

디지털 트윈 산업 동향 및 전망

1 글로벌 시장 전망

- 디지털 트윈은 여러 기술들이 중첩되어 있기 때문에 시장의 경계를 확정하기 어려움
 - 시장조사 전문기관들은 디지털 트윈을 “물리적 자산, 제품, 프로세스, 시스템의 가상 복제본으로 센서에서 얻은 데이터를 다양한 기술을 통해 통합·분석하여 제품 설계, 모니터링, 시뮬레이션, 최적화 및 유지 관리를 수행한다”고 정의함
 - 디지털 트윈 시장은 디지털 트윈 솔루션 제공기업뿐만 아니라, 원자재 및 센서, IoT 플랫폼, 클라우드/서버, 분석 플랫폼, 시뮬레이션 소프트웨어/플랫폼, ERP 플랫폼, 시스템 통합 기업들과 관련 기관들을 포함하는 광범위한 구조
- 해외 주요 시장조사 전문기관들에서는 향후 디지털 트윈 세계 시장이 급격히 증가할 것으로 예측([표 8])
 - 2020년대에 연평균 최소 24%에서 최대 58%까지 성장할 것으로 전망

표 8 디지털 트윈 세계 시장 성장 전망

조사기관	전망
MarketsandMarkets(2020)	2020년 기준 31억 달러이며, 2021년부터 2026년까지 연평균 58% 성장하여 482억 달러에 달할 것으로 전망
Technavio(2021)	2021년부터 2025년까지 연평균 39.5% 성장하여 248.1억 달러 규모에 이를 것으로 전망
IndustryARC(2020)	2021년부터 2026년까지 연평균 24.7% 성장하여 167억 달러 규모로 성장할 것으로 전망
Grand View Research(2021)	2020년 기준 50.4억 달러이며 2021년부터 2028년까지 연평균 42.7% 성장할 것으로 전망
Emergen Research(2021)	2020년 기준 31.9억 달러이며, 2021년부터 2028년까지 연평균 54.7% 성장하여 1,062억 달러에 달할 것으로 전망
Global Market Insight(2021)	2020년 기준 50억 달러이며, 2021년부터 2027년까지 연평균 35% 성장하여 500억 달러에 달할 것으로 전망

- 시장조사 전문기관 Gartner는 2017년부터 2019년까지 3년 연속으로 디지털 트윈을 ‘10대 주요 전략 기술 동향’으로 꼽으면서 디지털 트윈의 성장에 주목



- 2020년의 '10대 주요 전략 기술 동향'에서도 '초자동화(Hyperautomation)'을 제시하면서 이를 통해 조직의 디지털 트윈(Digital Twin of the Organization, DTO)*을 구현할 수 있을 것이라 언급
 - * 조직의 기능, 프로세스, 핵심평가지표가 가치를 창출하기 위해 상호작용하는 방식을 시각화
 - 2021년에도 사물인터넷, 가상증강현실, 디지털 트윈 기술 등이 발전하면서 향후 물리적 경험이 몰입형 경험으로 확장될 것으로 예측
 - 다양한 산업 분야의 기업·기관들이 조직 내부의 효율성 향상 및 대외 경쟁력 제고를 위해 관련 시스템(제품, 프로세스, 사람)에 대한 디지털화·스마트화를 추진하는 등 디지털 트윈 시장 형성을 촉진
 - 디지털 전환이 가속화되고 인더스트리 4.0, 산업용 IoT 등이 출현하면서 디지털 트윈 시장이 성장
 - 디지털 트윈 적용을 통한 긍정적 효과 입증 사례가 증가하면서 다양한 산업 분야에서 디지털 트윈 솔루션에 대한 수요 증가
 - 초기 제조업 중심이었던 디지털 트윈 시장은 에너지, 항공우주, 헬스케어 등 다양한 산업 분야로 확대
 - 항공우주·국방, 자동차운송, 홈·상업, 헬스케어, 에너지·유틸리티, 석유·가스, 농업, 통신, 소매 분야 등 다양한 산업에서 활용됨
 - 자동차운송 분야 디지털 트윈 시장이 2019년 7.3억 달러로 가장 큰 비중을 차지
 - ※ 에너지·유틸리티(4.9억 달러), 항공우주·국방(4.8억 달러), 홈·상업(4.8억 달러) 등에서도 많이 활용되고 있음(MarketsandMarkets, 2020)
 - 최근 디지털 트윈 시장은 원격 의료, 질병 확산 예측 등 헬스케어 영역으로도 확장되어 가고 있음
 - 지역별로는 2019년 기준 북미 시장이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 다음은 유럽 시장으로 나타남(MarketsandMarkets, 2020)
 - 아시아·태평양 시장은 현재는 북미, 유럽 시장에 비해 낮은 점유율을 보이고 있지만, 예측기간(2021~2026년) 내에 연평균 61%의 가장 빠른 속도로 성장할 것으로 전망
 - ※ '19년 기준 시장 점유율: 북미(37.7%), 유럽(34%), 아시아·태평양(21.1%)(MarketsandMarkets, 2020)
- 디지털 전환이 가속화되고 관련 기술이 발전하면서 디지털 트윈 시장은 매우 급격히 성장
 - 디지털 트윈은 스마트시티, 스마트공장 등에서 주로 사용되고 있으나, 향후 헬스케어 등 다양한 산업으로 확장될 것으로 보임
 - 현재 북미 및 유럽 시장이 높은 점유율을 차지하고 있으나, 앞으로 아시아·태평양 시장이 크게 성장할 것으로 전망됨

2 해외 기업 동향

- 해외 기업들은 기업별 역량을 바탕으로 하여 디지털 트윈을 구축 및 적용하고 있으며, 글로벌 시장을 주도
 - GE, Siemens, Microsoft, IBM, SAP, PTC, ANSYS, Dassault, Oracle, Bosch, Honeywell, Autodesk, Atair, ABB, Aspen Tech, AVEVA 등 다양한 해외 기업들이 디지털 트윈 솔루션 및 플랫폼을 제공하거나 활용
 - 일부 해외선도기업들은 이미 다양한 지역 및 산업에서 디지털 트윈 솔루션 제공 중
 - GE, Siemens 등의 제조 업체들은 자사 제품에 대한 디지털 트윈 제작 경험 및 노하우를 바탕으로 하여 디지털 트윈 분야로 시장 확대
 - 3D CAD/CAE 전문 기업들은 3D 모델링 기능에 디지털 정보관리 및 시뮬레이션 기능을 확장하여 제품수명주기관리(Product Life-cycle Management, PLM) 기반의 디지털 트윈 소프트웨어 시장을 선도
 - 세계 시장 1~4위 기업의 점유율은 20~30% 수준으로 지배적인 사업자는 아직까지 없으며, 향후 더욱 경쟁이 치열해질 것
 - ※ 1위는 GE(11~12%), 다음은 MS(5~8%), Siemens(3~6%)임 (MarketsandMarkets, 2020)
- 디지털 트윈 시장의 대표적인 기업들은 중점 분야에 따라 솔루션, 플랫폼, 소프트웨어 기업으로 분류 가능([표 9])
 - (솔루션) 자사의 기존 솔루션 또는 IoT·IIoT 플랫폼, 클라우드 등을 기반으로 하여 자산관리, 제품수명주기관리 등에 대한 수직·수평 통합 솔루션 구현
 - (플랫폼) 디지털 트윈 솔루션을 구축하거나, 관련 리소스를 검색·구매·관리할 수 있는 플랫폼 제공
 - (소프트웨어) 실시간 데이터 분석 및 솔루션 구축을 위한 통합 소프트웨어 제공
- 해외 기업에서 제공하는 디지털 트윈 플랫폼 및 솔루션은 실제 구현 단계에 이르렀으며, 구체적으로 성과 창출
 - (GE) 미국 네바다주에 위치한 자사 공장의 프로세스와 공급사슬의 디지털 트윈 모델을 생성해 경영진이 데이터에 기반을 둔 수천 건의 의사결정에 도움³⁰⁾
 - (MS) 노르웨이의 전력 공급업체 Agder Energi는 Azure Digital Twins를 활용하여 기기 제어, 분산된 에너지 자원 및 예측 기반 전망을 통해 비용과 불필요한 에너지 업그레이드를 줄이고, 전력망과 운영 효율성을 높이고자 함³¹⁾

30) 장예지 (2019), 디지털 전환의 핵심, 디지털 트윈 - 제조와 도시를 중심으로 -, 정보통신기획평가원

31) ABI research(2019), Digital Twins, Smart Cities, and Urban Modeling.



- (Dassault) 싱가포르 기내식 공급업체인 사츠는 3D EXPERIENCE 플랫폼을 통해 항공사별로 다른 기내식 생산과정을 시뮬레이션하여 생산성 향상³²⁾
- (Siemens) 디지털 트윈을 적용한 지멘스 암베르크 공장은 한 라인에서 동시에 여러 제품 생산 가능하며, 불량품 발생률은 0.0009%에 불과. 기존 공장 대비 에너지 소비량은 30% 수준이며, 부품 입고부터 제품 출하까지 걸리는 시간도 50% 감소³³⁾

표 9 주요 해외 기업의 디지털 트윈 현황

기업	국가	중점분야	현황
GE	미국	솔루션	- IIoT 플랫폼 Predix를 기반으로 자산성능관리(APM), 운영성능관리(OPM), 유통관리(ADMS), 에너지관리(AEMS) 솔루션 등을 제공하여 자산·네트워크·프로세스 디지털 트윈 구현
MS	미국	플랫폼	- Azure Cloud에서 실시간으로 전체 환경을 모델링하는 IoT 솔루션 빌드인 'Azure Digital Twins'을 PaaS 형태로 제공
PTC	미국	플랫폼	- IIoT 플랫폼 ThingWorx에서 미리 구축된 앱과 개발자 툴, 3D CAD 소프트웨어 Creo 등을 활용하여 디지털 트윈 구축 가능
ANSYS	미국	소프트웨어	- 엔지니어링 시뮬레이션 소프트웨어 ANSYS 19는 실시간 데이터를 분석하여 디지털 트윈을 구축할 수 있는 여러 솔루션 포함 - 그 중 ANSYS Twin Builder는 단일 워크플로 안에서 시뮬레이션 기반 디지털 트윈을 구축·검증·배치할 수 있도록 함 - ThingWorx, Predix, Leonardo 등 다양한 플랫폼에 연결되어 기술 협력을 통한 디지털 트윈 환경 구축 가능
IBM	미국	솔루션, 플랫폼	- Watson IoT 플랫폼을 기반으로 Rhapsody(모델링 및 시스템 설계), Maximo(자산관리) 등의 솔루션 제공 - IBM Digital Twin Exchange 플랫폼을 통해 고객이 여러 기업들의 디지털 트윈 리소스를 검색·구매·관리할 수 있도록 함
Siemens	독일	솔루션	- 클라우드 기반 개방형 IIoT 플랫폼 MindSphere와 보유 제품 및 솔루션*을 기반으로 디지털 트윈을 구축 * PLM 솔루션 Teamcenter, 시스템 시뮬레이션 솔루션 Simcenter, 설계·시뮬레이션·제조 통합솔루션 NX 등
SAP	독일	솔루션	- SAP Leonardo IIoT, S/4HANA Cloud, PLM, Digital Manufacturing, Intelligent Asset Management 등의 자사 솔루션을 기반으로 디지털 트윈 솔루션 제공
Dassault	프랑스	솔루션	- '3D EXPERIENCE Twin'을 통해 제품 설계, 생산, 규제, 요구사항, 고객 경험의 모든 단계를 모델링, 시뮬레이션하고 검증

※ 출처: 장예지(2019), MarketsandMarkets(2020), KOTRA 해외시장뉴스(2020.05.25.), 각 회사 홈페이지, 관련 뉴스 등을 기반으로 작성

32) IT조선 (2019.09.18.), '디지털 트윈, 기업 경쟁력 높인다', http://it.chosun.com/site/data/html_dir/2019/09/18/2019091802188.html

33) 매일경제 (2018.05.18), '지멘스 암베르크 공장, "디지털 트윈"으로 가상현실서 신제품 개발', <https://www.mk.co.kr/news/special-edition/view/2018/05/315624/>

- 일부 해외 기업들은 기업간 협력을 통해 디지털 트윈 시장에서의 경쟁력을 강화
 - (ANSYS) GE, PTC, SAP, Microsoft 등과 협력하여 ANSYS Twin Builder에 다양한 IIoT 플랫폼에 연동되도록 함
 - (Siemens-IBM) Siemens의 Xcelerator 포트폴리오와 IBM Maximo의 기능을 결합하여 서비스 라이프사이클 관리 솔루션 출시('20)
 - (PTC) 실시간 생산 성과 모니터링을 위한 클라우드 솔루션 개발을 위해 Rockwell Automation, Microsoft와 전략적 제휴('20)
 - GE, Siemens, Microsoft 등도 다양한 기업들과의 파트너십을 통해 영역 확장
- 글로벌 디지털 트윈 비즈니스의 무게중심은 현재 솔루션 업체들에게 쏠려있는 것으로 보이나, 점차 플랫폼 기업으로 이동할 것으로 전망됨
 - 과거 데이터베이스 비즈니스의 발전 추이를 보면, 도메인별 솔루션에 초점을 맞추는 객체지향 DB(Objective-oriented Data-Base)가 초반에 비즈니스모델을 선도했다가 이후 Oracle, MS 같은 범용 DB 기업들이 주도권을 잡았던 사례를 확인 가능
 - 디지털 트윈 분야에서도 현재는 솔루션 재공업체들이 부각 중이나, 향후 범용 플랫폼에 다양한 도메인이 결합되는 형태의 발전이 예상됨
 - 기존 디지털트윈 솔루션 외에 PaaS 형태의 마이크로소프트 Azure Digital Twins, 여러 기업의 리소스 및 솔루션을 구매·관리할 수 있는 IBM Digital Twin Exchange 플랫폼 등이 등장

- 해외 주요 기업들은 기업별 역량을 바탕으로 다양한 지역 및 산업에서 디지털 트윈 시장을 선도
- 서로 중점 분야는 상이하나, 실제로 구현되어 성공 사례를 창출
- 기업 간의 협력을 통해 디지털 트윈 시장에서의 경쟁력을 강화하기도 함
- 디지털 트윈 비즈니스의 중심축은 현재의 도메인별 솔루션 제공 중심에서 다양한 도메인에 적용 가능한 범용 플랫폼 기업 쪽으로 이동할 전망



3 국내 시장 동향

- 한국의 디지털 트윈 시장도 지속적으로 성장하여 2020년 6,289만 달러에서 2026년 15.3억 달러로 급성장할 것으로 전망됨(MarketsandMarkets, 2020)
 - 2019년 기준 세계 시장의 1.8% 수준에 불과하지만 2020년부터 2026년까지 연평균 70% 수준으로 매우 급격하게 성장할 것으로 예측됨
- ※ 2019년 기준 디지털 트윈 세계 시장 규모는 약 35억 달러

표 10 글로벌 주요국의 디지털 트윈 시장 규모(2019년) (단위 : 백만 달러)

국가	시장 규모	세계 시장 점유율	GDP	GDP 대비 비중
미국	1,080	30.9%	21,433,226	0.0050%
독일	447	12.8%	4,644,164	0.0096%
영국	327	9.3%	3,242,466	0.0101%
중국	244	7.0%	23,523,357	0.0010%
일본	192	5.5%	5,416,302	0.0036%
프랑스	159	4.5%	3,336,887	0.0048%
한국	65	1.8%	2,209,424	0.0029%

※ 출처: MarketsandMarkets(2020), OECD 자료를 기반으로 작성

도표의 저작권은 MarketsandMarkets에 있으며, MarketsandMarkets의 동의하에 사용되었습니다. 추후 이용 시 MarketsandMarkets에 문의하시기 바랍니다.

- 세계적으로 디지털 트윈에 대한 관심이 고조되고 있으나, 국내 디지털 트윈 시장은 아직까지 초기 단계에 머무르고 있음
- 한국은 대기업과 통신사들을 위주로 디지털 트윈 사업에 진출하였으나, 아직까지 적용 가능한 솔루션이 부족한 실정
 - 통신사들은 5G 네트워크를 중심으로 하여 디지털 트윈 분야에 진출하였으나, 아직 시작 단계에 불과함
 - 대기업의 경우 SI 업체를 중심으로 스마트시티, 스마트공장 플랫폼을 제공하고 있으나, 본격적으로 디지털 트윈을 내세우고 있지는 않음
 - 디지털 트윈 구축을 위해서는 복합적 기술 및 데이터가 필요하여 중소기업에서 경쟁력 있는 디지털 트윈 솔루션 및 플랫폼을 제공하기가 어려움
- 한국 기업들은 디지털 트윈 제작 및 운용에 필요한 기본적인 기술은 다수 보유하고 있으나, 핵심기술 및 경쟁력 있는 비즈니스 모델이 부재
 - 일부 기업은 자사의 역량을 바탕으로 해외 기업과 협력하여 디지털 트윈 시장에서의 경쟁력을 높이고자 함

※ 삼성SDS는 Dassault, LG CNS는 Unity, LG U+은 PTC와 협력

표 11 국내 디지털 트윈 공급 사례

분류	기업	사례
통신사	KT	- 현실 속 사물·장비·시설물 등을 디지털로 복제한 후 수집된 데이터를 기반으로 셀프 러닝(Self-learning)해 이상 상태를 진단하고 문제를 예측할 수 있는 AI 기술인 ‘기가 트윈’ 공개
	SK 텔레콤	- MWC19에서 현실을 정밀하게 복제한 가상공간을 만들어 가상 공간에서의 활동을 현실에 반영하는 ‘5G 하이퍼 스페이스 플랫폼’ 공개 - SK텔레콤의 디지털 트윈 기술을 접목하여 한국수력원자력과 함께 5G 이동통신 기반 스마트발전소를 구축할 계획(‘19)
	LG U+	- IoT 및 AR 기술을 활용한 5G 기반 디지털 트윈 플랫폼 구축을 위해 PTC와 업무협약을 체결하고 스마트 농업을 위한 ‘트랙터 원격 진단’ 서비스를 개발할 계획(‘19)
대기업	삼성 SDS	- 플랜트·제조·물류·설비 등 모든 자원을 IT 기술로 연결하고 데이터 분석으로 자율 제어하며, 3D·AR·VR 기반으로 시각화하는 AI 기반 인텔리전트 팩토리 플랫폼인 Nexplant 출시 - Dassault와 디지털 트윈 협업을 위한 업무협약을 체결하고 창원공단 스마트화 및 기업 기술혁신 지원
	LG CNS	- 도시 데이터를 수집·저장·관리·분석하여 다양한 서비스를 제공하는 스마트시티 플랫폼 CityHub와 스마트팩토리 플랫폼인 Factova 구축 - ‘Logistics DX LAB’을 신설하고 AI 최적화, 디지털 트윈 연구 수행(‘20) - Unity의 3D 엔진을 활용하여 디지털 트윈을 통한 물류센터 통합 모니터링 시스템 구현(‘19)
	네이버 랩스	- 서울스마트모빌리티 엑스포에서 대규모 도시 단위 디지털 트윈 데이터를 빠르게 제작할 수 있는 솔루션 ‘어라이크(ALIKE)’ 공개(‘21)
중소기업	VIRNECT	- VIRNECT Twin을 통해 산업현장을 가상 모델로 재현하고 실제 데이터와 연동하여, 운영 상태 및 프로세스를 모니터링할 수 있도록 함
	가이아 쓰리디	- 건축, 엔지니어링, 건설 영역과 3차원 공간정보를 통합 관리·가시화하는 3차원 플랫폼 mago3D를 활용하여 LH공사 디지털 트윈 사업, 환경부의 환경영향평가 사업 등에 참여

※ 출처: 각 기업 홈페이지 및 관련 뉴스를 기반으로 작성

- 수요 기업들은 구축 설비와의 호환과 레퍼런스 누적 등으로 신속한 보급이 가능한 외산 플랫폼을 선호
 - 인력 및 비용 투자 문제로 인해 일부 대기업만 디지털 트윈 도입을 시도
 - 수요 기업들은 Dassault, Siemens, Microsoft 등 디지털 트윈 핵심 기술을 기보유한 해외 사업자들 등과 다수 협력
 - 게임엔진업체 Unity와 같이 물리적 상황의 3D 구현이 가능한 기업과도 다수 협력



표 12 국내 디지털 트윈 수요 기업의 해외 협력 사례

기업	협력기업	사례
LG전자	Siemens	- '제조 지능화 솔루션' 공동개발을 위해 Siemens와 업무협약을 체결하고 디지털 트윈 기술 공동연구 개발 및 장비·금형·3D프린팅 등 생산요소기술 디지털화 추진('19)
두산중공업	Microsoft	- 풍력발전 사업에 '애저 디지털 트윈' 솔루션 사용('20) - 풍력 발전기의 실시간 장비·환경 데이터를 바탕으로 디지털 트윈을 구축하여 시뮬레이션을 진행하고, 설비를 정비·운영함
두산 인프라코어	Dassault, Unity	- Dassault의 3D EXPERIENCE 플랫폼 도입 - Unity와 업무협약을 맺고 디지털 트윈 기술이 적용된 건설 공정 시뮬레이터 개발 협력('20)
포스코건설	Dassault	- Dassault와 협력하여 '스마트 컨스트럭션 플랫폼'을 구축하고 3D 모델링을 활용하여 포스코케미칼 음극재 공장 건설('18)
삼성중공업	Unity	- Unity와 협력하여 선체 설계에 디지털 트윈 도입 발표('20)
대우 조선해양	Unity	- Unity와 업무협약을 맺고 스마트 야드 시뮬레이션 개발 및 머신러닝을 포함한 디지털 트윈 기반 스마트 조선소 운영시스템 구현 추진('21)

※ 출처: 각 기업 홈페이지 및 관련 뉴스를 기반으로 작성

- 성공사례를 창출하고 있는 해외와는 달리 국내 시장은 아직 초기 단계에 불과함
- 국내에서는 통신사와 대기업을 위주로 디지털 트윈 시장에 참여하고 있으며, 아직까지 경쟁력 있는 솔루션 및 비즈니스 모델이 부재
- 인력과 비용 문제로 인해 디지털 트윈에 대한 수요가 적으며, 이마저도 외산 플랫폼을 선호

4 시사점

- 디지털 전환 가속화와 산업용 IoT 등 관련 기술의 발전에 힘입어 글로벌 디지털 트윈 시장은 급격히 성장하고 있으며, 이에 대한 발 빠른 대응이 필요
 - 현재는 제조·도시 영역을 중심으로 적용되고 있으나, 향후 원격 의료, 질병 예측 등 다양한 분야로 확장될 것으로 기대됨
- 해외에서는 디지털 트윈의 산업 활용이 구체적으로 가시화되었으며, 이미 여러 기업들이 솔루션·플랫폼을 출시하고 다양한 산업 분야에 적용
 - 해외 기업들의 중점 분야는 서로 상이하지만 기업별 역량을 기반으로 한 솔루션·플랫폼 제공을 통해 성공사례를 창출하고 있으며, 수요도 높아지고 있음
 - 일부 기업들은 기업 간의 전략적인 제휴를 통해 디지털 트윈 시장에서의 경쟁력을 강화하고 영역을 확장
- 반면, 한국 시장은 세계 시장의 1.8% 규모로 아직 디지털 트윈 상용화 초기 단계이며, 적용 가능한 솔루션이 부족하여 외산에 의존적인 모습을 보임
 - 통신사 및 일부 대기업을 중심으로 디지털 트윈 사업에 진출하고 있으나, 핵심기술 및 경쟁력 있는 비즈니스 모델이 부재
 - 인력·비용 등의 문제로 인해 디지털 트윈에 대한 수요가 부족하며, 수요 기업들은 빠르게 적용 가능한 해외 솔루션·플랫폼을 주로 활용
- 한국은 ICT 강국으로서 디지털 트윈 구축을 위한 기본적인 기술 역량을 가지고 있으며, 성장 잠재성이 매우 큰 시장임
 - 한국의 CAGR(2020~2026)을 70%로 예측하며, 주요국 중 가장 높은 성장세를 보일 것으로 전망(MarketsandMarkets, 2020)
- 현재는 다소 뒤처져 있으나, 다음과 같은 정책적 투자전략을 통해 기존의 잠재력을 살린다면 크게 성장할 수 있을 것으로 보임
- 첫째, 디지털 트윈 실증사업을 확대하여 국내 기업들이 실제로 적용 가능하고 상용화할 수 있는 기술 및 비즈니스 모델을 개발할 수 있도록 하여야 함
 - 이미 국외에서 디지털 트윈이 많이 상용화되고 있는 만큼 원천기술 개발에 치중하기보다는 해외 기업에 대한 벤치마킹을 장려하고 국내에서의 실증사업을 확대하는 것이 효율적일 것



- 둘째, 디지털 트윈 관련 기술을 보유한 다양한 기업들이 서로 협력할 수 있는 기반 마련을 위한 투자가 필요함
 - 디지털 트윈 구축을 위해서는 다양하고 복합적인 기술이 활용되기 때문에 국내·외에서도 기업간 협력을 통해 경쟁력을 확보하는 사례가 많음 (p.41 해외 기업 간 협력사례, p.44 [표 12] 참고)
 - 국내에서도 실증사업을 통한 산출물, 디지털 트윈 관련 경험, 우수사례 등을 공유하고 여러 기업들이 협력할 수 있도록 디지털 트윈 공유·협력 플랫폼 마련이 필요

IV 디지털 트윈 기술 동향 및 전망

1 디지털 트윈 기술에 대한 기대감과 이머징 이슈

- 가트너가 발표하는 기술 및 산업 분야별 하이프 사이클을 분석하면 디지털 트윈 기술은 활용분야에 따라 기술에 대한 기대감에 차이를 보이며 아직 성숙되지 않은 단계로 분석됨
 - 신규 도입 분야에서는 디지털 트윈 기술에 대한 기대감이 높은 단계이나 먼저 도입된 분야에서는 실제 적용의 한계 등으로 인해 기대치가 하락하는 단계에 진입
- 디지털 트윈에 대한 개념과 효용이 소개되기 시작하는 소매, 에너지 등과 같은 분야는 디지털 기술에 대한 기대감이 태동기에 있거나 기대치가 높은 거품기 단계에 진입
 - 소매 분야는 상품, 고객, 점포 등에서의 변화를 이해하기 위해 디지털 트윈 기술을 활용하여 현실세계를 가상에서 모니터링할 수 있다는 점에서 기대감이 태동
 - 에너지 분야는 설비에 대한 디지털 모델을 만들고 발생하는 데이터를 통합 분석하여 운영 및 관리 최적화를 위한 디지털 트윈 기술에 대한 기대치가 매우 높은 단계
- 디지털 트윈이 먼저 도입된 분야에서는 실제 적용의 한계 및 활성화 저해 요인 등으로 기대치가 거품기를 지나 하락하고 있으나, 한계를 극복하기 위한 새로운 개념이 등장
 - 제조 분야는 현실 객체와 디지털 트윈이 정보를 끊임 없이 주고받기 위한 디지털 스레드(Digital Thread) 기술이 주목을 받으며 기대치가 높은 거품기 단계에 진입
 - IoT 분야는 기존 디지털 트윈이 가진 한계를 극복하고자 다양한 디지털 트윈들 간의 연결과 융합을 위한 거버넌스 기술이 태동하고, 인간에 대한 디지털 트윈 개념이 등장

표 13 분야별 디지털 트윈 기술 기대치 현황

분야	기술 태동기	기대치 거품기	기대치 각성기	재조명기
소매	- Digital Twins for Retail			
에너지		- Digital Twins in Oil and Gas		
제조업		- Digital Thread	- Digital Twin	
IoT	- Governance of Digital Twins - Digital Twin of the Person	- Digital Thread	- Digital Twin	

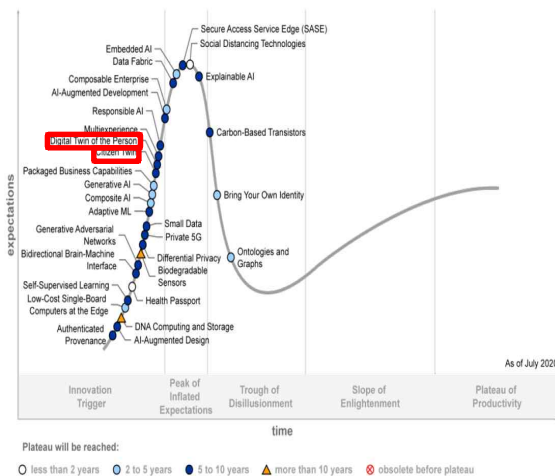
※ 출처: Gartner(2020b, 2020c, 2020d, 2020e, 2020f)의 분야별 Hyper Cycle 자료를 기반으로 작성
 도표의 저작권은 Gartner에 있으며, Gartner의 동의하에 사용되었습니다. 추후 이용 시 Gartner에 문의하시기 바랍니다.



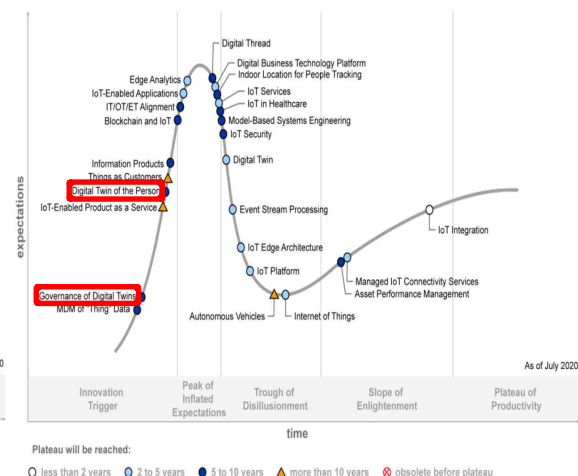
- 2020년 가트너가 발표한 떠오르는 신규 기술 분야 및 IoT 기술 분야 하이프 사이클에 디지털 트윈 기술 관련하여 세 가지 새로운 개념이 기술 태동기 단계에 등장
 - 디지털 트윈 개념 범위가 사물 및 시스템 중심에서 생물학적 인간과 인간의 집합인 시민으로 확장되었으며 이중의 디지털 트윈들에 대한 통제 및 관리의 개념이 등장
 - (1) Digital Twin of the Person : 헬스케어 분야에서 환자 개인의 신체 정보를 종합하여 모니터링하고 상태 변화를 예측하려는 시도에서 등장한 개념
 - (2) Citizen Twin : 개인에 대한 디지털 트윈이 시민 그룹으로 확장된 개념으로 팬데믹 또는 재난 상황을 효율적으로 관리하여 향상된 복지 서비스를 제공하기 위한 개념
 - (3) Governance of Digital Twins : 다양한 분야의 이중 디지털 트윈들이 융합할 때 필요한 데이터 공유 모델 및 분석 방법 등에 대한 통합적 관리의 개념

그림 12 신규 기술 분야 및 IoT 분야에 등장하는 디지털 트윈 이슈

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020



Hype Cycle for the Internet of Things, 2020



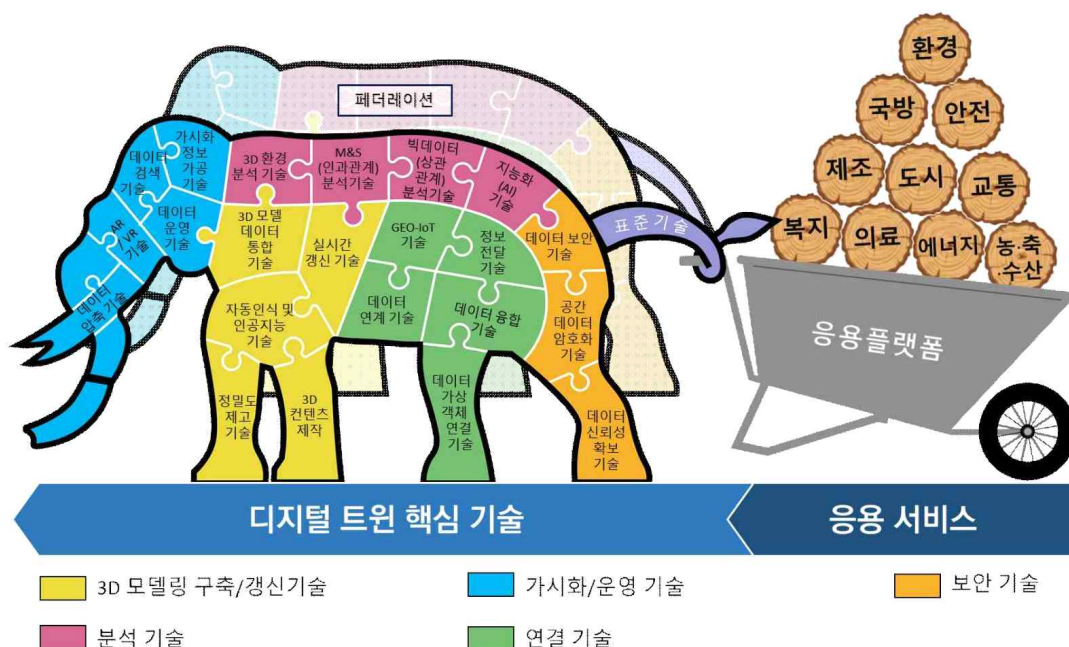
※ 출처: Gartner(2020b, 2020f), 그림의 저작권은 Gartner에 있으며, Gartner의 동의하에 사용되었습니다. 추후 이 용 시 Gartner에 문의하시기 바랍니다.

- 디지털 트윈에 대한 기대가 초기에는 크게 높았다가 기술적 한계 및 활성화 저해 요인 등으로 인해 점차 하락하지만 이를 극복하기 위한 새로운 개념이 등장하고 있음
- 디지털 트윈 기술에 대한 한계 극복 기술로 디지털 스펙트럼에 대한 기대치가 높으며, 이중의 디지털 트윈들 간의 융합 및 관리를 위한 개념이 등장하고 적용 범위도 사물 및 시스템 중심에서 인간까지 확장하고 있음

2 디지털 트윈 기술 구성 및 기술수준 비교

- 디지털 트윈은 현실 세계를 디지털 세계로 복제하여 분석하고 운영을 통한 최적화를 달성하기 위해 ICT 주요 기술이 종합적으로 활용되는 복합 ICT 기술집합체
 - 한국전자통신연구원(ETRI)³⁴⁾은 디지털 트윈을 ‘현실세계에서 수집된 다양한 정보를 가상세계에서 분석하고 최적화 방안을 도출하여 이를 기반으로 현실세계를 최적화하는 지능화 융합기술’로 바라보면서 다음의 [그림 13]과 같이 다양한 ICT 기술이 복합적으로 작동하는 기술체계를 제시

그림 13 디지털 트윈 구현을 위한 핵심기술



※ 출처: 박종현 외(2021), 디지털 트윈 기술보고서, 한국전자통신연구원.

- 이와 같이 디지털 트윈을 구성하는 현실 객체와 디지털 객체 간에 활용되는 ICT 기술은 매우 다양한데, 다음과 같이 크게 4가지 성능에 기반하여 분류할 수 있음
 - (1) (초실감 ICT) 수집된 데이터를 바탕으로 현실 세계를 완벽히 재현할 수 있도록 모델링하여 AR/VR 등 최신 미디어 시각화 기술을 통해 가상 세계에 구현
 - ※ 세부기술 예시: 가상현실, 증강/혼합 현실, 홀로현실(HR) 등
 - (2) (초연결 ICT) IoT 기술 및 센싱 기술을 바탕으로 수집된 실시간 데이터를 수집하고 이를 끊임 없이 디지털 객체에 전송하고 분석을 통한 정보를 상호 교환
 - ※ 세부기술 예시: 셀룰러 이동통신, 통신 컴퓨팅 융합, IoT 데이터 플랫폼, IoT 엣지/포그 컴퓨팅 등

34) 박종현 외(2021), 디지털 트윈 기술보고서, 한국전자통신연구원.



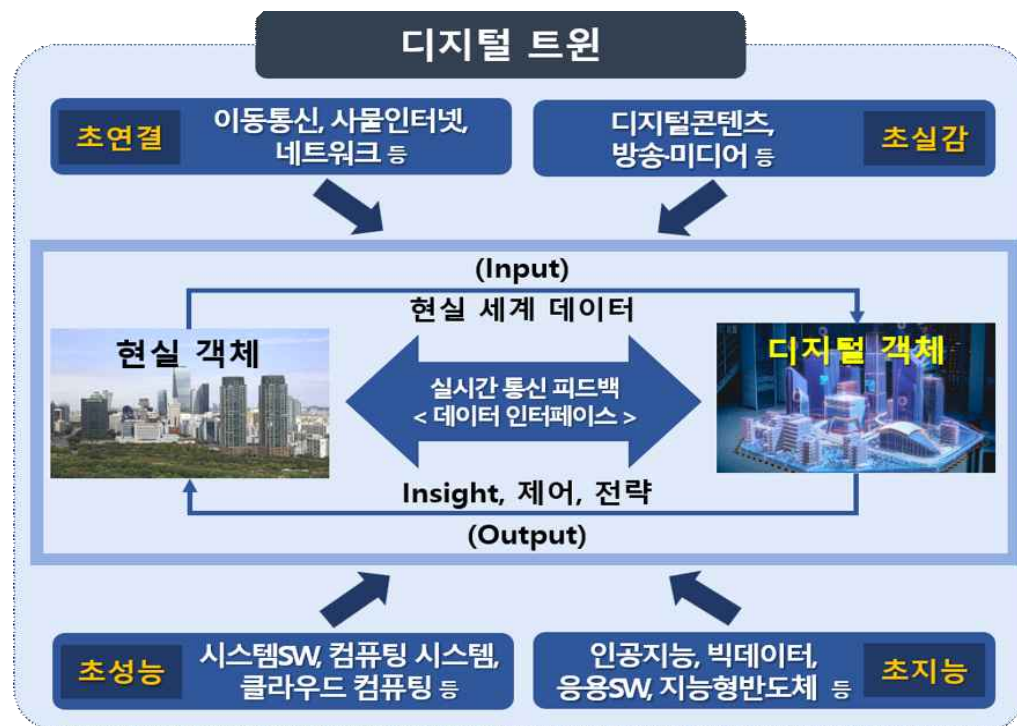
- (3) (초성능 ICT) 디지털 트윈에서 실시간 발생하는 빅데이터를 처리하고 분석하여 시뮬레이션하기 위해서는 고성능 컴퓨팅 기술이 필수적임

※ 세부기술 예시: 실시간 운영체제, 가상 실행환경 기술, HPC/병렬 컴퓨팅 기술, 뉴로 컴퓨팅 등

- (4) (초지능 ICT) 현실 객체에서 수집되는 방대하고 다양한 빅데이터를 인공지능, 기계학습 등을 활용하여 분석하고 현실 객체 예측 및 최적화를 위한 정보 제공

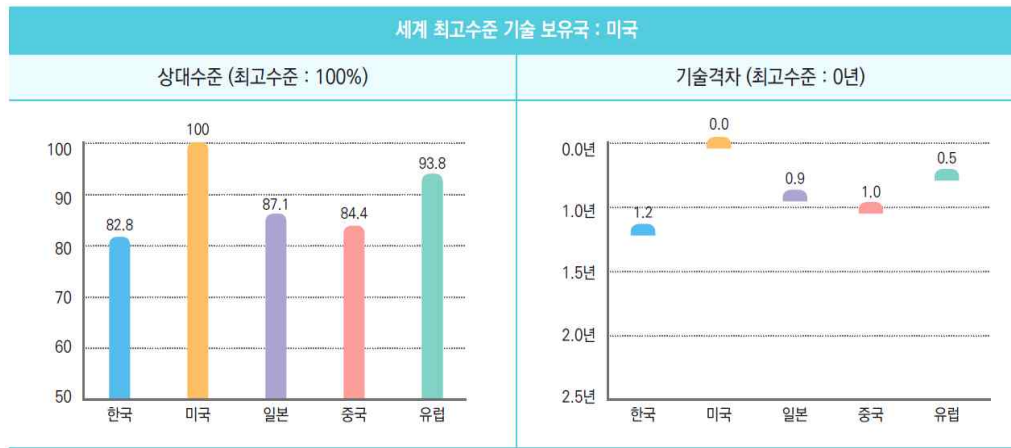
※ 세부기술 예시: 복합지능, 빅데이터 처리/유통, 분석/활용, 딥러닝 뉴럴넷 코어 등

그림 14 디지털 트윈 기술 구성



- 논문, 특히 기반 경쟁력 분석과 전문가 평가에 기반한 디지털 트윈 기술수준은 미국과 유럽이 주도하고 있으며, 아시아 국가들은 낮은 수준의 기술수준을 보유
 - 디지털 트윈 분야 최고수준 기술 보유국은 미국이며 유럽이 미국 대비 93% 기술수준으로 미국과 0.5년의 기술격차를 보유하고 2위를 기록
 - 아시아 국가인 일본, 중국, 한국은 최고기술국(美) 대비 13% 이상의 기술 격차를 보이는 가운데, 한국은 기술 격차가 17.2%로 경쟁국 대비 기술수준이 가장 낮음

그림 15 국가별 디지털 트윈 기술수준 현황



※ 출처: 정보통신기획평가원(2019), 2018년도 ICT 기술수준조사 보고서.

- 연구단계를 세 단계(① 원천기술을 위한 기초 연구, ② 제품 적용 및 개발을 위한 응용 연구, ③ 제품 제조 및 생산을 위한 사업화 연구)로 구분했을 때, 디지털 트윈 기술은 나라마다 집중하고 있는 단계에 차이가 존재
 - 한국은 응용 연구단계, 중국은 사업화 단계, 일본은 기초 연구단계에 집중하여 최고 수준 기술 보유국과의 차이가 다른 단계에 비해 상대적으로 작음

그림 16 연구단계별 디지털 트윈 기술수준 격차

최고 국 대비 기술수준 격차 (%)														2017년 대비 2018년 기술격차(년)					
한국			미국			일본			중국			유럽			한국	미국	일본	중국	유럽
기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화					
17.3	16.4	17.9	0.0	0.0	0.0	12.6	12.8	13.3	16.2	15.8	14.8	6.3	5.9	6.3	▼0.1	0.0	0.1	0.3	0.2
17.2			0.0			12.9			15.6			6.2							

※ 출처: 정보통신기획평가원(2019), 2018년도 ICT 기술수준조사 보고서.

- 디지털 트윈을 구현하기 위한 ICT 기술 분야별 기술수준은 최고수준 기술보유국 대비 약 84%~98% 수준을 형성하고 있으며 주요국 대비 상대적으로 취약한 분야 존재
 - 디지털 트윈 관련 국내 ICT 기술수준이 90% 이상으로 기술격차 1년 미만인 분야도 있으나 주요국 대비 가장 낮은 분야가 네 가지 성능별 기술 분야에 존재
 - (1) (초연결 ICT) 통신 컴퓨팅 융합 기술이 포함된 네트워크 기술 분야 기술수준이 86.4%로 주요국 대비 가장 낮은 수준(최고수준 기술보유국과 기술격차: 1.5년)



- (2) (초지능 ICT) 인공지능 기술(학습지능, 단일지능, 복합지능 등) 분야 기술수준이 87.4%로 주요국 대비 가장 낮은 수준(최고수준 기술보유국과 기술격차: 1.5년)
- (3) (초성능 ICT) HPC(High Performance Computing)/병렬 컴퓨팅 기술이 포함된 컴퓨팅 시스템 분야 기술수준이 83.5%로 주요국 대비 가장 낮은 수준
- (4) (초실감 ICT) 디지털 홀로그램, 공간 영상 생성 및 재현 기술이 포함된 디지털 콘텐츠 분야 기술수준이 85.5%로 주요국 대비 가장 낮은 수준

표 14 디지털 트윈에 요구되는 성능에 따른 기술 분야별 기술 수준 및 기술격차 현황

성능	기술 분야	기술수준				기술격차
		한국	일본	중국	유럽	
초연결	이동통신	97.8%	94.4%	99.2%	96.9%	0.3년
	네트워크	86.4%	89.7%	94.1%	93.7%	1.5년
	사물인터넷	92.3%	86.1%	88.7%	94.8%	0.7년
초지능	인공지능	87.4%	88.2%	91.8%	91.8%	1.5년
	빅데이터	87.6%	80.4%	94.6%	89.0%	1.2년
	응용SW	91.4%	89.1%	89.8%	91.7%	1.0년
	지능형반도체	87.9%	87.1%	92.2%	88.5%	1.1년
초성능	시스템SW	88.5%	87.4%	88.2%	91.4%	1.4년
	클라우드 컴퓨팅	86.5%	85.8%	87.4%	89.8%	1.5년
	컴퓨팅 시스템	83.5%	88.5%	89.1%	88.2%	1.5년
초실감	디지털콘텐츠	85.5%	86.9%	86.2%	90.3%	1.4년
	방송·미디어	93.5%	92.8%	89.1%	96.2%	0.7년

※ 출처: 정보통신기획평가원(2021), 2019년 ICT 기술수준조사 및 기술경쟁력분석 보고서 자료를 기반으로 작성

* 기술수준 및 기술격차는 최고수준 기술보유국인 미국 대비 수준 및 격차

* ICT 기술 중분류 기준 18개 기술 분야에서 소분류, 세분류 기술을 참고하여 디지털 트윈과 관련된 분야를 중심으로 정리

* 빨간색: 주요국 대비 현저하게 낮은 기술수준 보유 분야

- 디지털 트윈은 현실 객체와 디지털 객체 간 정보 교환을 바탕으로 현실 세계를 최적화시키기 위해 초연결, 초실감, 초지능, 초성능 등 최신 ICT 기술들을 활용
- 디지털 트윈 기술 관련하여 최고수준 기술보유국은 미국이며 한국은 ICT 강국이나 디지털트윈 기술수준이 미국의 82.8% 수준으로 낮은 것으로 평가(2018년 기준)
- 한국은 디지털 트윈에 요구되는 네 가지 주요 성능별 기술 분야에서 주요국 대비 상대적으로 취약한 기술 수준을 나타내는 기술 분야가 존재

3 디지털 트윈 기술 발전 방향

- 디지털 트윈의 실제 구현 수준을 평가하고 현재의 기술수준을 개선하여 궁극의 디지털 트윈을 완성하기 위한 기술 발전 단계를 여러 기관이 제안하고 있음
 - 미국의 정보 기술 연구 및 자문 회사인 가트너(Gartner)와 한국전자통신연구원(ETRI), 정보통신기획평가원(IITP) 등이 디지털 트윈 기술의 단계별 특징을 제시
 - 현실의 객체를 가상의 디지털 세계에 복제하여 시각화하는 단계에서 시작하여 전 단계의 특징은 유지하되 한계점을 극복하는 방향으로 5단계까지 발전되며 적용 범위와 지능화 고도화 정도에 따라 크게 두 단계(1~3단계, 4~5단계)로 구분이 가능
 - (1) (1~3단계) 단일 객체 최적화 지향 단계로 현실 객체를 디지털 세계로 시각화하여 모니터링 및 제어를 통한 동적 시뮬레이션을 바탕으로 최적화를 지향하는 단계
 - (2) (4~5단계) 객체 집단 지능 자율화 단계로 단일 객체를 넘어 복수의 다양한 분야의 이종 객체들에 대한 상호작용을 고려하며 강력한 인공지능 기반 자율화를 지향

표 15 디지털 트윈 기술 발전단계별 특징

기술 단계	적용 범위	주요 목표	주요 기술 및 특징	한계점
1단계	현실 객체 (단일 객체)	디지털 시각화	2D/3D 모델링	단순 형상 모사 단계
2단계		모니터링 및 제어	현실 객체와 디지털 트윈 간 통신 연결	객체 이동성은 고려되지 않아 동적 시뮬레이션 불가
3단계		최적화	객체 동작 모델을 통한 시뮬레이션	단일 객체에 대한 단계로 이종 도메인 연합 불가
4단계	객체 집단 (복수, 이종 객체 집합)	이종 도메인 상호작용	디지털 트윈 간 연합 동작 모델을 통한 동기화	최종 결정 단계에서 사람의 개입 필요
5단계		지능 자율 자동화	강력한 인공지능을 통한 자율 무인화	-

※ 출처: Gartner(2016b), 김용운 외(2020), 정보통신기획평가원(2019)를 기반으로 작성

- 2016년 가트너는 현실 세계 복제, 현실 세계 관계, 현실 세계 최적화로 구성된 디지털 트윈 기술 3단계 모델을 제안
 - (1단계) 물리 세계의 객체 속성을 바탕으로 디지털 세계에 모델링하고 3D 시각화
 - (2단계) 센서에서 발생하는 데이터를 IoT 플랫폼을 통해 모니터링
 - (3단계) 현실 세계 최적화 단계로 디지털 트윈을 통해 시뮬레이션한 결과를 분석하고 현실 세계에 피드백을 제공하여 제어하는 단계



그림 17 Gartner가 제시한 디지털 트윈 3단계 구현 모델



※ 출처: 정득영·김상태·김연배(2021), Gartner(2016b)에서 재인용

- 2020년 ETRI는 디지털 트윈의 실제 구현 수준을 평가하기 위한 항목을 제공하기 위해 성숙도 수준을 5단계로 구분하고 기술수준 개선을 위한 기준을 제시

표 16 ETRI가 제시한 디지털 트윈 성숙도 모델

성숙도 수준	명칭	요구사항 및 특징	사례
Level 1	형상모사 디지털 트윈 (Look-alike Digital Twin)	- 2D 또는 3D로 모델링되어 시각화된 현실	CAD 등
Level 2	정적 디지털 트윈 (Static Digital Twin)	- 구축 때 설치되고, 고정되어 있고, 재구축 때 외에는 사실상 영구적인 통신 연결 - 행동 및 역할 모델은 없지만, 프로세스 논리가 적용되어 운영 - 실시간 모니터링 - 부분 자동 제어, 그러나 주로 인간의 개입을 통한 동작	SCADA, DCS, CAM 등
Level 3	동적 디지털 트윈 (Dynamic Digital Twin)	- 현실 대상에 대한 동작 모델이 존재하며 입력 변수의 변화를 통해 시뮬레이션 가능 - 현실 대상에게 이미 일어난 문제에 대해 로그 데이터를 바탕으로 재현하여 원인 분석 가능 - 현실 대상과 디지털 트윈은 데이터 링크(예: MTConnect)를 통한 동기화에 따라 작용과 반작용의 상호 작용이 가능하지만, 최종적인 실행 단계에서 관리자의 확인과 결정을 통한 개입이 필요할 수 있음(시스템의 안정성과 신뢰성을 보장할 수 없는 경우에 사람의 개입이 반드시 필요)	CAE, Digital Factory, Virtual Singapore, HILS, CPS 등

성숙도 수준	명칭	요구사항 및 특징	사례
Level 4	상호작용 디지털 트윈 (Interactive Digital Twin)	- 이종 도메인이 상호 연계되는 디지털 트윈 간의 연합적 동작 모델 - 디지털 트윈 간의 연계, 동기화 및 상호 작용 작업(동작 수행을 위해 사람의 개입이 요구) - 디지털 트윈 간의 데이터 인터페이스 버스(예: Digital Thread)와 동기화를 통해 작용과 반작용의 상호 작용을 할 수 있으나, 최종적인 실행 단계에서 관리자의 확인과 결정을 통한 개입이 필요 - 인터페이스 버스는 물리 트윈의 생애주기 전체 과정에 걸쳐 디지털 트윈 상호 연동을 위한 데이터 흐름 채널로서 기능	-
Level 5	자율 디지털 트윈 (Autonomous Digital Twin)	- 현실의 물리 트윈과 디지털 트윈, 또한 다수의 디지털 트윈들 간의 실시간, 통합적, 자율/자동 동기화 동작(사람의 개입이 불필요)	-

※ 출처: 김용운 외(2020), 디지털트윈의 꿈, 한국전자통신연구원.

- 2020년 IITP는 유기적이고 복합적인 현실 세계를 최적화하기 위해 기존의 3단계로 정의된 디지털 트윈 기술 발전 단계를 5단계로 확장
 - (1~3단계) 기존과 동일하게 현실 세계를 디지털로 복제하고, 관제 및 최적화를 수행
 - (4단계) 복잡한 현실 세계를 최적화하기 위해 각각 최적화된 단일 디지털 트윈들을 상호 연계하여 복합 디지털 트윈 재구성 및 상호운영의 최적화를 수행
 - (5단계) 유기적으로 연결된 디지털 트윈들이 현실 세계의 문제점들을 인간의 개입이 필요 없이 자율적으로 스스로 인지하고 최적화를 수행

표 17 IITP가 제시한 디지털 트윈 기술발전 5단계		
기술단계	정의	설명
1단계	모사 DTw (Mirroring)	- 물리대상을 디지털 트윈으로 복제
2단계	관제 DTw (Monitoring)	- 디지털 트윈 기반 물리대상 모니터링 및 관계분석을 통한 제어
3단계	모의 DTw (Modeling & Simulation)	- 디지털 트윈 모의결과를 적용한 물리대상 최적화
4단계	연합 DTw's (Federated)	- 최적화된 개별 물리대상들이 상호 연계된 복합 디지털 트윈 재구성 및 물리대상 상호운영 최적화
5단계	자율 DTw's (Autonomous)	- 개별 및 복합 디지털 트윈에서 자율적으로 문제점을 인지하고 해결하여 물리대상 최적화

* 상위 수준 DTw는 하위 수준의 DTw 기술 포함

** DTw: Digital Twin 약어

※ 출처: 정득영·김상태·김연배(2021), 디지털트윈의 기술적 정의와 세부적 발전 5단계 모델, 정보통신기획평가원.



4 시사점

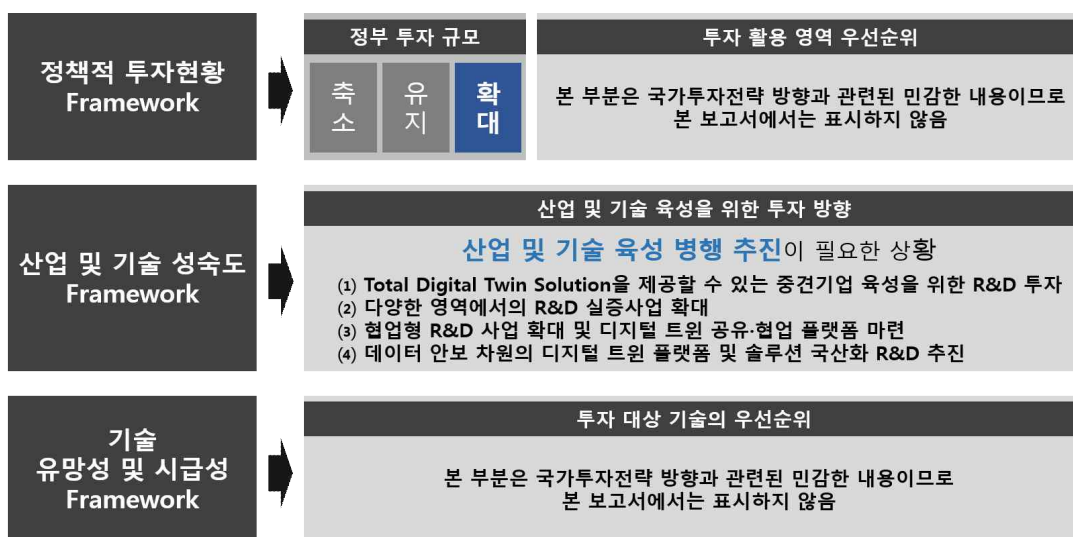
- (기대감 및 이슈) 신규 응용 분야는 디지털 트윈에 대한 기대감이 큰 반면, IoT, 제조와 같이 디지털 트윈이 먼저 적용된 분야는 기대감이 꺼져 가는 가운데, 기술적 한계를 극복하기 위한 새로운 이슈가 등장
 - 이종의 디지털 트윈 등 간의 융합 및 관리를 위한 개념이 등장하고 있으며, 기술 적용 범위도 사물 및 시스템 중심에서 개인을 포함하여 시민 집합까지 확장하고 있음
- (기술 현황) 디지털 트윈 기술은 ICT 종합 기술로서 각 응용 분야 특성 및 활용 목적에 맞추어 기술들이 잘 조화되어야 하며 우리나라는 기술수준 향상이 필요
 - 우리나라는 ICT 강국임에도 불구하고 디지털 트윈 기술수준이 낮으며, 기술격차가 상대적으로 낮은 응용 연구 단계보다는 기초, 사업화 단계에 집중할 필요가 있음
 - 디지털 트윈 기술에 활용되는 주요 ICT 기술 분야에서 주요국 대비 기술수준이 낮은 분야를 중심으로 디지털 트윈 관련 핵심 요소 기술을 발굴하여 기술수준 향상이 필요
- (기술 발전방향) 개별 디지털 트윈을 통한 복제-관계-최적화 단계를 넘어 앞으로는 다양한 이종 디지털 트윈들 간의 융합과 관리 및 강력한 인공지능 기반 자율성이 핵심
 - 다양한 객체와 분야에 대한 디지털 트윈 데이터, 모델, 분석 방법 및 보안 관련하여 표준 규격이나 공통된 통합 프레임워크가 존재하지 않는 상황
 - 다양한 산업 및 분야에서 활용되는 디지털 트윈은 이종 도메인간 상호작용이 가능하도록 개발될 것이며 자율 무인화를 지향할 것으로 전망됨
- (투자전략) 우리나라는 ICT 기술 강국으로서의 장점을 기회로 활용하는 것과 더불어 정부 차원에서의 국가지능화를 위한 디지털 트윈 투자전략 마련이 필요
 - 디지털 트윈 분야 요소 기술들의 발전과 더불어 현재 걸림돌이 되고 있는 다양한 이종 디지털 트윈들 간의 통합 및 관리 분야의 기술개발이 필요함
 - 디지털 트윈 기술발전의 마지막 단계를 위한 인간의 개입이 필요 없는 완전 무인 자율화를 위한 강력한 인공지능 기술의 기초 및 사업화 개발 지원이 필요함

V

디지털 트윈 국가투자전략 방향 제언

- 국가 과학기술 R&D 투자 전반의 포트폴리오 구성이 아닌, 단일 유망기술 분야에 대한 투자전략 수립에 있어서 고민해야 할 문제는 크게 다음과 같은 4가지로 요약 가능
 - (1) (투자 규모의 문제) 현재의 정부 투자 규모를 유지할 것인가? 아니면 확대 또는 축소할 것인가?
 - (2) (투자 활용 영역의 우선순위 문제) 정부 R&D 투자가 주로 활용되는 영역을 어디로 정할 것인가?
 - (3) (투자 방향의 문제) 정부 R&D 투자를 통해 관련 산업 육성에 초점을 맞출 것인가, 아니면 기술 육성에 초점을 맞출 것인가? 또한 산업 또는 기술 육성을 위해 어떻게 R&D 투자를 추진하는 것이 바람직한가?
 - (4) (투자 대상 기술의 우선순위 문제) 정부가 중점적으로 R&D 투자를 해야 할 기술 분야는 무엇인가?
- 유망기술인 디지털 트윈 분야를 대상으로 상기 문제에 대한 답(방향성)을 모색하기 위해, 본 연구는 3가지 분석 프레임에 설계했으며(본문 pp.9-11), 정책·산업·기술 분야로 나누어 분석연구를 수행
- 지금까지의 연구 결과를 종합하여 3가지 분석 프레임에 따라 정리하면 다음의 [그림 18]과 같음

그림 18 3가지 분석 프레임 기반 디지털 트윈 국가투자전략 방향 도출 결과





1 투자 규모 : 디지털 트윈 분야 정부 R&D 투자 확대 필요

- 디지털 트윈 분야에 대한 정부 R&D 투자는 현 수준보다 확대될 필요성이 높으며, 그 근거는 다음과 같음

(1) 디지털 트윈 활용영역의 확장 및 기술 진화

- 초기의 디지털 트윈 개념이 주로 현실 세계의 복제에 초점이 맞춰져 있었다면, 최근에는 단순 복제를 넘어 현실의 문제를 시뮬레이션하고 최적화 방안을 도출하는 방향으로 개념이 확장 중
- 디지털 트윈을 지원하는 기술이 계속 발전되면서 빌딩이나 공장, 도시 등 거대한 실체까지도 재현의 대상이 되고 있을 뿐 아니라, 사람이나 프로세스도 디지털 트윈으로 재현할 수 있다는 의견이 대두하는 등 활용영역이 지속적으로 확대 중

(2) 디지털 트윈 시장의 급성장으로 인해 새로운 성장동력화 가능

- 디지털 트윈 시장은 디지털 트윈 솔루션 제공기업뿐만 아니라, 원자재 및 센서, IoT 플랫폼, 클라우드/서버, 분석 플랫폼, 시뮬레이션 소프트웨어/플랫폼, ERP 플랫폼, 시스템 통합 기업들과 관련 기관들을 포함하는 광범위한 구조
- 해외 주요 시장조사 전문기관들은 향후 디지털 트윈 세계 시장이 급격히 증가할 것으로 예측 중으로, 2020년대에 연평균 최소 24%에서 최대 58%까지 성장할 것으로 전망
- '19년 기준 한국의 디지털 트윈 시장 규모는 세계 시장의 1.8%에 불과하지만, 향후 디지털 뉴딜 정책(디지털 트윈 분야 '25년까지 총 1.8조 원 투자 예정)의 추진과 맞물려 新성장동력으로 성장할 수 있는 기회가 증가할 전망

(3) 주요국 대비 디지털 트윈 관련 정책적 투자 시작 시기 및 투자 규모의 열세

- 제조 및 인프라 혁신을 넘어 데이터 연계 기반의 범국가차원 디지털 트윈 정책을 추진하는 국가들이 증가 중
- 글로벌 주요국들의 디지털 트윈 정책 투자 현황을 정책적 투자규모 및 투자 관심도 수준에 따라 비교해 본 결과, 한국은 투자 관심도가 높은 반면 투자규모에서 미국, 독일, 중국, 영국, 일본 등 선진국에 비해 열세인 상황
- 디지털 트윈과 관련한 우리 정부의 R&D 투자규모는 '20년부터 급격히 확대되기 시작했는데, 이는 주요국들이 '17년을 전후하여 관련 투자를 확대하기 시작한 것에 비하면 상당히 늦은 출발
- 이러한 글로벌 열세를 만회하기 위해서라도 디지털 트윈 분야에 대한 공격적 투자가 필요한 상황

2 투자 활용 영역 우선순위

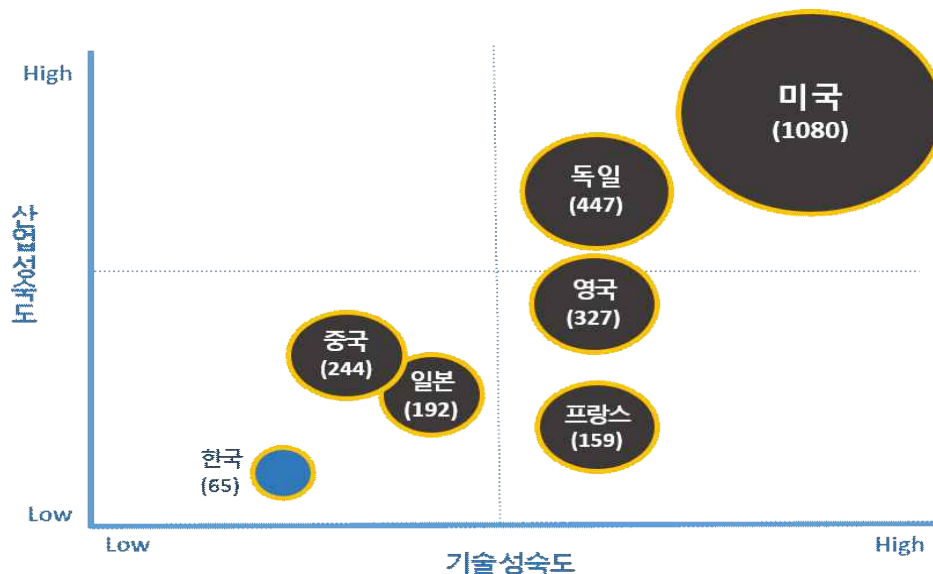
※ 본 부분은 국가투자전략 방향과 관련된 민감한 내용이므로 발간용 보고서에서는 해당 내용을 생략하였음을 양지해 주십시오.



3 투자 방향 : 산업 및 기술 육성 병행 추진

- 디지털 트윈 산업 및 기술 성숙도를 미국, 유럽, 중국, 일본 등 글로벌 주요국들과 비교해 볼 때, 우리나라는 관련 산업이 아직 성숙되지 않았으며, 기술진화 관점의 기술 성숙도 또한 상대적으로 낮음([그림 19] 참조)
 - 우리나라는 기본적인 ICT 기술 및 산업 역량은 갖추고 있으나, 디지털 트윈 분야에서는 아직 해외 주요국에는 못 미치는 수준
 - 2019년 기준으로 우리나라의 디지털 트윈 시장은 세계 시장의 1.8%에 불과하며, 기술 수준도 최고 수준 기술보유국인 미국에 비해 82.8% 수준에 불과
 - ※ 미국은 세계 시장의 약 30.9%, 독일, 영국은 각각 약 12.8%, 9.3%를 차지하고 있으며, 중국, 일본 등도 우리나라에 비해 디지털 트윈 시장의 규모가 큰 상황(중국 7.0%, 일본 5.5%)
 - ※ 디지털 트윈 관련 최고 기술수준 보유국은 미국이며, 유럽이 93.8% 수준으로 2위인 가운데, 아시아 국가들은 평균 이하의 기술수준을 보유(일본: 87.1%, 중국: 84.4%, 한국: 82.8%)
- 따라서, 정책적 투자를 통해 우리나라의 산업 및 기술수준을 미국, 유럽 등 상위 국가들 수준으로 끌어올려야 글로벌 경쟁력을 갖추 수 있는 상황

그림 19 글로벌 주요국들의 디지털 트윈 산업 및 기술 성숙도 비교



- 산업성숙도: 국가별 디지털 트윈 시장 규모
- 기술성숙도: 국가별 디지털 트윈 기술 수준
- ※ 괄호 안 수치는 국가별 디지털 트윈 시장 규모(백만 달러)

※ 출처: 정보통신기획평가원(2019), 2018년도 ICT 기술수준조사 보고서 및 MarketsandMarkets(2020) 기반 작성

※ 도표에서 쓰인 2019년 디지털 트윈 시장규모는 MarketsandMarkets의 저작권을 따릅니다. 추후 이용 시 MarketsandMarkets에 문의하시기 바랍니다.

- 따라서 디지털 트윈 산업 및 기술을 육성하기 위한 정부 R&D 투자방향을 다음과 같이 제언하고자 함

(1) Total Digital Twin Solution을 제공할 수 있는 중견기업 육성을 위한 R&D 투자

- 이미 GE, Siemens, Microsoft, IBM, SAP, PTC, ANSYS, Dassault, Oracle, Bosch, Honeywell, Autodesk, Atair, ABB, Aspen Tech, AVEVA 등 다양한 해외 기업들이 디지털 트윈 솔루션 및 플랫폼을 제공하거나 활용 중
- 해외 3D CAD/CAE 전문 기업들은 3D 모델링 기능에 디지털 정보관리 및 시뮬레이션 기능을 확장하여 제품수명주기관리(Product Life-cycle Management) 기반 디지털 트윈 소프트웨어 시장을 선도 중
- 해외 기업들은 디지털 트윈 플랫폼을 기반으로 Total Solution을 제공하는 비즈니스 모델을 이미 활용하고 있으며, 실제 구현 단계에 이르러 구체적인 성과가 가시화되고 있는 중
- 다만, 현재까지 글로벌 Top 1~3위 기업들의 디지털 트윈 시장 점유율은 20~30% 정도에 불과하고, 지배적 사업자가 아직 존재하지 않아서 경쟁이 치열해질 전망
 - ※ '20년 현재, 1위 GE(11~12%) > 2위 MS(5~8%) > 3위 Siemens(3~6%)
- 또한, 국내 디지털 트윈 수요 기업들은 구축 설비와의 호환과 레퍼런스 누적 등의 문제로 인해 신속한 보급이 가능한 외산 플랫폼을 선호하고 있어서 Dassault, Siemens, Microsoft 등 디지털 트윈 핵심기술을 보유한 해외 사업자들과 협력 중
- 따라서 우리 기업들이 해외 선도기업들처럼 신속하게 Total Digital Twin Solution을 제공하는 기술력과 비즈니스 모델을 확보하여 국내시장을 확장하고, 해외로 진출할 수 있도록 지원하는 정부 R&D 투자가 필요한 상황
- Total Digital Twin Solution을 제공하기 위해서는 소수의 핵심기술뿐만 아니라 복합적 기술 및 데이터가 필요하므로, < 이중 디지털 트윈 간 통합 및 관리 기술, < 디지털 트윈 플랫폼 구축 및 운용 기술, < 솔루션을 제공하는 영역별로 적합한 지능화 융합 기술, < 데이터 공유 및 데이터 기반 협업 기술 등에 대한 중점적인 R&D 투자가 바람직한 방향으로 판단됨

(2) 다양한 영역에서의 R&D 실증사업 확대

- 디지털 트윈은 연구개발 결과의 실제 적용과 구현이 중요한 성공 요인으로 실증에 대한 전략적 고려와 투자가 필요함
- 현재 국내 디지털 트윈 실증연구는 과기부의 '5G 기반 디지털 트윈 < 시설물 안전 실증(57억 원), < 제조산업 적용 실증(57억 원), < 스마트 항만물류 플랫폼 구축(33억 원)을 위한 선도사업'과 산업부의 < 재생에너지 디지털 트윈 및 친환경교통



실증연구 기반구축사업(57억 원), < 디지털 트윈 기반 스마트시티 에너지 플랫폼 구축 및 국가시범도시 인증사업(21억 원)이 대표적이며, 해수부의 < 스마트 항만-자율 운항선박 연계기술개발사업(40억 원)과 농림부의 < 기능성 작물 적용 디지털 트윈 핵심기술 개발사업(9억 원), 산림청의 < 디지털트윈 기반 산림관리 플랫폼 시범구축사업(3억 원)이 진행 중

- 지자체가 디지털 트윈 기반 도시·행정 서비스 실증에 적극성을 보이며, 스마트시티 구현을 위한 ‘디지털 트윈 서울 S-Map’, ‘디지털 트윈 in 전주’를 비롯하여 새만금과 충북혁신도시, 춘천, 인천, 울산 등에서 디지털 트윈 실증사업이 이루어짐
- 디지털 트윈 실증사업은 국가 디지털 트윈 투자 규모 대비 매우 적은 비중을 차지하고 있으며, 주로 < 제조 < 물류 < 에너지 < 도시 영역에 집중되어 있고 < 농업, < 임업, < 수산업 등 일부 영역에서 제한적으로 운영됨
- 따라서 최종적인 수요처와 사용자 요구 충족이 중요한 < 삶의 질, < 재난 < 공공 안전 등 공공수요 영역에서의 실증연구 확대가 요구되며, 이러한 실증사업을 기반으로 국내 기업들이 실제로 적용 가능하고 상용화할 수 있는 기술 및 비즈니스 모델을 개발할 수 있도록 지원하는 정부 역할이 필요

(3) 협업형 R&D 사업 확대 및 디지털 트윈 공유·협업 플랫폼 마련

- 국내에서는 스마트 팩토리 구현에 나선 제조 분야 기업을 중심으로 디지털트윈 활용에 대한 관심이 높지만, 기술적 협업이 가능한 국내 업체가 부족하여 주로 해외 업체와 협업을 진행 중
 - ※ 두산중공업 : 풍력발전 사업에 마이크로소프트의 디지털 트윈 솔루션을 사용할 예정
 - ※ 삼성중공업 : 유니티 코리아와 협업하여 선체 설계에 디지털 트윈을 도입한다고 발표
 - ※ 삼성SDS : 자사의 클라우드, 인공지능, 사물인터넷 등 혁신기술 솔루션을 기반으로 다쏘시스템의 디지털 트윈 솔루션과 협력하여 미래형 디지털 인프라를 제공할 계획
 - ※ 고려대학교 : B2B 협업 플랫폼 도입의 필요성 확대에 따라 다쏘시스템과 디지털 생태계 구축을 통한 미래형 공학교육 혁신 및 산업체 응용기술의 발전을 위한 MOU를 체결
- 국내 시장은 디지털 트윈 관련 초기 단계로 외산 점유율이 압도적으로 높은 것은 아니지만, 향후 격차가 벌어질 가능성이 큼에 따라 정부 차원의 정책적 지원이 필요
- 디지털 트윈 기술 관련 국내 기업들과 제조, 스마트시티, 국방, 의료 등 다양한 응용 분야의 기업들이 서로 협력할 수 있는 기반 마련을 위한 협업형 R&D 확대가 필요한 상황
- 이러한 협업을 위해서는 디지털 트윈 구축에 활용되는 다양한 도메인 데이터와 관련 ICT 기술이 융합되기 위한 공유·협업 플랫폼과 도메인 데이터 융합을 위한 표준 프레임 확보가 중요

- 따라서 정부는 도메인별 디지털 트윈 개발 및 비즈니스모델 창출을 민간이나 개별 사물의 운영 주체들이 협업형 R&D를 통해 추진하도록 지원하고, 이와 함께 이중 디지털 트윈을 연계해주는 플랫폼 개발 분야에서 관련 R&D를 추진하는 역할에 주력할 필요가 높음

(4) 데이터 안보 차원의 디지털 트윈 플랫폼 및 솔루션 국산화 R&D 추진

- 국내 시장에 적용 가능한 디지털 트윈 솔루션이 부족한 가운데, 수요 기업들은 해외 디지털 트윈 플랫폼 및 솔루션을 다수 활용하고 있어 외산 의존도가 높음
- 디지털 트윈은 현실과 가상세계가 서로 연동되어야 하므로 구축 후에도 지속적인 관리가 필요하며, 각 도메인별 양질의 데이터가 매우 중요
- 외산 플랫폼 및 솔루션을 활용하면 우수한 기술의 빠른 적용이 가능하지만, 장기적으로는 외산에 종속될 수 있으며, 해외 기업에 국내 도메인 데이터가 누적되면서 데이터 주권을 빼앗길 우려가 있음
- 특히, 공공산업 분야의 데이터가 해외에 유출될 경우, 국민 안전과 국가 안보에 위협이 될 수 있으므로 보다 주의가 필요함
- 따라서, 디지털 트윈 플랫폼 및 솔루션 국산화를 위한 R&D를 추진하여 < 국산 디지털 트윈 프레임워크를 구축하고 < 이에 적용 가능한 표준화 데이터를 수집·운용할 수 있도록 하여 데이터 주권을 확보하고 국민 안전과 밀접한 공공산업 분야 등에 활용할 수 있도록 하여야 함

4 투자 대상 기술 우선순위

※ 본 부분은 국가투자전략 방향과 관련된 민감한 내용이므로 발간용 보고서에서는 해당 내용을 생략하였음을 양지해 주십시오.



5 향후 연구방향

- (연구의 의의) 본 연구는 디지털 트윈이라는 단일 ICT 유망기술을 대상으로 국가 R&D 투자전략의 방향을 제시하기 위해, 포트폴리오 분석에서 활용되는 포지셔닝 분석 프레임워크를 활용하여 기존 문헌과 차별되는 분석 프레임들을 제시하고, 정책·산업·기술 분야별로 광범위한 분석을 진행했다는 점에서 의의를 가짐
- (연구의 한계) 단, 본 연구는 제한된 연구시간(2개월)과 연구진 구성(4명) 및 데이터 확보의 어려움 등으로 인해 다음과 같은 한계점을 가지고 있음
 - 우리 정부의 디지털 트윈 R&D 사업 및 非R&D 사업 전반에 대한 정확한 데이터 확보가 어려웠던 관계로, 부처별 보도자료, 관련 기사 및 NTIS 데이터 위주로 분석 수행
 - 연구 여건의 제약으로 인해 보다 정확한 국가별 기술수준 비교를 위한 특허 및 논문 분석 등의 계량서지학적 접근을 하지 못하고, 2차 자료 분석 위주로 연구를 수행
 - 생태계 측면에서의 국가 디지털 트윈 R&D 생태계 구조화 및 이해관계자 분석을 추진하지 못하고, 국내·외 일부 플레이어들의 동향 분석에 그침
 - 기술전문가 위원회의 구성을 완료하지 못한 상황(관련 연구용역 추진 중)이어서 디지털 트윈 관련 중점 R&D 대상 기술분야 선정을 위한 설문조사를 ETRI 원내 기술전문가들로만 국한하여 수행
 - 데이터 확보의 한계 및 시간상 제약으로 인해 구체적 투자전략(R&D 활용 영역별 투자전략 및 투자규모, 중점 R&D 대상 기술별 투자로드맵 등)을 제시하지 못하고, 전반적인 투자의 방향성을 제시하는 수준에 그침
- (연구 발전방향) 본 연구는 향후 장기적으로 수행하게 될 ICT 기술전략연구의 첫 번째 과업이었기 때문에 상기 한계점들을 보완할 수 있는 연구방법을 지속적으로 고민하여 이후 연구들에 활용할 필요가 있음
 - 본 연구에서 제시했던 단일 유망기술 분야의 국가투자전략 연구 프레임워크를 보완·발전시킬 필요가 있는데, 향후 추가적인 연구를 통해 포지셔닝 맵을 구성하는 X/Y축 요인들을 달리해가면서 최적의 분석 프레임워크로 발전시키고자 함
 - 연구대상 기술 및 산업의 특성에 기반한 분석 프레임워크를 개발하여 적용



참고문헌

◆ 국내자료

- 과학기술정보통신부(2020a), 디지털 뉴딜, 코로나 이후 디지털 대전환을 선도합니다, 보도자료, 2020.07.15.
- 과학기술정보통신부(2020b), 디지털 전환을 촉진할 핵심 실감콘텐츠 제작 지원, 보도자료, 2020.07.07.
- 과학기술정보통신부(2021a), 과기정통부, 디지털 트윈으로 공공 시설물 안전과 제조시설 혁신이라는 두 마리 토끼를 잡는다., 보도자료, 2021.05.18.
- 과학기술정보통신부(2021b), 다부처가 협력해 국민 삶의 '회복·포용·도약'을 이룹니다!, 보도자료, 2021.02.05.
- 관계부처합동(2020), 대한민국 대전환, '한국판 뉴딜'.
- 관계부처합동(2021), 스마트 해운물류 확산전략.
- 국토교통부(2020), 한국판 뉴딜 대표과제, "디지털 트윈" ...정부와 산업계 힘 모은다, 보도자료, 2020.07.31.
- 국토교통부(2021a), 3차 공간정보산업 진흥 기본계획.
- 국토교통부 (2021b), 공간정보, 디지털 경제의 핵심 기반 사업으로 키운다, 보도자료, 2021.05.14.
- 국토교통부(2021c), 디지털 트윈 TF 구성·운영계획.
- 국토교통부(2021d), '디지털 트윈'으로 한국판 뉴딜 실현 앞당긴다, 보도자료, 2021.04.27.
- 국토교통부(2021e), 제2차 국가측량기본계획 수립.. 측량의 스마트화 본격 추진, 보도자료, 2021.06.14.
- 기획재정부(2018), 「4차 산업혁명과 혁신성장」을 주제로 정부업무보고 실시, 보도자료, 2018.01.24.
- 김용운·유상근·이현정(2021), 디지털 트윈의 꿈, 한국전자통신연구원.
- 김진 외(2021), 스마트시티의 새로운 변화, 디지털 트윈(Digital Twin), 대한국토·도시계획학회.
- 김홍영 외(2019), 2019년도 글로벌 R&D 투자동향 분석, 한국과학기술기획평가원.



- 남현동·오민정·남태우(2020), OECD 국가 R&D 투자의 효율성: 측정과 제언.
- 문기환·김승수(2018), 연구개발 투자 포트폴리오 분석을 위한 프레임워크 개발 및 원자력 분야에의 적용, 한국기술혁신학회 학술대회.
- 문화체육관광부(2020), 디지털 뉴딜 문화콘텐츠산업 성장 전략 발표, 보도자료, 2020.09.24.
- 박가영(2021), 디지털 트윈 도시의 현황과 시사점, 산업연구원.
- 박종현 외(2021), 디지털 트윈 기술 보고서, 한국전자통신연구원.
- 박지현 외(2019), 농림식품 R&D 전략분야 도출 및투자 우선순위 설정에 관한 연구, 한국과학기술기획평가원.
- 박현자·박인선(2018), 국가산업기술 R&D 투자효율성 제고를 위한 전략적 예산배분방법론의 실증적 연구, 국가정책연구, 32권 2호.
- 산업통상자원부(2019), 스마트제조 R&D 로드맵.
- 송종화(2019), 독일의 4차 산업혁명을 위한 미래형 도시정책 연구, 국토교통부.
- 신상희(2021), 디지털 트윈 기술 동향과 전망, 국토연구원.
- 심진보 외(2015), 과학기술·ICT융합 R&D 포트폴리오 분석을 통한 정부 R&D 효율성 제고 방안 연구, 한국과학기술기획평가원.
- 원동규 외(2019), 패키지형 R&D 투자플랫폼(R&D PIE) 개발, 한국과학기술정보연구원.
- 유상아·김민혁(2020), 디지털 트윈 기술동향 및 우편물류 적용방안, 우정정보, 2020권 1호, pp.1-17.
- 이광가·유호동·김탁곤(2018), 디지털 트윈 기술 발전 방향, 한국산업기술평가관리원.
- 이지현(2020), 포스트 코로나 시대, 4차 산업혁명은 어디로? ②디지털 트윈, 대한무역투자진흥공사.
- 장예지(2019), 디지털 전환의 핵심, 디지털 트윈 - 제조와 도시를 중심으로 -, ICT SPOT ISSUE, 정보통신기획평가원.
- 정득영·김상태·김연배(2021), 디지털 트윈의 기술적 정의와 세부적 발전 5단계(level) 모델, 정보통신기획평가원.
- 정보통신기획평가원(2019), 2018년 ICT 기술수준조사보고서.
- 정보통신기획평가원(2021), 2019년도 ICT 기술수준조사 및 기술경쟁력 분석 보고서.
- 조성호 외(2015), 포트폴리오 및 산업연관분석을 통한 국가전략기술분야 전략적 R&D 재원 배분 방안 마련, 한국과학기술기획평가원.

- 한국건설기술연구원(2018), 도시/건설 분야 디지털 트윈 기술 기획 연구, KICT 2018-134.
- 한국과학기술기획평가원(2017), 일본, Society 5.0을 향한 전략적 중요과제·공통과제 검토, 과학기술&ICT 정책·기술 동향, 108호, pp. 19-20.
- 한국과학기술기획평가원(2020), ICT 주요국의 디지털 트윈 추진 동향과 시사점, 과학기술 & ICT 정책·기술 동향, 160호, pp.1-10.
- 한국과학기술기획평가원(2021), 중국, 스마트제조 14.5 발전 계획 발표, 과학기술&ICT 정책·기술 동향, 190호, pp.25-26.
- 한국산업기술진흥원(2021), 중국 디지털 트윈시티 백서, 산업기술동향 위치, 2021년 1호, p.6.
- 한국산업기술평가관리원(2018), 스마트 공장과 인공지능 기술 동향.
- 한상열·방문영(2020), 글로벌 XR 정책 동향 및 시사점, 소프트웨어정책연구소.
- 황기하 외(2014), 실무활용형 정부R&D 중기 투자방향 수립 프레임 개발 및 시범적용 연구, 한국과학기술기획평가원.
- 황기하 외(2017), 중장기 투자전략 연계형 기술분야 투자포트폴리오 수립 프레임 연구, 한국과학기술기획평가원.
- 허용(2019), 정보통신산업 활성화를 위한 도시공간 데이터 개방·공유, 국토연구원.

◆ 국외자료

- Aaron Parrott & Lane Warshaw(2017), ‘인더스트리 4.0과 디지털 트윈’, Deloitte Anjin Review No.9.
- ABI research(2019), Digital Twins, Smart Cities, and Urban Modeling.
- CDBB(2019), NDT(National Digital Twin) Genimi Principles.
- Gartner(2016a), Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2017.
- Gartner(2016b), Use the IoT Platform Reference Model to Plan Your IoT Business Solutions, Gartner.
- Gartner(2017), Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018.
- Gartner(2018a), Five Approaches for Integrating IoT Digital Twins.
- Gartner(2018b), Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2019.
- Gartner(2019a), Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2020.



Gartner(2019b), Hype Cycle for Oil and Gas, 2019.

Gartner(2019c), Hype Cycle for the Internet of Things, 2019.

Gartner(2020a), Gartner Top 10 Strategic Predictions for 2021 and Beyond.

Gartner(2020b), Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020.

Gartner(2020c), Hype Cycle for Manufacturing, 2020.

Gartner(2020d), Hype Cycle for Retail, 2020.

Gartner(2020e), Hype Cycle for System, 2020.

Gartner(2020f), Hype Cycle for the Internet of Things, 2020.

HVM Catapult(2018). Feasibility of an immersive digital twin.

Industry ARC(2020), Digital Twins Market – Forecast(2021 – 2026).

MarketsandMarkets(2020), Digital Twin Market Global Forecast To 2026.

NIC(2017), Data for the Public Good.

Technavio(2019), Global Digital Twin Market 2019–2023.

Technavio(2021), Global Digital Twin Market 2021–2025.

內閣府(2021), ‘科學技術 イノベーション 基礎計画(案)’

◆ 기사

Dassault System(2019.11.07.), ‘다쏘시스템 – 삼성SDS, 디지털 트윈 협업을 위한 MOU체결’.
(<https://www.3ds.com/ko/press-releases/single/dassault-systemes-and-samsung-sds-form-partnership-for-digital-twin/>)

IBM(2020.06.17.), ‘Siemens and IBM Deliver Service Lifecycle Management Solution’.
(<https://newsroom.ibm.com/2020-06-17-Siemens-and-IBM-Deliver-Service-Lifecycle-Management-Solution>)

IT비즈니스(2020.08.14.), ‘유니타·두산인프라코어, 디지털트윈(DW) 기반 건설 공정 시뮬레이션 개발협력’. (<http://www.itbiznews.com/news/articleView.html?idxno=18625>)

IT조선(2019.09.18.), ‘디지털 트윈, 기업 경쟁력 높인다’.
(http://it.chosun.com/site/data/html_dir/2019/09/18/2019091802188.html)

- IT조선(2021.02.15.), ‘디지털트윈 뜨지만 韓 시장엔 외산만 득실’.
(http://it.chosun.com/site/data/html_dir/2021/02/10/2021021001712.html)
- KBS(2019.05.10.), ‘[스마트시티①] 싱가포르, 3D 가상현실로 스마트 국가 건설’,
(<https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4174908>)
- KOTRA 해외시장뉴스(2019.03.11.), ‘중국, 미래 유망기술 디지털 트윈(Digital Twin) 뜬다.’,
(<https://news.kotra.or.kr/user/globalAllBbs/kotranews/album/781/globalBbsDataAllView.do?dataIdx=173765&column=&search=&searchAreaCd=&searchNationCd=&searchTradeCd=&searchStartDate=&searchEndDate=&searchCategoryId=&searchIndustryCategoryId=&page=2&row=10>)
- PTC(2020.06.09.), ‘PTC Extends Alliances with Rockwell Automation and Microsoft to Accelerate Value of Digital Transformation for Manufacturers’.
(<https://www.ptc.com/en/news/2020/lwx-20-ptc-rockwell-microsoft-factory-in-sights-as-a-service>)
- 뉴스1(2020.08.14.), ‘중후장대 산업에 침투한 게임엔진…두산·삼성 '유니티' 활용’.
(<https://www.news1.kr/articles/?4025640>)
- 디지털데일리(2018.12.20.), ‘두산인프라코어의 스마트제조 혁신, 그 뒤에는 다쏘시스템 ‘버추얼 트윈’’. (<http://www.ddaily.co.kr/news/article/?no=176159>)
- 디지털조선일보(2020.04.06.), ‘앤시스 트윈 빌더, '올해의 IIoT 솔루션(Industrial IoT Company of the Year)’ 수상’.
(http://digitalchosun.dizzo.com/site/data/html_dir/2020/04/06/2020040680065.html)
- 매일경제(2019.08.28.), ‘LG전자, 독일 지멘스와 제조분야 '디지털 전환' 협력’.
(<https://www.mk.co.kr/news/business/view/2019/08/671825/>)
- 매일경제(2019.12.12.), ‘[Cover Story] 장비·사물을 3D 가상현실서 완벽구현…시행착오 '뚝’’.
(<https://www.mk.co.kr/news/business/view/2019/12/1039107/>)
- 블로터(2021.02.04.), ‘한국MS·두산중공업 '클라우드 디지털 트윈'으로 벨류체인 혁신’.
(<https://www.bloter.net/newsView/blt202102040008>)
- 연합뉴스(2021.06.11.), ‘네이버랩스, 디지털트윈 제작 솔루션 '어라이크' 공개’.
(<https://www.yna.co.kr/view/AKR20210611057400017?input=1195m>)
- 이코노믹리뷰(2018.07.07.), ‘미중무역전쟁 슈퍼파워의 격돌, 핵심은 중 스마트제조 2025’.
(<https://www.econovill.com/news/articleView.html?idxno=341119>)
- 인더스트리뉴스(2019.07.01.), ‘LG유플러스-PTC, ‘5G 기반 트랙터 원격진단 서비스 개발’ 추진’. (<https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=33090>)



전자신문(2020.09.08.), 'LG CNS, '물류 DX랩' 신설...물류 자동화 1위 굳힌다'.

(<https://www.etnews.com/20200908000230>)

중앙일보(2019.02.17.), 'SKT, MWC서 '5G 하이퍼 스페이스' 첫 선... "가상세계가 현실로".'

(<https://news.joins.com/article/23376355>)

테크월드(2020.04.16.), '스마트팩토리의 대명사, '지멘스 암벡 공장'.

(<http://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=95520>)

한국경제(2019.06.14.), 'SK텔레콤·한수원 공동 5G 스마트 발전소 만든다'.

(<https://www.hankyung.com/it/article/2019061404201>)

한국경제(2021.02.08.), '현실과 싱크로율 100%...MS vs IBM '디지털 트윈' 기술 경쟁'.

(<https://www.hankyung.com/it/article/2021020883891>)

헬로티(2021.05.25.), '[인공지능과 디지털 트윈Ⅱ] '공공에서 산업까지' 광역 지원하는 디지털 트윈의 힘'. (<http://www.hellot.net/news/article.html?no=58254>)

◆ 웹사이트

ANSYS, <https://www.ansys.com/ko-kr/products/digital-twin/ansys-twin-builder>

BMW, <http://www.bmw.de/>

Dassault System, <https://discover.3ds.com/3d-virtual-experience-twin>

Deloitte, <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/tech-trends/2020/digital-twin-applications-bridging-the-physical-and-digital.html>

Digital Twin Consortium, <https://www.DigitalTwinConsortium.org/>

Emergen Research, <https://www.emergenresearch.com/industry-report/digital-twin-market>

Gaia3D, <https://gaia3d.com/>

Gartner, <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digital-twin>

GE, <https://www.ge.com/digital/blog/what-digital-twin>

Global Market Insight, <https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-twin-market>

Grand View Research, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-twin-market>

IBM, <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>

Industrial Value Chain Initiative, <https://iv-i.org/wp/en/about-us/whatsivi/>

KT 블로그, <https://blog.kt.com/1511>

Microsoft Azure Digital Twins, <https://azure.microsoft.com/ko-kr/services/digital-twins/>

NTIS(국가과학기술지식정보서비스), <https://www.ntis.go.kr>

Obama White House, <https://obamawhitehouse.archives.gov/>

OECD, <https://data.oecd.org/gdp/gross-domestic-product-gdp.htm>

Open Mobility Foundation, <https://www.openmobilityfoundation.org/>

PTC, <https://www.ptc.com/ko>

SAP, <https://www.sap.com/korea/products/supply-chain-management/digital-twin.html>

SAS, <https://blogs.sas.com/content/saskorea/2018/11/22/%ED%98%84%EB%8C%80-%EC%A0%9C%EC%A1%B0%EC%97%85%EC%9D%98-%ED%95%84%EC%88%98-3%EA%B0%80%EC%A7%80-%EA%B8%B0%EC%88%A0-%EB%94%94%EC%A7%80%ED%84%B8-%ED%8A%B8%EC%9C%88-%EB%B6%84%EC%84%9D-%EA%B7%B8%EB%A6%AC/>

SAS, <https://blogs.sas.com/content/saskorea/2018/11/22/%ED%98%84%EB%8C%80-%EC%A0%9C%EC%A1%B0%EC%97%85%EC%9D%98-%ED%95%84%EC%88%98-3%EA%B0%80%EC%A7%80-%EA%B8%B0%EC%88%A0-%EB%94%94%EC%A7%80%ED%84%B8-%ED%8A%B8%EC%9C%88-%EB%B6%84%EC%84%9D-%EA%B7%B8%EB%A6%AC/>

Science, <https://science.sciencemag.org/content/371/6534/1105>

Siemens, <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ko/our-story/glossary/digital-twin/24465>

Smart America, <https://smartamerica.org/>

SMLC, <https://smartmanufacturingleadershipcoalition.org/>

VIRNECT, <https://www.virnect.com/products/twin>

https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%94%94%EC%A7%80%ED%84%B8_%ED%8A%B8%EC%9C%88

저자소개

심진보 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 지능화정책연구실 책임연구원
e-mail: jbsim@etri.re.kr Tel. 042-860-6213

원용숙 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 지능화정책연구실 선임연구원
e-mail: wys@etri.re.kr Tel. 042-860-5153

홍아름 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 지능화정책연구실 연구원
e-mail: areumh@etri.re.kr Tel. 042-860-0742

김향석 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 지능화정책연구실 선임연구원
e-mail: tdea@etri.re.kr Tel. 042-860-5354

디지털 트윈 국가투자전략 연구

발행인 이 지 형

발행처 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 기술정책연구본부

발행일 2021년 12월 31일





www.etri.re.kr

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



ETRI Electronics and Telecommunications
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

