

디지털 트윈 융합 의료혁신 선도 사업 소개

고광만¹, 구지현², 서병석³, 손선영⁴

¹상지대학교 컴퓨터공학과, ²상지대학교 빅데이터사이언스학과

³상지대학교 컴퓨터공학과, ⁴상지대학교 전기전자공학과

kkman@sangji.ac.kr, biostat9@sangji.ac.kr, seobs@sangji.ac.kr, sysohn@sangji.ac.kr

Introduction to Digital Twin Convergence Medical Innovation Project

Kwang-Man Ko¹, Jee-Hyun Koo², Byung-Suk Seo³, Sun-Young Son⁴

¹Dept. of Computer Engineering, Sang-Ji University

²Dept. of Big Data Science, Sang-Ji University

³Dept. of Computer Engineering, Sang-Ji University

⁴Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Sang-Ji University

요 약

본 논문에서는 2024년 4월부터 과학기술정보통신부 재원으로 시작하는 “디지털트윈 융합 의료혁신 선도” 사업 내용을 소개한다. 본 사업은 첨단 의료기기 클러스터를 운영 중인 강원도를 중심으로 국내 디지털 의료기기 개발 혁신을 위한 디지털트윈 활용 기반 구축을 목표로 하며, 이를 위해 ▲디지털트윈 통합 인프라 구축(디지털트윈 모델, 디지털트윈 연계 플랫폼), ▲시물레이션 검증 인프라 구축, ▲의료기기 디지털트윈 사업화를 세부 과제로 진행할 예정이다.

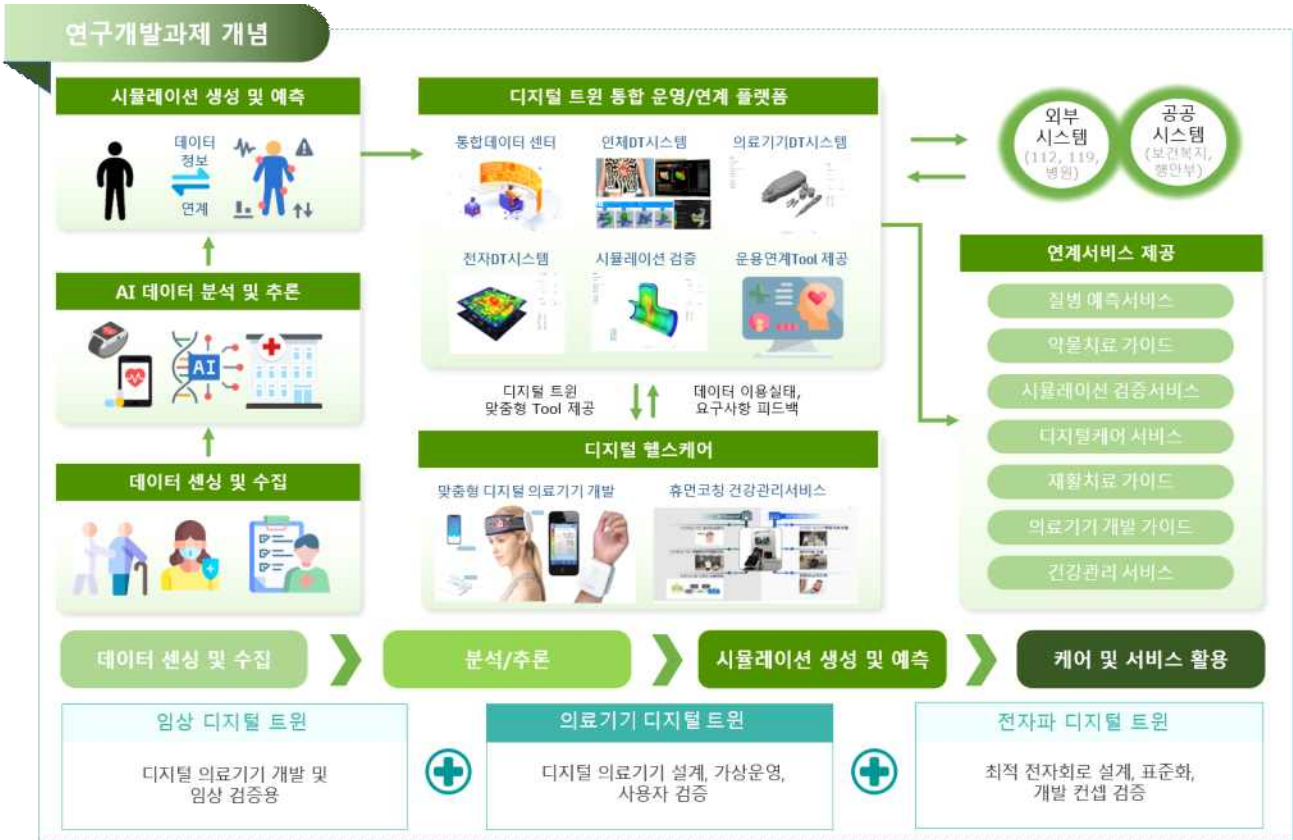
1. 서론

우리나라가 선진국으로 진입하면서, 단순한 기대수명의 연장이 아닌 건강한 삶을 영위하고자 하는 건강수명에 대한 국민들의 욕구가 증대하고 있는 상황에서 4차 산업혁명의 도래와 맞물려 일상에서 AI 등 디지털 신기술을 활용함에 있어서도 국민들은 헬스케어 분야에 가장 큰 관심을 가지고 있다. 또한, 최근에는 데이터 분석기술 고도화와 웨어러블기기 등장에 따라 디지털트윈(Digital Twin)이 의료데이터와 접목되면서 헬스케어 분야에서 맞춤형 정밀의료, 혁신적인 건강관리 서비스 제공이 가능해지고 있다. 특히, 정밀의료와 예방의학 도입 등의 핵심에는 개인화된 의료데이터와 질병에 대한 예측 등 디지털트윈 기술과의 접점이 존재하며, 헬스케어 분야에서 디지털트윈 모델은 개인 건강상태를 통합적으로 관리하거나, 특정 장기의 3D 시물레이션을 통해 개인 맞춤형 수술·재활에 적용할 수 있다. 국내의 경우 헬스케어 분야에서 디지털트윈 개념은 가장 낮은 단계인 의료기기 자체의 디지털트윈에서부터 개인의 장기 및 골격에 대한 모델화, 각 개인의 건강관리, 인구집단의 방역, 병원 시스템 등 다양한 분야에서 적용되고 있다.

디지털 트윈이란 물리적 객체(자산, 프로세스 및 시스템 등)들에 대한 디지털 복제(쌍둥이)로서, 실제 사물의 물리적 특징을 동일하게 반영한 쌍둥이(Twin)를 3차원 모델로 구현하고, 현실과의 동기화 시물레이션을 통해 해당 사물에 대한 의사결정에 활용하는 기술을 말하며, 대상 객체 요소들의 속성과 상태를 유지하며 이들이 어떻게 작동하는지를 묘사하는 가상의 모델이라 정의되고 있다[1]. 특히, 의료기기 디지털트윈은 실제 의료기기나 환자의 생리적인 상태를 디지털적으로 모델링한 가상공간에 똑같이 만든 시스템을 말한다.

국내 역량 있는 의료기기 기업이 활용할 수 있도록 지역 보유 의료데이터, 인프라 등을 활용하여 디지털트윈 공동기반을 구축하고 의료기기 개발, 검증 등 사업화 기반 마련과 제품 개발 및 사업화 과정에서 디지털트윈 기술을 활용하여 소요기간 및 비용 단축 등 효과적인 의료기기 개발 환경 조성필요한 상이다. 또한, 디지털트윈을 활용한 의료기기 제품 임상효과 사전예측 등 디지털 의료기기 실증 패러다임 전환도 기술적으로 가능한 상황이다.

본 논문에서는 2024년 4월부터 과학기술정보통신부 재원으로 시작하는 “디지털트윈 융합 의료혁신 선도” 사업 내용을 소개한다. 본 사업은 첨단 의료



(그림 1) 디지털 트윈 통합 운영 플랫폼 서비스 개념도

기기 클러스터를 운영 중인 강원도를 중심으로 국내 디지털 의료기기 개발 혁신을 위한 디지털트윈 활용 기반 구축을 목표로 하며, 이를 위해 ▲디지털트윈 통합 인프라 구축(디지털트윈 모델, 디지털트윈 연계 플랫폼), ▲시물레이션 검증 인프라 구축, ▲의료기기 디지털트윈 사업화를 세부 과제로 진행할 예정이다[2].

2. 관련 산업 및 기술 동향

2.1 디지털트윈 산업 동향

세계 디지털트윈 시장은 2020년 3.6조 원에서 연평균 57.6% 성장하여 2026년에는 55.4조 원에 이를 것으로 전망되고 있다. 최근 발표된 조사에 따르면 전 세계 디지털트윈 시장 규모는 매출액 기준으로 글로벌 디지털트윈 시장은 2022년 68억달러에서 2023년 101억달러 그리고 2028년까지 매년 61.3% 성장해 1,101억달러에 달할 것으로 예측되고 있다. 국내 디지털트윈 시장은 2020년 기준, 690억 원으로 약 1.9% 수준이나, 향후 연평균 70%의 고성장이 예상되며, 국내 디지털트윈 시장은 2017년 240.3백만 달러에서 연평균 16.3% 성장하여 2023년 594.6백만

달러에 이를 것으로 전망되어, 세계 디지털트윈 시장의 연평균 성장률(34%)보다 낮은 점을 고려하면 시장 확산이 시급한 상황이다

2.2 헬스케어 디지털트윈

헬스케어 디지털트윈은 디지털트윈 구현수준(모사 → 관제 → 모의) 기준으로 현재 1단계(모사)와 2단계(관제) 구현 수준에 도달한 상태이다. 기존 디지털 기술을 활용한 헬스케어 서비스는 학습데이터를 활용한 고위험도 진단·질병 발생 예측이 주 활용범위였다면, 헬스케어 디지털트윈은 장기적으로 가상 모델을 구현하여 실시간 상태정보를 연계함으로써 환자 맞춤형 치료·처방, 예후·예측관리, 식단, 수면, 운동 등의 생활습관 관리 가이드 제공 가능하다. 또한, 중증환자, 이식환자, 암환자 등 실시간 모니터링이 필요한 환자의 바이털 데이터 등의 데이터 기반으로 가상 환자 모델을 구축하여 상시 모니터링, 시물레이션 기반 위급상황 대비 경고시스템 등 지원 가능한 상황이다. 향후 3단계까지 고도화되었을 경우, 기존 환자 인체모사 모델의 축적을 통해 인구집단 모델링 고도화에 활용 가능하며, 새로운 환자 데이터는 기존 인체모사모델 기반 수집·연계·분석을

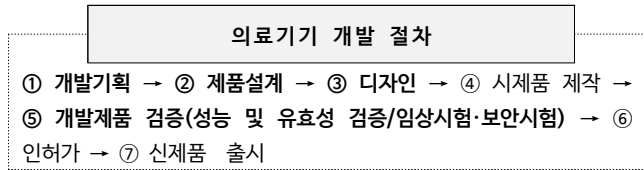
통한 효율적인 신규 환자의 인체모사모델 생성 가능하다.

3. 디지털 트윈 융합 의료혁신 선도 사업

본 사업은 첨단 의료기기 클러스터를 운영 중인 강원도를 중심으로, 국내 디지털 의료기기 개발과 임상 혁신을 위한 디지털트윈 활용 기반 구축을 목표로 하고 있다. 이를 위해 첫째, 강원도 소재의 전통의료기기 및 디지털의료기기 기업이 활용할 수 있는 디지털트윈 모델 기반 및 통합 플랫폼 구축한다. 둘째, 디지털트윈 환경에서 의료기기 설계 시뮬레이션 및 분석 기능을 제공함으로써 의료기기 성능과 안정성을 제고하고, 마지막으로, 병원 보유 임상데이터를 기반으로 한 질환별 가상환자모델(시뮬레이터) 개발과 환자모델에 트윈 환경에서 개발된 의료기기의 환자모델 적용을 통한 임상적 효과를 시뮬레이션 함으로써 환자에게 미칠 수 있는 영향에 대한 예측한다.

3.1 의료기기 디지털 트윈

의료기기 디지털트윈 구현은 전체 7단계로 구분할 수 있으며 의료기기 개발 절차에 대해 ①~③, ⑤ 단계 과정에서 디지털트윈 기술이 적용된다. 제품 기획·설계와 검증은 디지털트윈 환경에서 진행함으로써 기존의 워터폴방식의 개발과정을 시스템 엔지니어링 개발방식으로 전환하고 각 단계별로 개발 의도에 따른 작동유무를 점검하고 수정사항을 반영할 수 있다.



(그림 2) 의료기기 개발 절차

디지털트윈 환경에서의 개발·시뮬레이션을 통한 효율성 극대화로 기존 오프라인 환경 대비 개발기간 단축과 비용을 절감할 수 있으며, 제품의 개발 주기를 단축시킬 수 있다.

전자과 디지털트윈은 개발한 의료기기에 대해 전자과 및 주파수를 활용한 전자과 간섭에 대한 영향을 가상환경 내에서 측정한다. 의료기기 품목 중 80%의 의료기기가 전자 의료기기이며, 전자 의료기기 인허가 과정에서 전자과 안전에 관한 시험 자료는 반드시 첨부해야 국내 식약처 및 유럽 CE, 미국 FDA 허가를 받고 유통이 가능하다. 디지털트윈 환경 내에서 개발한 의료기기에 대해 인증시험 규격에 준하는 전자과 디지털트윈 시험환경을 제공하고 시뮬레이션을 통해 예비시험을 진행함으로써 개발 제품의 디버깅을 지원할 수 있다.

임상 디지털트윈은 한국인의 물리적·생리적 특성이 반영된 임상 디지털트윈을 개발하고자 하며, 병원에서 보유한 데이터 중 특정 질환(내분비계(당뇨), 근골격계, 심혈관계, 피부 등) 5종에 대한 임상 디지털트윈 구축한다.

3.2 시뮬레이션 검증 인프라 구축

개발된 시제품의 과학적 근거 마련을 위한 임상적 유효성 및 국제 표준 준수를 위한 보안·표준화 등에 대한 시뮬레이션 검증 기반 구축한다. 시뮬레이션 검증 인프라 구축은 시뮬레이션 기대 결과를 실제 물리적 환경과 비교하

고, 시뮬레이션의 정확성과 신뢰성을 평가하여 의료기기에 대한 효과성, 유효성, 보안성, 표준화를 검증하는 것을 목표로 한다.

<표 1> 시뮬레이션 검증 인프라 구축 내용

구분	추진 내용
효과성 검증	(구축방안) 질환별 유사 의료기기의 치유 순응도와 병원 임상정보를 활용한 효과성 검증을 위한 검증 기반 구축 (구축분야) 전통·디지털의료기기(근골격계 / 순환기계 / 내분비계 / 체외진단 의료기기 분야 / 피부클리닉 / 만성질환 / 노인질환 의료기기 분야 등)
유효성 검증	(구축방안) 질환별 환자의 질환 등급, 나이, 부위별 건강상태 등의 병원임상정보를 활용한 검증 기반 구축 (구축분야) 골절, 정상 체세포 이상유무, 피부 상태, 전자파 강도 등
보안성 검증	(구축방안) 디지털 의료기기에서 수집한 환자의 민감정보 데이터의 안전한 관리 및 전송을 위한 검증 기반 구축 (구축분야) 유·무선통신의 보안성 검증
표준화 검증	(구축방안) 디지털 의료기기의 국내 및 글로벌 진출을 위한 수집 데이터의 국제표준 준수여부 검증 기반 구축 (구축분야) 의료용 전자기기(TC 62), 진단영상장치(TC 62/SC B), 방사선요법 및 방사선 측정기기(TC 62/SC C), 외과용 기구(TC 170), 진단검사실 및 체외진단시스템(TC 212) 등

3.3 의료기기 디지털트윈 사업화

디지털트윈 인프라 및 시뮬레이션 검증 인프라를 활용해 개발한 의료기기 제품의 물리적 특성 확인을 위한 시제품 제작과 실사용을 검증한다. 디지털트윈 환경에서의 시뮬레이션 결과와 실제 물리적 환경 테스트간 비교 분석과 디지털트윈 활용 수요기업의 사업화를 위한 비즈니스 모델(BM) 개발을 지원한다.

4. 결론 및 기대효과

디지털트윈 기술을 활용한 의료기기 개발, 검증 등 사업화 기반 마련을 통해 지역 의료기기 산업의 디지털 전환 및 경쟁력 강화할 수 있다. 디지털 의료기기 개발에 특화된 디지털트윈 기업 육성 및 의료기기의 디지털트윈 시장 선점할 수 있고, 디지털 의료기기에서 디지털 치료제, 국민건강 관리 등의 산업으로 확장 가능하다. 본 사업이 성공적으로 종료하면, 디지털트윈 융합 의료혁신기반과 검증기반을 활용한 시제품 제작 및 실사용 검증기반으로 활용할 예정이다.

감사의 글: 이 성과는 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신산업진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(2024 디지털트윈 융합 의료혁신 선도 사업).

참고문헌

- [1] 이광기, “디지털트윈 기술 발전방향,” 한국산업기술평가관리원, 2018.
- [2] 정보통신산업진흥원, “2024년 디지털트윈 융합 의료혁신 선도사업 선정평가 결과,” 2024. 03.