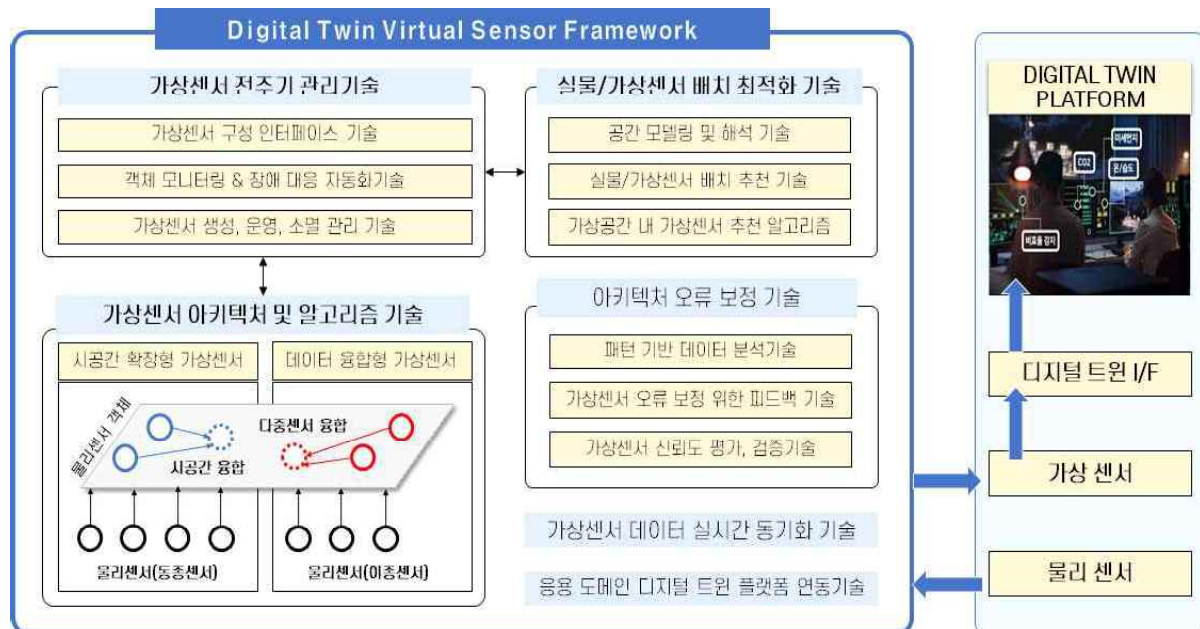


## 과제명

디지털 트윈 환경에서 센서 음영지역을 해소하기 위한  
개방형 가상센서 프레임워크 기술 개발

## 1. 개념

- **(배경)** 정부의 디지털 뉴딜 정책<sup>1)</sup>에 따라 산업생태계 역시 디지털 전환(Digital Exchange, DX) 생태계로 재편되고 있으며, 센서산업 역시 기존 기술에서 안정성, 효율성, 고장 예지 등 기능이 반영된 가상센서 산업으로 흐름이 전환되고 있음
  - 코로나19 확산이 지속되면서 경제·사회 전반이 디지털 경제로 빠르게 전환되고 있으며, 기존 센서 시장에서도 디지털 전환에 대한 필요성이 지속 제기되고 있음
  - 디지털 기반 산업 혁신 가치 생태계 창출이라는 목표 하에 '25년까지 업종 평균 디지털전환 수준을 정착 단계 이상, 선도 기업 30%는 확산 단계 이상 달성 추진
- <sup>1)</sup> 정부는 한국판 뉴딜 국민보고대회를 통해 '한국판 뉴딜 종합계획'을 발표('20.7.14.)하였으며, 디지털 뉴딜은 그린 뉴딜과 함께 한국판 뉴딜의 한 축을 담당하고 있는 분야임
- **(문제점)** 정밀한 디지털트윈 서비스를 제공하기 위해서는 현장 공간의 음영지역 상황을 세밀하게 수집하는 것이 요구되며 이를 위해서는 물리센서의 촘촘한 설치 및 운영 시스템 이 요구되나, 기존 물리센서를 대규모로 설치·운용하기 위해서는 설치 공간의 제약 등 물리적 한계와 더불어 비용에 따른 경제적 문제 발생
- **(연구목표)** 실물센서의 시간 공간적 제약을 극복하는 가상센서와 다중센서 간 데이터 융합을 통한 가상센서를 제공하는 가상센서 아키텍처 및 알고리즘을 개발하고 현장 내 디지털 트윈 플랫폼과 연동하여 프레임워크 성능 현장 검증



&lt; 개념도 &gt;

항목	As Is	To Be
주요 핵심 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실물 센서 기반 데이터 수집</li> <li>- 센서 데이터 품질이 센서 품질 및 설치 위치에 따라 영향</li> <li>- 센서 위치 변경 및 확장 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 데이터 분석에 기반한 가상센서 기술</li> <li>- 가상의 고정밀, 고해상도의 센서 생성, 배치 및 데이터 취득 등 활용 기술</li> <li>- 이종 센서 간 연합을 통한 신규 정보 취득, 관리용 가상센서 제공 기술</li> <li>- 최적 가상센서 배치 지원 기술을 통해 센서의 위치 및 확장의 유연성 제공</li> </ul>
기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 객체정보 : 실물센서(단일 위치 단일 센싱 정보)</li> <li>○ 수집정보 : 센서 데이터</li> <li>○ 데이터 가공 및 정제 : 서비스 및 응용별 별도 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 객체정보 : 시공간 음영지역에 따른 다중 위치 다중 정보 가상 센서</li> <li>○ 수집정보 : 시공간 데이터 융합정보</li> <li>○ 데이터 가공 및 정제 : 가상센서 공통 아키텍처를 활용하여 개발</li> </ul>
성과물	○ 물리센서 데이터 수집 시스템	○ 디지털 트윈에 고정밀 센서를 제공하기 위한 가상센서 프레임워크

## 2 필요성

- **(정부 지원 필요성)** 디지털 뉴딜 2.0 초연결 신산업 육성지원을 위한 핵심 기술
  - 4차 산업혁명 시대의 지능정보화 사회를 위해 공공·민간 연계 지능형 정보 융합 서비스 확산 사업의 정부 정책 기초
    - \* 데이터 유통·활용 촉진을 위해 데이터스토어를 개방형으로 전환하고, 국가 근간 서비스에 지능정보기술 활용하여 지능형 융합서비스 확산을 주요과제로 제시(과기정통부, 2017년도 업무계획)
    - \* 공공서비스 및 민간산업 전반에 지능정보기술을 조기 도입 확산하여 생산성 향상 및 산업구조 고도화 선도(과기정통부, 지능정보사회 중장기 종합대책, 2016.12)
  - 4차 산업혁명 대비를 위한 센서 산업 육성이 시급하며, 산업재편이 일어나려는 지금이 진입 적기이며 이에 생산업체를 주축으로 수요, 설계 및 SW 개발업체가 동반성장할 수 있는 디지털 트윈 기반의 DX 산업 생태계 구축 필요
    - \* 센서 산업을 측정하고자 하는 핵심기능을 중심으로 압축하고, 설계-생산-SW-수요업체들이 참여하는 중장기 마스터플랜 설계 : 압력·관성·화학·적외선·자기·광학·영상·레이더·온도 등에서 육성하고자 하는 핵심기능을 선택하고 센서 생태계 육성
- **(기술성)** 물리센서의 시공간 한계 극복을 위한 예측 기반의 가상센서 솔루션 필요
  - 실 세계에서 측정하기 힘든 부분을 저비용을 투입하여 여러 수학적 해석을 통해 새로운 추정 모델 산출이 가능한 가상센서 기술을 통해 안전성, 에너지 효율성, 고장예지 등 다양한 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 기술 필요
  - 폭발적으로 증가하는 다양한 환경 센싱 데이터를 활용하여 복잡해지는 사회공간의 경쟁력 및 삶의 질을 향상시키고, 각국의 상황에 따라 데이터 개방, 지자체 관리 효율화를 데이터 수집 및 분석 기술 필요
    - \* 국내의 경우, 공장이나 건물용 공조기기에 적용 가능한 가상센서 기술은 매우 부족한 실정이며, 국외의 경우 미국의 NIST와 LBNL, 프랑스의 CSTB 등 중심으로 기술 개발 진행 중
- **(경제성)** 센서시장 확대에 맞춰 가상센서 시장 또한 핵심기술을 기점으로 성장 중
  - 전 세계 가상센서 시장은 2018년 2.35억 US\$에서 2023년에는 9.10억 US\$로 약 4

- 배로 성장할 것으로 예상\*되고 있으며, 2026년까지 연평균 성장률 29.1%\*\* 예상
- 이러한 시장성 확대의 주요 요인으로서는 기존 센서의 한계로 지적되고 있는 센서의 안정성, 가격 경쟁력, IoT 클라우드 시스템 확대에 따른 구현 한계 등이 있음
- \* 출처 : MarketsandMarkets사의 전 세계 가상센서 시장 전망 보고서  
 \*\* 출처 : Statistics MRC

### 3. 수요분석

- (주요 수요처) 정부, 지자체, 산업클러스터 및 대·중소기업 등 산업 전분야
  - 가상센서 시장 수요는 시장 예측치 기준으로 연평균 29.1%의 성장세로 급증<sup>1)</sup>하고 있으며, 정부의 디지털 대전환 흐름에 맞춰 다양한 도메인에서 기존 센서가 가진 한계 개선을 통해 도메인 분야 관련 정부, 지자체 등 폭넓게 확대되고 있음
  - \* Statistics MRC, MarketsandMarkets사의 전 세계 가상센서 시장 전망 보고서 참조
- (수요자의 핵심 문제) 기존 물리센서는 설치·운용에 있어 물리적 한계와 경제성, 네트워크 환경에 따른 데이터 통신 무결성과 신뢰성 등 문제로 인해 가상센서 기술 수요가 요구되며, 기존 센서의 한계로 측정이 불가능한 음영 사각지역에 기술적 이슈가 있는 도메인 영역에서는 이를 해결하기 위해 불필요한 센서를 추가로 설치하거나 기존 센서 데이터를 제한적으로 활용하는 등 문제가 존재함
  - 현장 내 센서를 촘촘하게 설치 가능하나 경제적 실정에 맞지 않을 뿐 아니라 기존 센서가 고장 발생 혹은 네트워크 결함에 의해 데이터 수집이 끊길 경우 도메인 시스템 영역 전 분야에서의 성능 및 생산성 저하 문제 발생 가능성이 존재함
  - 가상센서 자체 연구개발 투자가 진행되고는 있으나 이를 특정 도메인에 국한하지 않는 공통된 형태의 프레임워크 연구는 되고 있지 않으며, 이는 곧 특정 도메인에 종속되는 가상센서 개발로 인해 산업 전체 시장 발전 기여에 제한적임

### 4. 연구목표

- (최종목표) 현장 내 실물센서의 시간·공간적 제약을 극복하는 가상센서와 다중센서 간 데이터 융합을 통한 가상센서를 제공, 관리, 운영이 가능한 가상센서 아키텍처 및 알고리즘을 개발하고 디지털 트윈 플랫폼과 연동하여 현장 성능 검증
  - (시공간 확장) 시공간 확장형 가상센서 기술 개발
  - (데이터 융합) 데이터 융합형 가상센서 기술 개발
  - (가상센서 프레임워크) 디지털 트윈 연계 기반 개방형 가상센서 프레임워크 기술
  - (가상센서 배치) 디지털 트윈 환경 실물/가상센서 배치 기술 개발
  - (가상센서 검증) 가상센서 신뢰도 검증 기술 개발
  - (가상센서 실증) 가상센서 프레임워크 현장 적용 및 실증
- 정량적 개발목표

핵심 기술/제품 성능지표			단위	달성목표	국내 최고수준	세계 최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	시공간 확장형	공간확장형	%	≥ 98	-	95 (미국, ANSYS)
2	가상센서 정확도	시간확장형		≥ 98	-	98 (인도네시아, PTBBN)
3	이종데이터 융합형 가상센서 오차율		%	5.27	-	5.86 (중국, NIEER)
4	최적 센서 배치 알고리즘 정확도(Accuracy)		-	0.90		0.84 (중국, Tianjin University)
5	프레임워크의 가상센서 지원 종류		종	≥ 10	-	-
6	응용 도메인 실증		건	≥ 2	-	-
7	표준화		건	≥ 5	-	-

1) 공간 확장형 가상센서 알고리즘에 의해 예측된 센서 값에 대한 정확도 판별

- \* 미국의 ANSYS는 음영구역 주변 n개 이상 동종 온도센서를 활용하여 해당구역 내 온도 예측
- \* 실제 측정 값 대비 예측값을 서로 비교하여 정확도 검증
- \* 출처: Weather Simulation for Virtual Sensor Testing (ANSYS 웨비나 결과보고 발췌)

$$\frac{\text{현장측정값} - \text{예측값}}{\text{현장측정값}} \times 100(\%)$$

2) 시간 확장형 가상센서 알고리즘에 의해 예측된 센서 값에 대한 정확도 판별

- \* 현재 측정된 정보를 기준으로 n분 뒤 정보 예측
- \* n분 뒤 예측된 정보와 실제 n분 뒤 측정된 실제 정보 간 비교하여 정확도 검증
- \* 출처: Virtual Sensor for Time Series Prediction of Hydrogen Safety Parameter in Degussa Sintering Furnace

3) 데이터 융합형 가상센서 성능에 대한 오차율 판별

- \* 두 가지 이상의 데이터를 융합하여 이종(異種)의 센싱 데이터를 추론하는 모델에 대한 오차율 판별
- \* 실제 측정 값 대비 추론값을 서로 비교하여 오차율 검증
- \* 중국 NIEER 은 상대습도 예측모델에 대해 Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) 모델을 적용하여 5.87의 오차율 (Root Mean Square Error, RMSE) 달성함
- \* 본 항목의 정량목표는 본 연구에서 제안하는 시스템 및 데이터 추론 모델에 대해 MARS 적용시의 오차율 성능향상 필요(RMSE 기준 10% 감소, 논문 환경 기준 5.27 RMSE 달성 필요)
- \* 출처: Adnan, M. et al. Prediction of relative humidity in a high elevated basin of western Karakoram by using different machine learning models. In Weather Forecasting [Working Title] (IntechOpen, 2021)

4) 최적 센서 배치 알고리즘의 정확도(Accuracy)

- \* 멀티 센서 기반 HAR(Human Activity Recognition) 프레임워크에서, 최적 위치 및 센서개수를 선정하는 알고리즘을 구현하고 결과를 테스트하여 0.842의 accuracy를 달성함
- \* 출처: Tian, Yiming, and Jie Zhang. "Optimizing Sensor Deployment for Multi-Sensor-Based HAR System with Improved Glowworm Swarm Optimization Algorithm." Sensors

5) 디지털트윈 연계를 위한 프레임워크가 제공하는 가상센서의 종류

- \* 디지털트윈의 인터페이스와 호환 가능하며 실시간 서비스 지원이 가능한 가상센서 종류

- \* 적용하고자 하는 도메인 특성을 고려하여 물리적, 화학적, 전기적 등 3가지 타입 이상 제시
- \* 각 타입 별로 3가지 이상, 총 10종 이상의 센서 제시

6) 개발 결과물 검증을 위한 응용 도메인 실증 사이트 수

- \* 각기 다른 디지털 트윈 플랫폼에 가상센서 프레임워크가 연계된 건수를 의미
- \* 최소 2종 이상의 도메인에서의 디지털 트윈 플랫폼 연계 필수
- \* 디지털 트윈 플랫폼 연계 시 가상센서 프레임워크 설계 과정에서부터 디지털 트윈 플랫폼과 연계할 수 있는 전략을 제시하여야 함
- \* 도메인을 대상으로 프레임워크의 현장 검증 시 별도 수요기업과 지자체 참여를 통해 검증

7) 표준화 방안 제시

- \* 가상센서 프레임워크 및 서비스의 도메인 적용 가능성 검토를 위한 표준화 추진 방안 제시

○ 연차별 개발목표

구분	연도별 연구목표
2022년	<p>시공간 음영정보 예측 위한 개방형 가상센서 프레임워크 기술 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공간 확장형 가상센서 아키텍처 설계</li> <li>- 시간 및 공간 확장형 가상센서 알고리즘 설계</li> <li>- 데이터 융합형 가상센서 아키텍처 설계</li> <li>- 이종/동종센서, 외부데이터 간 융합을 위한 가상센서 알고리즘 설계</li> </ul>
2023년	<p>시공간 음영정보 예측 위한 개방형 가상센서 프레임워크 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공간 확장형 가상센서 아키텍처 개발</li> <li>- 시간 및 공간 확장형 가상센서 알고리즘 개발</li> <li>- 데이터 융합형 가상센서 아키텍처 개발</li> <li>- 이종/동종센서, 외부데이터 간 융합을 위한 가상센서 알고리즘 개발</li> <li>- 디지털 트윈 연계를 위한 가상센서 동적 구성 인터페이스 기술 개발</li> <li>- 가상센서의 생성, 운용 등 관리 기술 개발</li> <li>- 최적 센서 배치를 위한 공간 모델링 및 해석 기술 개발</li> </ul>
2024년	<p>시공간 음영정보 예측 위한 개방형 가상센서 프레임워크 기술 검증/고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영상, 음성 등 비정형 데이터 기반 가상센서 알고리즘 개발</li> <li>- 가상센서 객체 모니터링 및 장애 대응 기술 개발</li> <li>- 가상센서 디지털 트윈 연계 및 데이터 동기화 기술 개발</li> <li>- 공간정보 기반 음영구역 최소화 위한 실물/가상센서 배치 추천 기술 개발</li> <li>- 배치 최적화를 위한 실물/가상 센서 3차원 데이터 시각화 기술 개발</li> <li>- 데이터 패턴 분석 기반 실물센서 및 가상센서 오류 수집기술 개발</li> <li>- 가상센서 오류 보정을 위한 피드백 인터페이스 기술 개발</li> <li>- 가상센서 신뢰도 평가 및 검증 기술 개발</li> </ul>
2025년	<p>시공간 음영정보 예측 위한 개방형 가상센서 프레임워크 현장 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털 트윈이 적용된 도메인에서 테스트베드 기반 가상센서 연계/실증</li> <li>- 개방형 가상센서 프레임워크 표준화</li> </ul>

5. 연구내용

○ 개발 기술 내용

- ① (시공간 확장) 시공간 확장형 가상센서 기술 개발

- 센서 음영구간 계측/분석을 위한 시공간 확장형 가상센서 아키텍처 개발
- 시간 및 공간 확장형 가상센서 알고리즘 개발

- \* 공간확장 가상센서: 실물 센서의 제한사항(센서 설치 어려운 공간, 통신 기능 제한, 센서 개수의 제한 등)으로 인해 기설치된 레거시 센서를 활용하여 센서 음영지역의 센서값을 연산 및 추론하여 디지털 트윈과 연계하는 가상 센서
- \* 시간확장 가상센서: 시계열 데이터 등에서 과거 데이터의 결측구간이나 미래의 데이터를 예측하여 디지털 트윈과 연계하는 가상 센서

## ② (데이터 융합) 데이터 융합형 가상센서 기술 개발

- 데이터 융합형 가상센서 아키텍처 개발
- 이종/동종센서, 외부데이터 간 융합을 위한 가상센서 알고리즘 개발
- 영상, 음성 등 비정형 데이터 기반 가상센서 알고리즘 개발

- \* 이종센서 융합 가상센서: 고가의 센서 대체, 기존 센서로부터 새로운 물리량 추론, 센서의 정확도 향상을 목적으로 이종/동종 센서 융합을 통해 데이터를 추론하여 디지털 트윈과 연계하는 가상 센서
- \* 비정형 데이터 기반: 영상 혹은 음성과 같은 비정형 데이터에서 이벤트 탐지, 위치 수집, 시맨틱 추출 등 다양한 정보를 생성하여 디지털 트윈과 연계하는 가상 센서

## ③ (가상센서 프레임워크) 디지털 트윈 연계 기반 개방형 가상센서 프레임워크 기술

- 디지털 트윈 연계를 위한 가상센서 동적 구성 인터페이스 기술 개발
- 가상센서의 생성, 운용 등 관리 기술 개발
- 가상센서 객체 모니터링 및 장애 대응 기술 개발
- 가상센서 디지털 트윈 연계 및 데이터 동기화 기술 개발

## ④ (가상센서 배치) 디지털 트윈 환경 실물/가상센서 배치 기술 개발

- 최적 센서 배치를 위한 공간 모델링 및 해석 기술 개발
- 공간정보 기반 음영구역 최소화를 위한 실물/가상센서 배치 추천 기술 개발
- 배치 최적화를 위한 실물/가상 센서 3차원 데이터 시각화 기술 개발

- \* 가상센서 배치 기술: 디지털 트윈이 적용되는 공간을 모델링하여 센서 음영지역을 최소화 하기 위한 실물센서 및 가상센서의 배치를 추천하여 공간해석 기반 실물/가상 센서의 정확도 향상을 제공하기 위한 기술

## ⑤ (가상센서 검증) 가상센서 신뢰도 검증 기술 개발

- 데이터 패턴 분석 기반 실물센서 및 가상센서 오류 수집기술 개발
- 가상센서 오류 보정을 위한 피드백 인터페이스 기술 개발
- 가상센서 신뢰도 평가 및 검증 기술 개발

## ⑥ (가상센서 실증) 가상센서 프레임워크 현장 적용 및 실증

- 디지털 트윈 플랫폼이 적용된 도메인에서 테스트베드 기반 가상센서 연계/실증
- 개방형 가상센서 프레임워크 표준화

### ○ 기존 (보유)기술

#### ① 디지털 트윈 데이터 분석 기술

- 룰 기반의 유의미한 데이터를 찾는 실시간 데이터 분석 기술
- 시공간 유의미한 데이터를 찾는 비실시간 데이터 분석 및 예측 기술

#### ② AI 기반 인지증강 및 지능화 기술

- 딥 레이어 기반의 의사 결정 및 추론 지능화 기술

- 초저지연을 위한 데이터 분산처리형 에지 컴퓨팅 기술

③ 멀티 센싱 및 신호처리 기술

- 멀티 센싱 데이터 수집 및 DB 통합 관리 기술
- 센서 데이터 유의미한 해석을 위한 신호처리 및 변환 기술

6. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 4년 이내    ○ 정부출연금 : '22년 15억원 이내(총 정부출연금 75억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음

기술분류	대분류(블록체인·융합) - 중분류(ICT 융합) - 소분류(기타 ICT 융합)	
연구유형	기초연구 (    ), 응용연구 ( O ), 개발연구 (    )	TRL
		( 3 ) ~ ( 6 )
과제특징	정책지정(    ), 혁신도약형(    ), 경쟁형(    ), 표준화연계(    ), 사업화연계(    ) IP-R&D연계(    ), 소재부품장비(    ), SW자산뱅크등록(    ), 공개SW(    ), 기술료비징수(    ), 일자리 연계(    ), 규제샌드박스(    ), 연구데이터공개(    )	
책임PM (과제기획위원장)	기술분야	디지털사회혁신
	성    명	백은경