ETRI Insight

ICT 전략연구 2023-04

전략적 R&D 투자를 위한 미래 ICT 기술 발굴(안)

ICT전략연구소 기술전략연구본부

ETRI 한국전자통신연구원 Electronics and Telecommunications Research Institute

본 보고서는 ETRI ICT전략연구소 내부사업인
“국가전략기술 선도를 위한 ICT 미래기술 연구”를 통해 작성된
결과물입니다.

본 보고서의 내용은 연구자의 견해이며 ETRI의 공식 의견이 아님을 알려드립니다.

Executive Summary

연구 배경 및 절차

[1] 연구 목표 및 배경

- (연구 목표) 디지털 혁신과 미래 성장 동력 발굴을 위해 국가가 집중해서 육성해야 할 미래 ICT 기술 발굴

- 연구 배경
  - (환경변화) 기술패권 경쟁 심화, 디지털 전환의 본격화, 인공지능 기술의 확산 움직임 등 대내외 기술환경의 변화
  - (R&D정책) 기술 변화에 대응하여, 국가의 역량을 결집해서 확보해야 할 '국가전략기술'을 선정하고 육성을 지원하기 위한 정책과 특별법을 마련하는 등 집중화된 R&D 정책 추진

- (연구방향) 기술 환경 변화와 R&D 정책 추진에 대응해 '국가전략기술'의 "완결성"과 "활용성"을 제고하기 위한 미래 ICT 기술을 도출하고 각 기술분야별 변화방향에 따른 미래 핵심 요소기술 제시

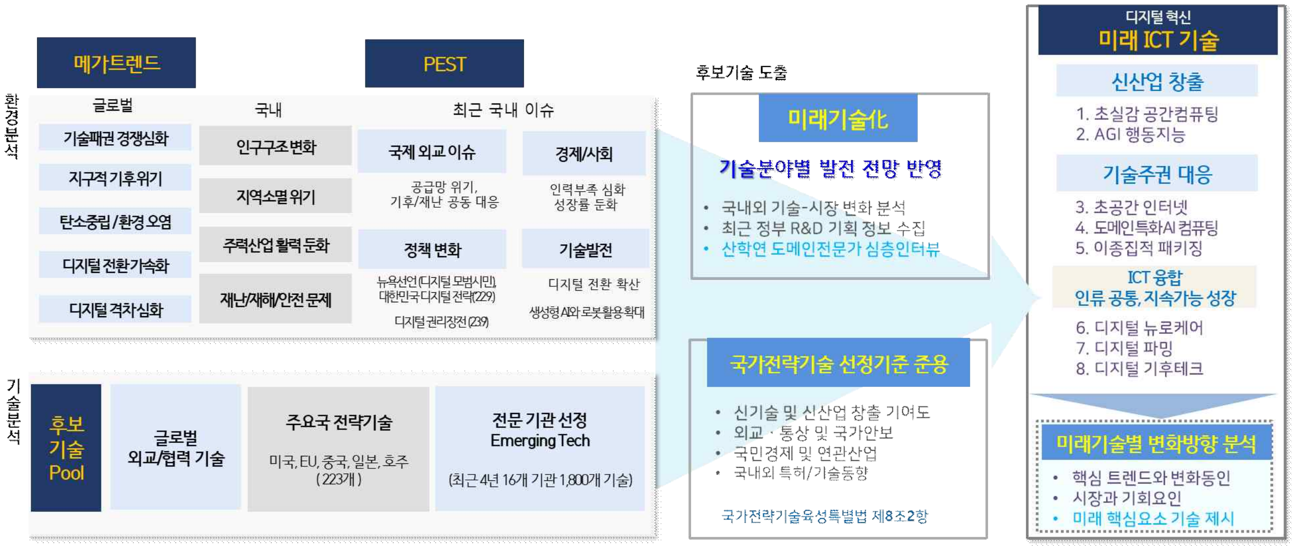
[2] 탐색 프레임워크

- (환경분석) 미래 경제사회 전반에 영향을 미치는 국내외 메가트렌드와 2022년 국가전략기술 선정 이후의 정치·경제·사회·기술(PEST) 이슈를 분석

- (기술분석) 후보기술 도출을 위해 글로벌 기술패권 확보를 위한 핵심기술, 주요 국가에서 전략기술로 선정한 기술, 예측전문 기관에서 이머징 테크로 선정한 기술들을 분석

- (미래 ICT 기술 도출) 1차 후보기술에 대해, 국내외 기술-시장 변화 분석, 최근 정부 R&D정보 수집, 산학연 도메인 전문가 심층 인터뷰 등을 통해 ▶미래기술化작업 및 ▶국가전략기술 선정기준을 준용하여 미래 ICT 기술 도출
  - (미래 ICT 기술) ICT분야 ①초실감 공간컴퓨`팅, ②AGI 행동지능, ③초공간 인터넷, ④도메인특화 AI컴퓨팅, ⑤이종집적 패키징, 융합분야 ⑥디지털 뉴로케어, ⑦디지털 파밍, ⑧디지털 기후테크의 총 2대 분야 8개 기술 도출
  - (기술별 변화방향 분석) 도출된 기술별로 ①핵심 트렌드와 변화동인, ②시장과 기회 요인(Needs), ③미래 핵심 요소기술을 제시

탐색 프레임워크



미래 ICT 기술

[1] 초실감 공간컴퓨팅

- (개념) 초실감 공간컴퓨팅은 스크린 기반의 한계를 넘어 공간(실제와 가상)에서의 컴퓨팅을 가능하게 하는 기술

- 판의 변화

  - (스크린 중심) 패널 디스플레이를 통해 키보드, 마우스, 음성, 터치를 활용한 컴퓨팅 : PC, 스마트폰을 통한 평면의 경험과 작은 스크린 크기와 키보드, 마우스, 음성, 터치 기능으로 여전히 불편한 인터랙션의 한계로 제한된 기능의 게임, 소셜 중심
  - (공간 중심) 웨어러블 디바이스를 통해 오감, BCI를 활용한 실/가상 공간 컴퓨팅 : 무한한 대화면 멀티플 공간디스플레이와 몰입형 미디어 경험과 모션, 공감각, BCI를 통해 자유로운 인터랙션을 기반으로 다종 다양한 앱(App.) 활용이 가능

As-Is	⇒	To-Be
스크린 중심		공간 중심

- 변화 동인

  - (기술적 측면) 생성형 텍스트를 기반으로 이미지를 넘어 동영상 제작, 배우 등 실제 인간 목소리와 얼굴을 본뜬 디지털 휴먼 제작, AI를 통해 자동으로 자막과 목소리를 영상에 입히는 기술 고도화 등 신기술을 이용한 콘텐츠 및 서비스의 폭발적 성장이 예상
  - (응용서비스 측면) 응용서비스 확대를 위해 기존 애플리케이션의 마이그레이션 활성화를 촉진하고, 공간컴퓨팅용 개발툴을 제공함으로써 개발속도 단축 및 시장진입장벽을 해소 추진
  - (콘텐츠 측면) 콘텐츠 기술의 표준화, 개발, 진화 및 성장을 위한 협력을 통해 3D 콘텐츠 제작을 위한 개방형 표준 활성화
  - (생태계 측면) 노트북 PC, 스마트폰, 태블릿 시장은 포화되어 정체되고 VR 및 AR 시장은 XR기기들이 새로운 적용가능성을 높여가는 시기에 진입하고 있어 현재는 초기시장이나 점차 괄목할 만한 성장할 것으로 전망

- 미래 핵심기술

  - 현재 스크린 중심에서 공간 중심으로 컴퓨팅 환경이 제공되기 위해서는 디바이스, 컴퓨팅, 인터페이스 분야에서 주요 기술이 발전할 전망

주요 기술	현재 (상용화 기준)	미래 핵심기술
디바이스	- 4K급 , FoV >100, PPD <40, MTP <12 (애플 비전프로 예측치 기준) 다시점 , 유사 홀로그램	- 8K급, 광시야각, 초저지연 True3D, 홀로그램
컴퓨팅	- 범용 + MR 보조 프로세서(애플), 모바일용 기반 AR(퀄컴) 게임용 리얼리티 엔진	- 공간컴퓨팅용 프로세서 공간컴퓨팅용 리얼리티 엔진
인터페이스	- 키보드, 마우스, 펜, 터치, 음성, 동작	- 촉질감, 공감각, BCI

* 사람의 시야각(field of view, FoV), 각도 당 픽셀수(Pixel Per Degree, PPD), 움직임 이후 투사지연시간(Motion to Photon Latency, MTP)

[2] AGI 행동지능

- (개념) 인간 수준으로 환경을 스스로 인식하고 적절한 행동(작업+이동)을 수행하는 로봇지능 기술

- 판의 변화

– (특수목적 로봇) 제한된 환경에서 특정한 작업을 수행하는 로봇으로 용접로봇, 수술로봇, 안내로봇 등이 대표적이며, 정해진 작업과 제한된 환경 내에서 자율성이 낮은 작업만 수행하는 한계가 있음

– (다목적 로봇) 다양한 조건에 적응하며 여러 가지 기능을 수행하는 로봇으로 작업의 학습능력과 이동의 자율성이 높아 고난이도 작업과 임무 수행 가능

As-Is	⇒	To-Be
특수목적 로봇		**다목적 로봇**

- 변화 동인

– (기술적 측면) ROS(Robot Operating System) 확산, 동적제어(Impedance control) 기술 등 로봇 기술의 발전뿐 아니라 초거대 AI 기술이 로봇 기술과 융합하면서 로봇지능의 급속한 발전

– (사회경제적 측면) 국가 간 갈등 심화로 선진국 중심의 제조업 회귀가 확대되고, 노동력 부족과 인건비 상승이 겹치면서 로봇의 수요를 촉진하는 사회경제적 요인 증가

– (거대 자본 투자) 사회경제적으로 로봇 수요에 대한 요구가 증가함에 따라 국내외 빅테크 기업의 로봇 사업에 대한 자본 투자가 활발히 진행 중

- 미래 핵심기술

– (작업지능) 장기작업(long-horizon task: 서랍열기→접시집기→접시놓기 등), 다중작업(multi-task: 물건전달, 테이블 정돈 및 세팅 등)을 수행할 수 있는 다중복합작업 모델 및 디지털 트윈, 도메인간 지능 전이 등이 중요

– (이동지능) 바퀴, 4족, 2족 등을 사용해 실내외 다양한 환경에서 자율적으로 이동할 수 있는 자율이동 모델, 실내외 디지털 트윈 플랫폼, 초정밀측위, 초고속 융합인프라 등이 중요

주요 기술	현재(상용화 수준)	미래 핵심기술
작업지능	- 단일 도메인 단순 작업 딥러닝/강화학습 기반 모델 (협동로봇) - 가상 작업 시뮬레이터 (Gazebo,OpenAI Gym, Gym-gazebo 등)	- 다중복합작업 파운데이션(MMTF) 모델, 도메인간 작업지능 전이 알고리즘 - 멀티모달 작업데이터 생성 기술, 다중 복합작업 환경 Digital Twin 플랫폼
이동지능	- 제한된 공간 자동/자율 이동 모델(AGV, AMR), 학습 시뮬레이터 - Lidar/Vision based SLAM, 경로안내 Navigation 등	- 대규모 자율이동 모델(Robotics Transformer, PINN), 실내외 Digital Twin 플랫폼 - AI based SLAM, 초정밀측위(10cm이내), 초고속 융합인프라(5G+,Cloud 등)

* MMTF: Massive Multi-Task Foundation, PINN: Physics-Informed Neural Networks

[3] 초공간 인터넷

- (개념) 지상, 공중 및 우주 공간을 통합하여 이동 중에도 초고속과 초저지연 통신을 제공하는 기술

- 판의 변화

  - (로컬 무선) 현재는 통신서비스에 접속하는 마지막 구간을 무선(wireless)으로 연결하고(스마트폰과 기지국 또는 WiFi 공유기 간 통신), 서비스 이용이 가능한 커버리지에 한계(격오지, 해양, 고도 120m 이상 등)가 존재
  - (글로벌 무선) 미래에는 지구 상 어디에서 든 위성을 이용해 유선 연결 없이 무선으로 종단간(end-to-end) 초저지연 실시간 데이터 전송이 가능한 'Global Wireless'로 전환

As-Is		To-Be
로컬 무선	⇒	글로벌 무선

- 변화 동인

  - (6G 입체통신 부상) 위성통신이 6G 규격에 포함됨으로써 위성을 기반으로 하는 실시간 서비스의 본격적인 성장을 위한 계기가 마련됨
  - (통신망 안정성 강화) 국내 보유 해저케이블의 이중화 부재와 지정학적 위험 국가들(중국, 대만)과의 케이블 회선공유로 인한 데이터망 안보위협이 상존하고 있어 긴급상황 발생 시 우주 인터넷을 활용하는 방안을 마련할 필요가 있음
  - (고신뢰 통신 기술 경쟁) 고신뢰 우주 인터넷을 위한 우주 기반 양자암호통신 기술 확보를 위해 글로벌 경쟁이 본격화되고 있음
  - (탄소중립 기여) 기후변화 대응 차원에서 ICT 에너지 효율 개선 기술 필요

- 미래 핵심기술

  - (통신) 테라급 초고속(현재 해저케이블 수준), 초저지연(6G 무선구간 + 지상/위성 전파전파 지연), 위성 백본망, 고신뢰 우주인터넷을 위한 양자암호통신 기술이 중요
  - (컴퓨팅) 우주 데이터센터와 우주 엣지컴퓨팅이 주요 기술로 발전할 전망
  - (기대효과) 초공간 인터넷을 구현하는 핵심기술 확보로 위성통신 기술자립화와 데이터망 안보 강화

주요 기술	현재(상용화 기준)	미래 핵심기술
통신	- 기가급 초고속 위성 간 링크 (ISLs*)	- 테라급 초고속(현재 해저케이블 전송속도 수준), - 초저지연(6G 무선구간 + 지상/위성 전파전파 지연) - 위성 백본망 - 우주 양자암호통신
컴퓨팅	- 없음	- 우주 데이터센터 - 우주 엣지컴퓨팅

* ISLs(Inter-Satellite Links) : 레이저 통신 단말(LCT)을 이용해 초고속 전송링크를 구성하는 위성 간 통신

[4] 이종집적 패키징

- (개념) 이종집적 패키징은 단일칩 성능의 한계를 극복하는 다기능 고집적 반도체 첨단 패키징 기술
  - 서로 다른 기능을 가진 여러 개의 반도체를 하나의 반도체처럼 동작하도록 패키징
  - AI, 자율주행자동차, 데이터센터 네트워킹, 메타버스, HPC 등에 적용되는 핵심기술
- 판의 변화
  - (단일칩 최적화) 단일 실리콘에 여러 기능을 담아 하나의 칩으로 집적하는 기술로, SoC(System on Chip)이 대표적이며 여러 기능을 하나의 칩에 담아야 하므로 개발 난이도가 높고 기간도 김
  - (다수 이종칩 패키징) 서로 다른 기능을 가진 여러 개의 반도체를 하나의 반도체처럼 동작하도록 하는 패키지 기술로, 칩의 크기를 작게 제조할 수 있어 수율향상에 따른 제조비용을 절감하고, 필요한 기능의 칩만 집중하여 개발할 수 있어 개발기간을 단축할 수 있는 장점이 있음

As-Is	⇒	To-Be
단일칩 최적화		다수 이종칩 패키징

- 변화 동인
  - (무어의 법칙 한계) 반도체 산업은 ‘무어의 법칙’으로 지난 60년 동안 계산 성능을 개선하여, 대략 2년마다 로직 칩의 트랜지스터 수를 두 배로 늘렸으나, 이제 한계에 봉착
  - (패키징 기술 경쟁) TSMC, 삼성전자 등 메이저 반도체 업체들은 초미세 공정 개발에 집중했지만, 최근 미세화 공정이 한계에 부딪히며 패키징 기술로 경쟁력 차별화
  - (글로벌 기술패권 심화) 글로벌 기술패권 경쟁이 본격화함에 따라 미·중·EU·일 등 주요국은 반도체를 국가안보의 핵심적인 전략 자산으로 인식하고 있으며, 경쟁적으로 반도체 관련 종합 전략을 수립하여 추진
- 미래 핵심기술
  - (2.5D/3D 패키징 기술) Si Bridge, Si Interposer, RDL Interposer 등의 2.5D 패키징 기술은 미래에는 Glass Interposer 기술로 발전하며, TSV+μbump, Hybrid Bonding(W2W, D2W) 등의 3D 패키징 기술은 미래에는 D2D Hybrid Bonding으로 발전할 전망
  - (이종칩 집적 기술) SoC와 메모리를 패키징(Logic+HBM)하는 현재 수준에서 미래에는 Chiplet-Based Heterogeneous Integration으로 발전할 전망
  - (Co-packaged Optics) 현재는 Pluggable Optics, On-board Optics 기술이 개발되었으며, 미래에는 2.5D/3D Co-packaged Optics으로 발전할 전망(Yole, 2023)

주요 기술	현재(상용화 수준)	미래 핵심기술
2.5D/3D packaging	- 〈2.5D〉 Si Bridge, Si Interposer, RDL Interposer - 〈3D〉 TSV+μbump, Hybrid Bonding(W2W, D2W)	- 〈2.5D〉 Glass Interposer - 〈3D〉 D2D Hybrid Bonding
Heterogeneity	- Logic+HBM	- Chiplet-Based Heterogeneous Integration
Co-packaged Optics	- Pluggable Optics, On-board Optics	- 2.5D/3D Co-packaged Optics

[5] Domain Specific AI 컴퓨팅

- (개념) Domain Specific AI 컴퓨팅은 특정 도메인, 애플리케이션, 데이터 또는 디바이스의 특성이나 목적에 맞추어 특화전문화된 설계로 만들어진 AI 컴퓨팅을 의미

- 판의 변화

  - (일반 AI 컴퓨팅) GPU를 활용한 범용 AI 컴퓨팅 : 대용량 AI 처리를 위해 두뇌 역할을 하는 코어 수 증가를 요구하여 용량 증가, 전력 소비 증가 등 한계

  - (특화전문 AI 컴퓨팅) 특정 도메인, 애플리케이션, 데이터 또는 디바이스의 특성이나 목적에 맞추어 특화전문화된 설계로 만들어진 AI 컴퓨팅을 통해 목적 달성을 위한 빠른 속도, 전력소비 감소, 탄소배출 저감 등 최적화된 성능을 확보 할 수 있을 것으로 전망

As-Is	⇒	To-Be
일반 (General Purpose)		특화전문 (Specific Purpose)

- 변화 동인

  - (생태계 측면) 엔비디아의 GPU 공급부족으로 대기시간은 길어지고(52주), 가격이 폭등(2배)하자 AI 개발 및 확보를 위한 컴퓨팅 자원 확보에 어려움 증가

  - (기업경쟁 측면) AI 컴퓨팅 인프라 수요 증대가 최적화 이슈 강화 : 글로벌 빅테크 기업들은 보다 효율적인 컴퓨팅 인프라스트럭처 구조를 갖추기 위해 대규모 투자를 진행

  - (서비스 측면) AI 컴퓨팅 적용 도메인, 애플리케이션, 데이터, 디바이스가 지속적으로 다양화 : AI 서비스가 멀티모달로 진화하고 있어 앞으로도 데이터 특성에 따른 컴퓨팅 자원에 대한 수요는 증가할 전망

  - (공급망 측면) AI의 경쟁력이 곧 국가경쟁력으로 이어지고, 데이터 주권, 조세 제도, 개인정보 보호 등 AI Nationalism이 대두

- 미래 핵심기술

  - 현재 일반 AI 컴퓨팅 중심에서 특화전문 AI 컴퓨팅 중심으로 AI 컴퓨팅 환경이 제공되기 위해서는 반도체, 시스템SW 분야에서 주요 기술이 발전할 전망

주요 기술	현재 (상용화 기준)	미래 핵심기술
반도체	- 엔비디아 GPU	- 극저전력, 초고성능, 저탄소 NPU
시스템 SW	- 엔비디아 GPU 전용 SW(CUDA)	- NPU specific SW, 고성능컴퓨팅 시스템 SW

[6] 디지털 뉴로케어(Neurocare)

- (개념) 뇌 질환 극복을 위한 예측 의료가 가능한 디지털 기술

- 판의 변화

  - (진단 AI) 뇌 질환이 오랫동안 진행된 후의 현 상태를 진단하는 보조도구
  - (발병/예후 예측 AI) 뇌 질환 시작 시점을 발병 이전단계에 예측하여 조기 진단하고, 발병 진단 후에는 개인 맞춤형 치료제 추천 및 예후 예측이 가능한 필수도구

As-Is	⇒	To-Be
진단 AI		**(발병/예후) 예측 AI**

- 변화 동인

  - (AI 기술 발전) 초거대 AI 기술과 디지털 신기술의 의료 분야 빠른 침투로 인해 의료 AI 솔루션의 신뢰성 향상 및 시장 성장 가속
  - (의료 데이터 및 지식 확장) 의료 데이터 급증 및 새로운 의과학적 지식의 발견으로 개인 맞춤형 의료 시대 진입
  - (제도개선 및 정책 강화) 주요국 중심으로 신기술 의료 AI 규제 완화 및 정책 강화로 의료 AI 기술 확산 촉진

- 미래 핵심기술

  - (영상 데이터 중심의 뇌 질환 진단 AI) 향후 의료 데이터, 임상 데이터, 개인 유전체 데이터의 완전한 통합뿐 아니라 뇌의 메디컬 트윈 기술과 연계해 개인 맞춤형 발병 예측 및 예후 예측 기술로 발전
  - (디지털 뉴로케어) 의료 AI 알고리즘과 메디컬 트윈 기술 개발을 통해 다양한 뇌 질환 극복 가능
  - (뇌 질환 의료 AI 알고리즘) 발병 예측 및 예후 예측을 통해 의료진을 지원하는 영역에서 점차 개인의 뇌 건강을 상시 관리하는 영역으로 확대 예상
  - (뇌 메디컬 트윈) 뇌 질환 원인 및 작동 원리 규명 등 의과학적 지식 발견을 통해 다양한 응용 특화 서비스 개발 및 적용 가능

주요 기술	현재(상용화 수준)	미래 핵심기술
AI	- 뇌 질환 진단용 영상 판독 AI, DTx(Digital Therapeutics)	- 뇌 질환 (발병/치료제/예후) 예측 Medical AI
디지털 트윈	- 의료/임상/개인유전체 데이터 일부, 뇌 MRI/CT 모델링	- 의료/임상/개인유전체 데이터 통합, 뇌 메디컬 트윈

[7] 디지털 파밍

- (개념) 전주기 자율작업 및 정밀농업이 가능한 디지털 기술

- 판의 변화

– (원격제어) ① 농기계 원격 관제, ② 온도, 습도 등 실시간 환경 모니터링, ③ 비닐하우스 자동개폐, ④ 관수 · 관비 시스템 제어, ⑤ 생육정보 기반 환경 제어 등 원격기술을 활용한 모니터링·제어를 기반으로 편리성에 초점

– (경험 기반 농업) 직관적인 경험 및 노하우 중심의 의사결정에 의존

– (자율작업) 지능형 무인 농기계·로봇 공학을 통해 생산·관리 과정의 무인화와 자동화 체계 구축

– (데이터 기반 정밀농업) 기후 등 환경변화에 대한 적응 및 지속가능 농업 구현을 위한 미래 지향적 솔루션으로서, 작물, 경작지, 가축의 상세정보를 수집 분석하여 적시적지(適時適地)에 물, 비료, 사료 등 적정량 투입으로 자원 사용 최소화 및 수확량 증대

As-Is		To-Be
원격제어 **경험기반 농업**	⇒	**자율작업** **데이터기반 정밀 농업**

- 변화 동인

– (식량안보 확보) 국내 식량자급률이 40.5%('21년 기준)로 OECD 국가 중 최하위 수준이며, 지정학적 갈등 발생과 글로벌 기후위기의 심화에 대비한 식량안보 확보의 필요성 증대

– (기존 실내농장의 한계 극복) 편의성 중심의 1세대 스마트팜 기술이 고비용으로 구조적 한계에 봉착하고, 수익성 충족이 어려워지면서 이를 해결하기 위한 대안 기술에 대한 요구가 증가

- 미래 핵심기술

– 국내 농업 경쟁력을 강화할 미래핵심기술로서는 지능형 로봇 농장, 디지털 트윈 기반 전주기 관리 시스템이 부상

※ 지능형 로봇 농장은 로보틱스(robotics), 신재생에너지 기술, 위성통신, IoT 등 첨단 ICT 융복합 기술을 활용해 완전 무인·자동화 체계로 운영되는 농업 형태

– (기대효과) AI 기반의 로봇화와 데이터 기반 정밀농업을 통해 생산성 향상 및 글로벌 식량생산 수급 안정화

주요 기술	현재 (상용화 기준)	미래 핵심기술
AI	- 원격 시설제어(통합센서, 관찰/감시 CCTV, 정보관리/환경제어 시스템 등)	- 지능형 로봇 농장 (첨단센서, 자율작업 로봇, 위성기반 실시간 제어 등)
디지털 트윈	- IoT 기반 대응 시스템(환경정보 · 생육정보 일부)	- 디지털 트윈 기반 전주기* 관리 시스템(토지맵, 환경정보, 생육정보, 질병정보 통합)

* 작물의 선택, 파종, 생산, 수확을 포함하는 단계

[8] 디지털 기후테크

- (개념) 기후변화로 인한 재난재해 예방 및 회복력 강화를 위한 기후위기 대응기술

- 판의 변화

– (수치예보 모델) NWP(Numerical Weather Prediction) 모델로 불리며, 대기 상태를 수학적으로 모델링하여 단기 기상 정보(온도, 기압 등)를 예측

– (지구 트윈 모델) 지구의 물리적, 화학적, 생물학적 과정을 디지털 트윈으로 표현한 포괄적 시스템

※ 위성 영상 등 고해상도 데이터에 AI · 빅데이터 기술을 사용해 대기, 해양, 육상, 생물권 등 지구 구성요소를 통합 모델링

※ 지구 디지털 트윈은 ① 단·장기 기상패턴 변화, ② 기후변화의 장기(10년 이상) 추세와 생태계 영향, ③ 재난예방 및 대응 전략에 활용

As-Is		To-Be
수치예보 모델	⇒	**지구 트윈 모델**

- 변화 동인

– (AI 기반 기상정보 제공) 기존 수치예보모델 대비 기상예보의 정확도와 속도가 우수한 AI 기상예측모델(구글 GraphCast 등)의 개발 및 활용이 본격화

– (지구 디지털 트윈 모델 구축) 지구시스템 관점에서 극한 기상으로 인한 자연재해 예측 및 기후변화와 사회영향을 시뮬레이션하는 AI 지구 디지털 트윈(엔비디아 Earth-2, EU DestinE) 구축 추진

– (컴퓨팅 기술 발전) 복잡한 기상의 변화와 자연의 변화에 대한 예측력을 높이는 AI와 컴퓨팅 기술의 발전이 가속화

- 미래 핵심기술

– 미래 핵심기술로는 AI와 디지털 트윈을 기반으로 엑사급 AI 슈퍼컴퓨터와 디지털 트윈 Global Model이 주목을 받을 것으로 예상

– 이를 통해 탄소배출이 없으면서 ICT 에너지 효율성이 높은 엑사급 이상의 고성능 컴퓨팅 자원으로 모든 변수의 상호작용을 모델링해 미래 기후변화와 사회적 영향을 빠르고 정확히 예측할 전망

– (기대효과) AI 기반 지구 시스템 모델을 이용하여 미래의 기후를 예측하고 극한 기후에 대한 대응체계 마련

주요 기술	현재(상용화 기준)	미래 핵심기술
AI	- 페타급 슈퍼컴퓨터	- 엑사급 AI 슈퍼컴퓨터
디지털 트윈	- 통계학적 Local Model	- 디지털 트윈 Global Model

연구성과 및 향후 연구방향

[1] 연구성과 및 활용방안

o 연구성과

- (미래유망기술 탐색) 국가가 확보해야 할 미래기술 발굴을 위해 메가트렌드/PEST분석, 주요국 전략기술, 전문기관 이머징 테크 등을 분석
- (탐색 결과) ① 초실감 공간컴퓨팅, ② AGI 행동지능, ③ 초공간 인터넷, ④ 이종집적 패키징, ⑤ Domain Specific AI 컴퓨팅, ⑥ 디지털 뉴로케어, ⑦ 디지털 파밍, ⑧ 디지털 기후테크 기술을 선정하고, 기술별 해당 분야의 ▶ 핵심 트렌드와 변화동인, ▶ 시장과 기회요인, ▶ 미래 핵심요소 기술을 도출

o 활용방안

- 차세대 국가전략기술 확보전략 수립 및 활성화 정책 마련을 위한 기반 자료로 정부 부처 또는 유관 기관에 선제적으로 제시
- 데이터(증거) 기반 방법론과 '동인-니즈-기술' 분석 프레임워크*를 병용하여 도출한 결과를 활용하여, 출연(연) 및 국가 차원의 미래기술 확보를 위한 전략기획에 활용

 * 시장 개화/변곡점(Tipping point)을 고려한 핵심기술 정의

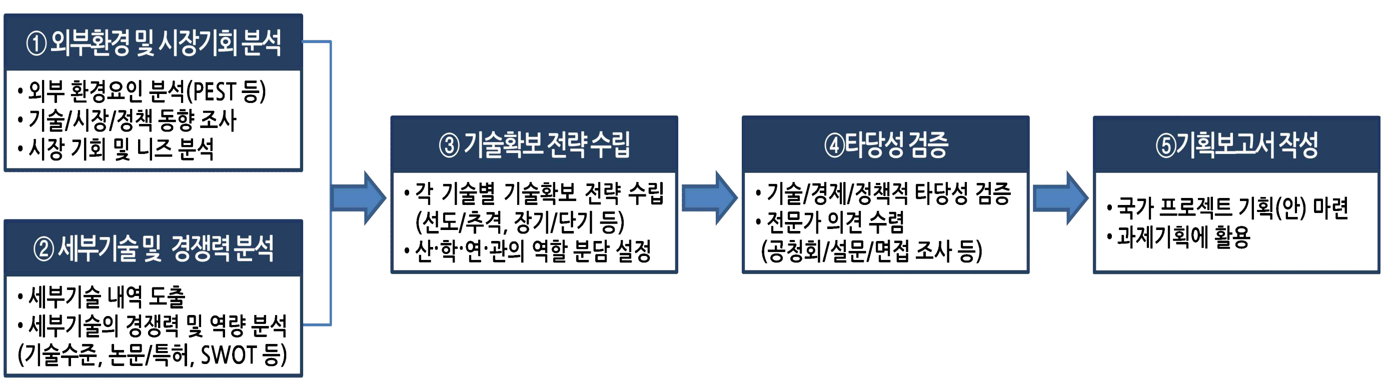
[2] 향후 연구방향

o (국가 프로젝트 기획) 8대 미래 ICT 기술 중에서 주요 분야를 선정하여 국가차원의 전략적 R&D 투자를 위한 National Project 기획

- 기술패권·디지털 전환 등 급격한 대내외 환경 및 기술발전에 대응하여 국가경제에 미치는 파급효과가 크고 국가기술 주권확보가 요구되는 핵심기술 2~3개를 전략적으로 선정
- 선정된 핵심기술의 성격에 맞는 기술 개발 타깃을 설정하고, 중점 투자분야 설정 및 산·학·연·관의 역할 분담 방안 마련

o (전략기획보고서) 국가 프로젝트 추진을 위해 구체적 타당성 검증 및 기술 개발 전략 수립 추진

- 각 핵심기술별 시장기회/니즈 및 기술개발 역량을 분석하고 전문가 의견수렴을 통해 기술개발 및 확보 전략 수립
- ① 외부환경 및 시장기회 분석, ② 세부기술 내역 및 내부경쟁력 분석, ③ 세부기술별 확보전략 수립, ④ 타당성 검증, ⑤ 기획보고서 작성 등의 절차를 통해 기획보고서 작성



목 차 C O N T E N T S

참고문헌

Ⅰ. 추진 배경 및 절차

[1] 관계부처합동, 국가 필수전략기술 선정 및 육성 보호 전략(안), 2021.12.22.

[2] 관계부처합동, 국가전략기술 육성 방안(안), 2022.10.28.

[3] 과학기술정보통신부, 제1차 국가연구개발 중장기 투자전략('23~'27)(안), 2023.02.22.

[4] 박정렬 외 (2023), 주요국 전략기술 정책 비교 : 기술선정을 중심으로, 전자통신동향분석, Vol.38. No.4.

[5] 대한민국 외교부 사이트, www.mofa.go.kr

[6] 최새솔 외 (2023), 전문기관 선정 Emerging Tech 분석 DB, ETRI 내부자료.

Ⅱ-1. 초실감 공간컴퓨팅

[1] 애플 (2023) 홈페이지 및 관련기사 참조

[2] 메타 (2023) 홈페이지 및 관련기사 참조

[3] https://www.weforum.org/agenda/2022/02/future-of-the-metaverse-vr-ar-and-brain-computer/

[4] 옴디아 (2023), Global Market & Eco-system Analysis of XR Display

[5] 과학기술정보통신부 (2023), AI와 디지털 기반의 미래 미디어 계획

[6] NVIDIA (2023) 홈페이지 및 관련기사 참조

Ⅱ-2. AGI 행동지능

[1] Ahn, Michael, et al. (2022), Do as i can, not as i say: Grounding language in robotic affordances, arXiv:2204.01691.

[2] Huang, Wenlong, et al. (2022), Inner monologue: Embodied reasoning through planning with language models, arXiv :2207.05608.

[3] Driess, Danny, et al. (2023), Palm-e: An embodied multimodal language model, arXiv:2303.03378.

[4] Jiang, Yunfan, et al. (2022), Vima: General robot manipulation with multimodal prompts, arXiv:2210.03094.

[5] Li, Chengshu, et al. (2023), Behavior-1k: A benchmark for embodied ai with 1,000 everyday activities and realistic simulation, Conference on Robot Learning.

[6] Kumar, Aviral, et al. (2022), Pre-Training for Robots: Offline RL Enables Learning New Tasks from a Handful of Trials, arXiv:2210.05178.

[7] Shah, Dhruv, et al. (2021), Value function spaces: Skill-centric state abstractions for long-horizon reasoning, arXiv:2111.03189.

[8] Toyota (2023), Toyota Research Institute Unveils Breakthrough in Teaching Robots New Behaviors, https://pressroom.toyota.com/toyota-research-institute-unveils-breakthrough-in-teaching-robots-new-behaviors/

[9] CRDS(Center for Research and Development Strategy) (2023), 研究開発の俯瞰報告書 システム · 情報科学技術分野, https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2022-FR-04.html.

[10] 한재권 (2023), 휴머노이드 로봇의 활용 및 산업화 가능성, ETRI 발표 자료.

[11] Statista (2023), AI Robotics – Worldwide, https://www.statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/ai-robotics/worldwide.

[12] Precedence Research (2023), Humanoid Robot Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032.

[13] Mike Oitzman (2023), 2022 ROS 2 Metrics Report.

[14] Goldman Sachs (2023), US manufacturing labor surplus/shortage.

Ⅱ-3. 초공간 인터넷

[1] 방승찬 (2022), 6G 서비스, 기술, & 추진 전략, KISTEP 수요 포럼.

[2] Grand View Research (2023), Satellite Internet: Market Analysis from 2017 to 2030.

[3] SIA (2022), State of the Satellite Industry Report.

[4] Visual Capitalist (2022), The Cost of Space Flight Before and After Space X, 홈페이지, https://www.visualcapitalist.com/the-cost-of-space-flight/.

[5] 매거진 한경 (2023), 하늘 위 영토 놓고 싸우는 미국과 중국 ... 갈등의 핵으로 떠오른 '스타링크' 왜?.

[6] 과기부 (2023), 차세대 네트워크 완성을 위한 위성통신 활성화 전략.

[7] 과기부 보도자료 (2023), 달 탐사 2단계(달 착륙선 개발) 사업 예비타당성조사 통과, 2023년 제3차 예타 요구사업 중 6개 사업 대상선정 등.

[8] Belkhir, L., & Elmeligi, A. (2018), Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. Journal of cleaner production, 177, 448-463.

[9] Tech42 (2022), EC, 우주에 데이터센터 설치한다 … 괴상한 데이터센터들.

[10] Space Compass (2022), NTN Strategy of Space Compass.

[11] Space Compass (2023), Space Compass initiates feasibility study to commercialize telcom and on-orbit data processing for post-ISS Japanese Module. Press Release.

[12] 최새솔 (2021), 탄소중립시대의 ICT: 기화와 도전, ETRI 기술정책 이슈, 2021-17.

[13] 동아사이언스 (2023) 우주공간에 데이터센터를 … 우주컴퓨팅 가능성 타진한다.

[14] Namla (2023), Satellite Edge Computing (SEC): Towards AI-Enabled Satellites.

[15] Electronics Weekly.com (2022), CogniSat-6 AI-centric CubeSat to boost image optimisation.

[16] InfoWorld (2023), Launch into satellite applications with Microsoft Azure.

[17] Space Radar (2023), 중국기업, 인공지능 기반 엣지컴퓨팅 장착된 위성 발사.

[18] DGIST (2022), 6G 핵심 기술 '저궤도 위성통신', 에지 컴퓨팅으로 날개 달다.

[19] Starlink (2023), 홈페이지, https://www.starlink.com/map.

[20] 서울경제 (2023), 스타링크, SKT와 손잡고 국내 서비스 개시.

[21] 한국경제 (2024.01.05.), 상식 깬 머스크, '벌떼 위성'으로 통신망 대체.

[22] 고명현 외 (2022), 해저케이블망과 데이터 안보, Issue Brief, 아산정책연구원.

[23] 굿모닝베트남 (2023), 6개월 동안 고장난 5개의 해저케이블 아직 복구되지 않았다.

[24] 한국경제 (2023), '게임체인저' 양자암호통신 2030년 시장규모 25조원.

[25] Itworld (2022), 유럽연합, "양자 암호화 위성쏜다"... 기밀통신 시험용으로 2024년 발사.

[26] 総務省 (2021), 宇宙通信の国際動向と日本の戦略.

[27] 관계부처합동 (2021), 초소형위성 및 6G 위성통신기술 개발방안.

[28] 디지털데일리 (2023), 위성통신시장, 확장 방향 숙제 … 서비스도 함께 지원해야.

[29] 전자신문 (2022.12.26.), 한국 보유 국제해저케이블 용량 200Tbps 돌파 ... 트래픽 폭증 속 정부 관심 필요.

[30] 김선미 (2023.2.15.), 차세대 통신 6G 미래상과 7대 기술 목표, 과학기술커리어트렌드.

[31] 한국무역협회 (2021), 도심 항공 모빌리티(UAM) 글로벌 산업 동향과 미래과제, Trade Focus, 22호.

[32] Access Intelligence (2021), Mynaric, SpaceLink partner to accelerate satellite laser terminal technology.

Ⅱ-4. 이종집적 패키징

[1] 진종문, "[반도체 특강] 경박단소(輕薄短小), 반도체 패키지의 방향", SK하이닉스 뉴스룸, 2020.

[2] Boston Consulting Group and Semiconductor Industries Association, Strengthening the Global Semiconductor Value Chain, April 2021.

[3] Che Pan, "Tech War: Is the 'Chiplet' a Short Cut for China to Address its Semiconductor Self-sufficiency or a Wrong Turn?," South China Morning Post, May 26, 2022.

[4] IEEE, Heterogeneous Integration Roadmap Single Chip and Multi-Chip Integration, October 2019, pp. 10-14,

[5] Yole Intelligence, Status of the Advanced Packaging Industry 2023, 2023.

[6] Yole Development, Status of the Advanced Packaging Industry 2021, 2021.

Ⅱ-5. Domain Specific AI 컴퓨팅

[1] 모건 스탠리 (2023), Unlocking Tesla's AI Mojo... Enter the Dojo, North America Insight.

[2] NVIDIA, Google, TESLA 각 사 홈페이지

[3] McKinsey (2023), Exploring opportunities in the generative AI value chain

[4] Precedence Research (2022), Artificial Intelligence in Hardware Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032.

[5] IITP (2019), ICT R&D 기술로드맵

[6] 박유미 (2023), 슈퍼컴퓨터 확보전략, ETRI 내부자료

Ⅱ-6. 디지털 뉴로케어(Neurocare)

[1] 건강보험심사평가원 보도자료 (2018), 연령대별 많이 나타나는 정신 건강 질환은?

[2] 보건복지부 (2022), 국제 치매 정책 동향 2022.

[3] 건강보험심사평가원 보도자료 (2022), 최근 5년 우울증과 불안장애 진료 현황 분석.

[4] 건강보험심사평가원 (2023), 국민관심질병통계, https://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapMfrnIntrsIlnsInfoTab1.do.

[5] Marketsandmarkets (2023), AI in Healthcare Market – Global Forecast to 2028.

[6] Med-Tech News (2023), NIHR invests £11m for detection and diagnosis of dementia.

[7] FIERCE Biotech (2023), Eisai launches Gates-backed research collab to develop digital tools for dementia diagnosis, treatment.

[8] Business Wire (2023), AIRAmed Receives FDA 510(k) Clearance for Its AIRAscore Brain Volumetry Software.

[9] Fox News (2023), AI tool gives doctors personalized Alzheimer's treatment plans for dementia patients.

[10] Businesswire (2023), Results from New Studies Support Role of Digital Tools in Streamlining Dementia Detection; Findings to be Revealed at American Academy of Neurology's Annual Meeting.

[11] K피플 (2022), https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=66lZJNhZJZM.

[12] Wired (2022), The Quest to Make a Digital Replica of Your Brain.

[13] Businesswire (2023), NTT and NCNP to Develop Brain Bio-Digital Twin Technology.

[14] 특허청 보도자료 (2023), 엑스(X)-레이 영상 분석도 이제 인공지능이 대세!

[15] 하나증권 리서치센터 (2023), 의료AI – 정부정책에 힘입은 돈버는 의료AI.

[16] FDA (2023), Artificial Intelligence and Machine Learning (AI/ML)-Enabled Medical Devices, https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-and-machine-learning-aiml-enabled-medical-devices

[17] 연합뉴스 (2023), AI 의료기기, 본격적으로 상용화된다…건강보험 첫 적용.

[18] Nature (2023), Foundation models for generalist medical artificial intelligence.

[19] UPF (2023), Neurotwin, digital twin brain technology to treat neurological diseases.

Ⅱ-7. 디지털 파밍

[1] Frost & Sullivan (2019), Opportunities for Sensors in Digital Farming: Sensors, Big Data, Artificial Intelligence Drive Opportunities in the Agriculture Industry.

[2] John Deere (2022), John Deere Annunces Request for Proposals for Satellite Communications Opportunity.

[3] 통계청 (2022), 2022년 농림어업조사 결과.

[4] 로봇신문 (2023), 농촌진흥청, 자율주행 제초 로봇개발.

[5] 전자신문 (2023), 대동, 자율작업 농기계 업계 최초 3단계 자율주행 국가시험 통과.

[6] 농림축산식품부 (2023), [2022~2026] 제9차 농업기계화 기본계획(안).

[5] 과기부 (2023), 차세대 네트워크 완성을 위한 위성통신 활성화 전략.

[6] 과기부 보도자료 (2023), 달 탐사 2단계(달 착륙선 개발) 사업 예비타당성조사 통과, 2023년 제3차 예타 요구사업 중 6개 사업 대상선정 등.

[7] 한국농정신문 (2023), 2021년 곡물자급률, 18.5% '곤두박질'.

[8] 한국일보 (2023), "국내 농산물, 외국산보다 비싸도 국내서 생산해야" 65%.

[9] 농림축산식품부 (2023), 2022년도 양정자료. pp. 39~43.

[10] FAO (2023), FAO Food Price Index contintues to drop, but at a slower pace.

[11] 디엔피넷 뉴스 (2023), 2022년 2월 세계식량가격지수 전월대비 3.9% 상승 140.7 포인트.

[12] KREI 농정포커스 (2022), 우크라이나 사태의 국제곡물 시장 영향 분석.

[13] 환경부 (2020), 한국 기후변화 평가보고서 2020: 기후변화 영향 및 적응, 정책결정자를 위한 요약서, p. 14.

[14] 국회예산정책처 (2022), 스마트통업 육성사업 추진현황과 개선과제.

[15] "7년 고생하면 초기 비용 갚아요" ... 스마트팜에 푹 빠진 청년들.

[16] N. Phua (2023), Controlled Environment Agriculture(CEA): A Strategic Industry Analysis, A Capstone Project.

[17] T. Kozai et al. (2020) Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Qaulity Food Production, Second Edition, pp. 21~27.

[18] OECD (2016), OECD Green Growth Studies: Farm Management Practices to Foster Green Growth.

[19] Zarco-Tejada et al. (2014), Precision agriculture: an opportunity for EU farmers: potential support with the CAP 2014-2020.

[20] 유지혜 (2020), 정밀농업, 지속가능한 농업의 미래, KDB 미래전략연구소, Weekly KDB Report.

[21] KISTEP (2023), 2022년도 예비타당성조사 보고서: 노지농업 디지털 전환 기술개발 사업, p. 61.

Ⅱ-8. 디지털 기후테크

[1] IPCC (2021), Summary for Policymakers.

[2] 기후변화대응 기술 개발 촉진법 시행규칙 (2021.10.21.)

[3] 김혜련 (2022), 기후위기에서 시작된 기술혁신: 기후기술이 부상과 새로운 기회, Deloitte Insights.

[4] ZDNET(2023.2.8.), Fighting climate change: These 5 technologies are our best weapons.

[5] VOA 뉴스 (2023), EU 산하 기후변화연구소 “지난 8월 역대 가장 더위”.

[6] WMO (2023), Air Quality and Climate Butlletin, No. 3.

[7] CNBC (2023), It’s official: Scientists confirm July was the hottest month ever recorded

[8] 한겨레 (2022.7.20.), 지난 50년 태풍·가뭄 등 자연재해 4~5배 ↑... 사망자수는 3배 ↓.

[9] 기상청 (2021), 기상청, 카이스트(KAIST) 인공지능(AI) 기상예측 연구센터 개소.

[10] Huawei (2023), Huawei Cloud Pangu-Weather Model Now Available on European Weather Agency, 홈페이지 : (https://www.huawei.com/en/news/2023/8/pangu-weather-forcast).

[11] 지디넷코리아(2023.8.1.), 화웨이, AI모델로 열흘치 전 세계 기상 예측.

[12] MIT Technology Review (Nov. 14, 2023), 구글 딥마이드의 날씨예측 AI 모델, 인류 난제 해결사되나.

[13] 구글딥마인드 블로그 (2023.11.14.), GraphCast: 더욱 빠르고 정확한 글로벌 일기예보를 위한 AI 모델.

[14] MIT Technology Review(July 5, 2023), 에렉 슈밋 기고: AI가 과학을 혁신할 것이다.

[15] Science (2020). Europe is building a ‘digital twin' of Earth to revolutionize climate forecasts.

[16] 국토지리정보원 (2021), 글로벌 공간정보 관련 이슈 리포트, Vol. 3.

[17] European Commission (2021), Destination Earth, 홈페이지 : https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/destination-earth

[18] 뉴스1 (2023.11.20.), 한국은 세계 9위 기술 보유 ... 슈퍼컴퓨터란?.

저자소개

이승환 ETRI ICT전략연구소 기술전략연구본부 본부장/사업책임자/책임연구원
e-mail: lsh@etri.re.kr Tel. 042-860-3876

김성민 ETRI ICT전략연구소 기술전략연구본부 미래전략연구실 실장/책임연구원
e-mail: songmin516@etri.re.kr Tel. 042-860-6172

연승준 ETRI ICT전략연구소 기술전략연구본부 미래전략연구실 책임연구원
e-mail: sjyeon@etri.re.kr Tel. 042-860-6437

이승민 ETRI ICT전략연구소 기술전략연구본부 미래전략연구실 책임연구원
e-mail: todtom@etri.re.kr Tel. 042-860-1775

이종용 ETRI ICT전략연구소 기술전략연구본부 미래전략연구실 책임연구원
e-mail: jongyl@etri.re.kr Tel. 042-860-5269

박영준 ETRI ICT전략연구소 기술전략연구본부 미래전략연구실 책임연구원
e-mail: joony@etri.re.kr Tel. 042-860-6498

전략적 R&D 투자를 위한 미래 ICT 기술 발굴(안)

발행인 한 성 수
발행처 한국전자통신연구원 ICT전략연구소
발행일 2023년 12월 31일

www.etri.re.kr

본 저작물은 공공누리 제4유형:
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

Electronics and Telecommunications Research Institute
34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504