

Executive summary

이 연구 및 혁신 로드맵은 Horizon Europe 의 지원을 받아 NexusForum.EU 프로젝트 하에서 작성되었다. 유럽 전역에서 데이터 기반 혁신과 AI 구현을 가능하게 하고 지원하기 위하여, 연합된 유럽 다중 제공자 AI 기반 컴퓨팅 연속체 달성을 위한 연구와 혁신의 궤적을 제시한다. 본 로드맵은 유럽 산업 데이터, 엣지, 클라우드 기술 개발과 새로운 IPCEI-CIS 를 보완하며, 클라우드, 엣지, AI 기술 분야의 우수한 연구와 산업 요구를 잇는 장기 비전을 제공한다. 또한, 현재의 EU 정책 및 입법 체계에 대한 소개를 다루고 있으며, 이와 같은 정책이 향후 기술 발전에 미칠 영향은 별도의 NexusForum 정책 보고서에서 추가로 분석한다.¹

본 문서는 인지 컴퓨팅 연속체 연구 및 혁신(Cognitive Computing Continuum Research and Innovation) 로드맵의 두 번째 공개 버전이다. 최종 버전은 2026 년 중반 NexusForum 프로젝트 종료 즈음에 발표될 예정이며, 추후 문서에는 한국과 일본과의 전략적 협력 분야도 추가로 도출될 예정이다. NexusForum 은 클라우드, 엣지, AI 및 이 기술들의 혜택을 받을 수 있는 산업 분야의 다양한 커뮤니티와 이해관계자들로부터 의견을 수렴하기 위한 공개 협의 과정을 진행하며, 관련 전문가와 이해관계자들은 로드맵에 대해 추가 논의하고 구체화할 NexusForum 워킹그룹(working group)에 적극 참여할 수 있고 적극적인 참여를 희망한다.

유럽 인지 컴퓨팅 컨티뉴엄의 방향성

유럽연합은 디지털 미래를 형성하는 데 있어 중요한 전환점에서 있다. 클라우드와 엣지 컴퓨팅, 그리고 인공지능(AI)은 점점 디지털화되고 데이터 중심으로 변모하는 사회에서 혁신과 경쟁력을 위한 전략적 촉진제임이 충분히 인식되고 있다. 이러한 전략적 중요성에도 불구하고, 클라우드 서비스와 AI 시장은 현재 주로 비유럽 업체 소수에 의해 지배되고 있으며, 유럽의 자체 클라우드 시장은 여전히 크게 분산되어 있다.

결과적으로 유럽연합 내 조직과 시민들이 IT 시스템과 데이터를 통합하고, 유럽 규정에 따라 데이터의 수집, 저장, 사용 방식을 통제할 필요가 있다. 유럽 데이터 전략은 이러한 요구를 해소하고, 데이터가 보다 자유롭게 이동하며 그 혜택이 더욱 효과적으로 공유될 수 있는 통합 유럽 데이터 시장을 구축하는 것을 목표로 한다. 이와 같은 단일 통합 시장은 공급업체 종속 및 데이터 독점성을 줄이고, 궁극적으로 산업 전반의 데이터 기반 혁신 장벽을 낮출 것으로 기대된다.

이와 같은 유럽 인지 컴퓨팅 컨티뉴엄(European Cognitive Computing Continuum)을 실현하기 위해서는, 유럽연합 차원에서 시장 분산을 극복하고 상호 운용성을 촉진하며, 유럽 규정, 가치, 윤리적 AI 원칙을 준수해야 한다.

¹ <https://eucloudedgeiot.eu/wp-content/uploads/2024/10/D3.1%E2%80%93DigitalPolicyReport-Final.pdf>

유럽 디지털 주권을 위한 전략적 비전

유럽 인지 컴퓨팅 컨티뉴엄은 유럽의 클라우드 및 엣지 서비스 제공자가 상호 협력하여 안전하고 고성능이며 에너지 효율적인 데이터 처리 능력을 제공하는 연합 생태계를 구성하여야 하며, 일본과 대한민국 등 적합한 타 관할권의 참여 가능성도 포함된다.

이 로드맵은 경쟁력 있고, 안전하며, 에너지 효율적이고, 기후 중립적인 AI 기반의 인지 컴퓨팅 컨티뉴엄을 설계하기 위한 기술 분야 및 관련 주제에 대한 심층 개요를 제공한다.

현재 버전은 최근 EU 정책 이니셔티브(Competitiveness Compass², Connected Collaborative Networks³)의 주요 우선순위, 현 지정학적 환경 및 시장 조건(A competitiveness strategy for Europe,⁴ Much more than a market⁵), 규제 체계(NIS2 Directive,⁶ Cyber Resilience Act,⁷ Chips Act,⁸ EUCS⁹) 및 유럽 내 사회적 요구에 초점을 맞춰 작성되었으며, 다음의 주요 사항을 추구한다:

- 현재 비유럽 3 대 하이퍼스케일러(hyperscaler)의 시장 지배력을 균형 있게 조정하고 필수 기술 접근성과 함께 주권 클라우드 이니셔티브를 조화시키기 위해 엣지 및 클라우드 분야에서 유럽 경쟁력 강화
- 보안과 규제 준수를 위해 기술 주권이 필수적인 컴퓨팅 컨티뉴엄 영역에서 EU 디지털 주권 확보
- 생성형 AI 경쟁과 기초 AI 모델의 미래 수요를 지원할 수 있는 컴퓨팅 요구 사항 충족
- 탄소 중립 달성과 에너지 효율적인 컴퓨팅 자원 및 소프트웨어 확보
- 클라우드 컴퓨팅 연속체에서 강력한 위치를 차지하는 국제 협력 국가들의 관점 통합

주요 제안사항

이 로드맵은 유럽 인지 컴퓨팅 연속체 비전 실현을 위한 다음의 전략적 연구 및 혁신 우선순위를 제시한다.

1. 안전하고 상호 운용 가능하며 주권 있는 유럽 컴퓨팅 연속체를 위한 토대 마련

² https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_339

³ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/white-paper-how-master-europes-digital-infrastructure-needs>

⁴ https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en#paragraph_47059

⁵ <https://www.consilium.europa.eu/media/ny3j24sm/much-more-than-a-market-report-by-enrico-letta.pdf>

⁶ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis2-directive>

⁷ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cyber-resilience-act>

⁸ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en

⁹ <https://www.enisa.europa.eu/publications/eucs-cloud-service-scheme>

- 유럽 컴퓨팅 컨티뉴엄 내 연쇄적 위험 및 체계적 위험을 분석하는
총체적·시스템 중심의 사이버보안 접근법 채택
- 유럽 내 시장과 규제를 통합하고, 상호 운용성을 위한 생태계 및 메커니즘 개발을
지원하여 원활한 서비스 통합과 데이터 이동성을 확보
- 유럽 규정(NIS2, Cyber Resilience Act, EUCS)에 부합하는 거버넌스 및 준수 메커니즘 강화
- 오픈 소스 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 지정학적 관점에서 고려하고, 예를 들어 RISC-
V 기반의 오픈 소스 거버넌스 모델을 지원하여 유럽 디지털 인프라의 투명성과 장기 지속
가능성을 확보
- 유럽 반도체 기술 공급이 강화됨에 따라, 이를 조기에 수용할 수 있도록 강력한 수요와
시장을 사전에 창출

2. 지능형, 자율적, 회복력 있는 다중 공급자 컴퓨팅 연속체 관리에 투자

- 연합된 클라우드-엣지 인프라 전반에 걸쳐 워크로드 분배를 최적화하는 AI 기반
오케스트레이션 프레임워크 개발
- 개인정보 보호형 AI 지원을 위해 연합 컴퓨팅 모델을 발전시키고, 다수의 공급자에 걸쳐
데이터 보안 보장
- 컴퓨팅 자원의 회복력, 확장성 및 자체 관리 능력을 강화하는 하이퍼 분산형 아키텍처
구현
- 데이터와 연산의 보안을 확보하기 위해 기밀 컴퓨팅 및 동형암호 기술에 투자
- 신뢰성을 향상 및 운영 비용을 절감하기 위해, AI 기반 예측 유지보수, 디버깅, 자가 치유
클라우드-엣지 인프라 지원

3. 데이터 기반 혁신과 컴퓨팅 컨티뉴엄 내 AI 의 개발 및 도입 활성화

- GDPR, AI Act, Data Act 를 준수하여 국경 간 데이터 공유를 촉진할 수 있도록 공통 유럽
데이터 공간(Common European Data Spaces) 의 개발 확대
- EuroHPC 인프라를 포함한 다양한 클라우드-엣지 공급자에서 원활하게 실행될 수 있는
이식 가능한(portable) AI 애플리케이션 및 서비스 지원
- 이질적인 다중 공급자 클라우드-엣지 시스템에서 이식성, 상호 운용성 및 보안을
향상시키기 위해 **미들웨어 솔루션** 및 컴파일러 기술 개발
- 분산된 데이터셋 전반에 걸쳐 **생성형 AI 모델의 연합 학습** 및 배포에 관한 연구 진전

- 미래 AI 가속화를 위해 **양자 및 뉴로모픽 컴퓨팅** 기능의 통합 모색

4. 지속 가능하고 에너지 효율적인 유럽 컴퓨팅 컨티뉴엄 구축

- 데이터 센터와 AI 워크로드의 환경 영향을 줄이기 위해 탄소 인식(**carbon-aware**) 컴퓨팅 전략의 개발 및 도입
- 클라우드-엣지 인프라 전반의 통합 에너지 소비 최적화를 위해 AI 를 활용하며, 데이터 센터 운영과의 워크로드 밸런싱 추진
- AI 특화 컴퓨팅 플랫폼의 코드 실행 최적화와 에너지 사용 감소를 위해 미들웨어 솔루션 및 소프트웨어·하드웨어 공동 설계에 투자
- 신규 냉각 기술 및 **폐열 회수 시스템** 개발을 촉진하고, 클라우드 및 엣지 데이터 센터에 재생 에너지 통합

5. 통신, 컴퓨팅, 인공지능 인프라의 융합 추진

- 유연하고 개방적이며 상호 운용 가능한 네트워크 생태계 구축을 위해 **오픈 무선 접속망(O-RAN)** 및 차세대 통신 클라우드 아키텍처에 투자한다
- 다양한 네트워크 간 예측적 핸드오버와 지능형 네트워크 관리를 개선하여 **원활한(seamless) 데이터 연결성** 강화
- **고성능 컴퓨팅(HPC)**을 통합하여 첨단 AI 및 과학 컴퓨팅 워크로드 지원
- 산업 분야의 디지털 전환을 촉진하기 위해 **정보 기술(Information Technology)과 운영 기술(Operation Technology)** 통합

주요 우선순위에는 부문별 디지털 전환의 가속화가 포함되며, 다양한 차세대 기술의 개발 및 구현을 통해 달성한다. 예를 들어, 커넥티드 및 자율 주행 차량을 위한 자동차 분야의 AI 기반 컴퓨팅, 몰입형 산업, 의료, 교육 애플리케이션을 위한 AR/VR 기술, 실시간 의사결정을 지원하는 디지털 트윈 및 스마트 환경을 통한 사이버-물리 융합, 스마트 제조, 물류, 주요 인프라를 지원하는 Industry 4.0 대응 클라우드-엣지 솔루션 등이 있다.

결론

유럽의 디지털 주권과 글로벌 AI 및 클라우드 시장에서의 경쟁력을 확보하기 위해, 주요 디지털 기술 발전을 유럽의 가치에 부합하도록 조정하기 위한 전략적 투자와 협력을 유럽 내외 적합한 파트너 국가와 함께 가속화하는 것이 필수적이다. 또한, 전략 기술 공급 강화를 위한 전략적 투자와 함께 유럽 내에서 강력한 수요를 창출하는 것도 매우 중요하다.

