

지능형 컴퓨팅 표준화 동향

Trends in Standardization for Intelligent Computing

홍정하 (J.H. Hong, jhong@etri.re.kr)

지능정보표준연구실 선임연구원

이강찬 (K.C. Lee, chan@etri.re.kr)

지능정보표준연구실 책임연구원/실장

ABSTRACT

In recent years, our society has shifted from an information society to an intelligent information society, in which computing has become a key factor in shaping and driving social development. In this new era of digital civilization powered by the Internet of Things, traditional data-based computing is no longer sufficient to meet the growing demand for higher levels of intelligence. Therefore, intelligent computing has emerged, reshaping traditional computing and forming new computing paradigms to promote the digital revolution in the era of the Internet of Things, big data, and artificial intelligence. Intelligent computing has greatly expanded the scope of computing through new computing theories, architectures, methodologies, systems, and applications, and it is expanding into diverse computing paradigms such as perceptual intelligence, cognitive intelligence, autonomous intelligence, and human-computer fusion intelligence. This paper introduces the concept and main features of intelligent computing and describes trends in standardization for intelligent computing within the ISO/IEC JTC 1, focusing on the technical trend report on intelligent computing that is currently under development within ISO/IEC JTC 1/AG 2.

KEYWORDS JTC 1 표준화, 인공지능, 지능형 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅

1. 서론

최근 우리 사회는 정보 사회에서 지능정보 사회로 전환하고 있으며, 컴퓨팅은 사회 발전을 형성하고 추진하는 핵심 요소가 되었다. 인공지능(AI)과 사물인터넷(IoT)의 급속한 발전을 통한 디지털 문명의 새로운 시대에 전통적인 데이터 기반 컴퓨팅은 더

이상 더 높은 수준의 지능에 대한 인간의 요구를 충족시킬 만하지 않다. 그래서 최근 지능형 컴퓨팅이 등장하여 전통적인 컴퓨팅을 재구성하고, 대용량 데이터, 인공지능, 사물인터넷과 함께 지능정보 시대의 디지털 혁명을 촉진하는 새로운 컴퓨팅 패러다임을 형성하고 있다. 지능형 컴퓨팅은 새로운 컴퓨팅 이론, 아키텍처, 방법론, 시스템, 응용을 통해

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2023.J.380407>

* 이 논문은 2023 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 [No. 2021-0-02077, 인공지능 표준전문연구실].



컴퓨팅의 범위를 크게 확장했으며, 인공지능 기술의 적용을 통해 인식 지능, 인지 지능, 자율 지능, 인간-컴퓨터 융합 지능과 같은 점점 다양한 컴퓨팅 패러다임으로 확대되고 있다[1].

인공지능 기술과 컴퓨팅 기술은 오랫동안 서로 다른 진화와 발전의 과정을 거쳐 왔다. 인공지능 기술은 1950년대부터 현재까지 지속적인 발전을 거쳐 왔다. 초기에는 논리와 추론을 중심으로 인간의 추론 능력 모방과 문제 해결에 초점을 맞추었다. 1980년대부터는 데이터 기반으로 스스로 학습하고 성능을 개선하는 머신러닝이 주목받기 시작했다. 이후 2000년대 중반부터는 인공 신경망을 기반으로 한 딥러닝이 발전하여 이미지 및 음성 인식, 자연어 처리 등과 같은 다양한 분야에서 높은 성능을 보여 주며 활용되고 있다. 최근 인공지능은 알파고와 같이 전문가 수준의 게임 기술을 보여주었고, GPT-4와 같은 자연어 처리 모델은 언어 관련 작업에 정교한 능력을 발휘하고 있다. 이러한 인공지능 기술의 발전은 자율주행, 로봇, 제조, 의료, 금융 등 다양한 분야에서 혁신적인 변화를 이끌고 있다[2,3]. 컴퓨팅 기술은 1940년대부터 다양한 신기술의 개발과 함께 지속적으로 진화하고 발전해왔다. 초기 전자 컴퓨터의 등장으로 시작되었고, 1960년대부터 1970년대까지는 대형 메인프레임 컴퓨터 시대를 이루며 대용량 데이터 처리에 주로 사용되었다. 1970년대 후반부터 1980년대에는 마이크로프로세서 기술의 발전이 있었고, 이를 기반으로 개인용 컴퓨터가 등장했다. 1990년대부터는 개인용 컴퓨터가 보급되어 일반인들이 손쉽게 접근할 수 있게 되었다. 1990년대 중반부터는 인터넷이 보급되면서 정보 공유와 통신이 급속도로 발전하게 되었고, 2000년대 이후에는 클라우드 컴퓨팅이 등장하여 컴퓨팅 자원을 효율적으로 활용할 수 있게 되었다. 또한, 2000년대부터 머신러닝과 데이터 분석 기술이 발전하면

서 데이터 기반의 지능적인 판단과 예측 능력을 갖춘 컴퓨팅 시스템이 등장하였고, 2010년대부터 딥러닝 기술이 발전하면서 컴퓨터 비전, 음성 인식, 자연어 처리 등 다양한 분야에서 뛰어난 성능을 보여 주며 인공지능의 발전을 이끌었다[4,5].

이렇게 인공지능 기술과 컴퓨팅 기술은 서로 다른 진화와 발전의 과정을 거쳤지만, 최근에는 서로 점점 더 얽히면서 지능형 컴퓨팅이 출현하고 급속한 발전을 하게 되었다. 지능형 컴퓨팅은 인공지능 기술과 컴퓨팅 기술을 결합한 것으로, 인공지능 기술을 통해 컴퓨팅 기술을 향상해서 인공지능 애플리케이션의 급속한 성장을 가능하게 했다. 특히, 서버, 스토리지, 네트워크, 소프트웨어와 같은 컴퓨팅 자원이 입력 데이터를 스스로 수집, 분석 및 처리할 수 있도록 하여 컴퓨팅을 새로운 차원으로 끌어올렸다. 지능형 컴퓨팅은 아직 개발 초기 단계에 있지만, 지능형 컴퓨팅의 이론, 시스템 및 응용 분야에 혁신을 일으키며 앞으로 우리 삶의 많은 부분에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본고에서는 지능형 컴퓨팅의 개념, 주요 특징 및 적용 분야를 살펴보고, ISO/IEC JTC 1/AG 2(JETI, 미래전략기획자문반)[6]에서 현재 개발 중인 지능형 컴퓨팅에 대한 기술보고서를 중심으로 ISO/IEC JTC 1(ISO와 IEC의 합동기술위원회)[7] 내에서의 지능형 컴퓨팅 표준화 동향에 관해서 기술한다.

II. 지능형 컴퓨팅 개요

1. 지능형 컴퓨팅 개념

지능형 컴퓨팅은 다양한 접근 방식과 기술을 포괄하는 광범위한 컴퓨팅 기술 분야이다. 이는 인공지능 기술과 방법을 활용하여 컴퓨팅 시스템의 성능을 향상하고 최적화한다. 인공지능은 AI 애플리케이션을 동작하게 하는 조력자 기술이지 지능형

컴퓨팅 그 자체는 아니다.

지능형 컴퓨팅은 컴퓨팅 성능, 데이터, 네트워크 연결과 같은 자원을 활용하여 데이터를 수집, 처리 및 분석하고, 이에 기반하여 지능적이고 자동화된 방식으로 작동한다.

- 컴퓨팅: 지능형 컴퓨팅을 위해 CPU 및 GPU와 같은 고성능 컴퓨팅 자원의 가용성이 필수적이다. 이를 통해 대량의 데이터를 효율적으로 처리하고 복잡한 알고리즘을 실행할 수 있다. 필드 프로그래머블 게이트 어레이 및 애플리케이션별 집적회로와 같은 특수 하드웨어를 사용하면 지능형 컴퓨팅 시스템의 성능과 효율성을 더욱 향상시킬 수 있다.
- 데이터: 지능형 컴퓨팅은 알고리즘을 훈련하고 개선하기 위해 다양하고 큰 규모의 데이터 세트의 가용성에 의존한다. 이는 숫자와 범주형 데이터뿐만 아니라 텍스트, 이미지, 동영상과 같은 비정형 데이터도 포함한다. 데이터의 품질과 양은 지능형 컴퓨팅의 성공에 매우 중요하며, 데이터 전처리와 정제는 정확성과 사용 가능성을 보장하는 중요한 역할을 할 수 있다.
- 네트워크: 지능형 컴퓨팅은 데이터와 컴퓨팅 자원을 네트워크 간에 공유하고 전송할 수 있는 기능이 필요하다. 이는 로컬 및 광역 네트워크뿐만 아니라 클라우드 기반 인프라를 포함한다. 분산 컴퓨팅 및 병렬 처리 기술을 활용하면 지능형 컴퓨팅 시스템의 효율성과 확장성을 향상할 수 있다.

지능형 컴퓨팅은 기존의 슈퍼컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅, 엣지 컴퓨팅, 뉴로모픽 컴퓨팅, 광전자 컴퓨팅, 양자 컴퓨팅과 같은 다른 컴퓨팅 기술을 단순히 대체하거나 통합하는 것이 아니라 기존의 컴퓨팅 방식과 자원을 작업 요구사항에 맞게 조율하여

전체적으로 최적화된 방식으로 실제 문제를 해결하는 기술이다.

특히, 슈퍼컴퓨팅은 높은 컴퓨팅 성능을 목표로 하며, 클라우드 컴퓨팅은 크로스 플랫폼/장치 편의성을 강조하며, 엣지 컴퓨팅은 서비스 품질과 전송 효율성을 추구하듯이 슈퍼컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅, 엣지 컴퓨팅과 같은 기존의 주요 컴퓨팅 분야는 서로 다른 도메인에 속한다. 하지만 지능형 컴퓨팅은 엣지 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅 및 슈퍼컴퓨팅 영역 간의 데이터 저장, 통신 및 계산을 동적으로 조정해 다양한 도메인 간의 지능형 컴퓨팅 시스템을 구축하고, 클라우드 간 협업 및 슈퍼컴퓨팅 상호 연결을 지원하기 때문에 기존 컴퓨팅 기술을 효과적으로 활용할 수 있어야 한다. 그리고 새로운 지능형 컴퓨팅 이론, 아키텍처, 알고리즘 및 시스템의 개발을 촉진하는 것도 필요하다.

2. 지능형 컴퓨팅 특징

지능형 컴퓨팅에는 지능과 계산이라는 두 가지 필수 측면이 포함되어 서로를 보완하고 있다. 지능은 컴퓨팅 기술의 발전을 촉진하고 계산은 지능의 기초이다. 컴퓨팅 시스템의 성능과 효율성을 향상시키는 고급 인텔리전스 기술의 패러다임은 “인텔리전스에 의한 컴퓨팅”이고, 컴퓨터 지능의 발전을 지원하는 효율적이고 강력한 계산 기술의 패러다임은 “지능을 위한 컴퓨팅”이다. 이 두 가지 기본 패러다임은 컴퓨팅 파워, 에너지 효율성, 데이터 사용량, 지식 표현, 알고리즘 기능 등을 개선하고, 유비쿼터스, 투명성, 신뢰성, 실시간 및 자동 서비스를 달성하기 위해 여러 측면에서 혁신되었다.

지능형 컴퓨팅은 기존의 컴퓨팅 기술에 기계 학습, 패턴 인식, 자연어 처리 등의 다양한 인공지능 기술을 활용하여 데이터 분석과 의사결정을 지원하

고, 빠른 계산과 분석을 통해 실시간 예측, 모니터링 및 응용 프로그램을 지원한다. 또한, 지능형 컴퓨팅은 클라우드 컴퓨팅, 엣지 컴퓨팅 및 분산 시스템과의 통합을 통해 자원을 효율적으로 사용하고 작업을 분산시킨다.

지능형 컴퓨팅은 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 자기 학습 및 진화 가능성: 지능형 컴퓨팅은 스스로 학습하고 문제를 해결할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 대량의 데이터를 통해 규칙과 지식을 발굴하고 계산 경로를 최적화함으로써 지속적인 학습과 발전을 이룰 수 있다. 이를 통해 지능형 컴퓨터는 새로운 환경에 적응하고 새로운 기술을 개발할 수 있다.
- 높은 컴퓨팅 성능 및 에너지 효율성: 지능형 컴퓨팅은 메모리 내 처리, 이기종 통합 및 광역 협업과 관련된 새로운 컴퓨팅 아키텍처를 통해 높은 컴퓨팅 성능과 동시에 높은 에너지 효율성을 실현한다. 새로운 기술과 구조를 도입하여 계산 작업을 더욱 효율적으로 수행하고 에너지 소비를 최소화한다.
- 보안 및 신뢰성: 지능형 컴퓨팅은 대규모 유비쿼터스 상호 연결된 컴퓨팅 시스템에 대한 도메인 간 신뢰 및 보안을 지원한다. 독립적이고 제어 가능한 신뢰할 수 있는 보안 기술 및 지원 시스템을 구축하여 데이터 융합, 공유 및 개방을 실현한다. 또한, 데이터 보호, 암호화, 인증 및 권한 관리 등 다양한 보안 메커니즘을 구현하여 시스템의 안정성과 신뢰성을 확보한다.
- 자동화 및 정밀성: 지능형 컴퓨팅은 작업 지향적으로, 컴퓨팅 자원을 매칭시키고 자동 수요 계산 및 정확한 시스템 재구성을 실현한다. 시스템 아키텍처는 작업 실행에 따라 지속적으로 조정되며 직접 결합 재구성은 소프트웨어 및 하드웨어 수준에서 수행된다. 컴퓨팅 프로세스의 자동

화에는 자동 자원 관리 및 스케줄링, 자동 서비스 생성 및 프로비저닝, 작업 수명 주기의 자동 관리 등이 포함되며, 이는 지능형 컴퓨팅의 친화성, 가용성 및 서비스를 평가하는 데 핵심적인 역할을 한다. 컴퓨팅 결과의 정밀도는 컴퓨팅 서비스를 기반으로 컴퓨팅 작업의 빠른 처리 및 컴퓨팅 자원의 적시 매칭 등을 포함한다.

- 협력 및 보편화: 지능형 컴퓨팅은 다양한 감각 능력을 갖춘 이질적 요소의 활용, 서로 보완적인 컴퓨팅 자원, 그리고 컴퓨팅 노드 기능의 협업과 경쟁이라는 동적인 교차 작용을 통해 기존 다양한 기술의 시너지 효과를 극대화할 수 있다. 이는 종단 간 클라우드 협업, 다른 시스템과의 상호 연결, 그리고 자원의 유연한 공유 등을 통해 다양한 서비스를 지원하며 협업 환경을 제공한다. 또한, 인간과 기계 간의 협력을 강화함으로써 지능형 작업에 요구되는 지능 수준을 향상하는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 기술의 보편화는 지능형 컴퓨팅의 이론적 방법론, 아키텍처 시스템 및 기술적 접근 방식을 결합하여 어디에서나 컴퓨팅을 가능하게 한다.

3. 지능형 컴퓨팅 적용 분야

지능형 컴퓨팅은 기술적인 발전을 통해 컴퓨팅 시스템이 인간과 상호작용하고, 문제를 해결하며, 자동화된 의사결정을 내릴 수 있는 능력을 갖추도록 한다. 또한, 지능형 컴퓨팅은 데이터 분석, 패턴 인식, 자연어 처리 등의 인공지능 기술을 활용하여 복잡한 문제를 해결하고, 사용자 경험을 개선하기 위해 적용된다. 이에 이 절에서는 다양한 산업 분야에서 현실 세계의 문제를 해결하면서 혁신과 발전을 이끄는 지능형 컴퓨팅의 적용 분야에 대해 살펴보고자 한다.

가. 스마트 시티

스마트 시티는 지능형 컴퓨팅 기술을 활용하여 도시의 다양한 측면을 관리하고 최적화하는 시스템 구축을 통해 실시간으로 데이터를 수집 및 분석하여 도시의 교통, 에너지, 환경 등을 효율적으로 관리하고 시민들의 생활 편의성을 개선한다. 스마트 시티의 주요 기능은 다음과 같다.

- **교통 관리:** 실시간으로 교통 데이터를 수집 및 분석하고 인공지능 알고리즘을 활용하여 도로 혼잡 상황을 예측하고, 신호 제어 시스템을 최적화하여 차량 흐름을 개선하고 혼잡을 완화할 수 있다.
- **에너지 관리:** 스마트 그리드와 연계하여 에너지 사용량을 모니터링하고, 수요 예측을 통해 전력 공급을 최적화한다. 이를 통해 에너지 효율성을 높이고 지속적 에너지 관리를 실현할 수 있다.
- **환경 모니터링:** 센서 네트워크를 이용하여 대기 오염, 소음, 온도 등의 환경 데이터를 수집하고 분석한다. 이를 통해 도시의 환경 상태를 모니터링하고 적절히 조치할 수 있다.

나. 스마트 홈

스마트 홈은 지능형 컴퓨팅 기술을 활용하여 가전제품이나 홈 자동화 시스템을 연결하고 제어하는 시스템 구축을 통해 생활 방식을 학습하고 편의와 에너지 효율을 개선한다. 스마트 홈의 주요 기능은 다음과 같다.

- **에너지 관리:** 스마트 미터링을 통해 에너지 사용량을 모니터링하고, 스마트 조명, 스마트 열 관리 시스템 등을 활용하여 에너지 소비를 최적화한다. 이를 통해 에너지 절감과 효율성을 높일 수 있다.
- **보안 시스템:** 센서와 카메라를 통해 집 안의 움직임이나 침입을 감지하고, 사용자에게 경고 알림을 보내거나 자동으로 조치를 취한다. 이를 통해 스마트 홈의 보안과 안전을 강화할 수 있다.

직업이나 침입을 감지하고, 사용자에게 경고 알림을 보내거나 자동으로 조치를 취한다. 이를 통해 스마트 홈의 보안과 안전을 강화할 수 있다.

- **생활 편의 기능:** 음성 인식 기술을 통해 음악 재생, 가전제품 제어, 일정 관리 등의 생활 편의 기능을 제공한다. 사용자는 스마트 홈 시스템을 통해 일상적인 작업을 간편하게 수행할 수 있게 된다.

다. 스마트 헬스케어

스마트 헬스케어는 지능형 컴퓨팅 기술을 활용하여 의료 기기, 건강 관리 앱 등을 통합하고 개인의 건강 데이터를 분석하여 예방, 진단, 치료 등을 지원하는 시스템을 구축한다. 의료 이미지 분석을 통해 종양 감지, 병변 분류, 암 예측 등의 진단 지원 시스템이 개발되고 있고, 환자 데이터를 분석하여 맞춤형 치료 계획을 수립하는 데 활용된다. 스마트 헬스케어의 주요 기능은 다음과 같다.

- **건강 모니터링:** 착용 가능한 센서를 통해 심박수, 수면 패턴, 활동량 등을 실시간으로 모니터링하고, 데이터를 분석하여 개인의 건강 상태를 평가한다. 이를 통해 개인 맞춤형 건강 관리와 예방을 지원할 수 있다.
- **원격 의료:** 화상 통화와 의료 기기 연결을 통해 원격으로 의사와 환자가 상담하고 진단받을 수 있다. 이를 통해 지리적인 제약을 극복하고 의료 서비스의 접근성을 향상시킬 수 있다.
- **알림 및 예방:** 개인의 건강 정보를 기반으로 알림과 조언을 제공하여 예방적인 건강 관리를 돕는다. 예를 들어 약물 복용 알림, 운동 권장, 건강 관련 정보 제공 등을 통해 개인 맞춤형 건강 관리를 지원할 수 있다.

라. 자율 주행차

자율 주행차는 다양한 센서나 카메라를 사용하여 주변 환경을 감지하고, 지능형 컴퓨팅을 활용하여 수집한 데이터를 실시간으로 분석하여 주행 결정을 내린다. 자율 주행차의 주요 기능은 다음과 같다.

- **센서 데이터 처리:** 자율 주행차는 라이다, 레이더, 카메라 등과 같은 다양한 센서를 사용하여 주변 환경을 감지한다. 이러한 센서에서 수집된 데이터는 지능형 컴퓨팅 시스템으로 전달되어 머신러닝 및 딥러닝 알고리즘을 활용해 처리된다. 이를 통하여 자율 주행차는 객체 인식, 차선 인식, 장애물 감지 등을 수행할 수 있다.
- **주행 결정:** 자율 주행차는 센서 데이터를 분석하여 주행에 필요한 결정을 내린다. 예를 들어, 인공지능 알고리즘과 실시간 의사결정 기술을 사용하여 주변 차량의 위치와 속도를 분석한다. 이를 통하여 자율 주행차는 안전한 차선 변경이나 정지 신호 대기 등의 주행 결정을 수행할 수 있다.
- **학습 기능:** 지능형 컴퓨팅 시스템을 통해 주행 중에 발생하는 상황과 데이터를 학습하여 알고리즘을 업데이트하고, 주행 성능을 지속적으로 향상시킨다. 이를 통해 자율 주행차는 경험을 쌓아가며 점점 더 정확하고 안전한 주행을 수행할 수 있다.

마. 스마트 제조

스마트 제조 분야에서는 지능형 컴퓨팅 기술을 활용하여 불량품 감지, 공정 오류 예방, 생산 계획 최적화 등을 통하여 제조 공정의 최적화 및 자동화를 지원한다. 스마트 제조에서의 주요 기능은 다음과 같다.

- **생산 계획 최적화:** 지능형 컴퓨팅은 데이터 분석과 인공지능 알고리즘을 활용하여 생산 계획

을 최적화할 수 있다. 주문 수량, 재고 상황, 생산 설비 용량 등의 데이터를 분석하여 생산 계획을 조정하고, 생산 설비의 효율성과 생산 비용을 최적화한다. 이를 통해 생산 리드타임을 단축하고 고객 만족도를 향상시킬 수 있다.

- **품질 관리 및 예측 유지보수:** 지능형 컴퓨팅은 센서 데이터와 기계 학습 알고리즘을 활용하여 제품 품질을 모니터링하고, 불량품을 사전에 예측하고 제거할 수 있다. 또한, 설비 상태를 실시간으로 모니터링하여 고장을 예측하고 예방적인 유지보수를 수행한다. 이를 통해 품질을 향상시키고 생산 중단을 최소화할 수 있다.
- **자동화 및 로봇화:** 지능형 컴퓨팅은 로봇과 자동화 장비를 제어하는 데도 활용된다. 센서 데이터와 알고리즘을 활용하여 로봇의 동작을 최적화하고 생산 설비에 자동화 시스템을 적용한다. 이를 통해 작업의 정확성과 속도를 향상시키며 인력 비용을 절감할 수 있다.
- **공급망 관리:** 지능형 컴퓨팅은 생산 과정을 관리하는 동시에 공급망을 최적화하는 데도 활용된다. 수요 예측을 위한 데이터 분석과 인공지능 알고리즘을 활용하여 재고를 최적화하고 납품 일정을 관리한다. 이를 통해 재고 비용을 절감하고 공급망의 유연성과 반응성을 향상시킬 수 있다.

III. 지능형 컴퓨팅 표준화 동향

이 장에서는 ISO/IEC JTC 1/AG 2(JET1)[6]에서 현재 개발 중인 지능형 컴퓨팅에 대한 기술보고서를 중심으로 ISO/IEC JTC 1[7] 내에서의 지능형 컴퓨팅 표준화 동향에 관해서 기술한다.

ISO/IEC JTC 1은 국제표준화기구(ISO)와 국제전기기술위원회(IEC)의 합동기술위원회로 정보 기술

분야의 국제 표준 개발을 주관하고 있으며, 인공지능, 스마트 시티, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등 다양한 기술 분야에 대한 표준을 개발하고 있다[7]. JTC 1은 정보 기술 분야의 국제 표준 개발을 통해 기술과 서비스의 원활한 국제 교류를 촉진하고, 새로운 기술의 개발과 혁신을 끌어내고 있다.

현재 JTC 1 내에서는 지능형 컴퓨팅을 정확하게 정의하고 활용하는 그룹은 없지만, 각 그룹에서는 자신들의 분야에 맞는 개념으로 지능형 컴퓨팅을 활용하고 있다. 이 장에서는 지능형 컴퓨팅을 활용하고 있는 주요 그룹인 JTC 1/SC 38, JTC 1/SC 41, 그리고 JTC 1/SC 42에서의 지능형 컴퓨팅 표준화 동향을 살펴보고자 한다.

1. ISO/IEC JTC 1/SC 38

ISO/IEC JTC 1/SC 38은 클라우드 컴퓨팅 및 분산 플랫폼에 대한 국제 표준을 개발하는 JTC 1 산하 기술위원회이다. JTC 1/SC 38은 클라우드 컴퓨팅 및 분산 컴퓨팅 관련 개념, 용어, 모델, 아키텍처, 프레임워크, 서비스, API, 프로토콜 등의 표준화를 담당하며, 이를 통해 해당 기술의 신뢰성, 안전성, 효율성, 호환성을 향상하는 데 기여하고 있다[8].

지능형 컴퓨팅은 클라우드 기반 애플리케이션과 서비스에서 발생하는 방대한 양의 데이터 처리와 분석을 위해 필요한 알고리즘과 기술을 제공한다. 이러한 기술에는 머신러닝, 자연어 처리, 데이터 분석 등이 포함된다. 클라우드 기반 애플리케이션은 지능형 컴퓨팅을 활용하여 사용자에게 정확하고 개인화된 서비스를 제공함으로써 전반적인 성능과 효율성을 향상시킬 수 있다. 따라서 지능형 컴퓨팅은 클라우드 컴퓨팅과 분산 플랫폼에서 중요한 역할을 담당하며, 이는 JTC 1/SC 38의 주요 관심사이다. JTC 1/SC 38은 클라우드 컴퓨팅과 관련된 다양

한 측면에서 보안, 상호운용성, 관리 등의 표준을 개발하는 데 중점을 두고 있으며, 지능형 컴퓨팅은 이러한 각 영역에서 핵심적인 역할을 할 수 있다. 예를 들어 지능형 컴퓨팅은 보안 위협을 실시간으로 감지 및 대응하고, 다양한 클라우드 기반 애플리케이션 및 서비스의 상호운용성을 보장하며, 클라우드 기반 환경에서 컴퓨팅 자원 할당을 최적화하는 데 사용될 수 있다.

JTC 1/SC 38에서 지능형 컴퓨팅의 또 다른 중요한 측면은 엣지 컴퓨팅 사용과 관련된 표준을 개발하는 것이다. 엣지 컴퓨팅은 지능형 컴퓨팅 기술을 활용하여 모바일 기기나 센서와 같이 데이터가 생성된 위치에 더 가까운 곳에서 데이터를 처리하는 것이다. 이를 통해 엣지 컴퓨팅은 데이터를 로컬에서 처리함으로써 클라우드 기반 애플리케이션의 지연 시간 및 대역폭 요구사항을 감소시키고 전반적인 성능과 효율성을 개선할 수 있다.

JTC 1/SC 38 관점에서의 지능형 컴퓨팅에 대한 개념은 클라우드 컴퓨팅 및 분산 플랫폼에서 지능형 컴퓨팅 기술을 안전하고 효과적으로 사용하는 것이다. 여기에는 보안, 상호운용성, 클라우드 서비스 관리, 엣지 컴퓨팅 사용과 관련된 표준 개발이 포함된다. 이러한 분야의 표준을 제정함으로써 JTC 1/SC 38은 클라우드 기반 애플리케이션 및 서비스에서 지능형 컴퓨팅 기술의 채택을 촉진하고 상호운용성과 보안을 보장하는 것을 지향한다.

표 1은 JTC 1/SC 38에서 개발된 주요 표준 중에서 지능형 컴퓨팅과 관련이 있는 표준을 보여준다.

2. ISO/IEC JTC 1/SC 41

ISO/IEC JTC 1/SC 41은 사물인터넷 및 디지털 트윈에 대한 국제 표준을 개발하는 JTC 1 산하 기술위원회이다. JTC 1/SC 41은 사물인터넷 기기 및 네

표 1 지능형 컴퓨팅 관련 JTC 1/SC 38 주요 표준

표준 번호	표준명
ISO/IEC 22123 series	Cloud computing — Vocabulary, Concepts, Reference architecture
ISO/IEC TS 23167	Cloud computing — Common technologies and techniques
ISO/IEC 19944 series	Cloud computing and distributed platforms — Data flow, data categories and data use
ISO/IEC 22624	Cloud computing — Taxonomy based data handling for cloud services
ISO/IEC TR 23186	Cloud computing — Framework of trust for processing of multi-sourced data
ISO/IEC 23751	Cloud computing and distributed platforms — Data sharing agreement(DSA) framework
ISO/IEC TR 23188	Cloud computing — Edge computing landscape
ISO/IEC DIS 5140 (개발 중)	Cloud computing — Concepts for multi-cloud and the use of multiple cloud services
ISO/IEC PWI 11034 (개발 중)	Cloud computing — Trustworthiness in cloud computing
ISO/IEC AWI TS 10866 (개발 중)	Cloud computing and distributed platforms — Framework and concepts for organizational autonomy and digital sovereignty

트위크의 상호운용성, 보안 및 개인정보 보호, 데이터 관리, 통신 프로토콜 등의 다양한 측면에서 표준을 개발하고 있으며, 이를 통해 기기 간의 상호 연결성, 데이터의 신뢰성 및 보안, 서비스 품질 향상 등을 목표로 하고 있다[9].

JTC 1/SC 41은 사물인터넷에서 생성되는 대량의 데이터를 표준화된 방식으로 관리 및 처리한다. 이러한 데이터는 지능형 컴퓨팅에 활용되어 예측, 패턴 인식, 이상 탐지 등과 같은 고급 데이터 분석 기술을 통해 실시간 의사결정을 지원한다. 지능형 컴퓨팅은 JTC 1/SC 41의 표준을 활용하여 사물인터넷

의 데이터를 분석하고 통찰력을 도출하는 데 활용될 수 있다. 또한, JTC 1/SC 41은 사물인터넷에서 발생하는 실시간 데이터의 처리 및 응답에 중점을 두는 반면, 지능형 컴퓨팅은 실시간으로 수집된 데이터를 분석하고 자율적인 응답 시스템을 개발하는 데 활용된다. 따라서 사물인터넷에서 수집된 데이터를 기반으로 한 지능형 컴퓨팅은 자동화된 응답 및 의사결정을 통해 시스템의 자율성과 효율성을 향상시킬 수 있다.

또한, JTC 1/SC 41은 사물인터넷에서 발생하는 데이터의 보안 및 개인정보 보호를 위한 표준을 개발한다. 이는 지능형 컴퓨팅에서 중요한 요소로 작용하며, 데이터 분석 및 처리 시 보안 및 개인정보 보호 측면에서 적절한 접근과 규정을 제공하여 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

JTC 1/SC 41에서 지능형 컴퓨팅의 또 다른 중요한 측면은 IoT 엣지 컴퓨팅 사용과 관련된 표준 개발이다. IoT 엣지 컴퓨팅은 사물인터넷에서 생성되는 대량의 데이터를 엣지 장치에서 처리하고 지능형 컴퓨팅은 IoT 엣지 컴퓨팅에서 처리된 데이터를 분석하고 응용하여 중앙 서버로의 대역폭 요구를 줄이고, 네트워크 지연을 최소화할 수 있다.

JTC 1/SC 41 관점에서의 지능형 컴퓨팅에 대한 개념은 사물인터넷 애플리케이션 및 시스템에서 지능형 컴퓨팅 기술을 효과적으로 사용하는 것이다. 여기에는 상호운용성, 보안, 개인정보 보호 및 IoT 엣지 컴퓨팅과 관련된 표준 개발이 포함된다. 이러한 분야의 표준을 수립함으로써 JTC 1/SC 41은 사물인터넷에서 지능형 컴퓨팅 기술의 채택을 촉진하고 상호운용성, 보안 및 개인정보 보호를 보장하는 것을 지향한다.

표 2는 JTC 1/SC 41에서 개발된 주요 표준 중에서 지능형 컴퓨팅과 관련이 있는 표준을 보여준다.

표 2 지능형 컴퓨팅 관련 JTC 1/SC 41 주요 표준

표준 번호	표준명
ISO/IEC 20924	Internet of Things(IoT) — Vocabulary
ISO/IEC 30165	Internet of Things(IoT) — Real-time IoT framework
ISO/IEC TR 30164	Internet of Things(IoT) — Edge computing
ISO/IEC TR 30166	Internet of Things(IoT) — Industrial IoT
ISO/IEC 30162	Internet of Things(IoT) — Compatibility requirements and model for devices within Industrial IoT systems
ISO/IEC 30141	Internet of Things(IoT) — Reference architecture
ISO/IEC 20924	Internet of Things(IoT) — Vocabulary
ISO/IEC 30178 (개발 중)	Internet of Things(IoT) — Data format, value and coding
ISO/IEC 30173 (개발 중)	Digital twin — Concepts and terminology
ISO/IEC TR 30172 (개발 중)	Digital twin — Use cases

3. ISO/IEC JTC 1/SC 42

ISO/IEC JTC 1/SC 42는 인공지능 표준화를 위한 JTC 1 산하 기술위원회이다. JTC 1/SC 42는 인공지능 시스템의 설계, 구현, 동작, 평가, 보안 등의 다양한 측면에서 표준을 개발하고 있으며, 인공지능 기술의 상호운용성, 표준 기반의 데이터 및 지식 표현, 모델의 표준화, 안전성 및 신뢰성, 윤리 및 사회적 책임 등을 다루며, 이를 통해 인공지능 기술의 확산과 적용을 촉진하고 있다[10].

JTC 1/SC 42는 인공지능 알고리즘, 기계 학습 모델, 자연어 처리 기술 등과 같은 인공지능 기술의 표준화를 하고 있으며, 이는 지능형 컴퓨팅 시스템

의 상호운용성과 호환성 지원에 중요한 역할을 한다. 또한, JTC 1/SC 42의 표준은 데이터의 표준화와 관련하여 중요한 지침을 제공하기 때문에 대량의 데이터를 처리하고 분석하여 의미 있는 정보를 도출하는 기술인 지능형 컴퓨팅의 데이터 구조, 형식, 품질, 보안 및 개인정보 보호 등을 다루는 데도 도움이 된다. 따라서 상호운용성은 원활하고 효율적으로 함께 작동하고 데이터와 지식을 효과적으로 공유할 수 있는 인공지능 시스템을 개발하는 것에 매우 중요하기 때문에 인공지능과 빅데이터를 다양한 응용 분야에 적용하는 데 중점을 두고 있는 JTC 1/SC 42의 표준은 지능형 컴퓨팅의 다양한 응용 분야에 표준을 제공하여 지능형 컴퓨팅 시스템의 상호운용성을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 인공지능 기반의 의료 진단 시스템, 스마트 시티, 자율주행차, 인공지능 보안 등의 응용 분야에서 JTC 1/SC 42의 표준은 지능형 컴퓨팅의 개발과 적용을 지원하게 된다.

JTC 1/SC 42는 인공지능 거버넌스와 관련된 표준 개발에도 주력하고 있다. 여기에는 인공지능의 책임 있는 사용을 위한 지침을 수립하고, 윤리적이고 투명한 인공지능 시스템 개발을 촉진하며, 사회에 도움이 되는 방식으로 인공지능이 사용되도록 보장하는 것이 포함된다. 지능형 컴퓨팅은 데이터의 수집, 저장, 분석, 처리 등을 효율적으로 수행할 수 있는 컴퓨팅 기술을 포함하고 있다. 이러한 데이터 관리와 처리의 과정에서 인공지능의 거버넌스 원칙과 요구사항들을 준수하고 적용하는 것이 중요하다. 따라서 JTC 1/SC 42에서는 지능형 컴퓨팅의 데이터 품질, 보안, 개인정보 보호 등을 고려한 표준 개발이 필요하다.

표 3은 JTC 1/SC 42에서 개발된 주요 표준 중에서 지능형 컴퓨팅과 관련이 있는 표준을 보여준다.

표 3 지능형 컴퓨팅 관련 JTC 1/SC 42 주요 표준

표준 번호	표준명
ISO/IEC 22989	Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology
ISO/IEC 20546	Big data — Overview and vocabulary
ISO/IEC TR 24028	Artificial intelligence — Overview of trustworthiness in artificial intelligence
ISO/IEC TR 24368	Artificial intelligence — Overview of ethical and societal concerns
ISO/IEC TR 20547 series	Big data reference architecture
ISO/IEC 23053	Framework for Artificial Intelligence(AI) Systems Using Machine Learning(ML)
ISO/IEC 24668	Artificial intelligence — Process management framework for big data analytics
ISO/IEC 12792 (개발 중)	Artificial intelligence — Transparency taxonomy of AI systems
ISO/IEC 5339 (개발 중)	Artificial intelligence — Guidance for AI applications
ISO/IEC 17903 (개발 중)	Artificial intelligence — Overview of machine learning computing devices

IV. 결론

지능형 컴퓨팅은 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷 등 다양한 기술의 발전과 융합으로 등장한 새로운 컴퓨팅 패러다임이다. 이를 통해 데이터 처리 능력뿐만 아니라 지능적인 의사결정과 문제 해결 능력이 향상되었다. 기존의 컴퓨팅 기술은 데이터 처리와 계산 능력에 중점을 두었지만, 지능형 컴퓨팅은 데이터의 학습, 추론, 패턴 인식 등을 통해 지능적인 의사결정을 수행하는 능력을 갖추고 있으며, 이미 스마트 시티, 스마트 홈, 스마트 헬스케어, 자율주행차, 스마트 제조 등 다양한 분야에 적용되고 있다.

본고에서는 지능형 컴퓨팅의 개념, 특징, 적용 사례 및 ISO/IEC JTC 1에서의 표준화 현황을 살펴보았다. JTC 1/SC 38, JTC 1/SC 41, JTC 1/SC 42 등에서 지능형 컴퓨팅에 대한 표준화 노력이 활발히 진행되고 있으며, 각각의 영역에 맞는 관련 표준이 개발 중이다. 그러나 효율적이고 상호운용성 있는 지능형 컴퓨팅 시스템을 구현하기 위해서는 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷 등 관련 기술 간의 표준화 그룹들의 융합과 협력이 필요하다. 따라서 지능형 컴퓨팅의 성공적인 발전을 위해서는 관련 표준화 그룹들이 협업하고 효율적인 표준화 프로세스를 구축해야 한다. 이를 통해 지능형 컴퓨팅 시스템의 상호운용성과 개발 생태계를 강화할 수 있을 것이다. 또한, JTC 1/AG 2에서는 JTC 1/SC 38, JTC 1/SC 41, JTC 1/SC 42 등의 표준화 현황 분석을 바탕으로 지능형 컴퓨팅에 대한 기술보고서를 개발 중이며, 이를 통해 JTC 1에서의 지능형 컴퓨팅에 대한 표준화 지침을 제공할 예정이다.

지능형 컴퓨팅은 아직 개발 초기 단계에 있지만, 예측할 수 없는 문제 해결, 자율적인 시스템 제어, 개인 맞춤형 서비스 제공 등 지능형 컴퓨팅의 잠재력과 영향력은 무궁무진하다. 앞으로는 우리 삶의 많은 부분에 지능형 컴퓨팅이 보편화되어 더욱 편리하고 지능적인 서비스를 제공할 것으로 예상된다. 따라서 산업계와 학계는 지능형 컴퓨팅에 관한 연구와 혁신을 지속적으로 추진하고, 이를 적극적으로 채택하여 관련 기술 및 산업 경쟁력을 강화해 나가야 할 것이다.

용어해설

지능형 컴퓨팅 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷 등 다양한 기술의 발전과 융합으로 등장한 새로운 컴퓨팅 패러다임으로 데이터 처리 능력뿐만 아니라 데이터의 학습, 추론, 패턴 인식 등을 통해 지능적인 의사결정을 수행하는 능력도 갖춘

약어 정리

AG	Advisory Group
AI	Artificial Intelligence
CPU	Central Processing Unit
GPT	Generative Pre-trained Transformer
GPU	Graphics Processing Unit
IEC	International Electrotechnical Commission
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
JETI	JTC 1 Emerging Technology and Innovation
JTC	Joint Technical Committee
SC	Sub Committee
TR	Technical Report

참고문헌

- [1] S. Zhu et al., "Intelligent computing: The latest advances, challenges, and future," *Intell. Comput.*, vol. 2, 2023.
- [2] 네이버 블로그, "인공지능 기술의 발전 과정과 현재 상황," 2023. 4. 16.
- [3] Y. LeCun et al., "Deep learnig," *Nature*, vol. 521, 2015, pp. 436-444.
- [4] 네이버 블로그, "컴퓨터 역사 지금까지의 발전 과정과 미래에 대해 알아봐요," 2023. 5. 28.
- [5] W. Isaacson, *The Innovators: How a Group of Hackers, Geniuses, and Geeks Created the Digital Revolution*, Simon and Schuster, New York, NY, USA, 2014.
- [6] <https://jtc1info.org/sd-2-history/jtc-1-advisory-groups/ag2/>
- [7] <https://jtc1info.org/>
- [8] <https://www.iso.org/committee/601355.html>
- [9] <https://www.iso.org/committee/6483279.html>
- [10] <https://www.iso.org/committee/6794475.html>