

사물인터넷 기반 디지털 농업을 위한 기술 진화와 표준화 전략

최문환, 최영환

한국전자통신연구원

mhchoi@etri.re.kr, yhc@etri.re.kr

Evolving Technologies and Standardization Strategies for IoT-based Digital Agriculture

Choi Mun Hwan, Choi Younghwan

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 디지털 농업 기술의 진화 흐름과 이에 따른 국내의 표준화 동향을 분석하고, 향후 표준화 발전 방향을 제시한다. 분석 결과, 국내 단체표준은 센서, 제어기 등 현장 중심 기술에 초점을 맞추고 있으며, 국제표준은 데이터 구조, 플랫폼, 서비스 모델 등 상위 계층 중심의 정합성 확보에 중점을 두고 있음이 확인되었다. 또한 IoT 기반 기술에서 출발한 디지털 농업은 AI, 클라우드, 자율 네트워크 등과 융합되며 지능형 농업 시스템으로 고도화되고 있다. 이에 따라 기술 계층별 다층적 표준화, 국제표준 연계형 전략, 실증 기반 접근, 자율형 농업 구현을 위한 선제적 표준화 기획이 요구된다. 본 연구는 이러한 관점에서 디지털 농업 분야의 실용적이고 전략적인 표준화 방향을 제안한다.

I. 서 론

기후 변화, 노동력 부족, 식량 안보 등 농업이 직면한 구조적 문제를 해결하기 위한 대안으로, 첨단 정보통신기술(ICT) 기술을 접목한 디지털 농업이 전 세계적으로 주목받고 있다. 디지털 농업은 단순한 농작업 자동화를 넘어, 생육환경의 실시간 분석과 정밀 제어, 데이터 기반의 예측 및 의사결정 지원을 통해 농업의 생산성과 지속가능성을 동시에 제고하는 지능형 농업 시스템으로 정의할 수 있다. 관련 기술의 발전에 따라 디지털 농업을 설명하는 용어는 정밀농업, 스마트농업, 스마트파밍 등으로 다양하게 사용되고 있으나, 본 논문에서는 이를 포괄하는 상위 개념으로 ‘디지털 농업’을 사용한다. 초기에는 사물인터넷(IoT)을 중심으로 디바이스 간 연결과 원격 제어 기술이 중심이었으나, 최근에는 인공지능(AI), 데이터 플랫폼, 클라우드 및 엣지 컴퓨팅 등과의 융합을 통해 보다 복잡적이고 통합된 기술 체계로 진화하고 있다.

본 논문은 이러한 기술 변화 흐름과 표준화 동향을 바탕으로, 필자가 최근 한국통신학회 「정보와 통신」에 기고한 원고의 주요 내용을 소개한다[1].

II. 국내의 표준화 동향

(1) 국내 표준화 동향

국내에서는 TTA PG426(스마트 농축수산물 프로젝트 그룹)을 중심으로 디지털 농업 단체표준이 활발히 개발되고 있다. 초기에는 온실 환경 제어, 수분/온도 센서, 제어기 등 하드웨어 기반 표준이 주를 이루었으며, 점차 노지 재배, 축사, 수산양식 등 적용 분야가 다변화되면서 시스템 연동, 데이터 관리, 플랫폼 구조 등으로 확대되고 있다.

PG426의 표준은 제정 시기를 기준으로 3단계로 구분할 수 있다. 1단계(2012~2017)는 센서·구동기 기반 기초 기술 중심, 2단계(2018~2021)는 시스템 연동 및 다양한 재배 환경 다변화, 3단계(2022~현재)는 데이터 구조, 플랫폼 연계, 서비스 프레임워크 중심으로 개발이 진행되고 있다. 특히 최근에는 AI 기반 데이터 처리 구조, 메타데이터 정의, 서비스 기반 플랫폼

아키텍처 등의 고도화 기술이 반영된 표준이 증가하고 있으며, 수산양식 분야를 포함한 새로운 적용 분야도 확대되고 있다. 전체적으로는 실증 프로젝트와 밀접한 연계를 바탕으로, 농업 현장의 현실을 반영한 실용 표준이 개발되고 있다[2].

(2) 국제 표준화 동향

국제 표준화는 ITU-T SG20과 SG13을 중심으로 활발히 추진되고 있다. SG20은 IoT 기술을 활용한 디지털 농업 응용 서비스, 디바이스 연동 구조, 데이터 구조화, 플랫폼 설계 등 실용적인 현장 적용 기술을 중심으로 표준화를 진행하고 있다. 예컨대 Y.4482, Y.4466 등에서는 생육 환경 모니터링, 데이터 상호운용, 플랫폼 요구사항 등이 제시된다. SG13은 AI, 클라우드, 빅데이터 기반의 네트워크 아키텍처와 고도화된 분석 프레임워크 설계를 중심으로, 상위 계층의 지능형 기술 표준을 주도하고 있다[3][4]. 두 그룹의 접근 방식은 기술 계층 측면에서 상호보완적이며, IoT 연결 기반 구조와 AI·데이터 중심의 플랫폼 구조를 유기적으로 연계하는 방향으로 발전하고 있다. 이러한 국제 표준화 흐름은 국내 단체표준과의 구조적 연계 가능성 확보를 위한 전략적 판단에 중요한 시사점을 제공한다.

III. 디지털 농업 기술 진화와 표준화 전략 방향

디지털 농업은 단순한 농업 자동화를 넘어, 데이터 기반의 고도화된 지능형 시스템으로 발전하고 있다. 이러한 기술 진화는 IoT를 기반으로 하여 AI, 클라우드·엣지 컴퓨팅, 플랫폼 통합 기술 등 다양한 ICT의 융합을 통해 이루어지고 있으며, 이에 따라 표준화 또한 기술 흐름을 반영한 방향성과 전략적 대응이 요구되고 있다. 본 절에서는 디지털 농업 관련 핵심 기술의 발전 흐름과 이에 부합하는 표준화 전략을 중심으로 향후 발전 방향을 제시하고자 한다[5][6].

1. 디지털 농업 관련 기술 진화의 흐름

디지털 농업은 단순한 IoT 기반의 원격 제어 기술을 넘어, AI와 데이터 중심의 자동화·자율화 구조로 진화하고 있다. 초기에는 센서와 제어기를 통한 환경 모니터링 및 원격 제어에 중점을 두었지만, 현재는 농업 환경에서 발생하는 대량의 데이터를 실시간으로 수집·분석하고, 이를 기반으로 지능적인 판단과 실행이 가능한 체계로 발전하고 있다.

특히, IoT 기술의 성숙과 함께 엣지 컴퓨팅, 자율형 네트워크(Self-Organization Networking, SON) 기술 등이 접목되면서, 농업 현장에서 실시간으로 의사결정을 수행할 수 있는 기술 기반이 마련되고 있다. 이는 중앙 집중형 제어에서 벗어나 현장 기반의 분산형 지능 구조로의 전환을 의미하며, 자율형 디지털 농업 시스템의 실현 가능성을 높이고 있다. 또한, 데이터 기반 기술은 단순한 수집을 넘어 정형화된 데이터 구조 설계, 상호운용성 확보를 위한 데이터 모델링, AI 적용을 고려한 전처리 체계와 같은 구조적 접근이 요구되고 있다. 특히 클라우드와 엣지 기반의 다계층 분석 구조는 실시간 대응과 고도화된 데이터 처리 간의 균형을 확보할 수 있는 방안으로 주목받고 있다.

AI 기술은 병해충 탐지, 생육 예측, 수확량 분석 등 농업 전 주기에 걸쳐 활용되며, 특히 현장 단말기에서 AI 분석을 수행하는 AI on Device 기술은 저지연 실시간 대응이 필요한 농업 환경에 적합한 방향으로 주목받고 있다. 이와 함께 디지털 농업 플랫폼은 단순한 데이터 허브 기능을 넘어, AI 분석, 제어 기능, 서비스 연계까지 아우르는 복합 기능을 수행하는 통합 운영체제로 진화하고 있다. 나아가, 자율주행 로봇, 드론 등 스마트 장비의 연동을 위한 통신 인터페이스와 실시간 반응 구조 설계도 중요한 기술 과제로 부상하고 있다.

2. 디지털 농업 분야 표준화 발전 방향과 전략

디지털 농업의 고도화를 실현하기 위해서는 기술 진화의 흐름을 반영한 다층적이고 전략적인 표준화 접근이 필요하다.

첫째, 기술 계층별로 구분된 다층적 표준화 전략이 요구된다. 센서, 제어기, 통신 모듈 등 기초 연결 계층에서는 다양한 디바이스 간의 안정적인 연동과 통신 정합성을 확보하는 것이 중요하며, 데이터 계층에서는 데이터의 구조화, 모델링, 상호운용성 보장을 통해 다양한 시스템 간 데이터 흐름을 일관성 있게 연결할 수 있어야 한다. 마지막으로 응용 계층에서는 AI 분석, 플랫폼 구조, 자율 제어 등의 고도화된 기술이 통합적으로 작동할 수 있도록 표준화가 이루어져야 하며, 이는 시스템 전체의 확장성과 유연성을 확보하는 기반이 된다.

둘째, 국제표준과의 정합성 확보도 필수적이다. 국내에서는 TTA PG426을 중심으로 다양한 단체표준이 개발되고 있으나, 글로벌 기술 생태계와의 연계성이 강화되지 않으면 국내 기술이 국제 무대에서 단절될 위험이 있다. 특히 ITU-T 등에서 개발된 데이터 구조, AI 모델링, 서비스 플랫폼 관련 표준과의 정합성을 고려하여 국내 표준을 설계하고, 향후 국제표준으로의 확장 가능성도 함께 검토해야 한다. 이를 통해 국내 단체표준은 기술적 완성도뿐만 아니라 국제 경쟁력도 갖춘 실용 표준으로 자리매김할 수 있을 것이다.

셋째, 현장 중심의 실증 기반 표준화가 강조되어야 한다. 디지털 농업은 적용 환경의 다양성이 크기 때문에, 기술 표준화가 실효성을 가지기 위해서는 농장, 축사, 수산양식 등 각 현장 조건을 반영한 실증 데이터를 기반으로 한 접근이 필요하다. 단순 기술 중심의 명세를 넘어서, 실제 현장에서의 운영 경험과 문제 해결 과정을 표준화에 반영함으로써 실용성과 수용성을 높일 수 있다.

마지막으로, 자율형 디지털 농업 실현을 위한 장기적 표준화 로드맵이 필요하다. 디지털 농업의 미래는 AI 기반의 실시간 의사결정, 자율형 네트워

크 구성, 엣지 기반 AI 분석 등으로의 전환을 내포하고 있다. 이를 위해서는 단기적인 기술 대응을 넘어, 변화하는 기술 환경을 선제적으로 예측하고 이를 체계적으로 반영할 수 있는 중장기 표준화 전략이 요구된다. 특히 자율형 농업 시스템을 위한 핵심 기술 간 연계성 확보와 다계층 지능 구조의 통합은 향후 표준화의 주요 방향이 될 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 디지털 농업 분야의 기술 진화 흐름과 이에 따른 국내의 표준화 동향을 분석하고, 향후 표준화의 발전 방향과 전략을 제시하였다. 분석 결과, 국내 표준은 주로 센서, 제어기, 인터페이스 등 디바이스 중심의 현장 적용성에 초점을 맞추고 있으며, 국제표준은 데이터 구조, 플랫폼 설계, 지능형 서비스 등 상위 계층의 정합성과 확장성을 중심으로 표준화가 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

또한, 디지털 농업은 IoT 기반의 단순 연결 구조에서 출발하여, AI, 클라우드, 엣지 컴퓨팅, 자율형 네트워크 등 고도화된 기술과 융합되며 복잡적이고 통합적인 구조로 진화하고 있다. 이러한 기술 변화에 대응하기 위해서는 계층별 표준화, 국제표준 연계, 실증 기반 문제 해결, 그리고 자율형 농업을 위한 중장기 표준화 전략이 필요하다는 점을 제안하였다.

향후에는 이러한 전략들을 기반으로, 국내 디지털 농업 표준화가 단순 기술 정의를 넘어 농업 현장의 수요를 반영하고, 국제 기술 생태계와 연계되는 방향으로 나아가야 할 것이다. 특히, 자율형 농업 시스템 구현을 위한 통합 아키텍처와 다계층 지능 구조에 대한 표준화 논의가 본격화될 필요가 있으며, 이는 디지털 농업의 지속가능성과 국제 경쟁력 확보에 핵심적인 역할을 할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 원고는 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원의 정보통신방송표준개발지원사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 RS-2023-00229306)

참 고 문 헌

- [1] 최문환, "사물인터넷 기반 디지털 농업의 기술 진화와 표준화 전략", 한국통신학회 정보와 통신, Vol.42 No.5, pp.38-46, 2025.
- [2] TTA PG426, [https://committee.tta.or.kr/standard/ general.jsp](https://committee.tta.or.kr/standard/general.jsp)
- [3] [https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2025 - 2028/20/Pages/default.aspx](https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2025-2028/20/Pages/default.aspx)
- [4] [https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2025 - 2028/13/Pages/default.aspx](https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2025-2028/13/Pages/default.aspx)
- [5] 한국정보통신기술협회, "ICT 표준화 로드맵 Ver.2025- 사물인터넷", 2024년 12월.
- [6] 한국정보통신기술협회, "ICT 표준화 전략맵 Ver.2022- 스마트팜", 2021년 12월.