

사물인터넷의 기술발전: 지능형 사물인터넷(AIoT)

홍성표*

Technological advancement in the Internet of Things: Intelligent Internet of Things (AIoT)

Seong-Pyo Hong*

요약

최근 사물인터넷은 인공지능과 결합하며 가치가 상승하고 있다. IoT 기술은 연결형 IoT에서 사물이 스스로 지능을 가지고 인지, 판단, 대응, 학습 등 지능화된 형태인 지능형 IoT, 자율형 IoT로 발전하고 있다. 인간의 개입이 최소화된 자율적인 의사결정을 목표로 하는 지능형 IoT나 자율형 IoT로 발전되기 위해서는 대규모 데이터 분석을 통한 통찰이 필요하다.

대규모 데이터를 수집하고 가공 및 활용하기 위해서는 중앙집중형 데이터 운영모델이 아닌 분산형 데이터 운영모델을 구현해야 한다. 온프레미스나 클라우드 데이터센터와 같은 중앙집중형 데이터 운영모델의 경우 중앙으로 데이터를 송수신하는 비용 증가나 속도 저하로 인한 서비스 지연 이외에도 내부통제, 관리, 정보침해 등의 문제를 야기할 수 있다. 따라서 지능형 IoT나 자율형 IoT 구현을 위해서는 근거리에서 구축할 수 있는 분산형 데이터 운영모델 구현이 필요하다. 본 연구에서는 사물인터넷의 기술발전 현황과 분산형 데이터 운영모델 구현에 이용되는 엣지컴퓨팅에 대해 분석하였다.

ABSTRACT

Recently, the value of the Internet of Things is increasing as it is combined with artificial intelligence. IoT technology is evolving from connectivity IoT to Intelligence IoT, which is an intelligent form in which objects have their own intelligence and can perceive, judge, respond, and learn, and autonomous IoT. In order to develop into intelligent IoT or autonomous IoT that aims for autonomous decision-making with minimal human intervention, insight through large-scale data analysis is needed.

In order to collect, process, and utilize large-scale data, a distributed data operation model must be implemented rather than a centralized data operation model. Therefore, in order to implement intelligent IoT or autonomous IoT, it is necessary to implement a distributed data operation model that can be built in a short distance. In this paper, we will analyze the current status of technological development in the Internet of Things and edge computing used to implement a distributed data operation model.

키워드

IoT(Internet of Things), AIoT(Artificial Intelligence of Thing), Edge Computing, Fog Computing
사물 인터넷, 지능형 IoT, 엣지 컴퓨팅, 포그 컴퓨팅

* 교신저자 : 호남대학교 교양학부 교수
• 접수일 : 2024. 10. 05
• 수정완료일 : 2024. 11. 08
• 게재확정일 : 2024. 12. 12

• Received : Oct. 05, 2024, Revised : Nov. 08, 2024, Accepted : Dec. 12, 2024
• Corresponding Author : Seong-Pyo Hong
School of Liberal Arts, Honam University,
Email : 2010161@honam.ac.kr

I. 서론

유비쿼터스 환경의 실현을 위한 4차 산업혁명 시대의 대표기술인 사물인터넷은 클라우드 컴퓨팅 및 빅데이터와 함께 ICT 분야의 중요 미래기술로 인식되고 있다. 사물인터넷 시장성은 매우 빠른 속도로 진행되고 있으며, 국내를 비롯한 주요 선진국들은 새로운 기술을 선점하기 위해 적극적인 참여가 진행되고 있다. 최근 사물인터넷은 인공지능과 결합하며 가치가 상승하고 있다. IoT 기술은 연결형 IoT에서 사물이 스스로 지능을 가지고 인지, 판단, 대응, 학습 등 지능화된 형태인 지능형 IoT, 자율형 IoT로 발전하고 있다. 인간의 개입이 최소화된 자율적인 의사결정을 목표로 하는 지능형 IoT나 자율형 IoT로 발전되기 위해서는 대규모 데이터 분석을 통한 통찰이 필요하다.

대규모 데이터를 수집하고 가공 및 활용하기 위해서는 중앙집중형 데이터 운영모델이 아닌 분산형 데이터 운영모델을 구현해야 한다. 온프레미스나 클라우드 데이터센터와 같은 중앙집중형 데이터 운영모델의 경우 중앙으로 데이터를 송수신하는 비용 증가나 속도 저하로 인한 서비스 지연 이외에도 내부통제, 관리, 정보침해 등의 문제를 야기할 수 있다. 따라서 지능형 IoT나 자율형 IoT 구현을 위해서는 근거리에서 구축할 수 있는 분산형 데이터 운영모델 구현이 필요하다. 본 연구에서는 사물인터넷의 기술발전 현황과 지능형 IoT나 자율형 IoT 구현을 위한 분산형 데이터 운영모델 구현에 이용되는 엣지컴퓨팅에 대해 분석하였다.

II. 관련 연구

2.1 사물인터넷

사물인터넷은 1999년 MIT의 Auto-ID Center 케빈 애쉬튼(Kevin Ashton)의 최초 제안으로 유·무선 네트워크의 단말장치와 주변의 모든 인터페이스를 물리적으로 결합된 환경을 말한다. 스마트 홈, 스마트 그리드, 스마트 시티, 스마트 팩토리 등 스마트X 에코시스템의 기술적·사회적 발전으로 사회 인프라의 편의성과 효율성, 지능화가 극대화될 수 있었다[1]. 이러한 변화의 결정적인 열쇠는 단연 사물인터넷이라 할 수 있다. 공공·민간·국방·교육 등 다양한 산업 분야에서

발생하는 공간, 위치, 온도, 초음파 등의 변동정보를 수집하여 저장, 처리, 공유, 활용할 수 있는 초연결 생태계가 조성되었다. 센싱 기술의 높은 기술 성숙도와 표준화를 통해 사회 인프라 전반의 보편화 및 자동화가 가능해지면서 사물인터넷 시장의 급격한 성장의 촉매제가 되었다. IoT 분석업체인 IoT Analytics에서 발표한 자료에 따르면 그림 1과같이 2027년 예측 시장 점유율은 2023년 대비 2배가량의 성장률이 예상된다. 사물인터넷 시장의 성장은 효율적인 인프라 관리와 효율성 및 사용자 요구에 최적화된 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 초석이 되고 있다[2-3].

Enterprise IoT market 2019–2027

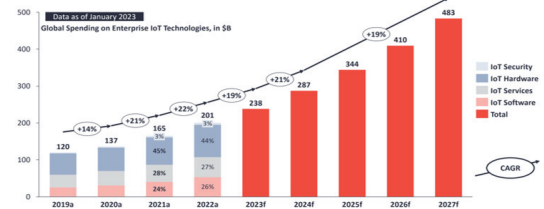


그림 1. 엔터프라이즈 IoT 시장 전망
Fig. 1 Enterprise IoT market

2.2 사물인터넷 주요 기술

사물인터넷 기술은 센싱, 네트워크 인프라, 서비스 인터페이스 모듈로 구성된 각종 소형 컴퓨터 디바이스에 컴퓨터 칩과 유·무선통신 기능을 내장하여 인터넷으로 연결하여 자율적으로 새로운 정보를 생성하고 전달하는 구조를 말한다. 센싱 기술은 다양한 스마트 센서를 이용하여 사물 주변의 각종 정보를 수집, 가공하여 지능적으로 진화하고 있으며, 기술영역을 확장하고 있다. 네트워크 인프라는 유비쿼터스 환경기술로 유무선 네트워크를 통해 인간, 사물, 서비스 등 분산 환경의 요소들을 연결하는 의미이다. 특히 5G를 기반으로 하는 사물인터넷 네트워크 기술은 mMTC(Massive Machine Type Communication), URLLC(Ultra Reliable and Low Latency Communications)를 통해 동시에 접속할 수 있는 기기의 수가 기하급수적으로 늘어날 것이며, 2025년이 되면 251억 대의 기기를 연결할 수 있을 것으로 예상된다. 서비스 인터페이스 기술은 네트워크에서 수집된 정보를 Open API 기반의 서비스를 제공하여, 다양한 데이터를 수집, 분석, 그리고 처리할 수 있는 기술을 말한다[1].

최근에는 사물인터넷 주요 기술을 보완하고 구현하기 위해 REST(Representational State Transfer), MQTT(Message Queuing Telemetry Transport), XMPP(eXtensible Messaging and Presence Protocol), CoAP(Constrained Environments Application Protocol)이 사용되고 있으며, 사물인터넷 관련 기술들은 제한된 디바이스들의 통신을 지원하기 위해 개발 및 표준화 작업이 활발히 진행되고 있다[2-3].

2.3 IoT 기술발전

IoT 기술은 표 1과 같이 3단계로 발전되었다. 연결형 IoT(Connectivity IoT)가 사물-사물, 사람-인간 등의 연결이 주목적이라면, 지능형 IoT(Intelligence IoT)에서는 클라우드나 인공지능 기술을 결합하여 데

이터 기반의 의사결정을 지원한다. 마지막 3단계인 자율형 IoT(Autonomy IoT)는 융합 기술을 이용한 분산 협업과 사물의 지능화를 통해 유연한 의사결정을 추구한다[4].

자율형 IoT는 용도와 목적에 따라 제조 및 운송 등의 산업 분야에 최적화된 산업용 IoT(IIoT, Industrial Internet of Things), 대규모 데이터 수집 후 머신러닝이나 인공지능으로 분석 및 활용하는 AIIoT(Artificial Intelligence of Thing), 의료기기 정보나 건강관리 기능을 연계해 의료 데이터를 관리하는 IoMT(Internet of Medical Things), 질병 예방 및 건강 강화를 위한 목적으로 건강관리 서비스를 제공하는 IoHT(Internet of Health Things)등으로 분류된다[5].

표 1. 사물인터넷의 발전단계별 특징 및 비교
Table 1. Characteristics and comparison of each stage of development of the IoT

class	Step 1: Connectivity IoT	Step 2: Intelligence IoT	Step 3: Autonomy IoT
applied technology	Wireless communication, connection management	Artificial intelligence, big data, cloud computing	Artificial intelligence, object intelligence, edge computing
decision maker	human	Human, Cloud Intelligence	Human, cloud intelligence, object (collaborative) intelligence
focus	connection of things	Cloud technology evolution, artificial intelligence convergence	Collaboration between intelligent objects, minimizing human intervention

III. AIIoT 주요 기술

AIIoT는 그림 2와 같이 IoT의 기술 요소와 AI 기술 요소가 상호 보완적인 형태로 결합한다. IoT 기술 요소는 환경 정보나 동작 정보 등을 수집할 수 있는 센싱 디바이스 기술과 수집된 데이터를 전송할 수 있는 유무선 네트워크 기술로 구현되며, AI환경에서는 IoT환경에서 수집된 데이터를 클라우드나 서버로 전송된 빅데이터를 머신러닝이나 인공지능을 통해 분석하게 된다. IoT에 적용되는 AI 또한 단순한 M2M(Machine to Machine) 방식에서 딥러닝을 통해

만들어진 AI 능력이 적용된 클라우드 컴퓨팅, 포그 및 엣지 컴퓨팅으로 발전했고 나아가 IoT 기기가 직접 의사결정을 지닐 수 있는 지능형 센싱 디바이스로 발전되고 있다[6].

인간의 개입이 최소화된 자율적인 의사결정을 목표로 하는 지능형 IoT나 자율형 IoT로 발전되기 위해서는 대규모 데이터 분석을 통한 통찰이 필요하다. 기존 온프레미스(On-Premise) 환경은 유연한 자원확보가 어렵기 때문에 대규모 데이터를 수집하고 가공하여 활용하기 위해서는 중앙집중형 데이터 운영모델이 아닌

분산형 데이터 운영모델을 구현해야 한다. 온프레미스나 클라우드 데이터센터와 같은 중앙집중형 데이터 운영모델의 경우 중앙으로 데이터를 송수신하는 비용 증가나 속도 저하로 인한 서비스 지연 이외에도 내부통제, 관리, 정보침해 등의 문제를 야기할 수 있다. 따라서 지능형 IoT나 자율형 IoT 구현을 위해서는 근거리에서 구축할 수 있는 엣지 컴퓨팅을 통해 분산형 데이터 운영모델을 구현하여 문제를 해결할 수 있다. 자율형 IoT는 인텔리전스 센싱 디바이스와 엣지 클라우드를 통한 분산형 데이터 운영모델을 통해 사물 간의 상호협업 의사결정을 수행할 수 있기 때문에 특히 AIoT에서는 엣지 컴퓨팅의 역할이 중요하다[7].

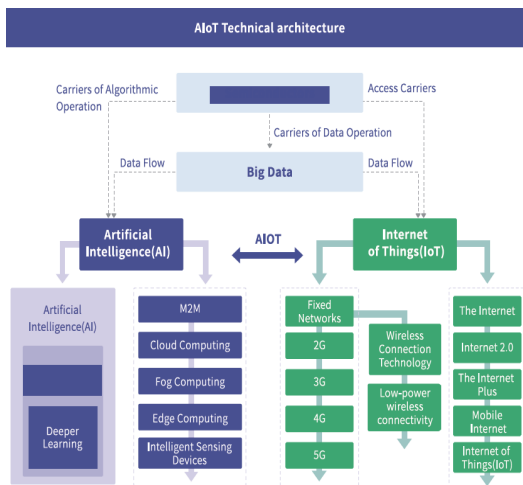


그림 2. AIoT 기술 아키텍처
Fig. 2 AIoT technology architecture

AIoT의 핵심적인 기술 요소인 엣지 컴퓨팅은 그림 3과 같이 IoT 기기에서 발생한 대량의 데이터를 단독 클라우드 서버에서 처리하지 않고 클라우드 서버와 IoT 디바이스 사이에 엣지 컴퓨팅 서버를 위치시켜 실시간 데이터 분석 등의 업무를 수행시켜 단독 서버 구조의 처리로 인한 서비스 지연 및 대역폭 문제를 최소화할 수 있는 기술이다. 엣지 컴퓨팅은 1990년대 후반 아카마이(Akamai)가 웹사이트 성능과 속도를 개선하기 위해 도입한 CDN(Content Delivery Network)의 개념에서 출발한 것으로 여러 개의 분산된 CDN 서버를 구축하여 사용자와 근거리에서 있는 CDN 서버에서 데이터가 전송될 수 있게 하면서 데이

터 지연을 최소화하고 서비스 부하를 감소시키는 역할을 수행하게 된다. 최근에 OTT(Over The Top) 서비스가 즉각적인 동영상 스트리밍이 가능한 것과 이와 같은 구조를 사용하기 때문이다[8-9].

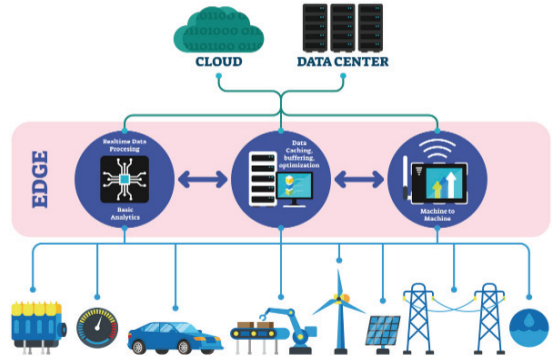


그림 3. 엣지 아키텍처
Fig. 3 Edge architecture

분석 결과에 직접적인 영향을 미치는 중요한 데이터가 서버에 도달하지 않고 엣지 컴퓨팅 영역에서 자체적인 판단에 의해 삭제될 수 있기 때문에 엣지 컴퓨팅을 통해 데이터가 처리된다고 항상 좋은 결과를 도출하는 것은 아니다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 도입된 것이 바로 포그 컴퓨팅(Fog Computing)¹⁾이다. 엣지 컴퓨팅에서는 불필요하다고 판단되는 데이터를 클라우드와 엣지 컴퓨팅 사이에 구성하여 포그 컴퓨팅에서 전송받은 데이터를 현지화된 학습모델이 기안하여 추가 분석을 통해 분석 결과에 미칠 수 있는 중요 데이터를 필터링해 빠른 결과 도출이 가능하게 된다[10].

클라우드 서버의 데이터 부하 감소 면에서 엣지 컴퓨팅과 포그 컴퓨팅이 유사한 개념이라고 볼 수 있으나 표 2와 같이 엣지 컴퓨팅이 포그 컴퓨팅에 비해 낮은 확장성을 갖고 있으며 비용 역시 훨씬 높은 것을 알 수 있다. 비용적인 측면을 고려하여 엣지 컴퓨팅을 포그 컴퓨팅으로 대체할 수 있다고 생각할 수 있으나 데이터 처리가 주목적인 엣지 컴퓨팅을 완전히 대체할 수 없기 때문에 일반적으로 엣지 컴퓨팅과 클라우드를 조합한 구성으로 사용하고 있으며, 목적에 따라 포그 컴퓨팅을 적용하여 사용할 수 있다[11].

1) <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-edge-computing-and-fog-computing/>

표 2. 엣지컴퓨팅과 포그컴퓨팅의 차이
Table 2. Difference between edge computing and fog computing

Class	Edge computing	Fog computing
Scalability	Low compared to fog computing	High compared to edge computing
Number of nodes	Billions of	Millions of
Node location	Install remotely in the cloud (remote DB where data is stored)	Installed close to the cloud (remote DB where data is stored)
Zone	Subsectors of Fog Computing	Subsectors of Cloud Computing
Bandwidth Requirements	Very low	Very high
Operating cost	High	Relatively low
Security threats	Low	High
Range	Contains a network of IoT devices or clients	Expanded Concept of Cloud
Power consumption	Low	Relatively low
Characteristic	Helps the device achieve faster results by processing data received simultaneously from the device	Filter important information from data collected from devices and store the data in the cloud

IV. 결론

최근 사물인터넷은 인공지능과 결합하며 가치가 상승하고 있다. IoT 기술은 연결형 IoT에서 사물이 스스로 지능을 가지고 인지, 판단, 대응, 학습 등 지능화된 형태인 지능형 IoT, 자율형 IoT로 발전하고 있다. 인간의 개입이 최소화된 자율적인 의사결정을 목표로 하는 지능형 IoT나 자율형 IoT로 발전되기 위해서는 대규모 데이터 분석을 통한 통찰이 필요하며, 이러한 대규모 데이터를 수집하고 가공 및 활용하기 위해서는 중앙집중형 데이터 운영모델이 아닌 분산형 데이터 운영모델을 구현해야 한다.

스마트 홈, 스마트 그리드, 스마트 시티, 스마트 팩토리 등 스마트X 에코시스템의 기술적·사회적 발전으로 사회 인프라의 편의성과 효율성, 지능화가 극대화되고 있는 현실에서 AIoT 산업의 육성 및 기술개발에 대한 연구가 지속적으로 필요하다. 또한, 사회생활 전반에 AIoT 기술이 적용되며 무차별적인 개인정보 수집 및 해킹의 위험 등 보안 이슈 발생에 따라 AIoT에 적용할 수 있는 보안 대응방안에 대한 연구도 필요해 보인다.

감사의 글

위 논문은 “2024년도 봄철학술대회 우수논문”입니다.

References

- [1] S. Chol, M. Ryu, N. Jin, and J. Kim, “Internet of Things platform and service trends,” *Information and Communications Magazine*, vol. 31, no. 4, Mar. 2014, pp. 20-27.
- [2] U. Kim, S. Yu, J. Lee, S. Cho, and J. Kim, “Design and Implementation of Convenience System Based on IoT,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 19, no. 1, Feb. 2024, pp. 165-171.
<https://doi.org/10.13067/JKIECS.2024.19.1.165>
- [3] D. Ryu, Y. Kang, and T. Choi, “Development of IoT-based Can Compactor/PET Bottle Crusher Management System,” *J. of the Korea*

Institute of Electronic Communication Sciences,
vol. 18, no. 6, Dec. 2023, pp. 1239-1244.

<https://doi.org/10.13067/JKIECS.2023.18.6.1239>

- [5] J. Seo, "Evolution into an intelligent Internet of Things network," *National Information Society Agency, AI Network Lab INSIHT*, vol. 3, 2019.
- [6] S. Qazi, B. Khawaja, and Q. Farooq, "IoT-Equipped and AI-Enabled Next Generation Smart Agriculture: A Critical Review, Current Challenges and Future Trends," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, vol. 10, 2022, pp. 21219 - 21235.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3152544>
- [7] NVIDIA KOREA, "What is edge computing?," *Report*, 2021.
- [8] D. Ryu, Y. Kang, T. Choi, "Development of IoT-based Can Compactor/PET Bottle Crusher Management System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 6, Dec. 2023, pp. 1239-1244.
<https://doi.org/10.13067/JKIECS.2023.18.6.1239>
- [9] H. Park, S. Hwang, "Trends in Utilizing Satellite Navigation Systems for AI and IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 5, Oct. 2023, pp. 761-768.
<https://doi.org/10.13067/JKIECS.2023.18.5.761>
- [10] H. Atlam, R. Walters, and G. Wills, "Fog Computing and the Internet of Things: A Review," *Big Data and Cognitive Computing*, vol. 2, no. 2, 2018, pp. 10.
<https://doi.org/10.3390/bdcc2020010>
- [11] V. Kumar, A. A. Laghari, S. Karim, M.Shakir, and A. Anwar Brohi, "Comparison of Fog Computing & Cloud Computing," *International J. of Mathematical Sciences and Computing*, vol. 5, no. 1, 2019, pp. 31-41.
<https://doi.org/10.5815/ijmsc.2019.01.03>

저자 소개



홍성표(Seong-Pyo Hong)

2001년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2005년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2006년 조선대학교 산학협력단 BK21 연구교수

2015년 조선대학교 컴퓨터공학과 초빙객원교수

2018년 조선대학교 SW중심대학사업단 연구교수

2021년 ~ 현재 호남대학교 교양학부 교수

※ 관심분야 : 정보보호(Personal Information), IoT, 임베디드시스템 등