

키워드 빈도와 중심성 분석을 활용한 블록체인 기반 사물인터넷 연구 동향 : 미국 · 영국 · 한국을 중심으로

이택균*

Research Trend on Blockchain-based IoT Using Keyword Frequency and Centrality Analysis : Focusing on the United States, United Kingdom, Korea

Lee Taekkyeun

〈Abstract〉

This study aims to analyze research trends in blockchain-based Internet of Things focusing on the US, UK, and Korea. In Elsevier's Scopus, we collected 2,174 papers about blockchain-based Internet of Things published in from 2018 to 2023. Keyword frequency and centrality analysis were conducted on the abstracts of the collected papers. Through the obtained keyword frequencies, we tried to identify keywords with high frequency of occurrence and through centrality analysis, we tried to identify central research keywords for each country. As a result of the centrality analysis, research on blockchain, smart contracts, Internet of Things, security and personal information protection was conducted as the most central research in each country. The implication for Korea is that cybersecurity, authentication research appears to have been conducted with a lower centrality compared to the United States and the United Kingdom. Thus, it seems that intensive research related to cybersecurity and authentication is needed.

Key Words : Blockchain, Internet of Things, Centrality, Frequency

I. 서론

사물인터넷(Internet of Things) 환경에서는 네트워크 통신이 가능한 센서 기기들을 이용하여 주변 환경에 대한 모니터링을 진행하며 모니터링 데이터는 전송되고 수

집되어서 분석에 이용된다[1, 2]. 사물인터넷은 4차 산업 혁명의 중심적인 분야 중의 하나이며 사물인터넷 시장 규모에 있어서 아시아 태평양(일본 제외)의 2025년 사물인터넷 시장은 4,370억 달러 규모[3]를 형성할 것이며 국내 사물인터넷 시장은 2025년에 38조 1,709억 원의 시장 규모를 기록할 것으로 전망되었으며 사물인터넷은 다양한 분야와 융합이 진행되고 있다[4].

* 아주대학교 다산학부대학 조교수(단독저자)

블록체인은 거래 데이터를 블록 형태로 만들어서 네트워크 참여자들에게 분산 공유하여 관리하는 기술이다. 즉, 부정 조작을 방지하여 안전성 및 투명성을 제공하는 분산 원장 기술이다[5].

블록체인은 여러 분야에 적용되고 있으며, 블록체인을 기반으로 하여 강화된 보안성 및 프라이버시를 제공하는 스마트 팩토리 연구[6, 7], 블록체인을 스마트홈에 적용하여 가정 내의 가전제품에 대한 접근 제어(Access Control)[8] 및 자동화된 공과금 결제 시스템[9]에 관한 연구, 스마트 커넥티드 차량에 블록체인을 적용하여 중요한 데이터에 대한 보안성 제공에 관한 연구[10-12] 등이 진행되었다.

블록체인 기반 사물인터넷과 관련된 기존의 동향 분석에 대해서 살펴보면, 국내 동향 분석에서 Kim[13]은 블록체인의 개념을 소개하고 사물인터넷에 적용될 블록체인 기술을 가정, 병원, 회사, 정부로 분류하여 기술하였다. 허신욱[14]은 경량 사물인터넷 환경에 적용될 수 있는 여러 블록체인 기술들에 관해서 기술하였으며 홍은기[15]는 블록체인 기술을 이용하는 사물인터넷 연구 프로젝트의 기술 동향을 분석하고 사물인터넷 서비스에 블록체인 기술을 이용한 사례와 응용 기술을 소개하였다.

국의 동향 분석에서 Dwivedi[16]는 블록체인 개념에 대해서 소개하고 블록체인 기반 사물인터넷 연구들을 분류하여 기술하였다. Alam[17]은 블록체인 기반의 사물인터넷 아키텍처를 제안하였으며 최신 블록체인과 사물인터넷 융합 연구에 관하여 소개하였다. Alajlan[18]와 Mathur[19]는 블록체인을 이용한 사물인터넷 환경에서 발생하는 문제점을 소개하고 이러한 문제점들의 해결을 위해서 고려되어야 하는 기술들을 설명하였다.

국내 및 국외 동향 분석[13-19]에서는 블록체인 개념에 대해서 소개하고 사물인터넷 관련 문제점을 기술하였으며 이러한 문제점을 해결하기 위하여 적용할 수 있는 블록체인 기술을 분야별로 구분하여 설명하였다. 그러나 이러한 국내 및 국외 동향 분석은 블록체인을 기반으로 하는 사물인터넷 관련 연구 논문 기반의 동향 분석을 하

지는 못하였다. 그뿐만 아니라 블록체인을 기반으로 하는 사물인터넷에 관련된 연구를 진행하는 국가 간의 비교를 통하여 시사점 제시를 하지 못하는 한계를 가진다.

본 연구에서는 북미 대륙의 주요 연구 국가, 유럽의 주요 연구 국가 그리고 한국에 대한 블록체인 기반의 사물인터넷 연구 동향을 파악하고자 하였다. 여기서 주요 연구 국가란 Elsevier의 Scopus에 블록체인 기반 사물인터넷 관련 연구 논문을 가장 많이 발표한 상위 10개 국가를 의미하며 인도, 중국, 미국, 영국, 사우디아라비아, 호주, 한국, 캐나다, 파키스탄, 이탈리아 등의 국가들을 블록체인 기반 사물인터넷을 연구하는 주요 연구 국가로 보았다. Elsevier의 Scopus에 발표한 연구 논문을 기준으로 북미대륙에서는 미국 그리고 유럽에서는 영국이 가장 많은 블록체인 기반 사물인터넷 관련 연구 논문을 발표하였다. 따라서 본 연구는 북미대륙의 미국, 유럽의 영국에서 진행된 블록체인 기반 사물인터넷 연구와 비교를 통해서 한국의 경우에 집중적으로 연구가 필요한 분야를 파악하고 시사점을 제시하고자 한다.

본 연구를 위해서 Elsevier의 Scopus에서 2018년부터 2023년까지 블록체인 기반의 사물인터넷 연구와 관련된 미국, 영국, 한국의 논문 총 2,174편을 수집하였고 수집된 논문의 초록을 기반으로 키워드 빈도 및 중심성 분석을 진행하였다. 본 연구에서 중심적인 연구 키워드 파악을 위해서 우선 키워드 빈도를 구하여 빈도가 높은 상위 키워드들을 파악하고자 하였다. 빈도가 높은 상위 키워드들을 대상으로 더 구체적인 중심적인 키워드의 파악을 위해서 중심성 분석을 하였다. 중심성 분석을 통해서 연구 키워드 간의 관계를 살펴보고자 하며 구체적으로 여러 분야의 융합 연구 측면에서 가장 빈번하게 함께 고려되는 연구 키워드는 어떤 키워드이며 또한 융합 연구에서 두 연구 키워드에 가장 영향을 미치는 연구 키워드는 어떤 키워드인지를 파악하고자 대표적인 중심성 분석 방법인 연결 중심성, 매개 중심성을 이용하였다. 키워드 빈도와 중심성 분석을 통해서 국가별로 비교하였으며 향후 한국의 블록체인 기반의 사물인터넷 관련 연구의 방향성

을 제시하고자 한국 관련 시사점을 도출하였다.

본 논문의 구성은, 2장에서 블록체인 기반의 사물인터넷 관련 동향 분석과 중심성에 대한 내용을 관련 연구로 기술하였다. 그리고 3장에서는 연구 질문의 설정, 자료 수집과 관련된 내용 그리고 자료 전처리 및 분석 방법에 관해서 설명하였다. 4장에서는 키워드 빈도를 구하고 중심성 분석 결과를 제시하였다. 5장에서는 구해진 중심성 분석 결과에 대해서 논의하였으며 6장에서는 결론으로 마무리하였다.

II. 관련 연구

2.1 블록체인 기반 사물인터넷 동향 분석

블록체인 기반 사물인터넷에 관한 국내 동향 분석에서, Kim[13]은 블록체인의 개념에 대해서 소개하고 사물인터넷에 이용될 수 있는 블록체인 기술을 적용 환경에 따라서 가정, 병원, 회사, 정부로 분류하였다. 가정의 경우에는 스마트 홈의 IoT 장치를 안전하게 관리하고 데이터의 무결성(Integrity)을 제공하는 기술, 병원의 경우에는 원격 진료 시스템의 강화된 익명성 및 보안성을 제공하는 기술, 그리고 기업 및 정부의 경우에는 기업 및 정부에서 생성되는 데이터를 효율적으로 관리하는 기술 등에 관해서 기술하였다.

허신욱[14]은 저사양 사물인터넷 디바이스의 의미를 설명하고 이러한 기기에 적용될 수 있는 블록체인 기술들에 대해서 소개하였다. 경량 사물인터넷 디바이스에서 수집되는 대용량 데이터를 실시간으로 처리하는 기술, 경량 사물인터넷 환경에서 적용될 수 있는 블록체인 알고리즘, 경량 사물인터넷 디바이스에서 생성되는 데이터에 대한 보호 및 신뢰성을 제공하는 기술을 설명하였다.

홍은기[15]는 블록체인 기술을 기반으로 하는 사물인터넷 연구 프로젝트의 기술 동향을 분석하고 사물인터넷

서비스에 블록체인 기술을 적용한 사례 및 응용 기술을 소개하였다. 그뿐만 아니라 사물인터넷 응용 서비스에 효과적으로 이용될 수 있는 개선된 블록체인 알고리즘도 기술하였다.

블록체인 기반 사물인터넷에 관한 국외 동향 분석에서, Dwivedi[16]는 블록체인에 대한 기본적인 내용을 소개하고 블록체인을 기반으로 한 사물인터넷 관련 연구들을 여러 분야로 구분하여 기술하였다. 안전하고 변조 불가능한 데이터 저장 및 관리 기술, 산업체 시스템의 안전성 및 효과성을 제공하는 기술, 빅데이터와 클라우드 컴퓨팅 및 네트워크 보안 관리 기술 등에 대해서 기술하였다.

Alam[17]은 블록체인을 이용할 수 있는 사물인터넷 아키텍처를 제안하였다. 또한 온라인 서비스를 개발할 수 있는 블록체인 기반의 클라우드 시스템 연구, 빠르고 안전하게 정보를 교환할 수 있는 블록체인 네트워크 연구 등의 최신 블록체인 기술 및 사물인터넷 융합 연구에 대해서 소개하였다.

Alajlan[18]은 블록체인 기반의 사물인터넷 환경에서 발생하는 문제점들에 대해서 소개하고 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 고려되어야 하는 경량 사물인터넷 기기에 대한 인증 및 데이터 보호 기술, 블록체인 네트워크에 효과적인 접근 제어, 강력한 침입 탐지 시스템 등에 대해서 기술하였다.

Mathur[19]는 블록체인을 적용할 수 있는 분야로 헬스케어, 스마트 홈, 스마트 그리드, 자율주행 자동차 등으로 구분하고 각 분야에서 블록체인 적용에 대한 문제점을 소개하고 문제를 해결하기 위해서 제안된 기술들을 설명하였다.

그뿐만 아니라 블록체인 기반 사물인터넷 관련 기술을 시기별로 살펴보면, 1세대는 비트코인이 출현한 2009년부터 많은 암호화 화폐가 등장한 2015년까지를 의미하며 활용은 제한적이어서 주로 가상 화폐에 주로 적용되었다. 2세대는 이더리움 및 프라이빗 블록체인이 등장한 기간을 의미하며 스마트 계약 기술을 기반으로 다양한 분야에 활용되기 시작하였다. 3세대는 2023년부터 본격

적인 상용화와 함께 거래 속도, 처리 용량, 상호 운용성 등의 기존의 한계점을 극복한 기술 개발이 되고 있다[20, 21]. 블록체인 기반 사물인터넷 관련 산업 분야의 활용을 보면, IBM은 블록체인 기술을 활용하여 사물인터넷 플랫폼을 개발하였으며 이 플랫폼은 가전제품에 적용되어서 가전제품의 자동화된 유지관리에 이용되었다. GM은 승차 공유기업과 협업하여 블록체인 및 사물인터넷 기술을 차량에 적용한 차량 금융 계약 시스템 구현하였다. 또한 블록체인 기술은 중앙 서버가 존재하지 않는 분산 서버 형태의 소셜 네트워크 시스템 구축에 활용되어서 기술적으로 정보 검열이 어렵도록 하여 개인 정보 보호에 효율적인 소셜 네트워크의 구축에도 활용되었다[22].

2.2 중심성

중심성(Centrality) 분석은 텍스트로부터 추출된 키워드를 기반으로 하여 키워드 간의 관계를 키워드 네트워크로 나타내고 구성된 키워드 네트워크에서 키워드 간의 관계를 분석하는 기법이다[23]. 키워드 네트워크의 구성은 노드와 링크를 이용하여 구성하며 노드는 키워드를 의미하며 링크는 키워드 간의 관계를 의미한다. 중심성 분석을 통하여 키워드 네트워크로부터 중심적인 키워드를 파악하고자 하며, 또한 중심적인 키워드 파악을 이용하여 중심성 분석은 트렌드 분석과 연구 동향 분석에 많이 활용된다[24, 25].

본 연구에서는 연결 중심성(Degree Centrality)과 매개 중심성(Betweenness Centrality)을 중심성 분석을 위해서 이용하였다. 연결 중심성은 노드가 다른 노드와 연결된 정도를 나타내는 지표이다. 키워드 네트워크에서 하나의 노드가 다른 노드들과 연결된 정도가 많을수록 노드의 연결 중심성은 높아지며 해당 노드가 다른 노드들과 높은 연관성을 가지는 것을 나타낸다[26].

매개 중심성은 하나의 노드가 다른 노드 간의 얼마나 매개적인 역할을 하는지를 나타내는 지표이다. 해당 노드가 다른 노드 간의 최단 경로에 위치할수록 해당 노드

의 매개 중심성은 높아지고 매개 중심성이 높으면 연구에서 다른 키워드들과 함께 고려되는 정도가 높아진다[27, 28].

III. 연구 방법

3.1 연구 질문

블록체인 기반의 사물인터넷과 관련된 연구 동향을 파악하기 위해서 다음과 같은 연구 질문을 설정한다.

연구 질문 1: 블록체인 기반의 사물인터넷에 대한 키워드 빈도 결과는 어떠한가?

연구 질문 2: 블록체인 기반의 사물인터넷에 대한 연결 중심성 및 매개 중심성 분석 결과는 어떠한가?

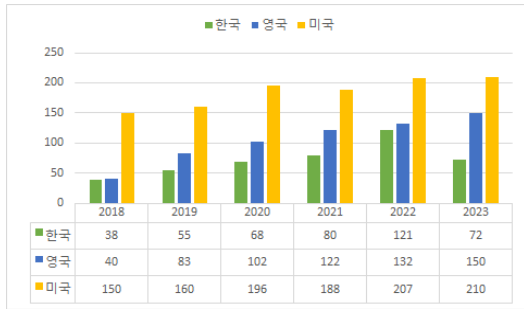
연구 질문 3: 블록체인 기반의 사물인터넷에 대한 연결 및 매개 중심성 분석 결과를 통해서 도출되는 한국과 관련된 시사점은 무엇인가?

3.2 자료 수집

본 연구를 위해서 Elsevier의 Scopus에 검색 키워드로 'blockchain' 및 'internet of things'를 이용하여 2018년부터 2023년까지 발표된 논문을 대상으로 자료 수집을 하였다.

<그림 1>에 수집된 논문 현황을 나타내었으며 국가별로 수집 논문 편수는 1,111편(미국), 629편(영국), 434편(한국)이다. 국가별로 살펴보면, 미국이 발표한 논문 편수는 2018년부터 증가하였으며 2021년에는 조금 감소하였으나 전체적으로 2023년까지 점진적으로 증가하였다. 영국이 발표한 논문 편수도 2018년부터 2023년까지 지속해서 증가하였다. 한국이 발표한 논문 편수는 2022년까지 계속해서 증가하였으나 2023년에는 감소하였다. 미국에 의해서 발표된 논문 편수가 가장 많으며 한국에 의해

서 발표된 논문 편수가 가장 적다. 연도별 수집 논문 편수는 228편(2018년), 298편(2019년), 366편(2020년), 390편(2021년), 460편(2022년), 432편(2023년)이며 연도별 수집 논문 편수는 2018년부터 계속해서 증가하였으나 2023년에는 감소하였다.



〈그림 1〉 수집 논문 현황

3.3 자료 전처리 및 분석 방법

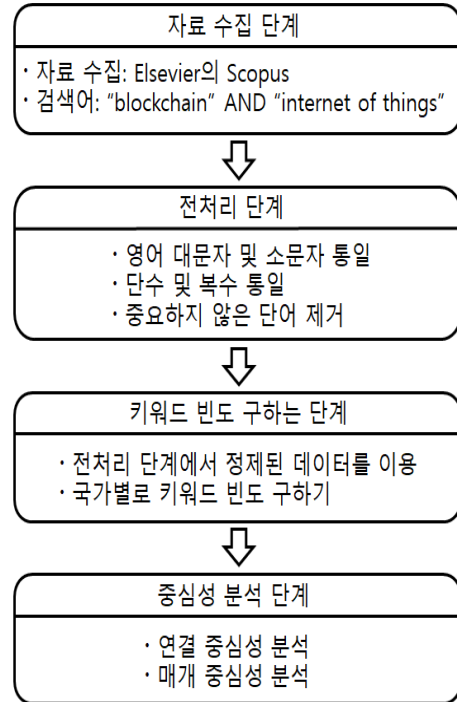
〈그림 2〉에 본 연구의 전체적인 절차를 나타내었으며 수집된 논문의 논문 초록에서 단어(키워드)를 추출하고 추출된 키워드들을 이용하여 전처리 작업을 하였다.

전처리 작업에서는 영어 텍스트에 포함되어 있는 영어 대문자 및 소문자를 통일하는 작업을 하였다. 그리고 단수 단어와 복수 단어도 일치시켰으며 같은 의미의 단어들도 통일시키는 작업을 진행하였다. 또한 구두점, 숫자, 기호 등은 키워드 추출에 있어서 불필요한 내용이므로 전처리 과정에서 제거하였으며 영어 관사 및 부사 등의 중요하지 않은 의미의 단어들도 삭제하였다. 이와 같은 작업에 의해서 얻은 데이터를 대상으로 키워드가 추출되었고 추출된 키워드로 키워드 빈도를 구하였다. 국가별로 키워드 빈도를 구하고 빈도가 가장 높은 상위 15개 키워드를 선별하였다.

본 연구에서는 키워드 네트워크에 기반하여 중심적인 연구 키워드를 파악하였다. 키워드 네트워크에 기반하여 키워드 사이의 관계를 분석하였으며 이러한 중심성 분석

을 위해서 연결 중심성과 매개 중심성을 이용하였다. 연결 중심성은 키워드 네트워크 상의 노드(키워드)가 다른 노드와 연결된 정도를 지표로 나타내는 것이며 노드의 연결 중심성이 0~1 사이의 값으로 표현되도록 정규화된 값으로 나타내었다. 매개 중심성은 키워드 네트워크에서 각 노드의 매개적 역할의 정도를 지표로 나타내는 것이며 키워드 네트워크에서 해당 노드가 다른 노드 간에 얼마나 많이 위치하는지를 측정하여 값으로 나타낸 것이다.

키워드 네트워크의 각 키워드의 연결 중심성 및 매개 중심성을 구하였다. 국가별로 구해진 연결 중심성이 높은 상위 15개 키워드와 매개 중심성이 높은 상위 15개 키워드를 분석하였다. 프로그래밍 언어 R을 이용하여 전처리 과정을 처리하였으며 키워드 빈도 및 중심성 분석도 진행하였다.



〈그림 2〉 전체적인 절차

IV. 분석 결과

4.1 키워드 빈도 결과

키워드의 빈도는 추출된 키워드를 기반으로 구하였으며 상위 빈도 15개 키워드를 <표 1>에 국가별로 나타내었다. <표 1>에서 상위 5개 키워드를 살펴보면, 키워드 'blockchain', 'iot', 'security', 'smart_contract', 'privacy'가 국가마다 나타났으며 공통으로 가장 관심을 가지는 연구 키워드로 보인다. 상위 5개 키워드 중에서 'blockchain', 'iot'가 빈도가 가장 높은 두 키워드로 나타났다.

<표 1> 국가별 상위 빈도 키워드

순위	미국	영국	한국
1	blockchain	blockchain	blockchain
2	iot	iot	iot
3	security	security	security
4	smart_contract	smart_contract	smart_contract
5	privacy	privacy	privacy
6	artificial_intelligence	dlt	edge_computing
7	industrial_iot	artificial_intelligence	authentication
8	machine_learning	industrial_iot	industrial_iot
9	cyber_security	smart_city	artificial_intelligence
10	smart_city	authentication	healthcare
11	edge_computing	healthcare	smart_city
12	dlt	cyber_security	cloud_computing
13	big_data	access_control	deep_learning
14	cloud_computing	big_data	federated_learning
15	supply_chain	machine_learning	machine_learning

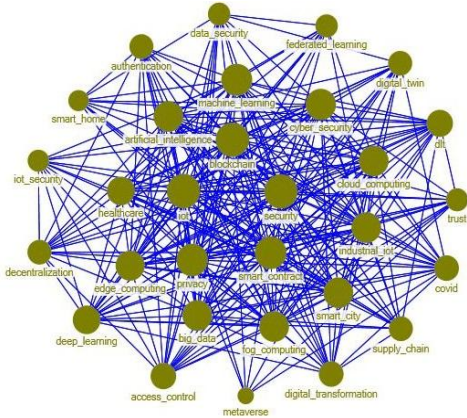
상위 5개 키워드에 포함되지 않았으나 키워드 'smart_city', 'industrial_iot', 'machine_learning', 'artificial_intelligence'도 각 국가에서 공통으로 관심을 가지는 연구 키워드로 보인다. 이 키워드들에 대하여 국가별 순위를 보면, 키워드 'smart_city', 'industrial_iot'의 순위는 국가별로 다소 차이는 있어도 비슷한 순위를 보인다. 'machine_learning'의 순위는 미국에 비해서 영국과 한국에서 낮은 편이며 'artificial_intelligence'의 순위는 미국과 영국에 비해서 한국의 경우에 조금 낮은 편이다.

그 외에 키워드 'cyber_security', 'dlt', 'big_data'는 미국 및 영국에서 공통으로 보였다. 'cyber_security', 'big_data'의 순위는 미국보다 영국에서 낮은 편이며 'dlt'의 순위는 미국보다 영국에서 높은 편이다. 'dlt'는 블록체인과 관련된 분산 원장 기술(distributed ledger technology)을 의미하며, 이 키워드들은 미국과 영국에서는 공통으로 관심을 가지는 연구 키워드로 보인다. 또한 'edge_computing', 'cloud_computing'은 미국과 한국에서 나타났으며 순위는 미국에 비해서 한국에서 높게 나타났다. 'authentication', 'healthcare'는 영국 및 한국에서 보이며 순위는 영국에 비해서 한국에서 조금 높게 나타났다.

4.2 중심성 분석 결과

4.2.1 키워드 네트워크

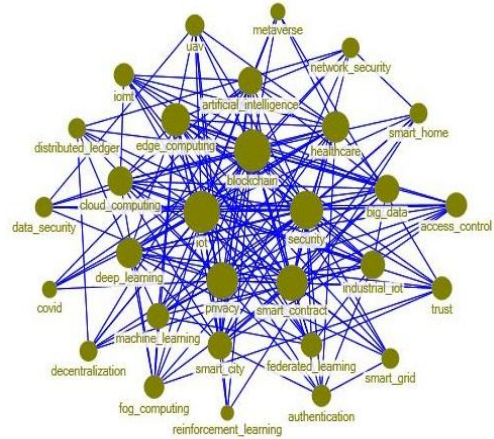
국가별로 키워드 네트워크를 구성하였으며 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에 각 국가에서 키워드 상위 빈도 30개 키워드를 사용하여 키워드 네트워크를 나타내었다. 각 키워드 네트워크를 이용하여 국가별로 연결 중심성, 매개 중심성을 구하였다.



<그림 3> 미국의 키워드 네트워크

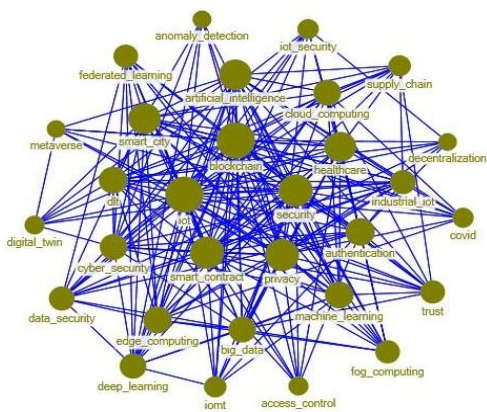
키워드 네트워크에서 노드는 키워드를 의미하고 노드 사이를 연결하는 링크는 노드 간의 관계를 의미한다. <그림 3>은 미국의 논문 초록에서 추출된 빈도가 높은 상위 30개 키워드로 구성된 미국의 키워드 네트워크를 나타낸다. <그림 3>의 네트워크에서 각 노드의 크기는 해당 노드와 연결된 링크 수에 비례한다. 즉, 노드에 연결된 링크의 수가 많을수록 노드의 크기가 크고 노드에 연결된 링크의 수가 적을수록 노드의 크기가 작다. <그림 3>의 미국 키워드 네트워크를 이용하여 키워드 연결 중심성 및 매개 중심성을 구하였다.

영국의 논문 초록에서 추출된 키워드 중에서 빈도가 높은 상위 30개 키워드로 구성된 영국의 키워드 네트워크는 <그림 4>에 나타났으며 <그림 4>의 영국 키워드 네트워크를 기반으로 키워드의 연결 중심성 및 매개 중심성을 구하였다.



<그림 5> 한국의 키워드 네트워크

한국의 논문 초록에서 추출된 키워드 중에서 빈도가 높은 상위 30개 키워드로 구성된 한국의 키워드 네트워크는 <그림 5>에 나타났다. <그림 5>의 한국 키워드 네트워크를 이용하여 키워드 연결 및 매개 중심성을 구하였다.



<그림 4> 영국의 키워드 네트워크

4.2.2 연결 중심성 분석

<그림 3>의 미국 키워드 네트워크, <그림 4>의 영국 키워드 네트워크, <그림 5>의 한국 키워드 네트워크를 이용하여 키워드 연결 중심성을 국가별로 구하였다. <표 2>에는 국가별로 연결 중심성이 높은 15개 키워드를 나타내었다. <표 2>에 국가별로 나타난 연결 중심성 순위는 해당 키워드가 다른 키워드와 연관성이 얼마나 높으며 중심적인지를 나타낸다.

<표 2> 국가별 상위 연결 중심성 키워드

순위	미국	영국	한국
1	blockchain (1.0)	blockchain (1.0)	blockchain (1.0)
2	iot (1.0)	iot (1.0)	iot (1.0)
3	security (0.985)	security (0.793)	security (0.827)
4	smart_contract (0.896)	smart_contract (0.793)	privacy (0.758)
5	privacy (0.896)	privacy (0.793)	smart_contract (0.724)
6	machine_learning (0.862)	artificial_intelligence (0.724)	edge_computing (0.620)
7	cyber_security (0.827)	smart_city (0.724)	healthcare (0.551)
8	artificial_intelligence (0.793)	healthcare (0.689)	deep_learning (0.517)
9	industrial_iot (0.793)	authentication (0.586)	cloud_computing (0.482)
10	smart_city (0.793)	dlt (0.551)	industrial_iot (0.448)
11	big_data (0.793)	machine_learning (0.551)	artificial_intelligence (0.448)
12	cloud_computing (0.793)	edge_computing (0.551)	smart_city (0.448)
13	fog_computing (0.793)	cyber_security (0.551)	big_data (0.448)
14	edge_computing (0.758)	big_data (0.551)	machine_learning (0.379)
15	healthcare (0.689)	cloud_computing (0.551)	federated_learning (0.344)

<표 2>는 여러 분야의 키워드들로 구성되어 있으므로 이러한 키워드를 분야별로 파악하고자 <표 2>의 키워드를 분야별로 구분하였다. 그래서 블록체인 보안 관련 분야(분야 A), 사물인터넷 관련 분야(분야 B), 인공지능 관련 분야(분야 C), 컴퓨팅 관련 분야(분야 D), 기타 분야(분야 E)로 구분하고 <표 3>에 정리하였다.

<표 3> 분야에 따른 국가별 연결 중심성 키워드

분야	미국	영국	한국
A	blockchain security privacy cyber_security	blockchain security privacy authentication cyber_security	blockchain security privacy
B	iot industrial_iot	iot	iot industrial_iot
C	machine_learning artificial_intelligence	artificial_intelligence machine_learning	deep_learning artificial_intelligence machine_learning federated_learning
D	cloud_computing fog_computing edge_computing	edge_computing cloud_computing	edge_computing cloud_computing
E	smart_contract smart_city big_data healthcare	smart_contract smart_city healthcare dlt big_data	smart_contract healthcare smart_city big_data

<표 2>에서 키워드 'blockchain', 'iot', 'security', 'smart_contract', 'privacy'는 각 국가에서 공통으로 상위 5위 안에 포함되는 연결 중심성이 높은 키워드이다. 이 중에서 'blockchain', 'iot'는 각 국가에서 연결 중심성이 가장 높은 두 키워드이다.

<표 3>에서 블록체인 보안 관련 분야(분야 A)의 키워드를 보면, 키워드 'blockchain', 'security', 'privacy'는 국가마다 보이며 이 키워드와 연관된 연구가 각 국가에서 연결 중심적으로 진행된 것으로 보인다. 분야 A의 연결 중심성 순위를 <표 2>에서 살펴보면, 'blockchain'의 연결 중심성이 가장 높게 나타났다. 또한 <표 3>에서 키워드 'cyber_security'는 미국 및 영국에서 보이며 사이버보안과 연관된 연구가 공통으로 연결 중심적으로 진행된 것으로 판단된다.

<표 3>의 사물인터넷 관련 분야(분야 B) 키워드에서는 키워드 'iot'가 국가마다 나타났으며 이 키워드와 관련된 연구가 공통으로 연결 중심적으로 진행된 것으로 보인다. 키워드 'industrial_iot'는 미국과 한국에 나타났으

며 산업용 사물인터넷(Industrial Internet of Things) 관련 연구가 두 나라에서 연결 중심으로 이루어진 것으로 보인다.

인공지능 관련 분야(분야 C)의 키워드를 살펴보면, 키워드 'artificial_intelligence', 'machine_learning'이 각 국가에서 나타났으며 인공지능, 머신러닝 관련 연구가 공통으로 연결 중심으로 진행된 것으로 보인다. 또한 <표 2>에서 국가별로 이 분야의 연결 중심성 순위를 보면, 미국의 경우에는 'machine_learning' 연결 중심성이 가장 높으며 영국의 경우에는 'artificial_intelligence' 연결 중심성 그리고 한국의 경우에는 'deep_learning' 연결 중심성이 가장 높다.

컴퓨팅 관련 분야(분야 D)의 키워드를 보면, 키워드 'cloud_computing', 'edge_computing'이 각 국가에서 나타났으며, 분야 D의 연결 중심성 순위를 <표 2>에서 보면 미국의 경우에는 'cloud_computing'의 연결 중심성이 가장 높으며 영국과 한국의 경우에는 'edge_computing'의 연결 중심성이 가장 높다.

기타 분야(분야 E)의 키워드에서는 'smart_contract', 'smart_city', 'big_data', 'healthcare'가 국가마다 나타났다. <표 2>에서 이 분야의 연결 중심성 순위를 보면 'smart_contract'의 연결 중심성이 국가마다 가장 높다. 즉, 블록체인 관련 기술인 스마트 컨트랙트(Smart Contract) 관련 연구가 이 분야에서 가장 연결 중심으로 진행된 것으로 보인다. 그뿐만 아니라, 스마트시티, 빅데이터, 헬스케어 관련 연구도 공통으로 연결 중심으로 진행된 것으로 판단된다.

4.2.3 매개 중심성 분석

<그림 3>의 미국 키워드 네트워크, <그림 4>의 영국 키워드 네트워크, <그림 5>의 한국 키워드 네트워크를 이용하여 국가별로 키워드 매개 중심성을 구하였으며 각 국가에서 매개 중심성이 높은 상위 15개 키워드를 <표 4>에 나타냈다. <표 4>에 국가별로 나타난 매개 중심성

순위는 각 국가에서 해당 연구 키워드가 다른 연구 키워드 간에 얼마나 매개적인 역할을 하는지를 나타내었다.

<표 4> 국가별 상위 매개 중심성 키워드

순위	미국	영국	한국
1	blockchain (0.079)	blockchain (0.176)	blockchain (0.303)
2	iot (0.079)	iot (0.176)	iot (0.303)
3	security (0.071)	privacy (0.095)	security (0.127)
4	privacy (0.055)	security (0.080)	privacy (0.119)
5	smart_contract (0.042)	smart_contract (0.076)	smart_contract (0.086)
6	machine_learning (0.038)	smart_city (0.061)	edge_computing (0.049)
7	cyber_security (0.034)	artificial_intelligence (0.059)	healthcare (0.047)
8	cloud_computing (0.032)	healthcare (0.055)	deep_learning (0.027)
9	smart_city (0.029)	authentication (0.038)	artificial_intelligence (0.025)
10	industrial_iiot (0.027)	dlt (0.035)	industrial_iiot (0.020)
11	fog_computing (0.024)	cyber_security (0.024)	cloud_computing (0.019)
12	big_data (0.024)	machine_learning (0.023)	smart_city (0.017)
13	edge_computing (0.023)	cloud_computing (0.020)	big_data (0.010)
14	artificial_intelligence (0.021)	edge_computing (0.018)	trust (0.009)
15	access_control (0.014)	deep_learning (0.017)	uav (0.008)

<표 4>에는 여러 분야의 키워드들로 구성되어 있으므로 이러한 키워드를 분야별로 파악하기 위해서 <표 4>에 있는 키워드들을 분야별로 구분하였다. 블록체인 보안 관련 분야(분야 A), 사물인터넷 관련 분야(분야 B), 인공지능 관련 분야(분야 C), 컴퓨팅 관련 분야(분야 D), 기타

분야(분야 E)로 구분하여 <표 5>에 정리하였다.

<표 4>에서 각 국가에서 상위 순위 5위에 포함되는 키워드는 'blockchain', 'iot', 'security', 'privacy', 'smart_contract'이며 이 키워드와 관련된 연구가 공통으로 높은 매개적인 역할을 하는 연구로 진행된 것으로 보인다. 'blockchain', 'iot'는 공통으로 매개 중심성이 가장 높은 두 키워드이다.

<표 5> 분야에 따른 국가별 매개 중심성 키워드

분야	미국	영국	한국
A	blockchain security privacy cyber_security access_control	blockchain privacy security authentication cyber_security	blockchain security privacy trust
B	iot industrial_iot	iot	iot industrial_iot
C	machine_learning artificial_intelligence	artificial_intelligence machine_learning deep_learning	deep_learning artificial_intelligence
D	cloud_computing fog_computing edge_computing	cloud_computing edge_computing	edge_computing cloud_computing
E	smart_contract smart_city big_data	smart_contract smart_city healthcare dlt	smart_contract healthcare smart_city big_data uav

<표 5>의 블록체인 보안 관련 분야(분야 A) 키워드를 살펴보면, 키워드 'blockchain', 'security', 'privacy'가 국가마다 나타났으며 이 키워드와 관련된 연구가 공통으로 매개적인 역할을 한 것으로 보인다. <표 4>에서 분야 A 키워드의 순위를 보면, 'blockchain'이 가장 높은 매개 중심성을 보인다. 또한 키워드 'cyber_security'는 미국과 영국에서 보이며 두 나라에서 공통으로 사이버보안 관련 연구가 매개적인 연구로 진행된 것으로 판단된다.

<표 5>의 사물인터넷 관련 분야(분야 B)에서는 키워드 'iot'가 각 국가에서 나타났으며 사물인터넷 관련 연구가 공통으로 매개적인 역할을 한 것으로 보인다. 미국 및

한국의 경우에 키워드 'industrial_iot'가 나타났으며 두 나라에서는 산업용 사물인터넷 연구가 매개적인 연구로 진행된 것으로 생각된다.

인공지능 관련 분야(분야 C)의 키워드로 'artificial_intelligence'가 국가마다 나타났으며 이 키워드와 관련된 연구가 공통으로 매개적인 연구로 진행된 것으로 보인다. 키워드 'machine_learning'은 미국과 영국에서 나타났으며 키워드 'deep_learning'은 영국과 한국에서 나타났다. 따라서 미국 및 영국에서는 머신러닝 관련 연구 그리고 영국과 한국에서는 딥러닝 관련 연구가 매개적인 연구로 진행된 것으로 보인다.

컴퓨팅 관련 분야(분야 D)에서는 키워드 'cloud_computing', 'edge_computing'이 국가마다 나타났으며, 이를 통해서 클라우드 컴퓨팅 및 엣지 컴퓨팅 관련 연구가 각 국가에서 매개적인 역할을 한 것으로 판단된다. <표 4>에서 분야 D의 키워드 순위를 보면, 미국과 영국에서는 'cloud_computing'의 매개 중심성이 가장 높으며 한국에서는 'edge_computing'의 매개 중심성이 가장 높다.

기타 분야(분야 E)의 키워드로 'smart_contract', 'smart_city'가 각 국가에서 보이며 이 키워드와 관련된 연구가 매개적인 역할을 한 것으로 판단된다. <표 4>에서 이 분야의 키워드 순위를 살펴보면, 각 국가에서 'smart_contract'의 매개 중심성이 가장 높다. 미국 및 한국에서는 'big_data' 그리고 영국 및 한국에서는 'healthcare'가 보이며, 따라서 미국과 한국에서는 빅데이터 관련 연구 그리고 영국과 한국에서는 헬스케어 관련 연구가 매개적인 연구로 진행된 것으로 판단된다.

<표 2>, <표 3>, <표 4>, <표 5>에 대한 키워드 차이가 나는 부분에 대해서 연결 중심성과 매개 중심성 간의 비교를 통해서 살펴보면, 전체적으로 대부분의 키워드가 연결 중심성 및 매개 중심성이 높은 상위 15순위에 공통으로 포함되어 있다. 따라서 연결 중심성이 높은 키워드가 매개 중심성도 높은 편으로 나타났다. 그러나 연결 중심성만 높거나 또는 매개 중심성만 높은 키워드도 존재

하며 국가별로 보면, 미국의 'healthcare', 영국의 'big_data', 한국의 'machine_learning' 및 'federated_learning'은 연결 중심성이 높은 15개 키워드에 포함되어 있으나 매개 중심성이 높은 15개 키워드에는 포함되어 있지 않다. 이를 통해서 미국의 헬스케어 연구, 영국의 빅데이터 연구, 한국의 머신러닝과 연합학습 관련 연구는 다른 연구들과 연결은 높으나 매개적인 역할을 하는 정도는 낮은 것으로 보인다. 그에 비해서 미국의 'access_control', 영국의 'deep_learning', 한국의 'trust' 및 'uav'는 매개 중심성이 높은 15개 순위에만 포함되어 있는 키워드이다. 따라서 미국의 접근제어 연구, 영국의 딥러닝 연구, 한국의 보안 신뢰 및 무인 항공기 관련 연구는 여러 연구와 연결성이 높지는 않으나 다른 연구 간의 높은 매개적인 역할을 하는 정도가 높은 연구로 파악된다.

V. 논의

본 장에서는 설정된 연구 질문들에 관련된 내용을 논의하고자 한다. 첫째, 블록체인 기반의 사물인터넷에 관한 키워드 빈도 결과를 통해서 각 국가에서 키워드 빈도가 높은 상위 5개 키워드는 'blockchain', 'iot', 'security', 'smart_contract', 'privacy'이며 블록체인, 사물인터넷, 보안, 스마트 컨트랙트, 개인정보 보호 관련 연구에 대해서 국가마다 높은 관심을 가지는 연구 키워드로 보인다. 그뿐만 아니라 상위 5개 키워드에 포함되지 않았지만 키워드 'smart_city', 'industrial_iot', 'machine_learning' 그리고 'artificial_intelligence'가 국가마다 보이며 이 키워드들도 각 국가의 관심 연구 키워드로 보인다.

둘째, 전체적으로 블록체인 기반의 사물인터넷에 관한 연결 중심성, 매개 중심성 분석 결과를 보면, 각 국가에서 'blockchain', 'iot', 'security', 'smart_contract', 'privacy'는 연결 중심성, 매개 중심성이 높은 상위 5개

키워드이다. 이를 통해서 블록체인, 사물인터넷, 보안, 스마트 컨트랙트, 개인정보 보호 관련 연구가 공통으로 가장 연결 중심적이며 매개 중심적인 역할을 한 것으로 보인다.

분야별로 살펴보면, 블록체인 보안 관련 분야에서 'blockchain', 'security', 'privacy'가 각 국가에서 연결 중심성과 매개 중심성이 높은 키워드로 나타났으며, 이를 통해서 블록체인, 보안, 개인정보 보안 관련 연구가 국가마다 높은 중심성을 가진 연구로 진행된 것으로 파악된다. 또한 'cyber_security'는 미국과 영국에서 연결 중심적이며 매개적인 키워드로 나타났으며, 사이버보안 관련 연구가 두 나라에서 중심적인 연구로 진행된 정도가 높은 것으로 보인다.

사물인터넷 관련 분야에 대해서 보면, 'iot'가 각 국가에서 연결 중심성 및 매개 중심성이 높은 키워드로 나타났으며 사물인터넷 관련 연구가 각 국가에서 중심성이 높은 연구로 진행된 것으로 파악된다. 또한 'industrial_iot'는 미국과 한국에서 나타났으며 산업용 사물인터넷 관련 연구가 두 나라에 공통으로 연결 중심적이고 매개적인 역할을 한 연구로 진행된 것으로 판단된다.

인공지능 관련 분야에서 'artificial_intelligence'가 각 국가에서 연결 중심성과 매개 중심성이 높은 키워드로 나타났으며 국가마다 인공지능 관련 연구가 중심성이 높은 연구로 진행된 것으로 파악된다. 'machine_learning'은 각 국가에서 높은 연결 중심성을 보였으나 높은 매개 중심성은 미국 및 영국에서 보였다. 따라서 미국과 영국에서는 머신러닝 관련 연구가 높은 연결 및 매개 중심적인 연구로 진행된 것으로 보인다. 그뿐만 아니라 키워드 'deep_learning'은 한국에서 높은 연결 중심성과 매개 중심성을 보였으며, 이를 통해서 한국에서는 딥러닝 관련 연구가 높은 중심성으로 진행된 것으로 보인다.

컴퓨팅 관련 분야에 대해서 보면, 키워드 'cloud_computing', 'edge_computing'이 국가마다 높은 연결 중심성과 매개 중심성을 보였으며, 이를 통해서 클

라우드 컴퓨팅 및 엣지 컴퓨팅 연구가 각 국가에서 중심성이 높은 연구로 진행된 것으로 판단된다. 미국에서는 클라우드 컴퓨팅 관련 연구가 이 분야에서 가장 중심적인 연구로 그리고 한국에서는 엣지 컴퓨팅 연구가 가장 중심적인 연구로 진행된 것으로 파악된다.

기타 분야에서 키워드 'smart_contract', 'smart_city'는 국가마다 높은 연결 및 매개 중심성을 가지는 키워드로 나타났으며, 따라서 블록체인 기술인 스마트 컨트랙트 그리고 스마트 시티 관련 연구가 공통으로 중심성이 높은 것으로 파악된다. 그뿐만 아니라 키워드 'big_data'는 미국과 한국에서 높은 연결 및 매개 중심성을 가지는 키워드로 나타났으며 두 나라에서는 빅데이터 관련 연구가 중심적인 연구로 진행된 것으로 파악된다. 그리고 'healthcare'는 영국과 한국에서 높은 연결과 매개 중심성을 보이며 헬스케어 관련 연구가 두 나라에서 중심적인 연구로 진행된 것으로 보인다.

셋째, 블록체인 기반의 사물인터넷에 관한 연결 중심성 및 매개 중심성 분석 결과로부터 도출되는 한국과 연관된 시사점을 살펴보면, 블록체인 보안 관련 분야에서 키워드 'cyber_security'는 한국의 상위 15개 연결 중심성, 매개 중심성 키워드로 포함되지 않았다. 이를 통해서 한국의 사이버보안 연구가 미국 및 영국에 비해서 중심성이 낮은 연구로 진행된 것으로 파악된다. 그뿐만 아니라 'authentication'도 한국의 상위 15개 연결 및 매개 중심성 키워드에 포함되지 않았으며, 영국에 비해서 한국의 보안 인증 관련된 연구가 중심성이 낮은 연구로 보인다. 이 연구들이 더욱 중심적인 연구로 진행되기 위해서 블록체인을 기반으로 한 사물인터넷 기기들에 대한 공격 및 기기들이 연결되어 있는 네트워크에 대한 공격을 신속하게 탐지하여 대응하는 연구, 사물인터넷에서 생성되는 많은 데이터에 대한 강화된 데이터 신뢰성 제공 관련 연구, 향상된 인증 시스템의 개발 관련 연구 등이 활발하게 진행될 필요가 있어 보인다.

인공지능 관련 분야에서 보면, 한국의 경우에 키워드 'machine_learning'은 상위 15개 매개 중심성 키워드에

포함되지 않았으며, 따라서 미국과 영국에 비해서 머신러닝 관련 연구가 매개적인 역할을 한 정도가 낮은 것으로 보인다. 이와 관련된 연구가 더욱 매개적인 역할을 할 수 있는 연구가 될 수 있도록 머신러닝과 다양한 분야들과 많은 융합 연구가 진행되어야 하며 여러 분야의 보안 강화를 위하여 블록체인 기술과 머신러닝이 접목된 집중적인 연구가 필요해 보인다.

기타 분야의 경우에서 한국의 키워드 'smart_city'의 연결 중심성 및 매개 중심성 순위는 미국과 영국에 비해서 낮은 편이며 상대적으로 낮은 중심성으로 연구가 진행된 것으로 보인다. 따라서 스마트 시티 관련 연구가 보다 중심성이 높은 연구로 진행되도록 스마트 시티 도시민을 위한 금융거래, 의료 등의 핵심 서비스에 블록체인 기술을 적용하여 안전한 정보 제공과 관련 연구가 필요해 보인다. 또한 한국에서는 키워드 'dlr'는 상위 15개 연결 및 매개 중심성 키워드에 포함되지 않았다. 이를 통해서 블록체인 관련 기술인 분산 원장 기술(Distributed Ledger Technology)이 영국에 비해서 낮은 중심성을 보인다. 분산 원장 기술 관련 연구가 더욱 중심성이 높은 연구로 진행되도록 사물인터넷 환경에 분산 원장 기술을 적용하여 사물인터넷의 기기들 및 기기 간에 교환되는 데이터에 대한 안정성과 처리 효율성 제공 관련 연구의 진행이 활발하게 필요해 보인다.

VI. 결론

본 연구는 블록체인 기반의 사물인터넷 연구 동향을 미국, 영국 그리고 한국을 중심으로 수행하였다.

본 연구의 연결 및 매개 중심성 분석을 통해서 보면, 각 국가에서 공통으로 키워드 'blockchain', 'iot', 'security', 'smart_contract', 'privacy'가 연결 및 매개 중심성이 가장 높은 5개 키워드로 나타났다. 이를 통해서 국가마다 블록체인 및 스마트 컨트랙트 관련 연구, 사물

인터넷 관련 연구 그리고 보안 및 개인정보 보호 관련 연구가 가장 중심으로 진행된 것으로 보인다. 그 외에도 블록체인 기반 사물인터넷 환경에 인공지능 기술을 적용한 연구, 클라우드, 엣지 컴퓨팅을 기반으로 하는 사물인터넷에 블록체인을 이용하여 효율성과 보안성을 향상하는 연구를 국가마다 중심적인 연구로 진행한 것으로 보인다.

블록체인 기반의 사물인터넷에 관한 연결 중심성과 매개 중심성 분석으로부터 도출되는 한국 관련 시사점에서 한국의 사이버보안 관련 연구, 보안 인증 관련된 연구가 더욱 중심적인 연구로 진행되도록 블록체인을 활용한 사물인터넷 기기 및 네트워크에 대한 강화된 보안 연구, 블록체인 기술의 보안을 위해서 머신러닝을 접목하여 활용하는 연구, 스마트 시티를 블록체인 기반 사물인터넷으로 연결하는 연구, 분산 원장 기술을 다양한 분야에 적용하는 연구가 활발하게 진행할 필요가 있어 보인다.

이러한 시사점을 통해서 한국의 블록체인 기반의 사물인터넷에 대한 연구 방향성을 제시하고자 한다. 본 논문의 한계점은 블록체인 기반의 사물인터넷에 관한 연구 동향 분석을 미국, 영국 그리고 한국을 중심으로 진행하였으나 향후에는 블록체인 기반의 사물인터넷 관련 연구를 진행하고 있는 다양한 국가들을 포함하여 다양한 지역의 인공지능 보안에 대한 연구 동향을 분석하고자 한다.

참고문헌

- [1] Khan, M., and Salah, K., "IoT Security: Review, Blockchain Solutions, and Open Challenges," *Future Generation Computer Systems*, Vol.82, 2018, pp.395-411.
- [2] Bruneo, D., "An IoT service ecosystem for Smart Cities: The #Smartme project," *Internet of Things*, Vol.5, 2019, pp.12-33.
- [3] 최중윤, "2025년 아태지역 IoT 지출 4,370억 달러에 이를 것," *인더스트리 뉴스*, <https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=44918>, 2022.01.12.
- [4] 박시현, "2025년 국내 IoT 시장 38조 1709억원 규모 전망," *디지털 경제 뉴스*, <https://www.denews.co.kr/news/articleView.html?idxno=22313>, 2022.12.07.
- [5] 정성교, "블록체인 기술 및 연구 동향 분석," *Korea EU Research Center*, 2018.07.31.
- [6] Wan, J., Li, J., Imran, M., and Li, D., "A Blockchain-Based Solution for Enhancing Security and Privacy in Smart Factory," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol.15, No.6, 2019, pp.3652-3660.
- [7] Zhou, S., Xi, J., Wang, H., and Xu, G., "CrowdBLPS: A Blockchain Based Location Privacy Preserving Mobile Crowdsensing System," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol.16, No.6, 2020, pp.4206-4218.
- [8] Moniruzzaman, M., Khezr, S., Yassine, A., and Benlamri, R., "Blockchain for smart homes: Review of current trends and research challenges," *Computer and Electrical Engineering*, Vol.83, 2020, pp.1-16.
- [9] Kim, N., Kang, S., and Hong, C., "Mobile charger billing system using lightweight Blockchain," *19th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium*, 2017.
- [10] Saini, A., Sharma, S., Jain, P., Sharma, V., and Khandelwal, A., "A Secure Priority Vehicle Movement based on Blockchain Technology in Connected Vehicles," *Proceedings of the 12th International Conference on Security of Information and Networks*, 2019.

- [11] Fu, Y., Yu, F., Li, C., Luan, T., and Zhang, Y., "Collective Learning for Connected and Autonomous Vehicles," *IEEE Wireless Communications*, Vol.27, No.2, 2020, pp.197-203.
- [12] Narbayeva, S., Bakibayev, T., Abeshev, K., Makarova, I., Shubenkova, K., and Pashkevich, A., "Blockchain Technology on the Way of Autonomous Vehicles Development," *Transportation Research Procedia*, Vol.44, 2020, pp.168-175.
- [13] 김미희 · 이기훈, "블록체인 기술의 사물인터넷 적용에 대한 조사 연구," *한국지식정보기술학회 논문지*, 제15권, 제1호, 2020, pp.11-28.
- [14] 허신욱 · 조육 · 김급보 · 권율 · 김호원, "저사양 사물인터넷 디바이스를 위한 블록체인 기술 동향," *정보보호학회지*, 제32권, 제2호, 2022, pp.17-28.
- [15] 홍은기 · 이수진 · 서승현, "사물인터넷을 위한 블록체인 기술 동향," *정보보호학회지*, 제28권, 제3호, 2018, pp.38-46.
- [16] Dwivedi, S., Roy, P., Karda, C., Agrawal, S., and Amin, R., "Blockchain-Based Internet of Things and Industrial IoT: A Comprehensive Survey," *Security and Communication Networks*, Vol.2021, 2021, pp.1-21.
- [17] Alam, T., "Blockchain-Based Internet of Things: Review, Current Trends, Applications, and Future Challenges," *Compers*, Vol.2021, 2021, pp.1-21.
- [18] Alajlan, R., Alhumam, N., and Frikha, M., "Cybersecurity for Blockchain-Based IoT System: A Review," *Applied Science* Vol.13, No.13, 2023, pp.1-226.
- [19] Mathur, S., Kalla, A., Gur, G., Bohra, K., and Liyanage, M., "A Survey on Role of Blockchain for IoT: Applications and Technical Aspects," *Computer Networks*, Vol.227, 2023, pp.1-46.
- [20] 박정숙 · 박준영 · 최선미 · 오진태 · 김기영, "블록체인 세대별 기술 동향," *전자통신동향분석*, 제33권, 제6호, 2018, pp.139-153.
- [21] 이은영 · 문정현 · 한채림 · 이일구, "블록체인 네트워크 보안 위협 탐지 기술 동향 분석," *정보보호학회지*, 제31권, 제3호, 2021, pp.61-71.
- [22] 임명환, "블록체인 기술의 활용 동향 분석," *주간기술동향*, 2016, pp.2-14.
- [23] 유재호 · 전의찬 · 김하나, "텍스트 분석을 활용한 기후변화 연구 동향 분석: 한국기후변화학회지를 중심으로," *Journal of Climate Change Research*, 제10권, 제3호, 2019, pp.161-172.
- [24] 황고은 · 황동열, "빅데이터 기술을 활용한 인문콘텐츠 분야의 의미연결망 분석," *인문콘텐츠*, 제43호, 2016, pp.229-255.
- [25] 황고은 · 문신정, "영상콘텐츠분야 정권별 빅데이터 분석 - 상위 중심성 값의 변화를 중심으로," *디지털콘텐츠학회논문지*, 제18권, 제5호, 2017, pp.911-921.
- [26] 한지윤 · 신영준, "인공지능교육 관련 연구 동향 분석: 키워드 네트워크 분석," *인공지능연구 논문지*, 제1권, 제2호, 2020, pp.20-33.
- [27] 주재홍 · 송지훈, "키워드 네트워크 분석을 활용한 지식은폐 연구동향 분석," *지식경영연구*, 제22권, 제1호, 2021, pp.217-242.
- [28] 류기진 · 남형식 · 조상호 · 류동근, "사회연결망 분석을 이용한 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석에 관한 연구 : 부산항을 중심으로," *한국항해항만학회지*, 제42권, 제6호, 2018, pp.529-538.

■ 저자소개 ■



이택균
(Lee Taekyeun)

2016년 9월~현재
이주대학교 다산학부대학 조교수
2014년 3월~2016년 8월
이주대학교 소프트웨어학과 강의교수
2010년 9월 State University of New York at
Buffalo, Computer Science and
Engineering(공학박사)
1998년 2월 고려대학교 전산학과(이학석사)
관심분야 : 데이터 마이닝, 인공지능
E-mail : taekklee@ajou.ac.kr

논문접수일 : 2024년 2월 15일
수정접수일 : 2024년 2월 26일
게재확정일 : 2024년 3월 02일