

키워드 빈도와 중심성 분석을 이용한 사물인터넷 및 스마트 시티 연구 동향: 미국·일본·한국을 중심으로

이택균*

Research Trend on Internet of Things and Smart City Using Keyword Frequency and Centrality Analysis : Focusing on United States, Japan, South Korea

Lee Taekkyeun

〈Abstract〉

This study aims to examine research trends on the Internet of Things and smart city based on papers from the United States, Japan, and Korea. We collected 7113 papers related to the Internet of Things and smart city published from 2016 to 2021 in Elsevier's Scopus. Keyword frequency and centrality analysis were performed based on the abstracts of the collected papers. We found keywords with high frequency of appearance by calculating keyword frequency and identified central research keywords through the centrality analysis by country. As a result of the analysis, research on security, machine learning, and edge computing related to the Internet of Things and smart city were the most central and highly mediating research conducted in each country. As an implication, studies related to deep learning, cybersecurity, and edge computing in Korea have lower degree centrality and betweenness centrality compared to the United States and Japan. To solve the problem it is necessary to combine these studies with various fields. The future research direction is to analyze research trends on the Internet of Things and smart city in various regions such as Europe and China.

Key Words : IoT, Smart City, Centrality, Frequency

I. 서론

1)

사물인터넷은 4차 산업혁명의 핵심적인 기술 중의 하나이다. 사물인터넷이란 통신 네트워크에 연결된 스마트한 기기들에 의해서 수집된 정보를 네트워크에 의

해서 전달하는 기술을 의미한다[1, 2]. 향후 10년 동안에 사물인터넷 기술의 발전으로 인해서 125*10⁹개 이상의 사물인터넷 기기들이 서로 연결될 것이며 사물인터넷 기술에 대한 투자도 120*10⁹달러 이상으로 예상되며 사물인터넷은 다양한 분야와의 접목을 통해서 많은 혁신적인 기술 변화를 가져올 것으로 예견된다[3].

* 아주대학교 다산학부대학 조교수

스마트 시티란 통신 인프라에 기반하여 구축된 실용적인 복합도시[4]를 의미한다. 도시에 거주하는 인구의 증가로 인해서 안전, 환경, 교통과 관련된 많은 도시 문제가 증가하고 있으며 이러한 문제를 해결하기 위해서 IoT(Internet of Things) 기술을 기반으로 한 스마트 시티가 부상하고 있다[5].

사물인터넷과 스마트 시티는 밀접한 연관성을 가지고 있으며 사물인터넷과 스마트 시티에 관련된 연구를 살펴보면, 도시에 거주하는 도시민의 안정성 제고를 위하여 사물인터넷 기술이 적용된 시스템에 대한 연구[6, 7], 도시민의 건강관리를 위하여 사물인터넷 기기를 이용하여 실시간 모니터링이 가능한 건강관리 모델 개발에 관한 연구[8-10], 도시의 환경 문제와 관련하여 사물인터넷 기기에 기반하여 대기 상태를 모니터링하고 오염 감소를 위해서 의사 결정 지원 시스템을 이용하는 연구[11-13], 교통과 관련하여 사물인터넷을 통해서 수집되는 정보를 이용하여 차량이 혼잡을 피해서 효과적으로 목적지까지 도착할 수 있도록 지원하는 시스템에 관한 연구[14-17], 사물인터넷 기술을 이용하여 수도 시설 관리 및 폐기물 관리에 관한 연구[18-20], 사물인터넷 기술이 적용된 자율주행 차량과 연동을 고려한 스마트 시티 개발과 관련된 연구[21] 등의 여러 연구가 진행되었다.

기존의 관련된 동향 분석을 살펴보면, 국내 사물인터넷에 대한 동향 분석[22], 사물인터넷 글로벌 기업에 대한 동향 분석[23], 사물인터넷과 관련된 서비스 동향 분석[24-26] 등의 사물인터넷을 중심으로 하는 동향 분석이 주로 진행되었다. 또한 사물인터넷에 대한 동향 분석을 기반으로 하여 스마트 시티 구축을 위한 방안을 제시한 연구[27]가 있으나 이 연구는 국내 전자 신문에 있는 기사를 바탕으로 사물인터넷 동향을 분석하였으며 이를 이용하여 스마트 시티 구축을 위한 방안을 제시하였다.

기존의 선행 연구는 사물인터넷과 스마트 시티 분야에 대한 통합적인 동향 분석을 하지는 않았으며 또

한 기술 선두 국가들과 비교를 통해서 시사점을 제시하지 못하였다. 또한 기존의 연구[27]는 국내 전자 신문 기사를 이용하였으며 연구 논문을 기반으로 하여 동향 분석을 하지 못한 한계점을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 연구 논문에 기반하여 사물인터넷과 스마트 시티 관련 기술 선두 국가인 미국 및 일본과 한국의 사물인터넷과 스마트 시티 분야에 대한 연구 동향을 파악하고자 한다.

본 연구는 Elsevier의 Scopus에서 2016년부터 2021년까지 사물인터넷과 스마트 시티와 관련된 미국, 일본, 한국 논문 총 7113편을 수집하고 수집된 논문들의 논문 초록을 대상으로 하여 키워드 빈도와 중심성 분석을 진행하였다. 키워드 빈도를 구하여 빈도가 높은 상위 키워드를 확인하고 중심성 분석을 통해서 중심적인 연구 키워드를 파악하고자 하였다. 분석을 통해서 국가별 비교를 하였으며 향후 한국의 사물인터넷과 스마트 시티와 관련된 연구에 방향성을 제시하고자 한국과 관련된 시사점을 도출하였다.

본 연구는 2장에서는 관련 연구로 사물인터넷 및 스마트 시티와 연관된 연구 그리고 중심성에 대한 내용을 기술하였으며 3장에서는 연구 질문, 자료 수집, 자료 전처리 및 분석 방법을 작성하였고 4장에서는 키워드 빈도와 중심성 분석 결과를 제시하였다. 5장에서 논의 및 결론으로 마무리하였다.

II. 관련 연구

2.1 사물인터넷 및 스마트 시티

도시민 안전한 삶은 스마트 시티에서 매우 중요한 문제이다. 이와 관련하여 스마트 시티에서 도시민의 공공 안전 문제를 해결하기 위하여 IoT 기술을 적용한 연구가 진행되었으며 IoT 기술을 기반으로 하여 안정성을 제공하는 긴급 대응 시스템이 제안되었다

[6, 7]. 또한 도시민의 건강관리를 위한 헬스케어도 도시민 삶의 향상과 연관된 중요한 사항[8]이며 이를 위하여 스마트 시티에 거주하는 고령자와 장애인을 위하여 실시간 모니터링 기반 건강관리 모델이 개발되었다[9]. 또한 빅데이터를 기반으로 하여 향상된 건강관리 서비스를 저비용으로 제공하는 스마트 헬스케어 시스템에 관한 연구가 진행되었다[10].

스마트 시티에서 환경 문제도 중요한 사항[11]이며 특히 도시의 공기 오염은 도시가 직면하고 있는 심각한 문제이며 이를 해결하기 위해서 교통 모니터링 센서 기기를 이용하여 공기 상태를 모니터링하고 예측하는 연구[12], IoT 기기를 기반으로 하여 공기 오염 정도를 모니터링하고 모니터링된 정보를 이용하여 효과적인 오염 감소를 위해서 의사 결정 지원 시스템을 이용하는 연구가 진행되었다[13].

스마트 시티에서 교통 관리 문제의 해결을 위해서 차량이 목적지까지 교통 혼잡을 피해서 도착하도록 하는 지능형 교통 관리 시스템이 제안되었다[14]. 그 뿐만 아니라 다양한 센서 네트워크를 통해서 수집되는 교통 관련 정보를 이용하여 교통 상황을 개선하는 시스템이 제안되었다[15]. 또한 실시간으로 차량을 효과적으로 추적하는 기법[16], 차량 운행에 있어서 에너지 효율적이며 안전한 경로를 찾는 기법[17] 등의 연구가 이루어졌다.

도시의 급격한 인구 증가로 인해서 물의 사용도 증가하고 있으며 이에 따라서 노후한 수도 시설의 관리도 중요한 문제이다. 따라서 IoT 기술을 이용하여 수도 시설 및 수질을 관리하는 기법[18]이 제안되었다. 또한 스마트 시티에서 폐기물 관리도 필수적으로 고려해야 하는 사항이며 이를 위하여 IoT 기기를 기반으로 하여 수집된 정보를 바탕으로 폐기물을 효과적으로 관리하는 프레임워크를 제안하였다[19, 20]. 사물인터넷 기술이 적용된 자율 주행 차량과 효율적인 연결이 가능한 스마트 시티 개발 프레임워크[21] 등의 연구도 진행되었다.

사물인터넷과 스마트 시티와 관련된 기존 연구 동향을 보면, 국내 사물인터넷에 대한 연구 동향 분석[22]에서는 사물인터넷 관련 국내 논문을 이용하여 연구 주제, 연구 방법, 학문 분야별로 구분을 하여 분석을 하였다. 이를 통해서 사물인터넷에 대한 연구는 산업 기술을 중심으로 모델을 제안하는 연구가 많이 이루어졌으며 공학 분야에서 대부분 연구가 진행된 것으로 파악되었다.

사물인터넷 글로벌 기업에 대한 동향 분석[23]에서는 산업용 사물인터넷에서 영향력이 높은 글로벌 기업들을 분야별로 선정하여 각 기업들의 산업용 사물인터넷 플랫폼 개발, 적용 및 운영 등의 현황을 파악하여 혁신적인 기술 개발을 한 기업의 동향을 제시한다.

사물인터넷 기반 헬스케어 서비스 기술 동향[24]에서는 국내와 국외에서 진행되는 다양한 사물인터넷 기반 헬스케어 서비스의 시장 동향과 향후 전망에 대해서 제시하였다. 사물인터넷 기반 헬스케어 제품 및 서비스 분석 및 제안[25]에서는 다양한 사물인터넷 기반 헬스케어 제품을 분석하고 이를 기반으로 하여 사물인터넷 기반 헬스케어 제품 개발 방향을 제시하였다. 또한 사물인터넷 보안과 서비스 분석[26]에서는 사물인터넷과 관련된 보안 및 서비스에 대한 분석을 하고 이를 통해서 트렌드를 파악하며 발전 방향을 제시한다.

사물인터넷 동향 분석을 통한 스마트시티 구축 방안[27]에서는 국내 전자 신문의 기사를 기반으로 하여 사물인터넷에 대한 연구 동향을 분석하였으며 이를 통하여 스마트 시티 구축을 위한 방안을 제시하였다. 그러나 국내 전자 신문의 기사만을 이용하여 사물인터넷의 연구 동향 분석을 하므로 전체적인 사물인터넷의 연구 동향을 파악하는 데 제한이 있을 수 있다.

해외의 관련 연구 동향에서, 스마트 시티를 위한 사물인터넷[28]에서는 스마트 시티에 사용되는 다양

한 사물인터넷 기기 및 프레임워크에 대하여 소개를 하였으며 사물인터넷을 기반으로 하여 스마트 시티 구현에 있어서 문제점과 방향에 대해서 제시를 하였다.

스마트 시티에 적용되는 사물인터넷 기술[29, 30]에서는 스마트 시티를 정의하고 스마트 시티의 다양한 응용 분야를 소개하면서 분야별로 관련된 문제와 이러한 문제를 해결하기 위해서 적용될 수 있는 사물인터넷 기술을 소개하고 이를 기반으로 발전 방향성을 제시하였다.

사물인터넷의 적용이 가능한 스마트 시티[31]에서는 스마트 시티를 구성하기 위해서 적용될 수 있는 사물인터넷 기술을 체계적으로 분류하고 이러한 사물인터넷 기술이 적용될 수 있는 스마트 시티 분야를 구분한다. 스마트 시티 분야별로 사물인터넷 기술이 적용될 경우에 문제점에 대해서 소개하고 사물인터넷 기술을 적용한 스마트 시티 연구 방향을 제시한다.

스마트 시티에서 이용될 수 있는 사물인터넷 관련 응용 기술로 사물인터넷에 참여한 기기를 고려한 개인화 정보 검색 기법[32]이 있다. 이 기법에서는 사물인터넷에 참여한 기기의 특성을 고려하여 이용자의 선호를 고려한 정보 검색을 가능하게 하며 이를 통해서 개인화된 정보 검색이 가능하다. 또한 사물인터넷 관련 서비스 기술로 사물인터넷을 이용한 전시 서비스 품질 고찰에 대한 연구[33]가 있다. 이러한 연구를 통해서 사물인터넷을 이용하여 전시 서비스를 제공하므로 전시품에 대한 감정적인 소통까지 가능하게 할 수 있는 연구이며 스마트 시티에 거주하는 도시민의 삶의 향상과 관련된 연구이다.

2.2 중심성

중심성(Centrality) 분석이란 텍스트에서 추출된 키워드를 이용하여 키워드 간의 연결 관계를 키워드 네트워크로 표현하고 이를 이용하여 키워드 간의 관계

를 분석한다[34]. 키워드 네트워크는 노드(Node)와 링크(Link)로 구성되며 노드는 키워드를 의미하고 링크는 키워드 간의 관계가 있음을 의미한다. 이러한 키워드 네트워크에서 중심성 분석을 통해서 중심적인 키워드를 파악하고자 한다. 중심적인 키워드 파악을 통해서 중심성 분석은 트렌드 분석 및 연구 동향 파악을 위해서 많이 이용된다[35, 36].

본 연구에서는 중심성으로 연결 중심성(Degree Centrality) 및 매개 중심성(Betweenness Centrality)을 키워드 간의 관계를 파악하기 위하여 이용하였다. 연결 중심성은 키워드 네트워크에서 노드 간의 연결 정도를 측정하는 방법이며 하나의 노드가 다른 노드들과 연결된 링크의 수로 표현된다. 따라서 하나의 노드가 다른 노드들과 연결된 링크의 수가 많을수록 그 노드의 연결 중심성이 높으며 다른 노드들과 많은 연관성이 있다. 매개 중심성은 키워드 네트워크에서 노드가 매개자 또는 중간자 역할을 하는 정도를 표현하는 것이며 다른 노드 간의 최단 경로에 위치할수록 노드의 매개 중심성이 크다[37].

III. 연구 방법

3.1 연구 질문

사물인터넷 관련 연구 동향 파악을 위해서 본 연구에서는 아래와 같은 연구 질문을 설정한다.

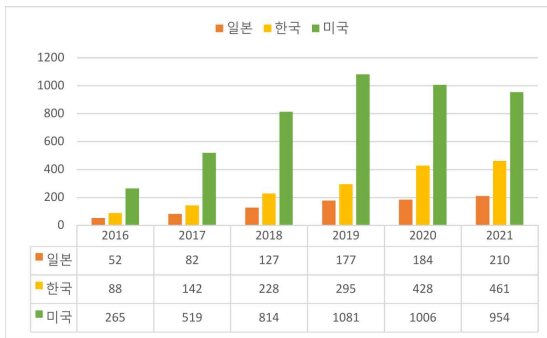
연구 질문 1: 사물인터넷과 스마트 시티에 관한 키워드 빈도를 구한 결과는 어떠한가?

연구 질문 2: 사물인터넷과 스마트 시티에 관한 연결 중심성 및 매개 중심성 분석 결과는 어떠한가?

연구 질문 3: 사물인터넷과 스마트 시티에 관한 중심성 분석 결과를 통하여 도출되는 한국과 관련된 시사점은 무엇인가?

3.2 자료 수집

자료 수집을 위해서 Elsevier의 Scopus에서 ‘Internet of Things’ 및 ‘smart city’를 검색 키워드로 이용하여 2016년부터 2021년까지 발표된 논문을 대상으로 수집하였으며 <그림 1>은 국가별로 수집된 논문 현황을 보여준다.



<그림 1> 수집 논문 현황

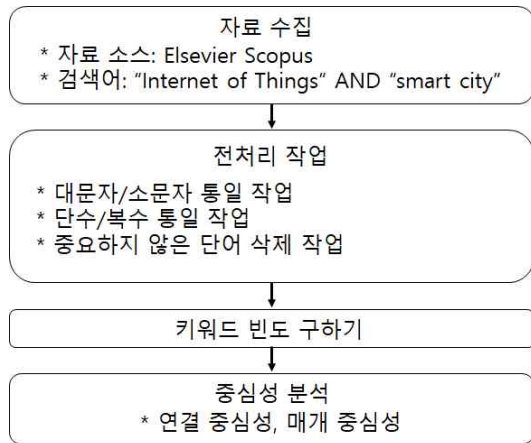
국가별로 사물인터넷 및 스마트 시티 관련 수집 논문 편수는 4,639편(미국), 1,642편(한국), 832편(일본)이다. 수집된 논문 편수에서는 미국에서 발표한 논문 편수가 가장 많은 편이며 일본에서 발표한 논문 편수가 가장 적다. 미국에서 발표한 논문 편수는 2016년부터 증가하기 시작하였으며 2019년도에 가장 많았으나 2020년부터는 발표 논문 편수가 감소하기 시작하였다. 그에 비해 한국과 일본에서 발표한 논문 편수는 2016년부터 2021년까지 점진적으로 증가하였다.

연도별로 수집된 논문 편수는 405편(2016년), 743편(2017년), 1,169편(2018년), 1,553편(2019년), 1,618편(2020년), 1,625편(2021년)이다. 연도별로 논문 편수는 2016년부터 2021년까지 지속해서 증가하였다.

3.3 자료 전처리 및 분석 방법

본 연구를 위한 전체적인 절차는 <그림 2>에 나타

내었다. 자료 수집 과정을 통해서 수집된 논문들의 초록에서 단어(키워드)를 추출하였으며 추출된 키워드들에 대해서 전처리 작업을 진행하였다. 추출된 키워드들에 대한 전처리 작업은 영어 텍스트 데이터에 존재하는 대문자와 소문자를 통일하는 작업, 동일한 의미의 단수와 복수 단어를 통일하는 작업, 영어 관사와 같이 의미가 중요하지 않은 단어를 삭제하는 작업 등을 진행하였다.



<그림 2> 전체 절차

전처리 작업을 통해서 얻은 정제된 데이터를 이용하여 키워드의 빈도를 구하였다. 키워드 빈도는 국가별로 구하였으며 국가별로 빈도가 가장 높은 15개 키워드를 선별하였다.

중심적인 연구 키워드를 찾기 위해서 중심성 분석을 하였으며 중심성 분석을 위해서 연결 중심성과 매개 중심성을 이용하였다. 연결 중심성은 키워드 네트워크에서 노드(키워드)가 얼마나 많은 링크를 가졌는지를 측정하는 것이며 측정된 값을 정규화된 값으로 나타내었다. 연결 중심성은 국가별로 구하였으며 국가별로 연결 중심성이 높은 상위 15개 키워드를 분석하였다. 또한 매개 중심성은 키워드가 네트워크에서 중개자 또는 매개적인 역할을 하는 정도를 측정하는

것이며 매개 중심성도 국가별로 구하였으며 국가별로 매개 중심성이 높은 상위 15개 키워드를 분석하였다. 이러한 전처리 작업과 분석 작업을 위해서 데이터 분석 프로그래밍 언어인 R을 이용하여 진행하였다.

IV. 분석 결과

4.1 키워드 빈도 결과

국가별로 추출된 키워드에 대한 빈도를 구하고 빈도가 가장 높은 15개 키워드를 <표 1>에 나타내었다. <표 1>에서 상위 5개 키워드를 국가별로 보면, 미국의 경우에는 'iot', 'smart_city', 'machine_learning', 'security', 'edge_computing'이며 한국의 경우에는 'iot', 'security', 'smart_city', 'blockchain', 'machine_learning'이고 일본의 경우에는 'iot', 'smart_city', 'machine_learning', 'edge_computing', 'blockchain'이다. 이 키워드 중에서 각 국가에서 공통으로 나타난 키워드는 'iot', 'smart_city', 'machine_learning'이며, 'iot'는 각 국가에서 가장 빈도가 높은 키워드로 나타났다. 'smart_city'는 미국과 일본에서 두 번째로 빈도가 높은 키워드이며 한국에서는 세 번째로 빈도가 높은 키워드로 나타났다. 'machine_learning'은 미국과 일본에서 세 번째로 빈도가 높은 키워드이며 한국에서는 다섯 번째로 빈도가 높은 키워드로 나타났다.

그뿐만 아니라 키워드 'security', 'blockchain', 'edge_computing', 'deep_learning', 'big_data', 'artificial_intelligence', 'wireless_sensor_network'도 각 국가에서 모두 나타났다. 이 키워드에 대해서 국가별로 키워드 순위를 살펴보면, 일본의 'security' 빈도 순위가 미국과 한국에 비해서 낮은 편이며 미국의 'wireless_sensor_network'의 빈도 순위가 한국과 일본에 비해서 낮다. 또한 한국의 'edge_computing',

'deep_learning', 'big_data', 'artificial_intelligence'의 빈도 순위는 미국과 일본에 비해서 조금 낮은 편이다. 키워드 'fog_computing', 'cloud_computing', 'industrial_iot'는 미국과 한국에서만 공통으로 나타났고 'smart_home'은 한국과 일본에서 공통으로 보였으며 'cyberphysical_system'은 미국과 일본에서만 나타난 키워드이다.

<표 1> 국가별 상위 빈도 키워드

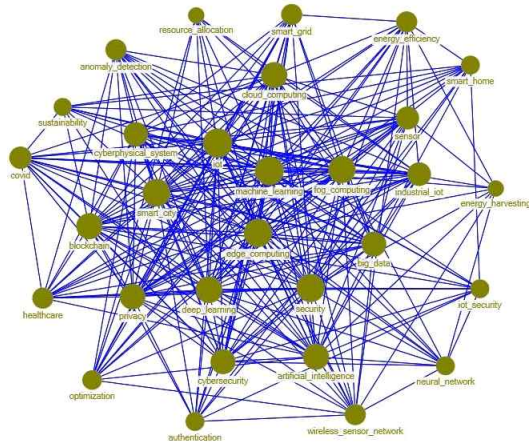
순위	미국	한국	일본
1	iot	iot	iot
2	smart_city	security	smart_city
3	machine_learning	smart_city	machine_learning
4	security	blockchain	edge_computing
5	edge_computing	machine_learning	blockchain
6	blockchain	wireless_sensor_network	wireless_sensor_network
7	deep_learning	edge_computing	deep_learning
8	big_data	deep_learning	security
9	privacy	fog_computing	big_data
10	artificial_intelligence	authentication	artificial_intelligence
11	cloud_computing	big_data	covid
12	cyberphysical_system	artificial_intelligence	energy_efficiency
13	fog_computing	cloud_computing	cyberphysical_system
14	industrial_iot	smart_home	iot_security
15	wireless_sensor_network	industrial_iot	smart_home

4.2 중심성 분석 결과

4.2.1 키워드 네트워크

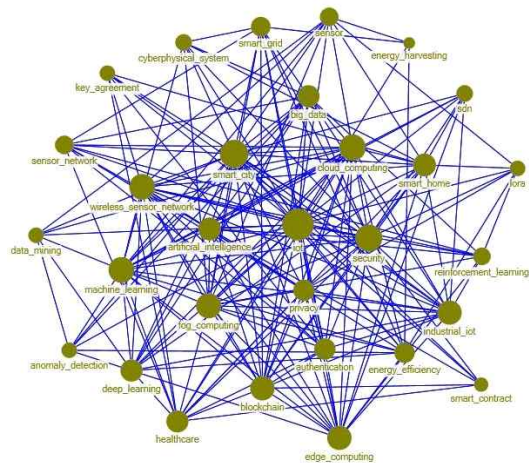
중심성 분석을 위해서 국가별로 빈도가 높은 상위 30개 키워드를 이용하였다. <그림 3>은 미국에서 발표한 논문의 초록에서 추출된 키워드 중에서 빈도가 높은 상위 30개 키워드를 이용하여 구성된 키워드 네트워크를 보여준다. 키워드 네트워크에서 노드는 키워드를 나타내며 링크는 키워드 간의 관계를 나타낸

다. 이러한 키워드 네트워크에서 각 키워드의 연결 중심성과 매개 중심성을 구하였다.



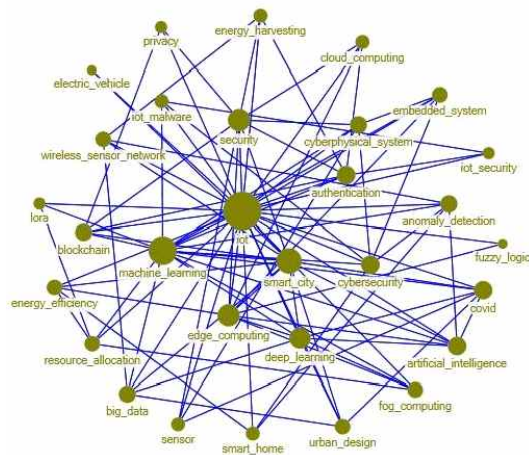
<그림 3> 상위 빈도 30개 키워드 네트워크 (미국)

<그림 4>는 한국에서 발표한 논문의 초록에서 추출된 키워드 중에서 빈도가 높은 상위 30개 키워드를 이용하여 구성된 키워드 네트워크를 보여준다. 이러한 키워드 네트워크를 이용하여 각 키워드의 연결 중심성과 매개 중심성을 구하였다.



<그림 4> 상위 빈도 30개 키워드 네트워크 (한국)

<그림 5>는 일본에서 발표한 논문의 초록에서 추출된 키워드 중에서 빈도가 높은 상위 30개 키워드를 이용하여 구성된 키워드 네트워크를 보여준다. 이러한 키워드 네트워크로부터 각 키워드의 연결 중심성과 매개 중심성을 구하였다.



<그림 5> 상위 빈도 30개 키워드 네트워크 (일본)

4.2.2 연결 중심성 분석

<그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에 있는 국가별 키워드 네트워크를 이용하여 연결 중심성을 구하였으며 <표 2>에는 연결 중심성 값이 높은 상위 15개 키워드를 국가별로 보여준다. <표 2>에 있는 키워드의 연결 중심성 순위는 해당 키워드가 각 국가에서 얼마나 중심적 연구 키워드인지를 나타내므로 이를 이용하여 키워드 간의 연결 중심성 비교를 하였다.

<표 2>에는 다양한 분야의 키워드들이 포함되어 있으므로 이 키워드들을 분야에 따라서 일목요연하게 파악하기 위해서 <표 2>의 키워드들을 관련 분야별로 정리하였다. 그래서 인공지능 관련 분야, 보안 관련 분야, 클라우드 관련 분야, 사물인터넷 관련 분야, 기타 분야로 구분하고 정리하여 <표 3>에 나타내

었다. <표 3>에는 사물인터넷과 스마트 시티와 연관된 연결 중심성 키워드를 분야별로 살펴보기 위해서 키워드 'iot', 'smart_city'를 포함시키지 않았다.

<표 2> 국가별 상위 연결 중심성 키워드

순위	미국	한국	일본
1	iot (1.0)	iot (1.0)	iot (1.0)
2	machine_learning (0.965517)	smart_city (0.793103)	machine_learning (0.551724)
3	security (0.931034)	security (0.724138)	smart_city (0.448276)
4	edge_computing (0.931034)	cloud_computing (0.689655)	edge_computing (0.344828)
5	smart_city (0.896552)	machine_learning (0.655172)	security (0.344828)
6	fog_computing (0.862069)	wireless_sensor_network(0.655172)	deep_learning (0.310345)
7	deep_learning (0.827586)	fog_computing (0.62069)	artificial_intelligence (0.241379)
8	blockchain (0.793103)	blockchain (0.586207)	covid (0.241379)
9	artificial_intelligence (0.793103)	edge_computing (0.586207)	authentication (0.241379)
10	cloud_computing (0.793103)	industrial_iiot (0.586207)	cybersecurity (0.241379)
11	privacy (0.758621)	artificial_intelligence (0.517241)	blockchain (0.206897)
12	big_data (0.724138)	smart_home (0.517241)	big_data (0.206897)
13	cybersecurity (0.724138)	deep_learning (0.482759)	cyberphysical_system (0.206897)
14	cyberphysical_system (0.689655)	big_data (0.482759)	anomaly_detection (0.206897)
15	industrial_iiot (0.655172)	healthcare (0.482759)	wireless_sensor_network(0.172414)

<표 2>에서 각 국가에 공통으로 나타난 상위 순위 5위 안에 포함되는 키워드를 보면, 'iot', 'smart_city', 'security', 'machine_learning'이며 이 키워드들은 각 국가에서 공통으로 연결 중심성이 높은 키워드들이다.

<표 3>에서 인공지능 관련 분야 키워드를 보면, 'machine_learning', 'deep_learning', 'artificial_intelligence'가 공통으로 나타났다. 이를 통해서 각 국

가에서 이 키워드들과 관련된 연구가 중심적인 연구로 진행된 것으로 보인다. 또한 이 키워드들의 연결 중심성 순위를 <표 2>에서 보면, 각 국가에서 모두 'machine_learning'의 연결 중심성이 'deep_learning', 'artificial_intelligence'의 연결 중심성보다 높다. 따라서 인공지능 관련 분야에서 머신러닝 관련 연구가 가장 중심적으로 진행된 것으로 파악된다. 국가 간의 비교에서, 한국의 인공지능 관련 분야 키워드들의 연결 중심성 순위는 미국과 일본에 비해서 낮은 편이다.

<표 3> 분야에 따른 국가별 연결 중심성 키워드

순위	미국	한국	일본
1	'machine_learning', 'deep_learning', 'artificial_intelligence'	'machine_learning', 'artificial_intelligence', 'deep_learning'	'machine_learning', 'deep_learning', 'artificial_intelligence'
2	'security', 'blockchain', 'privacy', 'cybersecurity'	'security', 'blockchain'	'security', 'authentication', 'cybersecurity', 'blockchain', 'anomaly_detection'
3	'edge_computing', 'fog_computing', 'cloud_computing'	'cloud_computing', 'fog_computing', 'edge_computing'	'edge_computing'
4	'industrial_iiot'	'wireless_sensor_network', 'industrial_iiot'	'wireless_sensor_network'
5	'big_data', 'cyberphysical_system'	'big_data', 'smart_home', 'healthcare',	'covid', 'big_data', 'cyberphysical_system'

<표 3>의 보안 관련 분야 키워드에서, 'security', 'blockchain'이 공통으로 나타났다. 즉, 각 국가에서 'security', 'blockchain'과 관련된 연구가 중심적인 연구로 진행된 것으로 파악된다. 또한 이 키워드들의 연결 중심성 순위를 <표 2>에서 보면, 각 국가에서 모두 'security'의 연결 중심성이 'blockchain'의 연결 중심성보다 높으며 따라서 보안 관련 분야에서 'security' 관련 연구가 가장 중심적으로 진행된 것으로 판단된다. 국가 간의 비교에서, 일본의 'security', 'blockchain'의 연결 중심성 순위가 미국과 한국보다 낮게 나타났다. 또한 키워드 'cybersecurity'는 미국과

일본에만 공통으로 상위 연결 중심성 키워드로 나타났으며 한국의 상위 연결 중심성 키워드에는 포함되지 않았다.

클라우드 관련 분야 키워드에서, 키워드 'edge_computing'이 공통으로 나타났으며 이를 통해서 에지 컴퓨팅과 관련된 연구가 각 국가에서 중심적인 연구로 진행된 것으로 보인다. <표 2>의 키워드 'edge_computing'의 연결 중심성 순위를 국가별로 비교해 보면, 한국의 'edge_computing' 연결 중심성 순위가 미국과 일본보다 낮게 나타났다. 또한 키워드 'fog_computing', 'cloud_computing'은 미국과 한국에 상위 연결 중심성 키워드로 포함되었으나 일본에는 상위 연결 중심성 키워드로 포함되지 않았다.

사물인터넷 관련 분야 키워드를 살펴보면, 키워드 'industrial_iiot'가 미국과 한국에만 나타났으며 따라서 미국과 한국에서 'industrial_iiot'와 관련된 연구가 중심적인 연구로 진행된 것으로 파악된다. 키워드 'wireless_sensor_network'는 한국과 일본에만 나타났으며 한국과 일본에서는 무선 센서네트워크 관련 연구가 중심적인 연구로 진행된 것으로 보인다.

기타 분야 키워드에서, 키워드 'big_data'가 각 국가에서 나타났으며 빅데이터에 대한 연구가 각 국가에서 중심적인 연구로 진행된 것으로 판단된다. 키워드 'cyberphysical_system'은 미국과 일본에서만 나타났으며 미국과 일본에서는 가상 물리 시스템에 관한 연구가 중심적인 연구로 진행된 것으로 보인다.

4.2.3 매개 중심성 분석

<그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에 있는 국가별 키워드 네트워크를 이용하여 매개 중심성을 구하였으며 <표 4>에는 매개 중심성 값이 높은 상위 15개 키워드를 국가별로 보여준다. <표 4>에 있는 키워드의 매개 중심성 순위는 해당 키워드가 각 국가에서 얼마나 매개적인 연구 키워드인지를 나타내므로 이를 이용하

여 키워드 간의 매개 중심성을 비교하였다.

<표 4>에는 다양한 분야의 키워드들이 포함되어 있으며 이 키워드들을 분야별로 일목요연하게 파악하기 위해서 <표 4>에 있는 키워드들을 관련 분야별로 정리하였다. 그래서 인공지능 관련 분야, 보안 관련 분야, 클라우드 관련 분야, 사물인터넷 관련 분야, 기타 분야로 구분하고 정리하여 <표 5>에 나타내었다. <표 5>에는 사물인터넷과 스마트 시티와 연관된 매개 중심성 키워드를 분야별로 살펴보기 위해서 키워드 'iiot', 'smart_city'를 포함시키지 않았다.

<표 4> 국가별 상위 매개 중심성 키워드

순위	미국	한국	일본
1	iiot (0.094594)	iiot (0.312687)	iiot (0.280131)
2	machine_learning (0.087142)	smart_city (0.12198)	machine_learning (0.18202)
3	edge_computing (0.072885)	security (0.086936)	smart_city (0.092447)
4	security (0.066022)	machine_learning (0.061156)	edge_computing (0.059113)
5	smart_city (0.055462)	cloud_computing (0.055642)	security (0.05624)
6	fog_computing (0.046844)	wireless_sensor_network(0.047553)	authentication (0.022332)
7	deep_learning (0.041806)	fog_computing (0.04431)	deep_learning (0.01798)
8	artificial_intelligence (0.036907)	smart_home (0.040934)	cybersecurity (0.017241)
9	cloud_computing (0.032527)	energy_efficiency (0.036819)	anomaly_detection (0.013547)
10	blockchain (0.031152)	industrial_iiot (0.035175)	covid (0.01289)
11	cybersecurity (0.024895)	big_data (0.032233)	cyberphysical_system (0.011658)
12	privacy (0.023297)	artificial_intelligence (0.029862)	energy_efficiency (0.010673)
13	big_data (0.019855)	blockchain (0.028773)	wireless_sensor_network(0.009442)
14	cyberphysical_system (0.019565)	edge_computing (0.028486)	artificial_intelligence (0.009031)
15	sensor (0.016418)	smart_grid (0.028466)	blockchain (0.007964)

<표 4>에서 각 국가에 공통으로 나타난 상위 순위 5위 안에 포함되는 키워드를 보면, 'iot', 'smart_city', 'security', 'machine_learning'이며 이 키워드들은 각 국가에서 공통으로 매개 중심성이 높은 키워드들이다.

<표 5>에서 인공지능 관련 분야 키워드를 보면, 'machine_learning', 'artificial_intelligence'가 각 국가에서 매개 중심성 키워드로 나타났으며 이를 통해서 각 국가에서 'machine_learning', 'artificial_intelligence'와 관련 연구가 매개적인 역할을 하는 것으로 보인다. 또한 이 키워드들의 매개 중심성 순위를 <표 4>에서 보면, 'machine_learning'의 매개 중심성 순위가 'artificial_intelligence'의 매개 중심성 순위보다 각 국가에서 모두 높다. 따라서 인공지능 관련 분야에서 머신러닝 관련 연구가 가장 매개적인 역할을 하는 것으로 파악된다. 국가 간의 비교에서, 미국과 일본의 경우에는 키워드 'deep_learning'이 상위 매개 중심성 키워드로 포함되었으나 한국에는 상위 매개 중심성 키워드로 포함되지 않았다.

<표 5> 분야에 따른 국가별 매개 중심성 키워드

순위	미국	한국	일본
1	'machine_learning', 'deep_learning', 'artificial_intelligence'	'machine_learning', 'artificial_intelligence'	'machine_learning', 'deep_learning', 'artificial_intelligence'
2	'security', 'blockchain', 'cybersecurity', 'privacy'	'security', 'blockchain'	'security', 'authentication', 'cybersecurity', 'anomaly_detection', 'blockchain'
3	'edge_computing', 'fog_computing', 'cloud_computing'	'cloud_computing', 'fog_computing', 'edge_computing'	'edge_computing'
4	'sensor'	'wireless_sensor_network', 'industrial_iiot'	'wireless_sensor_network'
5	'big_data', 'cyberphysical_system'	'smart_home', 'energy_efficiency', 'big_data', 'smart_grid'	'covid', 'cyberphysical_system', 'energy_efficiency'

<표 5>의 보안 관련 분야 키워드에서, 'security', 'blockchain'이 각 국가에서 모두 나타났으며 이를 통해서 각 국가에서 'security', 'blockchain'과 관련된 연구가 매개적인 역할을 하는 것으로 파악된다. 이 키워드들의 매개 중심성 순위를 국가별로 <표 4>에서 보면, 'security'의 매개 중심성 순위가 'blockchain'의 매개 중심성 순위보다 높으며 따라서 보안 관련 분야에서 'security' 관련 연구가 가장 매개적인 역할을 하는 것으로 보인다. 국가 간의 비교에서, 키워드 'cybersecurity'는 미국과 일본에만 상위 매개 중심성 키워드로 포함되었으며 한국에는 상위 매개 중심성 키워드로 포함되지 않았다.

클라우드 관련 분야 키워드에서, 키워드 'edge_computing'이 각 국가에서 공통으로 나타났으며 에지 컴퓨팅 관련 연구가 각 국가에서 매개적인 연구로서 진행된 것으로 파악된다. 사물인터넷 관련 분야 키워드를 보면, 'wireless_sensor_network'는 한국과 일본에서만 나타났으며 한국과 일본에서 무선 센서네트워크에 관한 연구가 매개적인 연구로서 역할을 하는 것으로 파악된다.

기타 분야 키워드에서, 'big_data'가 미국과 한국에서만 나타났으며 미국과 한국에서 빅데이터에 대한 연구가 공통으로 매개적인 연구로서 역할을 한 것으로 파악된다. 또한 키워드 'cyberphysical_system'은 미국과 일본에서만 나타났고 미국과 일본에서는 가상 물리 시스템에 대한 연구가 매개적인 연구로서 역할을 한 것으로 파악된다.

V. 논의

본 장에서는 연구 질문들과 관련된 내용을 논의하고자 한다. 첫째, 사물인터넷과 스마트 시티에 관한 빈도를 구한 결과에서, 키워드 'iot', 'smart_city', 'machine_learning'은 각 국가의 키워드 빈도 순위 5

위에 포함되어 있으며 이 키워드들은 각 국가에서 공통으로 높은 관심을 가지는 연구 키워드로 보인다. 또한 키워드 'security', 'blockchain', 'edge_computing', 'deep_learning', 'big_data', 'artificial_intelligence', 'wireless_sensor_network'도 각 국가에 포함되어 있으며 이 키워드와 관련된 연구도 각 국가에서 관심을 가지는 연구로 파악된다. 국가 간의 비교에서, 미국과 일본에 비해서 한국의 'edge_computing', 'deep_learning', 'big_data', 'artificial_intelligence'의 빈도 순위가 조금 낮은 편이다. 또한 키워드 'cyberphysical_system'은 미국과 일본에서만 상위 빈도에 포함되었으며 이를 통해서 한국에서는 이 키워드들과 관련된 연구에 대한 관심이 상대적으로 낮은 것으로 보인다. 키워드 'smart_home'은 한국과 일본에서만 상위 빈도에 포함되었으며 따라서 한국과 일본에서는 스마트홈에 관한 연구가 미국보다 더 관심을 가지고 진행되는 것으로 파악된다.

둘째, 사물인터넷과 스마트 시티에 관한 연결 중심성 및 매개 중심성 분석 결과를 전체적으로 살펴보면, 키워드 'iot', 'smart_city', 'security', 'machine_learning'는 각 국가에서 공통으로 상위 순위 5위 안에 포함되는 연결 중심성과 매개 중심성이 높은 키워드들이다. 이를 통해서 각 국가에서 사물인터넷 및 스마트 시티 연구와 관련하여 보안과 머신러닝에 대한 연구도 가장 중심적으로 진행하였으며 또한 이 연구들이 가장 높은 매개적인 역할을 한 연구로 진행되었다.

그다음에는 분야별로 구분하여 논의를 하면, 인공지능 관련 분야에서, 키워드 'machine_learning', 'artificial_intelligence'는 상위 연결 중심성 및 상위 매개 중심성 키워드로 국가별로 모두 나타났다. 따라서 머신러닝과 인공지능과 관련된 연구들이 각 국가에서 중심적이며 매개적인 연구로 진행되었으며 특히, 머신러닝 관련 연구는 국가별로 인공지능 관련

분야에서 가장 중심적이며 관련된 연구 간에 높은 매개적인 연구로 진행되었다.

보안 관련 분야에서, 키워드 'security', 'blockchain'은 상위 연결 중심성 및 매개 중심성 키워드로 각 국가에서 모두 나타났다. 즉, 보안과 블록체인 관련 연구들이 각 국가에서 중심적이며 매개적인 연구로 진행되었으며, 특히 'security'와 관련 연구는 국가별로 보안 관련 분야에서 가장 중심적인 연구로 진행되었으며 다양한 여러 연구 간에 높은 매개적인 역할을 하였다.

클라우드 관련 분야에서, 키워드 'edge_computing'이 상위 연결 중심성 및 상위 매개 중심성 키워드로 공통으로 각 국가에서 나타났다. 에지 컴퓨팅 관련 연구는 각 국가에서 클라우드 관련 분야에서 가장 중심적이며 연관된 많은 분야들과의 연구에서 높은 매개자 역할을 하였다.

사물인터넷 관련 분야에서, 키워드 'wireless_sensor_network'는 상위 연결 중심성 및 상위 매개 중심성 키워드로 한국과 일본에서만 나타났다. 즉, 무선 센서네트워크 관련 연구는 한국과 일본의 사물인터넷 관련 분야에서 가장 중심적이며 높은 매개적인 연구로 판단된다.

기타 분야에서, 키워드 'big_data'는 상위 연결 중심성 키워드로 국가별로 모두 나타났으나 상위 매개 중심성 키워드로는 미국과 한국에만 나타났다. 따라서 빅데이터에 대한 연구는 각 국가에서 공통으로 중심적인 연구로 진행되었으며, 특히 미국과 한국에서는 빅데이터에 관한 연구가 다양한 분야 간에 매개적인 역할을 하였다. 또한 키워드 'cyberphysical_system'은 상위 연결 중심성 및 매개 중심성 키워드로 미국과 일본에서 공통으로 나타났다. 가상 물리 시스템에 대한 연구는 미국과 일본에서 중심적이며 매개적인 연구로서 진행된 것으로 파악된다.

분야별로 가장 중심적이며 높은 매개적인 연구 키

워드를 살펴보았으며 각 분야에서 이러한 중심성이 높은 연구 키워드의 파악을 통해서 사물인터넷과 스마트 시티와 관련된 핵심적이며 중요한 연구 분야를 파악하고자 하였다.

셋째, 사물인터넷과 스마트 시티에 관한 중심성 분석 결과를 통하여 도출되는 한국과 관련된 시사점을 살펴보면, 한국의 인공지능 관련 분야 연구가 미국과 일본보다 상대적으로 연결 중심성이 낮으며 미국보다 매개 중심성이 낮은 편이다. 인공지능 관련 분야에서 특히 딥러닝 관련 연구는 미국과 일본에 비해서 매개적인 역할이 많이 낮다. 따라서, 한국의 인공지능 관련 분야 연구가 더 중심적이며 매개적인 연구로 발전할 수 있도록, 인공지능을 활용한 많은 집중적인 연구가 필요하며, 특히 딥러닝을 기반으로 한 여러 연구를 통해서 매개적인 역할을 높이는 연구 진행이 필요해 보인다.

보안 관련 분야에서, 미국과 일본에 비해서 한국의 사이버보안 관련 연구가 상대적으로 연결 중심성 및 매개 중심성이 낮은 편이다. 그러므로 한국의 사이버보안 관련 연구의 연결 중심성과 상위 매개 중심성의 향상을 위해서, 사물인터넷 및 스마트 시티에서 생산되는 중요한 데이터 및 시스템의 보호를 위해서 사이버보안과 다양한 융합된 연구가 요구된다.

클라우드 관련 분야에서, 한국의 에지 컴퓨팅과 관련된 연구가 미국과 일본에 비해서 상대적으로 연구 중심성과 매개성이 낮다. 따라서, 한국의 에지 컴퓨팅 관련 연구가 중심적이며 매개적인 연구가 되도록 사물인터넷 및 스마트 시티에서 생산되는 방대한 데이터를 신속하고 효율적으로 처리할 수 있도록 에지 컴퓨팅에 기반한 사물인터넷 및 스마트 시티 시스템 구축과 연관된 집중적인 연구가 필요하다.

사물인터넷 관련 분야에서, 산업용 사물인터넷에 대한 연구 중심성과 매개성을 향상시키기 위해서 사물인터넷에 기반하여 효율적인 산업용 생산 시설 구축과 관련된 다양한 연구가 필요해 보인다.

기타 분야에서, 한국의 가상 물리 시스템에 대한 연구는 미국과 일본에 비해서 상대적으로 연구 중심성 및 매개성이 낮다. 그러므로 가상 물리 시스템이 핵심적인 연구가 될 수 있도록 활발한 연구가 필요하며 한국의 상위 연결 중심성 또는 매개 중심성 키워드에 포함된 키워드 'smart_home', 'healthcare', 'smart_grid'와 관련된 연구도 연구 중심성이나 매개적인 역할이 낮은 연구 분야이므로 관련된 집중적인 융합 연구가 필요하다.

VI. 결론

본 연구는 Elsevier의 Scopus에서 2016년부터 2021년까지 사물인터넷 및 스마트 시티에 관한 논문의 연구 동향을 미국, 일본, 한국을 중심으로 파악하고자 하였다.

사물인터넷과 스마트 시티에 대한 연결 중심성 및 매개 중심성 분석 결과에 의하면, 각 국가에서 사물인터넷 및 스마트 시티 연구와 관련하여 보안과 머신러닝에 대한 연구가 가장 중심적이며 또한 가장 높은 매개적인 역할을 한 연구로 진행되었다.

사물인터넷과 스마트 시티에 관한 중심성 분석을 통하여 도출되는 한국과 관련된 시사점을 학문적 그리고 실무적 시사점으로 나누어 살펴보면, 인공지능 관련 분야에서, 실무적으로는 딥러닝을 위한 높은 성능을 제공하는 시스템 구축이 요구되며 학문적으로는 이러한 구축된 딥러닝 시스템에 기반하여 다양한 분야와 융합 연구를 활성화하는 것이 필요하다. 보안 관련 분야에서, 실무적으로는 사이버보안을 위한 안전한 보안 시스템을 개발이 필요하며 학문적으로는 사물인터넷 및 스마트 시티 관련 데이터 및 시스템의 보호를 위한 효율적인 기법 연구가 요구된다. 클라우드 관련 분야에서, 실무적으로는 에지 컴퓨팅을 위한 향상된 컴퓨터 및 네트워크 시스템 개발이 필요하며

학문적으로는 사물인터넷 및 스마트 시티에서 생산되는 방대한 데이터를 신속하고 효율적으로 처리할 수 있는 에지 컴퓨팅 기법의 연구가 요구된다.

이렇게 도출된 시사점을 통해서 향후 한국의 사물인터넷과 스마트 시티에 관련된 연구에 방향성을 제시하고자 한다. 또한 본 논문의 한계점은 사물인터넷 및 스마트 시티에 관한 논문의 연구 동향 분석을 미국, 일본, 한국을 중심으로 진행하였으며 향후에는 유럽 및 중국 등 여러 국가의 논문들을 포함하여 다양한 지역의 사물인터넷 및 스마트 시티에 관한 연구 동향 분석을 하고자 한다.

참고문헌

- [1] Lee, S., Choi, M. and Kim, S., "How and what to study about IoT: Research trends and future directions from the perspective of social science," ELSEVIER Telecommunications Policy, Vol.41, No.10, 2017, pp.1056-1067.
- [2] Kumar, S., Tiwari, P. and Zymbler, M., "Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review," Journal of Big Data, Vol.6, No.111, 2019, pp.1-21.
- [3] Nizetic, S., Solic, P. and Gonzalez-de-Artaza, D., "Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future," ELSEVIER Journal of Cleaner Production, Vol.274, 2020, pp.1-31.
- [4] 주윤창·이은옥·서우종, "스마트시티 연구동향 분석," 한국지역정보학회지, 제23권, 제2호, 2020, pp.149-172.
- [5] Kiritat, A., Krejcar, O., Kertesz, A. and M. F. Tasgetiren, "Future Trends and Current State of Smart City Concepts: A Survey," IEEE Access, Vol.8, 2020, pp.86448-86467.
- [6] Breetzke, T. and Flowerday, S., "The usability of IVRs for smart city crowdsourcing in developing cities," The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, Vol.73, No.1, 2016, pp.1-14.
- [7] Cilliers, L. and Flowerday, S., "Factors that influence the usability of a participatory IVR crowdsourcing system in a smart city," South African Computer Journal, Vol.29, No.3, 2017, pp.16-30.
- [8] Thibaud, M., Chi, H., Zhou, W. and Piramuthu, S., "Internet of things(IoT) in high-risk environment, health and safety (EHS) industries: A comprehensive review," Decision Support Systems, Vol.108, 2018, pp.79-95.
- [9] Hussain, A., Wenbi, R., Silva, A., Nadher, M. and Mudhish, M., "Health and emergency-care platform for the elderly and disabled people in the smart city," Journal of Systems and Software, Vol.110, 2015, pp.253-263.
- [10] Pramanik, M., Lau, R., Demirkan, H. and Azad, M., "Smart health: Big data enabled health paradigm within smart cities," Expert Systems with Applications, Vol.87, 2017, pp.370-383.
- [11] An, J., Gall, F., Kim, J., Yun, J., Hwang, J., Bauer, M., Zhao, M. and Song, J., "Toward Global IoT-Enabled Smart Cities Interworking Using Adaptive Semantic Adapter," IEEE Internet of Things Journal, Vol.6, No.3, 2019, pp.5753-5765.
- [12] Castelli, M., Goncalves, I., Trujillo, L. and Popovic, A., "An evolutionary system for ozone concentration forecasting," Information Systems Frontiers, Vol.19, No.5, 2017, pp.1123-1132.
- [13] Miles, A., Zaslavsky, A. and Browne, C.,

- "IoT-based decision support system for monitoring and mitigating atmospheric pollution in smart cities," *Journal of Decision Systems*, Vol.27, No.1, 2018, pp.56-67.
- [14] Adart, A., Mounif, H. and Naimi, M., "Vehicular ad-hoc network application for urban traffic management based on Markov Chains," *International Arab Journal of Information Technology*, Vol.14, No.4A, 2017, pp.624-631.
- [15] Lee, G., Mallipeddi, R. and Lee, M., "Trajectory-based vehicle tracking at low frame rates," *Expert Systems with Applications: An International Journal*, Vol.80, 2017, pp.46-57.
- [16] Zhang, F., Kang, L., Xinyan, X., Shen, J. and Zhou, A., "Power controlled and stability-based routing protocol for wireless ad hoc networks," *Journal of Information Science and Engineering*, Vol.33, No.4, 2017, pp.979-992.
- [17] Kumar, H., Singh, M. and Gupta, M., "Evaluating the competitiveness of indian metro cities: In smart city context," *International Journal of Information Technology and Management*, Vol.16, No.4, 2017, pp.333-347.
- [18] Sun, F., Wu, C. and Sheng, D., "Bayesian Networks for intrusion dependency analysis in water controlling systems," *Journal of Information Science and Engineering*, Vol.33, No.4, 2017, pp.1069-1083.
- [19] Oralhan, Z., Oralhan, B. and Yigit, Y., "Smart city application: Internet of Things (IoT) technologies based smart waste collection using data mining approach and ant colony optimization," *International Arab Journal of Information Technology*, Vol.14, No.4, 2017, pp.423-427.
- [20] Rybnytska, O., Burstein, F., Rybin, A. and Zaslavsky, A., "Decision support for optimizing waste management," *Journal of Decision Systems*, Vol.27, 2018, pp.68-78.
- [21] Campisi, T., Severino, A., Al-Rashid, M. and Pau, G., "The Development of the Smart Cities in the Connected and Autonomous Vehicles (CAVs) Era: From Mobility Pattern to Scaling in Cities," *infrastructures*, Vol.6, No.7, 2021, pp.1-21.
- [22] 주정민·나형진, "사물인터넷(IoT)에 관한 국내 연구 동향 분석," *정보화정책*, 제22권, 제3호, 2015, pp.3-15.
- [23] 김홍한·송성일, "산업용 사물인터넷의 글로벌 기업 동향 연구," *한국정보전자통신기술학회논문지*, 제12권, 제4호, 2019, pp.387-394.
- [24] 허성필·노동희·문창배·김동성, "사물인터넷 기반 헬스케어 서비스 기술 동향," *대한임베디드공학회논문지*, 제10권, 제4호, 2015, pp.221-230.
- [25] 이장미·황성걸, "사물인터넷 기반 헬스케어 제품 및 서비스의 분석 및 제안," *디지털디자인학연구*, 제15권, 제2호, 2015, pp.963-971.
- [26] 김현호·이훈재·이영실, "사물인터넷 보안 이슈 및 결합 서비스 동향 분석," *한국컴퓨터정보학회논문지*, 제25권, 제8호, 2020, pp.73-79.
- [27] 박주섭·홍순구·김나량, "사물인터넷 동향분석을 통한 Co-creation기반 스마트시티 구축 방안," *한국산업정보학회논문지*, 제21권, 제4호, 2016, pp.67-78.
- [28] Nassar, A.S., Montasser, A.H. and Abdelbaki, N., "A Survey on Smart Cities' IoT," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol.639, 2018, pp.855-864.
- [29] Janani, R., Renuka, K. and Lakshmi, N.K., "IoT

- in smart cities: A contemporary survey," Global Transitions Proceedings, Vol.2, No.2, 2021, pp.187-193.
- [30] Syed, A.S., Sierra, D., Kumar, A. and Elmaghraby, A., "IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges," Smart Cities, Vol.4, No.2, 2021, pp.429-475.
- [31] Bellini, P., Nesi, P. and Pantaleo, G., "IoT-Enabled Smart Cities: A Review of Concepts, Frameworks and Key Technologies," Applied Sciences, Vol.12, No.3, 2022, pp.1-21.
- [32] 권준희, "사물인터넷에서 참여 기기를 고려한 개인화 정보 검색 기법," 디지털산업정보학회 논문지, 제16권, 제1호, 2020, pp.21-31.
- [33] 김인환·남윤철, "사물인터넷(IoT) 전시 서비스 품질이 전시수용에 미치는 영향," 디지털산업정보학회 논문지, 제17권, 제4호, 2021, pp.13-28.
- [34] 이수상, "언어 네트워크 분석 방법을 활용한 학술 논문의 내용분석," 정보관리학회지, 제31권, 제4호, 2014, pp.49-68.
- [35] 황고은·황동열, "빅데이터 기술을 활용한 인문콘텐츠 분야의 의미연결망 분석," 인문콘텐츠, 제43호, 2016, pp.229-255.
- [36] 황고은·문신정, "영상콘텐츠분야 정권별 빅데이터 분석 - 상위 중심성 값의 변화를 중심으로," 디지털콘텐츠학회논문지, 제18권, 제5호, 2017, pp.911-921.
- [37] 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, Taekkyeun)

2016년 9월~현재
아주대학교 다산학부대학 조교수
2014년 3월~2016년 8월
아주대학교 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,
사물인터넷
E-mail : taekklee@ajou.ac.kr

논문접수일: 2022년 7월 18일
수정일: 2022년 7월 25일
게재확정일: 2022년 8월 2일