

키워드 분석을 통한 국내 4차산업혁명 핵심기술 연구 동향 분석

Analysis Of Key Technology Research Trends In The 4th Industrial Revolution In Korea Through Keyword Analysis

강우탁¹⁾ 리나²⁾ 유정호³⁾
Kang, WooTaak, Lee na, Yu, JungHo

요 약

최근 제4차산업혁명의 다양한 혁신 기술을 통해 혁신적인 변화를 가져오는 산업분야들이 많아지고 있고, 그 중 건설산업은 특성상 더욱 더 다양한 4차산업혁명 혁신 기술 활용을 통해 건설산업의 생산성 제고, 수익성 개선 등과 같은 긍정적인 변화를 위한 노력이 필요하다. 이러한 기술이 건설산업에서의 방향성 설정을 위해서는 4차 산업혁명 핵심 기술들이 건설산업에서 어떻게 활용되고 있는지를 파악해야 한다. 이에 본 연구에서는 키워드 네트워크 분석 방법을 활용한 국내 건설산업에서의 4차산업혁명 핵심 기술 연구 동향을 분석하였다. 분석 내용은 특허청에서 제시한 4차산업혁명 핵심기술 7가지 관련 연구 논문들을 중심성 분석과 클러스터링 분석을 통해 결과를 도출했다. 본 연구는 연구 동향에 대한 정성적인 분석이 조금 부족하다는 한계점이 있지만, 4차산업혁명 핵심 기술별 활용 연구 동향을 파악해 향후 4차산업혁명 핵심 기술 관련 연구의 방향성을 제시할 기초자료로서 활용될 수 있을 것이라는 의미가 있다. 향후에는 한계점을 보완하여 더 정성적인 분석 방법을 활용하는 연구가 필요할 것이다.

키워드: 건설산업, 4차산업혁명 핵심기술, 연구 동향, 키워드 분석

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

4차산업혁명이란, 빅데이터, 인공지능, 클라우드 등의 정보통신기술(ICT)의 융합으로 이루어지는 차세대 산업혁명이다. 국토연구원의 연구자료(2017)에 따르면, 제4차산업혁명은 다양한 혁신 기술을 통해 각 산업 분야의 서비스, 생산성, 제품 등에 혁신적인 변화를 유인할 수 있을 것으로 전망한다.

그 중 건설산업같은 경우, 건설산업은 제조업 등 타 산업에 비해 생산성이 낮을 뿐만 아니라, 사업 수행 과정에서 공기지연, 사업비 증가, 설계변경 등과 같은 변수가 자주 발생하여 수익성도 낮아 건설산업에 4차산업혁명의 다양한 혁신 기술 도입이 필요할 것으로 예상된다.(한국건설산업연구원, 2019) 이에 국토교통부에서는 4차산업혁명이 가져오는 긍정적인 변화에 관심을 가지며 건설산업에서의 다양한 4차산업혁명 혁신 기술 활용을 통해 건설산업의 생산성 제고와 수익성 개선 등을 목표로 하는 다양한 전략, 정책 등을 발표하며 건설산업을 변화하려 노력하고 있다.

이에 본 연구에서는 향후 건설산업에서의 4차산업혁명 활용 연구의 방향성을 제시할 자료로서 국내 건설산업에서의 4차산업혁명 핵심 기술 활용 연구의 동향을 분석해 4차산업혁명 핵심 기술들이 건설산업에서 주로 어떻게 활용되고 있는지를 파악하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

국내 건설산업에서의 4차산업혁명 핵심 기술들이 어떻게 활용되고 있는지를 알아보기 위해 본 연구는 국내 건설 관련 논문이 종합적으로 수록되어있는 건축도시연구정보센터(AURIC) 사이트

(www.auric.or.kr)에 게재된 학술, 학회지 논문을 분석 대상으로 정하였다. 수집할 논문의 게재년도는 2010년부터 2021년 9월까지로 설정하였고, 검색어는 2018년 특허청이 제시한 4차산업혁명 관련 7대 기술분야에 해당하는 기술인 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 지능형 로봇, 자율주행, 클라우드를 검색어로 설정하여 총 362개의 논문을 수집하였다.

총 1,553개의 키워드를 수집하였고, 수집한 1,553개의 키워드는 네트워크를 구축하기 전에 수집한 키워드를 정제하는 작업을 수행하였다. 네트워크 분석은 Gephi 0.9.2 소프트웨어를 활용해 네트워크를 구축하였고, 유사성이 있는 노드들을 하나의 클러스터로 묶어주는 클러스터링 작업을 수행하여 각 클러스터별 연구 동향을 파악하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 키워드 네트워크 분석

키워드 네트워크 분석이란 여러 가지 방법으로 수집한 키워드들로 네트워크를 구축하여 시각화하는 분석 방법론이다. 키워드 네트워크 분석은 해당 키워드에 관련된 데이터들을 수집하고, 네트워크를 구축한 후 보여지는 노드들의 크기, 색상, 거리, 유사도 등을 매개 중심성, 근접 중심성, 클러스터링 분석과 같은 네트워크 분석 지표들을 통해 구분함으로써 해당 주제에 대해 핵심이 되는 키워드와 각 키워드 간의 관계를 효과적으로 파악할 수 있다.

따라서 본 연구는 건설산업 내 4차산업혁명 핵심 기술들의 연구 동향을 파악하기 위한 방법으로 키워드 네트워크 분석 방법을 활용하였다.

2.2 선행연구

2.2.1 키워드 네트워크 분석 선행연구

키워드 네트워크 분석을 수행한 선행연구들은 다음 <표 1>과 같다.

1) 학생회원, 광운대학교 건축공학과 학사과정, rkddnkr@kw.ac.kr
2) 학생회원, 광운대학교 대학원 건축공학과 석사과정, l2naa_818@naver.com
3) 종신회원, 광운대학교 대학원 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), myazure@kw.ac.kr

표 1. 키워드 네트워크 분석 선행연구

저자, (연도)	연구 내용
이소연, 유성은 (2019)	키워드 네트워크 분석 결과를 효과적으로 시각화하기 위해 네트워크 분석 프로그램 중 분석결과를 시각화하는 기능이 양호한 Gephi를 사용해 리모델링관련 국내 연구동향 분석을 수행해 리모델링 연구의 방향성을 제시
장세은, 이수호 (2016)	네트워크 내 노드들이 연결되어있는 정도를 중심성 척도를 활용하여 유아기 인성교육과 관련된 개념들 간의 관계를 파악하여 유아기 인성교육에서 중요한 영향력을 가진 개체를 분석
양근우 (2017)	네트워크 속성을 더 다양하게 파악하기 위해 성질이 유사한 노드들을 군집화하는 클러스터링 작업을 하여 네트워크에서 의미 있는 노드 그룹을 파악해 통상정보연구의 주요 연구 주제를 파악

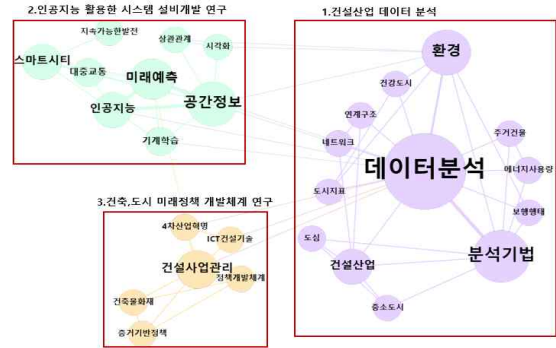


그림 1. 빅데이터 키워드 네트워크

네트워크를 클러스터링한 결과, 총 3개의 클러스터가 형성되었다. 첫 번째 클러스터에 속한 키워드는 데이터분석, 환경, 주거건물, 건강도시 등이고 건설산업의 데이터베이스와 미래개선방안 분석에 초점을 두고 있다. 주로 건강도시, 주거건물, 도시지표 연구에 활용되고 있다. 두 번째 클러스터에 속한 키워드는 미래예측, 스마트 시티, 시각화 등이고 인공지능 시스템 설계개발 연구에 초점이 맞춰져 있다. 세 번째 클러스터에 속한 키워드는 건설사업관리, ICT건설기술, 정책개발체계 등이고 건축도시 미래정책 개발체계 연구에 초점이 맞춰져 있다.

3.2 인공지능 연구 동향 분석 내용

인공지능 관련 연구 논문은 총 76개의 논문을 수집했고, 318개의 키워드 중 정제과정을 거쳐 총 309개의 키워드로 <그림 2>와 같이 네트워크를 구축하였다. 연결중심성이 높았던 상위 키워드 5개는 인공지능경망, 기계학습, 딥러닝, 건물정보모델링, 빅데이터이다.

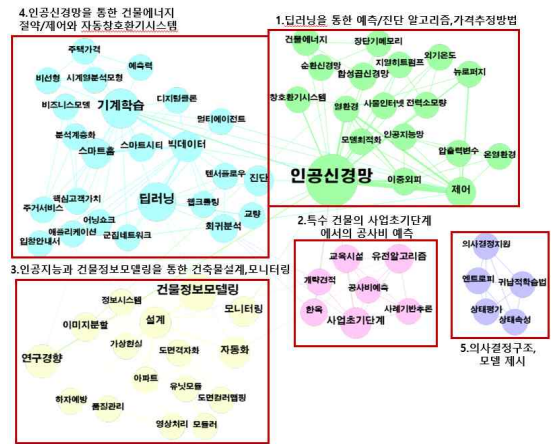


그림 2. 인공지능 키워드 네트워크

Gephi 0.9.2의 Modularity Class 기능을 이용하여 인공지능 키워드 네트워크를 클러스터링한 결과, 총 5개의 클러스터가 형성되었다. 첫 번째 클러스터에 속한 키워드는 기계학습, 딥러닝, 빅데이터, 진단 등이고 딥러닝을 통한 예측/진단 AI알고리즘 개발 연구와 주택, 부동산 가격 추정 방법 연구에 초점이 맞춰져 있다. 연구 활용 분야는 교량 진단, AI 기반 스마트홈, 스마트 시티가 주를 이루었다.

두 번째 클러스터에 속한 키워드는 사업초기단계, 유전알고리즘, 교육시설 등이고 교육시설/한옥같은 특수 건물의 사업초기단계에 공사비 예측을 위해 특정 알고리즘을 활용하는 연구에 초점이 맞춰져 있다. 세 번째 클러스터에 속한 키워드는 건물정보모델링, 설계,

지금까지 키워드 네트워크 분석 방법으로 연구를 수행한 선행연구들을 보면 연결 중심성, 매개 중심성, 근접중심성과 같은 중심성 척도를 활용해 네트워크 내에서 중요한 영향력을 가진 개체를 분석하였고, 성질이 유사한 노드를 군집화하여 의미 있는 노드 그룹을 파악해 각 주제의 연구 동향, 주제를 파악하였다. 그리고 키워드 네트워크의 시각화를 더 용이하게 하기 위해 다른 소프트웨어보다 시각화 기능이 더 강화된 Gephi 소프트웨어를 사용하여 네트워크 분석을 수행하였다.

이에 본 연구에서는 Gephi 소프트웨어를 활용해 연결 중심성 분석과 클러스터링 분석을 통한 키워드 네트워크 분석 방법을 수행해 건설산업 내 4차산업혁명기술 연구 동향을 파악하고자 하였다.

2.2.2 건설산업에서의 4차산업혁명기술 연구 동향 선행연구

건설산업에서의 4차산업혁명기술 관련 연구 동향을 분석한 선행연구들은 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 건설산업 내 4차산업혁명기술 관련 연구 동향 선행연구

저자, (연도)	연구 내용
김태성 (2019)	기계설비 분야에서의 중요한 역할을 하는 4차산업혁명 요소기술들을 분석하고 더 나아가 해당 기술들이 건설 분야에서 종합적으로 어떻게 활용되고 있는지를 파악
이성인 외 3 (2017)	4차산업혁명 관련 기술과 밀접한 연관을 갖는 건설자동화 관련 연구 동향을 키워드 네트워크 분석을 통해 연구 동향과 주요기술의 추이 분석
권우빈 외 6 (2020)	4차산업혁명 기반 기술들의 연구동향을 3가지 영역(안전/품질관리, 로봇 자동화, 원격 비대면) 분야에서 5개년치(2016~2020년)로 연구 동향 분석 방법을 통해 연구 동향 분석

선행연구들을 살펴보면, 건설산업 내에서 4차산업혁명기술들의 연구 동향을 분석한 연구가 몇몇 있으나, 연구의 범위가 특정 분야로 한정되어있고 건설산업 내에서의 전체적인 4차산업혁명기술 연구 동향을 파악하기 어렵다는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 건설산업 내 4차산업혁명기술의 전반적인 연구 동향을 파악하기 위해 특허청에서 제시한 7대 핵심기술의 기술별 연구 동향을 파악하였다.

3. 4차산업혁명 핵심 기술별 연구 동향 분석 내용

3.1 빅데이터 연구 동향 분석 내용

빅데이터 관련 연구 논문은 총 62개의 논문을 수집했고, 총 266개의 키워드 중 정제과정을 거쳐 총 245개의 키워드로 <그림 1>과 같이 네트워크를 구축하였다. 연결 중심성이 높았던 상위 키워드 5개는 데이터분석, 분석기법, 환경, 공간정보, 미래예측이다.

자동화 등이고 인공지능 기술을 활용한 건물정보모델링(BIM) 건축물 설계 연구경향, 설계 자동화, 가상현실 활용 연구와 건축물 모니터링에 대해 초점이 맞춰져 있다.

네 번째 클러스터에 속한 키워드는 인공신경망, 제어, 이중외피, 사물인터넷 등이고 인공신경망을 통한 건물에너지 절약/제어와 자동 환기시스템에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있다. 다섯 번째 클러스터에 속한 키워드는 의사결정지원, 상태평가, 엔트로피 등이고 인공지능 분야의 귀납적 학습법을 활용해 의사결정구조/모델을 제시하는 연구에 초점이 맞춰져 있고, 세부 분야는 부재의 상태평가를 지배하는 주요 상태속성을 분석하여 의사결정구조를 제시하는 연구에 초점이 맞춰져 있다.

3.3 사물인터넷 연구 동향 분석 내용

사물인터넷 관련 연구 논문은 총 75개의 논문을 수집했고, 총 346개의 키워드 중 정제과정을 거쳐 총 329개의 키워드로 <그림 3>과 같이 네트워크를 구축하였다. 연결 중심성이 높았던 상위 키워드 5개는 스마트홈, 안전관리, 빅데이터, 건물정보모델링, 유지관리이다.

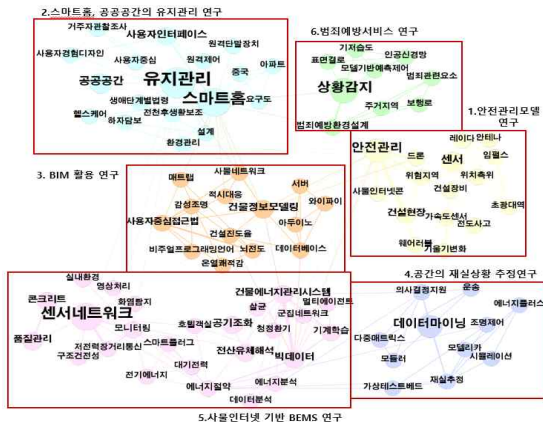


그림 3. 사물인터넷 키워드 네트워크

네트워크를 클러스터링한 결과, 총 6개의 클러스터가 형성되었다. 첫 번째 클러스터에 속한 키워드는 안전관리, 건설현장, 센서 등이고, 드론, 센서를 활용한 사물인터넷기반 안전관리모델 연구에 초점이 맞춰져 있다. 두 번째 클러스터에 속한 키워드는 스마트홈, 유지관리, 원격제어 등이고 사물인터넷기반 기기를 활용한 스마트홈과 공공시설에 대한 유지관리 연구에 초점이 맞춰져 있다.

세 번째 클러스터에 속한 키워드는 건물정보모델링, 사용자중심 접근법, 데이터베이스 등이고 사물인터넷과 BIM을 활용한 연구에 초점이 맞춰져 있다. 활용 분야는 건설진도율 모니터링, 스마트 스페이스 구현이 주를 이루었다. 네 번째 클러스터에 속한 키워드는 재실추정, 의사결정지원, 데이터마이닝 등이고 IoT 센서 데이터를 이용한 공간의 재실상황추정 연구에 초점이 맞춰져 있다. 연구 방법은 주로 데이터마이닝 기법을 사용했으며, 활용 분야는 재실 여부가 반영된 조명 제어, 에너지 소비량 추정이 주를 이루었다.

다섯 번째 클러스터에 속한 키워드는 빅데이터, 건물에너지관리 시스템 등이고 사물인터넷 기반의 건물에너지관리시스템(BEMS) 연구에 초점이 맞춰져 있다. 여섯 번째 클러스터에 속한 키워드는 범죄예방환경설계, 상황감지, 주거지역 등이고 사물인터넷을 활용한 범죄예방서비스 연구에 초점이 맞춰져 있다.

3.4 자율주행 연구 동향 분석 내용

자율주행 관련 연구 논문은 총 27개의 논문을 수집했고, 총 125개의 키워드 중 정제과정을 거쳐 총 120개의 키워드로 <그림 4>와 같이 네트워크를 구축하였다. 연결 중심성이 높았던 상위 키워드 5개는 건물정보모델링, 드론, 건설장비, 가상공간, 사물인터넷이다.

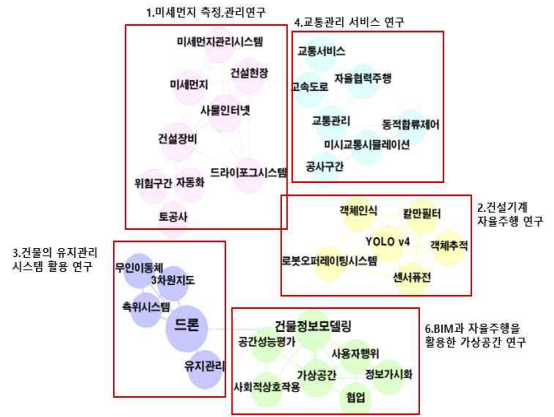


그림 4. 자율주행 키워드 네트워크

네트워크를 클러스터링한 결과, 총 5개의 클러스터가 형성되었다. 첫 번째 클러스터에 속한 키워드는 건설장비, 사물인터넷, 미세먼지, 드라이프시스템 등이고 자율이동체를 통해 건설현장/건설장비의 미세먼지 발생량 측정, 관리시스템에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있다. 활용 분야는 토공사, 위험 구간 공사에서의 자율주행체를 통한 미세먼지 측정/관리가 주를 이루었다. 두 번째 클러스터에 속한 키워드는 객체인식, 객체추적, YOLO v4이고, 건설 기계 자율주행을 위한 연구에 초점이 맞춰져 있다. 세 번째 클러스터에 속한 키워드는 드론, 유지관리, 3차원지도이고 자율주행 드론/무인이동체를 통한 건물의 유지관리 시스템에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있다.

네 번째 클러스터에 속한 키워드는 교통서비스, 교통관리, 고속도로 등이고 자율주행차를 위한 교통관리 서비스 연구에 초점이 맞춰져 있다. 다섯 번째 클러스터에 속한 키워드는 건물정보모델링, 가상공간 등이고 BIM을 활용한 자율주행 연구에 초점이 맞춰져 있다. 활용 분야는 자율주행 기술을 통해 더 현실감 있는 건축 공간 사물레이선 개발이 주를 이루었다.

3.5 지능형로봇 연구 동향 분석 내용

지능형로봇 관련 연구 논문은 총 43개의 논문을 수집했고, 총 186개의 키워드 중 정제과정을 거쳐 총 182개의 키워드로 <그림 5>와 같이 네트워크를 구축하였다. 연결 중심성이 높았던 상위 키워드 5개는 로봇, 자동화, 구조해석, 유지관리, 두부정리이다.

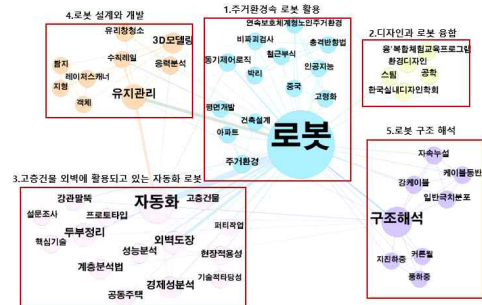


그림 5. 지능형로봇 키워드 네트워크

네트워크를 클러스터링한 결과, 총 5개의 클러스터가 형성되었다. 첫 번째 클러스터에 속한 키워드는 아파트, 건축설계, 평면개발, 인공지능 등이고 주거환경에서 로봇 활용 연구에 초점이 맞춰져 있다. 두 번째 클러스터에 속한 키워드는 환경디자인, 스템, 공학, 융복합체험 교육프로그램 등이고 디자인과 로봇의 융합 연구에 초점을 두고 있다. 세 번째 클러스터에 속한 키워드는 자동화, 고층건물, 현장적용성, 피터작업 등이고 로봇이 건물 외벽에 어떻게 활용되는지에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있다. 네 번째 클러스터에 속한 키워드는 레이저스캐너, 탐지, 유지관리 등이고 3d모델을 통한 로봇 설계와 개발 연구에 초점이 맞춰져 있다.

다섯 번째 클러스터에 속한 키워드는 구조해석, 강개이블, 커튼월 등이고 로봇의 구조해석 연구에 초점이 맞춰져 있다.

3.6 3D프린팅 연구 동향 분석 내용

3D프린팅 관련 연구 논문은 총 43개의 논문을 수집했고, 총 173개의 키워드 중 정제과정을 거쳐 총 166개의 키워드로 <그림 6>과 같이 네트워크를 구축하였다. 연결 중심성이 높았던 상위 키워드 5개는 콘크리트, 재료, 비정형, 유한요소해석, 적층이다.



<그림 6> 3D프린팅 키워드 네트워크

네트워크를 클러스터링한 결과, 총 4개의 클러스터가 형성되었다. 첫 번째 클러스터에 속한 키워드는 비정형, 파라메트릭디자인, 커튼월이고 비정형 건축물에 3D프린팅을 활용하는 연구에 초점이 맞춰져 있다. 두 번째 클러스터에 속한 키워드는 프린트시간차, 응력집중, 인장부착거동, 보강재이고 프린트 시간차에 따른 콘크리트의 구조성능 연구에 초점이 맞춰져 있다. 세 번째 클러스터에 속한 키워드는 콘크리트, 재료, 레올로지 등이고 3D 프린팅 콘크리트의 구조성능을 향상시킬 수 있는 재료에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있다.

네 번째 클러스터에 속한 키워드는 유한요소해석, 적층, 맞춤형제작, 대형맞춤생산, 조인트시스템이고 3D프린팅을 활용한 건축 부재의 대량 생산에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있다.

3.7 클라우드 컴퓨팅 연구 동향 분석 내용

클라우드 관련 연구 논문은 총 37개의 논문을 수집했고, 총 142개의 키워드 중 정제과정을 거쳐 총 129개의 키워드로 <그림 7>과 같이 네트워크를 구축하였다. 연결 중심성이 높았던 상위 키워드 5개는 건물정보모델링, 설계, 분석, 건축물실내, 의료시설이다.

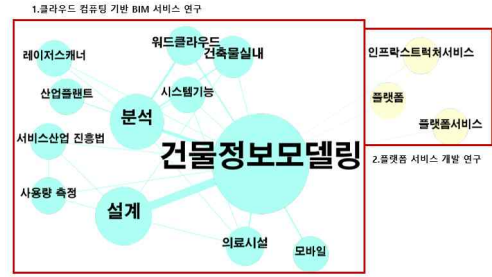


그림 7. 클라우드 컴퓨팅 키워드 네트워크

네트워크를 클러스터링한 결과, 총 2개의 클러스터가 형성되었다. 첫 번째 클러스터에 속한 키워드는 건물정보모델링, 설계, 분석, 건축물실내, 의료시설 등이 있었고 클라우드 컴퓨팅 기반 BIM 서비스 연구에 초점이 맞춰져 있다. 활용 분야는 설계 단계에서의 BIM 설계이력정보 관리 연구가 주를 이루었다. 두 번째 클러스터에 속한 키워드는 인프라스트럭처서비스, 플랫폼 서비스, 플랫폼이 있었고 클라우드 컴퓨팅 기반 플랫폼 서비스 개발 연구에 초점이 맞춰져 있다. 예를 들면 인프라스트럭처 서비스(IaaS)+플랫폼 서비스(PaaS) 통합 구현이 있다.

4. 결론

본 논문에서는 키워드 네트워크 분석을 통해 362개의 건설산업 내 4차산업혁명 관련 논문의 연구 동향을 분석하여 핵심기술별로 어떤 연구들이 초점에 맞춰 연구되고 있는지를 파악하였다. 본 연구의 한계점은 한정된 연구 범위와 정량적인 분석 방법을 활용했기 때문에 연구 동향에 대한 정성적인 분석이 조금 부족하다는 한계점이 있으나, 본 연구는 4차산업혁명 핵심 기술들이 건설산업에서 어떻게 활용되고 있는지를 키워드 네트워크 분석을 통한 4차산업혁명 핵심 기술별 활용 연구 동향을 파악해 향후 4차산업혁명 핵심 기술 관련 연구의 방향성을 제시할 기초자료로써 활용할 수 있을 것이라는 의의가 있다. 향후에는 연구 범위를 더 넓히고 더 정성적인 분석 방법을 활용하는 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을받아 수행된 기초연구사업임. (No. NRF-2020R1F1A1075177)

참고문헌

국토연구원 (2017), “4차 산업혁명에 대응하는 국토정책 추진전략”
 한국건설산업연구원(2019), “미래건설산업의 디지털건설기술 활용 전략”
 김태성 (2019), “기계설비 분야 4차 산업혁명 관련 기술동향” 한국설비협회, 2019년 1월호
 양근우 (2017), “SNA 기반 키워드 네트워크 분석을 활용한 ‘통상정보연구’의 연구동향 분석” 통상정보연구 제19권 제1호
 이성인, 임세환, 조규만, 김태훈 (2017), “4차 산업혁명 대응을 위한 건설자동화 연구동향 분석” 한국건설관리학회 전국 대학생 학술발표대회 논문집(2017-11)
 이소연, 유성은 (2019) “리모델링관련 국내 선행연구 경향 분석” 한국공간디자인학회논문집 제14권 2호
 장세은, 이수호 (2016) “키워드 네트워크 분석을 통한 세계 해운경제의 연구 주제와 동향에 대한 연구” 한국항만경제학회지 제32집 제1호
 권우민, 김태훈, 이창수, 안희재, 조훈희, 강경인 (2020) “P-18 건설 산업에서의 4차산업혁명 기반 연구 동향 분석” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 (2020-11)