

4차 산업혁명 관련 5대 플랫폼 기술의 연구 수준 분석

A Study on 5 Platform Technology Trends for 4th Industrial Revolution

천기우(Ki Woo Chun)*, 김해도(Haedo Kim)**, 박귀순(Kwisun Park)***,
이건수(Keonsoo Lee)****

목 차

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| I. 서론 | IV. 연구논문 성과 분석 결과 |
| II. 4차 산업혁명 관련 5대 플랫폼 기술 | V. NRF의 연구과제 지원 현황 |
| III. 연구논문 성과 분석 방법 | VI. 결론 및 시사점 |

논문 요약

정보통신(ICT)혁명에 이어 사람이 기존에 수행하던 일을 사람의 도움 없이 자동화시킬 수 있는 기술들이 4차 산업혁명의 핵심 기술로 등장하고 있다. 4차 산업혁명이 현재 산업의 지형도와 경제 사회 패러다임의 변화를 촉진하고 있는 것은 주지의 사실이며, 이에 따라 4차 산업혁명에 주요 추동력(driving force)을 제공하고 있는 핵심 플랫폼 기술 5개(인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 3D 프린팅)를 선별하여 글로벌 연구동향과 한국의 연구 수준을 파악하였다. 5개 기술에 대해 Elsevier사의 SCOPUS DB를 기반으로 최근 5년 간의 학술연구논문의 출판 현황을 분석하는 한편, 한국연구재단에서 지원된 과제 현황을 조사하였다. 이를 바탕으로 5개 기술별로 국제적 연구 수준과 주요 리딩 연구기관을 파악하였으며, 4차 산업혁명에 대응하는 연구개발의 정책적 시사점을 도출하고자 하였다. 5개 기술에 대해 미국과 중국이 선도하고 있으며, 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아 등의 유럽 국가와 일본, 인도, 한국 등이 추격 그룹을 형성하고 있었다. 한국은 HW 대비 SW분야의 연구 경쟁력이 상대적으로 취약하였으며, 전반적으로 연구 수준의 질적 향상이 필요함을 확인하였다.

Keyword : 4차 산업혁명, 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 3D 프린팅, 연구성과 평가 매트릭스

* 한국연구재단 정책연구팀, kwchun@nrf.re.kr, 042-869-6696

** 한국연구재단 정책연구팀, hdkim@nrf.re.kr, 042-869-6690

** 한국연구재단 정책연구팀, kwisun_park@nrf.re.kr, 042-869-6687

** ** 순천향대학교 의료산업융합학부 연구교수, keonsoo@sch.ac.kr, 041-530-1282

I. 서론

기술은 항상 인간 문명을 정의하는 핵심 요소(Toffler, 1984)이며, 지금까지 인간 문명은 세 가지 혁명적인 변화를 겪어 왔다. 첫 번째 혁명은 농업 기술에 의해 이루어졌으며, 이러한 기술을 통해 인간 문명의 새로운 시대가 시작되었다. 두 번째 혁명은 증기 기관을 통해 이루어졌으며, 이 기술은 동물의 힘을 기계로 변환시켰다. 새로운 산업은 엔진의 힘으로 시작되었으며, 컨베이어 벨트와 같은 대량 생산 시스템의 도움으로 산업의 양상이 크게 바뀌게 되었다. 물질적 번영이 만족됨에 따라 인류는 다음 수준의 문명으로 이동하게 되었고, 이는 정보에 대한 열망에 바탕을 두고 있다. 지식의 근원에 접근 할 수 있는 권리는 상류층 시민의 특권이었으며, 지식 습득의 길인 교육은 성공의 사다리로서 여겨졌다. 그러나 기술의 발전이 이 규칙을 바꾸게 되었고, 인터넷이 발명된 후에는 정보와 지식이 대중에게 전면적으로 공개되었다. 정보 기술에 의해 만들어진 마지막 혁명 이후 20년 이상이 지남에 따라 새로운 혁명의 물결이 다가오고 있다. 이는 신석기 혁명, 산업 혁명, 정보 혁명(Toffler, 2007)에 이어 '제4의 물결'이라고 할 수도 있으며, 증기 엔진, 대량 생산 시스템, 정보 기술에 이어 '제4차 산업 혁명(인더스트리 4.0)'이라고도 불린다(Schwab, 2016). 세계 경제 포럼(WEF)에 따르면, 기술은 사회뿐만 아니라 인간과도 융합된다. 따라서 융합을 가능하게 하는 기술이 핵심 기술이라 할 수 있다. 본 논문에서는 3D 프린팅, 인공 지능(AI), 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사물 인터넷(IoT) 등 5 가지 기술을 4차 산업혁명의 핵심 기술로 선택하여, 5개 기술의 현재 연구 수준을 분석하였다. 4차 산업혁명이 완전히 새로운 세계를 창조할 수 있는 글로벌 혁신인지, 정보통신 혁명의 연장선상인지에 대해서는 논쟁의 여지가 있으나, 현재 산업의 지형도와 경제사회 패러다임의 변화를 촉진하고 있는 것은 주지의 사실이다. 이에 본 연구에서는 4차 산업혁명에 주요 추동력(driving force)을 제공하고 있는 핵심 플랫폼 기술을 선별하여 글로벌 연구동향과 한국의 연구 수준을 파악하고자 하였다.

II. 4차 산업혁명 관련 5대 플랫폼 기술

4차 산업혁명을 구성하는 플랫폼 기술이 무엇이나에 대해서는 기관이나 단체마다 다르게 정의하고 있기 때문에 본 연구에서는 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 3D 프린트 등 5개 기술을 주요 플랫폼 기술로 선별하여 분석을 실시하였다. 플랫폼 기술은 다양한 종류의 시스템이나 서비스를 제공하기 위해 공통적,

반복적으로 사용하는 기반 모듈이 되는 기술(김창경, 2017)로 정의할 수 있다. 주요 국가 및 기관의 4차 산업혁명 제시 기술을 종합하여 핵심기술을 도출하여 분석한 연구(김승현, 2016)가 있으며, 본 연구에서는 OECD 보고서(The Next Production Revolution, 2017)를 바탕으로 5대 플랫폼 기술을 선별하였다.

4차 산업혁명의 궁극적 목적은 인간을 대체할 수 있는 자동화 기술의 연구 개발이다. 이를 위해서는 크게 육체(Body)와 정신(Soul)을 위한 기술로 분류할 수 있고, 로봇공학, 유전공학, 생물학, 바이오 기술들이 육체를 구현하기 위한 기술들로, 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅 기술들이 정신을 구현하기 위한 기술로 볼 수 있으며, 그 각각의 구현 이전에 효율적인 검증 기술로 3D 프린팅 기술이 있다고 할 수 있다. 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅, 그리고 3D 프린팅 기술을 먼저 선택해서 분석하였는데, 이는 오늘날 우선적으로 실현될 가능성이 높고, 현재 가시적인 성과를 보이고 있는 분야가 이 5개의 기술들이기 때문이다. 이하 5개 기술에 대해 간략히 소개한다.

1. 3D 프린팅

1984년 찰스 홀의 기술 개발에 이어 1988년 3D System사에 의해 처음 발표된 3D 프린팅 기술은 처음에는 SLA(광경화성 수지 적층 조형)기술을 사용했지만, 이후 다양한 방법을 통해 입력된 설계도에 따른 조형을 생성하는 기술로 발전하였다. 3D 프린팅은 디지털 기술을 활용하여 물리적인 3차원 형상의 물건을 만드는 기술 및 절차로 제조업 생산성을 획기적으로 높이고 있으며, 3D 프린트 기술의 등장으로 프로토타입 개발 비용이 획기적으로 줄어들었다. 3D 프린트는 품질과 비용, 크기, 시간 등의 제약으로 인해 주로 프로토타입에 사용되어 왔으나, 제조용 3D 프린트 기술 개발로 활용 영역이 확장되고 있다. 작은 비용으로 다품종 소량 생산을 가능케 하는 기반 기술이다(Bassoli et al., 2007).

2. 사물인터넷(IoT)

사물인터넷(IoT)은 통신 기능을 컴퓨팅 객체에 임베딩하고 관리하는 방법이다(Geng, 2017). 사물인터넷(IoT)의 구성 요소는 지능을 가진 사물과, 연결과 소통, 새로운 가치 제공으로 정의할 수 있으며, 기술적 요소는 센싱, 네트워크 인프라, 인터페이스 및 보안 등이다. 따라서 컴퓨팅 객체 등록, 네트워크 아키텍처의 동적 구성, 각 컴퓨팅 객체의 제한된 리소스 관리와 같은 네트워크 관리 방법이 사물인터넷(IoT)에서 연구 대상이 되는 주요 주제이다.

3. 빅 데이터

빅 데이터는 AI 실현을 위한 기본 기술이며, 기계 학습 방법으로 지식을 향상시키기 위해서는 패턴이 숨겨진 데이터베이스를 제공해야 한다. 데이터의 규모에 따라 보다 신뢰성 있고 명시적인 지식을 추출할 수 있으며, 빅 데이터는 대규모로 데이터를 수집하고 관리하는 방법으로 정의할 수 있다(Bühlmann et al., 2016). 이 기술은 데이터의 양, 다양성 및 데이터 속도를 저장 및 관리하는 방법에 중점을 두며, 대량의 정형·비정형 데이터의 가치 추출 및 결과 분석 기법으로, '데이터 주도 혁신(DDI; Data-Driven Innovation)'을 실현할 것으로 기대된다.

4. 인공 지능

인공지능(AI)은 지식을 표현하고 추론하고 관리하는 기술로써 AI를 통해 다양한 서비스 환경에서 스마트화를 구현할 수 있다(Russell, 2015). 인공지능은 크게 강 인공지능(Strong AI)과 약 인공지능(Weak AI)로 구분할 수 있으며, 인공적으로 만든 지능과 인간과의 유사도에 따라 구분된다. 인공지능을 위한 지식을 만드는 방법은 크게 두 가지로서 기호에 기반을 둔 방법(Symbolic Approach) 또는 통계에 기반을 둔 방법 (Statistical Approach)이다. 주요 연구 주제는 기호 및 통계 접근법, 지식기반의 암시적 지식에 대한 추론, 지식기반을 적용하여 지능형 서비스를 제공하는 것이다. 인공지능을 중심으로 빅데이터와 클라우드, IoT(사물인터넷), 블록체인과 핀테크, VR·AR 등이 결합되어 새로운 플랫폼과 가치 창출이 가능할 것으로 기대되고 있다.

5. 클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅은 분산 컴퓨팅 및 클라이언트-서버 아키텍처를 기반으로 한다(Furht et al., 2010). 클라우드 서비스는 서버 시스템으로 작동하며, 따라서 서비스 사용자는 온라인 상태에서 시간과 장소에 관계없이 업무 환경을 확보할 수 있게 된다. 그러나 서비스 사용자의 수가 증가함에 따라 서비스 사용자를 위한 컴퓨팅 부하도 증가하게 되며, 따라서 클라우드 서비스는 분산 컴퓨팅 개체로 구성된다. 대규모 사용자에게 안정적인 서비스를 제공하기 위해 분산 컴퓨팅 개체를 관리하는 방법은 이 분야의 주요 연구 주제이다.

III. 연구논문 성과 분석 방법

주요 국가 및 연구기관의 연구 수준을 분석하기 위해 Elsevier사의 Scopus 데이터베이스를 바탕으로 SciVal Analytics Engine을 사용하여 학술연구 논문 수준을

분석하였다. 분석 대상기간은 2012년부터 2016년까지 5년을 대상으로 하였으며, 일반적으로 연구성과 분석 시에 가장 많이 활용되는 지표 중 아래의 평가 메트릭스를 기준으로 각 적용지표별로 분석을 진행하였다.

〈표 1. 주요 연구성과 평가 메트릭스〉

논문 수 (Scholarly Output)	특정 국가, 기관, 연구자가 발표한 논문 수
총 피인용 수 (Citation Count)	해당 국가, 기관, 연구자 이름으로 발표된 논문이 피인용된 전체 횟수
상대적 피인용 지수 (Field Weighted Citation Impact(FWCI))	상대적인 피인용 지수. 해당 연구 분야, 논문 타입, 발표 연도에 따른 세계 평균 대비 피인용 비율. FWCI 평균지수=1
논문당 피인용 수 (Citations per Publication)	논문 당 피인용 횟수의 평균
상위 1% 또는 10% 논문 수 (Absolute number of Top 1 or 10 Percentiles)	인용 건수 기준 전세계 상위 1% 또는 10%에 해당되는 논문 편수

Scopus 데이터베이스의 유사어(Thesaurus) 구축 사전 및 한국연구재단의 지원과제 키워드를 바탕으로 5개 기술별로 논문성과 추출 키워드 조합을 구성하였으며, 이 키워드 조합을 SciVal Analytics Engine에 입력하여 논문성과를 분석하였다.

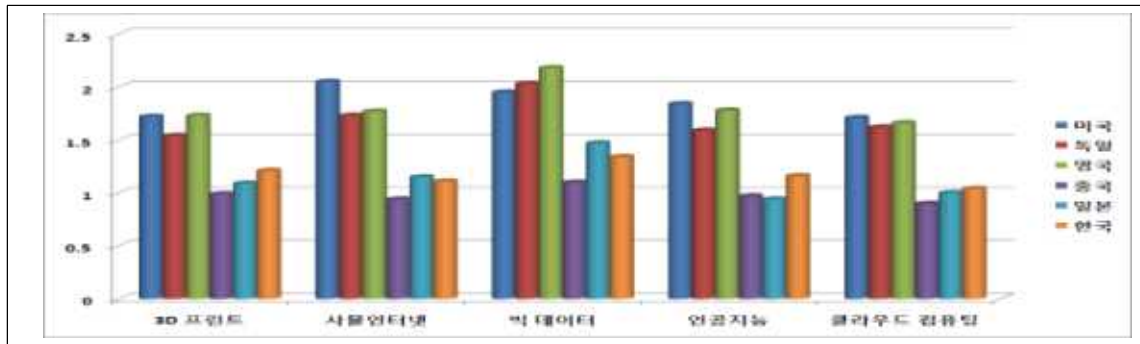
IV. 연구논문 성과 분석 결과

1. 주요 분석결과

주요 국가와의 현황을 비교하면 논문 수 기준으로 미국, 중국이 수위에 위치하며, 독일, 영국, 인도 등도 강세임을 확인하였다. 한국은 양적(논문 수)인 측면에서 3D 프린트(8위)와 사물인터넷(5위)에서 상대적으로 우수하며, 빅데이터(14위), 인공지능(13위), 클라우드 컴퓨팅(12위)은 취약한 것으로 분석되었다. 또한, 미국, 유럽 등 주요 선진국과 비교할 때 FWCI(상대적 피인용 지수) 등 질적인 측면에서는 전체적으로 부족하며, 아시아 국가(중국, 일본, 인도)보다는 높은 수준으로 파악되었다.

〈표 2. 5개 기술의 주요 국가 순위(논문 수 기준)〉

순위	3D 프린트	사물인터넷	빅 데이터	인공지능	클라우드 컴퓨팅
1	미국	중국	미국	미국	미국
2	중국	미국	중국	중국	중국
3	독일	인도	영국	영국	독일
4	영국	독일	독일	독일	영국
5	일본	한국(5위)	프랑스	인도	인도
	한국(8위)	-	한국(14위)	한국(13위)	한국(12위)

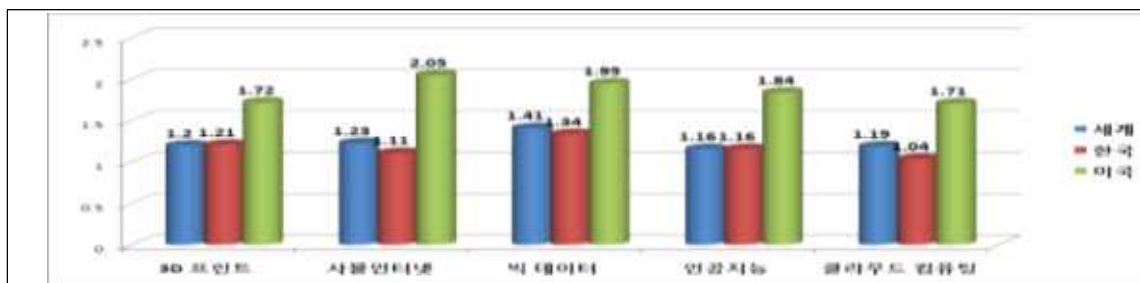


(그림 1. 5대 플랫폼 기술에 대한 주요국의 FWCI(상대적 피인용 지수)

한국은 세계 논문의 2.7% 수준을 점유하고 있으며, 질적인 측면에서 세계 평균을 약간 하회하는 수준으로, 관련 기술 선도국인 미국과 비교하면 질적 측면의 격차가 큰 것을 확인할 수 있었다.

〈표 3. 연구 논문 성과 비교(세계 vs. 한국 vs. 미국)〉

구분	3D 프린팅	사물인터넷	빅 데이터	인공지능	클라우드 컴퓨팅	
세계	논문 수 (5년 합계)	78,237	79,671	391,948	280,707	228,270
	FWCI (상대적 피인용 지수)	1.2	1.23	1.41	1.16	1.19
	논문당 피인용 수	5.7	3.1	6.6	5.5	4.3
한국	논문 수 (5년 합계)	3,201	3,885	9,107	6,246	6,812
	FWCI (상대적 피인용 지수)	1.21	1.11	1.34	1.16	1.04
	논문당 피인용 수	6.7	3.1	7	5.5	3.9
미국	논문 수 (5년 합계)	17,833	11,490	122,535	71,919	53,470
	FWCI (상대적 피인용 지수)	1.72	2.05	1.95	1.84	1.71
	논문당 피인용 수	8.49	5.76	9.78	9	7.33



(그림 2. 5대 플랫폼 기술에 대한 FWCI(상대적 피인용 지수) 비교)

연구기관별 수준을 분석한 결과, 논문 수 기준으로는 중국, 프랑스 연구기관이 강세였으며, 질적 지표에서는 미국 연구기관이 상위권에 위치하였다. 국내 연구기관으

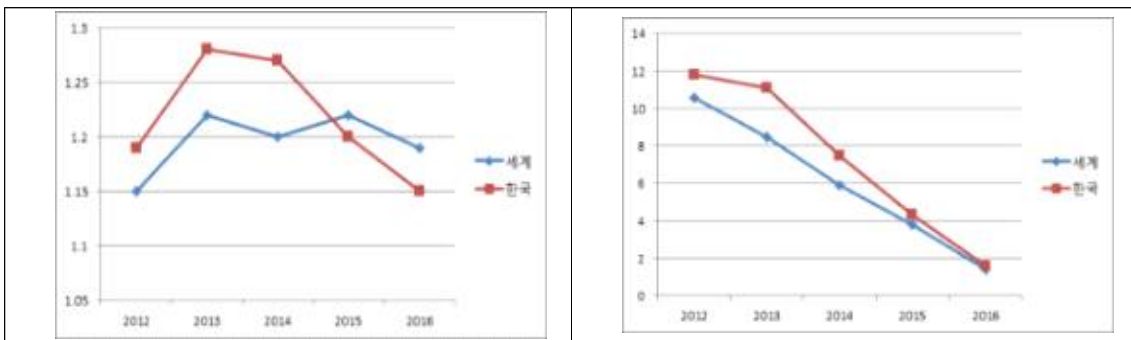
로는 분야별로 1~6개 기관이 논문 수 기준 100위권 내에 위치한 것을 확인하였다.

<표 4. 5개 기술의 주요 연구기관 순위(논문 수 기준)>

순위	3D 프린트	사물인터넷	빅 데이터	인공지능	클라우드 컴퓨팅
1	Chinese Academy of Sciences	Chinese Academy of Sciences	CNRS	Chinese Academy of Sciences	CNRS
2	Ministry of Education China	Ministry of Education China	Chinese Academy of Sciences	CNRS	Chinese Academy of Sciences
3	CNRS	CNRS	Harvard University	Harvard University	Universite Paris Saclay
4	Harvard University	Beijing University of Posts and Telecommunications	Universite Paris Saclay	Ministry of Education China	Ministry of Education China
5	Universite Paris Saclay	Universite Paris Saclay	University of Toronto	University College London	Harvard University
	서울대학교(25위) KAIST(86위) 고려대학교(90위) 성균관대학교(95위)	ETRI(25위) 성균관대학교(33위) KAIST(42위) 고려대학교(77위) 서울대학교(90위) 경북대학교(99위)	서울대학교(100위)	서울대학교(74위)	서울대학교(70위)

2. 3D 프린팅 분야 분석

최근 5년간 전세계에서 7만 8천여건의 논문이 검색되었으며, 한국은 3천여건의 논문이 검색되었다. 세계와 한국의 최근 5년간 논문의 연도별 FWCI와 논문당 피인용 수 추이는 아래 그림과 같다.



<FWCI(세계 vs. 한국)>

<논문당 피인용 수(세계 vs. 한국)>

(그림 3. 5년간 FWCI와 논문당 피인용 수 비교(3D 프린팅))

논문 출판 수의 국가별 비교시, 미국, 중국, 독일 순이며 한국은 8위 수준에 위치하였다. 주요 10개국의 주요 지표 비교시 Top 1% 논문 수는 미국, 중국, 영국 순이며 질적 수준을 나타내는 FWCI는 영국, 미국, 이탈리아 순으로 나타났다.

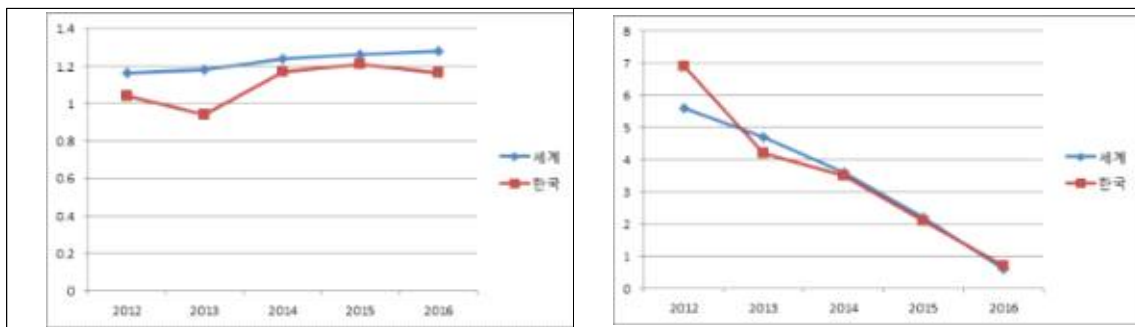
<표 5. 주요 국가의 연구 논문 성과(3D 프린팅)>

순위 (논문 수)	국가	논문 수	Top 1% 논문 수	FWCI	논문당 피인용 수
1	미국	17,833	453	1.72	8.49
2	중국	15,763	233	0.99	5.23
3	독일	5,620	110	1.54	7.37
4	영국	4,086	126	1.73	8.61
5	일본	3,884	48	1.09	5.87
6	프랑스	3,429	77	1.45	7.38
7	인도	3,335	28	0.87	4.47
8	한국	3,201	59	1.21	6.66
9	이탈리아	2,824	56	1.64	7.55
10	캐나다	2,809	46	1.48	7.28

논문 수 기준 주요 연구기관은 중국과학원(CAS), CNRS 등 중국과 프랑스 연구 기관이 강세였으며, 한국은 서울대학교가 25위, KAIST가 86위 등으로 나타났다. 질적 수준을 나타내는 FWCI 기준으로는 하버드 대학교, MIT, 코넬 대학교 등 미국 연구기관이 상위에 위치하였다. 한국 연구기관은 논문 수 기준으로 서울대학교, KAIST, 고려대학교, 성균관대학교, 연세대학교 등이 상위에 위치하는 것으로 나타났다.

3. 사물인터넷(IoT) 분야 분석

최근 5년간 전세계에서 8만여건의 논문이 검색되었으며, 한국은 4천여건의 논문이 검색되었다. 세계와 한국의 최근 5년간 논문의 연도별 FWCI와 논문당 피인용 수 추이는 아래 그림과 같다.



<FWCI(세계 vs. 한국)>

<논문당 피인용 수(세계 vs. 한국)>

(그림 4. 5년간 FWCI와 논문당 피인용 수 비교(사물인터넷))

논문 출판 수의 국가별 비교시, 중국, 미국, 인도 순이며 한국은 5위 수준에 위치하였다. 주요 10개국의 주요 지표 비교시 Top 1% 논문 수는 미국, 중국, 이탈리아

순이며, 질적 수준을 나타내는 FWCI는 이탈리아, 미국, 영국 순으로 나타났다.

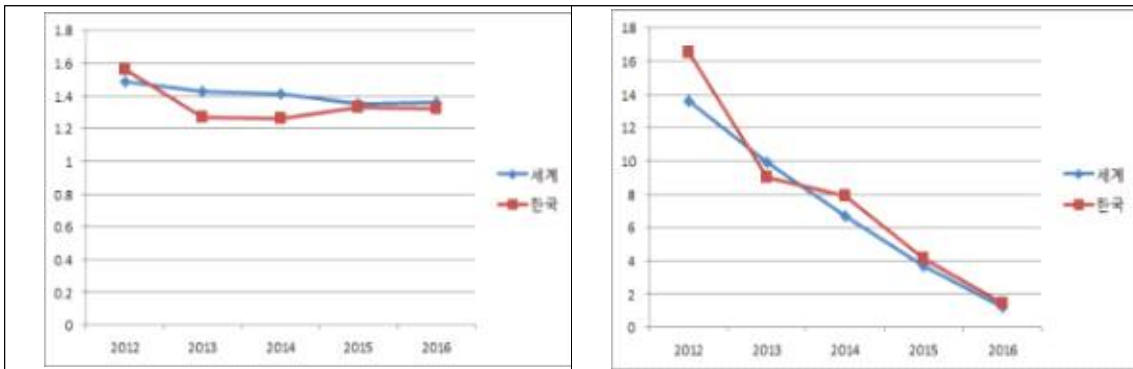
<표 6. 주요 국가의 연구 논문 성과(사물인터넷)>

순위 (논문 수)	국가	논문 수	Top 1% 논문 수	FWCI	논문당 피인용 수
1	중국	19,221	155	0.94	2.64
2	미국	11,490	187	2.05	5.76
3	인도	7,714	21	0.83	1.7
4	독일	4,134	44	1.73	4.06
5	대한민국	3,885	31	1.11	3.14
6	이탈리아	3,608	66	2.44	6.49
7	프랑스	3,583	34	1.55	4.01
8	영국	3,319	58	1.77	5.08
9	스페인	2,516	27	1.65	5.22
10	일본	2,377	20	1.15	2.92

논문 수 기준 주요 연구기관은 중국과학원(CAS), CNRS 등 중국 및 프랑스 연구기관이 강세였으며, 한국은 한국전자통신연구원(ETRI)이 25위, 성균관대학교가 33위 등으로 나타났다. 질적 수준을 나타내는 FWCI 기준으로는 볼로냐 대학교, 취리히 공대, 미시간 대학교, UC 버클리, 인텔 등 유럽과 미국과 연구기관이 상위에 위치하였다. 한국 연구기관은 논문 수 기준으로 한국전자통신연구원(ETRI), 성균관대학교, KAIST, 고려대학교, 서울대학교 등이 상위에 위치하는 것으로 나타났다.

4. 빅 데이터 분야 분석

최근 5년간 전세계에서 39만여건의 논문이 검색되었으며, 한국은 9천여건의 논문이 검색되었다. 세계와 한국의 최근 5년간 논문의 연도별 FWCI와 논문당 피인용 수 추이는 아래 그림과 같다.



<FWCI(세계 vs. 한국)> <논문당 피인용 수(세계 vs. 한국)>
(그림 5. 5년간 FWCI와 논문당 피인용 수 비교(빅 데이터))

논문 출판 수의 국가별 비교시, 미국, 중국, 영국 순이며 한국은 14위 수준에 위치하였다. 주요 10개국의 주요 지표 비교시 Top 1% 논문 수는 미국, 영국, 독일 순

이며 질적 수준을 나타내는 FWCI는 영국, 캐나다, 호주 순으로 나타났다.

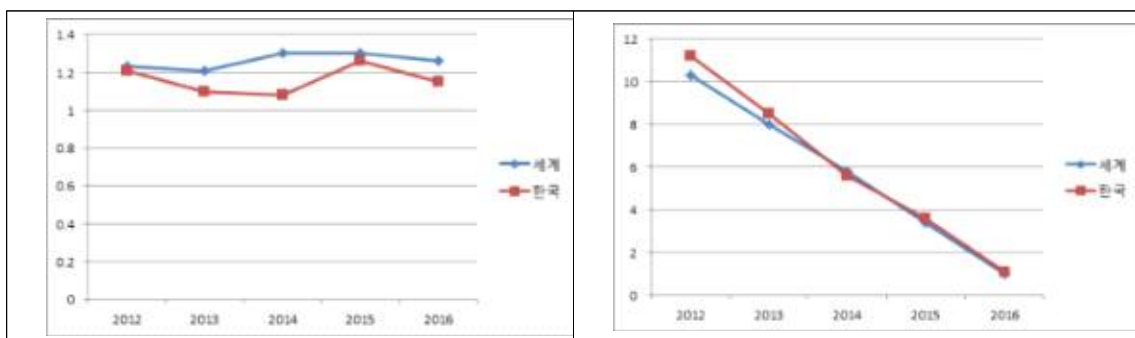
<표 7. 주요 국가의 연구 논문 성과(빅 데이터)>

순위 (논문 수)	국가	논문 수	Top 1% 논문 수	FWCI	논문당 피인용 수
1	미국	122,535	3,759	1.95	9.78
2	중국	61,931	842	1.1	4.89
3	영국	35,978	1,576	2.18	11.88
4	독일	33,159	1,286	2.03	11.08
5	프랑스	21,650	867	2.01	11.5
6	이탈리아	20,013	753	2.05	10.95
7	캐나다	19,336	769	2.17	11.93
8	호주	18,583	687	2.13	10.91
9	인도	16,009	162	1.04	4.73
10	일본	14,662	352	1.47	8.39
14	대한민국	9,107	154	1.34	7.04

논문 수 기준 주요 연구기관은 CNRS, 중국과학원(CAS), Harvard 대학교 등 프랑스, 중국, 미국 연구기관이 강세였으며, 한국은 서울대학교가 100위 등으로 나타났다. 질적 수준을 나타내는 FWCI 기준으로는 시카고 대학교, UC 버클리, 옥스퍼드 대학교, 카네기 멜론 대학교 등 미국과 영국 연구기관이 상위에 위치하였다. 한국 연구기관은 논문 수 기준으로 서울대학교, 연세대학교, 고려대학교, 성균관대학교, KAIST 등이 상위에 위치하는 것으로 나타났다.

5. 인공 지능 분야 분석

최근 5년간 전세계에서 28만여건의 논문이 검색되었으며, 한국은 6천여건의 논문이 검색되었다. 세계와 한국의 최근 5년간 논문의 연도별 FWCI와 논문당 피인용 수 추이는 아래 그림과 같다.



<FWCI(세계 vs. 한국)>

<논문당 피인용 수(세계 vs. 한국)>

(그림 6. 5년간 FWCI와 논문당 피인용 수 비교(인공지능))

논문 출판 수의 국가별 비교시, 미국, 중국, 영국 순이며 한국은 13위 수준에 위치하였다. 주요 10개국의 주요 지표 비교시 Top 1% 논문 수는 미국, 중국, 영국 순이

며 질적 수준을 나타내는 FWCI는 미국, 영국, 캐나다 순으로 나타났다.

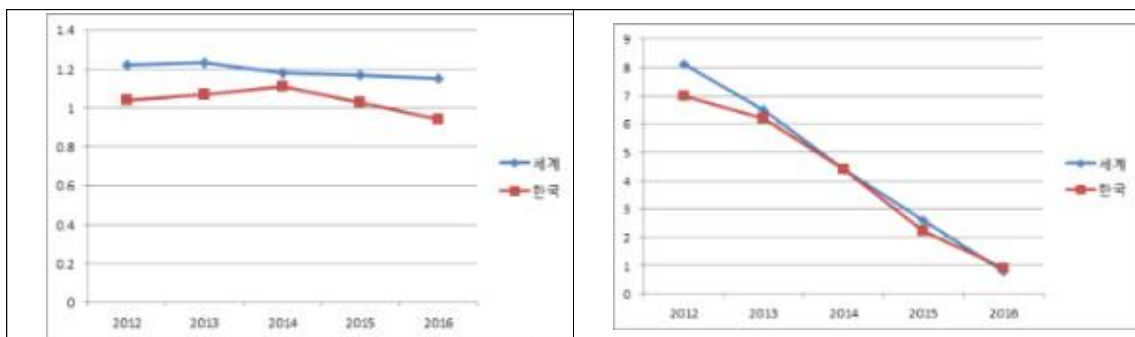
〈표 8. 주요 국가의 연구 논문 성과(인공지능)〉

순위 (논문 수)	국가	논문 수	Top 1% 논문 수	FWCI	논문당 피인용 수
1	미국	71,919	2,116	1.84	9
2	중국	54,986	604	0.97	3.69
3	영국	19,050	561	1.78	8.88
4	독일	16,186	385	1.59	8.05
5	인도	15,807	82	0.86	2.78
6	일본	12,403	109	0.94	4.97
7	캐나다	11,586	259	1.77	8.93
8	이탈리아	10,254	167	1.64	7.08
9	프랑스	10,104	193	1.48	7.04
10	호주	9,162	218	1.71	7.51
13	대한민국	6,246	86	1.16	5.53

논문 수 기준 주요 연구기관은 중국과학원(CAS), CNRS, Harvard 대학교 등 중국, 프랑스, 미국 연구기관이 강세였으며, 한국은 서울대학교가 74위 등으로 나타났다. 질적 수준을 나타내는 FWCI 기준으로는 마이크로소프트, UC 버클리, 하워드 휴즈 연구소, 스탠포드 대학교, 몬트리올 대학교, 토론토 대학교 등 미국과 캐나다 연구기관이 상위에 위치하였다. 한국 연구기관은 논문 수 기준으로 서울대학교, 고려대학교, KAIST, 연세대학교, 성균관대학교 등이 상위에 위치하는 것으로 나타났다.

6. 클라우드 컴퓨팅 분야 분석

최근 5년간 전세계에서 23만여건의 논문이 검색되었으며, 한국은 7천여건의 논문이 검색되었다. 세계와 한국의 최근 5년간 논문의 연도별 FWCI와 논문당 피인용 수 추이는 아래 그림과 같다.



〈FWCI(세계 vs. 한국)〉

〈논문당 피인용 수(세계 vs. 한국)〉

(그림 7. 5년간 FWCI와 논문당 피인용 수 비교(클라우드 컴퓨팅))

논문 출판 수의 국가별 비교시, 미국, 중국, 독일 순이며 한국은 12위 수준에 위치하였다. 주요 10개국의 주요 지표 비교시 Top 1% 논문 수는 미국, 독일, 영국 순이며 질적 수준을 나타내는 FWCI는 이탈리아, 미국, 캐나다 순으로 나타났다.

〈표 9. 주요 국가의 연구 논문 성과(클라우드 컴퓨팅)〉

순위 (논문 수)	국가	논문 수	Top 1% 논문 수	FWCI	논문당 피인용 수
1	미국	53,470	1,118	1.71	7.33
2	중국	41,626	329	0.9	3.11
3	독일	17,924	389	1.62	7.25
4	영국	15,601	376	1.66	7.44
5	인도	11,931	51	0.83	2.61
6	프랑스	10,912	198	1.45	6.77
7	이탈리아	10,585	182	1.75	6.36
8	일본	9,714	77	1	4.09
9	캐나다	8,689	185	1.7	6.94
10	스페인	8,600	136	1.42	5.83
12	대한민국	6,812	49	1.04	3.91

논문 수 기준 주요 연구기관은 중국과학원(CAS), CNRS, 파리-사클레 대학교 등 중국, 프랑스 연구기관이 강세였으며, 한국은 서울대학교가 70위 등으로 나타났다. 질적 수준을 나타내는 FWCI 기준으로는 멜버른 대학교, UC 버클리, 카네기 멜론 대학교, 워싱턴 대학교, 스탠포드 대학교 등 미국과 호주 연구기관이 상위에 위치하였다. 한국 연구기관은 논문 수 기준으로 서울대학교, KAIST, 한국전자통신연구원(ETRI), 고려대학교, 연세대학교 등이 상위에 위치하는 것으로 나타났다.

V. NRF의 연구 과제 지원 현황

연구논문 성과 분석과 연계하여 한국연구재단의 연구과제 지원현황을 분석하였다. 최근 5년(2012~2016년)간 한국연구재단 지원과제(이공분야 기초연구사업과 국책연구사업)의 과제명과 연구 키워드를 바탕으로 추출하였다. 추출 키워드는 연구논문 성과 분석 시에 사용한 키워드를 바탕으로 하되, 연구과제 계획서에 사용되는 키워드에 맞추어 수정하여 분석하였다.

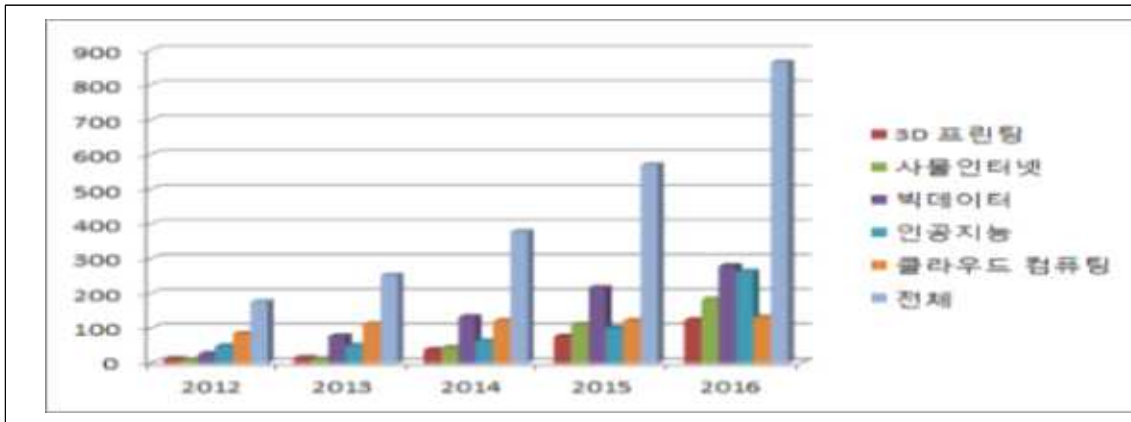
분석 결과 5개 기술에 대한 지원은 최근 급증 추세이며, 2016년도 기준으로 700여 개 과제, 730억원 내외를 지원한 것으로 분석되었다.

<표 10. NRF의 연도별 과제 지원 현황(2012~2016년)>

기술		2012	2013	2014	2015	2016
3D 프린팅	과제(개)	13	16	35	59	97
	금액(억원)	21.0	34.7	38.0	72.9	120.8
사물인터넷	과제(개)	6	8	36	92	149
	금액(억원)	3.4	4.9	23.6	77.3	124.4
빅데이터	과제(개)	20	62	102	162	200
	금액(억원)	21.8	47.5	112.2	182.3	235.7
인공지능	과제(개)	43	47	58	90	228
	금액(억원)	36.8	33.1	50.1	79.7	238.9
클라우드 컴퓨팅	과제(개)	70	94	106	107	117
	금액(천원)	59.4	72.1	84.7	84.4	93.0
합계	과제(개)	145	211	315	458	702
	금액(억원)	134.6	180.3	286.7	442.4	733.6

※ 일부 과제는 2~3개 기술 분야에 걸쳐 중복

특히, 빅데이터는 2013년 이후, 인공지능은 2016년 이후 연구과제 지원이 급증하고 있는 것으로 조사되었다.



(그림 8. 기술분야 별 지원과제 수 추이(2012~2016))

VI. 결론 및 시사점

4차 산업혁명 관련 5개 연구분야(3D 프린팅, 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능, 클라우드 컴퓨팅)의 글로벌 연구성과를 분석한 결과 미국이 선도하고 있고 중국이 미국을 빠르게 추격하고 있음을 확인하였다. 미국, 중국 외에 독일, 영국, 인도 등의 연구 성과가 눈에 띄며, 일본, 프랑스, 이탈리아, 캐나다 등도 10위권 내의 연구성과를 내고 있는 것으로 조사되었다. 단, 상대적 피인용 지수(FWCI) 등 질적인

측면에서는 미국, 유럽 국가에 비해 아시아 국가의 경쟁력은 높지 않은 것으로 분석되었으며, 리딩 연구기관 측면에서도 양적으로는 중국 연구기관이 우수하나, 질적인 지표에서는 미국 기관이 압도적으로 상위권을 점유하고 있었다.

우리나라는 논문 수 측면에서 연구분야에 따라 10위권 내외를 점유하고 있으나, 질적인 측면에서는 전체적으로 뒤처져 있는 것으로 나타났다. 특히, 관련 논문의 상대적 피인용 지수(FWCI)가 미국, 독일 등 4차 산업혁명 선도국가에 비해 낮아 향후 관련 연구의 질적 수준을 높일 수 있는 정책적 배려가 필요할 것이다. 반면, 한국의 논문 한편 당 인용건수나, FWCI 등은 아시아 지역 국가인 일본, 중국, 인도에 비해서는 상대적으로 우수한 것으로 나타났다.

우리나라의 4차 산업혁명 플랫폼 기술의 연구 수준은 HW 측면은 상대적으로 우수하나, SW 측면은 취약한 것으로 나타났다. 이에 따라 4차 산업혁명 관련 정책의 본격적 추진에 앞서 주요 기술별로 정확한 연구 경쟁력 파악과 함께 SW 분야의 국내 리딩 연구기관의 글로벌 경쟁력을 향상시킬 수 있는 정책적 배려를 고려해야 할 것으로 판단된다. 향후 선도국가를 벤치마킹한 연구자 육성 및 연구자의 영향력을 높이는 전략이나 지원 등이 필요할 것으로 생각되며, 분야별로 연구의 질적 수준이 높은 국가와의 국제 협력을 활발히 진행할 필요가 있을 것이다.

한국연구재단의 최근 5년간 연구과제 지원 추이를 분석한 결과 최근 4차 산업혁명 플랫폼 기술과 연관된 과제지원이 급증하고 있는 것으로 보아 연구자들이 과학 기술 트렌드에 민감하게 반응하고 있음을 확인하였으며, 4차 산업혁명 관련 정책의 본격적 추진에 앞서 주요국의 관련된 기초연구 동향을 파악하는 등 선제적 대응이 필요할 것이다.

※ 이 논문은 한국연구재단의 NRF Issue Report 2017-5호 “4차 산업혁명 관련 5대 플랫폼 기술의 연구수준 분석”의 내용을 바탕으로 작성되었습니다.

참 고 문 헌

- 김승현 외 (2016), 「차세대 생산혁명을 대비한 제조업 혁신정책과 도전과제」, STEPI
- 김창경 (2017), 「제4차 산업혁명 시대를 대비한 R&D 지원체계 혁신 방안」, 한국연구재단
- 이재홍 (2017), 「4차 산업혁명 시대 대한민국의 기회」, 메디치
- 한국과학기술원(KAIST) 미래문술전략대학원 & KCERN (2017), 「대한민국의 4차 산업혁명」, KCERN
- Bassoli, E., Gatto, A., Iuliano, L. and Violante, M.G. (2007), “3D printing technique applied to rapid casting,” *Rapid Prototyping Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 148 - 155.
- Bühlmann, P., Drineas, P., Kane, M., Laan, M. (2016), 「Handbook of Big Data」, Chapman and Hall/CRC; 1 edition
- Elsevier, SciVal : Navigate the world of research with a ready-to-use solution. [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/solutions/scival>.
- Elsevier, Scopus : The largest database of peer-reviewed literature. [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>.
- Furht, B., Escalante, A. (2010), 「Handbook of Cloud Computing」, Springer; 2010 edition
- Geng, H. (2017), 「Internet of Things and Data Analytics Handbook」, Wiley; 1 edition
- OECD (2017), 「The Next Production Revolution: Implication and for Governments and Business」
- Russell, S. (2015), 「Artificial Intelligence: A Modern Approach」, PE; 3rd edition
- Schwab, K. (2016), 「The Fourth Industrial Revolution」, Crown Business
- Toffler, A. (1984), 「The Third Wave」, Bantam (May 1, 1984)
- Toffler, A. (2007), 「Revolutionary Wealth: How it will be created and how it will change our lives」, Crown Business; Reprint edition